



Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes im Tunnelbau im Zusammenhang mit dem Neubau der Autobahn A 17 Dresden-Prag



Aktualisierungshinweis

Bitte beachten Sie den Redaktionsschluss der Veröffentlichung. Alle zwischenzeitlich eingetretenen rechtlichen Änderungen sind in dieser Veröffentlichung nicht berücksichtigt.

Der fachliche Inhalt besitzt weiterhin volle Gültigkeit.

Mitteilung Nr. 2/2002

**Maßnahmen des Arbeits-
und Gesundheitsschutzes im
Tunnelbau im
Zusammenhang mit dem
Neubau der Autobahn A 17
Dresden - Prag**

Freistaat  Sachsen

Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

„Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes
im Tunnelbau im Zusammenhang mit dem
Neubau der Autobahn A 17 Dresden - Prag“

Danksagung

Für die konstruktive Zusammenarbeit danken wir
der Walter-Bau-Aktiengesellschaft, insbesondere Herrn Bereichsleiter Wallenberger,
dem Oberbauleiter Herrn Fewson mit den an der Untersuchung beteiligten Mitarbeitern,
der Fachkraft für Arbeitssicherheit Frau Töpfer sowie der Betriebsärztin Frau Dr. Roch
von der Tiefbau-Berufsgenossenschaft.

Bearbeiter:

Dr. rer. nat. Wagner (Federführung), SLIAA
Dr. rer. nat. Karsch, GAA Dresden
Dr. rer. nat. Friedrichsen, SLIAA
Dipl.-Ing. (FH) Käschel, SLIAA

Chemnitz, am 20. Dezember 2001

Sächsisches Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Reichsstraße 39, 09112 Chemnitz

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Situation/Zielstellung	1
3. Tunnelbautechnologie/Verfahrensweise	1
4. Tätigkeitsbeschreibung/zu erwartende Expositionen	3
4.1 Bohren	3
4.2 Sprengarbeiten	4
4.3 Schüttern	4
4.4 Einbau der Spritzbetonschale	5
4.5 Einbau des Rohrschirms	8
4.6 Regelzyklus zum Arbeitsablauf	9
4.7 Strossenvortrieb	9
5. Untersuchungsinhalte	9
5.1 Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen, Vorbereitung, Lagerung	9
5.2 Verkehrswege	12
5.3 Notfallmanagement	13
5.3.1 Allgemeine Maßnahmen	13
5.3.2 Spezielle Maßnahmen	14
5.4 Sonntagsarbeit/Arbeitszeit	15
5.4.1 Sonn- und Feiertagsarbeit	15
5.4.2 Einsatzzyklen und Schichtzeit	15
5.4.3 Feststehende Ruhepausen	16
5.5 Bewetterung	17
5.6 Arbeitsbedingter Lärm	18
5.6.1 Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung	18
5.6.2 Geräuschemission	19
5.6.3 Messstrategie	19
5.6.4 Ergebnisse	19
5.6.5 Bewertung	25
5.6.6 Schlussfolgerungen	25
5.7 Beleuchtung	26
5.7.1 Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung	26
5.7.2 Beleuchtung im Tunnelgang	26
5.7.3 Beleuchtung an den Arbeitsplätzen vor der Ortsbrust	28
5.7.4 Sicherheitsbeleuchtung	30
5.8 Mechanische Ganzkörperschwingungen	30
5.8.1 Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung	30
5.8.2 Vorkommen mechanischer Ganzkörperschwingungen	31
5.8.3 Messstrategie	31
5.8.4 Ergebnisse	32
5.8.5 Bewertung	32

	Seite	
5.9	Physische Belastung und Beanspruchung	32
5.10	Gefahrstoffe	44
5.10.1	Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung	44
5.10.2	Leitkomponenten	44
5.10.3	Messverfahren/Messtechnik	45
5.10.4	Messorte/Messstrategie	46
5.10.5	Sprengschwaden	46
5.10.6	Staub	54
5.10.7	Dieselmotoremissionen (DME)	56
5.10.8	Spezielle Gefahrstoffmessungen	56
6.	Unfallgeschehen	57
7.	Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen/ARGUS-Sicherheitskreis	58
8.	Schlussfolgerungen	58
9.	Literatur	62

1. Einleitung

Mit dem Bau der Bundesautobahn A 17 von Dresden nach Prag, ein Projekt, welches von der Bundesrepublik finanziert und von der Europäischen Union kofinanziert wird, wurde bereits am 21. August 1998 begonnen. Der technisch anspruchsvollste Teil ist die Tunnel-Brücke-Tunnel-Kombination am südwestlichen Stadtrand von Dresden mit dem Tunnel Dölzchen (1,2 km) und dem Tunnel Coschütz (2,3 km). Beide Tunnel, bestehend jeweils aus zwei Röhren, werden bergmännisch aufgeföhren. Nach einer Bauzeit von 3,5 Jahren ist für Ende 2003 die Verkehrsfreigabe geplant.

2. Situation/Zielstellung

Beschäftigte sind im Tunnelbau im besonderen Maße Geföhrdungen ausgesetzt. Mit der Schwerpunktaktion des SMWA soll im Jahr 2001 eine gezielte Überwachung und Beratung bei besonderen Geföhrdungen durchgeführt werden. Vor allem bei der Einführung neuer Vortriebstechnologien und dem Einsatz neuer Sprengstoffe sind die am Bauvorhaben Beteiligten hinsichtlich der Beurteilung von Geföhrdungen und der zu treffenden Maßnahmen des Arbeitsschutzes aufgrund der projektbegleitenden messtechnischen Untersuchungen zu beraten. Darüber hinaus sollen Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz und Maßnahmen des Notfallmanagement mit der Zielstellung untersucht werden, die Ergebnisse für gleichartige Tunnelbauvorhaben zu verallgemeinern.

3. Tunnelbautechnologie/Verfahrensweise

Die Tunnel Coschütz und Dölzchen, bestehend aus jeweils zwei Röhren, werden bergmännisch aufgeföhren. Der Bau der Tunnel erfolgt dabei im Sprengvortrieb mit patroniertem Emulsionssprengstoff. Damit ergibt sich zunächst ein sich ständig wiederholender Rhythmus von Besetzen (Laden), Sprengen und Hinaustransportieren (Schuttern) des Haufwerks. Die größeren Schwierigkeiten entstehen dabei durch die Sicherungsarbeiten, die ein Einbrechen des Gebirges verhindern.

Durch den Tunnelbau entsteht im Gebirge ein relativ großer Hohlraum, der das ursprüngliche Gleichgewicht der Kräfte erheblich stört. Im klassischen Bergbau wurden zum Ausgleich Ausbauten eingebracht, die die vorhandenen Kräfte weitgehend unverändert vertikal auf den Boden übertragen. Bei der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) hingegen werden Gebirgsdeformationen zugelassen. Das geschieht in einem solchen Ausmaß, dass Formänderungswiderstände geweckt werden, die das Gebirge ohne Ausbau tragen. Andererseits müssen die Verschiebungen des Gebirges soweit beschränkt werden, dass seine Deformationen nicht Ausmaße und Qualitäten erreichen, welche zu einer Auflockerung und damit zur Entfestigung und Verlust der Tragfähigkeit führen. Die erste Ausbaumaßnahme muss zeitlich optimiert werden. Sie darf nicht so frühzeitig erfolgen, dass Gebirgsdeformationen verhindert werden, aber muss zeitig genug wirksam werden, um Entfestigung zu vermeiden. Zur Sicherung des Gebirges wird im allgemeinen wegen der zeitlich beeinflussbaren Wirkung Spritzbeton in Verbindung mit Ankern, Bewehrungsnetzen und Tunnelbögen (Bögen aus Doppel-T-Stahlprofilen) verwendet. Die Konstruktion wirkt nicht als ein das Gebirge tragendes Gewölbe, sondern lediglich als Gebirgsversiegelung.

Die erste Spritzbetonschale wird beim Vortrieb unmittelbar nach dem Ausbruch eingebracht. Dadurch ist ein zusätzlicher Arbeitsgang erforderlich, der mit dem Aufstellen von Stahl-Profilträger-Bögen, Anbringen von Bewehrungsmatten und dem Betonspritzen hohe physische Ansprüche an die Tunnelbauer stellt.

Den Tunnelquerschnitt mit Bezeichnungen zeigt die Abbildung 1. Die Felswand am Ende des Tunnels bezeichnet man als Ortsbrust.

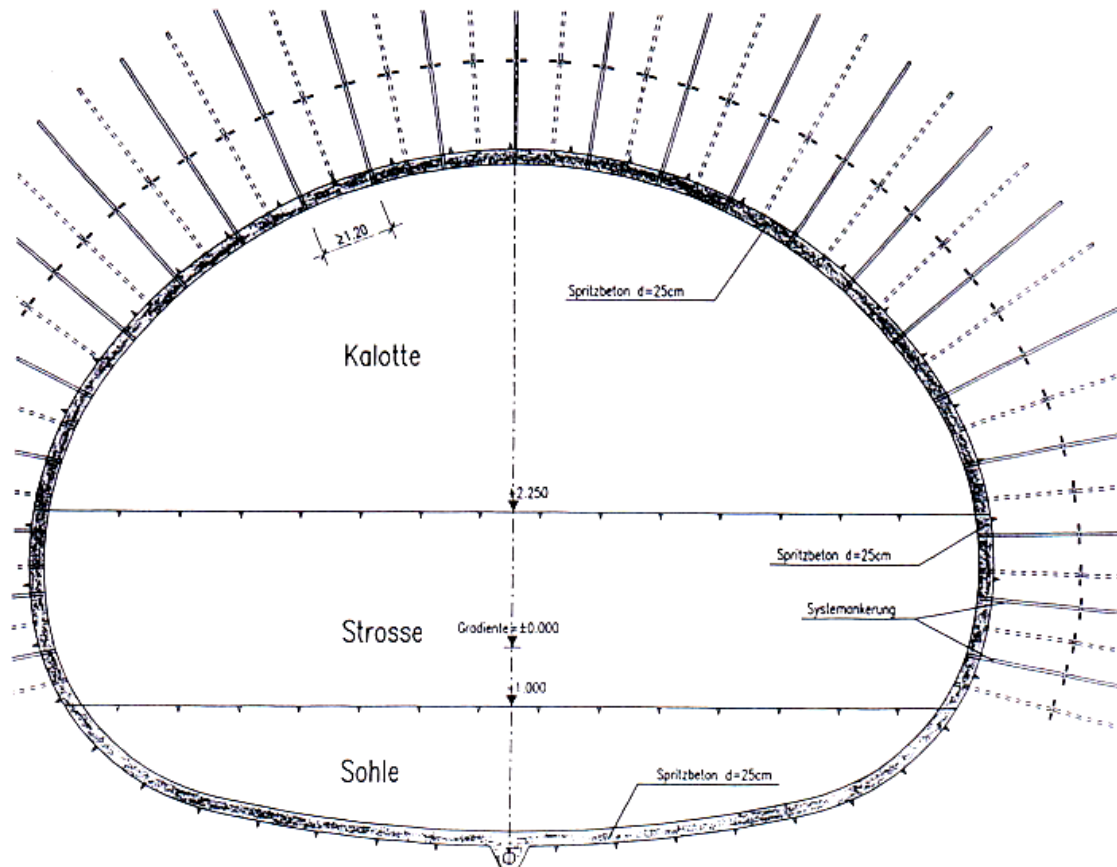


Abbildung 1: Tunnelquerschnitt im Maßstab 1:100 (Zwischenzustand nach Einbringen der Spritzbetonschale)

Die Ortsbrust wird, wenn notwendig, mit Spritzbeton belegt, um ebenfalls die Entfestigungserscheinungen zu beherrschen. Hier wird der Beton allerdings ohne Armierung einfach aufgespritzt; er wird mit der nächsten Sprengung zerstört.

Bei gleichzeitiger Sprengung des gesamten Tunnelquerschnitts (Kalotte, Strosse und Sohle), wäre es schwierig, die Stabilität des Tunnelgewölbes zu gewährleisten. Ein Abschlagzyklus würde dann mehr als 6 Stunden dauern und die Gefahr der Entfestigung des Gewölbes stiege. Die Sprengung erfolgt deshalb auf der Baustelle Dresden für Teilquerschnitte. In diesem Fall wird erst die Kalotte im gesamten Querschnitt und - um ca. 300 m nachgezogen - die Strosse mit der Sohle heraus gesprengt.

Damit ergeben sich die grundlegenden Arbeitsgänge

- Bohren
- Besetzen der Bohrungen mit Sprengstoff (Laden)
- Sprengung (Abschlag)
- Abtransport der gelösten Gesteinsmassen (Schuttern)
- Sicherung des Gewölbes.

Als Sondertechnologie wird an setzungsgefährdeten Stellen ein Rohrschirm eingebracht. Der Rohrschirm besteht aus parallel in das Gewölbe eingebrachten Rohren, die in einem Abschnitt jeweils 15 m lang sind. Solche Teilstücke werden mehrfach hintereinander (und überlappend) angebracht und können die Last über dem aktuellen Sprengabschnitt auf die Bereiche davor und dahinter übertragen. Die Setzung bleibt gering.

4. Tätigkeitsbeschreibung/zu erwartende Expositionen

Im Einzelnen beinhaltet der Tunnelvortrieb folgende Arbeitsgänge:

4.1 Bohren

Das Bohren der Sprenglöcher erfolgt mit Bohrwagen mittels zwei bzw. drei Bohrlafetten (Abbildung 2) und wird von der Kabine des Bohrwagens aus gesteuert.



Abbildung 2: Bohren der Sprenglöcher mit einem zweiarmigen Bohrwagen

Durch den zur Kühlung mit Wasser gespülten Bohrer (Durchmesser 46 mm) wird gleichzeitig die Staubentwicklung gemindert. Das Bohren erzeugt einen sehr intensiven Lärm. Der Schalldruckpegel in der Kabine liegt im Bereich des Grenzwertes für gehörschädigenden Lärm. Gleichzeitig müssen Nebentätigkeiten im Bereich der Ortsbrust durchgeführt werden. Die Beschäftigten in dem Bereich sind hohen Schalldruckpegeln ausgesetzt.

4.2 Sprengarbeiten

Verwendet wird patronierter Emulsionssprengstoff, der bzgl. Handhabungssicherheit und Schadstoffemission wesentlich günstiger ist, als früher verwendete gelatinöse Sprengstoffe. Die Patronen werden vom Sprengmeister und dem Sprenghelfer außerhalb des Tunnels bzw. in einem Abstand von der Ortsbrust vorbereitet. Vor Beendigung des Bohrens wird der Sprengstoff im Arbeitsbereich bereitgestellt (Abbildung 3). Die Patronen werden teils während des Bohrens (wenn sichergestellt ist, dass Sprengladungen nicht angebohrt werden können), teils anschließend eingeführt und verdrahtet. Die elektrische Zündung erfolgt von außerhalb des Tunnels oder vom Querschlag aus. Um Sprengschäden zu vermeiden, werden der Bereich, in dem die Druckwelle noch nicht wesentlich abgeklungen ist und der Bereich, in dem mit Steinflug zu rechnen ist, freigeräumt oder durch Abdeckungen geschützt.

Bei der detonativen Umsetzung des Sprengstoffs werden Sprengschwaden freigesetzt, die Gefahrstoffe beinhalten. Die Arbeitnehmer halten sich nach dem Sprengen im Freien auf oder warten in der Nachbarröhre bzw. im Schwadencontainer ca. 20 Minuten, bis die zulässigen Grenzwerte der Sprengschwaden eingehalten werden.



Abbildung 3: Bereitstellung des Sprengstoffs zum Besetzen der Bohrlöcher

4.3 Schuttern

Die gelösten Gesteinsmassen (Haufwerk) werden von einem Radlader aufgenommen, auf Muldenkipper verladen und abtransportiert (Abbildung 4). Diese Tätigkeit bezeichnet man als Schuttern. Im Einsatz sind drei oder vier Muldenkipper, ein Radlader und ein Tunnelbagger, der das Haufwerk zusammenschiebt. Sobald die Ortsbrust nach dem Schuttern zugänglich ist, wird sie mit dem Tunnelbagger beräumt, d. h. geebnet. Dieser Vorgang, auch als „Bereifen“ bezeichnet, dient dazu, die nachfolgenden Tätigkeiten vorzubereiten und verhindert, dass lose Gesteinsbrocken herunterfallen.



Abbildung 4: Schuttern des Haufwerks mit Radlader und Muldenkipper

4.4 Einbau der Spritzbetonschale

Bei Notwendigkeit wird die Ortsbrust mit Spritzbeton versiegelt (Abbildung 5).



Abbildung 5: Aufbringen von Spritzbeton auf die Ortsbrust (Versiegeln)

Zum Einbau der Spritzbetonschale wird eine Konstruktion (Bögen aus Doppel-T-Stahlprofilen mit Stahlmatten als Betonträger) eingebracht, an der die Spritzbetonschale befestigt wird. Zuerst werden die Bewehrungsmatten an das Gewölbe angelegt und mit Rördeldraht provisorisch befestigt (Abbildung 6) und die Bögen dann davor gestellt.



Abbildung 6: Anbringung der Bewehrungsmatten an das Tunnelgewölbe

Die Stahlbögen werden in 3 Segmenten hineingefahren, zusammenschraubt und aufgerichtet (Abbildung 7).



Abbildung 7: Aufrichten eines Stahlbogens mit einer Arbeitsbühne



Diese personell aufwendigen Tätigkeiten sind körperlich schwer; für diese Arbeit wird die gesamte Kolonne (sogenanntes Drittel) herangezogen (Abbildung 8). Der Spritzbeton wird im Nassspritzverfahren mit einem Spritzmobil aufgetragen. (Abbildung 9). Die Kabine für den Bedienstand ist offen, da die Scheiben durch die Vernebelungen sofort verkleben würden. Außer dem Maschinisten, der das Spritzmobil führt und die Spritzdüse lenkt, sind weitere Arbeitnehmer beteiligt. Der Beton wird mit einem Fahrmischer herein gebracht. Die Betonzufuhr in das Spritzmobil und das richtige Aufspritzen in der notwendigen Schichtdicke wird von einem Mineur überwacht.

Abbildung 8: Setzen des Stahlbogens und der Armierung



Abbildung 9: Aufspritzen der Betonschale mit dem Spritzmobil

4.5 Einbau des Rohrschirms

Wo Setzungen minimiert werden sollen, wird als Sondertechnologie ein Rohrschirm eingebracht. Er besteht aus mehreren Abschnitten, diese wiederum aus 41 Rohren, die parallel im Gewölbe eingebracht werden (Abbildung 10).



Abbildung 10: Einbringen des Rohrschirms



Abbildung 11: Verpressen der Rohre und Spalten mit Zement-Wasser-Emulsion

Bei besonders hohen Anforderungen werden 75 Rohre eingebaut. Sie haben einen Durchmesser von 140 mm und werden aus 2 bzw. 3 m langen Teilstücken zusammenschraubt, bis sie eine Gesamtlänge von 15 m aufweisen. Da hier sehr aufwendige Bohrarbeiten durchgeführt werden müssen, werden zwei Bohrwagen gleichzeitig eingesetzt. Die Lafetten sind mit je einem Manipulator ausgestattet, mit dem die Rohrstücke aufgenommen und bewegt werden können. Die Rohre und die anliegenden Hohlräume werden mit einer Zement-Wasser-Emulsion verpresst. Die Masse wird maschinell gemischt. Dazu legt ein Mineur in einer Schicht bis zu 260 Stück 50-kg-Säcke auf die Mischmaschine (Abbildung 11).

Dieser Arbeitsgang erfolgt unter hoher Lärmexposition. Das Unfallrisiko ist groß, weil neben sich bewegenden Maschinenteilen gearbeitet werden muss.

4.6 Regelzyklus zum Arbeitsablauf

Aus Arbeitszeiterhebungen über mehrere Schichten wurde von der Bauleitung ein Regelzyklus zusammengestellt, der für Planungszwecke verwendet werden kann. Er beinhaltet einen (idealen) Arbeitsablauf, in dem keine ungewöhnlichen Störungen auftreten. Weiterhin wird angenommen, dass alle Mitarbeiter einer Kolonne (im Tunnelbau: Drittel) einsatzfähig sind und auch nicht zur Hilfe für andere Kolonnen abgestellt werden müssen. Störungen führen zu längeren Regelzyklen.

Der Regelzyklus ist in Tabelle 1 aufgelistet. Die Zeiten für die einzelnen Arbeitsgänge sind der Bauleitung bekannt und werden für die messtechnischen Bewertungen zur Verfügung gestellt. Die Nachtschicht muss den jeweils begonnenen Zyklus zu Ende führen, Spieße setzen (Löcher in das Gewölbe bohren und Anker einschieben), die zweite Lage der Bewehrung einbringen und Beton spritzen und wiederum Nebentätigkeiten durchführen.

4.7 Strossenvortrieb

Nachdem der Tunnel ca.1000 Meter vorgetrieben wurde, erfolgte der Strossenausbau. Je nach Beschaffenheit des Gebirges geschieht der Ausbau mittels Bagger (Schaufel, Meißel) bzw. mittels Sprengstoff. Teilweise wird der Strossenausbau von beiden Seiten vorgenommen. Das Haufwerk wird mittels Radlader auf die Muldenkipper geladen und auf die Halde transportiert.

5. Untersuchungsinhalte

Die nachfolgend beschriebenen Inhalte der Schwerpunktaktion beziehen sich auf die Untersuchungen im Tunnel Coschütz. Die Ergebnisse können auf den Tunnel Dölzschen adaptiert werden.

5.1 Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen, Vorbereitung für Sprengarbeiten, Lagergenehmigung

Bestandteil der Schwerpunktaktion ist die Überwachung der Einhaltung von Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit Sprengstoffen und Zündmitteln. Insbesondere sind die Bedingungen der Aufbewahrung sowie die erforderlichen Schutzmaßnahmen bei der Ausführung der Sprengarbeiten zu kontrollieren, bspw:

Tabelle 1: Regelzyklus zum Arbeitsablauf

	Tätigkeit	eingesetzte Arbeitnehmer
1	Bohren der Sprenglöcher in einem Abstand von 50 m bereiten der Sprengmeister und Mineur 2 den Sprengstoff vor.	Maschinist 1 Maschinist 2 beide im Bohrwagen Mineur 1 Mineur 2 mit Hilfstätigkeiten Sprengmeister Mineur 3 mit Vorber. Sprengstoff ----- Sprengmeister Mineur 1 Mineur 3
2	Laden ohne Bohrgeräusch (zum Abschluss Sprengung und eine halbe Stunde Pause)	Maschinist 1 Maschinist 2 Maschinist 3 Mineur 1 Mineur 2 Mineur 3 Sprengmeister
3	Wartezeit	Sprengmeister
4	Schuttern	Maschinist 1 Maschinist 2 Mineur 1 Mineur 2
5	Spritzen Ortsbrust	Maschinist 3 Spritzmobil Mineur 3 Betonzufuhr
6	Bewehrung einbringen 1. Lage (Die 2. Lage wird in der Nachtschicht eingebracht)	Maschinist 1 Maschinist 2 Maschinist 3 Mineur 1 Mineur 2 Mineur 3
7	Bogen stellen	Maschinist 1 Maschinist 2 Maschinist 3 Mineur 1 Mineur 2 Mineur 3
8	Betonspritzen Gewölbe	Maschinist 3 Mineur 3
Summe	Arbeitszeit (ohne Wartezeit) Zykluszeit	

Maschinist 1: bedient Bohrwagen und fährt Radlader
 Maschinist 2: bedient Bohrwagen und fährt Bagger
 Maschinist 3: bedient Spritzmobil und Muldenkipper

Alle Mineure fahren beim Schuttern einen Muldenkipper
 Mineur 3 ist Sprenghelfer

- Wahl eines sicheren Zündortes außerhalb des Gefahrenbereichs

- Kontrolle der Sprengstelle nach erfolgter Sprengung durch den Sprengberechtigten, bevor andere Personen Zutritt haben

Rechtsgrundlagen für den Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen sind das Sprengstoffgesetz (SprengG) sowie die Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV) und Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV).

Um die Sprengarbeiten an Sonn- und Feiertagen zu ermöglichen, beabsichtigte der bauausführende Betrieb, an jeder Tunnelbaustelle ein Sprengstofflager einzurichten. Den ersten Anträgen konnte nicht entsprochen werden, da die geplante Lagermenge nach den Vorgaben des Anhangs zur 2. SprengV nicht zulässig war. Die überarbeiteten Anträge wurden nach § 17 SprengG genehmigt. Das Lager im Tunnel Dölzchen (Nordseite) zeigt Abbildung 12, das Lager zum Tunnel Coschütz Abbildung 13.



Abbildung 12: Sprengstofflager Dölzchen

Die maximal möglichen Lagermengen ergaben sich aus den vorhandenen Schutzabständen zu einer Schule (Dölzchen) bzw. zu öffentlichen Straßen und betragen 3.200 kg (Coschütz) und 3.900 kg (Dölzchen). Weiterhin waren auf der Grundlage des Anhangs zur 2. SprengV verschiedene Änderungen der ursprünglichen Lagergestaltung, wie beispielsweise die Überdachung der Außentür und die Veränderung der Lüftungsöffnungen, erforderlich.



Abbildung 13: Sprengstofflager Coschütz

Die Einhaltung der Vorschriften beim Umgang mit Sprengstoffen wurde stichprobenartig kontrolliert:

- Das Verzeichnis nach § 16 SprengG wurde ordnungsgemäß geführt
- Nach den Sprengungen wurde durch den Sprengberechtigten das Sprengergebnis kontrolliert. Personen erhielten erst Zutritt, nachdem mögliche Gefahren (z.B. Blindgänger, nicht einwandfreies Werfen der Vorgabe) beseitigt wurden.
- Es war eine ausreichende Anzahl von verantwortlichen Personen bestellt worden
- Die verantwortlichen Personen (Sprengberechtigte) hatten die Beteiligten über das erforderliche Verhalten vor, während und nach der Sprengung unterwiesen.

Bei den Kontrollen wurden bisher keine Mängel festgestellt.

Sowohl aus Gründen des Gesundheits- und Arbeitsschutzes als auch denen der Wirtschaftlichkeit muss der Entwicklung, Überwachung und Anpassung des Sprengbildes auf den Baustellen höchstes Augenmerk geschenkt werden. Wichtigste Kriterien, die dabei beachtet werden müssen sind die folgenden Gesichtspunkte:

- die Gefährdung der Beschäftigten durch giftige Sprengschwaden und Stäube ist zu vermeiden
- das Gestein sollte mit dem geringstmöglichen Bohr- und Sprengstoffaufwand gelöst werden
- das Tunnelprofil sollte möglichst genau herausgesprengt werden, um kostspielige und arbeitsaufwendige Nacharbeiten zu vermeiden
- die Sprengerschütterungen sollten so gering wie möglich gehalten werden

5.2 Verkehrswege

Rechtsgrundlage für die Gestaltung von Verkehrswegen ist die Arbeitsstättenverordnung. Sie legt im § 44 Abs. 1 fest, dass „Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen so herzurichten sind, dass sich die Arbeitnehmer bei jeder Witterung sicher bewegen können“.

