Schweizerische Vereinigung unabhängiger Sicherheitsingenieure und -berater

SSI MAGAZIN

SSI-Jahresmagazin 2023

www.ssi-schweiz.ch

Herausgeber:

SSI, Schweizerische Vereinigung unabhängiger Sicherheitsingenieure und -berater

Geschäftsstelle
Tittwiesenstrasse 61
7000 Chur

Telefon +41 43 819 16 40
www.ssi-schweiz.ch
info@ssi-schweiz.ch

EDITORIAL

Gemeinsam über den Tellerrand hinausdenken

Unsere Welt wird immer vielschichtiger. Das erleben wir als Sicherheitsfachleute tagtäglich. Eine Vielzahl von Anspruchsgruppen, unterschiedliche Interessen und Zielkonflikte stehen heute auf der Tagesordnung von Projekten. Die Gesetzgebung bietet angesichts der rasant zunehmenden Komplexität Orientierung, vermag aber die Herausforderungen häufig nicht zu lösen. Dies ist kein Grund, den Kopf in den Sand zu stecken. Im Gegenteil: Neue Technologien ermöglichen es uns, über die Grenzen von Regelwerken hinauszudenken. Dank Simulationssoftwares ist es heute beispielsweise möglich, für so komplexe Infrastrukturen wie den neuen unterirdischen RBS-Bahnhof in Bern den Nachweis zu erbringen, dass trotz Lösungen abseits des Standards die geltenden Anforderungen an den Brandschutz eingehalten werden können (siehe Seite 4).

Manchmal liegt die Innovation auch im Alltäglichen. Dies zeigt das Beispiel eines Herkules-Teleskopstaplers: In enger Zusammenarbeit mit Nutzern, Herstellern und Sicherheitsingenieuren ist eine Hubarbeitsbühne entstanden, mit der das Übersteigen von Personen auf Dächer sicher und gesetzeskonform erfolgen kann (mehr dazu ab Seite 11). Dank der Innovation kann für Dacharbeiten je nach Einsatzzweck zwischen Gerüst, Hubarbeitsbühne oder Leiter ausgewählt werden.

Nur wenige Herausforderungen lassen sich heute von einer Fachperson lösen. Innovationen und neuartige Lösungen entstehen meist im Zusammenspiel verschiedener Denkansätze. Der SSI, führender Ingenieurverband der Sicherheitsbranche, will mit seiner firmen- und disziplinübergreifenden Zusammenarbeit diesbezüglich Vorbild sein.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen. Vielleicht kommen Sie bei der Lektüre auf die eine oder andere neue Idee. Das würde uns freuen.

Peter Jost
SSI-Vizepräsident

Im Rahmen des Nachweisverfahrens im Brandschutz für den neuen Bahnhof RBS in Bern wurde eine bereits für die Prüfung der Dimensionierung aufgebaute Simulation der Personenflüsse entsprechend ertüchtigt.

INHALT

04 **Nachweisverfahren**
Entrauchungs- und Entfluchtungsnachweise für den Bahnhof RBS in Bern zeigen, dass die Sicherheit im Ereignisfall gewährleistet ist.

08 **Infrastrukturen**
Sicherheitsrelevante Weiterentwicklung zur Kapazitätsausdehnung der Gotthard-Basislinie

11 **Maschinensicherheit**
Der Ausstieg aus einer Hebebühne in erhöhter Position ist verboten! Jetzt gibt es Ausnahmen.

14 **Sicherheitsprojekte**
Die Sicherheit wird von den SSI-Mitgliedfirmen aus einem 360°-Blickwinkel betrachtet und abgedeckt.

Titelbild: © iStock, gremlin

Evakuierungssimulationen als Teil des Nachweis-verfahrens im Brandschutz

Unterhalb des Bahnhofs Bern der SBB wird seit 2017 der neue unterirdische Bahnhof des Regionalverkehrs Bern-Solothurn (RBS) gebaut. Im Zentrum des anspruchsvollen Projekts steht die Integration der neuen Anlage in den bestehenden Hauptbahnhof. Entsprechend hohe Anforderungen werden an die Sicherheit gestellt. Nachweise durch die Simulation von Entrauchung und Entfluchtung zeigen, dass die Sicherheit im Ereignisfall gewährleistet ist.

Guido Rindsfüser und Mathias Kost

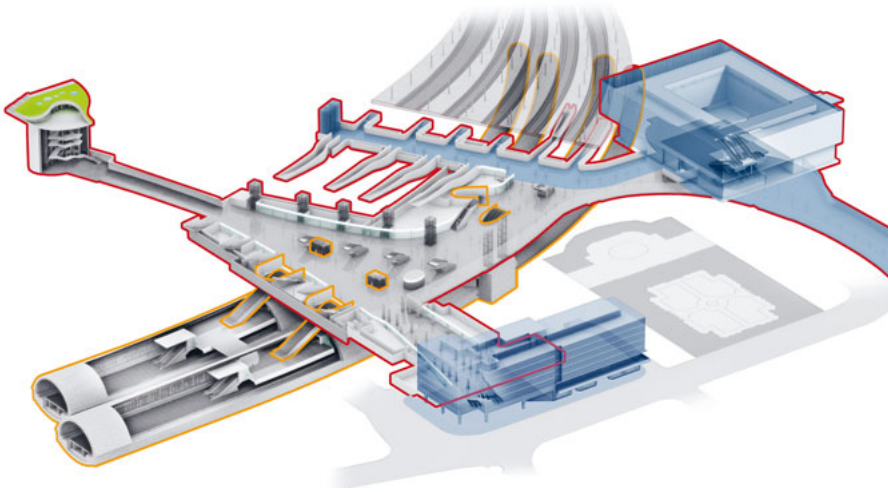
Der Bahnhof Bern ist nach Zürich der zweitgrösste Bahnhof der Schweiz und wichtige Drehscheibe im nationalen und internationalen Bahnverkehr. Zudem finden sich hier, im Knoten Bern konzentriert, die wichtigen Verknüpfungen zu den kantonalen und städtischen Feinverteilern im ÖV, zum Fuss- und Veloverkehr sowie eine Fülle kommerzieller Nutzungen und Dienstleistungsangebote.
Mit dem Jahrhundertprojekt «Zukunft Bahnhof Bern» wird der Knoten Bern momentan so ausgebaut, dass er die zukünftigen Anforderungen aufgrund der prognostizierten Entwicklungen erfüllen kann. Heute stösst er betrieblich und räumlich an seine funktionalen und sicherheitsrelevanten Grenzen. Davon sind nicht nur Bahn- und Publikumsanlagen im Bahnhof betroffen, es werden neben weiteren Massnahmen an vorgelagerten bahnseitigen Anlagen auch Massnahmen im städtischen Raum erforderlich. Eine Übersicht über die im Umfeld des Bahnhofs erforderlichen Massnahmen zeigt die folgende Abbildung.

Massnahmen «Zukunft Bahnhof Bern» rund um den Bahnhof.

Die Massnahmen auf dem Bahnhofsgelände beinhalten den Neubau Bahnhof Bern RBS (orangefarbener Perimeter in nebenstehender Abbildung) und den Neu-/Umbau der Publikumsanlagen Bahnhof Bern SBB (roter Perimeter Abbildung rechts).

