



© AlpTransit Gotthard AG

## GOTTHARD BASISTUNNEL

Die Schachtförderanlagen von Sedrun

**SIEMAG  
TECBERG**

[WWW.SIEMAG-TECBERG.COM](http://WWW.SIEMAG-TECBERG.COM)





# SPITZENTECHNOLOGIE

BERGBAU ■ ENERGIE ■ INFRASTRUKTUR

- Förder- & Hebetchnik
- Untertage Kühlsysteme
- Bremssysteme & Komponenten
- Automatisierung- & Antriebstechnik
- Mobile Winden & Krantechnik



**SIEMAG  
TECBERG**

[WWW.SIEMAG-TECBERG.COM](http://WWW.SIEMAG-TECBERG.COM)

# Gotthard-Basistunnel: Die Schachtförderanlagen von Sedrun

## Teil 1: Rohbauphase

Michael Flender, Siemag Tecberg GmbH, Haiger, Deutschland

Der 57 km lange Gotthard-Basistunnel wurde in fünf Baulosen mit drei Zwischenangriffen errichtet. Der Zwischenangriff Sedrun besteht aus zwei Blindschächten mit ca. 820 m Teufe, die nur über einen etwa einen Kilometer langen Zugangsstollen erreicht werden konnten. Die komplexen und schwierigen Rahmenbedingungen und die hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Schachtförderanlagen waren und sind eine besondere Herausforderung für den Bau und Betrieb der Anlagen. Dieser Beitrag berichtet im ersten Teil über Bau und Betrieb der Schachtförderanlage als Förder-, Material- und Seilfahrtsschacht und Einrichtungen zur Klimatisierung des Tunnelabschnitts Faido für die Ausbruchphase sowie im zweiten Teil über die Demontage und Umrüstung der Schächte und die Funktionen der endgültigen Hebeeinrichtungen der Schächte Sedrun für die Betriebsphase des Bahntunnels.

**Tunnelbau • Schachtbau • Schweiz • Zulieferer • Schachtförderung • Klimatisierung**

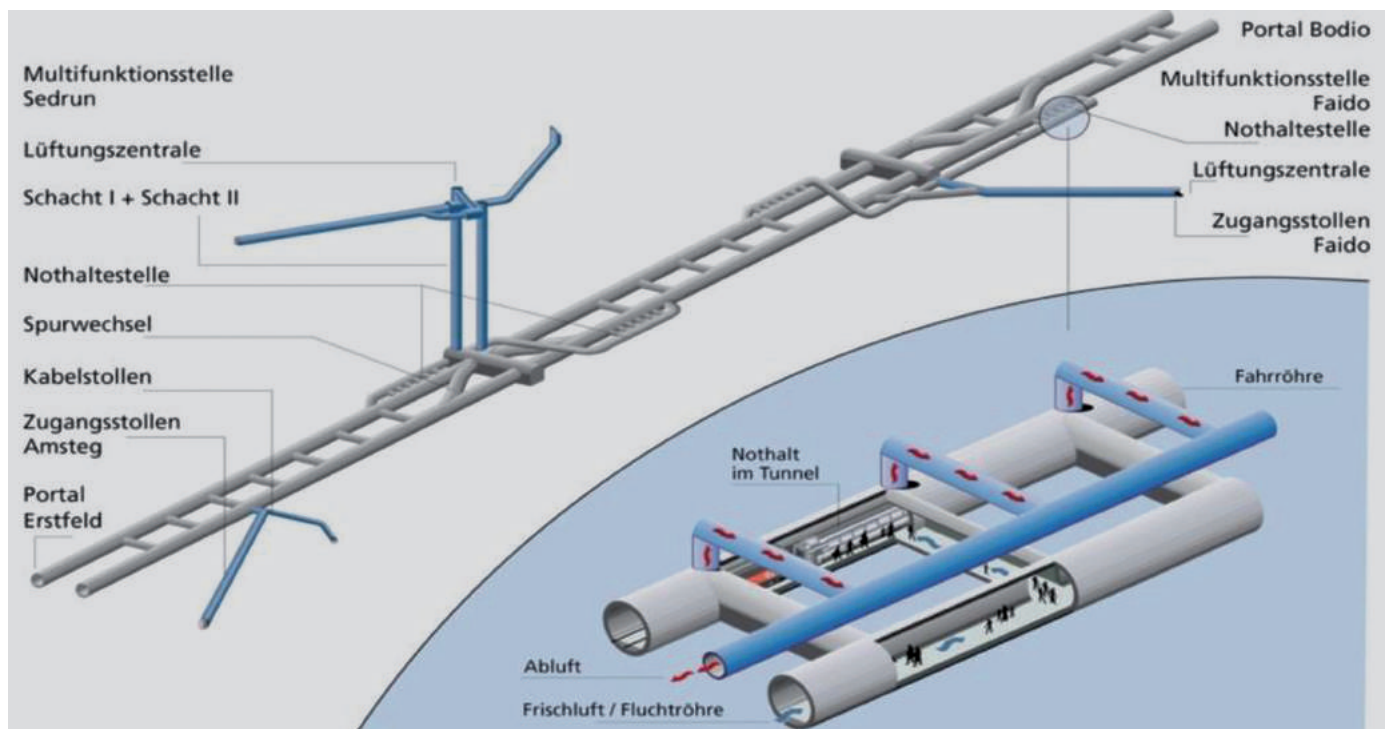
### 1 Einleitung

Der Gotthard-Basistunnel (GBT) in der Schweiz ist ein Jahrhundertbauwerk. Er wird mit seinen zwei parallel verlaufenden einspurigen Tunnelröhren von je 57 km Länge der längste Eisenbahntunnel der Welt sein. Diese Pionierleistung im Tunnelbau wird massive Verbesserungen des Reise- und Güterschwerverkehrs im Herzen Europas mit sich bringen. Reisezüge können durch die flache und relativ gerade Schienenführung der Gotthardbahn mit Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 250 km/h verkehren, wodurch sich beispielsweise die Fahrzeit zwischen Zürich und Mailand um rund eine Stunde verkürzt. Durch die Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene verwirklicht die Schweiz zudem eines der größten Umweltschutzprojekte zur Erhaltung der Berg- und Alpenwelt in Europa. Die Eröffnung des GBT ist für Dezember 2016 geplant.

Die AlpTransit Gotthard AG ist Bauherrin der neuen Eisenbahn-Alpentransversale Achse Gotthard mit den Basistunnels am Gotthard und Ceneri. 1998 gegründet, beschäftigt die Tochtergesellschaft der SBB heute am

**Bild 1:** Gesamtansicht des Gotthard-Basistunnels

Quelle: AlpTransit Gotthard AG



Hauptsitz in Luzern und an den Außenstellen in Altdorf, Sedrun, Faido und Bellinzona rund 160 Mitarbeitende. Die Siemag Tecberg GmbH wurde im Jahr 1999 erstmals von der AlpTransit Gotthard AG mit dem Bau und Betrieb von Schachtförderanlagen am Zwischenangriff Sedrun beauftragt. In der Tunnelbauphase folgte die Lieferung einer mobilen Schachtwinde für den sicheren Betrieb der Schächte Sedrun und für den Zwischenangriff Faido wurden Einrichtungen zur Tunnelklimatisierung geliefert. Für die zukünftige Inspektion, Wartung und Kabelmontage in den Schächten Sedrun wurden weltweit erstmalig Hebeeinrichtungen mit runden Inspektionsplattformen für eine vorgegebene 100-jährige Nutzungsdauer geliefert. Nach einigen Informationen zum Gesamtprojekt Gotthard-Basistunnel und den Schächten am Zwischenangriff Sedrun wird in diesem Beitrag erläutert, wie die Herausforderungen bei komplexen und schwierigen Rahmenbedingungen und hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Förderanlagen gelöst wurden. Der Teil 1 befasst sich mit den Einrichtungen für die Bauphase und der Teil 2 mit der Umrüstung der Schächte und den Funktionen der neu gelieferten Hebeeinrichtungen für die Betriebsphase des GBT.

