

Verbesserte Tunnelsicherheit durch ein resilientes Tunnelkonzept: Ereignisbewältigung, Abhängigkeiten, Redundanzen, Ausfallwahrscheinlichkeiten, Kompensationsmöglichkeiten, Unterhaltskonzept

Die europäische Tunnelsicherheitsrichtlinie erreichte eine bessere Organisation durch vier voneinander unabhängige Organe (Verwaltungsbehörde, Tunnelmanager, Sicherheitsbeauftragter, Untersuchungsstelle) sowie eine bessere Vorbereitung auf Ereignisse im Tunnel durch präventives Ereignismanagement, bestehend aus den Phasen Organisieren, Ausbilden, Üben, Nachbearbeiten und Anpassen der organisatorischen Vorgaben. Gleichwohl kann noch nicht sichergestellt werden, dass jedes Ereignis in einem Tunnel optimal und ohne Verzögerung bewältigt wird. Langjährige Erfahrungen, Beobachtungen und umfangreiche Recherchen zu Sicherheit, Organisation, Management und Resilienzforschung legen den Schluss nahe, dass durch proaktives Ereignismanagement (PEM) ein weiterer Fortschritt möglich ist. PEM besteht aus ausgeprägter gefestigter Sicherheitskultur, resilienter Organisation und resilientem technischen Tunnelkonzept. Ein optimiertes Ereignismanagement kann erreicht werden durch das Zusammenwirken des durch die RABT abgedeckten präventiven Ereignismanagements und des neuen Konzepts des PEM.

1 Einleitung

Als die EU-Kommission Ende 2001 europaweit Fachleute nach Brüssel einlud, um an den Vorbereitungen für die zukünftige Tunnelsicherheitsrichtlinie mitzuwirken, war allen Beteiligten klar, dass es dringend geboten ist, sich organisatorisch besser aufzustellen, insbesondere in Bezug auf die Vorbereitung der Einsatzdienste. Im Mittelpunkt stand damals das präventive Ereignismanagement (Bild 1), bestehend aus Organisieren (Dienstweisungen, Alarm- und Gefahrenabwehrplan), Ausbilden, Üben (zusammen mit den Ereignisdiensten), Nachbearbeiten (Übungen und reale Ereignisse) sowie Anpassen (der organisatorischen Vorgaben).

Jahrelang herrschte die Überzeugung, dass dies früher oder später zum definitiven Erfolg führen würde, sprich, dass man jedes Ereignis optimal bewältigen könne und man so ein perfektes Ereignismanagement erreichen würde. Sechzehn Jahre später, nach zahlreichen Großübungen sowie realen Ereignissen in Tunneln, muss diese Sichtweise hinterfragt werden.

Es liegt nun einmal in der Natur von Ereignissen in Tunneln, dass sie nie nach dem „Drehbuch“ eines Alarm- und Gefahren-

Improved Tunnel Safety through a Resilient Tunnel Concept: Overcoming Incidents, Dependences, Redundancies, Breakdown Probability, Compensation Possibilities, Maintenance Concept

The European tunnel safety directive achieves improved organisation through four independent organs (administrative authority, tunnel manager, safety representative, investigative body) as well as better preparation for incidents in the tunnel through preventive incident management, consisting of the phases organisation, training, practice, reworking and adaptation of the organisational requirements. Nonetheless, it is impossible to ensure that every incident in a tunnel is overcome optimally and without delay. Many years of experience, observations and extensive research into safety, organisation, management and resilience research suggest that further progress is possible through proactive incident management (PEM). PEM consists of a distinctly established safety culture, resilient organisation and resilient technical tunnel concept. Optimised incident management can be achieved through the collaboration of the preventive incident management covered by the RABT and the new concept of the PEM.

abwehrplans ablaufen. Die Erfahrung lehrt, dass ein schwer zu bewältigender Zwischenfall durch Zusammenwirken mehrerer unvorhersehbarer Begebenheiten entsteht. Jede für sich allein betrachtet, ist unkritisch – in Kombination mit anderen aber mit katastrophalen Auswirkungen.

Man muss auch feststellen, dass die menschliche Dimension der Ereignisbewältigung bisher zu sehr vernachlässigt wurde. Die Mitglieder der Ereignisdienste kennen in der Regel den Tunnel nicht gut genug, sind mit den Einsatzkonzepten oft auch nicht ausreichend vertraut und verhalten sich so allzu oft suboptimal, sprich, sie zögern zu lange, haben Verantwortungsscheue und/oder einen Mangel an Selbstwirksamkeit bzw. Situationsakzeptanz und Flexibilität.