Einzelheiten regelt die Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGV C 22 - Baustellen- (VBG 37). Darin wird im § 36 gefordert:

„Bei Förderbetrieb muss ein Gehweg mit einem freien Mindestquerschnitt von 1,0 m Breite und 2,0 m Höhe vorhanden sein.... Können aus bautechnischen Gründen weder ein Gehweg noch Schutznischen... angelegt werden, darf der Fahrweg während des Förderbetriebs nicht betreten werden. Der Verkehr ist in diesen Fällen durch geeignete Maßnahmen zu regeln“.

Da durch die Radlader, Muldenkipper, Bagger, Bohrwagen, Messtrupps, Reparaturschlosser, Kontrollfahrten u. a. m. ein nicht unbeträchtlicher Fahrverkehr vorhanden ist, wurde prinzipiell auf der Grundlage von § 44 Abs. 1 ArbStättV eine Trennung des Fußgängerbereiches vom Fahrbereich für erforderlich gehalten. Für den Gehweg steht unter der Lutte in ausreichendem Maße Platz zur Verfügung. Er wurde mit Warnband gekennzeichnet und mit Leuchtstofflampen beleuchtet, die eine mittlere Beleuchtungsstärke von 40 lx erzeugen. Der Gehweg wird allerdings nicht bis direkt an die Ortsbrust herangeführt, da dieser Bereich als Arbeitsbereich betrachtet wird, in dem Fußgängerverkehr nicht kanalisiert werden kann. Ab einer Länge von ca. 1000 m wird der Gehweg von den Arbeitnehmern nicht mehr benutzt, da sie ihren Arbeitsplatz mit Fahrzeugen erreichen. Im Tunnel Coschütz besteht weiterhin auch ein regelmäßiger Besucherverkehr, so dass der Fußgängerbereich ebenfalls vor Gefahren schützen muss.

Problematisch ist die Begehbarkeit des Tunnels. Der Fußboden im Fahrbereich wird durch die vielen Fahrzeuge ständig verfestigt und geglättet. Der Gehweg hingegen muss durch einen zusätzlichen Arbeitsgang begehbar gemacht werden. Dort, wo der Aufwand nicht ausreicht, wird der Gehweg nicht angenommen. Die Arbeitnehmer laufen auf der Fahrbahn.

5.3 Notfallmanagement

5.3.1. Allgemeine Maßnahmen

Rechtsgrundlage für das Notfallmanagement ist neben dem § 10 Arbeitsschutzgesetz (Erste Hilfe und sonstige Notfallmaßnahmen) der § 55 Arbeitsstättenverordnung (Flucht- und Rettungsplan). Einzelheiten regelt die Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGV C 22 - Baustellen- (VBG 37). Darin wird im § 45 b Abs. 1 gefordert, dass neben dem Flucht- und Rettungsplan auch Regelungen für den Brand- und Explosionsfall getroffen werden müssen. Der für die spezifischen Bedingungen erstellte Flucht- und Rettungsplan ist im Unternehmen vorhanden; er wurde den Beschäftigten bekannt gegeben.

Im Arbeitsbereich vor der Ortsbrust ist in jeder Röhre ein Rettungsschlitten stationiert, der mit einem Telefon (mit Amtsanschluss), einer Krankentrage, zwei Feuerlöschern, mehreren Augenspülflaschen, Verbandskasten und dem Ersthelferaushang ausgerüstet ist. Weiterhin befinden sich dort Selbstretter für jeden Beschäftigten. Die Mittel zur „Ersten Hilfe“ sind durch nachleuchtende Schilder gekennzeichnet. Der Rettungsschlitten wird regelmäßig mit fortschreitendem Tunnelvortrieb weitergeführt.

Feuerlöscher und Selbstretter befinden sich auch auf allen Fahrzeugen. Vor dem Tunneleingang ist ein Rettungscontainer mit einer Notfallausrüstung stationiert.

Nach Abschluss der Erstmaßnahmen muss eine Meldekette ausgelöst werden. Um überprüfen zu können, dass im Notfall alle Beschäftigten die Gefahrenbereiche verlassen haben, ist eine Sammelstelle eingerichtet worden. Ersthelfer stehen zur Verfügung. Die Landung von Hubschraubern ist an verschiedenen Stellen möglich.

5.3.2 Spezielle Maßnahmen

-Stromausfall

Es wird ein Notstromaggregat vorgehalten, das die Sicherheitsbeleuchtung und die Belüftung sichern kann. Das Notstromaggregat läuft nach 5 s an. Die Sicherheitsbeleuchtung wird dadurch gewährleistet, dass jede 3. Lampe der Tunnelbeleuchtung vom Notstromaggregat versorgt wird.

- Brand

Als vorbeugende Brandschutzmaßnahmen wurden folgende Maßnahmen angeordnet:

- keine Lagerung von leicht entzündlichen Stoffen im Tunnel,
- keine Lagerung von Schweißgeräten und -zubehör im Tunnel,
- Verbot von Rauchen, Feuer und offenem Licht in feuergefährdeten Bereichen.

Feuerlöscher und Selbstretter sind bereitgestellt. Für die Handhabung im Ernstfall wurden durch den Hersteller mehrfach Einweisungen durchgeführt, um alle Beschäftigten zu erfassen. Bei Neueinstellungen muss darauf geachtet werden, dass die neuen Mitarbeiter umgehend über das Verhalten im Ernstfall unterrichtet werden.

Mit der Feuerwehr erfolgen vertraglich geregelte regelmäßige Begehungen, um die Einsatzkräfte auf die Bedingungen vorzubereiten und über die eingesetzten Materialien zu informieren. Unter Mitwirkung der Feuerwehr wurde eine Evakuierungsübung bei künstlicher Rauchentwicklung durchgeführt.

- Sprengunfall

Das Erkennungsmerkmal eines Sprengunfalls ist eine Explosion während des Besetzens der Ortsbrust oder während des Sprengstofftransports. Der verwendete Emulsionssprengstoff besitzt keine explosiven Komponenten und damit höchste Handhabungssicherheit sowie hohe Sicherheit gegen mechanische Beanspruchungen. Durch den Einsatz von Emulsionssprengstoff ist die Gefahr eines Sprengunfalls weitgehend minimiert.

Der Sprengberechtigte überprüft nach jeder Sprengung an der Sprengstelle, ob alle Patronen gezündet wurden und gibt nach ordnungsgemäßer Sprengung den Zutritt für die anderen Mitarbeiter frei. Während des Ladens herrscht im Umkreis von 25 m vor der Ortsbrust Rauchverbot.

- Verbrauch

Die Vorstufe eines Verbrauchs sind überdurchschnittliche Setzungswerte und Setzungsgeschwindigkeiten sowie eine instabile Ortsbrust. In solchen Fällen muss die Bauleitung informiert werden, allgemeine Maßnahmen können nicht von vornherein festgelegt werden. Die Bauleitung sorgt für eine Sicherung der gefährdeten Bereiche und entscheidet über die weiteren Maßnahmen.

5.4 Arbeitszeit/Sonntagsarbeit

Rechtsgrundlage für die Sonntagsarbeit und Arbeitszeit ist das Arbeitszeitgesetz (ArbZG), insbesondere der § 3 Arbeitszeit der Arbeitnehmer, § 4 Ruhepausen, § 9 Sonn- und Feiertagsruhe und § 13 Abs. 4 (Bewilligung). Es gibt keine tariflichen Vereinbarungen und keine Betriebsvereinbarungen, die das Zulassen einer längeren Arbeitszeit oder einer Verkürzung der Ruhezeit erlauben würde.

5.4.1 Sonn- und Feiertagsarbeit

Vor Baubeginn stellte der Betrieb einen Antrag auf Befreiung vom Beschäftigungsverbot an Sonn- und Feiertagen. Die Begründung basierte auf den der NÖT zu Grunde liegenden Überlegungen und stützte sich auf folgende Argumente:

1. Die Gefahr zur Entfestigung gelten nicht nur für das Gewölbe, sondern auch für die Ortsbrust. Bei längerer Unterbrechung könnten auch an der Ortsbrust Entfestigungsercheinungen auftreten, die zum Hereinbrechen des Gebirges führen. Der Vortrieb dürfe deshalb keine längeren Pausen aufweisen.
2. Als Folge des großen Volumens des entstandenen Hohlkörpers treten über dem Tunnel Setzungen von mehreren cm auf. Wenn eine zu lange Pause im Vortrieb eintritt, könnten die Setzungen so ungleichmäßig erfolgen, dass Gebäude aus der Waagerechten geraten oder Risse und andere Schäden entstehen.
3. Nur bei kontinuierlichem Vortrieb sind Messergebnisse bzgl. Schwingungen und Setzungen zuverlässig auf die Dimensionierung von Abschlag und Sicherung anwendbar.

Das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Dresden bat das Oberbergamt in Amtshilfe um fachliche Beurteilung des Antrages. Aufgrund deren zustimmender Beurteilung wurde die Sonntagsarbeit auf der Grundlage von § 13 Abs. 4 ArbZG genehmigt. Unabhängig von der Prüfung in diesem Einzelfall ist es eine herrschende Auffassung unter Fachleuten, dass die NÖT einen kontinuierlichen Vortrieb bedingen würde.

Die Bewilligung ist auf den Vortrieb beschränkt. Der Ausbau darf an Sonn- und Feiertagen nicht durchgeführt werden.

5.4.2 Einsatzzyklen und Schichtzeit

Anfangs wurde eine international übliche Schichtfolge gewählt, die einen 10/5 Tage Zyklus beinhaltete (10 Tage Arbeit, 5 Tage Abgang). Um die Freizeit unter Berücksichtigung einer unter Umständen sehr langen Fahrzeit der auswärtigen Arbeitnehmer möglichst lang zu halten, begann der Arbeitszyklus mit der Nachtschicht und endete mit einer verkürzten Früh-

schicht. Der Wechsel von der Nachtschicht zur Frühschicht erfolgte über eine sog. Wechselschicht. Da zwischen der Nachtschicht und der Wechselschicht die vorgeschriebene Ruhezeit von 11 Stunden (§ 5 ArbZG) nicht eingehalten wurde, ist dieser Variante vom Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Dresden nicht zugestimmt worden. Für eine Verkürzung der Ruhezeit gibt es bei dieser Art der Arbeit keine Rechtsgrundlage.

Weiterhin war zu klären, ob eine 12-h-Schichtzeit akzeptiert werden kann. Dazu müsste gesichert sein, dass in jeder Schicht 2 Stunden Pause gewährt werden, da eine längere tägliche Arbeitszeit aufgrund der Schwere und Art der Tätigkeit nicht zulässig ist

Der Vortriebszyklus, die Tätigkeit zwischen zwei Sprengungen, hängt von den geometrischen und geologischen Bedingungen ab und lässt sich durch den Einsatz weiterer Arbeitnehmer nicht beschleunigen. Die Nebentätigkeiten wie Bereitstellen von Material, Lutte anhängen, Wege begradigen usw. ließen sich dagegen mit ausreichend Personal so schnell erledigen, dass der eigentliche Vortrieb nicht verzögert wird.

Eine Kolonne besteht in der Regel aus 7 Arbeitnehmern: 3 Maschinisten, 3 Mineure und ein Sprengmeister. Für einige der Teiltätigkeiten im Vortrieb wird nur wenig Personal benötigt. Beispielsweise ist für das Spritzen nur der Maschinist, der das Spritzmobil bedient und ein Arbeitnehmer, der das Einfließen des Betons in die Spritzmaschine überwacht, erforderlich. Der Fahrer des Betonfahrzeugs gehört zu der betonliefernden Fremdfirma. Bei den Tätigkeiten Bewehrung einbringen und Bogen stellen werden alle Arbeitnehmer einer Kolonne benötigt. Damit ist es prinzipiell möglich, Pausen in dem erforderlichen Umfang zu gewährleisten.

Eine Schichtzeit von 12 Stunden ist damit prinzipiell möglich. Das setzt aber voraus, dass die Pausenzeiten zuverlässig und kontrollierbar aufgezeichnet werden, wie es der § 16 ArbZG fordert. Der Arbeitgeber wird darin verpflichtet, die über die werktägliche Arbeitszeit von (8 Stunden) hinausgehende Arbeitszeit der Arbeitnehmer aufzuzeichnen. Die Arbeitszeit hängt aber im konkreten Fall davon ab, wie Pausen gewährt werden. Die Registrierung der Schichtzeit allein ist nicht aussagefähig.

Die Bauleitung entschied sich, die Schichtzeit auf 11 Stunden zu reduzieren: 5 bis 16 Uhr, 16 bis 3 Uhr. Gearbeitet wird 12 Tage hintereinander. Dann haben die Arbeitnehmer 6 Tage frei (Abgang). Mit den Pausenzeiten von 2 mal $\frac{1}{2}$ Stunde ergeben sich damit Arbeitszeiten von 10 Stunden. Die Zulässigkeit ist damit gegeben und die mittlere Arbeitszeit bleibt mit 7,8 Stunden unter dem zulässigen Wert von 8 Stunden (§ 3 ArbZG, Sonnabende mit eingerechnet). Die tarifliche Wochenzeit ist nicht Untersuchungsobjekt der Staatlichen Gewerbeaufsicht.

5.4.3 Feststehende Ruhepausen

Da die Pausen von dem beschriebenen Vortriebszyklus abhängen, der Vortriebszyklus aber durch eine Vielzahl von Problemen immer wieder verzögert werden kann, stehen die Pausenzeiten in der täglichen Praxis nicht unbedingt zeitlich fest. Damit ist die Erfüllung der Forderung, dass die Arbeit durch im Voraus feststehende Ruhepausen zu unterbrechen ist (§ 4 ArbZG), nicht im wörtlichen Sinne möglich. Die Pausenzeiten allerdings dürfen nicht so wie

vorgefunden von den täglichen Situationen abhängen, dass die Arbeitnehmer erst auf Anweisung des Poliers ihre Pause beginnen können. Das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt verlangte eine Lösung, die die Pausen im Ablauf fest einordnet. Von der Bauleitung wurde zunächst ein Schema angeboten, das aufzeigte, wann die Arbeitnehmer im direkten Vortrieb nicht benötigt werden. Das gab immerhin einen Rahmen für die möglichen Pausen vor. Es trennte jedoch nicht Nebentätigkeiten von Pausenzeiten und wurde deshalb als zu unbestimmt abgelehnt. Das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Dresden verlangte eine feststehende Einordnung in den Ablauf. Bei Verzögerungen im Vortrieb oder Änderung der geologischen Bedingungen würde sich die Pausenzeit verschieben, aber in der Reihenfolge noch bestimmt sein. Die Bauleitung entschloss sich, die Pausen generell auf die Wartezeit nach der 2. und 3. Sprengung zu legen. Die Pausenzeit wurde auf jeweils 30 min festgesetzt. Nachteil dieser Regelung ist, dass die technologische Zykluszeit um täglich 2 mal 10 min verlängert wird. Ein Gesichtspunkt für die Regelung war jedoch die Kontrollierbarkeit durch die Bauleitung, denn darüber ob eine Pause tatsächlich angetreten wird, entscheiden die Poliere vor Ort.

5.5 Bewetterung

Die Bewetterung hat die Aufgabe, Staub, Sprengschwaden, Dieselmotoremissionen und gegebenenfalls mit Radon angereicherte Luft nach außen zu transportieren. Nach den Berufsgenossenschaftlichen Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGR 160 (Sicherheitsregeln für Bauarbeiten unter Tage) müssen Arbeitsplätze und Verkehrswege so belüftet sein, dass an jeder Arbeitsstelle ein Sauerstoffgehalt von mehr als 19 Vol- % vorhanden ist, die zulässige Konzentration von Gefahrstoffen in der Atemluft nicht überschritten wird, keine explosionsfähige Atmosphäre in Gefahr drohender Menge entstehen kann und die mittlere Luftgeschwindigkeit des Luftstromes nicht unter 0,2 m/s abfällt und nicht über 6,0 m/s ansteigt. In Abhängigkeit von den herrschenden Außentemperaturen wird das Mikroklima am Arbeitsplatz beeinflusst.

Die Bewetterung (Luttendurchmesser 2400 mm) erfolgt wie im Tunnelbau üblich drückend für jede Tunnelröhre getrennt mit einer Antriebsleistung von 250 kW und einer stufenlos regelbaren (Frequenzregler) Lüfterleistung von 79 m³/s.

Die Lutte kann nicht beliebig dicht an die Ortsbrust herangeführt werden, da sie bei Sprengungen nicht zurückgefahren werden kann. Der Abstand muss mindestens 50 m betragen, um die Beschädigungen in Grenzen zu halten. Da die einzelnen Stücke, die zur Verlängerung zur Verfügung stehen, 20 m lang sind, braucht die Lutte andererseits nicht mehr als 70 m zurück zu stehen. Nachdem verschiedentlich beobachtet wurde, dass große Luttenabstände vorhanden waren, wurde festgelegt, dass 70 m nicht überschritten werden dürfen. Die Vorgabe 50 m bis 70 m ist seither eingehalten worden und ist eine Grundlage dafür, dass die zulässigen Grenzwerte für Gefahrstoffe eingehalten werden.

Vom Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Dresden wurden komplexe Messungen der Luftgeschwindigkeiten vorgenommen, die im Detail dort vorliegen. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass 10 m nach Luttenende auf einer Fläche von ca. 6 m² unterhalb der Gewölbedecke eine Luftgeschwindigkeit von 6,3 m/s gemessen wurde. Der Strahl verbreitert sich mit dem Abstand vom Luttenmund, aber auch 20 m hinter der Ausblasöffnung hat der größte Wert der Luftströmung mit 6,0 m/s noch die gleiche Größenordnung. Bei 40 m ist immer noch eine Luftgeschwindigkeit von über 1 m/s zu verzeichnen. Bei größeren Tunnellängen wird eine Lutte mit einem Durchmesser von 2400 mm eingesetzt. Im Abstand von 55 m sind noch deutliche Luftbewegungen bis 0,4 m/s zu registrieren. Die durchgeführten Messungen zeigten, dass der Strahl sicher in den Arbeitsbereich hinein reicht, wenn sich der Luftstrom

ungehindert ausbreiten kann. Die ungehinderte Ausbreitung ist allerdings die Ausnahme. Die Messungen bei 60 m zeigten keine wirkungsvollen Luftströmungen mehr. Der Luftstrom war infolge Wirbelbildungen durch Geräte unterbrochen.

Die Ergebnisse der Gefahrstoffmessungen zeigten (siehe Pkt. 5.10), dass die Anordnung der Lutte, die Leistung des Lüftermotors und die Betriebsweise an der Ortsbrust bisher ausreichten, um die Einhaltung der zulässigen Grenzwerte zu gewährleisten.

In der kalten Jahreszeit wird es schwieriger, „unzumutbare Zugluft“ (vgl. Nr. 4.2.2 ASR 5) zu vermeiden. Der Luftstrom selbst kann wegen der Gefahrstoffe, die ständig aus der gesamten Tunnellänge heraus befördert werden müssen, nicht abgeschaltet werden.

Zwar wird die Luft bei Luttenlängen von mehreren 100 m erwärmt, aber die Temperaturerhöhung bleibt mit ca. 10 K in Grenzen. Bei einer 1,3 km langen Lutte und Außentemperaturen von 4,7°C wurden 12 K gemessen. Die Luftströmung kann insbesondere bei negativen Außentemperaturen als Zugluft wirken und zu lokalen Unterkühlungen mit der Folge von Muskel- und Gelenkentzündungen, Erkältungskrankheiten o. ä. führen. Eine Lösungsmöglichkeit ergibt sich aus dem Umstand, dass in einigen Zeitabschnitten keine Gefahrstoffe freigesetzt werden: Bei den Tätigkeiten

- Bohren, da der Bohrwagen mit Elektroantrieb ausgerüstet ist und der Bohrvorgang mit Wasser gespült wird,
- Laden, da verpackter (patronierter) Emulsionssprengstoff eingesetzt wird, von dem während der Handhabung keine Gefahrstoffe freigesetzt werden,
- Bewehrung anbringen und Bogen stellen

kann der Luftstrom umgelenkt werden, bevor er die Arbeitnehmer erreicht. Die Spülung des Tunnelganges muss unbeeinträchtigt bleiben. Es wurde festgelegt, dass bei diesen Tätigkeiten die Radladerschaufel vor dem Luttenmund positioniert wird. Messungen ergaben, dass dadurch die Luftgeschwindigkeit im Arbeitsbereich deutlich unter 0,2 m/s bleibt.

Da die Gefahrstoffmessungen bis zu einer Vortriebslänge von 1,3 km eine eindeutige Einhaltung der Grenzwerte gezeigt haben, wurde als zweite Maßnahme festgelegt, dass die Entfernung des Luttenmundes zur Ortsbrust, d. h. zu den Arbeitsplätzen um 10 m vergrößert werden kann. Der zulässige Bereich wird damit in der kalten Jahreszeit auf 60 – 80 m, statt 50 – 70 m im Sommer, festgesetzt.

5.6 Arbeitsbedingter Lärm

5.6.1 Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung

Die messtechnische Erfassung des arbeitsbedingten Lärms beim Tunnelvortrieb erfolgte nach DIN 45645 T. 2 in der, zusammen mit DIN 45645 T. 1, die Voraussetzungen für die einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschmissionen am Arbeitsplatz festgelegt sind.

Die Messergebnisse werden nach § 15 der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und VDI 2058 Bl. 3 bewertet. Danach darf der „Beurteilungspegel am Arbeitsplatz in Arbeitsräumen auch unter Berücksichtigung der von außen einwirkenden Geräusche höchstens betragen:

1. bei überwiegend geistiger Tätigkeit 55 dB(A)
2. bei einfachen oder überwiegend mechanisierten Bürotätigkeiten 70 dB(A)

3. bei allen anderen sonstigen Tätigkeiten 85 dB(A); soweit dieser Beurteilungspegel nach der betrieblich möglichen Lärminderung nicht einzuhalten ist, darf er bis zu 5 dB (A) überschritten werden“.

Der Beurteilungspegel L_{Ard} ist nach DIN 45645 T. 1 ein Maß für die durchschnittliche Geräuschbelastung während einer Arbeitsschicht.

In der Berufsgenossenschaftlichen Vorschrift (BGV) B3 werden Lärmbekämpfungsmaßnahmen festgelegt, wenn der Beurteilungspegel 85 bzw. 90 dB(A) und der Höchstwert des unbewerteten Schalldruckpegels 140 dB überschreitet.

5.6.2 Geräuschimmission

Die Lärmbelastung beim Kalottenvortrieb und beim Herstellen der Sohle / Strosse wird hauptsächlich durch die beim Vortrieb eingesetzten Geräte bestimmt. Durch die Arbeitnehmer verursachter Lärm (Hammerschläge, handgeführte Geräte) tritt nur vereinzelt, z.B. beim Bogen stellen, auf. Die Arbeitnehmer befinden sich dabei sowohl im Direktschallfeld (Maschinen) als auch im Feld des an den Kalottenwänden reflektierten Schalls. Schallabsorption tritt durch die Struktur der Begrenzungsflächen (Fels) bzw. durch die Metalloberflächen der Bearbeitungsgeräte praktisch nicht auf.

5.6.3 Messstrategie

Auf Grund der Mobilität der Arbeitnehmer kamen personengetragene Lärmmessgeräte (Schalldosimeter Typ 4436 der Firma Brüel & Kjaer) zum Einsatz. Ergänzend wurden stationäre Messungen in Ohrhöhe der Arbeitnehmer vorgenommen. Arbeitsmedizinisch relevante Messgrößen waren bei allen Analysen der energieäquivalente Dauerschalldruckpegel L_{eq} als Grundlage für die Berechnung des Beurteilungspegels und der Maximalwert des unbewerteten Schalldruckpegels L_{peak} . Die Messzeiten zur Ermittlung des L_{eq} entsprachen im allgemeinen, mit Ausnahme der Tätigkeit „Rohrschirm setzen“, der Zykluszeit für die jeweilige Teiltätigkeit. Da die Tätigkeit „Rohrschirm setzen“ sich über die gesamte Arbeitsschicht erstreckt, wurde hierbei zur Beurteilung der Lärmexposition eine repräsentative Messzeit gemäß DIN 45645 T. 2 gewählt.

5.6.4 Ergebnisse

- Kalottenvortrieb

Bei den Teiltätigkeiten des Kalottenvortriebs wurden folgende Mittelwerte des äquivalenten Dauerschalldruckpegels ermittelt bzw. traten folgende Spitzenwerte des unbewerteten Schalldruckpegels L_{peak} auf (Abbildung 14):

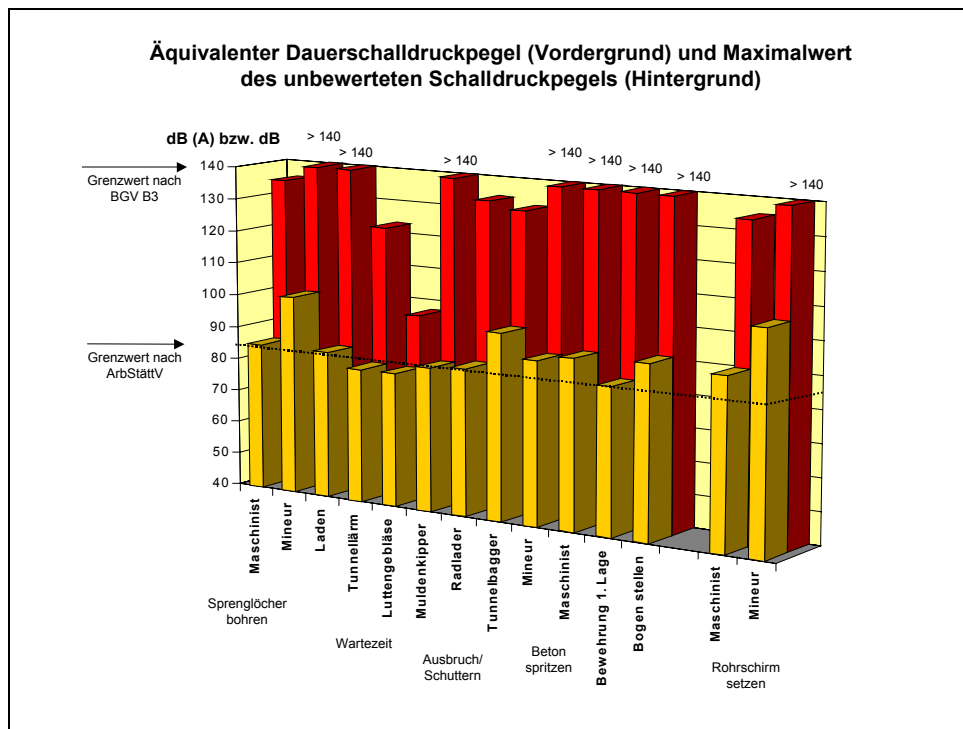


Abbildung 14: Mittlere äquivalente Dauerschalldruckpegel und Spitzenwerte des unbewerteten Schalldruckpegels nach Tätigkeiten

Aus der Abbildung 14 ist zu ersehen, dass der äquivalente Dauerschalldruckpegel von 85 dB(A) bei den meisten Tätigkeiten überschritten wird. Die höchsten Werte ergeben sich bei den Mineuren der Tätigkeiten Rohrschirm setzen bzw. Sprenglöcher bohren sowie beim Bedienen des Tunnelbaggers. Bei letzterer Tätigkeit resultiert die hohe Lärmexposition aus der nicht allseits geschlossenen Kabine auf diesem Gerät. Die nach der berufsgenossenschaftlichen Vorschrift BGV B3 „Lärm“ festgelegte Grenze für den Höchstwert des unbewerteten Schalldruckpegels (L_{peak}) von 140 dB wird bei mehr als der Hälfte der ausgeübten Tätigkeiten überschritten. Die Schalldruckpegelwerte von Abbildung 14 sind in der Tabelle 2 als Einzelwerte enthalten.