## 2 Gotthard-Basistunnel, Multifunktionsstellen, Schächte Sedrun

Das **Bild 1** enthält eine Gesamtansicht des GBT. Auf der nördlichen Seite der Alpen befindet sich das Portal

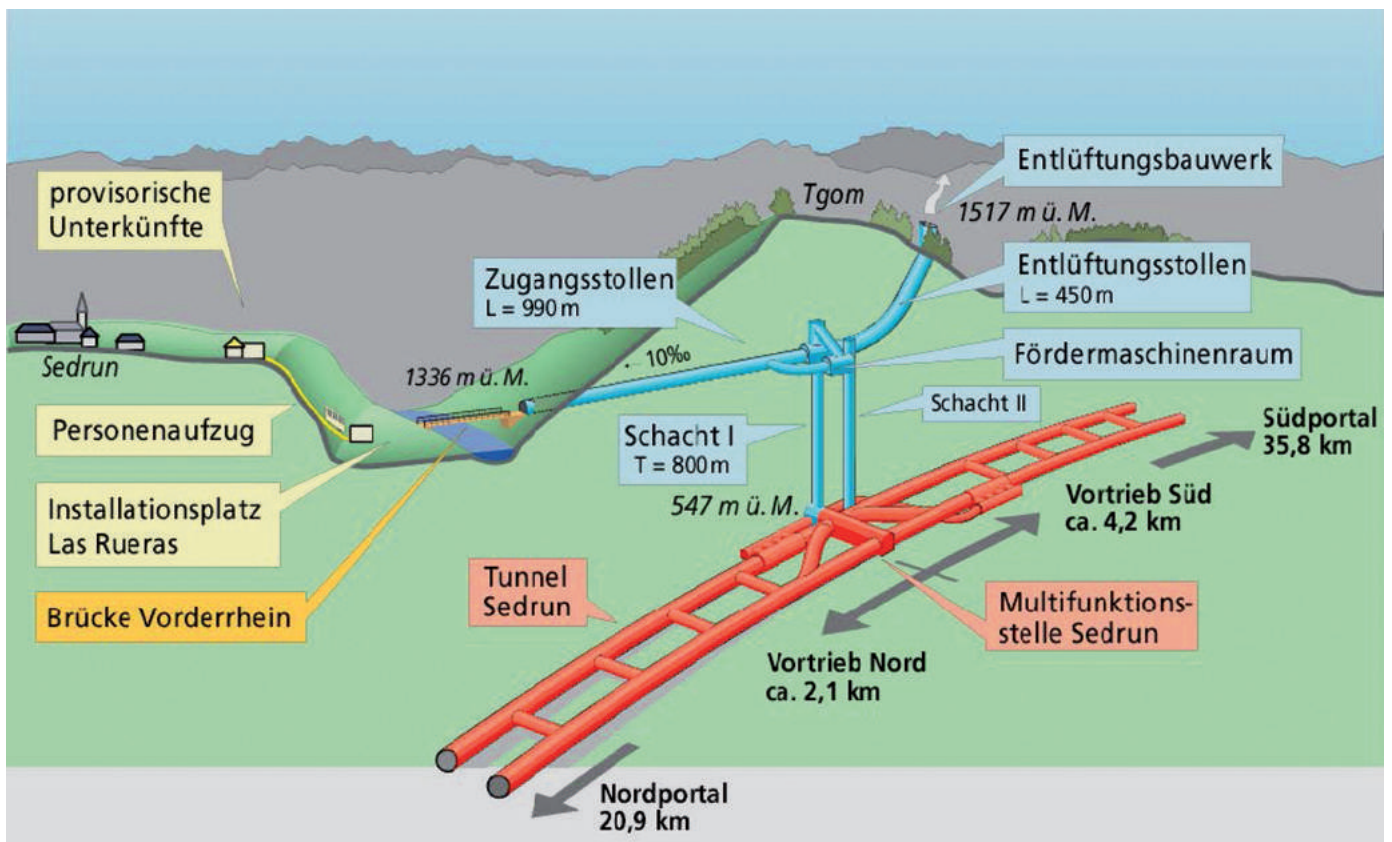
Erstfeld, südlich der Alpen liegt das Portal Bodio. Die beiden Tunnelröhren des Eisenbahntunnels sind alle 325 m über Querschläge miteinander verbunden. Um die Bauzeit des GBT kurz zu halten, wurde der Tunnel in fünf Abschnitte unterteilt, in denen gleichzeitig gearbeitet wurde. Die Tunnelvortriebe wurden sowohl von den Portalenden als auch von drei sogenannten Zwischenangriffen aus durchgeführt.

Durch die beiden Zwischenangriffe Sedrun und Faido wird der Tunnel in drei annähernd gleich lange Abschnitte aufgeteilt. Aus diesem Grund wurden an diesen Stellen ganze Bahnhöfe in den Fels gesprengt, die als Multifunktionsstellen (MFS) bezeichnet werden. Bei einer Störung oder einem Notfall können die Züge in den seitlich angelegten Nothaltestellen der MFS parken. Von dort aus können die Passagiere über Fluchtwege in die jeweils andere Röhre gelangen und in einen Rettungszug umsteigen. Sollte ein Brand entstehen, wird über die Betriebslüftung der Rauch abgesaugt. Die MFS bestehen neben den Nothaltestellen aus großen Kavernen, in denen die erforderlichen Technikgebäude für den Bahnbetrieb und die Betriebslüftung untergebracht sind.

Die MFS Faido wird über einen 2.700 m langen Zugangsstollen und die MFS Sedrun über zwei Vertikalschächte mit etwa 800 m Teufe sowie einen Entlüftungsschacht belüftet. Die beiden Blindschächte und die Schachtförderanlagen in Sedrun sind über einen ca.

**Bild 2:** Zwischenangriff für Teilabschnitt Sedrun

Quelle: AlpTransit Gotthard AG



1.000 m langen Zugangsstollen erreichbar (**Bild 2**). Für die Schachtförderanlagen wurden Kavernen ausgebrochen.

Der Zwischenangriff in Sedrun war nicht nur aufgrund seiner Zugänglichkeit über die Schächte und seiner untertägigen Baustelle eine Besonderheit, auch die Tunnelvermessung über die Schächte, der hohe Gebirgsdruck und die weichen Gesteinsschichten stellten große Herausforderungen dar. Ein Bohren mit einer Tunnelbohrmaschine und ein schnelles Fortkommen waren aufgrund der besonderen Geologie im 8,5 km langen Teilabschnitt Sedrun nicht möglich. Die MFS und die vier Tunnelvortriebe wurden daher im konventionellen Sprengvortrieb ausgebrochen und jeder neu gewonnene Meter musste aufwendig gesichert und befestigt werden.

Für eine mögliche unterirdische Bahnhofstabelle, die sogenannte „Porta Alpina Sedrun (PAS)“, erweiterte die AlpTransit Gotthard AG die beiden Nothaltestellen in der MFS Sedrun um je zwei Wartehallen. Der aktuelle Planungsstand zur Leistungsfähigkeit des GBT sieht die Realisierung und Nutzung der PAS aber nicht vor. Eine alternative Nutzung der bestehenden Wartehallen zu touristischen Zwecken oder eine Realisierung der PAS in der Zukunft sind jedoch möglich.

### 3 Übersicht des Projektablaufs

Die AlpTransit Gotthard AG hat Siemag Tecberg während des GBT-Projekts mit folgenden Baulosen beauftragt:

- ▶ Teil 1: Planung, Herstellung, Lieferung, Montage, Inbetriebnahme und Betrieb von Einrichtungen zur Schachtförderung und zur Tunnelklimatisierung für die Bauphase in den Jahren 1999 bis 2012:
  - Im September 1997 Auftrag zur Lieferung, Inbetriebnahme und Betrieb der Schachtförderanlagen Schacht I (Lose 356, 360)
  - Im August 2001 Auftrag zur Lieferung, Inbetriebnahme und zum Betrieb einer mobilen Schachtwinde (Los 372)
  - Im Jahr 2001 Auftrag zur Lieferung zusätzlicher Einrichtungen für den Wagenumlauf am Schachtkopf und -fuß der Schachtförderanlage Schacht I (Auftraggeber hierfür war die ARGE Transco/UN Los 360)
  - Inbetriebnahme der Schachtförderanlagen (Los 356), gemäß TAS und BVOS, im September 2002
  - Betrieb der vollautomatischen Schachtförderanlagen von September 2002 bis August 2012 in eigener Regie und Verantwortung der Siemag Tecberg für den Bau der untertägigen Bahntunnel und der Multifunktionsstelle (Los 360)
  - Im Jahr 2002 und 2008 Lieferung eines Dreikammerrohraufgebers zur Klimatisierung des Tunnelabschnitts Faido
- ▶ Teil 2: Umrüstung der Schächte Sedrun und Funktionsbeschreibung der neu gelieferten Hebeeinrichtungen für die Betriebsphase des Bahntunnels:
  - Im November 2011 Unterzeichnung eines Werkvertrags zwischen der AlpTransit Gotthard AG

und Siemag Tecberg über die Installation und den Betrieb der neuen und endgültigen Hebeeinrichtungen (Los D) für die zwei 800 m tiefen Vertikalschächte in Sedrun

- Im August 2013 Inbetriebnahme der Doppel-trommel- und Einseiltrommelwinde der neuen Hebeeinrichtungen zunächst für den Betrieb der temporären Baustelleneinrichtungen für den Schachtausbau
- Im März 2014 Inbetriebnahme der neuen Hebeeinrichtungen Los D mit spurlattengeführter Inspektionsplattform für die Betriebsphase des GBT
- Zurzeit Integration der neuen Hebeeinrichtungen in die Leittechnik des Bahntunnels und Schulungen des Wartungs- und Prüfpersonals

## 4 Schachtförderanlagen für die Tunnelbauphase (Los 356)

### 4.1 Allgemeines

Der Schacht I war die Hauptschlagader der Tunnelbaustelle im Teilabschnitt Sedrun. Durch dieses Nadelöhr gingen während der Bauphase nahezu der gesamte Schüttgut- und Materialtransport sowie die Personenbeförderung. Außerdem wurde über den Schacht I die Versorgung der Baustellen mit elektrischer Energie, Druckluft, Brauchwasser und Verbrauchsstoffen sowie die Versorgung für die Wasserhaltung und insbesondere auch die Bewetterung mit Frischluft sichergestellt. Zusätzlich war die gesamte Signal- und Kommunikationstechnik im Schacht I untergebracht.

