

Analyse des Brandversuches am Tunnel Bleißberg Süd

Dr.-Ing. Dieter Tetzner

DMT GmbH & Co. KG, Geschwister-Scholl-Straße 21, 04205 Leipzig
+49 341 3331-514, dieter.tetzner@dmt.de

Dipl.-Ing. Michael Nowak

Ed. Züblin AG, Stuttgart

1. Einleitung

Der vorliegende Beitrag soll die Hintergründe für die Durchführung eines Brandversuchs auf der Baustelle des Tunnels Bleißberg Süd erläutern, die Konzeption und die Ergebnisse des Brandversuchs sowie der numerischen Brandsimulationen darstellen und deren Auswirkungen auf das vorhandene Flucht- und Rettungskonzept beschreiben.

2. Überblick

Der Tunnel Bleißberg ist Bestandteil des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit Nr. 8 – Aus-/Neubaustrecke Nürnberg-Erfurt-Leipzig/Halle-Berlin. Auf der gegenwärtig im Bau befindlichen Neubaustrecke von Ebersfeld nach Erfurt mit einer Gesamtlänge von 107 km sind 22 Tunnel mit einer Gesamtlänge von 41 km und 29 Talbrücken mit einer Länge von 12 km vorgesehen [1].

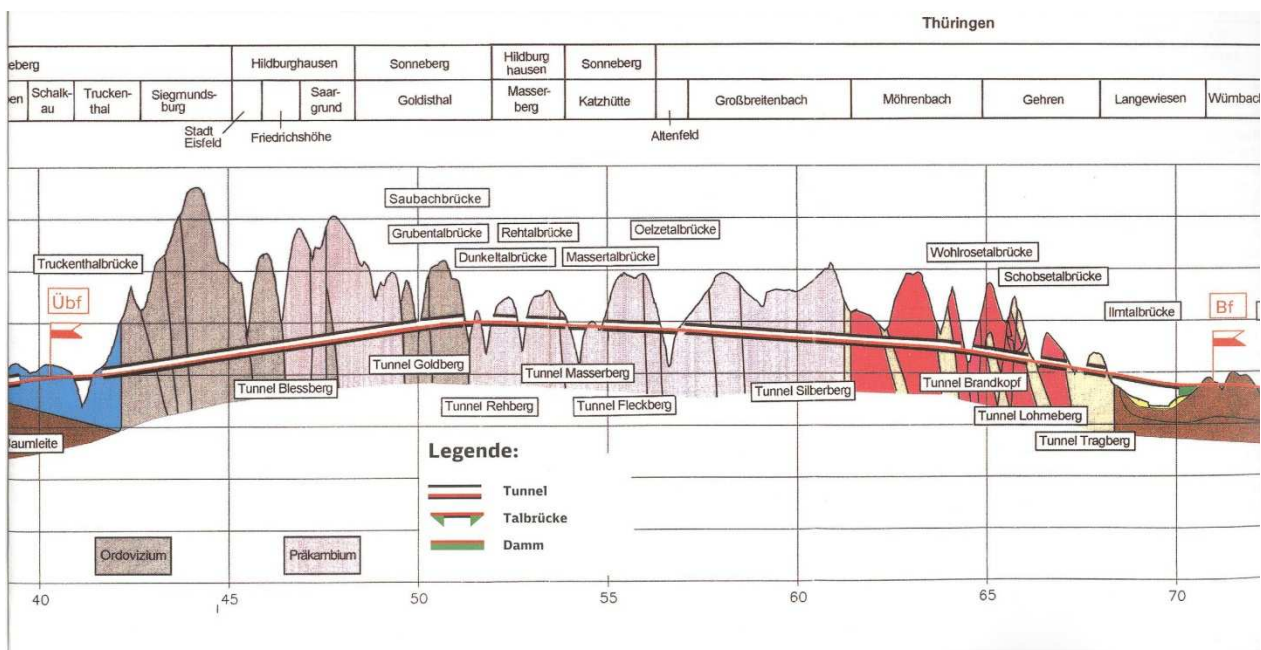


Bild 1: Ausschnitt aus dem Gesamtprojekt [1]

Der Tunnel Bleißberg ist mit 8314 m der längste dieser Tunnel. Die Auffahrung des Tunnels ist in zwei Baulosen Süd und Nord geplant.

Der Zugang zur Baustelle des Loses Süd wird über den etwa 950 m langen Notausgangsstollen 2 (NA 2) sichergestellt, der von über Tage mit einem Gefälle von 10% nach unten führt. Der Gesamtquerschnitt beträgt etwa 50 m². Vom Fußpunkt des NA 2 erfolgt die Auffahrung der Tunnelröhre in beide Richtungen. Der Vortrieb Süd wird bis zum Südportal eine maximale Länge von 1.980 m aufweisen, der Vortrieb Mitte in nördliche Richtung bis zum Schacht NA 4 eine maximale Länge von 1.900 m. Insgesamt erstreckt sich der Vortrieb Mitte über eine Länge von 2.663 m. Der Gesamtquerschnitt der Tunnelröhre beträgt ca. 128 m² bis ca. 167 m², der des vorlaufenden Kalottenvortriebs etwa 70 m². Die Längsneigung des Tunnels beträgt etwa 1,1 % mit einem Gefälle in südliche Richtung. Der Ausbruch des Gebirges erfolgt konventionell im Sprengvortrieb. Nach dem Sprengen wird das Haufwerk im Tunnel zwischen gelagert und anschließend über den NA 2 auf die Deponie Stelzen transportiert. Der Kalottenvortrieb eilt dem Strossen- und Sohlvortrieb um

200 m voraus. Die Sicherung des Gebirges wird mittels Baustahlmatten, Ausbaubögen, Spritzbeton und Ankern vorgenommen.