Neuer Bahnhof RBS

Unter den heutigen Gleis-, Perron- und Publikumsanlagen der SBB wird der neue Bahnhof RBS als Kopfbahnhof gebaut. Zwei miteinander, durch sogenannte Verteilebenen, verbundene Kavernen beinhalten je einen Mittelperron mit entsprechenden Gleisanlagen und Zugängen. Von den Perrons erreichen die Fahrgäste über jeweils zwei Aufgänge die zwei geplanten Verteilebenen. Von dort aus verbinden je zwei Rolltreppenanlagen und je ein Lift diese Verteilebenen mit den neuen Publikumsanlagen der SBB.



Projekte «Neuer Bahnhof RBS» (orangefarbener Perimeter) und Publikumsanlagen SBB (roter Perimeter).

Visualisierung «Neuer Bahnhof RBS». © Theo Hotz

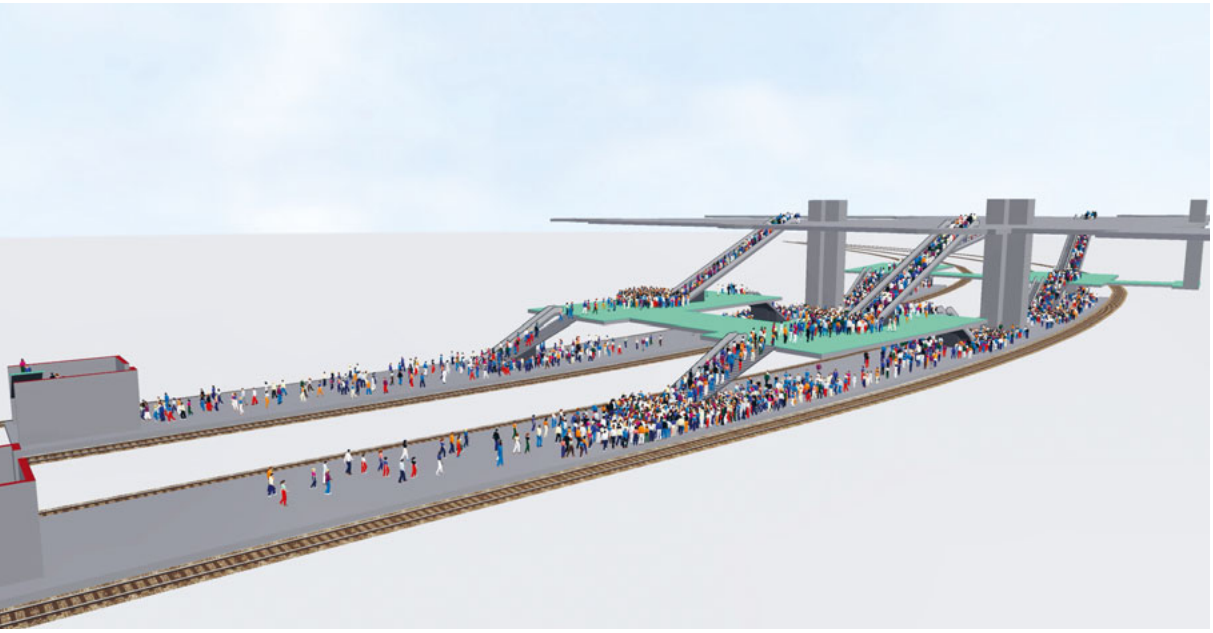
Das bereits in Umsetzung befindliche Projekt basiert neben der Erfüllung und Abstimmung einer Vielzahl technischer, betrieblicher, räumlicher, baulicher und weiterer Anforderungen und der Berücksichtigung mindestens ebenso vieler Rahmenbedingungen massgeblich auf den Anforderungen der zukünftigen Kunden, der Fahrgäste und deren Sicherheit. Kurze Wege zwischen den Verkehrsträgern und den städtischen Nutzungen sowie Mindestansprüche an Komfort und Qualität der Nutzung waren ebenfalls wichtige Kriterien für die Erarbeitung der Dimensionen und Geometrien der Infrastrukturen.

Simulationen als Werkzeuge der Planung und Teil der Nachweisverfahren im Brandschutz

Die Erbringung der erforderlichen Nachweise im Brandschutz eines solchen komplexen Projektes erforderte eine kombinierte Prüfung möglicher entstehender Verrauchungssituationen und Evakuierungsabläufe. Die Einflüsse der Verrauchung wurden teils als Grundlage für die aufzubauenden Simulationen der Personenströme während der Evakuierung verwendet, indem beispielsweise Zugänge als nicht benutzbar definiert wurden. Aus der Evakuierungssimulation der unterschiedlichen Szenarien wurden Erfordernisse erkennbar, auf deren Basis Massnahmen im Brandschutz oder Betrieb konzipiert wurden, die dann wiederum erneute Entrauchungssimulationen erforderten. Letztendlich konnten durch diesen gemeinsamen und teils iterativen Prozess die Nachweise erbracht und entsprechende Massnahmen geplant werden.

Die Simulation individuellen Verhaltens, etwa bei der Simulation von Personenflüssen, hat in den letzten beiden Jahrzehnten enorme Fortschritte gemacht. Die Bewegungen von Fussgängern wurden in unterschiedlichsten Situationen vertieft analysiert und darauf aufbauend spezifische Modelle zur Abbildung dieses Verhaltens erarbeitet. In aktuellen Simulationswerkzeugen sind solche Modelle implementiert, und es lassen sich heutzutage mikroskopische Simulationen (agentenbasierte Modellierung) mit sehr grossen Mengen an Fussgängern in komplexen räumlichen Situationen durchführen. Ergänzend wurden Tests für Simulationswerkzeuge, Methoden und Kennwerte, teils Grenzwerte für Evakuierungssimulationen und auch Richtlinien betreffend der Dimensionierung von Anlagen etabliert (z.B. RIMEA Version 3, 2016 / VÖV Planungshilfe Publikumsanlagen 2020).

Vor allem die mittlerweile relativ «leicht» bedienbaren Softwareanwendungen haben dazu geführt, dass Planer diese Instrumente bereits in einer Vielzahl unterschiedlichster Projekte eingesetzt haben und Erfahrungen mit den Instrumenten betreffend Plausibilisierung, Validierung, Kalibrierung und Interpretation der Ergebnisse sammeln konnten. Die weitergehende Generalisierung der Instrumente in Bezug auf die Einsatzbereiche wie auch die Spezifizierungen der Verhaltensabbildungen und vor allem die Weiterentwicklung der Anwenderfreundlichkeit der Softwarepakete täuschen dabei mittlerweile über die Komplexität des fachlichen Aspekts hinweg.



Screenshot Evakuierungssimulation «Neuer Bahnhof RBS».