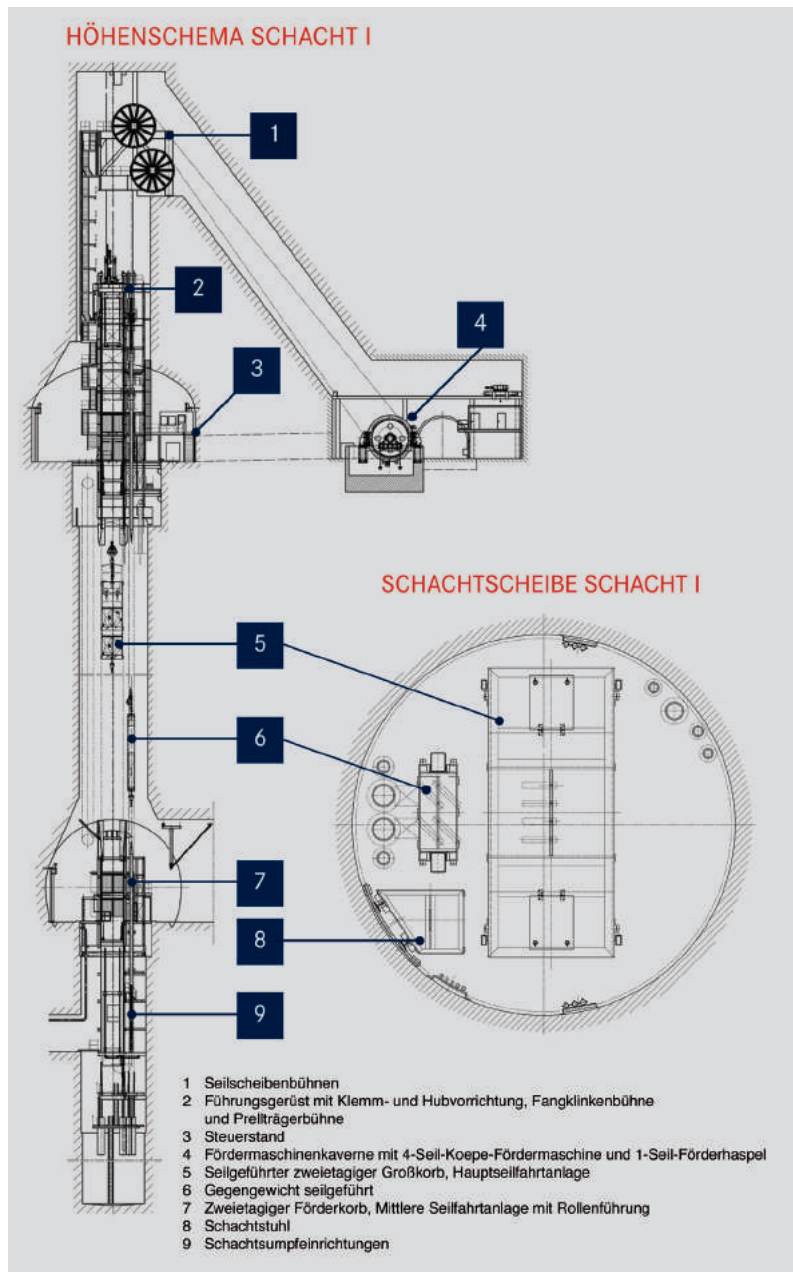
Die Schachtförderanlagen im Los 356 mussten in der Ausbruch- und Rohbauphase im 3-Schichtbetrieb an sieben Tagen pro Woche und 340 Tagen im Jahr mit der maximalen Förderleistung für folgende Aufgaben zur Verfügung stehen:

- ▶ Personenbeförderung (Seilfahrten)
- ▶ Materialtransporte (Ausbruchmaterial)
- ▶ Transporte von Einbaumaterial
- ▶ Schwerlasttransporte
- ▶ Langteiltransporte
- ▶ Nebenseilfahrten (Selbstfahrerseilfahrten)
- ▶ Schachtrevisionen

Die kompletten Schachtförderanlagen im Los 356 wurden nach den Regelwerken der deutschen Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen (BVOS) und den zugehörigen Technischen Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (TAS) ausgelegt. Darüber hinaus wurden die Richtlinie für Schachttransportanlagen der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) und weitere geltende Schweizer Vorschriften berücksichtigt.

Das Los 356 für den Schacht I bestand im Wesentlichen aus den beiden folgenden Schachtförderanlagen (**Bild 3**):

- ▶ Hauptseilfahrtanlage als vollautomatische Großkorbtransportanlage mit Seilführung
- ▶ Mittlere Seilfahrtanlage mit Schienenführung



**Bild 3:** Schachtförderanlagen im Schacht I Sedrun für die Rohbauphase

Quellen: Siemag Tecberg GmbH, wenn nicht separat gekennzeichnet

Zusätzliche Einbaukomponenten im Schacht I waren:

- ▶ Führungsgerüst Schachtkopf
- ▶ Krananlagen Schachtkopf und -fuß
- ▶ Schachtfußeinrichtungen
- ▶ Schachtstuhl
- ▶ Beschickungseinrichtungen
- ▶ Seilauflage- und Seilwechseinrichtungen
- ▶ Unabhängige mobile Schachtwinde (Los 372)

Mit der Großkorbförderanlage (**Bild 3**) wurden die Baumaterialien für die untertägigen Kavernen, Technikgebäude und vier Tunnelvortriebsstellen transportiert und das Ausbruchmaterial gefördert. Die als Hauptseilfahrtanlage konzipierte Großkorbförderanlage bestand aus einer einrümigen, zweietagigen Großkorbgewegungsanlage. Auf jeder Korbetage

wurde ein Förderwagen mit einem Fassungsvermögen von  $11 \text{ m}^3$  und einer Nutzlast von  $19,2 \text{ t}$  transportiert. Am Schachtkopf und am Schachtfuß sorgten automatische Beschickungseinrichtungen für eine kontinuierliche Be- und Entladung des Großkorbs. Bei Notfällen oder Betriebsunterbrechungen konnten zusätzlich Personen mit dem zweietagigen Förderkorb der Mittleren Seilfahrtanlage (MSFA) befördert oder evakuiert werden.

Die Mittlere Seilfahrtanlage diente hauptsächlich als vollautomatische Seilfahrtanlage für Selbstfahrer. Die Anlage wurde für Schachtrevisionsfahrten, gelegentliche Seilfahrten zur Beförderung von Wartungs- und Bedienpersonal sowie für die eventuelle Personenrettung vom Großkorb oder aus dem Tunnelvortrieb genutzt. Eine Personenrettung vom Großkorb wäre auf der Westseite des Großkorbs durch Notverschlüsse in den Seitenwänden der beiden Fördermittel möglich gewesen, kam glücklicherweise aber nie zum Einsatz.

Die Schachtfördermaschinen von Los 356 befanden sich, wie im **Bild 3** dargestellt, in einer separaten Fördermaschinenkaverne westlich des Schachts I in Fluraufstellung. Die 2-Satz-4-Seil-Umlenkscheiben mit einem Durchmesser von  $4,8 \text{ m}$  waren am Schachtkopf oberhalb des Führungsgerüsts auf Trägerkonstruktionen – der oberen und der unteren Seilscheibenbühne – in der Schachtglocke montiert. Die Seilführung der Förderseile erfolgte vom Fördermaschinenraum durch einen Schrägschacht (Seilkanal) in die Schachtglocke, in der die Seile über die Seilscheibenbühnen in den Schacht I umgelenkt wurden. Auf der unteren Seilscheibenbühne mit den Seilscheiben für das Gegengewicht der Hauptseilfahrtanlage war auch die Seilscheibe der Mittleren Seilfahrtanlage mit einem Durchmesser von  $3,2 \text{ m}$  angeordnet.

In den folgenden Kapiteln werden die Schachtförderanlagen und ein Teil der zusätzlichen Einbaukomponenten näher beschrieben. Das Kapitel 4.5 geht auf den Betrieb der Anlagen in der Rohbauphase ein. Die wesentlichen technischen Daten der beiden Förderanlagen sind in der **Tabelle 1** zusammengefasst. [1]

## 4.2 Hauptseilfahrtanlage

### 4.2.1 Maschine, Treibscheibe und Bremseinrichtungen

Die 4-Seil-Koepe-Fördermaschine (**Bild 4**) wurde direkt über einen Fördermotor mit einer Motorleistung von ca.  $4,2 \text{ MW}$  angetrieben. Der Fördermaschinenmotor war mit einer Wasserkühlung ausgestattet, um eine unnötige Aufheizung des Fördermaschinenraums zu verhindern. Die Rückkühlanlage arbeitete im geschlossenen Kreislauf mit einem Wärmetauscher. Die Seilbetriebslast der Anlage setzte sich aus der Nutzlast von  $50,8 \text{ t}$ , dem Korbgewicht von  $26 \text{ t}$ , dem Seilgewicht von  $32 \text{ t}$  und sonstigen Lasten in Höhe von  $7,2 \text{ t}$  zusammen und betrug insgesamt  $116 \text{ t}$ .