Bild 1 Stufen und Arbeitsschritte des präventiven Ereignismanagements

Zuletzt war mehrmals zu beobachten, dass sich Begebenheiten in Tunneln in verschiedenen Fällen unerwartet darstellen, da die gegenseitigen Abhängigkeiten verschiedenster, unabhängig voneinander erstellter, technischer Komponenten im Endeffekt nicht vollends bekannt waren.

Ausgehend von den vorgenannten Beobachtungen wird ein neuer Ansatz gewählt, der als proaktives Ereignismanagement (PEM) bezeichnet wird. Dabei ist das optimierte Ereignis-

management nur durch das Zusammenwirken des durch die Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) abgedeckten präventiven Ereignismanagements und des neuen Konzepts des PEM zu erreichen. PEM steht für folgende Teilaspekte:

- Ausgeprägte gefestigte Sicherheitskultur,
- Resiliente Organisation,
- Resilientes (technisches) Tunnelkonzept.

Erläuterungen zur ausgeprägten gefestigten Sicherheitskultur werden an dieser Stelle nicht gegeben, da sie nicht Bestandteil der STUVA-Tagung sind. Die anderen beiden Teilaspekte werden im Folgenden näher vertieft.

2 Resiliente Organisation

Die Unvorhersehbarkeit, Vielfalt und Komplexität kritischer Situationen in Tunneln sowie der alles entscheidende Einfluss des zeitlichen Ablaufs als Konsequenz erfordert, dass die Ereignisdienste resilient organisiert sind.

Eine Organisation ist nur dann resilient, wenn sie eine systemische Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen und Veränderungen ihres Umfelds aufweist. Eine solche Organisation zeichnet sich durch einen hohen Grad der Selbstregulierung aus und bleibt selbst bei ungünstigen Umständen handlungsfähig, d. h., sie behält die Fähigkeit, ihrem Zweck entsprechend zu agieren. Dies wird sicher auch ermöglicht durch vorbereitende Planung und Ausbildung, vor allem aber durch Rückgriff auf persönliche und soziale Kompetenzen der Mitarbeiter auf allen hierarchischen Ebenen.

Ein resilientes System kann mit Veränderungen seines Umfelds umgehen und sich den Gegebenheiten anpassen. Es hat sozusagen eine hohe Toleranz gegenüber Störungen. Die Resilienz einer Organisation (Bild 2) basiert auf den Konzepten Robustheit, Agilität und Intersubjektivität.



Bild 2 Resilienz einer Organisation

Robustheit ist die proaktive Form der Resilienz. Eine robuste Organisation verfügt über die notwendigen Ressourcen (materielle, humane, wissensbasierte und technische) und Konzepte (Organisationsstruktur, Pläne, Betriebskultur), um zeitnah reagieren zu können. Vorausschauende Planung und kompetente, anpassungsfähige Mitarbeiter machen es möglich, den Organisationszielen gerecht zu werden, wenn Störungen und Probleme auftreten. Um in schwierigen Situationen handlungsfähig zu bleiben und situationsadäquat zu reagieren, ist schließlich eine allgemein positive Situationsbewertung innerhalb einer Organisation unabdingbar. Jeder einzelne Mitarbeiter innerhalb einer Organisation muss davon überzeugt sein, dass die Ressourcen, fachlichen Kompetenzen und praktischen Erfahrungen, die in der Vergangenheit bei vergleichbaren Krisen gewonnen werden konnten, ausreichen, um mit jeder Situation umgehen zu können. Mit einem Wort, es besteht ein Korpsgeist und ein Wir-schaffen-das-Gefühl.

Agilität ist die reaktive Form der Resilienz, oft auch als Vitalität bezeichnet. Katastrophenbewältigung verlangt nach Maßnahmen, welche die Situation schnellstmöglich stabilisieren können. Die Mitglieder der Ereignisdienste brauchen Raum für kreative Lösungsansätze und Out-of-the-box-Denken. Innovative Improvisation ist ein sicherlich für viele erstaunliches, dennoch notwendiges Gegengewicht zu dem sehr strukturierten Alarm- und Gefahrenabwehrplan.

Agile Organisationen arbeiten iterativ und inkrementell und erzielen ständigen Fortschritt durch „kleine Schritte“, die sich kurzfristig situationsbedingt ergeben und nicht notwendigerweise in einem Handbuch stehen. Zentral für die erwünschte innovative Improvisation sind Entscheidungs- und Handlungsspielräume, die auf einer offenen Betriebskultur fußen, wo kreative Lösungen mit positiver Ermutigung gefördert werden und Fehlertoleranz Programm ist.