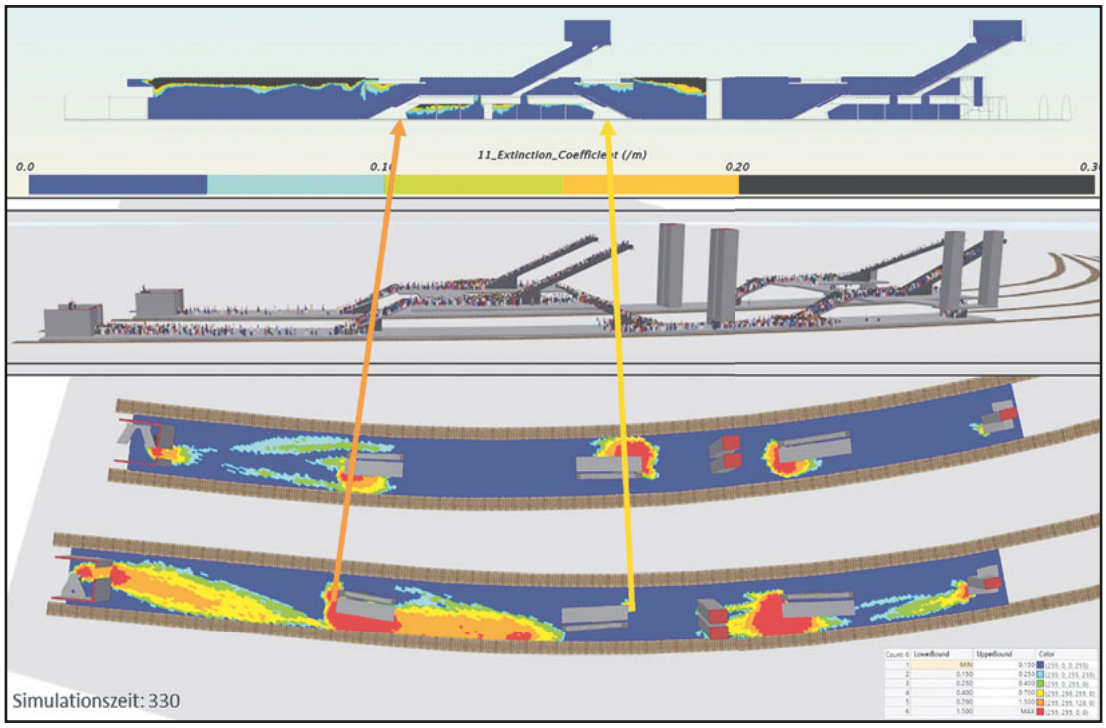
Nachweisverfahren im Brandschutz
Im Rahmen des Nachweisverfahrens im Brandschutz für den neuen Bahnhof RBS wurde eine bereits für die Prüfung der Dimensionierung aufgebaute Simulation der Personenflüsse entsprechend ertüchtigt. Ziel war es, Auswirkungen unterschiedlicher Brandszenarien (Standorte von Brandherden) auf die Personenflüsse zu analysieren und nachzuweisen, dass eine sichere Evakuierung möglich ist. Wesentlich bei dem gewählten Vorgehen war eine zum jeweiligen Szenario parallel durchgeführte Entrauchungssimulation und die anschliessende Überlagerung der Simulationsergebnisse. So sollte gezeigt werden, ob Personen, welche sich in der Evakuierung befinden, allenfalls durch auftretende Verrauchung beeinträchtigt werden.

Das Vorgehen für die Evakuierungssimulation wurde eng an die Richtlinien angelehnt, aber weiter spezifiziert - dies in sehr enger Begleitung und Abstimmung mit der Gebäudeversicherung Bern (GVB) sowie dem für das QSS4-Projekt eingesetzten Kontrollorgan Brandschutz. Die wichtigsten und für die Ergebnisse massgeblichsten Arbeiten sind neben dem gewissenhaften Aufbau der Geometrien (Abbildung der Situation) und der sinnvollen und angepassten Zuweisung sowie Parametrisierung der Verhaltensmodelle (Abbildung der Fussgänger und ggfs. anderer Anlagen) vor allem die Definition der Start- und Rahmenbedingungen.

Baustelle Laupenstrasse – Kavernenausbruch, Februar 2022. Foto: Sam Bosshard

Was Evakuierungssimulationen leisten können
Der Vorteil mikroskopischer Evakuierungssimulationen ist natürlich in erster Linie der Gewinn des visuellen Eindrucks der Abläufe im räumlichen und zeitlichen Kontext. Darüber hinaus bieten Simulationen aber auch vielfältige Auswertungsmöglichkeiten der aus dem Verhalten abgelesenen (ausgewerteten) Kenngrössen. Dazu gehören die Evakuierungsdauer, die Reisezeitverluste, die Wartezeiten, die Geschwindigkeiten oder die Dichte. Diese und weitere Werte können individuell, nach Gruppenzugehörigkeit oder im Durchschnitt (oder anders statistisch) über die gesamte Population im zeitlichen Verlauf und in definierten räumlichen Bereichen ausgegeben werden. Der Vorteil der mikroskopischen und agentenbasierten Modellierung ist es, dass je Simulationsobjekt, also hier mindestens die Fussgänger oder ausgewählte Bewegungsflächen, die zuvor definierten Attribute individuell als Wert in die Simulationsergebnisse geschrieben werden; und das per Simulationsschritt (häufig 1s oder sogar kürzere Intervalle). Neben diesen und weiteren quantitativen Auswertungen sind aber auch qualitative Angaben zu Stauerscheinungen, Staubereichen, Wegewahl usw. auf der Basis der Animationen möglich.

In der folgenden Abbildung ist die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Rauch- und der Evakuierungssimulation für eine Sekunde der Simulationsdauer beispielhaft dargestellt. Man kann daraus sehr gut visuell erkennen, wo sich zu diesem Zeitpunkt Personen oder Personen im Stau befinden und wie sich darüber die Rauchsituation darstellt. Im Vergleich zu den zuvor definierten Schutzzielen werden so Verletzungen dieser Schutzziele erkannt. Da auch die Entwicklung vorher und nachher bekannt ist und entsprechend dargestellt werden kann, ist eine Beurteilung – in Ergänzung durch die quantitativen Kennwerte – sehr gut möglich.



Zusammenstellung Screenshots aus den Simulationen Entrauchung und Evakuierung.

Grenzen der Aussagekraft
Modelle und Simulationen sind Abbilder der Realität. Dabei wird zunächst ein Ausschnitt (je nach Verwendungszweck oder Benutzer) der Realität gewählt, dann eine Abstraktion vorgenommen und dann Modelle (hier zum Beispiel zum Verhalten von Fussgängern) erstellt, welche in der Simulation verwendet werden, um die Dynamik und die Abhängigkeiten der simulierten Abstraktionen abzubilden. Auch die Simulation erfährt entsprechende Ausschnittsbildung, Abstraktion und Modellbildung. Somit ist leicht einzusehen, dass diese Verluste an Information, Einschränkungen an möglichen Wechselwirkungen, Fehler usw. die Qualität der Modelle und Simulationen teils stark beeinflussen. Grenzen ergeben sich also aus der unzureichenden Kenntnis der realen Vorgänge, des individuellen Verhaltens, diverser Systemannahmen, aus Modell- und Anwendungsfehlern, softwareseitigen Beschränkungen sowie aus Interpretationsfehlern.

Dennoch sind Modelle und Simulationen – richtig aufgebaut, eingesetzt und interpretiert – wertvolle Werkzeuge für die Abbildung und Beurteilung komplexer und dynamischer Vorgänge.