Die Treibscheibe mit einem Durchmesser von  $4,8 \text{ m}$  verfügte über zwei Bremscheiben. Die hydraulische

Scheibenbremseinrichtung, Typ SB1 bremste im Sicherheitsbremsfall die Fördermittel mit verzögerungsgegenerter Bremskraft sicher bis zum Stillstand. Insgesamt zehn Bremszangen des Typs BE 100 hielten die maximale Überlast statisch mit mindestens dreifacher Sicherheit. Die Koepe-Fördermaschine war mit robusten Gleitlagern ausgerüstet, die mit einer Ölumlaufschmierung und hydrostatischer Anfahrhilfe versorgt wurden. Doppelrilliges Treibscheibenfutter ermöglichte ein einfaches Nachdrehen mittels einer Abdrehvorrückung. Die Treibscheibe der Fördermaschine wurde zur Vereinfachung von Transport, Montage und Demontage zweiteilig ausgeführt. [1]

#### 4.2.2 Großkorb, Gegengewicht und Beschickungseinrichtungen

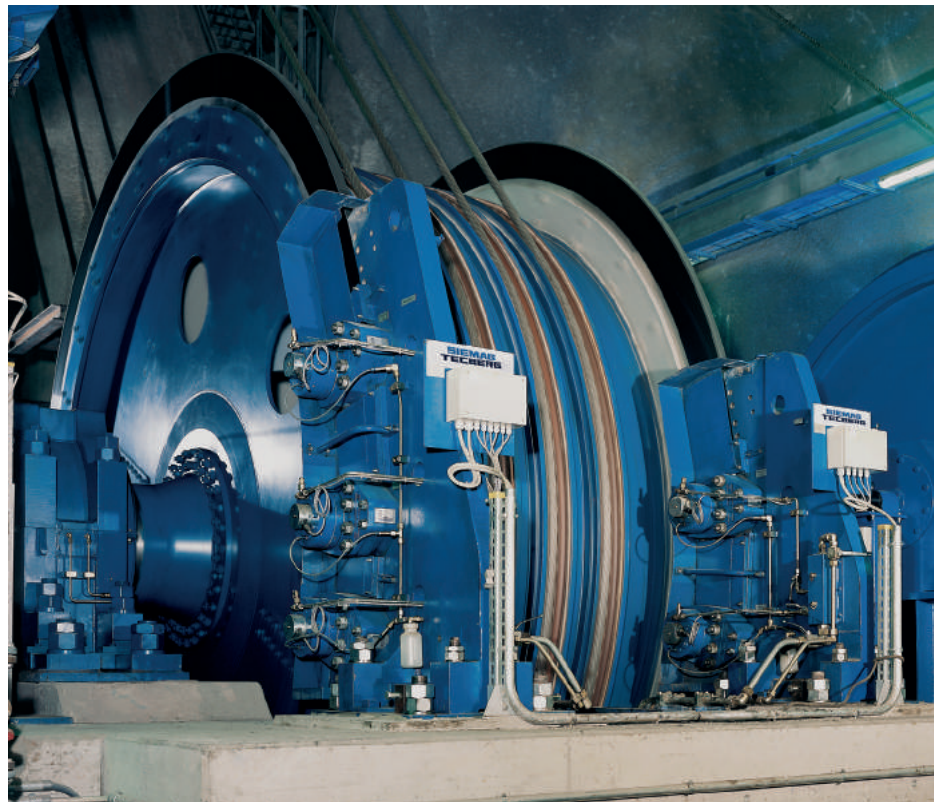
Der zweietagige Großkorb mit den Abmessungen 6,0 m × 2,6 m × 9,5 m wurde im Schacht I an vier Seilen geführt. Der mittlere Etagenboden konnte für Großteiltransporte mittels einer Schiebebühne leicht demontiert werden. Der Kopffrahmen des Großkorbs war mit zwei Kettenzügen mit einer Hublast von je 10 t ausgerüstet, welche die Handhabung schwerer und sperriger Transportteile erleichterten. Der Gegengewichtsrahmen war zum Auflegen des notwendigen Ballasts beziehungsweise zur Kompensierung der halben Nutzlast mit Gewichtsplatten ausgelegt. Das Gegengewicht wurde ebenfalls an vier Seilen geführt.

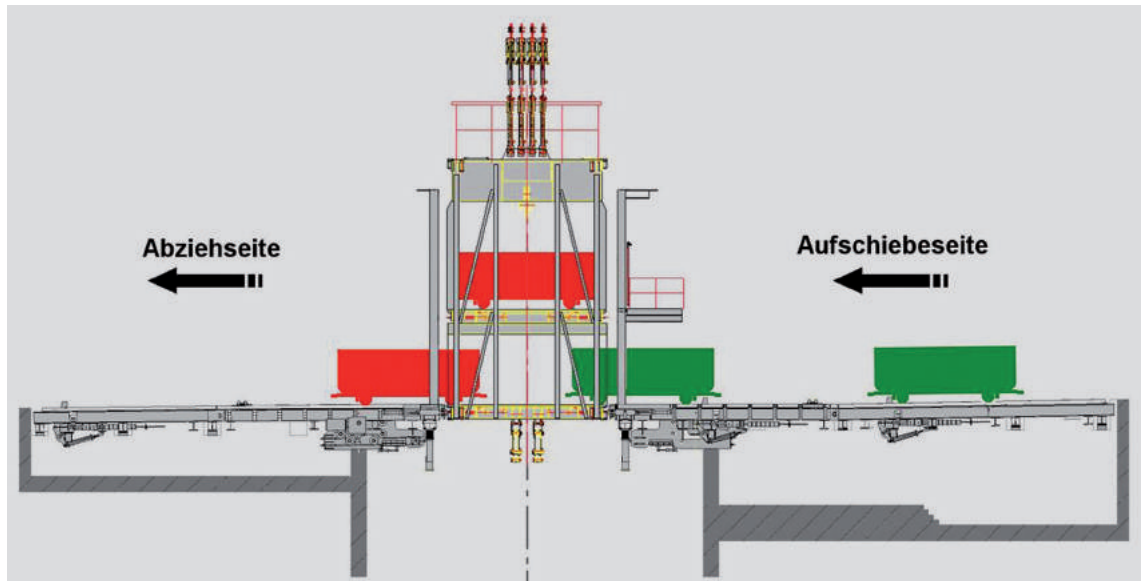
Alle Transporte für die untertägigen Baustellen wurden mit schienengebundenen Förderwagen mit einer maximalen Gesamtmasse von ca. 25 t durchgeführt. Das Ausbruchmaterial der Tunnelvortriebe wurde mit der Schachtförderanlage nach über Tage und dann mit Loks bis zur Kippstation transportiert. In umgekehrter Folge wurde das Ausbaumaterial vom übertägigen Installationsplatz zu den Tunnelvortrieben transportiert. Ein eigens konzipierter Wagenlauf (Gleisharfe) am Schachtkopf und -fuß sowie eine völlig neu entwickelte Beschickungseinrichtung stellten den reibungslosen Betrieb sicher (Bild 5). Die Förderwagen wurden auf der Tunnelsohle und im Zugangsstollen im Zugverband auf ein Zuführgleis gefahren, dort automatisch entkuppelt und einzeln dem Schacht zugeführt. Eine Vorsperre und eine Schachtsperre regelten den Zulauf der Förderwagen zur Aufschiebeposition. Die Beschickungseinrichtung ermöglichte es, die besonders schweren Förderwagen dennoch schnell, sicher und punktgenau auf den Korb aufzuschieben und vom Korb abziehen. Die Förderwagen wurden von Aufschiebern bzw. Abziehern zur Zielposition geführt, die durch Kupplungsklauen kontrolliert wurden. Eine besondere Herausforderung lag darin, das vollautomatische Beschleunigen, Abbremsen und punktgenaue Positionieren von Förderwagen mit automatischen Kupplungen zu gewährleisten. Dies wurde mithilfe einer speicherprogrammierbaren Steuerung und frequenzgeregelten Antrieben mit einer Leistung von 30 kW realisiert.

