

Gesamterneuerung Cityring Luzern

Nach knapp 40 Jahren Betrieb waren die Spuren von Verkehr und Witterung an der A2 in Luzern unübersehbar. Diese Schlüsselstelle im Schweizer Autobahnnetz passieren heute täglich im Durchschnitt über 90 000 Fahrzeuge. Verschiedene Kunst- und Tunnelbauten prägen diesen Autobahnabschnitt. Damit der Verkehr während der Gesamterneuerung tagsüber rollen kann, wird während der Hauptarbeiten zwischen 2011 und 2013 nachts und an rund 25 Wochenenden pro Jahr gearbeitet. Die Verkehrsfläche steht tagsüber dem Individualverkehr ohne Einschränkungen zur Verfügung. Die engen Terminvorgaben, die kurzen Nettoarbeitszeiten nachts und an den Wochenenden und die innerstädtischen Verhältnisse rufen nach schnellen und leisen Bauverfahren. Lassen sich diese beiden Anforderungen kombinieren?

1 Projektübersicht

1.1 Bauen im städtischen Siedlungsgebiet

Der Projektperimeter Cityring Luzern umfasst das der Reuss entlang laufende Lehnenviadukt im Norden, den rund 600 m langen Reussporttunnel, die Senti-Brücken mit dem Stadtanschluss sowie den 1,5 km langen Sonnenbergtunnel im Süden. In einer vierjährigen Gesamterneuerung – dem Projekt „Cityring Luzern“ – werden diese auf den heutigen Stand der Technik gebracht. Was sich einfach anhört, ist in der Realität eine planerische, logistische und technische Herausforderung für alle Projektbeteiligten. Denn betroffen von den Arbeiten sind die Stadt Luzern mit

Matthias Neidhart, Oberbauleiter Cityring Luzern, INGE City Lu c/o Lombardi AG
Franz Koch, Gesamtprojektleiter Cityring Luzern, ASTRA Filiale Zofingen

rund 80 000 Einwohnern und die ganze Agglomeration mit ca. 200 000 Einwohnern (Bild 1).

Ein baulicher Eingriff solchen Ausmaßes an der A2 hat erhebliche Auswirkungen auf verschiedenste Anspruchsgruppen. Es reicht nicht aus, die Auswirkungen auf die Verkehrsteilnehmer in der Stadt und Agglomeration Luzern zu untersuchen. Die zahlreichen weiteren Ansprüche so unterschiedlicher Interessengruppen wie Anwohner, Gewerbe, Veranstalter und Tourismusorganisationen etc. müssen ebenfalls in die Projektplanung einfließen. Ihnen ist eines gemeinsam: Sie wollen

Total Renovation of the Lucerne City Ring

After being operational for almost 40 years there was no denying the effects that traffic and the weather had exerted on the A2 in Lucerne. This key element of the Swiss motorway network is used by more than 90,000 vehicles on average per day. Various engineering structures characterise this section of motorway. In order to ensure that traffic can continue moving during the total renovation in daytime work will be pursued during the main construction phase between 2011 and 2013 at night and on some 25 weekends per year. The traffic zone is available to motorists during the day without restriction. The narrow deadlines, the short net working time during the night and at the weekends as well as the inner-urban conditions call for speedy and quiet working methods. Can these 2 demands be combined?

1 Project Overview

1.1 Constructing in an urban Built-up Area

The City Ring project perimeter consists of the Lehen Viaduct running along the Reuss in the north, the roughly 600 m long Reussport Tunnel, the Senti bridges with the urban link as well as the 1.5 km long Sonnenberg Tunnel in the south. Over a 4-year total renovation period – the “Lucerne City Ring” project – these elements will all be upgraded to comply with the latest standards. It might all sound so simple but it represents a real challenge in terms of planning, logistics and technique for all

those involved in the project. For these operations affect the city of Lucerne with some 80,000 inhabitants and the immediate area with a population of around 200,000 (Fig. 1).

Intervening to such a degree in the A2 possesses far-reaching implications for various interest groups. It is not enough to examine the effects on motorists in the city and the greater Lucerne area. Numerous other considerations as well as interest groups such as residents, commercial enterprises, promoters, tourist organisations etc. must also be represented in the project planning. They all have one thing in common: they want to ensure that their interests are subject to as little interference for as short a

MAPEI UNDERGROUND TECHNOLOGY TEAM

Engagement macht den Unterschied



Das Mapei Underground Technology Team (UTT) ist Mapei's Antwort auf die Bedürfnisse derer, die in der Welt des Tunnelbaus arbeiten.

Es ist das Resultat von Mapei's Investitionen in die Forschung und Entwicklung spezifischer Produkte, des Engagements und der Hingabe der Mitarbeiter, welche Professionalität und Erfahrung an den Tag legen.

Wir begleiten Sie von Anfang an bis zum Schluss eines Projektes:

- weltweite Interventionsmöglichkeit
- innerhalb 24 Stunden und während 365 Tagen pro Jahr
- Kostenreduktion



www.utt-mapei.com

MAPEI SUISSE SA · 1642 Sorens · T 026 915 9000 · F 026 915 9003 · W www.mapei.ch · E info@mapei.ch



eine möglichst kurze und möglichst geringe Beeinträchtigung ihrer Interessen. Diese stehen sich zum Teil aber diametral entgegen und rufen nach unkonventionellen Maßnahmen. Schnell und zugleich leise zu bauen bedingt zahlreiche organisatorische Maßnahmen, welche hier näher beleuchtet werden.

1.2 Umfassende Gesamterneuerung

1.2.1 Reussport- und Sonnenbergtunnel

Das Kernstück der Hauptarbeiten ist die Instandsetzung des Reussport- und Sonnenbergtunnels. Abschnitt für Abschnitt werden verschiedenste Elemente überholt oder ersetzt. Die wichtigsten Arbeiten sind in Bild 2 ersichtlich. Neben den baulichen Instandsetzungen werden auch die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) im Fahrraum und in den Technikzentralen ersetzt.