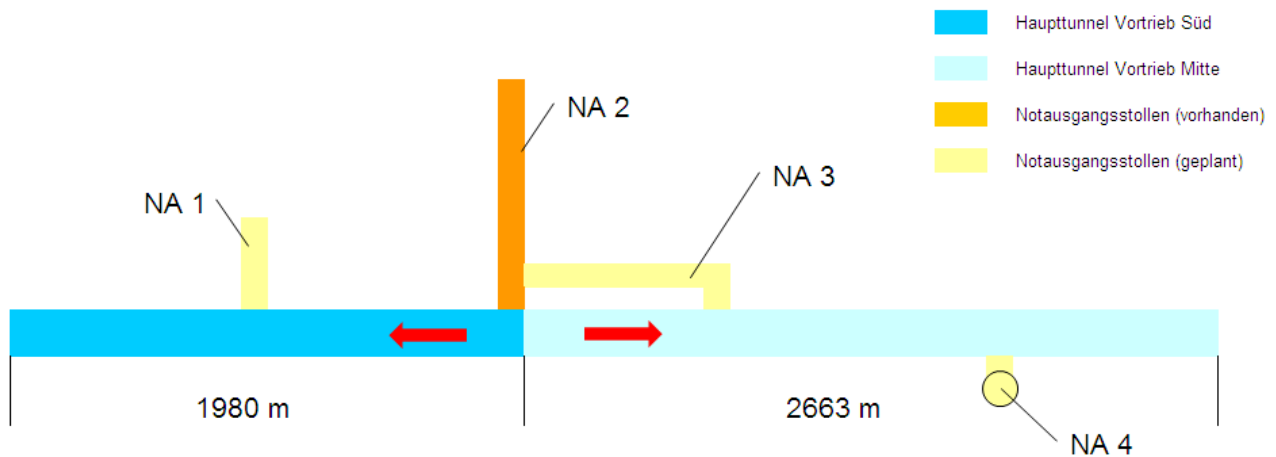


Bild 2: Schematische Darstellung des Bauloses Bleißberg Süd

3. Beschreibung des vorhandenen Sicherheitskonzepts

3.1 Bewetterungskonzept

Die Frischluftzufuhr für die Baustelle erfolgt über zwei Lutten mit einem Durchmesser von je 2,5 m im NA 2. Die Ventilatoren sind über Tage vor dem Portal des NA 2 angeordnet und blasen über jede Luttenleitung ca. 90 m³/s in den Tunnel. Die Frischluft wird ca. 50 m vom Fußpunkt des NA 2 im jeweiligen Vortrieb ausgeblasen. Unmittelbar hinter der Ausblasstelle befindet sich je Vortrieb ein weiterer Ventilator, der die Frischluft ansaugt und über je zwei Lutten mit einem Durchmesser von 2,0 m zu den Arbeitsorten (Kalotte und Strosse) führt. Für die Kalotte ist eine Luftmenge von ca. 35 m³/s und für die Strosse von etwa 40 m³/s vorgesehen. Daraus ergeben sich Luftgeschwindigkeiten von etwa 0,5 m/s im Bereich der Kalotte und von etwa 0,6 m/s in den rückwärtigen Tunnelabschnitten. Im NA 2 beträgt die Luftgeschwindigkeit ca. 4 m/s.

Die Abluft strömt im freien Tunnelquerschnitt zurück und wird über den NA 2 wieder nach über Tage abgeführt.

3.2 Flucht- und Rettungskonzept

Das vorliegende Flucht- und Rettungskonzept [3] beinhaltet zahlreiche Maßnahmen. Nachstehend werden die das Ausmaß begrenzenden Maßnahmen im Brandfall zusammengefasst:

- Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden werden ABC-Feuerlöscher an den Erste-Hilfe-Stationen und auf jedem Fahrzeug vorgehalten.
- Zur persönlichen Schutzausrüstung gehören Selbstretter. Die Geräte werden vom Personal mitgeführt bzw. in entsprechend markierten Behältern im Tätigkeitsbereich aufbewahrt. Das Baustellenpersonal wird vor Aufnahme der Arbeit im Umgang mit den Sauerstoffselbstrettern nachweislich unterwiesen. Bei den Selbstrettern handelt es sich um umluftunabhängige Chemical-Sauerstoff-Geräte der Fa. Dräger (Typ Oxy K-50 S) oder gleichwertige. Die Haltezeit beträgt 50 min bei einem Verbrauch von 35 l/min bzw. 180 min bei einem Verbrauch von 10 l/min (Ruheveratmung). Die maximale Fluchtweglänge in einen sicheren Bereich wird auf 2.000 m, entsprechend der Haltezeit der Selbstretter und der Fluchtgeschwindigkeit, begrenzt.
- Das Kommunikationssystem im Tunnel wird über Telefonapparate im Abstand von ca. 500 m sowie jeweils im Schutz- bzw. Rettungscontainer und an den Vermessungsstationen für die Vortriebe, realisiert. Überdies sind die Poliere sowie Schichtbauleiter mit Mobiltelefonen ausgerüstet. Sämtliche Telefone werden als baustelleninterne Nebenstellen ausgelegt und sind für die Erreichbarkeit gemäß Alarmplan an das öffentliche Netz angekoppelt. Die Telekommunikationsanlage ist so ausgelegt, dass auch bei Ausfall einzelner Tunnelstationen eine Kommunikation mittels WLAN-Technik ermöglicht wird.
- Am Portal gibt eine Hinweistafel über die im Tunnel arbeitenden Personen Auskunft. Hierbei wird zwischen Bauleitung, Vortriebspersonal, Werkstatt, Transport sowie Sonstige (Besucher, Spezialfirmen,...) unterschieden. Einfahrende Besucher werden hier durch den verantwortlichen Begleiter ebenfalls vermerkt.