**Tabelle 1:** Technische Daten der Schachtförderanlagen im Schacht Sedrun I für die Ausbruchphase

Bezeichnung	Hauptseilfahrtanlage	Mittlere Seilfahrtanlage
Art der Förderung	4-Seil-Koepe	Eintrommel
Förderkapazität	täglich 6.350 t + 50 Materialeinheiten + 960 Personen	18 Personen/Zug
Fördermittel	zweietagiger-Großkorb + Gegengewicht	zweietagiger Korb
Art der Führung im Schacht	Seilführung	Schienenführung
Förderhöhe	795 m	795 m
Nutzlast	50,8 t	1,6 t
Fördergeschwindigkeit	18 m/s (Material); 12 m/s (Seilfahrt)	4 m/s
Maschinentyp	KW / 4800 / D	SDW / 3000 / G
Treibscheiben-/Trommeldurchmesser	4,8 m	3,0 m
Motorleistung	4.176 kW	270 kW
Seilbetriebslast	1.140 kN	60 kN
Anzahl der Seile	4	1
Seildurchmesser	52 mm	28 mm
Seilbruchlast	4 x 1.980 kN	570 kN
Bremsentyp	Scheibenbremse, 2 Scheiben	Scheibenbremse, 1 Scheibe
Anzahl Bremsständer	4	1
Anzahl und Typ der Bremszangen	10 BE 100	3 BE 100
Bremsensteuerung	SB1	ST1 SB
Art der Sicherheitsbremse	verzögerungsge-regelt	Restdruckbremse

**Bild 4:** 4-Seil-Koepe-Fördermaschine 4.800 mm mit Direktantrieb





**Bild 5:** Beschickungseinrichtung zur Be- und Entladung des Förderkorbs mit kontrolliert geführten Förderwagen

Der Großkorb wurde an beiden Anschlägen mittels einer Korbaltevorrichtung auf Sohlniveau in Position gehalten, sodass die Beladung des Korbs horizontal erfolgen konnte und keine Schwingbühnen zum Ausgleich der Seillängen erforderlich waren. Nach dem Be- oder Entladen wurde über die Steuerung der Korbaltevorrichtung die Last in die Seile übergeben. [1]

#### 4.2.3 Seillastmess- und Bremseinrichtungen

Die Schachtförderanlagen des Loses 356 wurden nach den Sicherheitsvorschriften der deutschen TAS und der BVOS sowie den geltenden Schweizer Vorschriften und im Hinblick auf die Sicherstellung der Förderleistung und Verfügbarkeit ausgelegt. Wie für moderne und sichere Schachtförderanlagen üblich, wurden folgende dem Stand der Technik entsprechende Sicherheitseinrichtungen installiert:

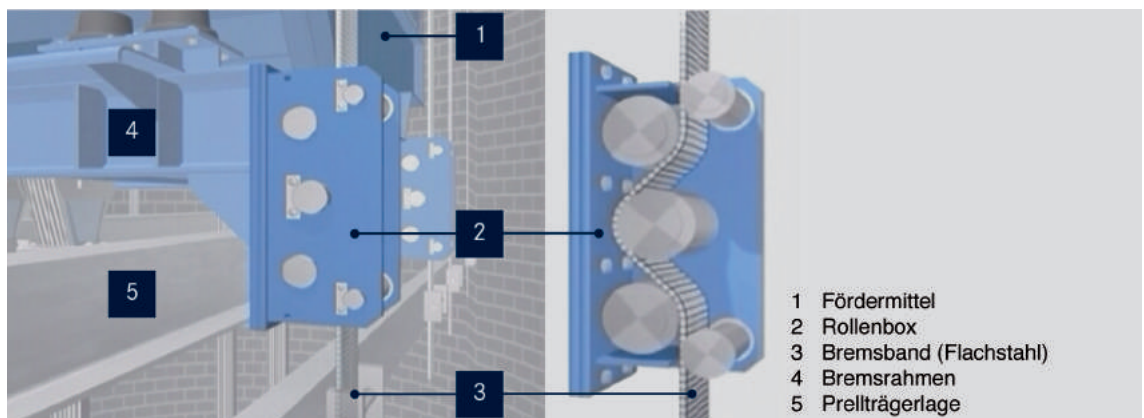
- ▶ Seillastmesseinrichtungen (SME)
- ▶ Siemag Tecberg Safety Arrestor (SSA)

Die Oberseil-Zwischengeschirre des Typs ST 320 am Großkorb waren mit Klemmkauschen und hydraulischen

Versteckvorrichtungen sowie mit einer integrierten elektronischen Seillastmesseinrichtung SME ausgerüstet. Die Verstecklänge des Geschirrs betrug 600 mm. Die Seillastmesseinrichtung SME wurde für die kontinuierliche Überwachung der Seillasten bei Mehrseilanlagen entwickelt. Für jedes Seil war jeweils eine Kraftmessdose vorgesehen, die vor mechanischen Beschädigungen geschützt im Oberseil-Zwischengeschirr des Großkorbs integriert war. Mit einer SME können genaue und zuverlässige Lastmessungen durchgeführt und ausgewertet werden.

In den Übertreibwegen des Großkorbs und Gegengewichts im Schachtkopf sowie im Schachtsumpf waren SSA-Übertreibabbremseinrichtungen eingebaut, die bei unkontrolliertem Überfahren der Schachtendpunkte den Großkorb und das Gegengewicht sicher und kontrolliert abzubremsen vermochten. Aus Platzgründen wurden für das Gegengewicht die SSA-Bremseinrichtungen in die Vierkant-Hohlprofile der Spurlatten eingebaut. Über Fanghaken konnte das Gegengewicht aufgenommen und sicher abgebremst werden. Die SSA funktioniert über Umwandlung von kinetischer und

**Bild 6:** Prinzipieller Aufbau der SSA-Bremseinrichtung





potenzieller Energie in Verformungsenergie und Wärme. Der prinzipielle Aufbau der SSA-Bremseinrichtung ist im **Bild 6** dargestellt. Sie besteht in der Regel aus einem Bremsrahmen mit Rollenboxen, welche an Flachstahlbändern (Bremsbänder) geführt werden. Die Bremsbänder sind fest im Schacht verlagert. Beim Übertreiben prallt das Fördermittel (1) auf den Bremsrahmen (4) und die Bremsbänder (3) werden durch die Rollenboxen (2) in linearer Richtung plastisch verformt. Als Endanschlag am Fahrwegende befinden sich die Prellträger (5). Die Bremskraft wird durch die wechselseitige Kaltumformung der Flächstähle erzeugt und führt zu einer kontrollierten Verzögerung des Fördermittels. Da die SSA-Bremseinrichtung relativ genau berechnet werden kann, kommt es im Ereignisfall nicht zur Überlastung der dafür ausgelegten Bauteile. [1, 2, 3]

### 4.3 Mittlere Seilfahrtanlage

Die Mittlere Seilfahrtanlage bestand aus einem schienegeführten zweietagigen Förderkorb, der maximal 18 Personen bzw. 1,6 t Nutzlast aufnehmen konnte. Die Führung des Förderkorbs im Schacht erfolgte über gefederte Führungsrollen. Der Einseiltrommel-Förderhaspel (**Bild 7**) wurde mit einem Fördermotor mit einer Leistung von 270 kW indirekt über ein Kegelnstirnradgetriebe mit einer maximalen Fördergeschwindigkeit von 4 m/s betrieben. Die Trommel mit einem Durchmesser von 3 m verfügte über eine Bremscheibe. Eine hydraulische Scheibenbremseinrichtung Bauart ST1 SB bremste im Sicherheitsbremsfall das Fördermittel mit konstanter Bremskraft sicher bis zum Stillstand. [1]

### 4.4 Mobile Schachtwinde

Das Sicherheitskonzept für den Zwischenangriff Sedrun sah eine unabhängige mobile Schachtwinde (**Bild 8 (a+b)**) zur Rettung von Personen an den beiden Schächten Sedrun beispielsweise für einen Ausfall der Spannungsversorgung der Förderanlagen vor, sodass in in derartigen Fällen die mobile Schachtwinde an der dafür vorgesehenen Position am jeweiligen

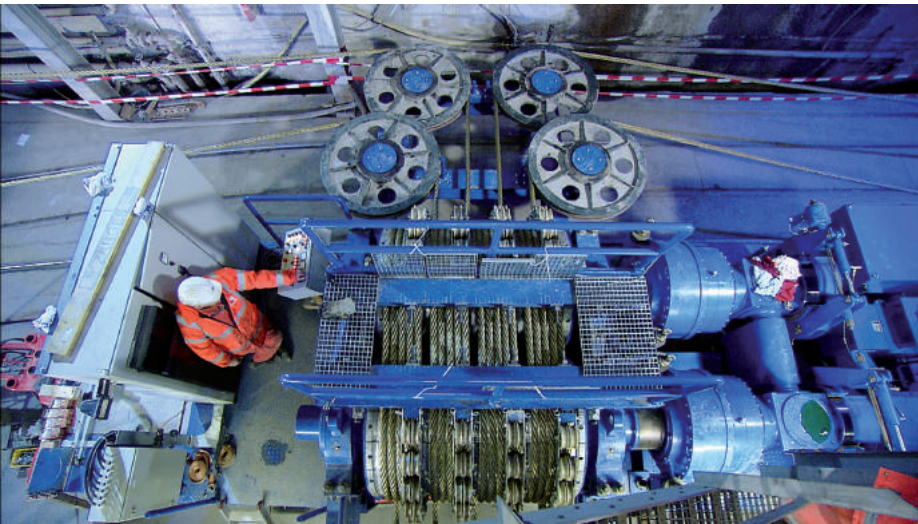
**Bilder 8 a und b:** Mobile Schachtwinde



**Bild 7:** Einseiltrommel-Förderhaspel der mittleren Seilfahrtanlage

**Tabelle 2:** Technische Daten der mobilen Schachtwinde

Seilkapazität	885 m
Seilbetriebslast	5 t
Arbeitsradius	7,2 bis 9,7 m
Maximale Auslegehöhe	12,2 m
Schwenkbereich	360°
Seildurchmesser	22 mm
Maximale Seilgeschwindigkeit	1 m/s
Trommeldurchmesser	1.200 mm



**Bild 9:** Mobile Friktionswinde mit Umlenkrollenbock

Schacht aufgestellt und fixiert werden konnte. Für die Personenrettung standen zwei unterschiedlich große Rettungskörbe zur Verfügung. Im Einsatzfall konnte ein Rettungskorb an der Rundseilkausche der mobilen Schachtwinde angeschlagen werden. Zur Personenrettung konnte der Rettungskorb mithilfe des verdrehbaren und teleskopierbaren Auslegers über den Schacht geschwenkt und in diesen herabgelassen werden.