1.2.2 Sentibrücken und Lehnenviadukt

Die Brücken zeigen typische Alterserscheinungen. Vor allem die Brückenplatten wurden durch Tausalz stark in Mitleidenschaft gezogen. Undichte Fahrbahnübergänge haben auch bei den Widerlagern zu Betonabplatzungen und Korrosion geführt. Die Brückenlager, undichte Abdichtungen, Entwässerungen und Straßenbelag werden erneuert. Weiter werden neue Lärmschutzwände, Leitschranken sowie Kabelrohrblöcke eingebaut.

1.3 Anspruchsvolles Bauprogramm

1.3.1 Umfangreiche Vorarbeiten

Für die Hauptarbeiten mussten im Vorfeld diverse Arbeiten



Gesamtperimeter Cityring Luzern/CH

Total perimeter Lucerne/CH City Ring



ohne Verkehrsbehinderungen getätigt werden. Von 2007 bis 2010 wurden der Reussport- und der Sonnenbergtunnel mit je einem Werkleitungstunnel (WLT) mit knapp 4 m Durchmesser und mehreren Kabeltrassen ausgerüstet. Um die Hauptarbeiten für die bauliche Instandsetzung möglichst nicht durch Einbauten und Kabelanlagen zu behindern, wurden Zuleitungen zu den BSA-Einrichtungen wenn immer möglich in den WLT verlegt. Zusätzlich sind dort die Was-

time as possible. However these in some cases directly oppose one another and call for contradictory measures. Building quickly with as little noise as possible necessitates a large number of organisational measures, which will be dealt with more extensively as follows.

1.2 Extensive total Renovation

1.2.1 Reussport and Sonnenberg Tunnels

The core element of the main construction phase involves the redevelopment of the Reus-

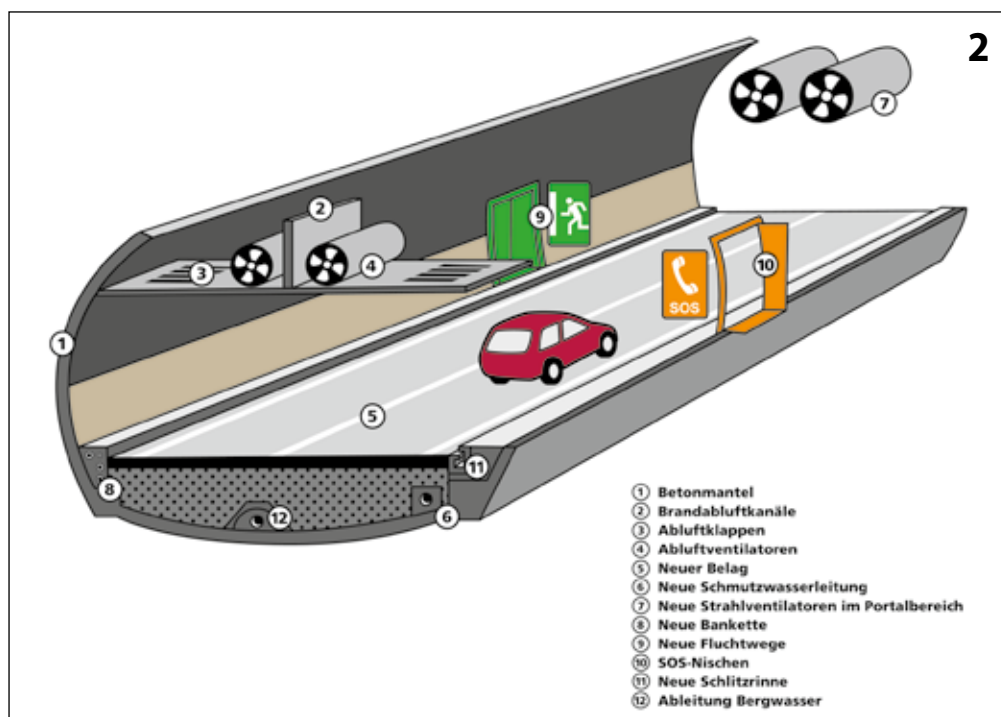
sport and Sonnenberg tunnels. All kinds of elements are to be repaired or replaced section by section. Fig. 2 displays the most important activities. Apart from structural redevelopment the operational and safety installations (BSA) in the carriageway zone and in the technical control centre will be replaced.

1.2.2 Senti Bridges and Lehnenviaduct

The bridges reveal typical signs of old age. First and foremost the bridge panels have been serious

Arbeiten Bau

Construction activities



ETONIS® – IHR BAUSTEIN FÜR MEHR KOSTENSICHERHEIT IM TUNNELBAU

Bei Tunnelbauprojekten spielt die Kostensicherheit eine entscheidende Rolle. Ein Kernbaustoff ist der Beton. Mit dem innovativen Modifizierungsmittel ETONIS® verleihen Sie Spritzbeton Eigenschaften, die Bau- und Folgekosten senken.



Ein Schlüsselmerkmal von ETONIS® ist die Verbesserung von Adhäsion und Kohäsion. Sprich, der Spritzbeton haftet an jedem Gestein. Das reduziert den Rückprall signifikant und damit die Materialkosten. Weitaus größer ist der Einfluss von ETONIS® auf den erhärteten Beton. Durch Absenken des Elastizitätsmoduls bei gleichzeitig hohen Druckfestigkeiten verleiht ETONIS® dem Beton duktile Eigenschaften. Das führt zu höheren Zug- und Biegezugfestigkeiten, höherer Bruchdehnung und geringerer Reißneigung. Zugleich ist mit ETONIS® modifizierter Beton beständig gegen CO₂, Salze und Säuren. Das bringt auch langfristig Kostensicherheit.