Tabelle 2: Äquivalenter Dauerschalldruckpegel (L_{eq}) und Spitzenwert des unbewerteten Schalldruckpegels (L_{peak}) nach Tätigkeiten beim Kalottenvortrieb

Tätigkeit	Messtag					Rechenwert [dB(A)]	Unge- nauig- keit [dB(A)]	L_{peak} [dB(A)]
	24.04. 2001	07.05. 2001	06.07. 2001	19.07. 2001	02.08. 2001			
Bohren, Aufenthalt: in der Kabine (Maschinist) außerhalb der Kabine (Mineur)	99,4 97,0	84,1 99,2 98,9	103,8	86,7 102,4	89,8 106,6	85 100	2 3	135 >140
Laden ohne Bohrgeräusche		90,6	84,8	80,2	85,3	85	5	>140
Warten nach Sprengung: Tunnellärm Luttengebläse						81 80	1 2	123 106
Ausbruch / Schuttern: Muldenkipper	84,8	96,6 * 97,0 *		83,4	84,4 85,0	84	1	>140
Radlader Tunnelbagger Beräumen mit ZM 60	84,8 96,1	84,8		98,9	80,6 97,1 89,2	85 97	1 2	139 132
Beton spritzen: Überwachen der Betonzufuhr (Mineur) Bedienausleger (Maschinist)	92,2 89,6	93,2 93,8 96,4 * 97,0 *	88,4	92,9 89,5 89,8	93,9 93,7	93 92	4 1	>140 >140
Bewehrung einbringen (1. Lage)	89,0 83,7	80,6	83,3	83,4	93,0	85	5	>140
Bogen stellen	92,2 92,6 95,2 91,5 90,1	92,5	96,2	93,5	95,2	93	3	>140
Rohrschirm setzen: neben Bohrlafette (Mineur) in der Kabine (Maschinist)	106,5 105,8 110,0 91,9						Einzel- messung	135 >140

*) Da die Werte wesentlich von denen anderer Tage abweichen, muss angenommen werden, dass technische Defekte auf den eingesetzten Arbeitsmaschinen vorlagen. Diese Werte werden deshalb nicht zu einer allgemeinen Bewertung herangezogen.

Die folgenden beiden Abbildungen enthalten die zeitlichen Verläufe des äquivalenten Dauerschalldruckpegels und des Spitzenwertes des unbewerteten Schalldruckpegels für die Tätigkeiten: Bedienen des Tunnelbaggers bzw. Sprenglöcher bohren (Mineur). Ausgewählte Schallpegelverläufe:

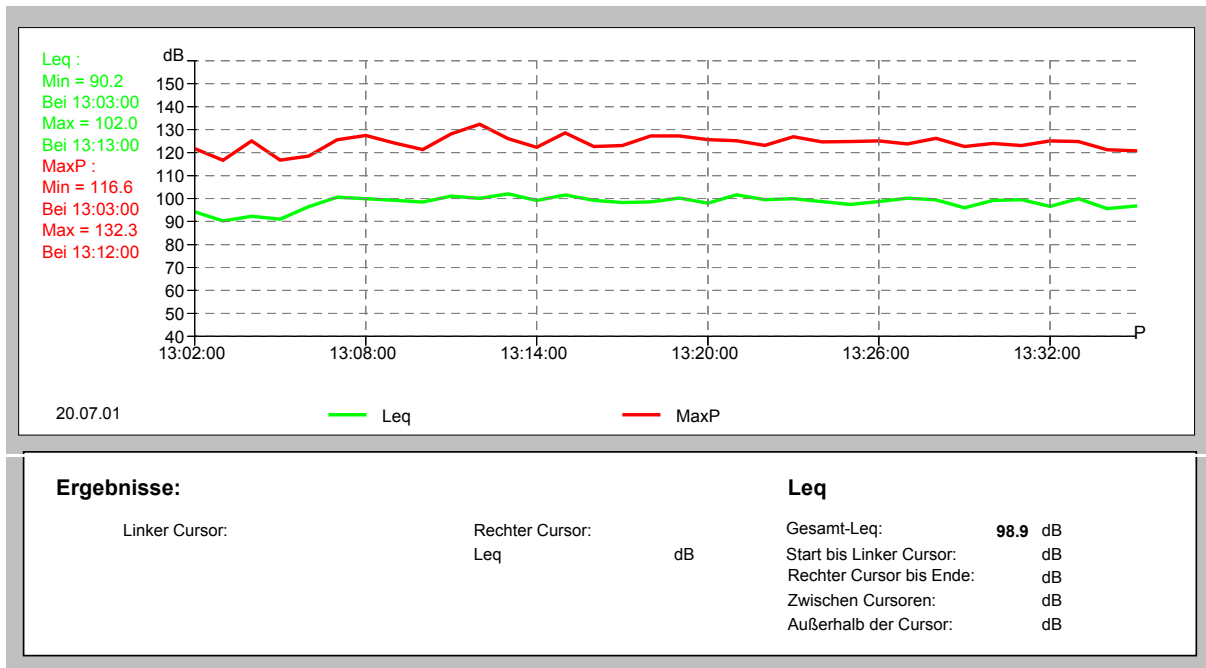


Abbildung 15: Beispielhafter Verlauf des äquivalenten Dauerschalldruckpegels bei der Tätigkeit Ausbruch / Schüttern, Geräteinsatz: Tunnelbagger.

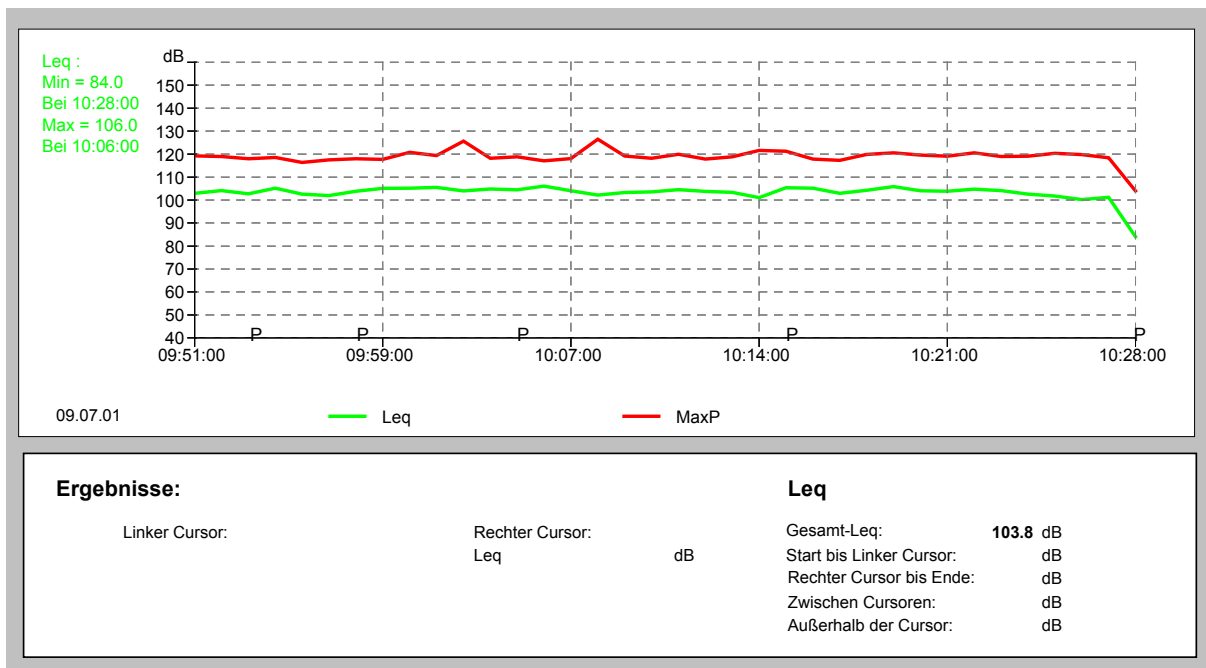


Abbildung 16: Beispielhafter Verlauf des äquivalenten Dauerschalldruckpegels bei der Tätigkeit Sprenglöcher bohren, Mineur.

In beiden Fällen zeigt sich ein relativ homogener Verlauf des äquivalenten Dauerschalldruckpegels bzw. des Spitzenwertes des unbewerteten Schalldruckpegels über die Messzeit.

- Herstellen der Sohle / Strosse

Tabelle 3: Äquivalenter Dauerschalldruckpegel (L_{eq}) und Spitzenwert des unbewerteten Schalldruckpegels (L_{peak}) nach Tätigkeiten beim Herstellen der Sohle

Tätigkeit	Messtag			Rechenwert [dB(A)]	Ungenauigkeit [dB(A)]	L_{peak} [dB(A)]
	24.04. 2001	11.10. 2001	15.11. 2001			
Bohren der Sprenglöcher (außerhalb der Kabine)			93,0	93	3	126
Laden ohne Bohrgeräusche			80,8	81	5	110
Warten nach Sprengung: Tunnellärm				81	1	123
Luttengebläse				83	2	103
Ausbruch / Schuttern: Muldenkipper	85,0	81,0*		84	1	138
Radlader	85,0		85,0	85	1	134
Tunnelbagger			94,0	94	2	134
Herstellung der Sohle			98,7	99	2	133
davon Bohrmeißel	96,1		99,2	98		126
Beton spritzen				92		>140
Bewehrung einbringen				85		>140

*) viel Wartezeit

Die Ermittlung der Lärmbelastung bei der Strossenherstellung erfolgte bei einer Variante ohne Sprengvortrieb. Da es hierbei eine Reihe von unterschiedlichen und kurzzeitigen Arbeitsabschnitten mit vergleichbaren Schalldruckpegeln gab, wurde die Lärmbelastung ohne Differenzierung nach Tätigkeiten durch die Bestimmung des äquivalenten Dauerschalldruckpegels über einen repräsentativen Zeitabschnitt der Arbeitsschicht durchgeführt. Lediglich die Tätigkeit „Anker setzen“ wurde gesondert bewertet. Danach ergeben sich äquivalente Dauerschalldruckpegel zwischen 88 und 90 dB(A) für die Mineure und von 87 dB(A) für den Maschinisten. Für die Tätigkeit „Anker setzen“ wurde außerhalb der Kabine des Bohrwagens ein L_{eq} von 96 dB(A) und in der Kabine ein L_{eq} von 83 dB(A) ermittelt. Der Maximalwert des unbewerteten Schalldruckpegels überschritt bei keiner Tätigkeit 140 dB.

- Beurteilungspegel:

Innerhalb des Arbeitsteams, sog. Drittel, werden sowohl verschiedene Tätigkeiten gemeinsam (Bewehrung, Bogen stellen) als auch nur von einzelnen Teammitgliedern ausgeführt (Versiegelung, Betonspritzen, Bohren). Bei der Tätigkeit Ausbruch/Schuttern sind die Arbeitnehmer auf verschiedenen mobilen Geräten eingesetzt. Zur Berechnung des individuellen Beurteilungspegels nach DIN 45645 T. 1 Pkt. 4.1 sind deshalb die während der Arbeitsschicht ausgeübten Tätigkeiten mit ihren Zeitanteilen und die Länge der Arbeitsschicht zu berücksichtigen. Danach ergeben sich für die Mineure, Maschinisten und Sprengmeister die in der folgenden Tabelle 4 errechneten Beurteilungspegel (L_{Ard}) für die Tätigkeiten beim Kalottenvortrieb.

Die Messtage 24.04.01 und 11.10.2001 wurden wegen fehlender namentlicher Zuordnung zur gemessenen Lärmbelastung bei der Berechnung des Beurteilungspegels beim Kalottenvortrieb bzw. beim Herstellen der Sohle nicht berücksichtigt.

Tabelle 4: Beurteilungspegel an drei Messtagen für Mineure, Maschinisten und Sprengmeister

beim Kalottenvortrieb

Messtag	07.05.01 L _{Ard} [dB(A)]	06.07.01 L _{Ard} [dB(A)]	19.07.01 L _{Ard} [dB(A)]	02.08.01* L _{Ard} [dB(A)]
Mineure	97	90	85	101
	94	82	96	101
Maschinisten	86	87	87	92
	92	96	87	89
		89	88	97
Sprengmeister	93	91	92	101

* Havariesituation

Mittelwerte (ohne Messtag 02.08.01):

Mineure: 93 dB(A), Maschinisten: 90 dB(A), Sprengmeister: 92 dB(A)

Spezialtechnologie Rohrschirm setzen, je nach Einsatzort:

Mineur neben dem Bohrwagen	107 dB(A)
Mineur auf der Arbeitsbühne des Bohrwagens	111 dB(A)
Maschinist in der Kabine des Bohrwagens	93 dB(A)

Die Messungenauigkeit bleibt in allen Fällen unter 4 dB(A).

Die in der Tabelle 4, außer Messtag 02.08.01, angegebenen Werte schwanken erheblich (Mineure 82 - 97 dB(A); Maschinisten 87 -96 dB(A)), weil sie davon abhängen, ob die Arbeitnehmer während des Kalottenvortriebs an der Ortsbrust tätig oder zu Nebenarbeiten außerhalb des Tunnels eingesetzt sind.

Es wurde deshalb auch der äquivalente Dauerschalldruckpegel für Mineure und Maschinisten bei verschiedenen Teiltätigkeiten für einen Regelzyklus berechnet. Danach ergeben sich für Mineure äquivalente Dauerschalldruckpegel zwischen 92 und 94 dB(A) und für Maschinisten zwischen 87 und 94 dB(A). Da die Einsatzart der Arbeitnehmer innerhalb des Drittels variiert, wurden auch hier zusätzlich Mittelwerte berechnet. Danach ergibt sich für Mineure ein Mittelwert von 94 dB(A) und für Maschinisten ein Mittelwert von 91 dB(A).

Beim Vergleich dieser Mittelwerte mit denen für die Beurteilungspegel zeigt sich eine gute Übereinstimmung, bei geringerer Streuung für den Regelzyklus.

Die Beurteilungspegel vom 02.08.2001 sind für die Mineure und teilweise auch für Maschinisten sowie für den Sprengmeister nicht repräsentativ, weil das Bohren der Sprenglöcher ungewöhnlich lange dauerte (Regelbohrzeit 19 min, tatsächliche Bohrzeit 73 min). Das wird auch durch den relativ hohen Wert des äquivalenten Dauerschalldruckpegels für den Maschinisten in der Kabine des Bohrwagens dokumentiert, der die Kabinentür wegen der Havariesi-

tuation länger als allgemein üblich geöffnet hatte. Die Werte zeigen aber, dass bei Havarien erhebliche Schwankungen auftreten können.

Die Beurteilungspegel für die Herstellung der Sohle bzw. der Strosse basieren auf der Analyse einer Arbeitsschicht und besitzen deswegen orientierenden Charakter. Die zugrunde liegenden äquivalenten Dauerschalldruckpegel können jedoch als weitgehend gesichert angesehen werden, da der Ausbau mit den gleichen Arbeitsmaschinen wie beim Kalottenvortrieb vorgenommen wird.

Die ermittelten Beurteilungspegel für die Mineure von 93 dB(A) bzw. für die Maschinisten von 92 dB(A) bei der Herstellung der Sohle entsprechen den Mittelwerten beim Kalottenvortrieb. Die Lärmexposition wird durch das Kratzen der Baggerschaufel auf dem gewachsenen Fels, das Abblasen des Betons der fertiggestellten Sohle mit Pressluft, das Abmeißeln überstehenden Gesteins und das Glätten des Schotterbetts mit der Baggerschaufel bestimmt. Dieser Lärmexposition sind alle Arbeitnehmer des Drittels ausgesetzt. Die Dauer zur Herstellung der Sohle liegt zwischen 6 und 12 Stunden. Entscheidenden Einfluss hat dabei die Geologie des Untergrundes. Zum Messzeitpunkt waren sieben Stunden ein realistisches Mittel.

Die Beurteilungspegel bei der Strossenherstellung ohne Sprengvortrieb betragen für die Mineure 92 dB(A) und für den Maschinisten 88 dB(A).

5.6.5 Bewertung

Der Grenzwert für gehörschädigenden Lärm nach § 15 ArbStättV ist bei den bewerteten Tätigkeiten überschritten (Mittelwerte 90 dB(A) und mehr). Die Überschreitung ist unter Berücksichtigung der Messungenauigkeit gesichert. Auch der Höchstwert des unbewerteten Schalldruckpegels nach BGV B3 wird bei den meisten Tätigkeiten überschritten bzw. liegt in der Nähe dieses Grenzwertes.

Die Lärmexposition der Arbeitnehmer wird hauptsächlich durch die beim Tunnelvortrieb eingesetzten Maschinen und Aggregate: Bohrwagen, Tunnelbagger, Betonspritzmaschine, zweiarmige Arbeitsbühne, Muldenkipper, Bohrmeißel, Radlader bestimmt.

5.6.6 Schlussfolgerungen

Da der Beurteilungspegel an den Messtagen bei allen Arbeitnehmern (bis auf eine Ausnahme) 85 dB(A) und mehr beträgt (Mittelwerte ≥ 90 dB(A)) bzw. der Höchstwert des unbewerteten Schalldruckpegels von 140 dB bei den meisten Tätigkeiten erreicht bzw. überschritten wird, sind sämtliche Maßnahmen nach BGV B3 zur Minderung der Lärmeinwirkung zu ergreifen und konsequent durchzusetzen. Hinsichtlich der technischen Lärminderung ist eine Kontaktaufnahme mit dem Hersteller der eingesetzten Maschinen zu empfehlen. Es sollte geprüft werden, ob der Betrieb dieser Geräte auch bei geschlossenen Lüftungsclappen und damit bei verminderter Lärmemission erfolgen kann. Die Ausrüstung des Tunnelbaggers mit einer geschlossenen Fahrerkabine würde zur Verminderung der Lärmexposition des Bedieners führen. Die nicht unerhebliche Variation der Lärmimmission bei verschiedenen Arbeitsgeräten (Radlader, Spritzmobil, Muldenkipper) weist neben individuellen Arbeitsweisen auf mögliche Unterschiede im technischen Zustand der Geräte hin, dem nachgegangen werden sollte. Es wird empfohlen, abweichend von der BGV B3, bei allen Tätigkeiten des Tunnelvortriebs, d.h. auch schon bei Schalldruckpegeln zwischen 85 und 90 dB(A), individuellen Gehörschutz zu tragen. Das sollte auch von Personen, die sich nur kurzzeitig „vor Ort“ aufhalten, praktiziert werden.

5.7 Beleuchtung

5.7.1 Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung

Die Qualität einer Beleuchtungsanlage wird durch die Beleuchtungsstärke und ihre Gleichmäßigkeit (ASR 41/3, DIN 5035 Teil 2 Nr. 7.4) sowie durch weitere Gütemerkmale wie Blendungsbegrenzung (DIN 5035 Teil 2 Nr. 5), Lichtrichtung und Schattigkeit (DIN 5035 Teil 1 Nr. 4.5) bestimmt. Die Beleuchtung soll mit dazu beitragen, die Aufmerksamkeit und Aktivierung zu fördern, vorzeitiger Ermüdung entgegenzuwirken sowie Gefahrensituationen deutlich erkennbar zu machen (DIN 5035 Teil 1 Nr. 3.2). Das Beleuchtungsniveau im Tunnel hat auch indirekten Einfluss auf die Gefahrstoffexposition, indem zu Beleuchtungszwecken laufende Fahrzeugmotoren – vor allem von Fremdfahrzeugen ohne Partikelfilter - vermieden werden können.

Entsprechend ASR 41/3 i. V. m. § 41 Abs. 3 ArbStättV ist für Arbeitsplätze und Verkehrswege im Tunnelbau eine Allgemeinbeleuchtung mit einer Nennbeleuchtungsstärke von $E_n = 30$ lx zu fordern. Dieser Wert ist mit den Angaben von DIN 5035 Teil 2 Nr. 7.4 „Baustellen, Tunnelbau“ identisch. Die berufsgenossenschaftlichen Vorschriften weichen davon ab und sind nicht einheitlich. Sie fordern teilweise gleichfalls 30 lx (BGI 759), an anderer Stelle differenziert: nur 10 lx (§ 39 BGV C22) für Verkehrswege, aber 60 lx für Abbau- und Ladestellen und Arbeitsplätze.

Messungen erfolgten nach den Festlegungen von DIN 5035 Teil 6 „Beleuchtung mit künstlichem Licht, Messung und Bewertung“.

5.7.2 Beleuchtung im Tunnelgang

Vorgefunden wurde im Tunnelgang eine Anordnung von Leuchtstofflampen je 65 W, je eine in einer Polyester-Feuchtraum-Wannenleuchte ohne Reflektor. Die Leuchten waren in einer Höhe von 2 m horizontal in mit einem Abstand von 26 m einer Reihe aufgehängt (Abbildung 17). Mit dieser Anordnung wurde eine Beleuchtungsstärke $E_{\text{mittel}} = 8$ lx erreicht. Die niedrigsten gemessenen Werte betragen ca. 1 lx, die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke erreichte den vorgeschriebenen Mindestwert $E_{\text{min}} = 0,2 E_{\text{mittel}}$ nicht.

In Zusammenarbeit mit dem Tunnelbaubetrieb wurden verschiedene Maßnahmen erarbeitet:

Die horizontale, niedrige Anordnung der Leuchten ist für die Montage einfach, für den Beleuchtungswirkungsgrad jedoch wenig effektiv. Die reflektorlosen Leuchten strahlen quer zur röhrenförmigen Lampe mit einem sehr großen Winkel von ca. 180° , einige Leuchten über 200° . Anteile, die an die Gewölbedecke gestrahlt werden, also nahezu die Hälfte des Gesamtlichtstroms, der nach oben abgestrahlt wird, werden kaum wirksam, weil der Reflexionsgrad der Oberfläche unter 10 % bleibt. In Längsrichtung (in bezug auf die Röhrenform) ist der Winkel, in dem Licht abgestrahlt wird, enger, so dass eine vertikale Anordnung effektiver ist. Bei Reflektorleuchten ist der Abstrahlwinkel in allen Ebenen etwa gleich, wegen der Gefahr der Verschmutzung ist jedoch auch hier eine vertikale Anbringung vorzuziehen.



Abbildung 17: Ursprüngliche horizontale Anordnung und Verteilung der Leuchten

Der Einsatz von Scheinwerfern am First wurde verworfen, weil die Erfahrungen in anderen Tunnelbauvorhaben zeigten, dass diese Variante wegen Blendungserscheinungen und Adaptationsproblemen nicht optimal ist. Spiegelleuchten für Leuchtstofflampen hingegen wurden für den größten Teil aus Kostengründen verworfen, da relativ preiswerte reflektorlose Leuchten beschafft werden konnten. Ein Teilstück konnte mit Reflektorleuchten bestückt werden.

Neben der Drehung in vertikale Richtung wurden die Leuchten höher und dichter angebracht. Der Abstand differenziert zwischen Fußweg und Fahrweg. Auf der Fußwegseite beträgt der Leuchtenabstand 10 m bei einer Fußpunkthöhe von ca. 2,5 m, während die entsprechenden Werte auf der Fahrbahnseite 15 m bei einer Höhe von ca. 3 m betragen. Statt der normalen Leuchtstofflampen wurden Dreibandlampen 58 W eingesetzt, die eine um ca. 25 % höhere Lichtausbeute aufweisen (Bild 18).

Als Ergebnis wurden in der Kalotte Beleuchtungsstärken für den Fußweg von $E_{\text{mittel}} = 40 \text{ lx}$ und für den Fahrweg von $E_{\text{mittel}} = 21 \text{ lx}$ gemessen. Der niedrigste gemessene Wert betrug im Fahrbereich 10 im Fußgängerbereich 19 lx. Die Vorschriften für die Gleichmäßigkeit werden damit erfüllt.

Für das Sprengen der Strosse müssen die Leuchten entfernt werden. Da man ohne Arbeitsbühne nach dem Ausbruch nicht mehr die ursprüngliche Stelle erreicht, werden die Leuchten dann niedriger aufgehängt. Zur Sohle hat der Leuchtenfußpunkt eine Höhe von 5 m. Der Abstand wird beibehalten. Damit ergab sich auf dem Fahrweg der Sohle eine mittlere Beleuchtungsstärke von 12 lx. Ein Fußweg ist nicht mehr vorhanden, da inzwischen der Tunnel so lang ist, dass die Ortsbrust nur noch mit Fahrzeugen erreicht wird.

In der (Teil-)strecke, in der Reflektorleuchten angebracht sind, wurde auf der Sohle eine Beleuchtungsstärke von $E_{\text{mittel}} = 21 \text{ lx}$ gemessen.



Abbildung 18: Neue vertikale Anordnung und Verteilung von Leuchten

5.7.3. Beleuchtung an den Arbeitsplätzen der Ortsbrust

Besondere Anforderungen an die Beleuchtung bestehen für die Tätigkeiten im Bereich der Ortsbrust. DIN 5035 Teil 2 Tab. 2 verlangt eine Nennbeleuchtungsstärke von mindestens $E_n = 30 \text{ lx}$; dieser Wert gilt für die Allgemeinbeleuchtung auf Baustellen auch entsprechend BGI 759 (bisher ZH1/39, Anhang 2). BGV C 22 geht darüber hinaus, indem an Arbeitsplätzen, Abbau- und Ladestellen für die Allgemeinbeleuchtung $E_n = 60 \text{ lx}$ gefordert werden.

Neben einer ausreichenden Beleuchtungsstärke sollen starke Blenderscheinungen vermieden (Nr. 4.4.1 DIN 5035 Teil 1) und eine ausreichende Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke erzielt werden (Tabelle 2, DIN 50 35 Teil 2).

Zur Allgemeinbeleuchtung dienen Scheinwerfer, die in größerem Abstand von der Ortsbrust am Tunnelgewölbe angebracht sind. Zusätzlich wurden auf der Trafostation Scheinwerfer installiert. Da diese Scheinwerfer jedoch bei einer Sprengung nicht abgebaut werden, haben sie einen Abstand von mindestens 50 m zur Ortsbrust. Trotzdem kam es mehrfach zur Zerstörung der Scheinwerfer.