Die technischen Daten der mobilen Schachtwinde sind in der **Tabelle 2** zusammengefasst. Alle Arbeitsfunktionen werden hydraulisch angetrieben. Die Energieversorgung erfolgt über ein Kabel oder alternativ über ein fest auf der Winde installiertes Dieselaggregat. Die maximale Seillast beträgt 5 t. Die Geschwindigkeit ist im Bereich von 0 bis 1,0 m/s stufenlos einstellbar. Ein Kabel im Förderseil ermöglicht die Kommunikation zwischen dem Windenfahrer und der Besatzung im Rettungskorb. Die Winde ist auf einem vierachsigen Lkw montiert und entspricht den Bergbauvorschriften mit bergamtlicher Zulassung. [1, 4]

#### 4.5 Betrieb der Schachtförderanlagen in der Rohbauphase und Hilfseinrichtungen für den Seilwechsel

Die vollautomatische Großkorbförderanlage musste von September 2002 bis August 2012 im 3-Schichtbetrieb, an sieben Tagen pro Woche und 340 Tagen im Jahr dem Tunnelbauunternehmen ARGE Transco-Sedrun für seine Personenbeförderung und Materialtransporte zur Verfügung stehen. Die Siemag Tecberg GmbH war als Betreiberin verpflichtet, jederzeit die maximale Förderleistung von 6.350 t Berge/d zuzüglich

**Tabelle 3:** Technische Daten der mobilen Friktionswinde

Trommeldurchmesser	1.200 mm
Zugkraft	700 kN
Geschwindigkeit	0 bis 0,2 m/s

50 Materialeinheiten fördern zu können. Bis zu 650 m<sup>3</sup> Betonkies/d wurden für den Innenausbau der Tunnelröhren verbraucht.

Die Hauptaufgabe bestand also darin, einen störungsfreien Betrieb der Schachtförderanlagen zu gewährleisten. Das erforderte gezielte Maßnahmen, wie planmäßige Wartungen oder vorbeugende Ersatzmaßnahmen bei Verschleißteilen mit entsprechender Ersatzteilhaltung. Um ein Höchstmaß an Sicherheit zu bieten, wurden alle verfügbaren sicherheitsrelevanten Einrichtungen in die Schachtförderanlagen im Schacht I eingebaut. Darüber hinaus wurden während des 3-Schichtbetriebs alle bergrechtlich vorgeschriebenen Revisionen der Anlagenteile vom Betriebspersonal durchgeführt. Unterstützt wurde das Personal vor Ort bei Bedarf durch Mitarbeiter der Service- und Montageabteilung des Hauptsitzes in Deutschland. Die kaufmännische Betreuung des Betreibers der Betriebsstätte erfolgte ebenfalls von dort aus.

Der Seilwechsel ist eine höchst sicherheitsrelevante und durch die deutschen Sicherheitsstandards TAS und BVOS vorgeschriebene Maßnahme. Seile müssen an den Schachtförderanlagen täglich visuell durch das Betriebspersonal überprüft werden. Durch mindestens jährlich stattfindende magnetinduktive Seilprüfungen durch Sachverständige wird der Zeitpunkt eines notwendigen Seilwechsels festgestellt. Zu den typischen Seilwechseleinsätzen zählt das Wechseln der Förderseile, Unterseile und der zugehörigen Seilgeschirre. An der Großkorbförderanlage im Schacht I erfolgte der Seilwechsel in der Regel alle drei Jahre.

Die Mitarbeiter von Siemag Tecberg führten mit ihrem Know-how als Spezialisten für Schachtfördererntechnik die Seilwechseleinsätze für die Schachtförderanlagen in Sedrun selber durch. Um kostspielige Betriebsunterbrechungen zu minimieren, wurden geeignete Hilfseinrichtungen aus eigener Konstruktion genutzt. Das notwendige Equipment wurde an den dafür vorgesehenen Stellen aufgebaut. In Sedrun wurden für den Seilwechsel folgende Einrichtungen aufgebaut:

- ▶ Mobile Friktionswinde,
- ▶ Klemm- und Hubvorrichtung
- ▶ Wickelhäspel mit leeren Seiltrommeln
  - ▷ zum Aufspulen der alten Seile
  - ▷ zum Einhängen neuer Seile
- ▶ Vertikale Umlenkscheiben am Schacht
- ▶ Horizontale Umlenkscheiben am Einlauf der Friktionswinde.

Mit der im **Bild 9** dargestellten mobilen Mehrseil-Friktionswinde konnten alle vier Seile gleichzeitig in den Schacht eingezogen und im Umkehrbetrieb herausgezogen werden. Die Fahrwerke der Friktionswinde sind hydraulisch absenkbar, sodass selbige auf den vorgesehenen Fundamenten abgesetzt und verankert werden konnte. Die **Tabelle 3** enthält die technischen Daten der mobilen Friktionswinde.

Die im **Bild 10** dargestellte Klemm- und Hubvorrichtung war auf der Prellträgerbühne unterhalb der

**Tabelle 4:** Technische Daten der Klemm- und Hubvorrichtung

Hubkraft	1.000 kN
Hub	1.200 mm

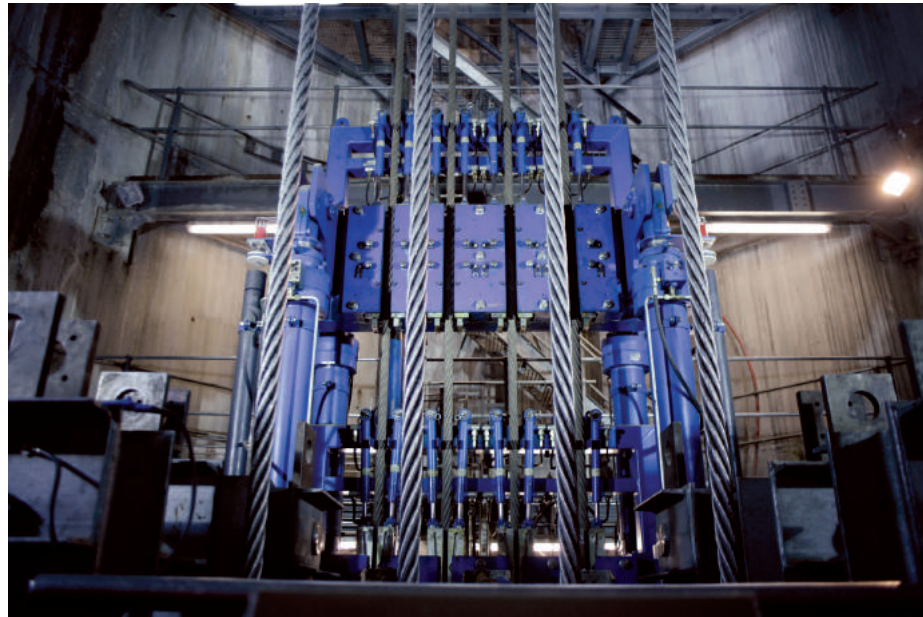
Seilscheibenbühne fest installiert und konnte im Bedarfsfall von der Parkposition in die Arbeitsposition zwischen die Förderseile gefahren werden. Mithilfe der Klemm- und Hubvorrichtung konnten gleichzeitig alle vier Förderseile geklemmt und die Gesamtlast eines Fördertrums angehoben oder abgesenkt werden. Neben dem Einsatz beim Seilwechsel kann mit der Klemm- und Hubvorrichtung auch Schlaffseil zum Seilkürzen und für das Wechseln der Fördermittel erzeugt werden. Die **Tabelle 4** enthält die technischen Daten der Klemm- und Hubvorrichtung.

Mithilfe der mobilen Friktionswinde und der Klemm- und Hubvorrichtung konnten die komplizierten und gefährlichen Arbeiten am Schacht I in Sedrun sicher durchgeführt werden. Das schachterfahrene Personal der Betreiberin führte die Seilwechsel der 4-Seil-Koepe-Fördermaschine in ca. sechs Schichten durch. Es galt außerdem zu beachten, dass die neuen Förderseile zu Beginn des Förderbetriebs langsam eingefahren wurden. [1, 5, 6, 7, 8, 9]

## 5 Tunnelklimatisierung im Teilabschnitt Faïdo

An die Tunnelklimatisierung werden die gleichen Anforderungen wie an Schachtförderanlagen gestellt. Höchste Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Betriebssicherheit muss gewährleistet sein, um Wartungs- und Instandhaltungskosten auf ein Minimum zu reduzieren und um Stillstands- und Produktionsausfallkosten möglichst zu vermeiden.