Wie Sie mit ETONIS® die Kosten besser im Griff behalten können, erläutern wir Ihnen gerne in einem Gespräch: Infoline +49 8677 83-7979 oder info.polymers@wacker.com
www.wacker.com/etonis

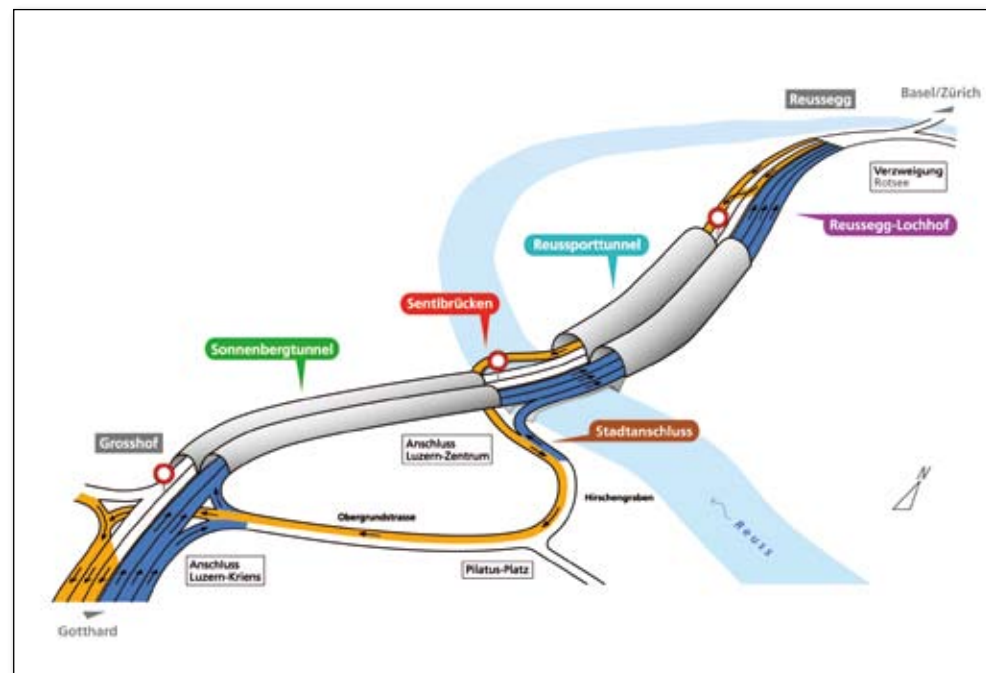
serleitungen für die Trinkwasserversorgung der Stadt Luzern und das Löschwasser für den Tunnel untergebracht. Weitere Vorbereitungsmaßnahmen waren der befahrbare Mittelstreifen und die zurückversetzten Stützmauern nördlich des Reussporttunnels. Auf der betrieblich-technischen Ebene wurden die bestehenden Systeme (Verkehrssteuerung, übergeordnetes Leitsystem, Videoüberwachung) für die spezielle Nutzung in den Bauphasen angepasst und in den Technikzentralen Provisorien eingerichtet, um später die Umschaltung von Energieversorgung und Kommunikationseinrichtungen unterbrechungsfrei ablösen zu können. Die Hauptarbeiten starteten am 2. November 2010.

1.3.2 Bauphasen

Die Hauptarbeiten umfassen 5 Bauphasen. In den Phasen 1 und 2 wurden 2011 die Arbeiten in den Tunneln in Fahrtrichtung Norden ausgeführt (Innen- und Außenwand). Im Jahre 2012 fallen dieselben Arbeiten in Richtung Süden an. Bis zum Abschluss der Bauarbeiten Mitte 2013 finden diverse betriebstechnische Tests, Ausbildungsgänge, Übungen der Blaulichtorganisation und Fertigstellungsarbeiten statt. Nach dem Abschluss übernimmt der Betreiber der Autobahnen wieder die betriebliche und technische Verantwortung über diesen Abschnitt.

1.4 Kosten

Die gesamten Baukosten belaufen sich auf rund 400 Mio. CHF. Davon machen die baulichen Anlagen rund 2/3 der Summe aus. Die übrigen Kosten verteilen sich auf die Betriebs- und



Verkehrsführung 2012 an Werktagen von 20 bis 6 Uhr (links) und an Sperrwochenenden (rechts)
Traffic setup 2012 on working days between 8 pm and 6 am (left) and for a weekend closure (right)

Sicherheitsausrüstungen sowie diverse Leistungen für Planer und Spezialisten. Der finanzielle Mehraufwand infolge der Nacht- und Wochenendarbeiten anstelle einer Totalsperre einer Tunnelröhre beträgt rund 100 Mio. CHF. Der Mehraufwand war nötig, um einen Verkehrskollaps auf der A2 und auf dem untergeordneten Straßennetz in der Stadt Luzern zu verhindern.

1.5 Sorgfältig abgestimmtes Verkehrsregime

1.5.1 Nachtarbeiten und Wochenendarbeiten

2006 prüften Bund und Kanton Luzern verschiedene Möglichkeiten, um den Individualverkehr aufgrund der Baustellen so wenig wie möglich zu beeinträchtigen. Das Verkehrskonzept „Nachtsperrung Plus“ (Nachtarbeiten plus Wochenendarbeiten) hat sich dabei als Bestvariante erwiesen. Die Umsetzung des Verkehrskonzepts führt zu folgenden

affected by thawing salt. Leaky carriageway joints have also led to spalling and corrosion at the abutments. The bridge bearings, leaky seals, drainage systems and road surfacing are to be renewed. In addition new noise protection walls, crash barriers and cable duct blocks are all to be installed.