- Für eine möglichst frühe Realisierung einer Rauchabtrennung erfolgt der Einbau von je einem Wasserschild C bei ca. TM 60. Durch die robuste Ausführung der installierten Technik ist ein Einbau bereits kurz hinter den aufgefahrenen Strossenvortrieben möglich. Im Brandfall erfolgen die Abschaltung des Beschleunigungs- und Portallüfters und die Inbetriebnahme des Wasserschildes des jeweiligen Vortriebs.
- Die getrennte Installation der Tunnelbewetterung Süd und Mitte in Verbindung mit der Installation der Wasserschilder Süd und Mitte ermöglicht die Aufrechterhaltung eines sicheren Bereiches in gegenüberliegenden Vortriebsast. Die Frischluftversorgung und zugleich Kühlung des Bereiches ist sichergestellt.
- Der Fluchtweg entspricht der Vortriebslänge ab der jeweiligen Rauchabtrennung Süd bzw. Mitte. Die Rauchabtrennung vermindert bei einem Brand im Haupttunnel das Eindringen von Rauch in den Kreuzungsbereich bzw. in den Notausgangsstollen 2. Die Befahrung des Notausgangsstollens 2 und des Kreuzungsbereichs ist somit auch bei einem Brand im Haupttunnel möglich (sicherer Bereich)
- Je ein Flucht- und Schwadencontainer für bis zu 16 Personen wird für die Vortriebe Süd und Mitte maximal 200 m hinter der jeweiligen Ortsbrust mitgeführt. Jeder Container ist ausgestattet mit Atemluftversorgung, Beleuchtung, Notbeleuchtung, Kommunikation zum Portal und Überdruckhaltung. Der mit Atemluft erzeugte Überdruck im Container ermöglicht für bis zu 16 Personen bzw. bis zu 8 Stunden sicheren Aufenthalt. Zur Vermeidung von Hitzeabstrahlung im Brandfall sind Geräte (hohe Brandlast) nur mit ausreichend Abstand zum Schutz- bzw. Rettungscontainer abzustellen.
- Lotsenpunkte werden bei Alarmierung der Rettungskräfte besetzt und dienen zum Einweisen der jeweiligen Rettungskräfte.
- Für die Durchführung einer Personenrettung / Brandlöschung stehen den Rettungskräften (Freiwillige Feuerwehr) u.a. eine Wärmebildkamera und 8 Kreislaufatemschutzgeräte zur Verfügung.
- Die Kommunikation der Rettungsdienste wird über eigens im Tunnel installierten BOS-Funk mit Umsetzung am Portal auf 2 m-Band ermöglicht.
- Die im Tunnel mit dem Vortrieb mitgeführte Brauchwasserleitung wird zur Löschwasserversorgung herangezogen. Anschlüsse für C-Schläuche werden in regelmäßigen Abständen von ca. 150 m installiert. Weiterhin ist an der Druckerhöhung am Portal Notausgangsstollen 2 ein B-Anschluss für die Löschwasserversorgung der Baustelleneinrichtung installiert. Auf der Baustelle befindet sich ein 80 m³ Wasservorratstank, der für die Löschwasserversorgung zur Verfügung steht.

Die Grenzen für den Einsatz der Freiwilligen Feuerwehren soll im Rahmen einer Übung präzisiert werden. Die am 12.07.2007 durchgeführte Übung erbrachte u.a. die Erkenntnis, dass die Einsatzkräfte ca. 60 min mit Kreislaufatemschutzgeräten arbeiten können und damit die Einsatzgrenzen für Maßnahmen der Brandbekämpfung bei weniger als 1300 m liegen. Die Rauchfreiheit bzw. Raucharmut im NA 2 wird als Grundvoraussetzung für den Aufenthalt der Einsatzkräfte ohne Atemschutz gesehen. Die Feuerwehren forderten deshalb einen entsprechenden Nachweis.

4. Brandversuch im Haupttunnel Vortrieb Mitte

Der Nachweis der Rauchfreiheit bzw. Raucharmut im NA 2 soll über einen geeigneten Brandversuch erfolgen.

4.1 Konzeption und Durchführung

Für die Festlegung der Brandleistung des Brandversuch spielt zum Einen die Beurteilbarkeit der Ergebnisse hinsichtlich der Temperaturen und der Sichttrübung und zum Anderen der Schutz der Baustelleneinrichtung, insbesondere der Kabel und Lutzenleitungen eine Rolle. Es wird im Vorfeld abgeschätzt, dass eine Brandleistung von maximal 1 MW umsetzbar ist. In Relation zu realen Brandleistungen eines Radladers von etwa 20 MW ist diese Brandleistung eher gering.

Für die Durchführung des Brandversuchs wird der Vortrieb Mitte ausgewählt. Mit dem Augenmerk auf die Beurteilung der Verrauchung des NA 2 wird der Brandherd etwa 110 m vom Fußpunkt des NA 2 und somit etwa 50 m bzw. 60 m von den Wasserschilden entfernt angeordnet, vgl. Bild 3. Der Brand wird in Form eines Poolfeuers in Stahlwannen mit einer Gesamtfläche von 1,0 m² erzeugt, vgl. Bild 4. Als Brennstoff wird Dieselmotorenöl ausgewählt, insbesondere wegen seiner stark sichtrübenden Wirkung. Die Branddauer wird mit etwa 20 min konzipiert.