Wenn diese Scheinwerfer direkt auf die Ortsbrust gerichtet wären, hätten sie für die Fahrer von Geräten beim Herausfahren starke Blendwirkung. Sie werden deshalb seitwärts auf die Tunnelwände ausgerichtet und sichern eine ausreichende Beleuchtungsstärke im Bereich von 20 ... 50 m vor der Ortsbrust.

Im Arbeitsbereich unmittelbar vor und an der Ortsbrust werden die Scheinwerfer nur beschränkt wirksam. Diese Bereiche werden mit transportablen Einrichtungen beleuchtet, die vor jeder Sprengung entfernt werden. Sie müssen deshalb einfach zu installieren und von geringem Gewicht sein. Im Tunnel werden dazu Böcke verwendet, die je einen Scheinwerfer mit Halogen-Glühlampen (2.000 W) tragen (Abbildung 19).



Abbildung 19: Beleuchtungsbock mit einem Scheinwerfer vor der Ortsbrust

Für die ausgeübten Tätigkeiten ist die so durch Scheinwerfer erzeugte Beleuchtungsstärke ausreichend. Nachteil dieser Beleuchtungsart ist jedoch ihre grundsätzlich unvermeidliche Blend- und Schattenwirkung sowie die stärkere Ungleichmäßigkeit.

Eine deutliche Verbesserung konnte erreicht werden, indem die leistungsstarken Scheinwerfer (2.000 W) durch jeweils vier kleinere mit einer Leistungsaufnahme von je 500 W ersetzt wurden (Abbildung 20).



Abbildung 20: Beleuchtungsbock mit vier Scheinwerfern vor der Ortsbrust

Diese Variante kann noch nicht als die optimale Lösung empfohlen werden. Einerseits ist aus lichttechnischer Sicht die Verwendung von mehr Böcken vorteilhafter, da man einen besseren

Einfluss auf die Schattenbildung hat. Praktisch erwies sich bei den 4-Leuchten-Böcken als Nachteil, dass die Leuchtmittel – 500 W Halogenleuchtstofflampen – bereits nach wenigen Stunden durchbrannten und u. U. mehrmals je Schicht gewechselt werden mussten. Das könnte damit zusammenhängen, dass die Böcke relativ schwer sind und bei Transport gestoßen werden. Halogenleuchtstofflampen sind nicht stoßfest. Hingegen wurden aus einem anderen Tunnel mit dem Einsatz von je 4 Böcken mit je zwei Scheinwerfern zwar vermerkt, dass die Mineure zwar doppelt so viel laufen muss, um die Böcke vor der Sprengung wegzutragen, aber Zerstörungen der Lampen durch Anstoßen wurden nicht gemeldet.

Es wurde versucht, die Zerstörung der Leuchtmittel durch den Einsatz von Metalldampfampfen zu vermeiden. Diese haben keinen Glühwendel sondern einen Lichtbogen und sind deshalb gegen Stoß unempfindlich. Sie haben jedoch den Nachteil, dass sie ein relativ schweres Zündgerät benötigen. Mehrleuchten- Böcke mit Metalldampfampfen und Zündgeräten sind kaum noch tragbar.

5.7.4 Sicherheitsbeleuchtung

Im Tunnel ist eine Sicherheitsbeleuchtung nach DIN 5035 Teil 5 erforderlich (§ 7 Abs. 4 ArbStättV, BGV C 22 § 39 Abs. 5). Die für Sicherheitsbeleuchtung erforderliche Begrenzung der Einschaltverzögerung auf 15 s (DIN 50 35 Teil 5 Nr. 3.1.4, ASR 7/4 Nr. 4.1.3) auf Rettungswegen kann für Natriumdampfhochdruck- und Halogenmetalldampfampfen nur mit zusätzlichen Ausrüstungen realisiert werden.

Die Probleme sind mit einer höheren Zahl preisgünstiger Leuchten mit Leuchtstofflampen leichter zu beherrschen. Im Tunnel A 17 wird die Sicherheitsbeleuchtung mit einem Teil der normalen Tunnelbeleuchtung realisiert. Bei Stromausfall wird ein Notstromaggregat in Betrieb genommen (Ersatzstromversorgung nach Nr. 5 Satz 1 2. Anstrich ASR 7/4), das eine Phase der Tunnelbeleuchtung unter Spannung setzt. Damit wird jede dritte Leuchte in Betrieb genommen. Die mittlere Beleuchtungsstärke beträgt dann ca. 7 lx und übersteigt sicher den geforderten Wert von 1 lx (§ 7 Abs. 4 ArbStättV).

5.8 Mechanische Ganzkörperschwingungen

5.8.1 Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung

Die Arbeitsstättenverordnung erhebt in § 16 die generelle Forderung „ das Ausmaß mechanischer Schwingungen so niedrig zu halten, wie es nach Art des Betriebes möglich ist“.

In VDI 2057 „Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen“ (Ausgabe Mai 1987) sind in Bl. 1 - 3 die Grundlagen für die Ermittlung, Bewertung und Beurteilung der Schwingungsbelastung bezüglich Ganz - und Teilkörperschwingungen enthalten. Die nachfolgenden Messungen wurden auf der Basis dieser VDI durchgeführt.

5.8.2 Vorkommen mechanischer Ganzkörperschwingungen

Mechanische Ganzkörperschwingungen treten auf allen beim Tunnelvortrieb eingesetzten Geräten auf. Als die arbeitsmedizinisch relevantesten wurden die Ganzkörperschwingungen auf den Fahrersitzen der Muldenkipper und des Radladers beim Beladen dieser Kipper mit Ausbruchmaterial beim Arbeitsgang Ausbruch/Schuttern ausgewählt. Die Ganzkörperschwingungen auf den Muldenkippern sind deswegen bedeutungsvoll, weil mit ihnen die längsten Strecken bei den höchsten Geschwindigkeiten auf dem Tunnelgelände und auf der besonders unebenen Strecke der Deponie gefahren wird.

5.8.3 Messstrategie

Schwingungsmessungen in den drei Körperachsen erfolgten für die Fahrer des Muldenkipper und des Radladers entsprechend der nachstehenden Abbildung:

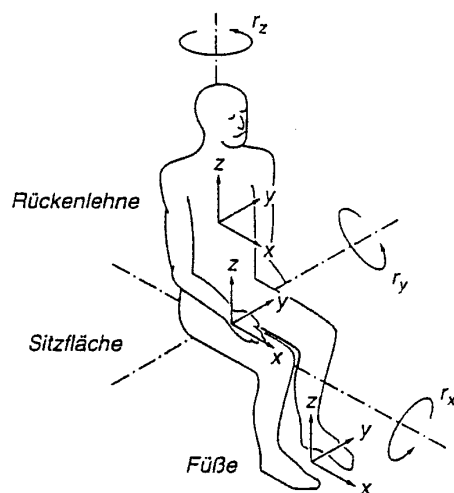


Abbildung 21:
Koordinatensystem für die Schwingungsrichtungen x, y, und z bei Einwirkung auf den menschlichen Körper im Sitzen nach VDI 2057 Bl. 1

Als Messgerät wurde der Modul-Schallpegelmesser Typ 2231 der Firma Brüel & Kjaer in Verbindung mit folgender Zusatzausrüstung verwendet:

Gerätebezeichnung	Typ
■ Humanschwingungseinheit	2522
■ Programm-Modul	BZ 7116
■ Triaxial- Beschleunigungs-Aufnehmer	4322

Die jeweilige Messgröße war der energieäquivalente Mittelwert der frequenzbewerteten Schwingstärke K_{eq} nach VDI 2057 Bl. 1. Zum Vergleich mit der Richtwertkurve für das Beurteilungskriterium „Gesundheit“ nach VDI 2057 Bl. 3 wurde daraus und aus der Einsatzzeit der Fahrzeuge die Beurteilungsschwingstärke K_r berechnet. Der Messort entsprach der VDI 2057 Bl. 2, Pkt. 3.1. Die gewählten Messzeiten gewährleisteten repräsentative Aussagen zur Belastung durch Ganzkörperschwingungen.

5.8.4 Ergebnisse

Die folgende Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse für alle drei Körperachsen für die Ganzkörperschwingungen auf dem Fahrersitz des Muldenkippers und des Radladers.

Tabelle 5: Schwingungsbelastung des Fahrers des Muldenkippers bzw. des Radladers nach Körperachsen

Gerät	Messdauer in min	Achse	bewertete Schwingstärke K_{eq}
Muldenkipper	48 (1. Messung 07.05.01)	x	24,08
	47 (2. Messung 19.07.01)		24,86
	wie x - Achse	y	16,46 17,58
	wie x-Achse	z	16,80 17,60
Radlader	34 (1. Messung 06.07.01)	x	11,36
	90 (2. Messung 11.10.01)		16,89
	wie x-Achse	y	11,25 17,25
	wie x-Achse	z	6,16 17,20

5.8.5 Bewertung

Bei der Bewertung der Gesundheitsrelevanz der Ganzkörperschwingungen ist nach VDI 2057 Bl. 3 von der Körperachse mit der größten bewerteten Schwingstärke auszugehen. Das ist in drei Fällen die x-Achse (Rücken - Brust), in einem Fall die y-Achse (Arm - Arm).

Im allgemeinen wird während der 11-Stunden - Schicht zweimal geschüttert; in Einzelfällen dreimal. Nimmt man den letzteren (ungünstigsten) Fall an, so wird im Fall des Muldenkippers mit einem $K_r = 11,85$ die Richtwertkurve für das Beurteilungskriterium „Gesundheit“ nach VDI 2057 Bl. 3 nicht überschritten. Bei einer 11-Stunden - Schicht liegt die Grenzbelastung bei $K_r = 12,5$. Im Fall des Radladers wird die Grenzbelastung sicher eingehalten.

5.9 Physische Belastung und Beanspruchung

Die im Zusammenhang mit dem Neubau der Autobahn A 17 Dresden – Prag stehende Tunnelbaustelle bietet in ihrer Arbeitsablauf-, Arbeitsinhalt- und Arbeitszeitgestaltung einige Aspekte, die in ihren Wirkungen und Zusammenhängen auf und für den Arbeitnehmer wissenschaftlich kaum erschlossen oder veröffentlicht sind.

Methode

Um die arbeitsbedingte Beanspruchung auf Screeningniveau beurteilen zu können, wurden Herzschlagfrequenz (HSF)-Messungen durchgeführt. Sie sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit die körperliche Arbeit während der Schicht zu einer Überschreitung der Dauerleistungsgrenze bzw. fortschreitenden Ermüdung führt, und welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes ggf. erforderlich wären.

Ausgehend vom Belastungs-Beanspruchungs-Konzept /ROHMERT, 1984/ ist es durch arbeitsphysiologische Untersuchungen möglich, die arbeitsbedingte Belastung der Beschäftigten aufgrund der daraus resultierenden Beanspruchung zu beurteilen.

Die Beurteilung erfolgt auf der Grundlage der tätigkeitsbezogenen, kontinuierlichen Aufzeichnung der Herzschlagfrequenz (HSF) über jeweils einen gesamten Schichtverlauf. Um allgemeingültige, individuumunabhängige Aussagen ableiten zu können, ist es notwendig, inter- und intraindividuelle Streuungen zu eliminieren /HETTINGER, 1970; MÜLLER, 1989/. Dazu wird die gemessenen HSF durch Subtraktion der individuellen Ruheherzschlagfrequenz (RHF) in eine Arbeitsherzschlagfrequenz (AHSF) transformiert.

Die Bestimmung der individuellen RHF erfolgt vor Schichtbeginn im Sitzen über eine Zeitdauer von mindestens fünf Minuten in ruhiger Umgebung. Zeigen die personenbezogenen HSF-Aufzeichnungen einen anderen Tagesminimalpuls auf, so wird dieser zu Bewertung herangezogen.

$$\Rightarrow \quad \text{HSF} - \text{RHF} = \text{AHSF}$$

Die so gewonnene AHSF widerspiegelt die durch die Arbeitstätigkeit hervorgerufene Beanspruchung und wird nach einem in der Fachliteratur /ROHMERT, HETTINGER, 1970; FRAUENDORF; KOBRYN, 1975; GRANDJEAN, 1991/ angegebenen Dauerleistungsgrenzwert bewertet. Der Schichtmittelwert der über die gesamte Schicht ermittelten AHSF sollte danach 35 Schläge/min (bei einer im Sitzen bestimmten Ruhe-HSF) nicht überschreiten.

$$\Rightarrow \quad \text{Dauerleistungsgrenzwert (DLG)} = 35 \text{ Schläge/min}$$

Der Dauerleistungsgrenzwert beschreibt das Maß derjenigen maximalen Arbeitsleistung, die ohne zusätzliche Erholungspausen über einen Zeitraum von acht Stunden ohne Leistungsabfall erbracht werden kann.

Die Registrierung der HSF erfolgte unter Einsatz von zwei PHYSIO-LOGGERN der Firma Rimkus-Medizintechnik. Die Applikation der Elektroden erfolgte auf der vorderen Thoraxwand in einer modifizierten NEHB-A-Ableitung /FRAUENDORF, KOBRYN, 1975/. Als Signalaufnehmer dienten Einmalgebrauchsklebelektroden der Art Silber/Silberchlorid.

Um vergleichbare HSF-Meßwerte zu erhalten, wurden die Personen vor den Untersuchungen einer ärztlichen Voruntersuchung (Ergometrie) unterzogen. Die arbeitsmedizinische Bewertung der bei der Ergometrie erzielten Leistung wurde über die Bestimmung der W 150 vorgenommen. Die W 150 ist diejenige Leistung, gemessen in Watt, die bei einer Herzschlagfrequenz von 150/min anlässlich einer stufenweise ansteigenden Belastung erreicht wurde. Der Sollwert der W 150 beträgt bei Männern 2,1 W pro kg Körpergewicht +/- 0,4 W.

Da bei diesen Untersuchungen hauptsächlich geprüft werden soll, ob das Herz-/Kreislauf-System unauffällig funktioniert, um Fehlern bei der Beurteilung der Arbeitsschwere vorzubeugen, wird die Belastung nicht bis in den Bereich vorgenommen, wie es vielleicht eine Tauglichkeitsbeurteilung bei den arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen fordern würde. Es ist hier zu beachten, dass die Arbeitnehmer anschließend sofort ihrer Arbeit nachgehen müssen und deshalb vorher nicht zu erschöpfenden Höchstleistungen gebracht werden können. Die Belastung wird daher entsprechend der Einschätzung der untersuchenden Ärztin auf das notwendige Maß beschränkt und je nach Trainingszustand in der Regel im Bereich von 150 bis 175 Watt beendet.

Aus ärztlicher Sicht wurden bei der Belastungsuntersuchung der Beschäftigten bezüglich der Leistungsfähigkeit keine gravierenden Auffälligkeiten festgestellt.

Parallel zu jeder HSF-Messung fand eine Arbeitsablaufstudie statt. Dazu wurde die auszuführende Tätigkeit unter dem Aspekt der körperlichen Beanspruchung in Teiltätigkeiten gegliedert. Ziel war es, die von den Beschäftigten ausgeführten Arbeitsverrichtungen „zeitsynchron“ zu erfassen, um sie so den registrierten Beanspruchungen zuordnen zu können.

Folgende Gliederung der Teiltätigkeiten (TT) wurden vorgenommen:

Teiltätigkeit 1: Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten

Da die Tätigkeiten ohne Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten nahtlos von einer Schicht in die andere übergangen, wurde hier nur das erste und letzte Zurücklegen des Weges zum und vom Arbeitsort registriert.

Teiltätigkeit 2: manuelle Tätigkeiten

Alle manuell ausgeführten Arbeiten.

Teiltätigkeit 3: Bedienen / Laufen

Hierzu zählen alle Tätigkeiten, bei denen die Beschäftigten ein Fahrzeug bedient oder gefahren haben. Ebenfalls hierin enthalten sind das Laufen bzw. Gehen zum Beschaffen von Material und Ersatzteilen oder zur Informationsweitergabe.

Teiltätigkeit 4: Erholungspausen

Pausen zum Zweck der Nahrungsaufnahme vor Ort oder im Bereich des Bauleitercontainers.

Teiltätigkeit 5:

technologisch bedingte Pausen

Arbeitsunterbrechungen, die nicht durch die Beschäftigten selbst veranlasst werden, wie z. B. Besprechung mit Kollegen/Vorgesetzten, Warten auf einen bestimmten Baufortschritt bzw. die Beseitigung von Störungen.

Situationsbeschreibung

Die Untersuchungen wurden zu zwei verschiedenen Zeiträumen, jeweils in der Frühschicht, durchgeführt:

a) 09.08.2001 bis 10.08.2001

b) 26.11.2001 bis 29.11.2001.

Von insgesamt 12 kontinuierlich aufgezeichneten Schichtaufnahmen der HSF über jeweils 11 Stunden Dauer waren 11 Aufnahmen komplett auswertbar; eine Schichtaufnahme musste aus technischen Gründen verworfen werden. Zu Beginn unserer Untersuchungen vor Ort am 09.08.2001 war der Tunnelbau 817 m vorangetrieben. Untersucht wurden an beiden Tagen jeweils 2 Mineure, die im Kalottenbau mit überwiegend manuellen Tätigkeiten beschäftigt waren.

Die Untersuchungen im November wurden an 2 Maschinisten im Strossenbau und an 2 Mineuren im Strossen- bzw. Kalottenbau durchgeführt. Der Kalottenbau war bis auf 1300 m vorangetrieben, der Strossenbau im Osttunnel war bei 412 m.

Der erste Untersuchungstag beider Untersuchungszeiträume war für die an den Untersuchungen beteiligten Arbeitnehmer nach 6 freien Tagen der erste Tag eines 12-Tage-Arbeitszyklus mit jeweils 11-Stunden-Schichten (regulär 10 Stunden plus Pausen).

Bauablauf

a) Kalotte

- 1 Vorspritzen der Ortsbrust
- 2 Einbau der bergseitigen Bewehrungslage
- 3 Einbau des Ausbaubogens
- 4 Einbau von mind. 2/3 der Normaldicke des Spritzbetons
- 5 Bohren der Löcher für die Sprengladungen
- 6 Sprenglöcher mit Sprengsätzen füllen
- 7 Sprengung
- 8 Schüttern

b) Strosse

- 1 Ausbruch der Strosse (z. Zt. der Untersuchungen durch Kratzvortrieb)
- 2 Schüttern
- 3 Vorspritzen der Ortsbrust
- 4 Einbau der bergseitigen Bewehrungslage
- 5 Einbau von mind. 2/3 der Normaldicke des Spritzbetons
- 6 Einbau der Systemankerung (z. T.)

Die hier beschriebenen Zyklen wiederholen sich innerhalb einer Arbeitsschicht in voller Länge in der Regel zwei mal. Die Sprengungen an der Ortsbrust erfolgen üblicherweise gegen 6:00 Uhr, 10:30 Uhr und 15:00 Uhr, zeitlich versetzt jeweils im Ost- und Westtunnel.

Beschreibung der Tätigkeiten

Vor Ort (Kalotte und Strosse) wird jeweils in Kolonnen gearbeitet, die sich in der Regel aus einem Maschinisten und mehreren Mineuren zusammensetzen. Die anfallenden Arbeiten sind weitgehend feststehend innerhalb einer Arbeitsgruppe verteilt.

Die Maschinisten verrichten vor allem Tätigkeiten, bei denen ein hohes Maß an Erfahrung im Tunnelbau gefordert wird und die damit qualitätsbestimmend sind, wie z. B. Bohren der Löcher für die Sprengladungen, Aufbringen des Spritzbetons, Bedienen des Radladers und Bedienen des Baggers bei Anwendung des Kratzvortriebes.

Bei den Mineuren wird unterschieden zwischen Mineuren mit überwiegend Bedien- und Überwachungstätigkeiten am Spritzmobil (maschinellen Tätigkeiten) und Mineuren mit überwiegend manuellen Tätigkeiten.

Für die Tätigkeiten Einbau der bergseitigen Bewehrungslage und Einbau des Ausbaubogens wird die gesamte Kolonne (Maschinist und Mineure) herangezogen.

Randbedingungen

Die ermittelten Klimakomponenten betragen im Mittel an den Untersuchungstagen

- im August an der Ortsbrust 21°C Lufttemperatur, 70% relative Luftfeuchte,
- im November an der Ortsbrust 13°C Lufttemperatur, 64% relative Luftfeuchte und am Arbeitsort Strosse 11°C Lufttemperatur, 79% relative Luftfeuchte.

Ergebnisse der Beanspruchungsanalyse

Nach Auswertung aller personenbezogenen HSF-Messergebnisse erfolgte eine Ermittlung des tätigkeitsbezogenen Schichtmittelwertes über alle HSF-Messungen. Da sich die Gruppe der Mineure noch in weitere, aufgrund ihrer unterschiedlichen Tätigkeitsinhalte nicht zusammenfassbare Untergruppen aufgliederte steht hinter 3 Tätigkeiten nur jeweils eine Schichtaufnahme, deren Aussage getrennt diskutiert wird, und die nur bedingt verallgemeinerbar sind.

In Abbildung 22 werden zunächst die Schichtmittelwerte der AHSF bezüglich der untersuchten Tätigkeiten dargestellt.

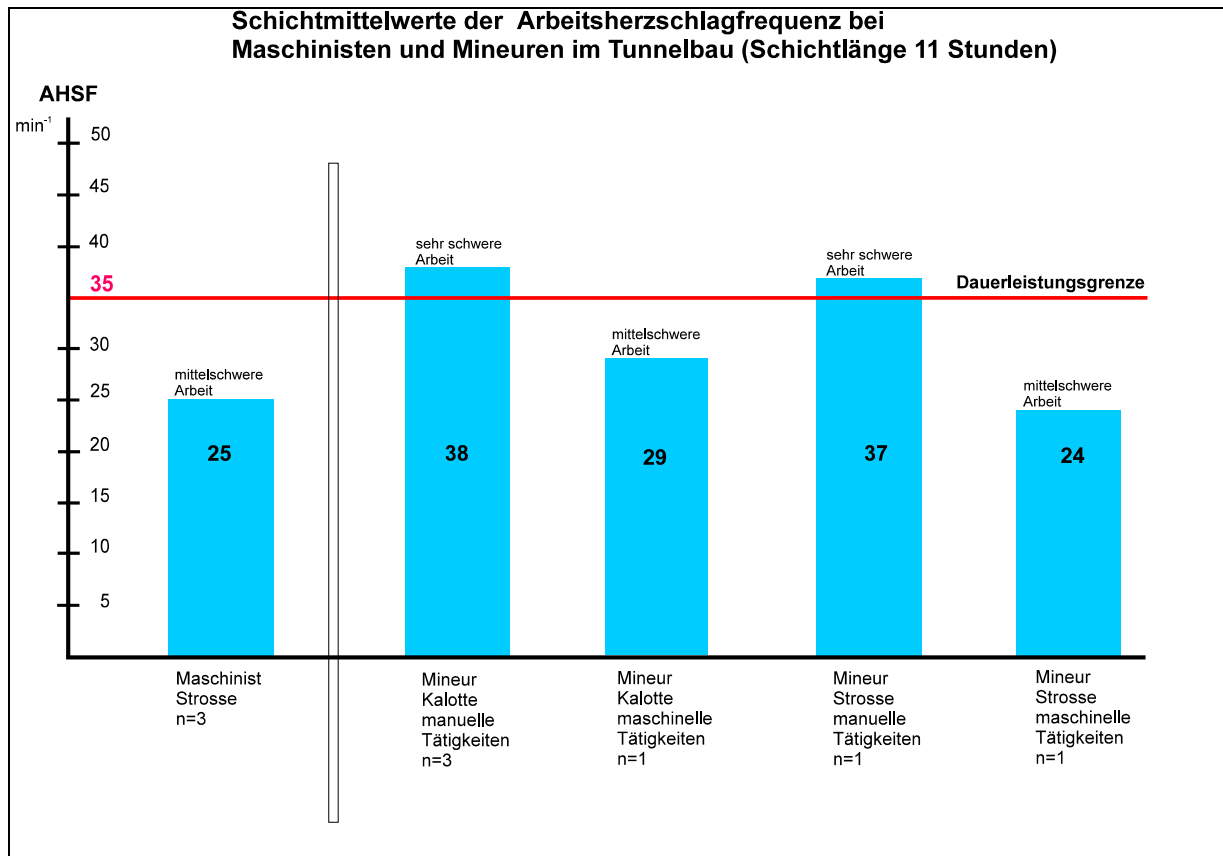


Abbildung 22: Schichtmittelwerte der AHSF für die in der Untersuchung einbezogenen Personen und überwiegend ausgeführten Tätigkeiten

Die Schichtmittelwerte der AHSF bewegen sich zwischen 24/min und 38/min. Auffällig ist, dass die Beanspruchungshöhe bei den Mineuren im Strossenbau geringer ausfällt als die der Mineure im Kalottenbau. Begründet werden kann dies mit dem im Strossenausbau fehlenden Einbau des Ausbaubogens. Hierfür ist, wie auch beim Einbau der bergseitigen Bewehrungslage, eine kraftvolle dynamische Muskelarbeit bei gleichzeitigen Zwangshaltungen (Arbeitshöhe über Kopf) zu erbringen, was zu einer Erhöhung der AHSF führt.

Entsprechend der Klassifizierung der Arbeitsschwere nach der Richtlinie von FRAU-ENDORF, KOBRYN (1975) sind die Tätigkeiten, die überwiegend maschinell verrichtet werden können, als „mittelschwer“ einzustufen. Überwiegend manuell verrichtete Tätigkeiten müssen als „sehr schwere“ Arbeit bewertet werden.

Weitere Aussagen können durch die Analyse der einzelnen Teiltätigkeiten der Maschinisten und Mineure erfolgen. Hierzu wurden die Mittelwerte der AHSF der einzelnen Teiltätigkeiten (TT 1 bis TT 5) unter Angabe ihrer relativen Zeitanteile sowie der zugehörige Schichtmittelwert der AHSF betrachtet.