1.3 Sophisticated Construction Programme

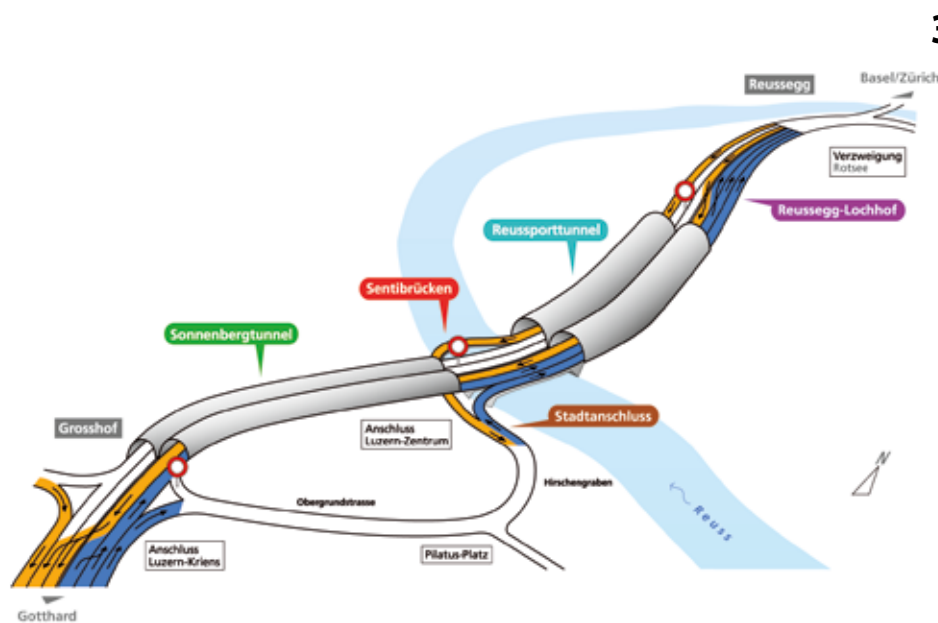
1.3.1 Extensive Preparations

Various activities without hampering traffic had to be undertaken in advance. From 2007 till 2010 the Reussport and Sonnenberg tunnels were each fitted with a works conduit (WLT) with a diameter of almost 4 m and several cable ducts. In order to avoid the main activities for structural renovation being hindered by installations and cable systems as much as possible, cables were laid to the BSA installations when ever possible in the WLT. Furthermore the water pipes for Lucerne's drinking water supply

and the extinguishing water for the tunnel are accommodated there. Further preparatory measures entailed the negotiable central strips and the supporting walls relocated to the north of the Reussport Tunnel. At the operational-technical level the existing systems (traffic guidance, superordinated guidance system, video monitoring) were adapted for their special application during the construction phase and measures undertaken in the technical control centres so that the energy supply and communication facilities can be switched over without any interruption at a subsequent point in time. The main operations commenced on November 2, 2010.

1.3.2 Construction Phases

The main operations embrace 5 construction phases. In phases 1 and 2 work in the tunnels towards the north was executed during 2011 (inner and outer wall). The same activities towards the south are foreseen for 2012.



Rahmenbedingungen für die Verkehrsführung:

- Die Arbeiten werden weitgehend nachts zwischen 20.00 und 6.00 Uhr ausgeführt (Sonnenbergtunnel: jeweils eine Tunnelröhre für den Verkehr gesperrt; Reussporttunnel: Tunnelröhre mit Baustelle jeweils einstreifig befahrbar). Die lokale Verkehrsumleitung erfolgt durch die Stadt Luzern. Tagsüber ist der Streckenabschnitt im Normalbetrieb befahrbar (Bild 2).
- Für Arbeiten, die nicht in einer Nacht erfolgen können (z.B. die Belageinbauten), wird an rund 25 Wochenenden pro Jahr zwischen Freitag 20.00 Uhr und Montag 6.00 Uhr eine Tunnelröhre des Sonnenbergtunnels vollständig für den Verkehr gesperrt (der Reussporttunnel bleibt einstreifig befahrbar). Bei der Sperrung einer Tunnelröhre wird der Verkehr im Gegenverkehr durch die

zweite Tunnelröhre geleitet. In der gesperrten Röhre wird rund um die Uhr gearbeitet. (Bild 3).

Das beschriebene Verkehrsregime kommt in den Jahren 2011 (Arbeiten Fahrbahn Richtung Norden) und 2012 (Arbeiten Fahrbahn Richtung Süden, Bild 3) zur Anwendung. Die Wochenendsperrungen sind auf möglichst verkehrsarme Monate gelegt worden und lassen sich wegen der engen zeitlichen Bauabläufe nicht verschieben. Zur Sicherstellung des Verkehrsflusses in und um Luzern werden umfassende flankierende Maßnahmen umgesetzt.

2 Nachts möglichst schnell bauen

2.1 Klare Vorgaben schaffen

Um der Forderung „schnelles Bauen“ gerecht zu werden, müssen bereits in frühen Projektphasen folgende wichtige Weichen richtig gestellt werden.

By the time construction activities are over in mid-2013, various operational technical tests, training courses, drills by the emergency services and completion work are scheduled. Once they are concluded the motorway operator again takes over responsibility for this section with regard to the operational and technical side of things.

1.4 Costs

The project will cost a total of some 400 million CHF. The structural facilities account for about 2/3rds of this amount. The remaining costs relate to the operational and safety installations as well as various sums accounted for by planners and specialists. The added costs for working at night and during the weekend instead of closing a tunnel bore completely amounts to some 100 million CHF. These added costs were necessary to prevent traffic coming to a standstill on the A2 and the surrounding road network of the city of Lucerne.