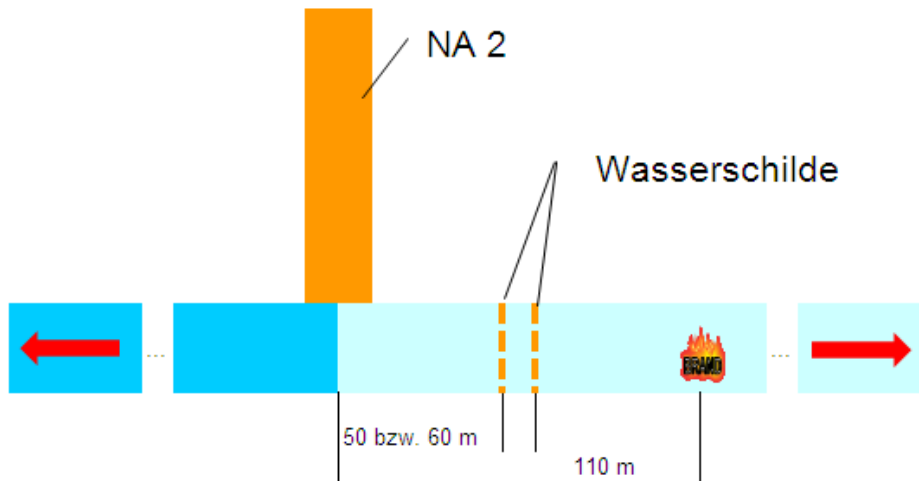


Bild 3: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus im Vortrieb Mitte



Bild 4: Vorbereitung des Poolfeuers

Für die Beurteilung der Ergebnisse werden die Temperaturverläufe in Richtung der Rauchausbreitung ca. 10 m vor dem dem ersten und ca. 5 m nach dem zweiten Wasserschild an jeweils vier Punkten in unterschiedlicher Höhe gemessen. Die Rauchausbreitung und die Sichtweiten werden visuell an mehreren Punkten zwischen Brandherd und NA 2 sowie auch in Richtung des Vortriebs beobachtet. Wegen der toxischen Belastung mit Rauchgasen werden in den stark rauchgefährdeten Abschnitten Atemschutzgeräteträger der Feuerwehr bzw. der DMT eingesetzt. Als Orientierung dienen Messmarken, die im Abstand von jeweils 10 m an der Tunnelwand angeordnet werden.

Während der Durchführung des Brandversuchs wird die Bewetterung im Vortrieb Mitte abgeschaltet. Das Feuer wird durch einen Atemschutzgeräteträger gezündet. Mit dem Eintreffen des Brandrauches am ersten Wasserschild werden beide Wasserschilde manuell ausgelöst.

4.2 Ergebnisse

Aufgrund der eingesetzten Menge an Dieselmotorkraftstoff (35 l) hat der Brand insgesamt etwa 22 min gedauert. Aus den visuellen Beobachtungen lässt sich eine mittlere Rauchausbreitungsgeschwindigkeit von 0,4 m/s

ableiten. Zwischen Brandherd und Wasserschild breitet sich der Rauch anfangs geschichtet aus. Nach etwas mehr als 2 Minuten erreicht der Rauch das erste Wasserschild. Ohne Zeitverzug werden daraufhin beide Wasserschilde aktiviert. Der Wasserschleier zerstört sofort die Rauchsichtung. Die Rauchgase senken sich bis zur Sohle ab und der gesamte Tunnelquerschnitt ist völlig verraucht. Mit zunehmender Branddauer verschlechtern sich die Sichtverhältnisse und die Luftqualität im Abschnitt zwischen den Wasserschilden und dem NA 2. Die Sichtweite für reflektierende Zeichen geht auf etwa 15 m und für selbstleuchtende Zeichen auf etwa 50 m zurück. Gegen Ende des Brandes tritt der Rauch, wenn auch stark verdünnt, über den Fußpunkt des NA 2 über mehrere Meter in den Vortrieb Süd und auch in den NA 2 ein. Die Sichtverhältnisse im NA 2 lassen für dieses Brandszenarium eine Durchfahrt mit Fahrzeugen gerade noch zu.

In Richtung Vortrieb (Ortsbrust) verschlechtern sich die Sichtverhältnisse über den Brandverlauf erheblich. Hier geht die Sichtweite für reflektierende Zeichen auf etwa 3 m und für selbstleuchtende Zeichen auf etwa 10 m zurück. Die Auswertung der Temperaturverläufe zeigt, dass die bis auf 35 °C angestiegene Temperatur vor dem ersten Wasserschild durch die Kühlwirkung der beiden Wasserschleier fast wieder auf die Umgebungstemperatur von 18...20 °C herunter gekühlt wird.

4.3 Bewertung

Die Ergebnisse zeigen, dass mit Hilfe der Wasserschleier der Brandrauch nur bedingt „ausgewaschen“ werden kann. Eine sichtrübende Wirkung ist bis zum Fußpunkt des NA 2 und darüber hinaus festzustellen. Bei einem realen Fahrzeugbrand mit einer zu erwartenden Brandleistung von 20 MW ist mit einer deutlich größeren Rauchmenge und damit auch mit einer weitaus stärkeren Sichttrübung zu rechnen.

Die Rauchausbreitung und die Sichtverhältnisse zwischen Brandherd und Ortsbrust des Vortriebs führen wie erwartet zur Einschätzung, dass eine Orientierung für flüchtende Personen bzw. für den Einsatz der Feuerwehr erschwert wird.

Für die Beurteilung der Auswirkungen von realen Fahrzeugbränden an verschiedenen Orten der Vortriebe sind numerische Simulationen durchzuführen.

5. Numerische Brandsimulationen

5.1 Grundlagen

Ausgehend von den Versuchserfahrungen der DMT [4] und auf Basis einer überschlägigen Abschätzung der brennbaren Bestandteile eines Radladers wird den Berechnungen eine idealisierte Energiefreisetzungsrate gemäß Bild 5 mit einer freisetzbaren Energie von 36,5 GJ und einer maximalen Brandleistung von 20 MW zugrunde gelegt.