Fazit
Eine sichere Flucht aus dem Bahnhof Bern RBS ist gegeben, wenn die verfügbare Zeit grösser ist als die benötigte sichere Evakuationszeit. Durch die mittels numerischer Strömungssimulation durchgeführten Berechnungen der Verrauchung konnte gezeigt werden, dass mit den geplanten Entrauchungsanlagen eine wirksame Entrauchung möglich ist und die zuvor definierten Schutzziele erreicht werden. Zudem zeigten die Untersuchungen der Evakuierungssimulation, dass der Bahnhof unter sicheren Bedingungen vollständig evakuiert werden kann. Gegenüber den Behörden wurde damit der Nachweis erbracht, dass die Restrisiken als tolerierbar eingestuft werden können.

Über die Autoren
Guido Rindsfüser, Dipl.-Bauing. TH/SVI, hat aus der Forschungstätigkeit heraus die Beschäftigung mit dem individuellen Mobilitätsverhalten und der Abbildung in Simulationen erfolgreich in die Praxis überführt und proaktiv an den aktuellen Standards für die Sicherheitsnachweise von Publikumsanlagen mitgewirkt. Er ist seit 2016 Geschäftsführer der Emch+Berger Verkehrsplanung AG.

Mathias Kost, Dipl. Kulturingenieur ETH, Bereichsleiter Sicherheit bei der Emch+Berger AG Bern. Er arbeitet im Gebiet RAMS, Riskmanagement, Sicherheitskonzeption, Störfallvorsorge und Brandschutz und hat langjährige Erfahrung in der Sicherheitsberatung bei komplexen Projekten. Als Teilprojektleiter Sicherheit ist er im Projekt ABB RBS zuständig für die Themen Sicherheit, Alarm- und Rettung sowie Brandschutz.

Entwicklung des Systemzusammenspiels nach SN EN 50126

Um die volle Kapazität der Gotthard-Basislinie (GBL) nutzen zu können, galt es, die Auflagen des Bundesamtes für Verkehr (BAV) zu erfüllen. Ein Teil dieser Auflagen betraf die Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit im Hinblick auf das Zusammenspiel von Leit- und Sicherungssystemen. Die dafür notwendigen Verbesserungen waren Gegenstand des nach SN EN 50126 durchgeführten Projekts «Entwicklung RTI», bei welchem Mitarbeitende der AFRY Schweiz AG die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) unterstützen durften.

Ein ETR 610 verlässt den Gotthard-Basistunnel durch das Südportal. © SBB CFF FFS

Axel Bomhauer-Beins und David Grabowski

Am 1. Juni 2016 wurde der Öffentlichkeit mit der Eröffnung des ca. 57 km langen Gotthard-Basistunnels (GBT) nach einer Bauzeit von rund 17 Jahren der längste Eisenbahntunnel der Welt übergeben: Das Jahrhundertbauwerk ist Kernstück der «Flachbahn durch die Alpen», deren Scheitelpunkt nun auf nur rund 550 (statt zuvor auf ca. 1150) m ü. M. – und damit nur etwa 300 m höher als Basel bzw. Chiasso – liegt. Mit der Eröffnung des etwa 15 km langen Ceneri-Basistunnels (CBT) im September 2020, wodurch nochmals rund 130 Höhenmeter weniger zu überwinden sind, wurde die GBL komplettiert. In beiden Tunneln kommt das Zugsicherungssystem ETCS Level 2 (L2) mit Führerstandssignalisierung zur Anwendung; es sind Geschwindigkeiten von bis zu 230 km/h zulässig.

Insbesondere zwei Eigenschaften der GBL – die hohe Geschwindigkeit und die aussergewöhnliche Länge der Tunnel – bergen Risiken, die andernorts kaum relevant sind. Deshalb ist in beiden Tunneln ein zusätzliches System im Einsatz, welches diesen besonderen Umständen Rechnung trägt: Die Tunnelautomatik (TA). Gemeinsam mit den netzweit im Einsatz befindlichen Systemen «Integrales Leit- und Informationssystem» (Leitsystem Iltis) und «Rail Control System» (Dispositionssystem RCS) sowie weiteren spezifischen Umsystemen wie Tunnelleittechnik (TLT) und Einsatzleitsystem (ELS) unterstützt die TA die Betriebsmitarbeiter:innen der SBB dabei, einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten sowie Störungs- und Ereignisfälle effizient und zielgerichtet zu bewältigen.

Einige Mängel im Gesamtsystem, die bereits bei der Übergabe des GBT an die SBB bekannt waren, führten in der Betriebsbewilligung zu Einschränkungen und Auflagen. Einige der Mängel waren auf Unzulänglichkeiten im komplexen Zusammenspiel der Leit- und Sicherungssysteme zurückzuführen. Dieses zu verbessern und damit die Gebrauchstauglichkeit des Systemverbunds RTI – bestehend aus RCS, TA und Iltis – zu steigern, war Gegenstand des Teilprojekts «Entwicklung RTI», welches im Rahmen der «Abschlussarbeiten SA GBT» durchgeführt wurde.

Die EN 50126 im Projekt «Entwicklung RTI»

Mit der TA, einem sicherheitsrelevanten (Software-) System innerhalb des Projektumfangs, unterlag das Projekt «Entwicklung RTI» – wie bereits der Bau der GBL – der SN EN 50126. Sowohl die für den Bau anwendbare Version von 1999 [1] als auch die überarbeitete Fassung von 2017 [2] sehen eine Entwicklung nach dem sogenannten V-Modell vor (vgl. Bild 1).

Referenzen

[1] Electrosuisse (Hrsg.): SN EN 50126:1999, Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (RAMS).

[2] Electrosuisse (Hrsg.): SN EN 50126-1:2017, Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS Prozess.

[A] Siemens Mobility: RTI ermöglicht Kapazitätserhöhung im Gotthard-Basistunnel. Newsroom-Artikel. Abgerufen von https://www.mobility.siemens.com/ch/de/unternehmen/newsroom/news-archiv/rti-ermoeglicht-kapazitaetserhoehung-im-gotthard-basistunnel.html im November 2022.

[B] SBB AG (Hrsg.): Bericht zur Gebrauchstauglichkeit Tunnelautomatik GBT. 29.11.2021.

Für das Projekt «Entwicklung RTI» sind die Phasen 1 bis 10 [2] – Konzept bis Systemabnahme – von Interesse, wobei die Phasen 6 (Entwicklung) und 7 (Fertigung) durch Lieferanten umgesetzt werden. Grundlage für die Lieferantenaufträge bilden die Systemdefinition (Phase 2), die Anforderungsspezifikation (Phase 4) und die Zuteilung der Anforderungen zu den Teilsystemen (Phase 5). Das Zusammenspiel der beauftragten Entwicklungen wird in der Systemvalidierung (Phase 9) geprüft, die wiederum eine Voraussetzung für die Inbetriebnahme ist. Zu beachten ist, dass einige Lieferanten agile Methoden zur Entwicklung einsetzen, die nur bedingt zu den Vorgaben der Phase 6 passen.

Da es sich beim «Gesamtsystem» – selbst wenn dieses auf die drei Systeme RCS, TA und Iltis beschränkt wird – um ein äusserst umfangreiches und komplexes Gefüge handelt, musste das zu ändernde System durch Abgrenzungen eingeschränkt werden. Folgende Vorgehensweisen ermöglichten eine Reduktion der Komplexität auf ein handhabbares Mass:

– Die Dokumentation der Phasen 1 bis 5 nach EN 50126 umfasst nur Änderungen, die am «System RTI» vorgenommen werden sollen. Unverändertes Bestehendes wird nur aufgenommen, wenn dies für die Verständlichkeit notwendig ist.
– Die Systemfunktionen werden so festgelegt, dass möglichst wenige Funktionen anzupassen sind. Hierfür wird in Kauf genommen, dass einzelne Teilsysteme, bspw. Iltis, zur Betrachtung in mehrere Systemfunktionen aufgeteilt werden.