1.5 Carefully attuned Traffic Setup

1.5.1 Working at Night and during Weekends

In 2006 the Swiss state and the Canton of Lucerne examined various strategies for ensuring that motorists were unaffected as little as possible by construction sites. The “night closure plus” (night work plus weekend work) traffic concept emerged as the best solution. Putting this traffic concept into practice led to the following basic conditions for controlling traffic:

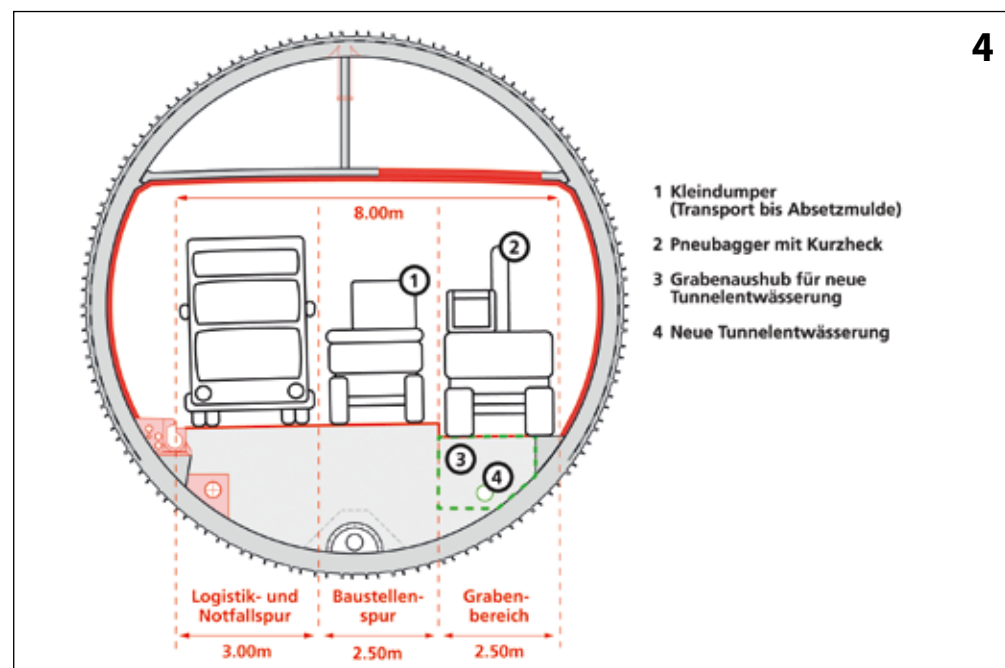
- Work is largely carried out at night between 8 pm and 6 am (Sonnenberg Tunnel: in each case 1 tunnel bore closed for traffic; Reussport Tunnel: tunnel bore with construction site with an accessible single lane in each case). Traffic was diverted locally through the city of Lucerne. During the day the route section can be used normally (Fig. 2).
- For work that cannot be accomplished in the course of a night (e.g. surfacing the carriageway), 1 bore of the Sonnenberg Tunnel is completely closed for traffic on some 25 weekends per year between 8pm on Friday and 6am on Monday (1 lane of the Reussport Tunnel remains open for traffic). When 1 tunnel bore is closed traffic runs bi-directionally through the second tunnel bore. Work in the closed bore progresses around the clock (Fig. 3).

The described traffic setup was applied in 2011 (work on the northbound carriageway) and 2012 (work on the southbound carriageway, Fig. 3). These weekend closures are geared to months when there is relatively little traffic and cannot be postpo-

Die Arbeiten Bau und Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen BSA müssen aufeinander abgestimmt sein. Das Ergebnis dieser Koordinationsarbeit ist ein für alle Unternehmer geltendes Gesamtterminprogramm. Mit über 60 im Einsatz stehenden Unternehmern gilt es, frühzeitig die Starttermine und die Zeitpunkte der Übergabe der einzelnen Zeitfenster Bau/BSA festzulegen. Es werden Meilensteine definiert, welche mittels Anreizsystemen den fristgerechten Abschluss der Zwischenziele sicherstellen. Vor Verkehrsumstellungen und am Ende von witterungsabhängigen Arbeiten müssen zeitliche Reserven zu Gunsten der Bauherrschaft eingeplant werden, welche a priori keinem der Unternehmer zustehen. Die sperrfreien Nächte und Sperrwochenende sind in der Submissionsphase verbindlich festzulegen.

Parallele Arbeiten vom Unternehmer Bau und BSA sind auf ein Minimum zu begrenzen, um gegenseitige Behinderungen möglichst auszuschließen. Für eine umfassende Gesamterneuerung unter hohem zeitlichem Druck sind Vorleistungen unabdingbar. Ein vom Fahrraum losgelöstes Werkleitungstrasse stellt ein zentrales Element solcher Vorleistungen dar. Es ermöglicht vor dem Start der Bauarbeiten den Einzug der Kabel zur provisorischen Erschließung der BSA-Komponenten im Fahrraum und den anschließenden Rückzug der alten Kabelanlagen in den Tunnelbanketten.

Ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor bei nächtlichen Baustellen im Verkehrsbereich ist ein auf die Standorte der Installationsplätze abgestimmtes und leistungsfähiges Verkehrser-



Platzverhältnisse im Sonnenbergtunnel

Space conditions in the Sonnenberg Tunnel

schließungskonzept. Auf den An- und Abtransport-Routen sind der Baustelle vorgelagerte Verkehrsgassen zur Sicherstellung der Logistik einzuplanen.

2.2 Zusammenspiel unterschiedlicher Optimierungen

Ist das Verkehrsregime einmal festgelegt, richten sich alle Prozesse nach den darin festgelegten verkehrsfreien Zeiten. Dabei ist es ausgeschlossen, zur Sicherung der Termine länger zu arbeiten. Das tägliche Einrichten und Abbauen der Baustelle und der nachgelagerte Reinigungs- und Kontrollaufwand reduziert die Nettoarbeitszeit am Cityring Luzern auf rund 7 Stunden. Diese kurzen produktiven Zeitfenster stellen die Unternehmer vor anspruchsvolle logistische Aufgaben. Die engen Platzverhältnisse und das Arbeiten unter Verkehr machen es nahezu unmöglich, zur Leistungssteigerung Personal- und Inventarressourcen aufzustocken. Es sind daher sowohl

ned on account of the narrow time frames available. Extensive accompanying measures are applied to make sure that the flow of traffic in and around Lucerne is unaffected.

2 Building as quickly as possible at Night

2.1 Creating clear Requirements

In order to comply with "fast building" the following essential requirements must be properly established during early phases of the project.