Wenn große Probleme zu bewältigen sind, müssen die Mitarbeiter kurzfristige Ergebnisse und schrittweise Verbesserungen anstreben. Dies zu erreichen, erfordert Situationsakzeptanz, schnelle Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen, frühzeitiges Erkennen von auftretenden Problemen und im Bedarfsfall zeitnahes Gegensteuern.

Ein weiteres zentrales Merkmal resilienter Organisationen liegt in der harmonischen Interaktion der Mitarbeiter untereinander. Diese beruht auf dem Konzept der Intersubjektivität. Das bedeutet, dass in der Organisation, auf allen hierarchischen Ebenen und in jedem Team Einigkeit darüber besteht, wie man eine Situation (z. B. einen Tunnelbrand) einschätzt, einordnet, wahrnimmt und bewältigt.

Das Erschaffen einer resilienten Organisation ist zu allererst eine Aufgabe des strategischen Managements, da es einen klaren Top-down-Ansatz erfordert. Vertrauen in die eigenen Mitarbeiter und Menschenführung sind Dreh- und Angelpunkt einer erfolgreichen Umsetzung im Unternehmen, da die Grundvoraussetzung für eine agile Organisation die teilweise Verlagerung von Verantwortung, weg vom Management, hin zum Arbeitsteam ist. Durch Dezentralisierung der Verantwortung erlangen agile Organisationen erst die erforderliche Stabilität und Handlungsfähigkeit.

Eine resiliente Organisation des Tunnelbetriebs zu erschaffen, erfordert ein ganzheitliches Konzept, mit dem Ziel der Minimierung der Auswirkungen unterschiedlichster Störungen des normalen Ablaufs der Ereignisbewältigung.

Erheblicher Einsatz der Führungskräfte und eine kohärente Vorgehensweise zur gezielten Personalentwicklung sind erforder-

lich zum „Heben“ nicht wissensbasierter Humanressourcen. Transaktionale Führung, Fehlertoleranz und Vertrauen schaffen zwischen den Mitarbeitern und der Führungsebene sind hier Kernelemente der Managementkompetenz. Das Ziel sind Mitarbeiter, die über eine hohe Selbstwirksamkeit verfügen und darum entscheidungsfähig sind, Herausforderungen annehmen und Verantwortung übernehmen.

Im Idealfall wird wir so eine Rollenflexibilität erreicht, ein Konzept, das gegen zu eng gefasste organisationale Strukturen spricht. Karl Weick, Professor für Organisationsverhalten und -psychologie an der University of Michigan, spricht in diesem Zusammenhang auch von „virtual role systems“ und nimmt damit Bezug auf die Rollentheorie (Sozialverhalten und Rollenerwartung). Er macht deutlich, dass es notwendig ist, dass jedes Mitglied einer Einsatzgruppe zumindest mental in der Lage ist, jede Rolle in der Gruppe einzunehmen. Nur so kann gewährleistet werden, dass in der Organisation kein Vakuum entsteht, wenn akuter Handlungsbedarf besteht. Diese Selbstregulation ist nicht zuletzt auch im Katastrophenfall entscheidend für die Selbstfürsorge jedes Mitglieds eines Einsatzteams. Gelingt es, Rollenflexibilität innerhalb der Belegschaft zu entwickeln, ist das Ziel der resilienten Organisation nicht mehr fern.

Abschließend muss aber noch erwähnt werden, dass die Mitarbeiter der Ereignisdienste zur emotionsfreien Situationsbewertung und -akzeptanz befähigt sein müssen, um Katastrophen effektiv bewältigen zu können. Eine gute Ausbildung, praktische Erfahrung, Korpsgeist und Kameradschaft im Team sind Meilensteine auf dem Weg zu diesem Ziel.

Zusammenfassend kann man sagen, dass resiliente Organisationen nichts Anderes als mit Korpsgeist besetzte Gruppen resilienter Individuen sind. Die Führungs-, Organisations- und Sicherheitskultur in einem Unternehmen entscheidet darüber, ob organisationale Resilienz erreicht werden kann.

3 Resilientes (technisches) Tunnelkonzept

Katastrophen entstehen oft erst aus einer Verkettung ungünstiger, für sich alleine betrachtet eher unwesentlicher Umstände. Oft ist ein entscheidender Aspekt der vorliegenden Gemengelage technischer Natur, basiert also auf einer oder mehreren technischen Fehlfunktionen.