Maschinist – am Arbeitsplatz Strosse

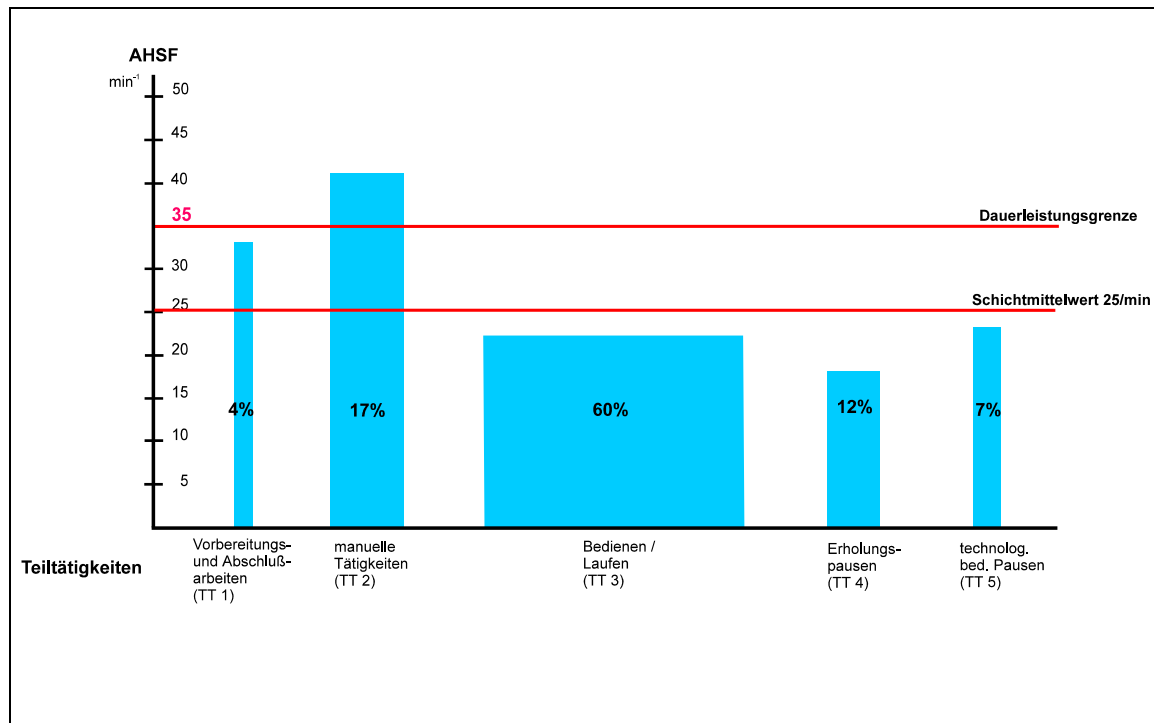


Abbildung 23: Maschinist - Strosse

Schichtmittelwert der AHSF und Mittelwerte der AHSF für die einzelnen Teiltätigkeiten mit Angabe ihrer Zeitanteile in Prozent (n = 3)

Die Tätigkeit des Maschinisten an der Strosse ist in 60% der Schichtzeit durch überwiegend nichtmanuelle Tätigkeiten, wie das Bedienen von Maschinen bzw. Laufarbeit, gekennzeichnet. Die mittlere AHSF beträgt während dieser Teiltätigkeit 22/min.

Die Überschreitung der DLG in der Teiltätigkeit 2 entsteht durch regelmäßig auftretende Beanspruchungsspitzen während des Einbaus der bergseitigen Bewehrungslage, bei dem, wie oben beschrieben, alle Mitglieder einer Kolonne mithelfen. Hierbei wird im Schichtverlauf mehrfach die DLG überschritten (AHSF-Spitzenwerte zwischen 50 und 60/min). Durchschnittlich ergibt sich für die manuellen Tätigkeiten des Maschinisten eine AHSF von 41/min.

Bei den mit 12% Anteil an der Gesamtschicht ausgewiesenen Erholungspausen (incl. Wegezeiten) sind alle Pausenanteile enthalten, die als Erholungspausen genutzt werden.

Unter Berücksichtigung aller Teiltätigkeiten ergibt sich eine mittlere AHSF von 25/min. **Die Tätigkeit des Maschinisten an der Strosse wird als „mittelschwere“ Arbeit eingestuft.**

Mineur – am Arbeitsplatz Kalotte, der überwiegend manuelle Tätigkeiten ausführt

Die Aufschlüsselung in Teiltätigkeiten (Abbildung 24) zeigt, dass über einen Zeitanteil von 61% der Schicht eine den Dauerleistungsgrenzwert übersteigende „sehr schwere“ Arbeit in

Höhe von 41/min vorliegt. Dies resultiert vor allem in den vielfältigen manuellen Tätigkeiten, die sehr oft mit Heben und Tragen von Lasten (z. B. Wasserschläuche legen und anschließen, Tragen von Sprengstoffkisten und Baustelleneinrichtungen) und dem Auftreten von Zwangshaltungen auch unter Last (z. B. Ausbaubogen und Bewehrungsmatten zusammenfügen, aufstellen und positionieren; Einbringen der Sprengsätze in Sprenglöcher) verbunden sind.

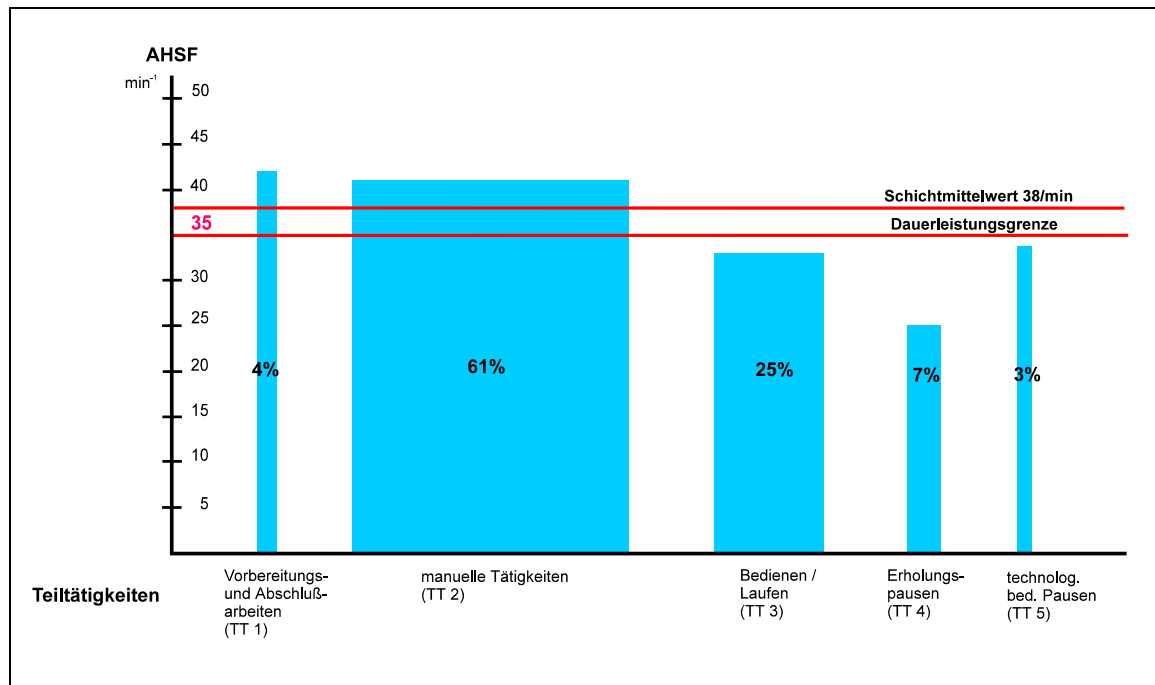


Abbildung 24: Mineur – Kalotte, manuelle Tätigkeiten
Schichtmittelwert der AHSF und Mittelwerte der AHSF für die einzelnen Teiltätigkeiten mit Angabe ihrer Zeitanteile in Prozent (n = 3)

Bei den in der Teiltätigkeit Bedienen / Laufen zusammengefassten Tätigkeiten überwiegt bei den Mineuren an der Kalotte der Anteil des Laufens, welcher erfahrungsgemäß eine höhere AHSF in den Gesamtwert einbringt. Verursacht wird dies auch durch die immer größer werdende Entfernung zwischen Arbeitsort und Tunneleingang.

Bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufes (Abbildung 25) der gemessenen Arbeitsherzschlagfrequenz über eine gesamte Schicht hinweg wird deutlich, dass im letzten Viertel der Schicht die AHSF während der Verrichtung manueller Tätigkeiten weiter ansteigt. Der kontinuierliche Anstieg der AHSF im Schichtverlauf signalisiert, dass das Gleichgewicht zwischen Ermüdung und Erholung gestört ist, der Pausenanteil nicht mehr erholungswirksam wird. Eine Abnahme der Leistungsfähigkeit des Organismus ist die Folge.

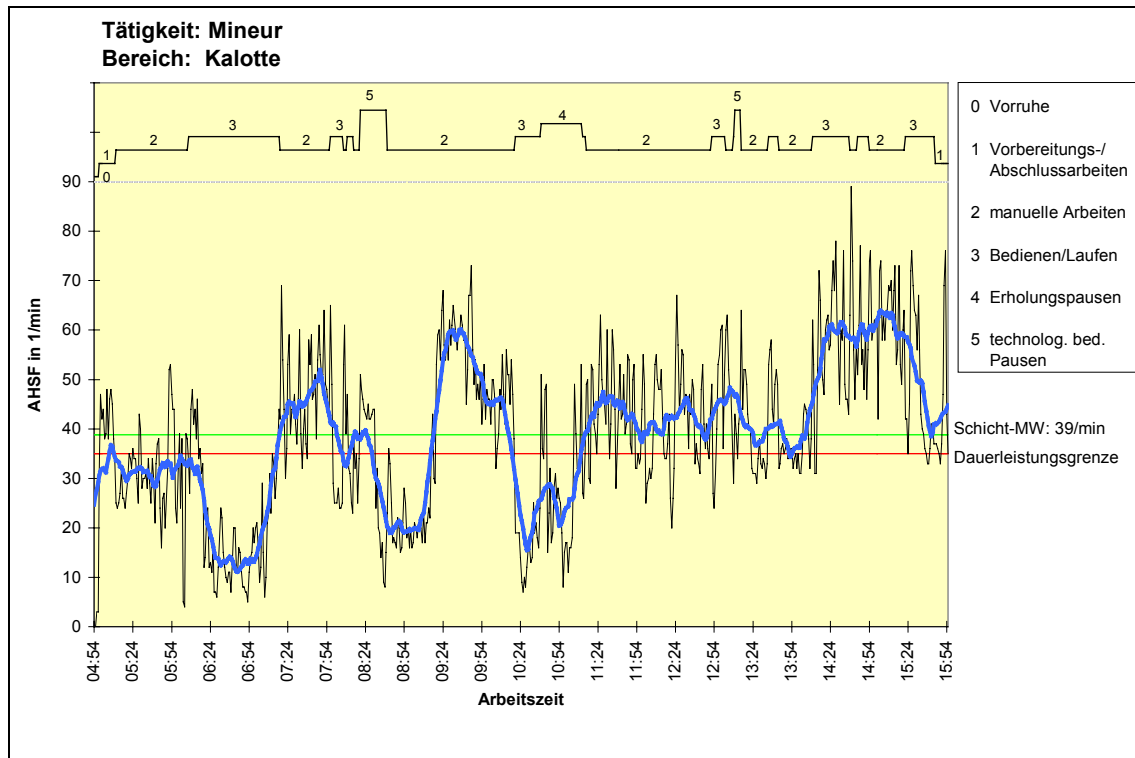


Abbildung 25: Beispielhafter zeitlicher Verlauf der AHSF während der Schicht eines Mineurs mit überwiegend manuellen Tätigkeiten (TT 2) an der Kalotte

Unter Einbeziehung aller Teiltätigkeiten ist für den Mineur an der Kalotte, der überwiegend mit manuellen Tätigkeiten beschäftigt ist, die Tätigkeit insgesamt als „sehr schwere“ körperliche Arbeit zu bewerten.

Mineur – am Arbeitsplatz Kalotte, der überwiegend maschinelle Tätigkeiten ausführt

Die Beanspruchungsanalyse belegt, dass in mehr als der Hälfte der Arbeitszeit Tätigkeiten verrichtet werden, die mit einer durchschnittlichen AHSF von 27/min im Bereich der „mittelschweren“ Arbeit liegen. Bei den auch anfallenden manuellen Tätigkeiten wird die Dauerleistungsgrenze im Schichtverlauf mehrfach überschritten. Durchschnittlich ergibt sich über einen Zeitraum von 33% der Schicht für die manuellen Tätigkeiten eine AHSF von 35/min.

Unter Berücksichtigung aller Teiltätigkeiten ergibt sich eine mittlere AHSF von 29/min.

Die Tätigkeit des Mineurs an der Kalotte mit überwiegend maschinellen Tätigkeiten ist als „mittelschwere“ Arbeit im Grenzbereich zur „schweren“ Arbeit zu bewerten.

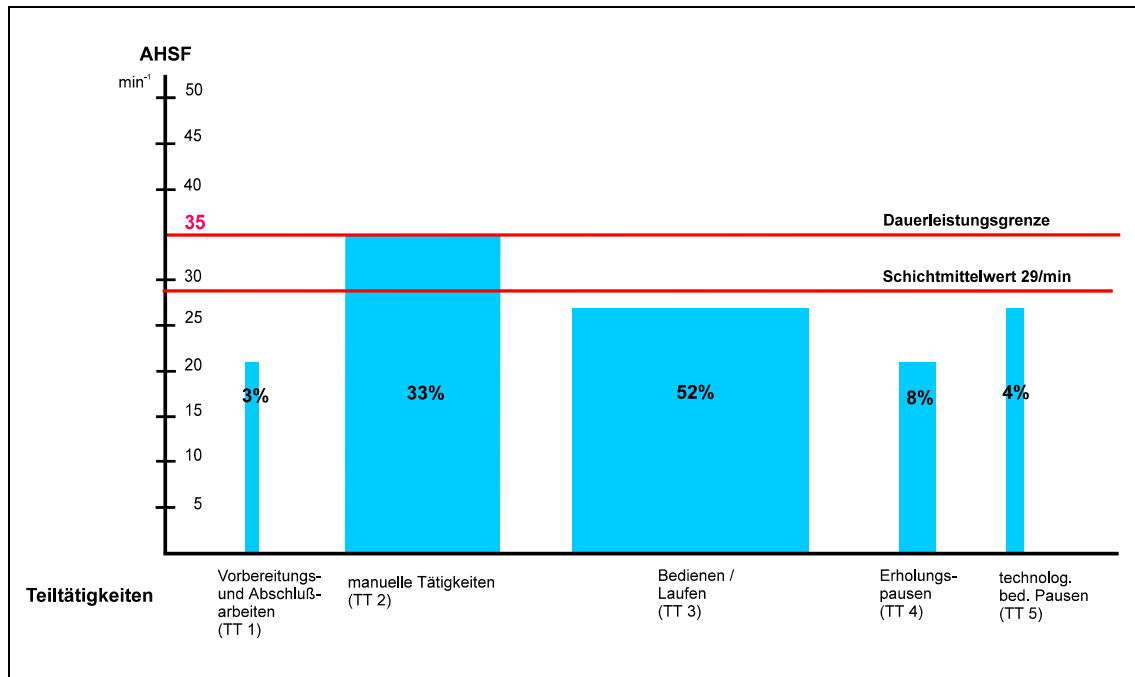


Abbildung 26: Mineur – Kalotte, maschinelle Tätigkeiten
 Schichtmittelwert der AHSF und Mittelwerte der AHSF für die einzelnen Teiltätigkeiten mit Angabe ihrer Zeitanteile in Prozent (n = 1)

Mineur – am Arbeitsplatz Stosse, der überwiegend manuelle Tätigkeiten ausführt

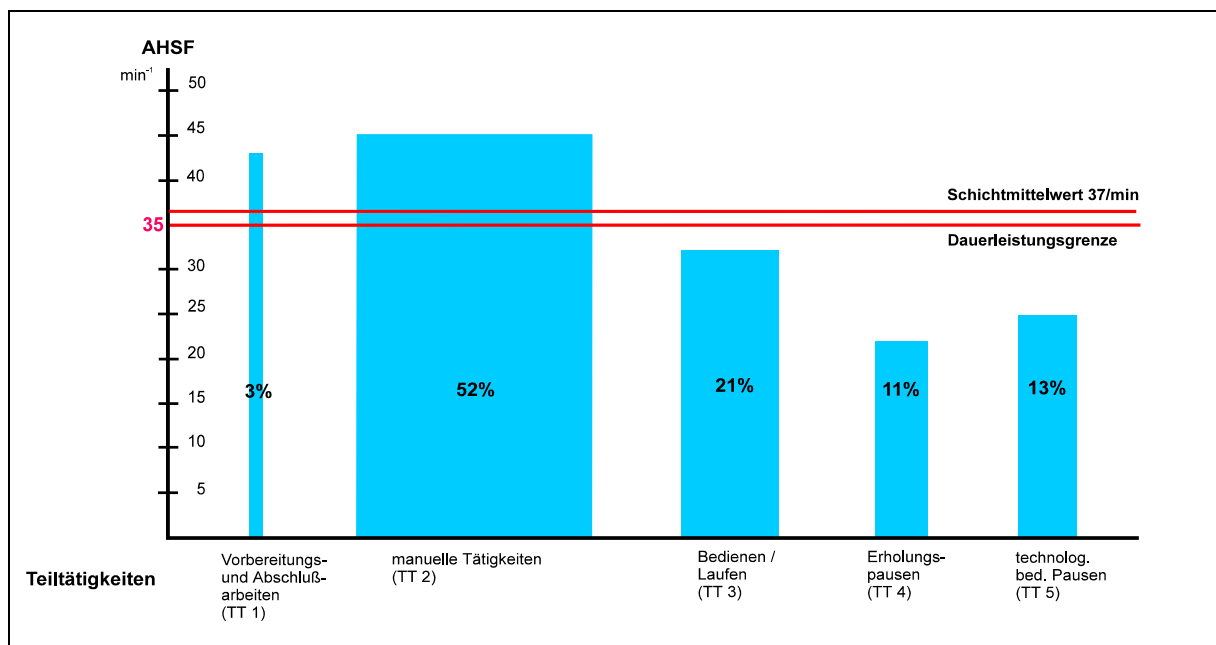


Abbildung 27: Mineur – Stosse, manuelle Tätigkeiten
 Schichtmittelwert der AHSF und Mittelwerte der AHSF für die einzelnen Teiltätigkeiten mit Angabe ihrer Zeitanteile in Prozent (n = 1)

Die Tätigkeit des Mineurs an der Strosse, der überwiegend manuelle Tätigkeiten verrichtet, zeichnete sich aus durch eine die Dauerleistungsgrenze weit übersteigende „sehr schwere“ Arbeit (in Höhe von 45/min) und dies über einen Zeitraum von 52% der Schicht. Hervorgehoben wird dies, wie auch bereits beim Mineur an der Kalotte, durch die vielfältigen manuellen Tätigkeiten, die sehr oft mit dem Heben und Tragen von Lasten und dem Auftreten von Zwangshaltungen, auch unter Last, verbunden sind.

Da auch der Mittelwert für die Teiltätigkeit Bedienen / Laufen in 21% der Schichtzeit bei einer AHSF von 32/min liegt, ergibt sich ein Schichtmittelwert über alle Teiltätigkeiten von 37/min. **Die Tätigkeit des überwiegend mit manuellen Tätigkeiten betrauten Mineurs an der Strosse muss als „sehr schwere“ Arbeit bewertet werden.**

Die Darstellung der AHSF-Messkurve über die gesamte Schicht verdeutlicht, das in der ersten Schichthälfte größere Abschnitte technologisch bedingter Pausen auftraten, die arbeitsorganisatorisch bedingt waren.

In der zweiten Schichthälfte führte dies dann zu einem hohen Leistungsdruck mit häufigen „Stresssituationen“. Diese können den Effekt der körperlichen Arbeit auf die AHSF verstärken. Das Ergebnis spiegelt sich im aufgezeichneten Schichtverlauf in der nahezu permanenten Überschreitung der Dauerleistungsgrenze wider .

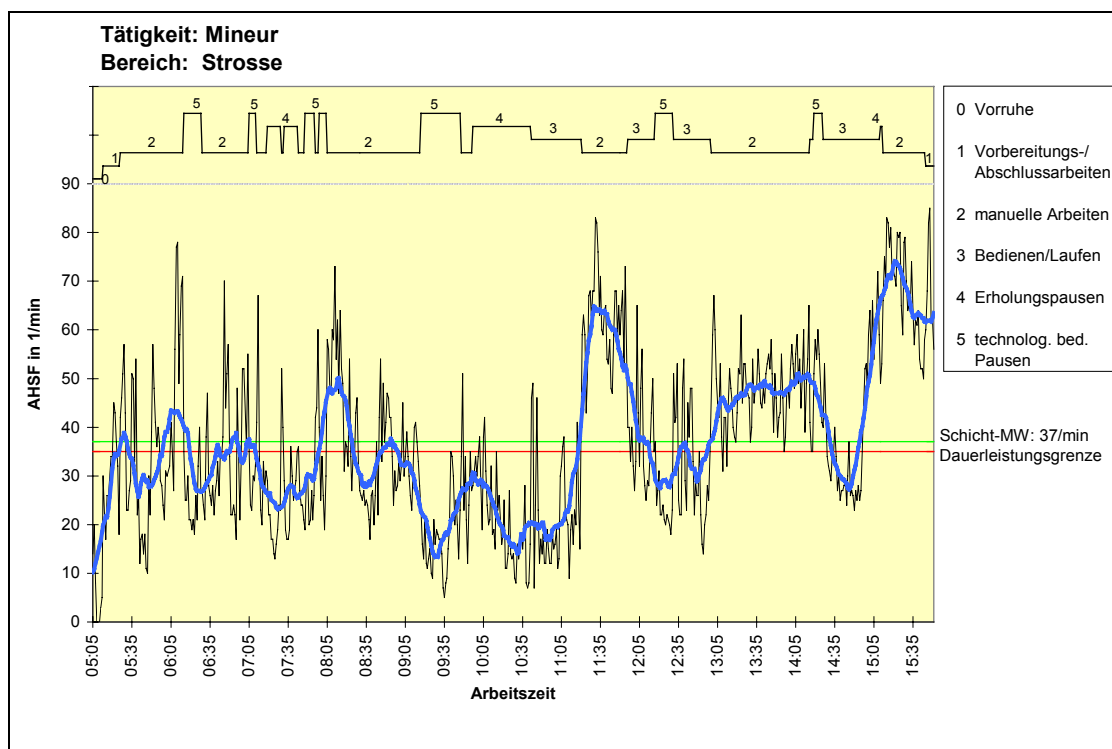


Abbildung 28: Zeitlicher Verlauf der AHSF während der Schicht

Der weitere kontinuierliche Anstieg der AHSF über den Schichtverlauf ist ein Zeichen dafür, dass das Gleichgewicht zwischen Ermüdung und Erholung gestört ist. Der Anteil an Pausen wird nicht mehr erholungswirksam.

Mineur – am Arbeitsplatz Strosse, der überwiegend maschinelle Tätigkeiten ausführt

Wie schon bei den Mineuren an der Kalotte, die überwiegend maschinelle Tätigkeiten ausführen, so wird auch hier sichtbar, dass der relativ geringe Schichtmittelwert über alle Teiltätigkeiten von 24/min durch den Anteil der Teiltätigkeit 3 (Bedienen von Maschinen / Laufen) bestimmt wird, wobei hier der des Bedienens von Maschinen überwiegt. Bei diesen Tätigkeiten wird über einen Zeitraum von 59% der Arbeitszeit ein Mittelwert von 20/min erreicht. Dem gegenüber stehen in 20% der Arbeitszeit manuelle Tätigkeiten die mit 39/min doch eine erhebliche Überschreitung der Dauerleistungsgrenze beinhalten, aber keinen nennenswerten Einfluss auf den Schichtmittelwert haben. **Unter Berücksichtigung aller Teiltätigkeiten muss diese Arbeit als „mittelschwer“ bewertet werden.**

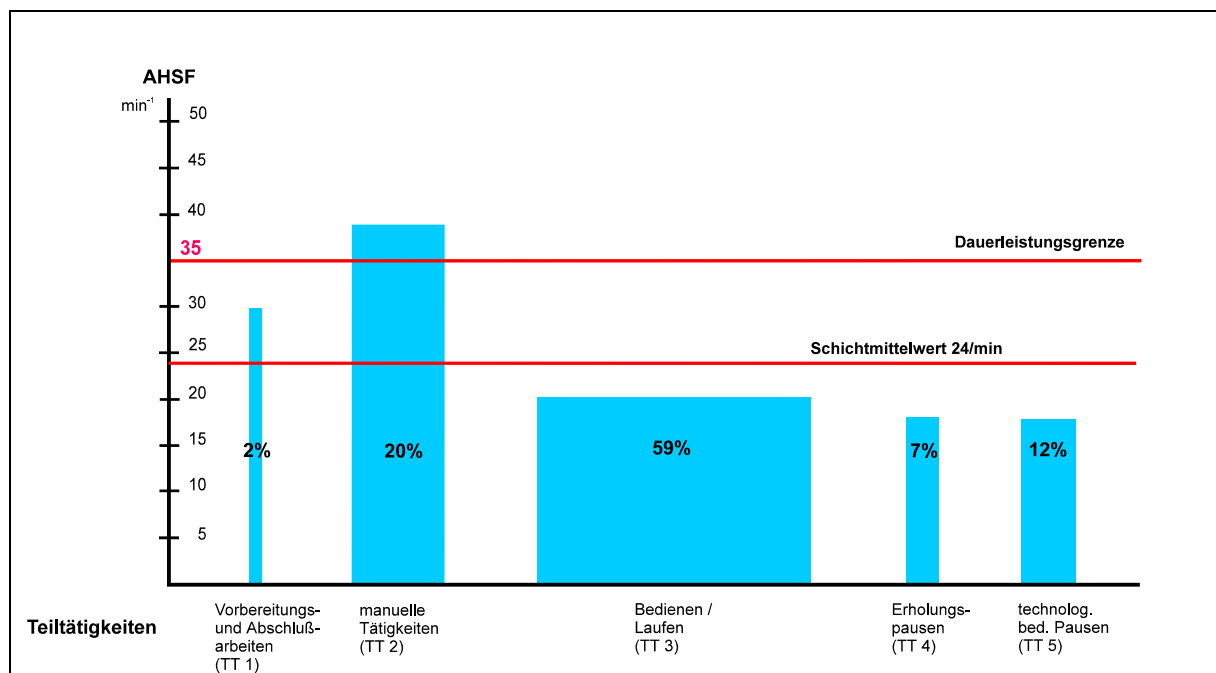


Abbildung 29: Mineur – Strosse, maschinelle Tätigkeiten
Schichtmittelwert der AHSF und Mittelwerte der AHSF für die einzelnen Teiltätigkeiten mit Angabe ihrer Zeitanteile in Prozent (n = 1)

Schlussfolgerungen

1. Es ist dringend erforderlich, den Gefährdungsfaktors physische Belastung/ Arbeitsschwere in die betriebliche Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation nach ArbSchG, §5 (1), (2), §6 einzubeziehen. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung dient dem Arbeitgeber zur Festlegung der erforderlichen Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes für die bestehende Tunnelbaustelle und sollte bei zukünftigen Tunnelbauvorhaben beachtet werden.
2. Es zu prüfen, ob durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen (belastungsadäquates Arbeitszeit-Pausen-Regime usw.) und insbesondere durch technologische Veränderungen bzw. weitere Mechanisierung bei den als sehr schwere körperliche Arbeit erkann-

ten Tätigkeiten eine Minderung der physischen Belastung für die Beschäftigten möglich ist. Diese Aufgabenstellung entspricht den Forderungen gemäß ArbSchG §3, (1), (2), §4, Ziff. 1-4, §5 (3). Lt. Arbeitsschutzgesetz § 6 sind dazu vom Unternehmen Maßnahmen zu dokumentieren und nach entsprechender Erprobungszeit auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen. Das Ergebnis der betrieblichen Überprüfung ist ebenfalls zu dokumentieren.