The activities construction and operational and safety installations BSA must be geared to one another. The outcome of this coordination work represents a general scheduling programme that applies for all the contractors involved. With more than 60 companies participating, it is essential that the starting deadlines and the times for handing over the individual time frames construction/BSA are established. Milestones are

defined, which secure completion of the intermediate targets according to schedule through applying incentive systems. Prior to realigning traffic and at the end of work dependent on the elements time reserves favouring the client must be integrated in the planning, which a priori benefit none of the contractors involved. Nights unaffected by closure and weekends affected by closure have to be established during the submission phase.

Parallel operations by the contractor/construction and BSA must be restricted to a minimum in order to exclude mutual obstruction as far as possible. Prior preparations are essential for extensive total renovation given high time pressure. A utility cable duct detached from the carriageway represents such a central element for these prior preparations. It allows the cables to be installed for the provisional development of the BSA components in the carriageway before construction activities begin and

bei den Baumeisterarbeiten (wie auch bei den Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen BSA) innovative Lösungen gefordert, die durch spezialisiertes Personal geplant und umgesetzt werden müssen. Die folgende Aufzählung zeigt, dass das Optimierungspotential immer sowohl auf Seiten des Projektes wie auch auf Seiten der Ausführung zu suchen ist.

2.2.1 Beschleunigende Anpassungen am Projekt

Im Rahmen der Erneuerungsarbeiten wird das Entwässerungssystem in den Tunneln von einem Mischsystem in ein Trennsystem umgebaut. Dies bedingt den Einbau von neuen Schlitzrinnenelementen

inkl. Siphonschächten und den Ersatz von Entwässerungsleitungen. Aufgrund Ihrer Lage im Fahrbahnbereich kann diese Leitung nur während Sperrwochenenden gebaut werden. Die Platzverhältnisse sind im Sonnentunnel aufgrund der schmalen Fahrstreifen, den Leitelementen und der Zwischendecke stark beschränkt (Bild 4). Die Unternehmer sind daher gezwungen, die wichtigsten Arbeitsschritte in der Vorbereitung genauestens zu studieren, um die eigene baustelleninterne Logistik sicherzustellen und stets auch die Notfall- und Logistikspur für Blaulichtorganisationen bzw. Drittunternehmer freizuhalten.

the subsequent removal of the old cable installations in the tunnel verges.

An effective traffic development concept that is geared to the location of the installation yards represents a further important factor of success for nocturnal construction sites on the traffic sector. Traffic lanes leading to the site to secure the logistics have to be planned on the access and exit transport routes

2.2 Interlinking different Optimisations

Once the traffic setup has been established, all processes are then geared to the traffic-free periods it contains. In this connection it is not feasible to work longer to secure deadlines. The

daily setting up and dismantling of the site and the ensuing time required for cleaning and inspection reduce the net working time at the Lucerne City Ring to about 7 hours. This short productive time frame presents the contractors with sophisticated logistical tasks. The constricted space conditions and working while traffic is on the move make it practically impossible to increase resources in terms of staff and inventory in order to enhance performance. Thus innovative solutions are needed both for executing construction (as well as for the operational and safety installations BSA), which have to be planned and put into practice by specialised staff. The following list indicates that the optimisa-

 **Implenia®** Die Tunnelbauprofis.

Implenia denkt und baut fürs Leben. Gern.

www.implenia.com

Die terminlichen Vorgaben erfordern, dass pro Wochenende bis zu 350 m Rohrleitung ersetzt werden. Die Arbeitsvorbereitung hat bereits früh gezeigt, dass die Umhüllung und der Einbau der Rohrleitung anzupassen sind: Die Erhärtungszeit des Betons von minimal 6 Stunden kann nicht eingehalten werden. Nach einer Prüfung verschiedener Ausführungsvarianten wurde ein biegeweiches System (PP-Rohr mit Ringsteifigkeitsklasse SN16 verlegt in Betonkies) anstelle der Betonumhüllung in einem Feldversuch getestet und schließlich eingebaut (Bild 5).

2.2.2 Leistungssteigerung durch Einsatz innovativer Produkte

Auch der lokale Ersatz der Zwischendecke steht unter hohem Zeitdruck. Im Sonnenbergtunnel muss an 2 Stellen über eine Länge von 22 m die Zwischendecke abgebrochen und neu erstellt werden. Die geringe lichte Höhe der Zwischendecke würde nach Verkehrsfreigabe nur eine äußerst schlanke Schalungskonstruktion erlauben. Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung wurde vom Unternehmer vorgeschlagen, einen schnell härtenden Beton einzusetzen und die Zwischendecke wäh-

tion potential has always to be sought both with regard to the project as well as execution.

2.2.1 Speeded-up Adjustments to the Project

Within the scope of the renovation activities the drainage system in the tunnels will be converted from a mixed system to a separate one. This calls for the installation of new slotted gutter elements including siphon shafts and the replacement of drainage pipes. Such pipes can only be installed during the weekends when the tunnel is closed on account of how they are positioned in the carriageway area. Space conditions in the Sonnenberg Tunnel are severely restricted on account of the narrow driving lanes, the guidance elements and the intermediate ceiling (Fig. 4). As a consequence the contractors are compelled to study the most essential working steps during the preparatory stage in order to secure the on-site logistics and ensure that the emergency and logistics lane is always kept available for emergency services and third-parties.

It is specified that up to 350 m of pipeline has to be replaced per weekend. The work preparations indicated early on that encasing and installation of the pipeline have to be adapted: the concrete setting time of at least 6 hours cannot be adhered to. After testing various alternatives a flexible system (PP pipe with SN16 ring stiffness class was laid in concrete gravel) was tried out in a field test and subsequently installed instead of encasing it with concrete (Fig. 5).