Ausserdem wurde bereits in der Konzeptphase entschieden, die Änderungen in drei Schritte (Bauphasen) aufzuteilen. Jeder Schritt führt zu einem Release, das validiert und in Betrieb genommen wird. Gleichzeitig wurde angestrebt, die grundlegende Dokumentation der Phasen 1 bis 5 nur einmal und für den Zielzustand – den Zustand nach dem letzten Release – zu erstellen. Die Einführung einer zusätzlichen «Zuteilung» in Phase 5 ermöglichte dies: Hier wurden die Anforderungen aus Phase 4 nicht nur einem Teilsystem, sondern zusätzlich auch einem Release zugewiesen. Wo in Einzelfällen in demselben Kontext unterschiedliche Verhaltensweisen für die verschiedenen Releases notwendig waren, wurde die entsprechende Anforderung zweimal gestellt: Einmal «bis zu» dem Release, ein zweites Mal «ab» dem Release, mit welchem die definitive Verhaltensweise einzuführen war.

Gewonnene Erkenntnisse aus den Releases und insbesondere Rückmeldungen aus dem Feld führten allerdings zu Anpassungen des Zielstandes und damit zu Anpassungen der Dokumentation aus den Phasen 1 bis 5. Diese flossen in verschiedenen Iterationen in die zugehörigen Dokumente ein. Im Grossen und Ganzen gelang es, die Phasen 1 bis 5 a priori für alle Releases zu durchlaufen – die in den fünf Phasen erstellten Dokumente für alle Releases unverändert anzuwenden, erwies sich jedoch als zu ambitioniert.

Hohe Komplexität – nicht nur auf technischer Ebene

Wie bereits erwähnt, bestehen das «System RTI» und sein Kontext aus Teilen bereits bestehender Systeme mit unterschiedlichen Aufgaben und Sicherheitsanforderungen. Darüber hinaus ist dem Projektauftrag Rechnung zu tragen: Die «Gebrauchstauglichkeit» des Systems ist zu verbessern – mit anderen Worten: Das System soll sich für die Bediener:innen logisch, intuitiv und nachvollziehbar verhalten. Durch Anwendung der Methoden «Design for Use» und «MTO» (Mensch, Technik, Organisation) wurde sichergestellt, dass den Bediener:innen und der Gebrauchstauglichkeit ausreichend Rechnung getragen wird. Neben der hohen technischen Komplexität des Systems stellten die Anwendung dieser Methoden und die Verarbeitung deren Ergebnisse besondere Herausforderungen des Projekts dar.

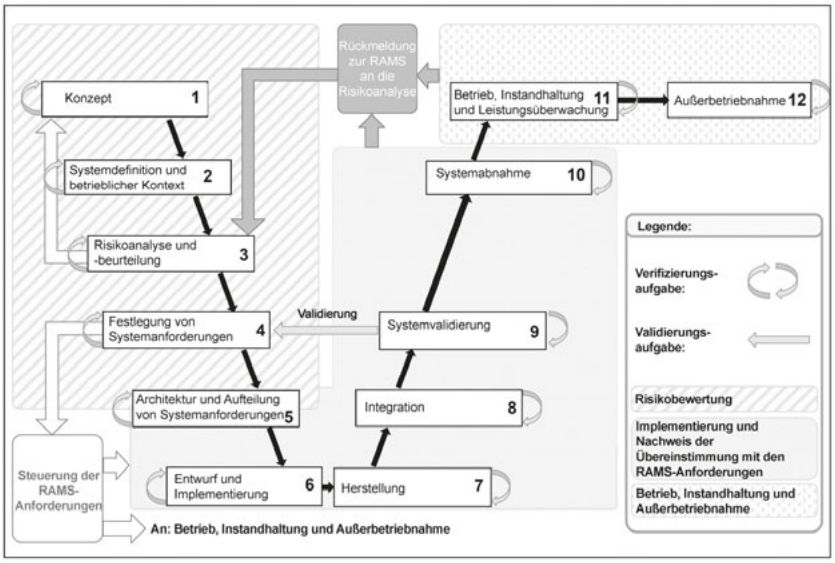


Bild 1: Das V-Modell nach SN EN 50126-1:2017. Quelle: [2], Bild 7, S. 45

Um die gewünschte Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit zu erreichen, standen zwei Fragen im Zentrum: Wie wird das System in den unterschiedlichen Betriebssituationen genutzt? Welches Verhalten erwarten die Bediener:innen? Hierzu wurden für RTI eine soziotechnische Simulation unter der Leitung eines User-Experience-Fachexperten sowie Usability-Tests vorgenommen. Nachdem die Bediener:innen darauf hingewiesen worden waren, dass es keine «richtigen» oder «falschen» Verhaltensweisen gibt, wurde eine vierstündige Simulation der normalen Arbeitsabläufe durchgeführt. Zum Einsatz kamen dabei interaktive Prototypen für die zu untersuchenden Kernprozesse sowie Screenshots an den Anzeigen der Umsysteme, sodass eine möglichst realistische Arbeitsumgebung geschaffen wurde. Aus den Rückmeldungen der Bediener:innen auf die Fragen, (1) was gefallen hat, (2) was als Erstes geändert werden sollte und (3) was sonst noch zu erwähnen sei, wurden Massnahmen abgeleitet und ins Projekt aufgenommen. Diese konnten sowohl Anpassungen an Vorschriften und Arbeitsdokumenten als auch der Anzeigen und des Verhaltens des technischen Systems beinhalten. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden ein User-Experience-Konzept und eine «Interaction Map» erstellt, die festlegen, wie sich das System aus Sicht User Experience (UX) verhalten soll. Das UX-Konzept und die Interaction Map sind damit wichtige Dokumente, deren Inhalte aus Sicht SN EN 50126 bereits ab Phase 2 berücksichtigt werden müssen.

Die zentrale Aufgabe der Sicherheitsingenieure bestand in diesem Projekt folglich darin, einerseits die Erkenntnisse hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit in die entsprechenden Phasen des RAMS-Prozesses einfliessen zu lassen und andererseits eine Brücke zwischen verschiedenen Ansätzen der Softwareentwicklung – agil und sicherheitsorientiert – zu bilden. Gleichzeitig war die Dokumentation der bereits bestehenden sicherheitsrelevanten Systeme zu beachten, um sicherzustellen, dass mit dem System RTI nicht gegen bestehende Sicherheitsvorgaben oder Anwendungsbedingungen verstossen wird.
Deshalb wurden die Phasen 1 bis 5 in enger Abstimmung mit den Entwicklungsteams der Teilsysteme TA, RCS und Iltis durchlaufen. So konnte gewährleistet werden, dass die erstellte Dokumentation für die folgende Entwicklung und Implementierung zu den bereits bestehenden Systemen und deren Dokumentation passt und ein konsistentes «Gesamtsystem RTI» resultiert.
Geprüft wurde das Ergebnis in diversen Testschichten im Labor, mit Blick auf einzelne Teilsysteme, auf das UX-Konzept bzw. die «Interaction Map» und das Gesamtsystem. Die System- und Abnahmetests wurden für jedes der drei Releases durch einen System-/Sicherheitsingenieur begleitet, sodass unmittelbar ein Vergleich zwischen beobachtetem Systemverhalten und Spezifikation erfolgte.