3. Es ist zu prüfen, ob die betroffenen Beschäftigten Kenntnis darüber haben, dass der Arbeitgeber es ihnen ermöglicht, sich auf eigenen Wunsch regelmäßig ärztlich im Sinne einer arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbSchG §11) untersuchen zu lassen.

5.10 Gefahrstoffe

Die vorliegenden Ergebnisse wurden im Westtunnel und im Osttunnel in Coschütz im Zeitraum vom 17.01.2001 bis 02.08.2001 beim Ausbau der Kalotte und vom 11.10.2001 bis 14.12.2001 beim Ausbau der Strosse ermittelt. Der Tunnel wurde in dieser Zeit von 270 m auf 1370 m vorgetrieben. Die Messungen im Bereich der Ortsbrust erfolgten bis zum 06.07.2001 auch während des Schutterns. Aufgrund der z.T. sehr großen Gesteinsbrocken, die mittels Radlader auf die Muldenkipper geladen werden und die während des Verladens und Abtransportes auch teilweise herabstürzen, wurden aus Sicherheitsgründen keine diskontinuierlichen Messungen beim Schuttern mehr durchgeführt.

5.10.1 Grundlagen der messtechnischen Erfassung und Bewertung

Grundlage der messtechnischen Erfassung und Bewertung von Gefahrstoffen in der Luft am Arbeitsplatz ist die TRGS 402 - Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen. Das eingesetzte Messverfahren muss dabei repräsentative Messergebnisse für die Exposition der Beschäftigten liefern. Wenn es vom Arbeitsablauf möglich ist, sollte die Probenahme in Atemhöhe und in unmittelbarer Nähe der Beschäftigten erfolgen. Für die Ermittlung des Schichtmittelwertes im Arbeitsbereich sollen nach Möglichkeit personenbezogene Probenahmegeräte benutzt werden. Ortsfeste Messsysteme können eingesetzt werden, wenn auf der Grundlage der Messergebnisse eine Beurteilung der Exposition im Arbeitsbereich möglich ist.

Die Bewertung der ermittelten Gefahrstoffkonzentrationen erfolgt nach TRGS 900 - Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz „Luftgrenzwerte“.

5.10.2 Leitkomponenten

Bei Sprengarbeiten werden giftige Gase, die Sprengschwaden (Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide) freigesetzt. Nachdem das Gebirge durch den Detonationsstoß der Sprengung aufgerissen wurde, werden gleichzeitig auch Stäube freigesetzt. Weiterhin tritt Staub in vielfältiger Form auf. Neben der alveolengängigen Staubfraktion (Feinstaub), die beim Bohren, Schuttern, Betonspritzen und durch den Fahrverkehr entsteht, sind auch quarzhaltige Anteile im Feinstaub, in Abhängigkeit von der zu sprengenden Gesteinsart zu erwarten. Durch den regen Fahrverkehr in den Tunnelröhren und die Arbeitstätigkeit (Bagger, Radlader, Muldenkipper, Betontransporter, andere Zulieferer mit Dieselmotoren) sind Belastungen gegenüber Dieselmotoremissionen (DME) vorhanden.

Bezug nehmend auf die Erfahrungen, die bei den Tunnelbauten der Rennsteigquerung (BAB 71) erhalten wurden, aus Angaben der Hersteller von explosionsgefährlichen Stoffen und aus Literaturangaben wurden folgende Leitkomponenten ausgewählt:

- Kohlenmonoxid
- Stickstoffoxide
- Staub/Quarz
- Dieselmotoremissionen (DME)

5.10.3 Messverfahren/Messtechnik

- Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid wurde integrativ mit dem Mehrgas- Messgerät MiniWarn E der Firma Dräger mit den Drägersensor XS R CO gemessen. Der Konzentrationsverlauf über den Messzeitraum wird mit der PC-SOFTWARE Gas Vision ermittelt. Zur Ermittlung von räumlichen Konzentrationsgradienten im Tunnelverlauf erfolgten die Momentmessungen für Kohlenmonoxid mittels direktanzeigendem Monitor CO-MS (Biosystem/Inc.) Beide direktanzeigenden Messverfahren basieren auf dem Verfahren ID-209 von der Occupational Safety and Health Association (OSHA).

- Stickstoffoxide

Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid wurden integrativ mit dem Mehrgas- Messgerät MiniWarn E der Firma Dräger mit den Drägersensoren XS EC NO und XS EC NO₂ gemessen. Der Konzentrationsverlauf über den Messzeitraum wird mit der PC- SOFTWARE Gas Vision ermittelt. Zur Ermittlung von räumlichen Konzentrationsgradienten im Tunnelverlauf erfolgten die Momentmessungen für NO und NO₂ mittels direktanzeigendem Monitor PAK III (Fa. Dräger, Lübeck). Beide direktanzeigende Messverfahren basieren auf Methoden elektrochemischer Sensortechnik von der Occupational Safety and Health Association (OSHA).

- Staub/Quarz

Die Probenahme der alveolargängigen Staubfraktion erfolgte stationär und personenbezogen mittels Feinstaub-Messkopf FSP im Arbeitsbereich/Atembereich der Beschäftigten nach dem BIA-Probenahmeverfahren 3020. Auf der Grundlage der Methode 7490 der BIA-Arbeitsmappe wird mittels eines Personal Air Samplers (PAS) über einen Vorabscheider ein definiertes Luftvolumen mit einem Luftvolumenstrom von 2 l/Minute angesaugt und der Feinstaub auf ein Membranfilter mit der Porenweite 8 µm abgeschieden.

Die Staubkonzentration wird durch Differenzwägung (Filtergewicht vor der Probenahme und nach der Probenahme) ermittelt und über das angesaugte Luftvolumen berechnet. Je nach Gesteinsart kann auch alveolargängiger Quarzstaub auftreten. Der Quarzanteil wird nach der BIA-Methode 8522 mittels Röntgendiffraktion bestimmt.

- Dieselmotoremissionen

Um aus dem Feinstaub auch den Anteil an Dieselmotoremissionen bestimmen zu können, wurden stationär im Bereich der Ortsbrust mittels Probenahmegerät SG 10 und dem Feinstaubprobenahmesystem FSP 10 10,0 Liter/Minute Luft auf einen Quarz-Filter (SKC FSP 10 Inc., USA, Cat.-Nr. 225-1822) angesaugt. Die Auswertung der Filter zur DME-Bestimmung erfolgt mittels Coulometrie (Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs) nach dem BIA-Verfahren 7050. Da ca. 2,5 m³ Luft angesaugt werden müssen, um in den Bereich

der Nachweisgrenze von 0,06 mg/m³ zu gelangen, kamen netzunabhängige (akkubetriebene) Pumpen mit einem Luftdurchsatz von 10,0 Liter/Minute zum Einsatz.

5.10.4 Messorte/Messstrategien

Nach TRGS 402 ist der Arbeitsbereich der zu beurteilende räumliche Bereich oder organisatorisch begrenzte Teil eines Betriebes. Da der betreffende Arbeitsbereich im Tunnelbau sich über teilweise mehrere hundert Meter erstreckt und personengetragene Probenahmen über die Schicht aus technischen/technologischen und auch aus praktischen Gründen nicht möglich waren, erfolgten die Messungen zur Ermittlung der allgemeinen Raumlufbelastung stationär über den Arbeitszyklus im Bereich der Ortsbrust (20 - 80 m). Dieser Bereich, in dem die Haupttätigkeiten ausgeführt werden, ist repräsentativ für die durchschnittlichen Schichtkonzentrationen.

Die Messungen auf dem Muldenkipper, dem Radlader, dem Bohrwagen und dem Bagger erfolgten in der Fahrerkabine in unmittelbarer Nähe des Atembereiches, so dass von einer personenbezogenen Probenahme ausgegangen werden kann. Die Gefahrstoffsituation auf Baustellen unter Tage ist durch eine Vielzahl von Emissionen unterschiedlicher Arbeitsvorgänge gekennzeichnet. Für die arbeitshygienische/arbeitsmedizinische Beurteilung ist die mittlere Beurteilung über eine Arbeitsschicht von Bedeutung. Da sich die einzelnen Arbeitszyklen ständig wiederholen, müssen die Gefahrstoffmessungen einen Zyklus überdecken. Der daraus zeitgewichtete Mittelwert ergibt eine gesicherte Aussage über den Beurteilungszeitraum. Gleichzeitig sind auch Situationen mit höher zu erwartenden Konzentrationen messtechnisch zu erfassen, damit eine Kurzzeitbewertung dieser Expositionsspitzen möglich ist.

5.10.5 Sprengschwaden

Bei Sprengarbeiten werden giftige Gase, die Sprengschwaden (Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide), freigesetzt. Sprengschwaden sind keine negative Begleiterscheinung der Sprengarbeiten, sondern Bestandteil der Sprengung.

Der patentierte Emulsionssprengstoff (Firma WEST-Spreng GmbH) wird im Tunnel Co-schutz eingesetzt und soll nach Werksangaben weniger Sprenggase entwickeln als die bisher handelsüblichen gelatinösen Sprengstoffe und ANC-Sprengstoffe:

Tabelle 6: Toxische Bestandteile in Sprengschwaden*

Toxische Bestandteile in den Sprengschwaden		
Sprengstoffart	Kohlenmonoxid	Nitrose Gase**
	CO (l/kg)	NO _x (l/kg)
Gelatinöse Sprengstoffe	16 - 24	4,0 - 3,5
ANC-Sprengstoffe	5,1	3,0
Emulsionssprengstoffe	1,1 - 4,6	0,1 - 0,2

* Produktinformation der Firma WEST-Spreng GmbH

** Gemisch aus Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid

Es wurden Konzentrationsprofile von Kohlenmonoxid und Stickstoffoxiden in Abhängigkeit vom Sprengzeitpunkt, vom Arbeitsort, vom Abstand zur Ortsbrust, von der Luttenführung/Bewetterung und von der Tunnellänge vorgenommen, um den günstigsten Zeitpunkt des Betretens des Tunnels zu ermitteln. Neben Schichtmittelkonzentrationen vor der Ortsbrust waren auch zulässige Kurzzeitkonzentrationen zu ermitteln.

Es war weiterhin zu prüfen, ob andere Gase (Ammoniak) nachweisbar sind und durch Quersensitivitäten evtl. die Anzeigen von Stickstoffoxiden und Kohlenmonoxid beeinflussen. Die Ermittlung von Momentanwerten ergaben beim Schüttern für Ammoniak mittels direktanzeigenden Kurzzeitprüfröhrchen (Ammoniak 0,25/a, Fa. Dräger) in Abhängigkeit vom Abstand zur Ortsbrust und der Messzeit nach der Sprengung Konzentrationen zwischen 0,1 mg/m³ und 0,6 mg/m³. Der Grenzwert von 35 mg/m³ wird sicher eingehalten. Nach Informationen der Messgerätehersteller beeinflusst diese geringe Ammoniakkonzentration die Anzeige der Stickstoffoxide und Kohlenmonoxid nicht.

Die Anzahl der Bohrlöcher und die Menge des patronierten Emulsionssprengstoffs Typ E (BAM-Zulassungsnummer.: 4G/Y32/S/00/D/BAM 5543- ARN) sind abhängig von den geologischen Bedingungen. Die Anzahl der Bohrlöcher lag etwa im Bereich 130 bis 160; die Menge Emulsionssprengstoff Typ E betrug bis 200 kg/Abschlag.

Die Probenahmen wurden an folgenden Messorten durchgeführt:

- A: Am Tunneleingang
- B: Tunneleingang Richtung Ortsbrust
- C: Im Bereich der Ortsbrust
- D: Auf dem Radlader während des Schütterns
- E: Auf dem Muldenkipper während des Schütterns
- F: Strossenausbau

Die ermittelten Konzentrationen lagen bei allen Messungen in vergleichbaren Bereichen. In den nachfolgenden Ergebnissen werden tagestypische Verläufe beispielhaft aufgezeigt. Die Einzelergebnisse, ermittelt im Zeitraum vom 17.01.2001 bis 14.12.2001, sind in den Protokollen im SLIAA aufgezeichnet.

Ergebnisse

-Stickstoffdioxid

Bei den orientierenden Messungen zur Festlegung von Messstrategien zeigte es sich, dass beim Sprengen mit Emulsionssprengstoff neben Kohlenmonoxid hauptsächlich nur Stickstoffmonoxid freigesetzt wird. Die mit dem Mehrgas- Messgerät MiniWarn E der Firma Dräger mit den Drägersensor XS EC NO₂ gemessenen Konzentrationen von Stickstoffdioxid lagen im Bereich von 0,2 mg/m³ bis 0,4 mg/m³. Der Grenzwert von 9,5 mg/m³ gem. TRGS 900 wird damit eingehalten. Diese Ergebnisse gehen konform mit den Ergebnissen, die beim Bau des Rennsteigtunnels vom Landesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Suhl ermittelt wurden. Hier wurde der Grenzwert stets eingehalten. Für die projektbegleitenden Messungen wurde auf die weitere Bestimmung von Stickstoffdioxid verzichtet, da diese Konzentrationen arbeitshygienisch/arbeitsmedizinisch nicht relevant sind.

- Stickstoffmonoxid/Kohlenmonoxid

Die Bestimmungen der Konzentrationen von Stickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid erfolgten immer gleichzeitig am gleichen Messort. Die Ergebnisse werden zusammen ausgewiesen.

A: am Tunneleingang

Nach der Sprengung werden die Sprenggase über die Luttenbewetterung aus dem Tunnel herausgedrückt. Die Lutte mit einem Durchmesser von 240 cm endet ca. 50 - 70 m vor der Ortsbrust und drückt mit einer Luftmenge von ca. 40 m³/s und mit einer Luftgeschwindigkeit von 0,56 m/s Frischluft in den Tunnel. Da sich der „Sprenggaspfropfen“ Richtung Tunneleingang bewegt, war zu prüfen, wann der Tunnel wieder gefahrlos betreten werden kann. Die Tunnellänge betrug zum Zeitpunkt der Messung 419 m.

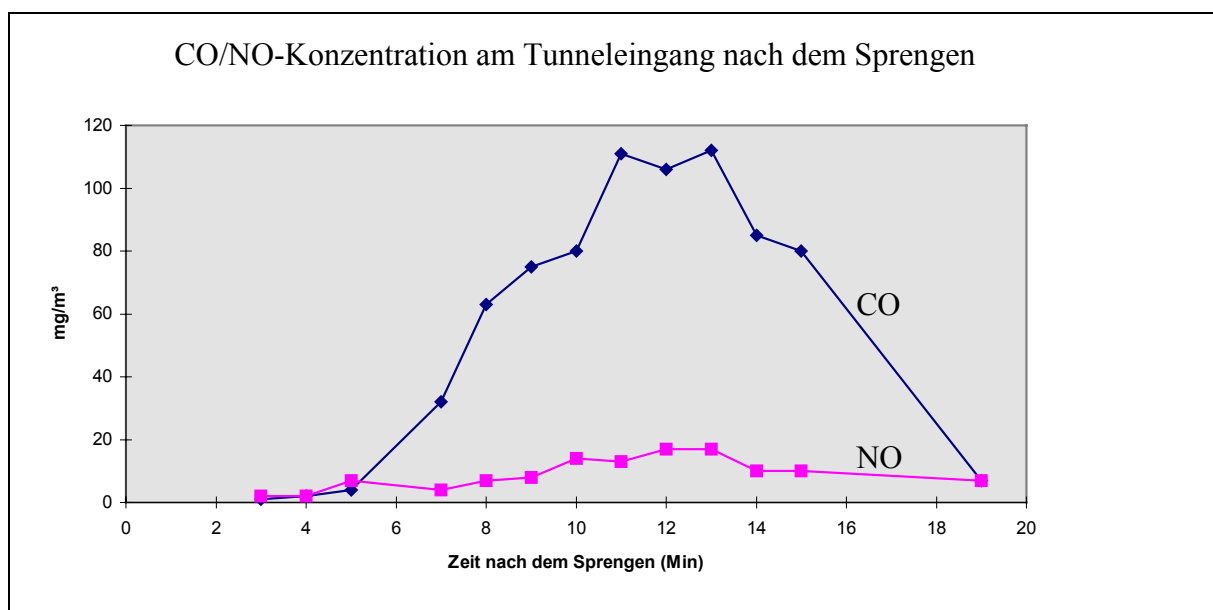


Abbildung 30: CO/NO-Konzentrationsprofil am Tunneleingang nach dem Sprengen

Bei der Tunnellänge von 419 m konnte der Tunnel nach ca. 20 Minuten begangen werden.

B: Tunneleingang Richtung Ortsbrust

Um die Aussage zu bestätigen, dass nach 20 Minuten die Sprengschwaden unterhalb der Grenzwerte liegen und eine problemlose Einfahrt zur Ortsbrust möglich ist, wurden vom Tunneleingang in Richtung Ortsbrust die Konzentration bestimmt. Dabei wurde vor dem Tunneleingang (400m vor der Ortsbrust) die Konzentration stationär bis zur Grenzwerteinhalten bestimmt. Anschließend wurde die Konzentration in Richtung Ortsbrust in bestimmten Abständen ermittelt. Nachdem der „Sprenggaspfropfen“ die Tunnelröhre verlassen hat, kann nach 20 Minuten die Einfahrt in Richtung Ortsbrust erfolgen. Es gibt keine Verwirbelungen oder unbelüftete Abschnitte, bei denen erhöhte Konzentrationen auftreten.

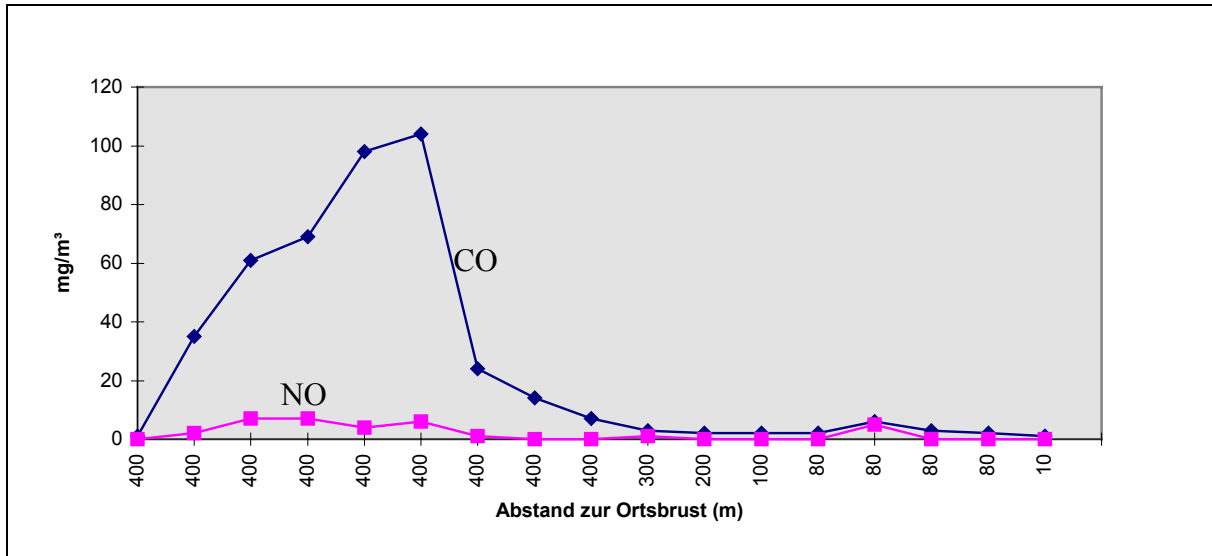


Abbildung 31: Konzentration CO/NO vor und in Richtung Ortsbrust nach dem Sprengen

C: Im Bereich der Ortsbrust:

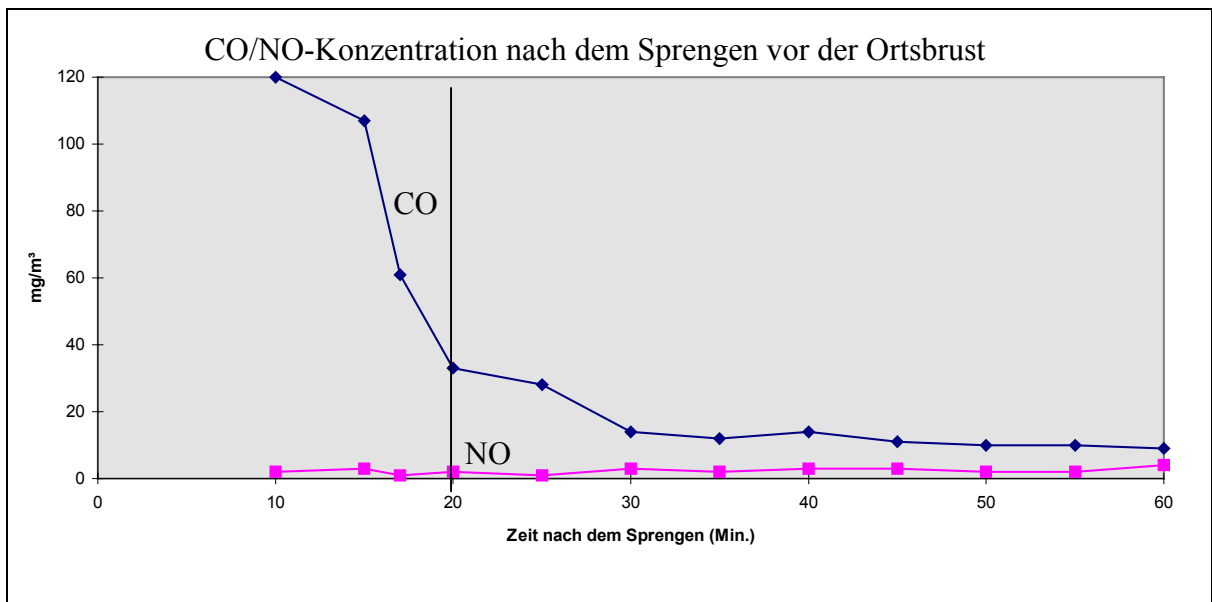


Abbildung 32: CO/NO-Konzentration nach dem Sprengen vor der Ortsbrust

Wenn die Festlegung eingehalten wird, nach dem Sprengen 20 Minuten mit der Einfahrt zur Ortsbrust zu warten, kommt es zu keinen Grenzwertüberschreitungen.

Der Grenzwert für Stickstoffmonoxid wird zu keiner Zeit im Tunnel überschritten.

Zur Feststellung, ob die Sprengschwaden ausreichend aus dem Arbeitsbereich entfernt wurden, reicht die Ermittlung der Kohlenmonoxidkonzentration als Leitkomponente.

- Momentanwerte vor der Ortsbrust beim Schüttern

Tabelle 7: Konzentrationen von CO/NO während des Schütterns

Angaben in mg/m³:

Messzeit nach Sprengung (Min)	Abstand zur Ortsbrust (m)	Kohlenmonoxid MAK = 33	Stickstoffmonoxid MAK = 30
30	10	14	7
35	10	15	7
40	10	14	4
45	10	13	3
60	10	15	2
75	10	11	1
80	10	3	1

Die Grenzwerte für Kohlenmonoxid und Stickstoffmonoxid werden beim Schüttern eingehalten, wenn erst nach 25 Minuten mit der Einfahrt zur Ortsbrust begonnen wird.

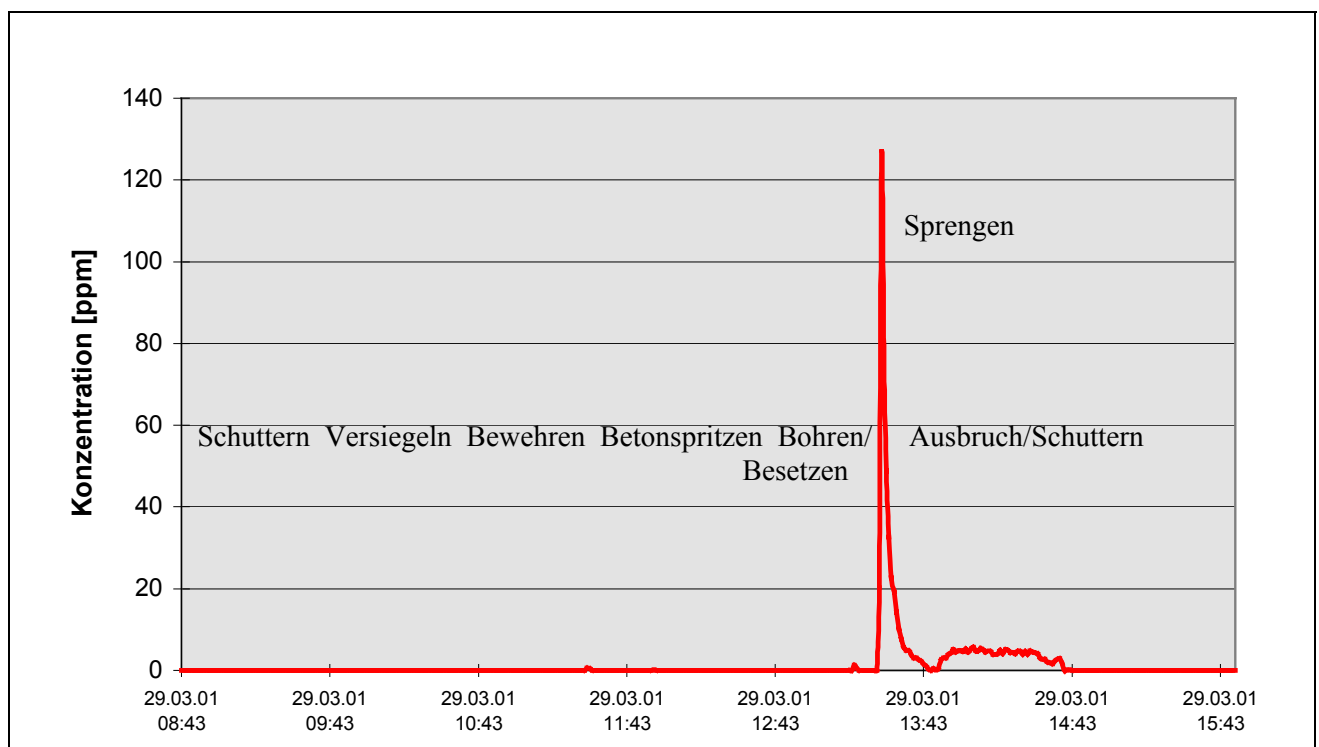
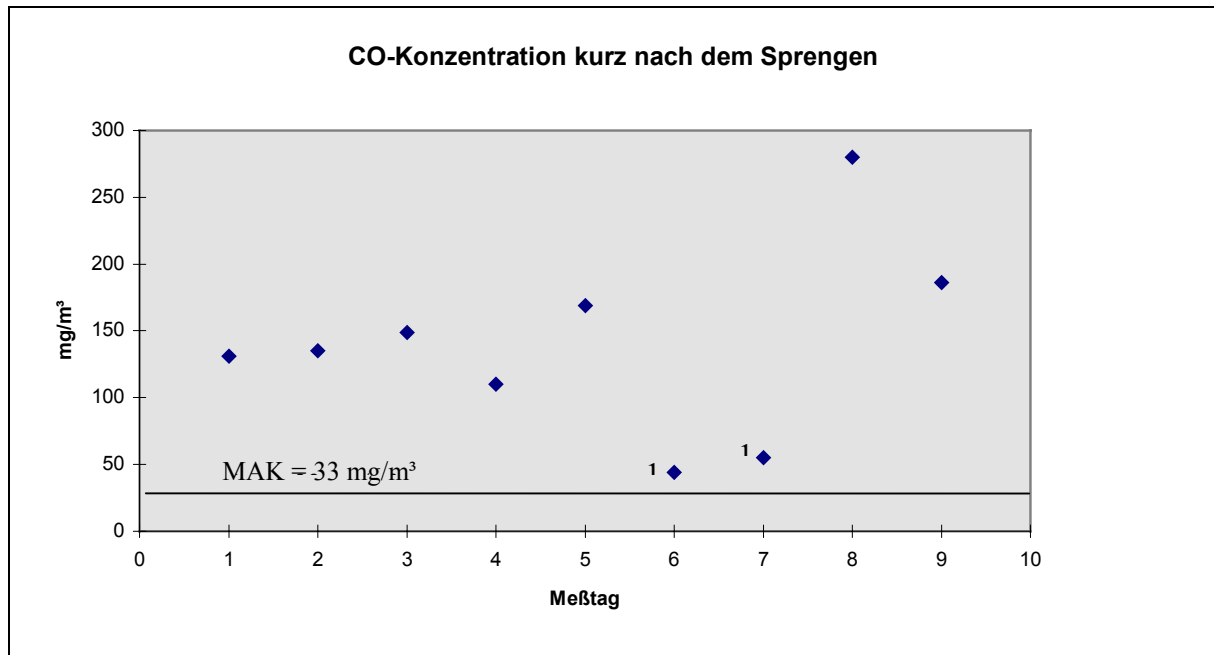


Abbildung 33: CO-Konzentrationsverlauf während eines Arbeitszyklusses

Die Spitzen zeigen die jeweiligen Maximalkonzentrationen zum Zeitpunkt der Sprengung. Die Maximalwerte liegen bei allen bisherigen Messungen im Durchschnitt für Kohlenmonoxid bei 140 ppm (154 mg/m³) mit Werten zwischen 100 ppm (110 mg/m³) bis 280 ppm (308 mg/m³). Der Grenzwert von 30 ppm (33 mg/m³) wird deutlich überschritten.