Wegen der Gebirgswärme und der Abwärme von Maschinen war eine Kühlung erforderlich, um die schwül-heißen Arbeitsbedingungen unter Tage zu verbessern. Für untertägige Arbeiten sind von der SUVA (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) klare Vorgaben an den Arbeitsplatz formuliert, um Hitzekrankheiten bei achtstündiger Schwerarbeit vorzubeugen. Die Lufttemperatur darf aus diesen Gründen in den Bereichen der Hauptarbeitsstellen nicht höher als 28 °C Trockentemperatur (bei 100 % Luftfeuchtigkeit) betragen [1]. Für die Kühlung im Tunnelabschnitt Faïdo wurde im Jahr 2002 ein Dreikammerrohraufgeber geliefert. Der Dreikammerrohraufgeber ist ein wichtiges Bindeglied zwischen dem Primärkreislauf der Kaltwassererzeugung und dem Sekundärkreislauf mit der Weiterleitung des Kaltwassers zu den Wetterkühlern. Als Drucktaucher schleust er das Hochdruckwasser in den Niederdruckbereich und übernimmt das Niederdruckwasser in den Hochdruckbereich. Mit einem Durchsatz von 800 m<sup>3</sup>/h kann eine Kälteleistung von bis zu 13 MW ausgetauscht werden. Bei herkömmlichen Hochdruck-Niederdruck-Wärmetauschern entsteht ein Temperaturverlust von rund 4 °K. Alternativ

**Bild 10:** Klemm und Hubvorrichtung

dazu kann ein im Betrieb effizienterer Dreikammerrohraufgeber eingesetzt werden. Bei diesem resultiert lediglich ein Temperaturverlust von kleiner 0,5 °K. Dies wirkt sich auf das gesamte restliche System (Pumpen, Leitungsdurchmesser, Wärmetauscher, Wassermengen, etc.) positiv aus [nach 1, jedoch mit von Siemens Tecberg korrigierten IST-Angaben]. Die thermischen und energetischen Vorteile des Dreikammerrohraufgebers ermöglichten einen wirtschaftlichen Einsatz bei der temporären Tunnelklimatisierung in Faïdo.

Im Jahr 2008 wurde aufgrund eines erhöhten Kühlungsbedarfs im Tunnel – bedingt durch höhere Gebirgstemperaturen als ursprünglich prognostiziert – ein zweiter Dreikammerrohraufgeber in den Kühlkreislauf integriert und im Gesamtsystem als Parallelanlage betrieben. [1, 10, 11]

## 6 Fazit Teil 1

Der Gotthard-Basistunnel (GBT) selbst wird voraussichtlich ab Dezember 2016 am besten die Frage beantwortet: Wie umgeht man das Verkehrshindernis „die Alpen“?

Am Zwischenangriff Sedrun betrieb die Siemens Tecberg GmbH, Haiger, Deutschland, eine vollautomatische Schachtförderanlage für den Transport der Baustoffe, des Baumaterials und des Personals während der gesamten Tunnelbauphase. Die Schachtförderanlage im Schacht I war die Hauptschlagader der Tunnelbaustelle. Die Hauptaufgabe bestand darin, einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Zur Ausrüstung der Gesamtanlage gehörten neben der Hauptseilfahrtanlage eine mittlere Seilfahrtanlage für Nebenseilfahrten, Einrichtungen zum Handling der Förderseile und eine mobile Schachtwinde zur Personenrettung. Um ein Höchstmaß an Sicherheit zu bieten, wurden alle sicherheitsrelevanten Einrichtungen aus dem eigenen Lieferpro-

gramm in die Schachtförderanlage eingebaut. Für die Siemag Tecberg war insbesondere der eigene Betrieb der Schachtförderanlagen in Sedrun vorteilhaft. Das direkte Feedback des eigenen Betriebspersonals hat zu innovativen Lösungen, Konstruktionsverbesserungen und Weiterentwicklungen der Produkte geführt.

Zur Tunnelklimatisierung wurde für die Tunnelvortriebe am Zwischenangriff Faido erst einer, und – bedingt durch höhere als ursprünglich prognostizierte Gebirgstemperaturen – später ein zweiter Dreikammerrohraufgeber beauftragt. Durch eine permanente Überwachung der einzelnen Parameter des Tunnelklimas konnte frühzeitig das Kühlsystem erweitert werden, um jederzeit die einzuhaltenden Arbeitsbedingungen während des Vortriebs unter Tage sicherstellen zu können.

Die mit den Schachtförderanlagen und den leistungsfähigen Bergwerkskühlanlagen gemachten Erfahrungen haben gezeigt, dass der verantwortliche Betrieb solcher Anlagen eine besondere Herausforderung darstellt, da alle Eventualitäten abzudecken sind, um die Förderleistung der Anlagen jeder Zeit sicherzustellen. Höchste Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Betriebssicherheit muss jederzeit gewährleistet sein, um Wartungs- und Instandhaltungskosten auf ein Minimum zu reduzieren und um Stillstands- und Produktionsausfallkosten sowie Behinderungskosten möglichst zu vermeiden.

Im nächsten Teil dieses Artikels wird ein Überblick über den Endausbau des Zwischenangriffs Sedrun, die Demontage und Umrüstung der Schächte und die

Funktionen der neu gelieferten Hebeeinrichtungen Los D für die Betriebsphase des GBT gegeben.

## Literatur

- [1] J. Fuhrmann: Hochleistungsförderanlage Gotthard-Basistunnel. Siemag Tecberg, internes Papier, 2007
- [2] Seillast-Messeinrichtung SME. Technische Information, Siemag Tecberg, (zuletzt abgerufen: 12.05.2015, <http://www.siemag-tecberg.de/infocenter/technische-informationen/>)(2015)
- [3] Sicherheits-Bremseinrichtung (SSA). Technische Information, Siemag Tecberg, (zuletzt abgerufen: 12.05.2015, <http://www.siemag-tecberg.de/infocenter/technische-informationen/>)(2015)
- [4] Mobile Schachtwinde für Befahrungs-, Hilfsfahr- und Notfahranlage. Technische Information, Siemag Tecberg, (zuletzt abgerufen: 12.05.2015, <http://www.siemag-tecberg.de/infocenter/technische-informationen/>)(2015)
- [5] Betrieb eigener Schachtförderanlage. Technische Information, Siemag Tecberg, (zuletzt abgerufen: 12.05.2015, <http://www.siemag-tecberg.de/infocenter/technische-informationen/>)(2015)
- [6] Der Gotthard-Basistunnel, Sedrun 2011. Infobroschüre, AlpTransit Gotthard AG, 11/2011
- [7] Mobile Friktionswinde. Palabora Mining Company, Phalaborwa, Südafrika. Technische Information, Siemag Tecberg, (zuletzt abgerufen: 12.05.2015, <http://www.siemag-tecberg.de/infocenter/technische-informationen/>)(2015)
- [8] Klemm- und Hubvorrichtungen. Technische Information, Siemag Tecberg, (zuletzt abgerufen: 12.05.2015, <http://www.siemag-tecberg.de/infocenter/technische-informationen/>)(2015)
- [9] H. Sunderhaus: Seilwechsel an der Siemag M-Tec<sup>2</sup>-Schachtförderanlage am Gotthard-Basistunnel, Schweiz, News Siemag M-Tec<sup>2</sup>, 2009
- [10] P. Zbinden; A. Sala; Dr. Busslinger: Probleme der Klimatisierung bei Vortrieb und Betrieb von Tunneln mit hoher Überdeckung: Lösungskonzepte für den Gotthard-Basistunnel. IUT`02. Erschienen in : Tunnel, Heft 06/2002, Bauverlag BV GmbH, Gütersloh. (2002)
- [11] Bergwerkskühlung. Technische Information, Siemag Tecberg, (zuletzt abgerufen: 12.05.2015, <http://www.siemag-tecberg.de/infocenter/technische-informationen/>)(2015)

### Über Siemag Tecberg GmbH

Die Siemag Tecberg GmbH mit Hauptsitz in Hager, Deutschland, und weltweit ca. 400 Beschäftigten ist seit 1871 im Bergbauzuliefergeschäft tätig. Sie ist eine international tätige Systemanbieterin im Maschinen- und Anlagenbau der Schacht-, Schräg- und Schwerlastfördertechnik, der Endlagertechnik sowie der Untertage- und Tunnelkühlung für die Bergbau-, Energie- und Infrastrukturindustrie.

[www.siemag-tecberg.com](http://www.siemag-tecberg.com)

# Gotthard-Basistunnel: Die Schachtförderanlagen von Sedrun

## Teil 2: Umrüstungs- und Betriebsphase

Michael Flender, Siemag Tecberg GmbH, Haiger, Deutschland

Der 57 km lange Gotthard-Basistunnel (GBT) wurde in fünf Baulosen mit drei Zwischenangriffen errichtet. Der Zwischenangriff Sedrun besteht aus zwei Blindschächten mit ca. 820 m Teufe, die nur über einen etwa einen Kilometer langen Zugangsstollen erreicht werden konnten. Die komplexen und schwierigen Rahmenbedingungen und die hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Schachtförderanlagen waren und sind eine besondere Herausforderung für den Bau und Betrieb der Anlagen.

Im hier vorliegenden zweiten Teil wird über die Demontage (Los 356) und Umrüstung der Schächte und die Funktionen der endgültigen Hebeeinrichtungen (Los D) der Schächte Sedrun für die Betriebsphase des Bahntunnels berichtet, die ein gut abgestimmtes Logistik- und Einbaukonzept erforderten.

Im ersten Teil wurde über den Bau und Betrieb der Schachtförderanlage als Förder-, Material- und Seilfahrtsschacht und Einrichtungen zur Klimatisierung des Tunnelabschnitts Faïdo für die Rohbauphase berichtet.