Befunde aus den Tests wurden mit Fachleuten aus dem Bahnbetrieb, den Entwicklungsteams, UX-Expert:innen und der Projektleitung diskutiert, bewertet und – falls notwendig – behoben. Parallel wurden Schulungen für die Bediener:innen des Systems durchgeführt, um eine reibungslose Integration in den Betrieb zu ermöglichen: Die Inbetriebnahme eines neuen Releases erfolgt innerhalb einer Nacht; sprichwörtlich von heute auf morgen müssen die Fahrdienstleiter:innen und Disponent:innen Bahnverkehr mit einem neuen System den realen Bahnbetrieb sicher abwickeln.

Funktionsnachweis im realen Betrieb
Die erste Prüfung der neuen Funktionalitäten des Systems RTI im kommerziellen Betrieb ergab sich am 17.10.2022 unter Release 2.1: Durch eine Weichenstörung im Spurwechsel Sedrun (GBT) war die Oströhre unpassierbar geworden; für drei nordwärts im Tunnel verkehrende Züge gab es keine (vorwärts gerichtete) Möglichkeit mehr, diesen zu verlassen. In dieser Situation wurde – nach Kenntnisstand der Autoren zum ersten Mal überhaupt – Reversing, also eine Rückwärtsevakuation unter ETCS L2 ohne Personal an der Zugspitze, bei einer Störung im kommerziellen Betrieb angewendet.
Die entsprechend geschulte Fahrdienstleiterin nutzte die neue Funktionalität, um im vorliegenden Störungsfall die Züge rückwärts bis zum Spurwechsel in Faido bzw. aus dem Tunnel hinaus nach Pollegio zu führen, von wo aus sie ihre Fahrt nach Norden durch die Weströhre fortsetzen konnten. Die SBB schätzen, dass die Dauer bis zur Wiederaufnahme des planmässigen kommerziellen Betriebs nach der Störung im Vergleich zur Variante, die Züge mithilfe der Lösch- und Rettungszüge (LRZ) abzuschleppen, um mindestens 1 bis 1½ Stunden reduziert wurde. Damit erfolgte im realen Betrieb ein Funktionsnachweis für das Zusammenspiel der technischen Systeme untereinander und mit den Bedienenden, der als Meilenstein für das Reversing unter ETCS L2 betrachtet werden kann.

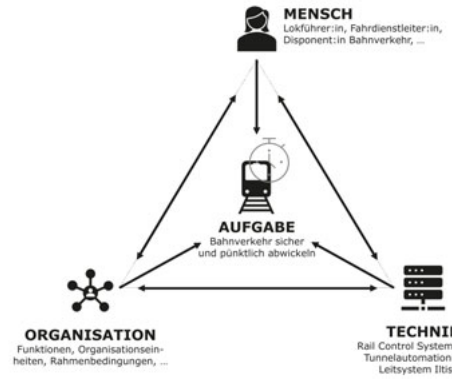


Bild 2: Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technik, Organisation und Erfüllung der Aufgabe. Nur wenn allen Bereichen, den jeweiligen Stärken und Schwächen sowie insbesondere der Abstimmung untereinander genügend Beachtung geschenkt wird, können höchste Standards erreicht werden. (Eigene Darstellung)

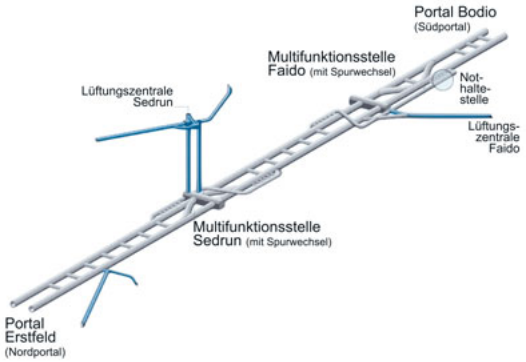


Bild 3: Schematische Übersicht über die Tunnelröhren, Querschläge, Kavernen, Schächte und Stollen des Gotthard-Basistunnels

Mit der Inbetriebnahme von Release 2.2 in der Nacht auf den 7.11.2022 konnte das Projekt «Entwicklung RTI» – bis auf Dokumentationspflichten, welche durch die Sicherheitsingenieure noch zu erfüllen sind – erfolgreich abgeschlossen werden. Alle Auflagen des BAV gelten als erfüllt. Die betrieblichen Einschränkungen wurden aufgehoben, das Projekt «Abschlussarbeiten SA GBT» war erfolgreich, und der Weg für einen (noch) dichteren Fahrplan auf der Gotthard-Basislinie ist frei.

Ausblick: Übertragung auf den Ceneri
Mit dem Projekt «Entwicklung RTI» wurden am GBT nicht nur neue Funktionalitäten, sondern auch eine neue Bedienoberfläche für die Tunnelautomatik eingeführt. Somit sind nun die beiden Basistunnel Gotthard und Ceneri, die von derselben Betriebszentrale aus und teilweise von denselben Personen gesteuert werden, unterschiedlich zu bedienen.
Um diese Divergenz zu beheben, haben die SBB bereits ein Nachfolgeprojekt für den CBT gestartet, mit dem die für den GBT erzielten Fortschritte auf den CBT zu übertragen und punktuell weitere Verbesserungen zu realisieren sind. Auch dieses Projekt wird nach SN EN 50126 durchgeführt und wird einen Beitrag zu mehr Stabilität, kürzeren Störungsdauern und höherer Sicherheit im Bahnbetrieb leisten.

Über die Autoren
Dr. Axel Bomhauer-Beins studierte an der ETH Zürich Elektrotechnik und promovierte ebenfalls dort im Verkehrswesen mit Schwerpunkt Energieoptimierung im Bahnbetrieb. Seither ist er als Ingenieur und Projektleiter im Bereich Verkehrsinfrastrukturen mit Fokus Safety für die AFRY Schweiz AG tätig.

Dr. David Grabowski studierte Physik an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (D) und promovierte dort. Anschliessend war er in verschiedenen Positionen in der Entwicklung sicherheitsrelevanter Systeme in der Luftfahrt tätig und wechselte 2014 zu den SBB. Dort ist er in verschiedenen Positionen und Projekten als Safety Manager aktiv, so auch für die «Entwicklung RTI».

Arbeit mit geringem Umfang: Reparatur eines Dachfensters auf einem Steildach.

Gelebte Realität durch neues Produkt legalisiert

Der Zugang zum Dach oder zu einer Anlage für Arbeiten mit geringem Umfang ist anspruchsvoll. Gerüste oder Leitern sind dafür nur bedingt geeignet. Deshalb wird nicht selten eine Hebebühne verwendet. Der Ausstieg aus der Hebebühne in erhöhter Position ist jedoch verboten – und wird von allen Herstellern untersagt. Es gibt nun aber eine Ausnahme.