2.2.2 Increasing Performance thanks to innovative Products

Replacing the intermediate ceiling locally is also subject to

enormous time pressure. The intermediate ceiling in the Sonnenberg Tunnel has to be demolished and replaced at 2 points over a length of 22 m. The low clearance height of the intermediate ceiling would only permit an extremely narrow formwork structure after traffic is given the all clear. Within the preparatory run-up the contractor proposed applying a quick-setting concrete and to shutter, concrete and strip the intermediate ceiling during a single weekend when the tunnel was closed. On account of the brief processing time of this concrete (the period during which the concrete is workable) amounting to roughly 3 hours, the police escort the concrete when it is being supplied to the site in the event of a tailback. The application of innovative products and the contractor's detailed planning have revealed that the intermediate ceiling can be replaced within short time frames without leaving installations standing in the carriageway area.

2.2.3 Application of suitable Equipment

The installation of road surfaces carried out at the weekends when the tunnel is closed is also subject to enormous pressure on account of the large quantities and the short time frames involved. The clearance height and the BSA installations do not permit capacious transport containers to be utilised in the Sonnenberg Tunnel so that the surfacing material would have had to be reloaded outside the tunnel. Lorries equipped with transfer devices were applied to secure transportation right up to the machines for laying the surfacing (Fig. 6). A further example of ensuring fast construction is the



Entwässerungsleitungen
Drainage lines

rend nur einer Wochenendsper-
rung zu schalen, zu betonieren
und auszuschalen. Aufgrund
der geringen Offenzeit dieses
Betons (Zeit, in der der Beton
verarbeitet werden kann) von
nur rund 3 Stunden wird die
Betonanlieferung bei einem
Stauereignis von der Polizei auf
die Baustelle eskortiert. Der Ein-
satz innovativer Produkte und
die detaillierte Planung des
Unternehmers haben gezeigt,
dass sich Zwischendecken in
kurzen Zeitfenstern und ohne
im Fahrraum verbleibende In-
stallation ersetzen lassen.

2.2.3 Einsatz geeigneter Ge- rätschaften

Die an Sperrwochenenden
durchgeführten Einbauten
der Beläge stehen aufgrund
der großen Einbaumengen
und den kurzen Zeitfenstern
ebenfalls unter enormem
Leistungsdruck. Die lichte
Höhe und die Einbauten der
BSA lassen im Sonnenberg-
tunnel das Aufkippen großer
Transportgefäße nicht zu, so
dass der Belag vor dem Tun-
nel hätte umgeladen werden
müssen. Um die Transport-
leistungen bis zum Belagein-
baufertiger sicherzustellen,
wurden Lastwagen mit Ab-
schiebemechanismus ein-
gesetzt (Bild 6). Ein anderes
Beispiel zur Sicherstellung des
schnellen Bauens ist die Wahl
geeigneter Gerätschaften bei
den zahlreichen Linienbau-
stellen. Für unterbruchfreie
Vorbeifahrten an Arbeitsstel-
len werden vorwiegend Bag-
ger mit Kurzheck sowie mit
abdrehbaren Armkonstrukti-
onen eingesetzt. Bei den He-
begeräten und Arbeitsgerüsten
besteht aus Sicht der Autoren
noch Innovationspotential für
Gerätehersteller.

3 Nachts möglichst leise bauen

Die nächtlichen innerstädt-
ischen Arbeiten haben ihren
Preis. In den an die Baustelle
angrenzenden Wohngebieten
muss mit Lärm gerechnet wer-
den – beispielsweise in Form
von Körperschall als Folge von
Abbrucharbeiten im Tunnel
oder weil in den Portalberei-
chen nachts der Paramentbe-
ton mit Höchstdruckwasser-
strahlen (HDW) abgetragen
werden muss. Die Nähe zu
den Wohngebieten, das Arbei-
ten während der Ruhezeiten
der Anwohner und die über
Monate andauernden Immissi-
onen rufen nach umfassenden
Maßnahmen zur Reduktion des
Baulärms. Diese Maßnahmen
sind nicht per se leistungsbe-
hindernd, wie die folgenden
Ausführungen zeigen.

Der Grundstein wird mit
einem Baulärmkonzept gelegt.
Hohe Bedeutung kommt dabei
der Definition der Zeitfenster
für lärmintensive Arbeiten zu.
Dem Baulärm ist im Rahmen der
Submissionen entsprechendes
Gewicht beizumessen, indem
z.B. vom Unternehmer vorge-
schlagene lärmreduzierende
Maßnahmen als Zuschlagkri-
terium definiert werden oder
im Leistungsverzeichnis ein An-
reizsystem für die Einhaltung
der Vorgaben Lärmschutz aus-
gesetzt wird.

Als Kontroll- und Steue-
rungsinstrument werden sta-
tionäre Lärmmessungen an
exponierten Lagen empfohlen.
Die Messresultate werden
wöchentlich ausgelesen, ana-
lysiert und den Projektbetei-
ligten zugestellt. Anhand der
Tagesgrafiken wird die Einhal-
tung der Arbeitszeiten über-
prüft. Gleichzeitig können hohe
Pegelwerte analysiert werden,

Elektrotechnische Infrastruktur für Strassen und Tunnel



Hohe Betriebssicherheit



Schutzeinrichtungen



Kommunikation

Fordern Sie uns bei der Automatisierung von Gewerken inner- und ausserhalb des Strassentunnels

Die Ausrüstung von Verkehrspro-
jekten und Tunneln stellt besondere
Anforderungen an die elektrische
Infrastruktur. Ob es sich um die
schnelle Vernetzung aller Geräte und
Systeme, die wirtschaftliche Steuerung
von Pumpen, Beleuchtung und Belüf-
tung, die zuverlässige Energieverteilung
oder die sichere Überwachung aller
Einrichtungen handelt - wir entwickeln
für jede Anforderung die optimale
Lösung. Unsere Spezialisten wissen
genau, wovon sie sprechen.

Mehr Informationen unter
Telefon 052 354 55 55 oder
www.phoenixcontact.ch



um so zielgerichtet zusätzliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. HDW-Arbeiten (vor allem beim Einsatz von Handlanzen) verursachen Luftschall von bis zu 80 dBA. Die Arbeiten am Cityring haben gezeigt, dass der Lärm mit provisorischen Einhausungen um 15 dBA reduziert werden kann (Bild 7).