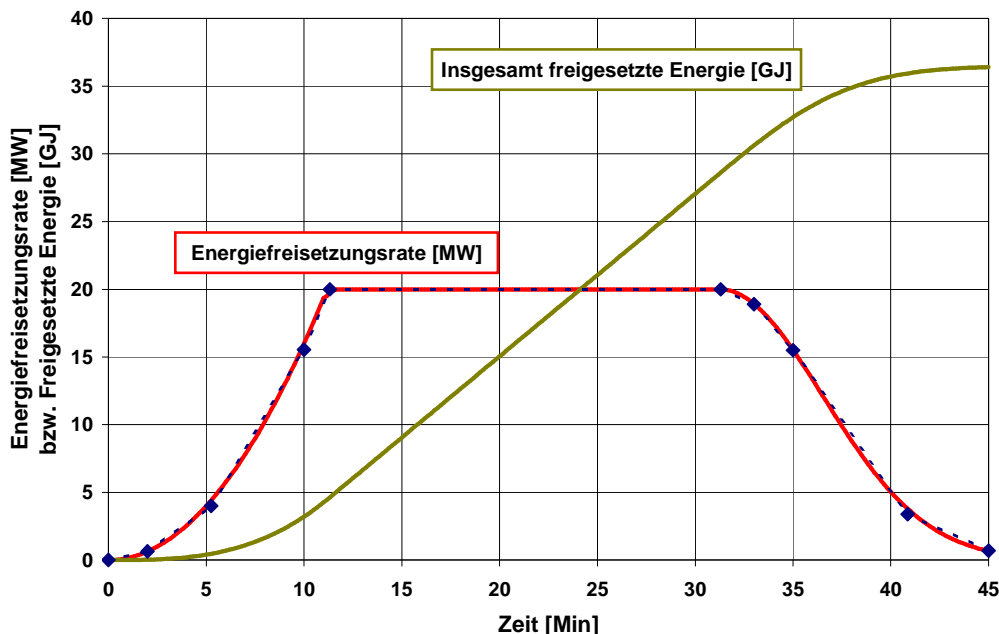


Bild 5: Verlauf der Energiefreisetzung für das Brandszenarium eines Radladers

Es werden zwei Hauptszenarien untersucht, wobei der Brandherd im Tunnelvortrieb Mitte einmal ca. 120 m entfernt vom NA 2 (Szenarium 1) und einmal im Kalottenvortrieb ca. 120 m entfernt von der Ortsbrust (Szenarium 2) liegt. Im Modell werden beide Vortriebe Mitte und Süd mit einer Länge von jeweils 570 m (aktueller

Stand zum damaligen Zeitpunkt) und der NA 2 mit einer verkürzten Länge von 100 m abgebildet. Dabei ist das Szenarium 1 als kritisch hinsichtlich der Rauchausbreitung in Richtung NA 2 zu sehen und das Szenarium 2 als kritisch hinsichtlich der Rauch- und Temperaturentwicklung im Kalottenvortrieb.

Die Bewetterung des Vortriebs Süd wird mit 90 m³/s simuliert, wobei die Abwetter über den NA 2 ausströmen. Die Untersuchungen erfolgen mit der Software FDS4. Die Funktion der Wasserschilde wird dabei ersatzweise durch Sprinkler simuliert.

5.2 Ergebnisse

Für das Szenarium 1 ergibt sich trotz Auslösung der Wasserschilde eine großräumige und intensive Ver Rauchung des Vortriebs Mitte und des NA 2 (vgl. Bild 6). Nach weniger als 10 min erreicht der Brandrauch den Fußpunkt des NA 2. Ein Rauchübertritt ist begrenzt auf eine Länge von etwa 100 m auch in den bewetterten Vortrieb Süd festzustellen. Nach etwa 25 min hat sich die Rauchfront bis zur Ortsbrust des Vortriebs Mitte ausgebreitet. Die Sichtweiten für reflektierende Zeichen verringern sich dabei in den verrauchten Bereichen auf weniger als 1 m.

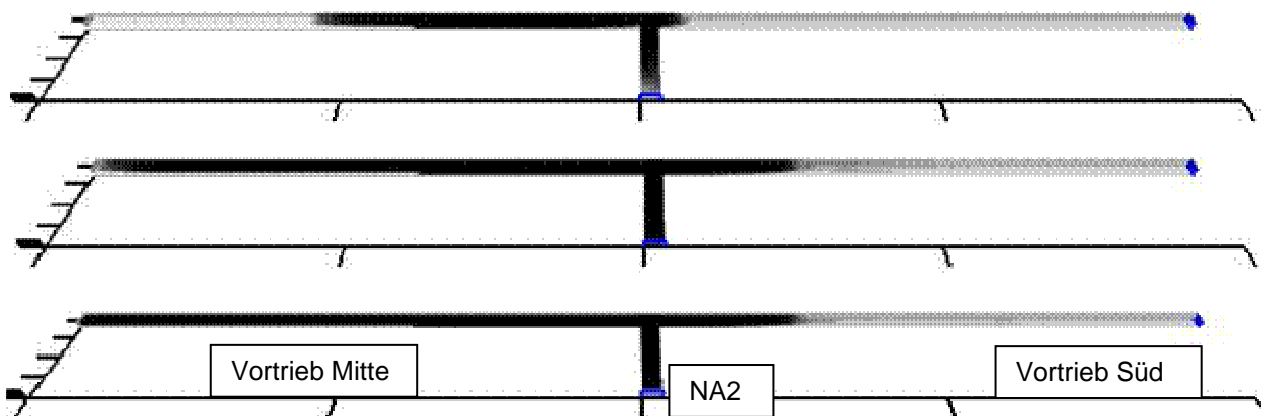


Bild 6: Szenarium 1 – Rauchausbreitung nach 10 min, 25 min bzw. 37 min

Im Bild 7 sind die sich verändernden Sichtverhältnisse im Brandnahbereich dargestellt. Es wird deutlich, dass durch die Wirkung der Wasserschleier die Rauchsichtung im Abschnitt zwischen Brandherd und Wasserschilden aufgebrochen wird. Bereits nach etwa 5 min verschlechtern sich die Sichtverhältnisse so stark, dass eine Orientierung kaum möglich sein dürfte. Die untere Darstellung im Bild 7 verdeutlicht, dass der Rauch nach weniger als 8 min die Wasserschleier durchbricht und sich anfänglich geschichtet in Richtung NA 2 ausbreitet.