Peter Müller

Zu Recht wird der Absturzprävention im Bausektor eine grosse Bedeutung attestiert. Noch immer ereignen sich in der Schweiz durchschnittlich 17 berufsbedingte Absturzunfälle mit Todesfolge pro Jahr[1]. Auf Baustellen im Hochbau gilt in der Schweiz deshalb die Gerüstpflicht. Zum Erreichen der Arbeitsplätze mit Niveauunterschieden von mehr als 50 cm müssen Treppen oder andere geeignete Arbeitsmittel verwendet werden. Die Bestimmungen zu Leitern wurden mit der neuen BAuAV[2] generell verschärft. Das Durchführen von Arbeiten auf Leitern ist nur noch erlaubt, wenn die Leiter als sicherstes Arbeitsmittel gilt.

Arbeiten mit geringem Umfang an Arbeitsplätzen mit Niveauunterschieden

Die Problematik stellt sich bei Arbeiten mit geringem Umfang, also bei Tätigkeiten, die nur wenige Stunden bis maximal zwei Personenarbeitstage dauern. Das Aufstellen eines Gerüsts oder Treppenturms ist für solche kurzen Tätigkeiten

1 Quelle «Unfallstatistik UVG 2022», ISSN 1424-5132, Berufsunfälle der Jahre 2016 bis 2020

2 Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, BauAV), SR 832.311.141

nicht immer verhältnismässig. Dies nicht nur aus Kostengründen, sondern weil auch die Risiken höher sein können, wenn ein Gerüst anstelle einer Leiter verwendet wird. Trotzdem ist der Einsatz einer Leiter ebenfalls oft unbefriedigend. Wenn schwere oder sperrige Materialien zu transportieren sind oder mit längeren Arbeitsdauern zu rechnen ist, sind Leitern ungeeignet. In solchen Fällen zeigen sich die Stärken von Hubarbeitsbühnen. Diese gibt es in zahlreichen Ausführungen, sodass in unterschiedlichsten Umgebungen auch schwer zugängliche Arbeitspositionen in der Höhe erreicht werden können.
Wenn die Hubarbeitsbühne richtig eingesetzt wird und die notwendigen Ausbildungen sowie eine seriöse Arbeitsvorbereitung erfolgt sind, gilt der Einsatz der Hubarbeitsbühne als risikoärmer als die Nutzung einer Leiter.

Hubarbeitsbühnen zum Heben von Personen
Hubarbeitsbühnen zum Heben von Personen auf über drei Meter fallen im Anhang IV unter Maschinen nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und müssen durch eine benannte Stelle zertifiziert werden[3]. Einzig wenn der Hersteller die unter der Maschinenrichtlinie harmonisierte Norm EN 280 vollständig anwendet, kann auf eine EG-Baumusterprüfung durch eine benannte Stelle verzichtet werden.
Es ist somit kein Zufall, dass bei allen bekannten Hubarbeitsbühnen am Markt die EN 280 zur Anwendung kommt. Die EN 280 verbietet allerdings das Aussteigen aus dem Arbeitskorb in angehobenem Zustand. Wenn der Benutzer dies trotzdem tut, nutzt er die Hubarbeitsbühne nicht bestimmungsgemäss und handelt vorschriftswidrig. Trotzdem wird dies nicht selten praktiziert. Der Grund liegt auf der Hand: Leitern oder Gerüste sind oft unbefriedigende Alternativen.

Erste zugelassene Hubarbeitsbühne
Max Jakob, Inhaber und Geschäftsführer von Jakob Fahrzeugbau AG, wusste durch zahlreiche Arbeitssituationen um das Bedürfnis seiner Kunden, für Arbeiten mit geringem Umfang auf Dächern und Strukturen einen praktikablen, gesetzeskonformen und sicheren Zugang zu haben. Die Jakob Fahrzeugbau AG verfügt über zwei geeignete Grundgeräte vom Typ Herkules-Teleskopstapler, um dies zu realisieren. Der Herkules-Teleskopstapler ist eine Maschine für den «Profi». So ist eine Kranführerausbildung Kat. A vorgeschrieben. Durch die Anwendung als Kran ist auch der notwendige stabile Aufbau mit den Leistungsreserven gegeben – eine ideale Ausgangslage.

Der Herkules Teleskopstapler kann mithilfe seiner auswechselbaren Ausrüstungen vielseitig als Kran, Stapler und Hubarbeitsbühne verwendet werden. Max Jakob, selber Kranexperte, suchte früh die Unterstützung durch die NSBIV AG. Die Hubarbeitsbühne zum Heben von Personen sollte erweitert werden, sodass Personen aus dem angehobenen Arbeitskorb aussteigen können. In einem intensiven Projekt wurde eine Plattformlösung entwickelt, um bestimmungsgemäss den angehobenen Arbeitskorb verlassen zu können.

Zahlreiche Herausforderungen
Die erste Herausforderung war es, die Risiken, die sich durch den Ausstieg in angehobenem Zustand ergeben, zu ermitteln und daraus praxistaugliche Massnahmen abzuleiten, die im Einklang mit den geltenden Vorschriften sind.
Eine weitere Schwierigkeit war es, die umfassenden Sicherheitsfunktionen der Steuerung umzusetzen. Für einen sicheren Betrieb der Maschine sind zahlreiche Sicherheitsfunktionen aktiv. So werden Winkel- und Längenposition, Last-

Lebensgefährlich

Wer unsachgemäss aus einem Arbeitskorb in angehobenem Zustand steigt, findet sich schnell in einer lebensgefährlichen Situation wieder. Deshalb haben Fachgruppen verschiedene Grundlagenpapiere publiziert, die ein «zulässiges» und risikoarmes Aussteigen aufzeigen sollen[4].

In der Schweiz ist es gemäss VUV[5] zulässig, ein Arbeitsmittel nicht bestimmungsgemäss zu verwenden, wie dies beim Ausstieg aus dem Arbeitskorb in angehobenem Zustand der Fall ist. Zwingend müssen aber alle Risiken ermittelt und Massnahmen getroffen werden, um die Sicherheit der Arbeitnehmer zu gewährleisten (VUV Art. 32a). Das heisst, es müsste für jede Baustellensituation eine Risikobeurteilung erstellt werden. In der Praxis funktioniert dies kaum, die notwendige Sicherheit wird nicht erreicht. Der Nachweis der Sicherheit gemäss VUV Art. 32a ist gegenüber Behörden und Interessensgruppen oft schwierig und führt nicht selten zu Verzögerungen, Einstellung von Baustellen oder teuren Nachrüstungen an Maschinen.

Herkules-Teleskopstapler vor dem Firmengebäude in Engishofen TG.

3 Es steht noch der Weg der umfassenden Qualitätssicherung offen, was allerdings in der Praxis keine Relevanz hat.

4 Bspw. «Aus- und Übersteigen aus Arbeitsbühnen und Arbeitskörben», Fachgruppe D-A-CH-S

5 Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten, SR 832.30

Herkules-Teleskopstapler mit sämtlichen durch den Anwender nutzbaren auswechselbaren Ausrüstungen.

moment, Stützendruck und -position, Korblast, Verriegelungen des Arbeitskorbes und vieles mehr überwacht. Für einen sicheren Überstiegsbetrieb kamen weitere Sicherheitsfunktionen dazu.