¹ Diese Werte sind als nicht repräsentativ zu bewerten, da die Probenahmevorrichtung infolge der Detonation in den Bodenbereich befördert wurde und die Konzentration am Boden aufzeichnete

Abbildung 34: Kohlenmonoxidkonzentrationen kurz nach dem Sprengen vor der Ortsbrust

Nach 20 Minuten kommt es zur Absenkung der Konzentration unterhalb des Grenzwertes; es kann bedenkenlos mit dem Schüttern begonnen werden.

Der Grenzwert für Stickstoffmonoxid wird während eines Arbeitszyklusses eingehalten. Die Einhaltung des Kohlenmonoxidgrenzwertes garantiert auch die Einhaltung der NO-Konzentrationen.

Die Maximalwerte liegen im Durchschnitt bei allen bisherigen Messungen für Stickstoffmonoxid bei 8 ppm (10 mg/m³) mit Werten zwischen 3 ppm (4 mg/m³) bis 21 ppm (24 mg/m³). Der Grenzwert von 25 ppm (30 mg/m³) wird nicht erreicht. Nach 20 Minuten liegen die Konzentrationen im Bereich von 1 - 2 ppm.

Beim Schüttern kommt es zum leichten Anstieg der Konzentrationen, da Kohlenmonoxid und Stickstoffmonoxid im Haufwerk gebunden sind und freigesetzt werden.

Nach Beendigung des Schütterns liegen die Konzentrationen für beide Gase im Bereich der Nachweisgrenze von <1 ppm.

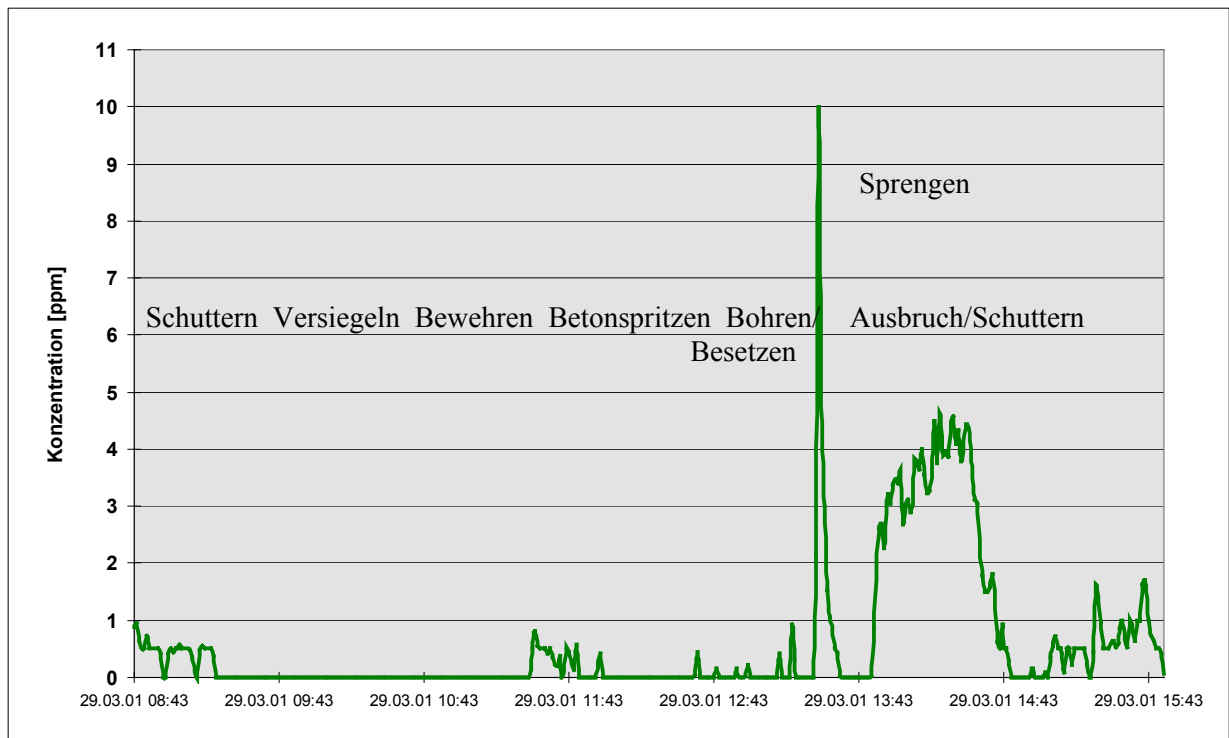


Abbildung 35: NO-Konzentrationsverlauf während eines Arbeitszyklusses

D: Auf dem Radlader während des Schutterns

20 Minuten nach dem Sprengen beginnt die Einfahrt in den Tunnel zur Ortsbrust. Während des Schutterns bleiben die Fenster der Radladerkabine geschlossen. Die Grenzwerte für die beiden Gase werden eingehalten. Die Schwankungen sind auf das Freiwerden von gesteinsgebundenem Kohlenmonoxid und Stickstoffmonoxid zurückzuführen. Die auf dem Radlader ermittelten Konzentrationen liegen im Bereich der gemessenen Momentanwerte vor der Ortsbrust beim Schuttern. Die Konzentrationen von Kohlenmonoxid und Stickstoffmonoxid in der Kabine des Radladers zeigen die folgende Abbildungen:

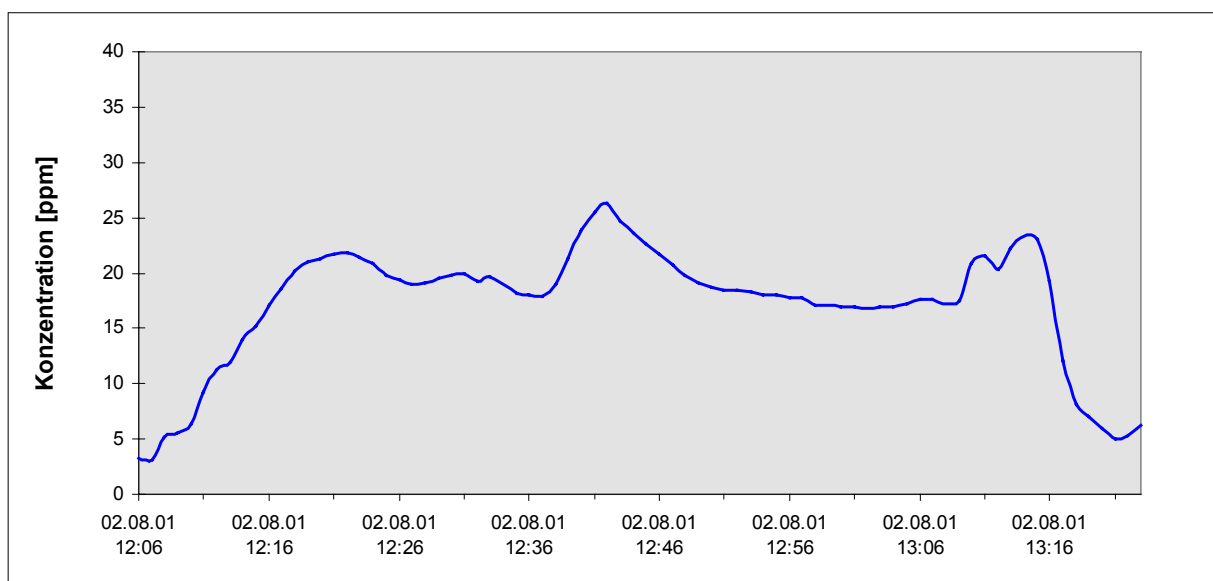


Abbildung 36: Konzentration von Kohlenmonoxid beim Schuttern auf dem Radlader

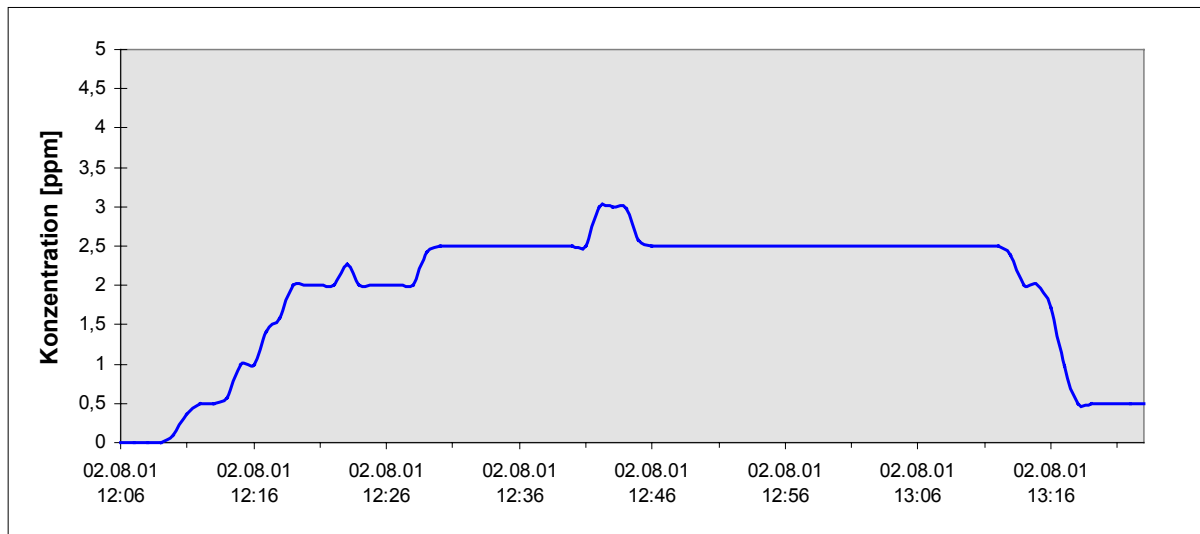


Abb. 37: Konzentration von Stickstoffmonoxid beim Schuttern auf dem Radlader

E: Auf dem Muldenkipper während des Schutterns

Nach dem Beladen fahren die Muldenkipper durch die Tunnelröhre zur Gesteinsdeponie. Je nach Anzahl der Fahrten kommt es zum Anstieg und Absinken der Konzentrationen. Aufgrund der geschlossenen Kabinenfenster und der verzögerten Response der Messgeräte kommen diese Schwankungen zeitverzögert. Die zulässigen Grenzwerte werden nicht überschritten.

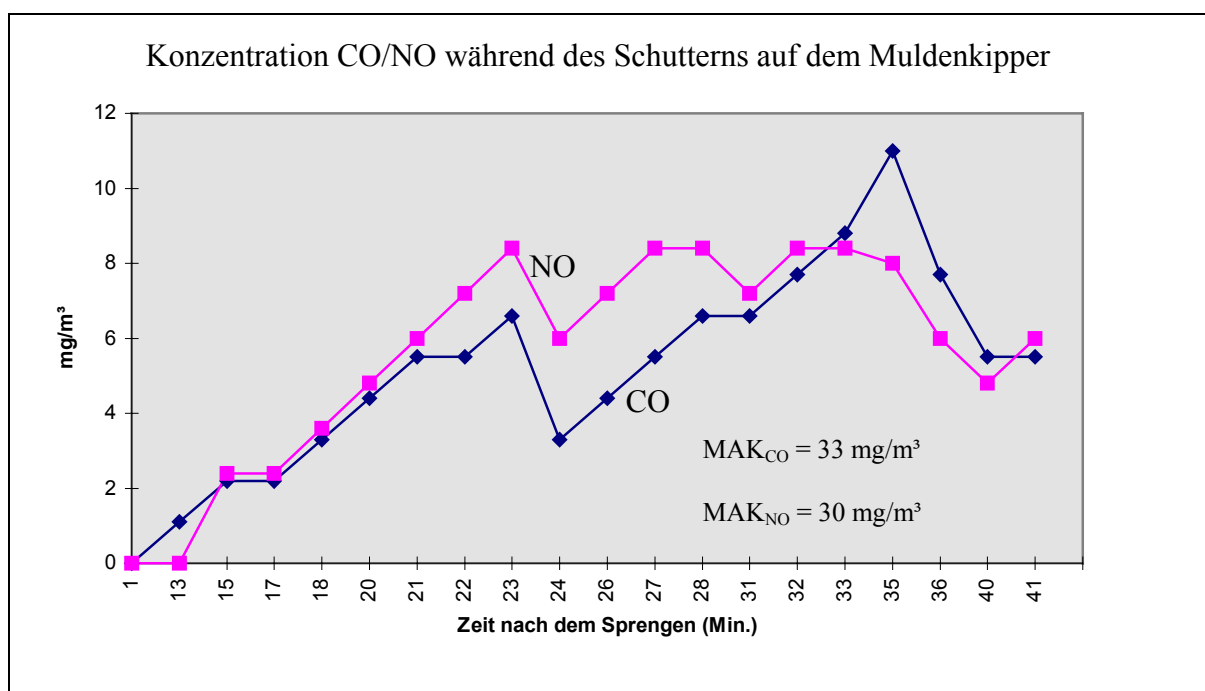


Abbildung 38: Konzentration von CO/NO während des Schutterns auf dem Muldenkipper

F: Im Bereich des Strossenausbaus

Der Strossenausbau erfolgte je nach Gesteinssituation mittels Bagger (Schaufel, Meisel) bzw. mittels Sprengstoff. Die Messungen im Bereich Tunnelleingang bis zum 2. Querschlag ergaben

Kohlenmonoxidkonzentrationen im Bereich von 1 – 12 mg/m³ (kurzzeitig 60 mg/m³ beim Sprengen der Strosse). Die Stickstoffmonoxidkonzentrationen lagen im Bereich von 1 – 5 mg/m³. Die zulässigen Grenzwerte wurden eingehalten. Die Sprengschwaden, die bei den Sprengungen an der Ortsbrust freigesetzt werden (1170 m bis 1370 m), beeinflussen die Luftsituation beim Strossenausbau infolge der Verdünnung kaum, da sich der Sprenggaspropfen auf dieser Tunnellänge aufgelöst hat.

5.10.6 Staub

Auf Baustellen unter Tage tritt Staub in vielfältiger Form auf. Neben der alveolengängigen Staubfraktion, die beim Bohren, Sprengen, Schüttern, Betonspritzen und durch den Fahrverkehr entsteht, sind auch quarzhaltige Anteile im Feinstaub, in Abhängigkeit von der zu sprengenden Gesteinsart zu erwarten. Da sich die einzelnen Arbeitszyklen im Tunnelbau ständig wiederholen, muss einmal eine Staubmessung alle Zyklen überdecken, um einen zeitgewichteten Mittelwert zu erhalten, zum anderen müssen die einzelnen Teiltätigkeiten messtechnisch erfasst werden, um kurzzeitig hohe Expositionen arbeitshygienisch bewerten zu können. Erfahrungen bei den Tunnelbauten der Rennsteigquerung (BAB 71) zeigten, dass es beim Betonspritzen im Nassspritzverfahren zu Staubkonzentrationen kommen kann, die im Grenzwertbereich von 6 mg/m³ liegen.

Die durchgeführten Messungen erfolgten personenbezogen auf dem Radlader (beim Schüttern), dem Muldenkipper (beim Schüttern), dem Bagger (nach dem Schüttern), und dem Betonspritzmobil. Beim Schüttern betrug die durchschnittlich ermittelte alveolargängige Staubfraktion auf dem Radlader 3,0 mg/m³ (Bereich: 0,8 mg/m³ - 5,5 mg/m³), auf dem Muldenkipper 3,0 mg/m³ (Bereich: 1,1 mg/m³ - 6,0 mg/m³), auf dem Bagger 2,8 mg/m³ und auf dem Betonspritzmobil 6,5 mg/m³ (Bereich: 2,9 mg/m³ - 11,7 mg/m³)

Da diese Tätigkeiten auf den Maschinen nur zeitweise erfolgen, wurden im Ortsbrustbereich Messungen der Staubbelastungen für die Zeit der restlichen Tätigkeiten durchgeführt, die als Schichtmittelwert anzusehen sind. Die ermittelte Durchschnittskonzentration lag bei 1,4 mg/m³ (Bereich 1,0 mg/m³ - 2,6 mg/m³).

Beim Betonspritzen wird der Grenzwert von 6 mg/m³ überschritten. Der Bediener auf dem Spritzausleger trägt während des Spritzens eine P2-Maske. Messungen im Bereich des Maschinenführers des Spritzmobils ergaben Konzentrationen von 1,6 mg/m³. Technische Möglichkeiten (z.B. Kapselung des Bedienstandes auf dem Spritzausleger) zur Senkung der Konzentrationen im Atembereich sind schwierig, da der feuchte Betonstaub zur sofortigen Verklebungen der Scheiben führen würde.

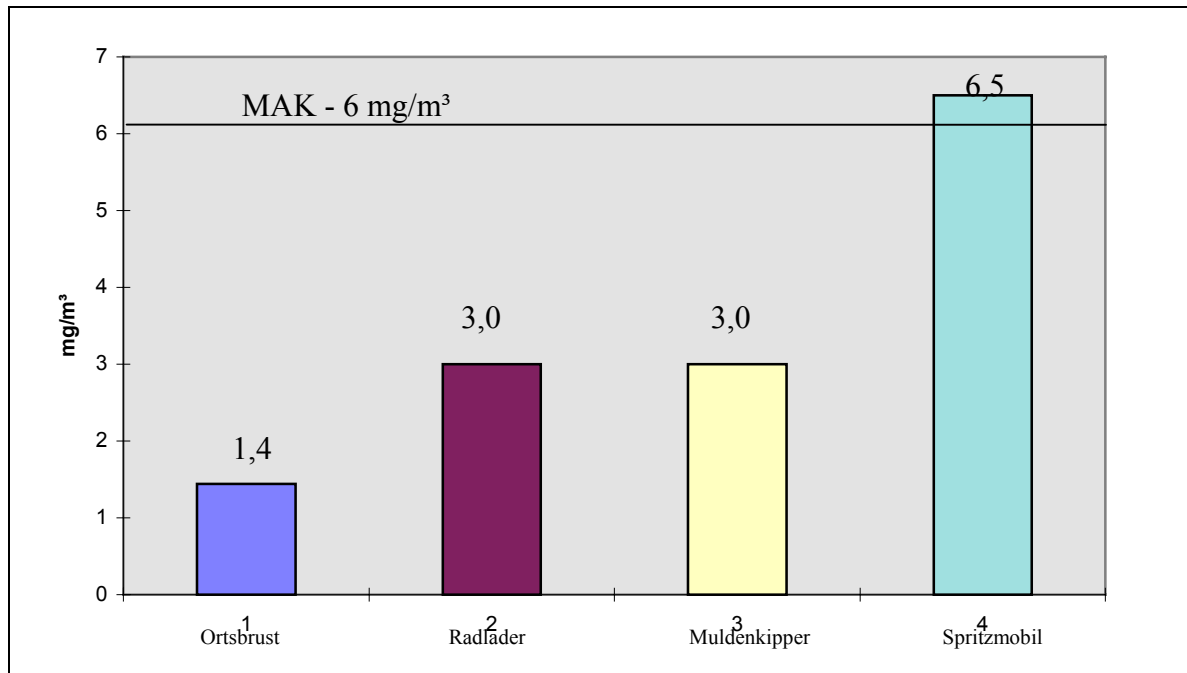


Abbildung 39: Konzentrationen der alveolargängigen Staubfraktionen nach Messorten

Die höchsten Staubkonzentrationen wurden gemessen, wenn beim Beladen der Muldenkipper die Fenster der Fahrerkabinen geöffnet waren.

Beim Strossenausbau im Bereich Tunneleingang bis 2. Querschlag erfolgten an 3 Tagen Ermittlungen der Staubkonzentrationen, die als Orientierungswerte in diesem Bereich angesehen werden können. Die Staubkonzentrationen lagen im Bereich von 0,21 – 3,31 mg/m³ (Durchschnitt: 1,39 mg/m³); der zulässige Grenzwert wird eingehalten. Neben der Staubeentwicklung beim Strossenausbau kommt es auch zu Staubverwirbelungen durch den Muldenkipperfahrverkehr von und zur Ortsbrust.

- Quarz

Der Tunnel in Coschütz wird teilweise im sogenannten Syenit vorgetrieben. Syenit ist ein granitartiges, dunkelgraues oder grau-rotes, mittel- bis grobkörniges Tiefengestein. Es ist ein körniges Gemenge aus Hornblende, Biotit, Quarz und Orthoglas. Der Gehalt an SiO₂ ist geringer als bei den Graniten, ist aber aus der Schmelze hauptsächlich zu Silikaten erstarrt; es liegt wenig freies SiO₂ im auskristallisierten Zustand vor. Aufgrund der heterogenen Verteilung kann es wenige, lokal begrenzte Stellen mit erhöhten kristallinen Anteilen geben.

Aus den alveolargängigen Staubfraktionen wurde stichprobenartig der Quarzgehalt bestimmt. Die ermittelten Quarzkonzentrationen liegen im Durchschnitt im Bereich von 0,07 mg/m³ (0,01 mg/m³ - 0,23 mg/m³). **Der Grenzwert für Quarz von 0,15 mg/m³ wird eingehalten, wenn nach der Sprengung 20 Minuten gewartet wird.** Erhöhte Konzentrationen an Quarz von 0,19 mg/m³ und 0,23 mg/m³ konnten direkt nach der Sprengung gemessen werden.

Diese Werte wurden dabei vermutlich in den seltenen Bereichen des Syenits gemessen, die einen erhöhten Anteil an kristallinem SiO₂ enthalten.

5.10.7 Dieselmotoremissionen (DME)

Dieselmotoremissionen stellen nach wie vor ein Problem im Tunnelbau dar. Durch den regen Fahrverkehr in den Tunnelröhren und die Arbeitstätigkeit der Fahrzeuge (Bagger, Radlader, Muldenkipper, Betontransporter, andere Zulieferer mit Dieselmotoren) sind Belastungen gegenüber DME vorhanden. Die Firma Walter-Bau AG hat zu Baubeginn des Coschütz-Tunnels nach eigenen Angaben hauptsächlich fabrikneue Geräte im Einsatz, die mit Partikelfiltern ausgestattet sind. Eine regelmäßige Überprüfung der Dieselmotoreinstellungen erfolgt im Bereich der Baustelle. Da der Bohrwagen elektrisch betrieben wird, entfällt eine Hauptquelle für DME. Die Bestimmung der Dieselmotoremissionen erfolgte stationär im Bereich der Ortsbrust. Es konnte kein Anstieg der Konzentration an DME mit zunehmender Tunnellänge festgestellt werden. Da die Lutte regelmäßig verlängert wird und ca. 70 m vor der Ortsbrust endet, kommt es zu einer ausreichenden Bewetterung.

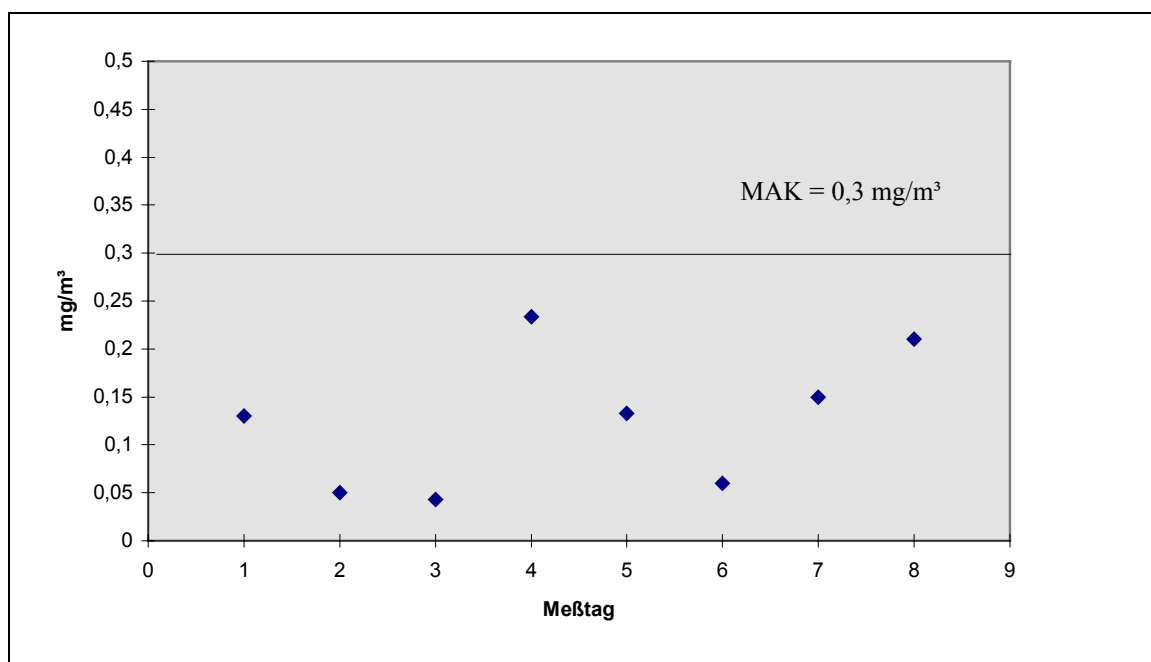


Abbildung 40: Konzentrationen von DME im Bereich der Ortsbrust

Durch die verbesserte Beleuchtung im Tunnel müssen Fremdfahrzeuge, die früher mit eingeschaltetem Licht und damit mit laufendem Motor teilweise stundenlang standen, nicht mehr beleuchtet abgestellt werden. Damit sinkt die Gesamtbelastung der DME. Der Einsatz der Partikelfilter hat sich bewährt.