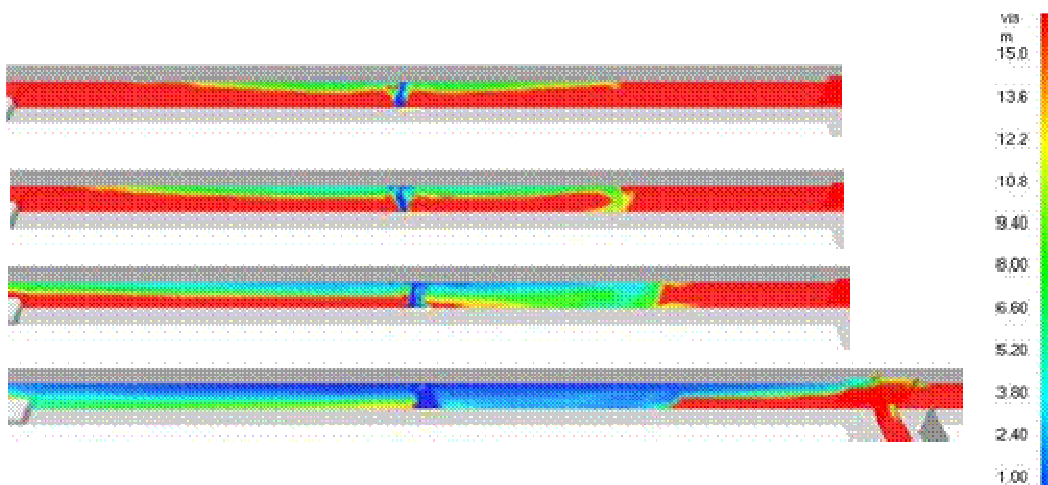


Bild 7: Szenarium 1 – Sichtweiten im Brandnahbereich nach 3,5 min, 4 min, 5,5 min bzw. 8 min bei Auslösung der Wasserschilde nach etwa 3 min

Ergänzende Untersuchungen für das Szenarium 1 ohne Auslösung der Wasserschilde zeigen, dass sich der Brandrauch in Richtung NA 2 zumindest über einen Zeitraum von 8 min geschichtet ausbreitet.

Auch für das Szenarium 2 ergibt sich eine großräumige und intensive Verrauchung des Vortriebs Mitte und des NA 2 (vgl. Bild 8), die ebenfalls durch die Wasserschleier nicht entscheidend gemindert wird. Hier erreicht der Rauch nach etwa 15 min den Fußpunkt des NA 2. Ein Rauchübertritt ist begrenzt auf eine Länge von etwa 50 m in den bewetterten Vortrieb Süd festzustellen. Nach weniger als 5 min hat sich die Rauchfront bis zur Ortsbrust des Vortriebs Mitte ausgebreitet. Die Sichtweiten für reflektierende Zeichen verringern sich dabei in den verrauchten Bereichen auf weniger als 1 m.

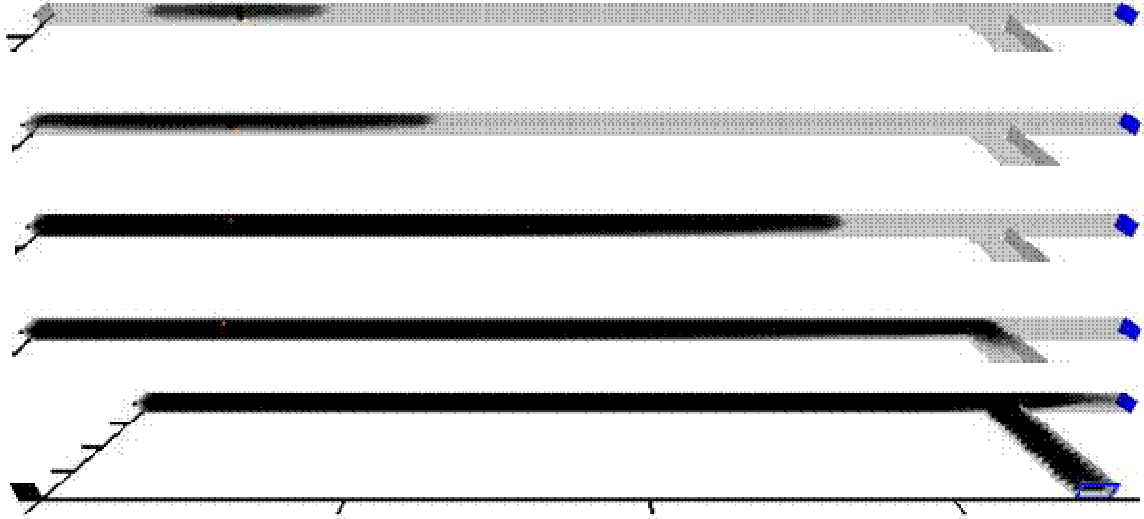


Bild 8: Szenarium 2 – Rauchausbreitung im Vortrieb Mitte und im NA 2 nach 2,5 min, 5 min, 12 min, 15 min bzw. 41 min

Bild 9 soll die Verhältnisse im Tunnelvortrieb Mitte nach etwa 32 min veranschaulichen. Der Brand eines Radladers im Kalottenbereich führt lokal zu höheren Temperaturen, die abhängig von der Lage des Brandherdes zum Flucht- bzw. Rettungscontainer bis auf 300 °C ansteigen können. Der Sauerstoffgehalt sinkt bis auf etwa 16 Vol-% ab.