Schwieriger zu kontrollieren ist der Körperschall (Luftschall, der über das Erdreich in die Gebäude abstrahlt). Der Körperschall tritt lokal je nach Abstand, Fundationsart und geologischen Verhältnissen unterschiedlich stark auf. Stationäre Messungen des

Körperschalls können nicht flächendeckend durchgeführt werden und sind aufgrund der Umgebungsgeräusche in den Wohnungen schwierig zu interpretieren. Mit laufenden Optimierungen der Bauverfahren lässt sich aber auch der Körperschall reduzieren. So wurden die teilweise im Bereich des alten Füllbetons liegenden Gräben nicht gespitzt, sondern mit einer Grabenfräse ausgefräst (Bild 8). Dieses Verfahren ermöglichte, die Gräben auch außerhalb der lärmintensiven Zeitfenster zu erstellen. Das wiederum hat einen positiven Einfluss auf die Leistungswerte. Weitere Optimierungen können

choice of suitable equipment for the numerous line construction sites. Excavators with short tails as well as removable arms are mainly applied for uninterrupted passing of working places. The author believes that equipment manufacturers have still a lot to do in evolving hoisting equipment and working platforms.

3 Building as quietly as possible at Night

Night work in inner-urban areas has its price. Noise has to be reckoned with in the adjacent residential districts – for instance in the form of air-borne noise caused by demolition work in the tunnel or because the wall concrete has to be removed via high-pressure water jets (HDW) in the portal zones. Proximity to the residential areas, work carried out during the hours of repose for the residents and immissions lasting for months on end call for extensive measures to suppress the noise resulting from construction. These measures are not an obstacle to progress as such as shown in the following.

The foundation is laid by means of a construction noise concept. Towards this end the definition of the time frame for noise-intensive activities is essential. Construction noise must be accorded sufficient importance during the submission stage by e.g. defining noise-suppressing measures put forward by the contractor as an additional criterion or their inclusion in the list of services as an incentive system for adhering to the principles governing noise suppression.

Stationary noise measurements at exposed positions are recommended as a control and guidance instrument. The measurement results are read weekly, analysed and passed

on to those involved in the project. The daily charts enable adherence to working times to be checked. At the same time high level values can be analysed in order to resort to targeted additional protective measures. HDW activities (primarily when hand lances are used) cause air-borne noise of up to 80 dBA. The operations at the City Ring have revealed that noise can be reduced by 15 dBA when temporary encasements are applied (Fig. 7).

Structure-borne noise (air-borne noise which passes into buildings via the soil) is more difficult to control. Structure-borne noise occurs to different degrees locally depending on the distance, type of foundation and geological conditions. Stationary measurements of the structure-borne noise cannot be executed comprehensively and are difficult to interpret in dwellings on account of surrounding noises. However structure-borne noise can also be reduced as construction methods are optimised. Thus in some cases trenches located in the vicinity of the old filling concrete were not sprayed but cut using a trench-digging unit (Fig. 8). This method signified that trenches could also be produced outside of the noise-intensive time frames. This in turn had a positive effect on the performance values. Further optimisations were achieved by rescheduling noise-intensive activities from the night to during the day at weekends.

Communication plays an important role both in conjunction with air-borne noise as well as structure-borne noise. Local residents are provided with information relating to what is scheduled. Within the scope of regular get-togethers at which



Mulde mit Abschiebemechanismus
Trough with transfer device



Einhausungen HDW
HDW encasements



Grabenfräse

Trench-digging machine

durch das Verlegen lärmintensiver Arbeiten von der Nacht auf das Wochenende tagsüber erzielt werden.

Sowohl beim Luftschall wie auch beim Körperschall kommt der Kommunikation eine entscheidende Rolle zu. Die Anwohner werden gezielt mit Informationen über die anstehenden Arbeiten informiert. Im Rahmen von regelmäßigen Anlässen für den Erfahrungsaustausch mit den Anwohnern wird der unerlässliche Direktkontakt zwischen der lärmgeplagten Bevölkerung und den Projektbeteiligten gefördert. Dank eines über 24 Stunden besetzten Projekttelefons können die Reklamationen und Anliegen der Bevölkerung rund um die Uhr aufgenommen und beantwortet werden. Die Anrufe liefern wichtige Hinweise

für die Anpassungen von Lärm-schutzmaßnahmen, Baumethoden oder Einflussbereiche.

4 Schlussfolgerungen

Der Cityring Luzern ist in seiner Komplexität kaum zu überbieten. Die verkehrlichen, zeitlichen und umwelttechnischen Rahmenbedingungen fordern allen Projektbeteiligten viel ab. Die Kapazitäten und das Know-how der Planer, der Spezialisten und der Unternehmer sind die Voraussetzung für die Umsetzung eines solchen Vorhabens – genauso wie das Wohlwollen der betroffenen Bevölkerung. Versucht man aber der Vielfalt der Herausforderungen von allen Seiten gebührend Rechnung zu tragen, ist schnelles und zugleich leises Arbeiten inmitten einer Stadt keine Unmöglichkeit. 

findings are discussed with residents, direct contact between the noise-stressed population and those involved in the project is promoted. Thanks to a project telephone manned 24 hours a day any complaints and needs on the part of the population can be dealt with and responded to at all times. Such calls supply important pointers for adjusting noise suppression schemes, construction measures or spheres of influence.

4 Conclusions

The Lucerne City Ring can scarcely be rivalled in terms of its complexity. The basic conditions relating to traffic, chronology and the environment demand a great deal from all those involved in the project. The capacities and the know-how of the planners, the specialists and the contrac-

tors represent the prerequisite for executing such a scheme – as well as the approval of the affected inhabitants of course. However if an attempt is made to come to terms with the large number of challenges in an appropriate manner then it is not impossible to execute speedy and at the same time quiet work in the centre of a city. 