Allgemein kann man sagen, dass Sicherheitskonzepte moderner Tunnel ein hohes Maß an Sicherheit garantieren und so menschliche Tragödien im Prinzip vermeidbar sein sollten. Gerade aus diesem Grund stellt man aber immer wieder fest, dass ein Ereignis, das an sich durchaus zu bewältigen ist, erst zur Katastrophe mutiert, wenn Sicherheitstechnik versagt. Es darf nicht vergessen werden, dass jedes Sicherheitskonzept immer von funktionierenden technischen Anlagen ausgeht; man sagt, der Tunnel befindet sich im Nominalzustand. Es steht außer Zweifel, dass der Ausfall eines sicherheitsrelevanten Systems schwerwiegende Konsequenzen bei der Ereignisbewältigung und damit für die Sicherheit der Tunnelnutzer und Ereignisdienste haben kann.

Sicherheit basiert auf einer Kette unterschiedlichster Teilaspekte (organisationaler, aber auch technischer Natur), und es kommt darauf an, im Vorhinein die schwächsten Glieder dieser Kette zu identifizieren. Ziel muss es sein, potenzielle Risiken von vornherein auszuschalten. Schwerwiegende Ereignisse wie Tun-



Bild 3 Analyse der technischen Resilienz

nelbrände werden oft erst zur Katastrophe, wenn organisatorische oder technische Probleme in Kombination auftauchen. Was die technische Seite dieser Fragestellung angeht, muss man sich zunächst darüber klar werden, dass alle Tunnel „Einzelkunstwerke“ sind, die ihre Funktionsfähigkeit auf eine Vielzahl verschiedenster Komponenten, unterschiedlichster Hersteller, zurückführen. Diese Komponenten sind von unterschiedlichen Integratoren installiert worden und hard- wie softwaremäßig auf eine, nur für diesen Tunnel einzigartige Weise, miteinander verbunden worden.

Deshalb muss bei jedem Tunnel die Frage gestellt werden, wie groß der Widerstand des „Gesamtsystems Tunnel“ gegenüber dem Verlust vitaler Sicherheitsfunktionen ist.

In diesem Fall spricht man von einer Resilienzanalyse. Diese Betrachtungsweise kann sich aber nicht nur auf den Tunnel beschränken. Die Energieversorgung, die Tunnelüberwachungszentrale sowie das zum Tunnel führende Datennetzwerk sind auch zu berücksichtigen.

Einer Resilienzanalyse der Tunneltechnik behandelt unterschiedlichste Teilaspekte der Tunnelinfrastruktur unter Berücksichtigung folgender Fragestellungen:

- Gegenseitige Abhängigkeiten,
- Redundanzen (autonom oder manuell, symmetrisch oder asymmetrisch, sofort oder zeitverzögert),
- Ausfallwahrscheinlichkeit und Störanfälligkeit,
- Empfindlichkeit gegenüber falschen Messwerten,

- Kompensationsmöglichkeiten für vitale Funktionen,
- Verfügbarkeit unter Berücksichtigung des Unterhaltskonzepts (präventiv, kurativ, Ersatzteilverfügbarkeit).

Der eigentlichen Analyse vorausgehend stellt sich aber immer die Frage der Identifikation aller vitalen Sicherheitsfunktionalitäten sowie deren zugrundeliegenden maßgebenden Komponenten.

Die Analyse der technischen Resilienz (Bild 3) erfordert einen tiefen Einblick in die Konzeption des oder der Ingenieurbüros, die für das Tunnelprojekt verantwortlich sind/waren. Das Aufdecken eventueller Schwachstellen sowie verborgener Mängel ist das Ziel der Analyse, die in der Regel die allererste unabhängige Überprüfung des technischen Konzepts eines Tunnels darstellt. Erwähnt werden sollte aber auch noch, dass das beste Konzept nicht verhindern kann, dass die verwendeten technischen Bauteile, die gewöhnlich erst im Zuge öffentlicher Ausschreibungen definiert werden, unter Umständen in Kombination Schwachstellen aufweisen können, die so im Voraus, während der Konzeptionsphase, nicht vorhersehbar waren.

Die Resilienzanalyse des technischen Tunnelkonzepts ist bisher sicher noch ein Exot, aber ähnliche Vorgehensweisen sind bei sicherheitsrelevanten technischen Anlagen (z. B. bei Kernkraftwerken) durchaus Stand der Technik.