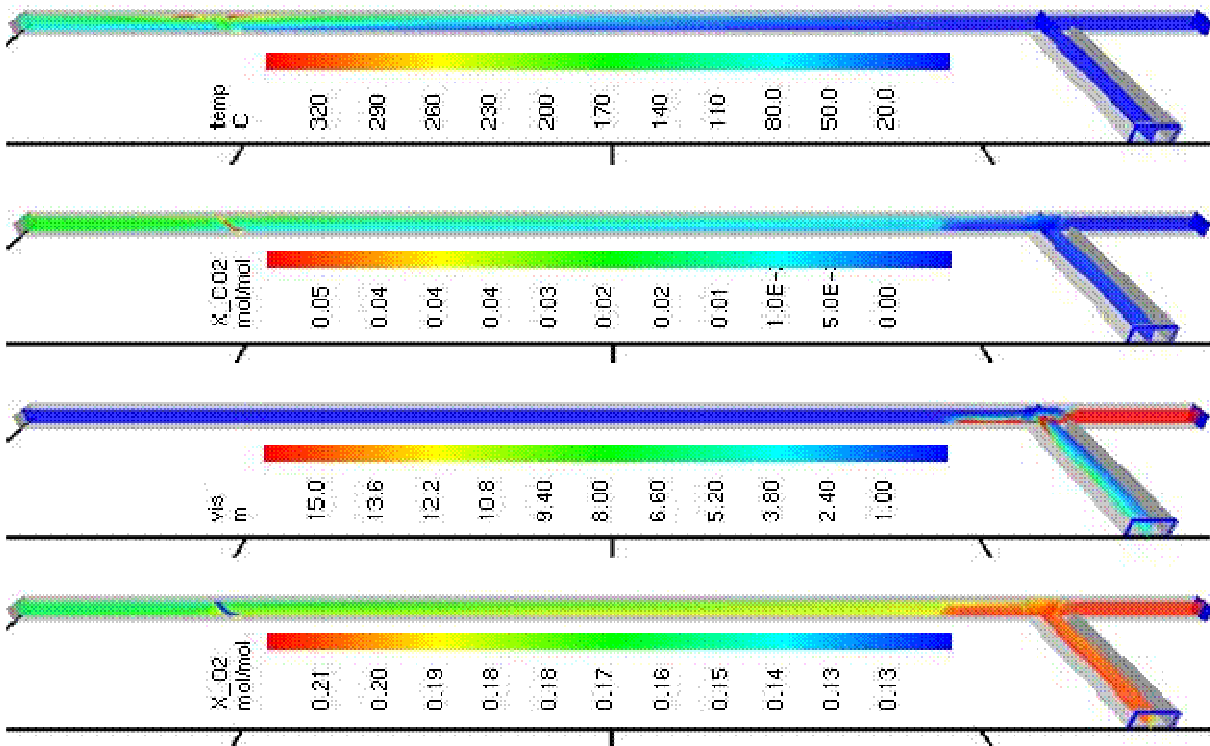


Bild 9: Szenarium 2 – Darstellung der Temperaturen, der CO2-Konzentrationen, der Sichtweiten und der Sauerstoffkonzentrationen nach etwa 32 min

5.3 Bewertung

Die numerischen Brandsimulationen bestätigen die Ergebnisse des durchgeführten Brandversuchs. Die Auswirkungen eines Brandes sind immer abhängig von der Lage des Brandherdes im Tunnelvortrieb. Grundsätzlich können hinsichtlich der Gefährdung der Belegschaft, des Vorhandenseins eines sicheren Bereichs, der Verrauchung des NA 2 und der Rettung eingeschlossener Personen folgende Aussagen abgeleitet werden:

- Bei einem Fahrzeugbrand unter Tage ist mit dem Einschluss von Personen im Ortsbereich eines Vortriebes zu rechnen. Die Verrauchung nimmt ausgehend vom Brandherd rasch zu, so dass ein Verlassen des Ortsbereiches am brennenden Fahrzeug vorbei nur kurzzeitig innerhalb weniger Minuten möglich ist.
- Je nach Lage des Brandherdes können am Rettungscontainer in der Kalotte Temperaturen bis zu 300 °C auftreten, die einen Aufenthalt im Rettungscontainer nicht zulassen. Diese hohen Temperaturen sind dann zu erwarten, wenn der Brandherd im Bereich des Kalottenvortriebs liegt. Bei einem Fahrzeugbrand im vollen Tunnelquerschnitt, also vor dem Strossenvortrieb, wird die Ausbreitung heißer Brandgase in den Bereich der Kalotte durch eine Zerstörung der Rauch- und Temperaturschichtung an der Strosse begrenzt. In der Vollbrandphase sind demzufolge im Bereich des Rettungscontainers Temperaturen bis maximal 80 bis 100 °C zu erwarten, die sich nach Abklingen des Brandes reduzieren. Der Sauerstoffgehalt kann mit 16 bis 17 % schon kritische Werte erreichen, ebenso wie der Kohlendioxidgehalt mit mehr als 2 % (der Kohlenmonoxidgehalt steht in Relation dazu und kann ebenfalls kritische Werte erreichen).
- Bei einem Fahrzeugbrand im Bereich der Kalotte muss die Belegschaft an der Ortsbrust den Brandherd passieren und die Flucht zum NA 2 antreten. Eine kurzfristige Alarmierung ist dabei sicher zu stellen.
- Dagegen müssen bei größerem Abstand des Brandherdes von der Ortsbrust im Bereich des vollen Tunnelquerschnitts die eingeschlossenen Personen rasch angewiesen werden, den Rettungscontainer aufzusuchen und nicht zum NA 2 zu flüchten. Auch dafür ist eine kurzfristige Alarmierung erforderlich.
- Aufgrund der Rauchausbreitung in den benachbarten Vortrieb (Süd) ist ein sicherer Bereich erst ab etwa 100 m Entfernung vom NA 2 zu erwarten. Bei Aufrechterhaltung der Bewetterung im nichtbetroffenen Vortrieb herrschen Bedingungen, die einen Aufenthalt ohne Atemschutz ermöglichen.
- Eine Rettung der eingeschlossenen Personen ist nur mit Hilfe der Feuerwehr möglich. Diese kann nach Anfahrt und Einweisung frühestens 60 Minuten nach der Alarmierung die Baustelle befahren. Zu diesem Zeitpunkt dürfte der NA 2 bereits so stark verraucht sein, dass eine Befahrung nicht möglich ist. Jedoch werden sich die Verhältnisse auch hier mit dem Abklingen des Brandes und dem Rückgang der Rauchentstehung kurzfristig verbessern, wenn die Bewetterung des zweiten Vortriebs weiter fortgesetzt wird. Nach etwa ein bis zwei Luftwechseln im NA 2 (10 bis 20 Minuten) dürfte eine Befahrung des NA 2 wieder möglich sein. Die Feuerwehr kann sich dann im sicheren Bereich des zweiten Vortriebs aufstellen und den Rettungsangriff beginnen.
- Als Voraussetzung für das Einleiten weiterer Rettungsmaßnahmen im betroffenen Tunnelabschnitt sind zusätzliche Maßnahmen zur Rauch- und Wärmeabführung erforderlich.