5.10.8 Spezielle Gefahrstoffmessungen

Die Bestimmungen von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und von Aldehyden aus Motoremissionen über einen Arbeitszyklus ergaben nur Spurenkomponenten, die in Konzentrationsbereichen der ubiquitären Luftbelastung liegen. Weitere Messungen sind diesbezüglich nicht notwendig, da die Luttenleistung für ausreichende Bewetterung sorgt, so dass keine Anreicherungen von PAK und Aldehyden im Ortsbrustbereich zu erwarten sind.

Als flüssiger Erstarrungsbeschleuniger beim Betonspritzen (Spritzbeton B 25, DIN 18551) wird der Erstarrungsbeschleuniger UMA Gunitte Flüssig AA (Torggler Chimica SPA) zugesetzt, der aus Natrium-Kaliumaluminat in wässriger Lösung besteht. Das Produkt kann zu Verätzungen der Augen und der Haut führen. Ein Grenzwert für Natrium-Kaliumaluminat

existiert nicht. Die Umsetzung der Forderungen des Sicherheitsdatenblattes bezüglich persönlicher Schutzausrüstungen (Maske, Gesichtsschutz) führt zur Begrenzung der persönlichen Exposition.

6. Unfallgeschehen

Für den Tunnel Coschütz ist zum Stichtag 30.11.01 eine Quote von 92 Unfällen pro Million geleistete Arbeitsstunden ausgewiesen.

Für die negative Entwicklung gibt es eine Reihe begünstigender Umstände:

1. Eine hohe Gefährdung ergibt sich durch den Aufenthalt und das Arbeiten neben sich bewegenden Maschinen und Maschinenteilen, insbesondere beim Einbauen des Rohrschirms. Es gibt eine Reihe von Einzugsmöglichkeiten sowie Quetsch- und Scherstellen.
2. Das Laufen erfolgt im Bereich der Ortsbrust auf unebenem, teilweise nassem Untergrund. Erschwerend kommt hinzu, dass eine Reihe manueller Transporte im Arbeitsbereich erforderlich sind.
3. Insbesondere das Aufstellen der Stahlbögen ist eine körperlich schwere Arbeit mit wechselnden Anforderungen.
4. Der Beruf des Tunnelbauers ist kein Lehrberuf. Unter den angeworbenen Arbeitnehmern sind nicht nur Baufacharbeiter und Bergleute, sondern Facharbeiter aus anderen Industriezweigen, auch Ungelernte. Selbst die Poliere haben teilweise keine einschlägige berufliche Qualifikation.
5. Ein Arbeitszyklus besteht aus 12 zusammenhängenden Schichten bevor 6 Tage Freizeit (Abgang) gewährt werden. Pro Schicht werden 10 Stunden gearbeitet. Die vorhandene Arbeitszeit wird voll ausgelastet, um die mögliche Zahl von Abschlügen pro Tag zu schaffen. Besondere Schwierigkeiten werden möglichst mit erhöhter Arbeitsintensität ausgeglichen.
6. Viele der Tunnelbauer kommen aus großer Entfernung angereist. Manchmal nehmen sie Müdigkeit zugunsten der Freizeitgestaltung in Kauf.
7. Die Kolonnen sind keine gewachsenen Kollektive. Die Zusammensetzung kann sich infolge von Kündigungen, Erkrankungen und Urlaubsvertretungen ändern.

Die Unfälle werden in den Argus-Beratungen ausgewertet. Kriterien sind:

1. Können gleichartige oder ähnliche Unfälle durch technische Maßnahmen ausgeschlossen werden?
2. Sind organisatorische Maßnahmen sinnvoll?
3. Sind individuelle Schutzmaßnahmen möglich?
4. Lässt sich durch Unterweisung das Verhalten der Arbeitnehmer in dieser Frage beeinflussen?

Die Unfallauswertung offenbarte einige Möglichkeiten für technische Verbesserungen.

7. Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen/ARGUS-Sicherheitskreis

Die Zusammenarbeit des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Dresden und der Tiefbau-Berufsgenossenschaft richtet sich nach den Grundsätzen der „Vereinbarung über das Zusammenwirken der Träger der gesetzlichen Unfallversicherungen und der Staatlichen Arbeitsschutzverwaltungen der Länder bei baulichen Großprojekten“ vom 28. August 1996.

Die Revisionstätigkeit wird auf dieser Grundlage in einem ARGUS-Sicherheitskreis organisiert, der alle 6 Wochen stattfindet. Die Leitung im ARGUS-Sicherheitskreis hat das Staatliche Gewerbeaufsichtsamte Dresden. Als Vertreter der Tiefbau-Berufsgenossenschaft im Sicherheitskreis nehmen eine Technische Aufsichtsperson sowie eine Ärztin des Arbeitsmedizinischen Dienstes der TBG teil. Von der Walter-Bau AG sind der Oberbauleiter, der Fachbauleiter Sicherheit, der Maschineningenieur, der Leiter des Personalbüros, der Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator sowie Mitarbeiter des bauausführenden Betriebs beteiligt. Der Bauherr und Vertreter des Sächsischen Landesinstituts für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (SLIAA) nehmen nach Bedarf teil.

In den Beratungen werden bestehende und zu erwartende Probleme angesprochen, um die Erfahrungen aller Teilnehmer für Gefährdungsanalysen zu nutzen und somit mögliche Risiken zu erkennen und zu minimieren. Wesentliche Inhalte des ARGUS-Sicherheitskreises sind neben dem Bericht zum Stand der Bauarbeiten und die Auswertung des Unfallgeschehens auch Informationen über die Ergebnisse der Begehungen sowie Tätigkeitsberichte. Das Protokoll des ARGUS-Sicherheitskreises einschließlich der Festlegungen wird den Teilnehmern kurzfristig übermittelt.

Die Vertreter der TBG und des GAA führen gemeinsame und eigenständig Begehungen durch und geben gegebenenfalls Hinweise auf bestehende Gefährdungen bzw. Mängel. Weitergehende Maßnahmen und Schlussfolgerungen werden im ARGUS-Sicherheitskreis gemeinsam besprochen.

Der Technische Aufsichtsdienst/Messtechnische Dienst der Tiefbau-Berufsgenossenschaft und das Sächsische Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin führten gemeinsam Gefahrstoffmessungen im Tunnel durch. Die Ergebnisse wurden zur gegenseitigen Information ausgetauscht. Gleichzeitig erhält das Autobahnamt Sachsen vom SLIAA regelmäßig die Ergebnisse der durchgeführten Gefahrstoffmessungen im Tunnel.

8. Schlussfolgerungen

- Arbeitszeit

- Die „Neue Österreichische Tunnelbauweise“ verlangt in der Regel einen kontinuierlichen Vortrieb, bedingt also auch Sonntagsarbeit. Die Genehmigung von Sonn- und Feiertagsarbeit ist auf den Vortrieb zu begrenzen, der Ausbau ist davon auszunehmen.
- Eine Verlängerung der Arbeitszeit über 10 Stunden hinaus, eine Verkürzung der Ruhezeit nach der Schicht oder eine Verkürzung der Pausen ist bei der Schwere und der Art der Arbeit nicht möglich. Bei der üblichen Drittelung (zwei Drittel der Tage Arbeit 1 Drittel Abgang) werden bei einer Schichtzeit von 10 Stunden im Durchschnitt acht Stunden werktäglich nicht überschritten.

- Wenn ein ununterbrochener Vortrieb (z. B. in abgelegenen Gelände) möglich ist, kann eine Schichtzeit von 12 Stunden zulässig sein, wenn Pausenzeiten von 2 Stunden gewährt werden. Diese Verfahrensweise kann sinnvoll sein, weil der Vortrieb Zeiten enthält, bei denen nur ein kleiner Anteil der Arbeitnehmer eingesetzt werden kann.
- Ein Schichtzyklus (Dekadenzyklus) muss Ruhezeiten von mindestens 11 Stunden nach jeder Schicht gewährleisten. Die früher übliche Zyklus mit einer Zwischenschicht nach der fünften Nachtschicht, die nach 6 Stunden Ruhezeit beginnt, ist nicht zulässig.
- Zur Erfüllung der Forderung nach „im Voraus festgelegten Ruhepausen“ ist eine auf die Minute feststehende Regelung nicht sinnvoll. Der Ablauf enthält Tätigkeiten mit wenig Personal und Zeiten, in denen ein Betreten der Arbeitsstätte ohnehin nicht möglich ist. In diese Zeiten sollten die Pausen gelegt werden. Der Ablauf wird aber häufig durch Störungen unterschiedlichster Ursachen verzögert. Es ist deshalb im Tunnelbau sinnvoll und auch zulässig, die Pausen nur in der Reihenfolge des Ablaufs festzulegen.

- Arbeitsbedingter Lärm/mechanische Ganzkörperschwingungen

- Da der Mittelwert des Beurteilungspegels bei Maschinisten, Mineuren und Sprengmeistern ≥ 90 dB(A) beträgt bzw. der Höchstwert des unbewerteten Schalldruckpegels im Bereich von 140 dB liegt, sind bei diesen Tätigkeiten alle Maßnahmen nach BGV B 3 umzusetzen. Das betrifft das Gebiet der technischen Lärminderung an Maschinen und Aggregaten, die konsequente Nutzung von persönlichen Gehörschutz sowie die Veranlassung von Gehörvorsorgeuntersuchungen.
- Maßnahmen zur Minderung der Belastung durch Ganzkörperschwingungen auf den eingesetzten mobilen Arbeitsgeräten sind nicht erforderlich. Auch im ungünstigsten Fall wird der Grenzwert nach VDI 2057 Bl. 3 nicht überschritten.

- Beleuchtung

- Der Beleuchtung im Tunnelgang hat beim Tunnelbau in der Vergangenheit zu wenig Beachtung gefunden. Die Bemühungen im Tunnel Coschütz zeigen, dass die Einhaltung der Grenzwerte mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Es gibt verschiedene technische Realisierungsmöglichkeiten: Entweder mit Scheinwerfern oder – dichter gegangen – mit Leuchtstofflampen. Scheinwerfersysteme bergen die prinzipielle Gefahr von Blendungserscheinungen und Adaptationsproblemen. Auf der untersuchten Baustelle wurde ein System von Leuchtstofflampen mit einer spezifischen Leistung von 9,7 W/m angebracht.
- An der Ortsbrust kommt es darauf an, die Beleuchtung blendungsarm und ohne Schlag Schatten zu erzeugen. Die traditionelle Verfahrensweise, nur zwei Scheinwerfer einzusetzen, ist ungünstig, weil verschiedentlich Arbeitnehmer von der Ortsbrust in Richtung Tunnel laufen und dicht an den Scheinwerfern vorbeigehen müssen. In dieser Situation gibt es eine deutliche, unangenehme Blendung. Notwendig ist der Einsatz von mehreren Scheinwerfern, kleinerer Leistung. Günstig ist, die Scheinwerfer auf insgesamt 4 Ständer zu verteilen. Böcke mit 4 Scheinwerfern je 500 W haben sich nicht bewährt.

- Bewetterung

- Die Art der Bewetterung erfordert einen Ausgleich zwischen den Forderungen möglichst wirkungsvolle Verdünnung gefahrstoffhaltiger Luft gegenüber der Vermeidung von Zugluft. Da die enormen Außenluftmengen nicht angewärmt werden, werden die Tunnelbauer mit Luftströmungen von bis zu 0,5 m/s im Winter bei Temperaturen von bis zu - 20 ° C belastet. Andererseits ist eine leistungsfähige Bewetterung unumgänglich, um die freigesetzten Gefahrstoffe zu entfernen.
- Eine Bewetterung ist bei einigen Tätigkeiten nicht erforderlich, bei denen keine Gefahrstoffe freigesetzt werden. Trotzdem kann sie nicht ausgeschaltet werden, weil eine Mindestlüftungsleistung notwendig ist. Möglich ist aber eine mechanische Unterbrechung des Freistrahls.

- Physische Belastung und Beanspruchung

- Es ist dringend erforderlich, den Gefährdungsfaktors physische Belastung/ Arbeitsschwere in die betriebliche Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation nach ArbSchG, §5 (1), (2), §6 einzubeziehen. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung dient dem Arbeitgeber zur Festlegung der erforderlichen Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes für die bestehende Tunnelbaustelle und sollte bei zukünftigen Tunnelbauvorhaben beachtet werden.
- Es zu prüfen, ob durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen (belastungsadäquates Arbeitszeit-Pausen-Regime usw.) und insbesondere durch technologische Veränderungen bzw. weitere Mechanisierung bei den als sehr schwere körperliche Arbeit erkannten Tätigkeiten eine Minderung der physischen Belastung für die Beschäftigten möglich ist. Diese Aufgabenstellung entspricht den Forderungen gemäß ArbSchG §3, (1), (2), §4, Ziff. 1-4, §5 (3). Lt. Arbeitsschutzgesetz § 6 sind dazu vom Unternehmen Maßnahmen zu dokumentieren und nach entsprechender Erprobungszeit auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen. Das Ergebnis der betrieblichen Überprüfung ist ebenfalls zu dokumentieren.
- Es ist zu prüfen, ob die betroffenen Beschäftigten Kenntnis darüber haben, dass der Arbeitgeber es ihnen ermöglicht, sich auf eigenen Wunsch regelmäßig ärztlich im Sinne einer arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbSchG §11) untersuchen zu lassen.

- Gefahrstoffe

- Als Leitkomponenten für die projektbegleitenden Gefahrstoffmessungen haben sich Kohlenmonoxid
Feinstaub (alveolargängige Staubfraktion)/Quarz
Dieselmotoremissionen
Stickstoffmonoxid
als geeignet herausgestellt, die auch bei den Tunnelbauten der Rennsteigquerung (BAB 71) ausgewählt wurden.
- Wenn die Forderungen im § 72 (3) der UVV Sprengarbeiten (BGV C 24) eingehalten werden, die Arbeitsstelle erst wieder zu betreten, wenn die Sprengschwaden vollständig ins Freie abgeführt worden sind, wird der Grenzwert für Kohlenmonoxid bei allen Tätigkeiten

eingehalten. Entsprechend der Durchführungsanweisungen zu § 72 gilt in der Regel eine Frist von 15 Minuten für das Abziehen der Sprengschwaden als angemessen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass im Tunnel Coschütz nach 20 bis 25 Minuten mit einer Grenzwerteinhaltung vor der Ortsbrust zu rechnen ist.

- Stickstoffmonoxid wurde nachgewiesen, Stickstoffdioxid nur im Bereich der Nachweisgrenze. Grenzwertüberschreitungen wurden bei beiden Gasen nicht festgestellt.
- Die Angaben der Firma West-Spreng GmbH werden durch die Messergebnisse bestätigt. Gegenüber gelatinösen Sprengstoffen entwickeln die Emulsionssprengstoffe weniger Kohlenmonoxid und Stickstoffoxide. Im Ergebnis der Langzeitstudie zur Gefahrstoffbelastung im Tunnelbau bei der Rennsteigquerung kam es beim Einsatz von Gelatinesprengstoff in den meisten Fällen nach 15-20 Minuten Wartezeit noch zu CO-Konzentrationen knapp über 100 ppm (MAK-Wert: 30 ppm). Die Sprengschwaden, die bei den Sprengungen an der Ortsbrust freigesetzt werden (1170 m bis 1370 m), beeinflussen die Luftsituation beim Strossenvortrieb infolge der Verdünnung kaum.
- Die Konzentrationen an Feinstaub (alveolargängige Staubfraktion) wurden bei allen bewerteten Tätigkeiten eingehalten. Nur wenn unmittelbar nach dem Sprengen ohne Wartezeit zum Schuttern in Richtung Ortsbrust gefahren wird und die Muldenkipperfahrer die Fenster geöffnet haben (aufgrund der noch vorhandenen schlechten Sicht) kommt es zu Staubkonzentrationen im Grenzwertbereich.
- Beim Betonspritzen wird der Grenzwert für Feinstaub (alveolargängige Staubfraktion) nicht immer eingehalten. Der Bediener auf dem Spritzausleger trägt während des Spritzens eine Maske. Da hier technische Möglichkeiten (Kapselung des Bedienstandes auf dem Spritzausleger) schwer umzusetzen sind, ist zu prüfen, ob durch geübteren Technikeinsatz Aerosolbildungen reduziert werden können.
- Die ermittelten Konzentrationen von Dieselmotoremissionen (DME) lagen unterhalb des Grenzwertes von 0,30 mg/m³. Von der Walter- Bau AG wurden zum Tunnelbeginn nur Neufahrzeuge (Muldenkipper, Radlader, Bohrwagen) eingesetzt, deren unverbrauchte Motoren die Kennlinien der Emissionen sehr gut einhalten. Der Einsatz der Partikelfilter an den Arbeitsfahrzeugen führt zu einer bedeutenden Reduzierung der DME Gesamtlast. Durch die verbesserte Beleuchtung im Tunnel müssen Fremdfahrzeuge, die früher mit eingeschaltetem Licht und damit mit laufendem Motor teilweise stundenlang standen, nicht mehr beleuchtet abgestellt werden. Damit sinkt ebenfalls die Gesamtlast der DME.
- Ein wichtiges Kriterium für die Einhaltung von Gefahrstoffgrenzwerten ist die ausreichende Bewetterung der Tunnelröhren und der Ortsbrust. Die Lutten werden kontinuierlich weitergezogen und enden ca. 70 m vor der Ortsbrust. Von der Walter-Bau AG wurde die notwendige Luttenleistung berechnet; sie liegt bei 40 m³/s mit einer Luftgeschwindigkeit von ca. 0,56 m/s. Die Leistungen der Lüftermotoren werden regelmäßig kontrolliert und die Ergebnisse protokolliert.

9. Literatur

Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG

Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit vom 07. August 1996 (BGBl I S.1246), zuletzt geändert am 29. Oktober 2001 (BGBl I S. 2785)

Arbeitsstättenrichtlinie – ASR 5 – Lüftung vom Oktober 1979 (BArbBl. 10/1979 S. 103), zuletzt geändert im Dezember 1984 (BArbBl. 12/1984 S. 85)

Arbeitsstättenrichtlinie – ASR 7/4 – Sicherheitsbeleuchtung vom März 1981 (BArbBl. 3/1981 S. 68), zuletzt geändert im September 1988 (BArbBl 9/1988 S. 46)

Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV

Verordnung über Arbeitsstätten vom 20. März 1975 (BGBl I S. 729), zuletzt geändert durch Artikel 4 der Verordnung vom 4. Dezember 1996 (BGBl I S. 1841)

Arbeitszeitgesetz – ArbZG vom 06. Juni 1994 (BGBl I S. 1170), zuletzt geändert am 21. Dezember 2000 (BGBl I S. 1983)

Berufsgenossenschaftliche Information – BGI 759 vom November 1999

Künstliche Beleuchtung für Arbeitsplätze und Verkehrswege im Freien und auf Baustellen

Berufsgenossenschaftliche Regel – BGR 160 vom Oktober 1994

Bauarbeiten unter Tage

Berufsgenossenschaftliche Vorschrift – BGV B 3 vom Januar 1997

Lärm

Berufsgenossenschaftliche Vorschrift – BGV C 22 vom Januar 1997

Bauarbeiten

BIA – Arbeitsmappe (Ergänzbare Sammlung):

Expositionsermittlungen bei chemischen und biologischen Einwirkungen

Bielefeld: E. Schmidt Verlag, 1989

DIN 5035-1: 1990-06 Beleuchtung mit künstlichem Licht; Begriffe und allgemeine Anforderungen

DIN 5035-2: 1990-09 Beleuchtung mit künstlichem Licht; Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien

DIN 45645-1: 1996-07 Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen; Geräuschmessungen in der Nachbarschaft

DIN 45645-2: 1997-07 Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen; Geräuschmessungen am Arbeitsplatz

Frauendorf, H.; Kobryn, U.: Richtlinie für die Analyse und Bewertung ausgewählter Formen körperlicher Arbeit. In: Z. ges. Hyg. 21 (1975) Nr. 1, S. 21 - 23

Grandjean, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung. - Thun: Ott Verlag, 4. Aufl., 1991

Hettinger, T.: Angewandte Ergonomie. - Frechen: Bartmann Verlag, 1970

Müller, B. H.: Ergonomie – Bestandteil der Sicherheitswissenschaft. - Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1989

Rohmert, W.; Hettinger, Th.: Ergebnisse achtstündiger Untersuchungen am Kurbel- und Fahrradergometer. In: Hettinger, Th.: Angewandte Ergonomie. - Frechen: Bartmann Verl., 1970

Rohmert, W.: Das Belastungs-Beanspruchungskonzept. In: Z. Arb. wiss. 38 (1984) Nr. 4, S. 193 - 200

Sprengstoffgesetz – SprengG vom 17.04.1986 (BGBl I S. 577), zuletzt geändert am 3. Dezember 2001 (BGBl I S. 3306)

Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz – 1. SprengV vom 31. Januar 1991 (BGBl I S. 169), zuletzt geändert am 29. Oktober 2001 (BGBl I S. 2785)

Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz – 2. SprengV vom 05. September 1989 (BGBl I S. 1620, ber. S. 2458), zuletzt geändert am 23. Juni 1998 (BGBl I S. 1530)

TRGS 402 – Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen; Ausgabe November 1997 (BArbBl. 11/1997 S. 27)

TRGS 900 – Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte; Ausgabe Oktober 2000 (BArbBl. 10/2000 S. 34), zuletzt geändert September 2001 (BArbBl 9/2001, S. 86)

VDI 2057-Blatt 1: 1987-05 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Grundlagen

VDI 2057-Blatt 2: 1987-05 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Bewertung

VDI 2057-Blatt 3: 1987-05 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Beurteilung

VDI 2058-Blatt 3: 1999-02 Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten

Auskünfte zu allen Fragen des Arbeitsschutzes erteilen die örtlich zuständigen Gewerbeaufsichtsämter sowie das Sächsische Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:

s. aktualisierte
Behördenanschriften
letzte Seite

Sächsisches Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Reichsstraße 39
09112 Chemnitz
Tel.: (03 71) 36 85-0
Fax: (03 71) 36 85-1 00
E-Mail: poststelle@liaache.smwa.sachsen.de

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Bautzen

Käthe-Kollwitz-Str. 17 / Haus 3
02625 Bautzen
Tel.: (0 35 91) 27 3-4 00
Fax: (0 35 91) 27 3-4 60
E-Mail: poststelle@gaabau.smwa.sachsen.de
Aufsichtsbezirk: Landkreis Bautzen, Stadt Görlitz, Stadt Hoyerswerda, Landkreis Kamenz, Landkreis Löbau - Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Chemnitz

Reichsstraße 39
09112 Chemnitz
Tel.: (03 71) 36 85-0
Fax: (03 71) 36 85-1 00
E-Mail: poststelle@gaache.smwa.sachsen.de
Aufsichtsbezirk: Stadt Chemnitz, Landkreis Annaberg, Landkreis Chemnitzer Land, Landkreis Freiberg, Mittlerer Erzgebirgskreis, Landkreis Mittweida, Landkreis Stollberg

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Dresden

Reicker Str. 51A
01219 Dresden
Tel.: (03 51) 81 90-0
Fax: (03 51) 81 90-2 29
E-Mail: poststelle@gaadre.smwa.sachsen.de
Aufsichtsbezirk: Stadt Dresden, Landkreis Meißen, Landkreis Riesa-Großenhain, Landkreis Sächsische Schweiz, Weißeritzkreis

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Leipzig

Oststraße 13
04317 Leipzig
Tel.: (03 41) 69 73-1 00
Fax: (03 41) 69 73-1 10
E-Mail: poststelle@gaalpz.smwa.sachsen.de
Aufsichtsbezirk: Stadt Leipzig, Landkreis Delitzsch, Landkreis Döbeln, Landkreis Leipziger Land, Muldentalkreis, Landkreis Torgau-Oschatz

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Zwickau

Lothar-Streit-Str. 24
08056 Zwickau
Tel.: (03 75) 3 90 32-0
Fax: (03 75) 3 90 32-20
E-Mail: poststelle@gaazwi.smwa.sachsen.de
Aufsichtsbezirk: Stadt Plauen, Stadt Zwickau, Landkreis Aue-Schwarzenberg, Landkreis Plauen, Vogtlandkreis, Landkreis Zwickauer Land

Die sächsischen Arbeitsschutzverwaltungen finden Sie im INTERNET unter
<http://www.arbeitsschutz-sachsen.de>

Adressen der staatlichen Arbeitsschutzbehörden im Freistaat Sachsen

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Wilhelm-Buck-Straße 2, 01097 Dresden
Tel.: 0351 564-0
Fax: 0351 564-8209
E-Mail: poststelle@smwa.sachsen.de
Internet: <http://www.arbeitsschutz-sachsen.de>

Landesdirektion Sachsen - Abteilung Arbeitsschutz

Postanschrift:
09105 Chemnitz

Besucheranschriften:

Dienststelle Dresden

Stauffenbergallee 2, 01099 Dresden
Tel.: 0351 825-5001
Fax: 0351 825-9700
E-Mail: post.asd@lds.sachsen.de
Internet: <http://www.lds.sachsen.de>

Dienstsitz Bautzen

Käthe-Kollwitz-Straße 17/Haus 3, 02625 Bautzen
Telefon: 03591 273-400
Telefax: 03591 273-460

Dienstsitz Görlitz

Jakobstraße 15, 02826 Görlitz
Telefon: 03581 4751-0
Telefax: 03581 4751-60

Außenstelle Chemnitz

Reichsstraße 39, 09112 Chemnitz
Tel.: 0371 3685-0
Fax: 0371 3685-100
E-Mail: post.asc@lds.sachsen.de
Internet: <http://www.lds.sachsen.de>

Dienstsitz Zwickau

Lothar-Streit-Straße 24, 08056 Zwickau
Telefon: 0375 39032-0
Telefax: 0375 39032-20

Außenstelle Leipzig

Oststraße 13, 04317 Leipzig
Tel.: 0341 6973-100
Fax: 0341 6973-110
E-Mail: post.asl@lds.sachsen.de
Internet: <http://www.lds.sachsen.de>