Die Zertifizierungsstelle *SIBE Schweiz* legt grössten Wert darauf, dass Sicherheitssteuerungen bei hohen Risiken einfehlersicher sind. Das heisst, beim Auftreten eines Fehlers oder bei Ausfall eines Bauteils darf die Sicherheit nicht beeinträchtigt werden. Die Maschinenrichtlinie fordert dies klar. Leider zeigte sich, dass die vorhandene Steuerung, welche dem üblichen Branchenstandard von mobilen Maschinen entsprach, diese Anforderungen nicht zur Gänze erfüllen konnte.

Aus diesem Grunde zeigte die NSBIV AG die technische Umsetzung auf, wie die bestehende Sicherheitssteuerung mit redundanten Sensoren, Ventilen und einem zusätzlichen Sicherheitscontroller zu ergänzen ist, sodass ein zweikanaliges, einfehlersicheres Steuerungssystem resultierte. Schaltzustände und mögliche Fehler werden durch die Sicherheitssteuerung ausgewertet und zwischen den beiden Controllern kreuzverglichen. Die Entwicklung war herausfordernd und die Implementation kostspielig. Das Ergebnis kann sich aber sehen lassen, und es bestehen keine Kompromisse mehr bezüglich Sicherheit und den Anforderungen gemäss Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Personen sind beim Übersteigen mittels persönlicher Ausrüstung gegen Absturz am Arbeitskorb gesichert. Der Fangstoss beim Absturz von zwei Personen darf die Maschine nicht zum Kippen bringen. Die Sicherheitssteuerung sorgt dafür, dass der zulässige Bereich nicht überschritten werden kann und sich keine unzulässigen Lasten im Arbeitskorb befinden. Mittels Festigkeitsnachweisen und Falltests gemäss DIN 16415 wurde nachgewiesen, dass die Maschine den Fangstoss zweier Personen sicher aufnehmen kann.

Die sorgfältige Validierung und der Abnahmetest jeder Maschine vor der Auslieferung garantieren schliesslich die gleichbleibende Sicherheit. Mittlerweile hat sich die Maschine mit der Betriebsart für den Ausstieg in angehobenem Zustand am Markt etabliert. Die Kunden sind zufrieden und dankbar für die Möglichkeit, sicher und effizient arbeiten zu können.

Der Hersteller Jakob Fahrzeugbau AG äussert sich sehr zufrieden mit der umgesetzten Lösung. Die anfangs auch mit Skepsis betrachtete Technik und die zusätzlichen Sicherheitsfeatures funktionieren sehr gut und behindern den Arbeitsprozess nicht. Im Gegenteil - die Technik hilft, Arbeiten effizient und trotzdem sicher durchführen zu können.

Über den Autor
Peter Müller
ist CEO bei der NSBIV AG und der Zertifizierungsstelle ***SIBE Schweiz.*** Mit seinen langjährigen Erfahrungen als Sicherheitsingenieur und Führungskraft in der Industrie berät er Kunden ganzheitlich zu Sicherheitsthemen. Er begleitete den Hersteller von der Idee bis zur Zertifizierung der Arbeitsbühne.

360°-Sicherheit abgedeckt – interessante Referenzen

Verkehrssicherheit / Mobilität

Kapazitätsausbau Knoten Basel

In einer Vorstudie wird aus dem Variantenspektrum möglicher Realisierungen für das Herzstück zwischen dem geplanten Tiefbahnhof Basel SBB und dem Basel Bad Bf die Vorzugsvariante herausgearbeitet. Die Sicherheit ist ein zentrales Bewertungskriterium für die Variantenwahl.

Riskmanagement / Unternehmenssicherheit

So gehen Gemeinden mit drohendem Energiemangel um.

Die kommunalen Behörden wurden zielgerichtet, pragmatisch und auch effizient bei allen Herausforderungen unterstützt sowie die verantwortlichen Stellen durch Strom- und Gasmangellagen begleitet.

Naturgefahren / Störfall

Überprüfung Störfallsituation

Für einen Entwicklungsschwerpunkt in der Umgebung eines Bahnhofes mit Gefahrguttransporten wurden in einer frühen Planungsphase die Auswirkungen dieser Siedlungsentwicklung auf die Störfallsituation aufgezeigt.

Maschinensicherheit

Konformitätsbewertung

Für Produktionslinien in der Lebensmittelindustrie wurde die Konformitätsbewertung durchgeführt.

Infrastrukturen / Bevölkerungsschutz

Neukonzeption Kantonaler Führungsstab

Im Auftrag eines kantonalen Justiz- und Sicherheitsdepartements prüfte ein SSI-Mitglied eine Neuorganisation des KFS. Der Regierungsrat beauftragte schliesslich aufgrund der Ergebnisse und Empfehlungen die Umsetzung.

Die SSI-Mitgliedfirmen sind an diversen Sicherheitsprojekten beteiligt. Aufgeteilt in Kompetenzbereiche zeigt die nachfolgende Grafik eine Auswahl.

Arbeitssicherheit & Gesundheitsschutz

Aufbau betriebliches Sicherheitssystem

Für eine Gemeinde wurde das ASA-Sicherheitssystem im Kontext des gesamten Risikomanagements eingebettet und abgegrenzt.

Brandschutz

Bahnhof Bern RBS

Der Neubau des Bahnhofs Bern RBS als grosses und komplexes Bauwerk stellt hohe Anforderungen an den Brandschutz. Nebst Standard-Brandschutzkonzepten kommen für den Entrauchungs- und Evakuierungsnachweis Ingenieurkonzepte zur Anwendung.

Gebäudesicherheit / Sicherheitsplanung

SN EN 50518 Alarmempfangsstellen (AES)

Für eine kritische Infrastruktur im Energiesektor wurde eine technische Leitstelle entsprechend der Norm «SN EN 50518 Alarmempfangsstellen» geplant (Kategorie I). Eine Zertifizierung wird nach Realisierung angestrebt.

Informationssicherheit

Informationsschutzverordnung (ISchV)

Für ein sensitives Bauvorhaben der zivilen Bundesverwaltung wurde objektspezifisch ein Merkblatt zu Klassifizierung und Umgang von Dokumenten entwickelt, welches den hohen Anforderungen an die Vertraulichkeit gerecht wurde.

Quellen:
© iStock / ulimi
© iStock / meshmerize

Mit Sicherheit gut beraten.

AFRY Schweiz AG · www.afry.ch

Amstein + Walthert Sicherheit AG · www.amstein-walthert.ch

Basler & Hofmann AG · www.baslerhofmann.ch

BDS Security Design AG · www.bds-bern.ch

BG Ingenieure & Berater AG / BG Ingénieurs Conseils SA · www.bg-21.com

EBP Schweiz AG · www.ebp.ch

Emch+Berger Gruppe · www.emchberger.ch

Lombardi SA, Ingegneri Consulenti · www.lombardi.ch

MARQUART Sicherheit + Security AG · www.maqs.ch

Neosys AG, RisCare · www.neosys.ch

NSBIV AG · www.nsbiv.ch

RM Risk Management AG · www.rmrisk.ch

SBIS AG · www.sbis.ch

Siplan AG · www.siplan.ch

SRB Assekuranz Broker AG · www.srb.ch

suisseplan Ingenieure AG · www.suisseplan.ch

Swiss Safety Center AG · www.safetycenter.ch

TÜV SÜD Schweiz AG · www.tuvsud.com/ch

SSI

Schweizerische Vereinigung unabhängiger
Sicherheitsingenieure und -berater