6. Schlussfolgerungen

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass das vorhandene Sicherheitskonzept in Brandfall keinen ausreichenden Schutz für die Belegschaft der Tunnelvortriebe bietet. Zeitkritisch ist insbesondere die Rettung eingeschlossener Personen im Flucht- bzw. Rettungscontainer. Hierfür wird in Abstimmung mit dem Bauunternehmen ein spezielles Rettungskonzept entwickelt, das nach dem Freispülen des NA 2 die Zufahrt der Feuerwehr in den sicheren Bereich des benachbarten Vortriebs vorsieht. Danach wird mit Hilfe des noch funktionsfähigen Abschnitts der Lutzenleitung der vom Brand betroffene Vortrieb bis zum Brandherd freigespült. Nach Reparatur der zerstörten Lutzenleitung im Brandabschnitt wird das Freispülen des Vortriebs bis zur Ortsbrust bzw. bis zum Rettungscontainer fortgesetzt. Erst danach sind ein Vorrücken der Feuerwehr bis zum Rettungscontainer und die Rettung der eingeschlossenen Personen vorgesehen. Je nach Vortriebslänge und der Lage des Brandherdes ist bis zur maximalen Vortriebslänge von 2.000 m dafür ein Zeitraum von 5...6 h vorgesehen.

Zur Erhöhung der Sicherheit wird das bestehende Sicherheitskonzept durch folgende Maßnahmen ergänzt:

- Zusätzlich erfolgt die Ausstattung der dieselgetriebenen Arbeits- und Transportmaschinen mit bordfesten manuell auslösbaren Löschanlagen.
- Die einzelnen Vortriebsphasen werden gemäß des DAUB-Leitfadens [2] den entsprechenden Gefährdungskategorien zugeordnet. Bis zu einer Vortriebslänge der beiden Tunnelvortriebe von je 1.000 m ergibt sich die Gefährdungskategorie B (Fluchtweglängen von 500 bis 1.000 m). Ab einer Vortriebslänge von 1.000 m ergibt sich die Gefährdungskategorie C mit Fluchtweglängen von mehr als 1.000 m.
- Je ein Schutz- bzw. Rettungscontainer für bis zu 12 Personen wird für die Vortriebe Süd und Mitte auf der Strosse mitgeführt mit dem Ziel, den Vorlauf der Kalotte auf maximal 200 m zu begrenzen. Jeder

Container ist ausgestattet mit Atemluftversorgung, Beleuchtung, Notbeleuchtung, Kommunikation zum Portal und Überdruckhaltung. Der mit Atemluft erzeugte Überdruck im Container ermöglicht für bis zu 12 Personen 4 bzw. 8 Stunden sicheren Aufenthalt (bei Annahme von Atemluftfrate von 40 l/min). Zur Vermeidung von Hitzeabstrahlung im Brandfall sind Geräte (hohe Brandlast) nur mit ausreichend Abstand zum Schutz- bzw. Rettungscontainer abzustellen.

- Für eine zügige Alarmierung der im Tunnel befindlichen Personen erfolgt die Installation einer optischen und akustischen Warneinrichtung im gesamten Tunnel.

Auf diese Weise konnten die Vortriebsarbeiten im Baulos Bleißberg Süd erfolgreich durchgeführt und abgeschlossen werden.

Die in diesem Beitrag dargestellten Untersuchungen mit der Durchführung eines Brandversuchs auf der Tunnelbaustelle und der numerischen Brandsimulation verschiedener Szenarien sind sicher nicht als „Standard“-Leistungen für die Erstellung des Sicherheitskonzeptes einer Tunnelbaustelle zu sehen. Sie zeigen jedoch, dass es erforderlich ist, ein geplantes Konzept auf Schwachstellen zu untersuchen und zeitliche Abläufe im Prozess der Selbstrettung kritisch zu hinterleuchten.

Zur Vermeidung von Nachträgen sollten die sich aus dem DAUB-Leitfaden ergebenden Anforderungen an das Sicherheitskonzept einer Tunnelbaustelle insbesondere hinsichtlich der Selbstrettung und der Vermeidung von Brandereignissen in den Ausschreibungsunterlagen des Bauherrn deutlich festgelegt werden. Auf der anderen Seite sollte das Bauunternehmen das zu erstellende Sicherheitskonzept bereits in der Angebotsphase einer gesamtheitlichen Betrachtung unterziehen.

Literatur:

1. Neubaustrecke Ebensfeld-Erfurt. Deutsche Bahn, 2006
2. Leitfaden für Planung und Umsetzung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzeptes auf Untertagebaustellen. DAUB, 09.02.2007
3. Flucht- und Rettungskonzept für die Bauarbeiten des Tunnels Bleißberg Süd. ARGE Tunnel Blesberg Süd vom 26.07.2007
4. Untersuchungsvorhaben: Brände an einem Gleislosfahrzeug und deren Auswirkungen in einem sonderbewetterten söhligrn Grubenbau. Versuchsgrube Tremonia, 1988