**Tunnelbau • Schachtbau • Schweiz • Zulieferer • Schachtförderung • Automatisierung**

### 1 Einleitung

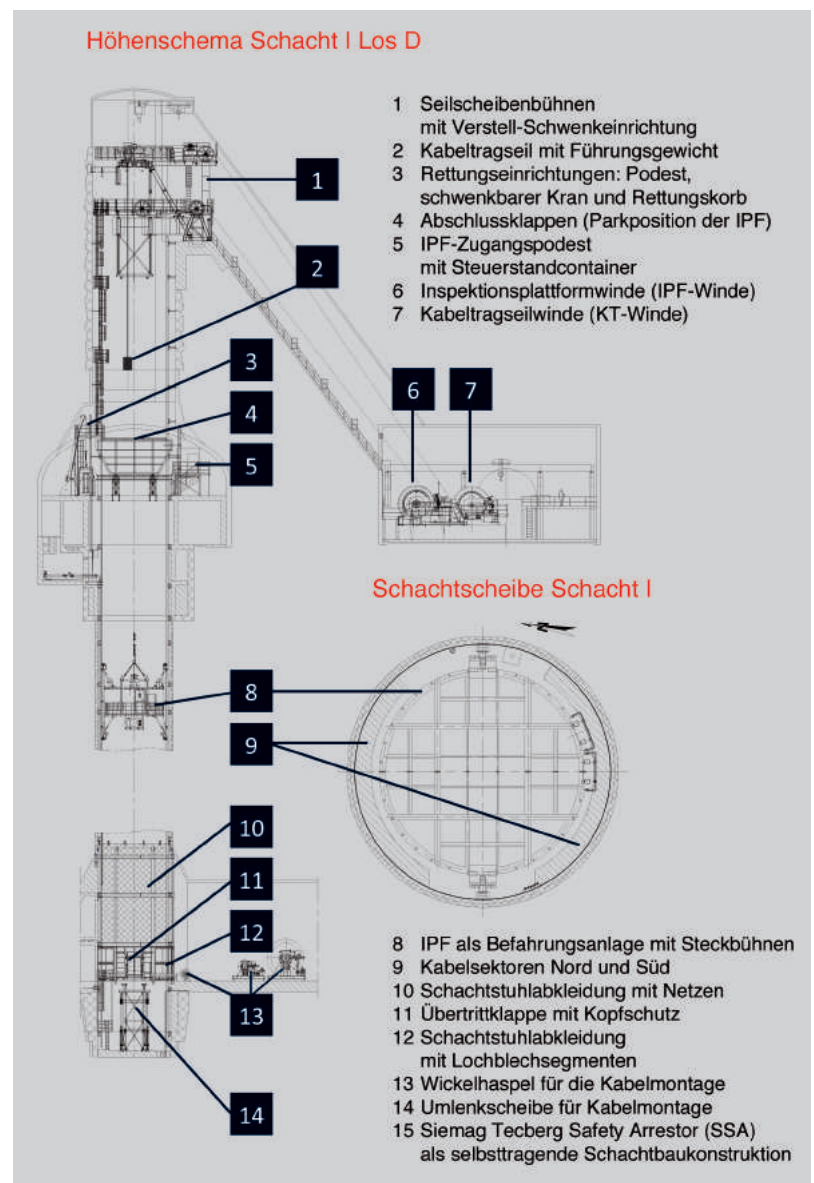
Nachdem im Teil 1 des Beitrags [1, 2] die Rohbauphase behandelt wurde, werden in diesem zweiten Teil die Konzepte und Funktionen der neuen und endgültigen Hebeeinrichtungen Schächte Sedrun (Los D) erläutert. Dabei wird über die Technologie der Demontage (Los 356) sowie die Umrüstung der Schachtförderanlagen und -einrichtungen berichtet. Die komplexen und schwierigen Rahmenbedingungen der Großbaustelle Sedrun erforderten während der Umrüstungsphase ein gut abgestimmtes Logistik- und Einbaukonzept, welches z. B. auch schneefreie Straßen für Schwertransporte berücksichtigen musste. Die Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit, sowohl der zu demontierenden alten als auch der neu zu installierenden Schachtförderanlagen, waren die maßgeblichen Herausforderungen.

### 2 Einordnung der Schächte Sedrun in das Tunnelbauprojekt GBT

Der Schacht I in Sedrun wurde während der gesamten Bauphase des GBT als „Nabelschnur“ des Tunnels be-

zeichnet. Von den Schachtförderanlagen im Schacht I hing letztlich der entscheidende Erfolg des Baufortschritts im Teilabschnitt Sedrun ab. Der Schacht I hatte daher einen großen Einfluss auf die Gesamtterminplanung für den Bau des GBT. Auch in der Endphase mit der Umrüstung für die Betriebsphase des GBT nahm der Schacht I eine Schlüsselfunktion ein – zumal durch die Vorverlegung der Tunnelöffnung vom Jahr 2017 auf 2016 alle Pufferzeiten entfielen und ein tagesschar-

Bild 1: Schachtförderanlagen im Schacht I Sedrun für die Betriebsphase des GBT  
Quellen: Siemag Tecberg GmbH, wenn nicht separat gekennzeichnet



fer Zeitplan zur Schachtmrüstung bis zum Frühjahr 2014 unbedingt eingehalten werden musste.

Die endgültigen Hebeeinrichtungen der beiden Schächte Sedrun erlauben während der Bahnbetriebsphase des GBT die Inspektion, Wartung und den Unterhalt der in den Schächten befindlichen Einrichtungen. Hier sind insbesondere die Energie- und Datenkabel im Schacht für die Versorgung der Tunnelröhren im Allgemeinen am Schachtkopf und eine Wasserdruckleitung zur Stetigwasserversorgung am Schachtfuß zu benennen. Die im **Bild 1** dargestellten neuen Schachtförderanlagen Los D wurden hauptsächlich für die Inspektion des Schachts I und der weiteren Anlagen wie der Versorgungsleitungen erstellt und diesem Zusammenhang für die Kabelmontage und den -austausch konzipiert. Es sind aber auch Seilfahrten direkt zum Schachtfuß möglich, um beispielsweise Wartungspersonal und Personen befördern zu können. Die Schachtbefahrung erfolgt zukünftig mit einer an Spurlatten geführten, 15 t schweren, kreisrunden Inspektionsplattform (IPF), welche mit einer 2 x 560 kW starken 2-Seil-Förderhaspel (IPF-Winde) bis zu 4 m/s im Schacht I verfahren werden kann. Die Nutzlast der IPF beträgt 5 t. Zur sicheren und effizienten Kabelmontage im Schacht I wurde eine 200-kW Schachtwinde, die sogenannte Kabeltragseilwinde (KT-Winde), installiert. Die Nutzlast der KT-Winde beträgt ca. 15,5 t.

Die Befahrung und Inspektion von Schacht II erfolgt mit einem Inspektionskorb, welcher ungeführt im Schacht von der mobilen Schachtwinde verfahren wird. Der ausziehende Schacht II wurde zur Abluftführung der Betriebslüftung mit einer demontierbaren Schacht-abdeckung verschlossen.

Die nicht veränderbaren Randbedingungen und die sich in der Bauphase ändernden Anforderungen dieser extrem großen Tunnelbaustelle stellten Siemag Tecberg wiederholt vor große Herausforderungen bei der Entwicklung und Ausführungsprojektierung der Anlagen, deren Herstellung, Montage und Inbetriebnahme und erforderten Sonderkonstruktionen.

In der Planung und Entwicklung der neuen Hebeeinrichtungen Los D wurden Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlern, Ausfällen und unzulässigen Schadensrisiken ergriffen. Um die geforderten Verfügbarkeits- und Sicherheitsziele der Schachtförderanlagen zu gewährleisten wurde der für Eisenbahnsysteme entwickelte RAMS-Prozess zur systematischen Vorgehensweise und Analyse durchgeführt. RAMS steht für Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (englisch: Reliability, Availability, Maintainability and Safety). Die RAMS-Analyse bezieht sich auf die gesamten elektromechanischen Installationen der neuen Schachtförderanlagen, wie beispielsweise Elektroschaltschränke, Transformatoren und die Fördermaschinen.

Von entscheidender logistischer und konstruktiver Bedeutung war beispielsweise, dass nahezu alle Transporte zum Schachtkopf, zu den Schächten und zum Schachtfuß über den 1 km langen Zugangsstollen in Se-

drun geführt werden mussten. Da der Zugangsstollen ebenfalls umgerüstet wurde, mussten temporäre Sperren in der Terminplanung berücksichtigt werden, um gegenseitige Behinderungen und Stillstände auf der Baustelle zu verhindern.

Die Anlagenkonzepte und Sonderkonstruktionen wurden in enger Abstimmung mit dem Bauherrn und der Ingenieurgemeinschaft Gotthard-Basistunnel Süd (IG GBTS) entwickelt und konstruiert. Für das erfolgreiche Logistik- und Einbaukonzept waren gute und tragfähige Beziehungen sowie enge und kontinuierliche Abstimmungen mit der Bauherrin AlpTransit Gotthard AG, der IG GBTS, der Arbeitsgemeinschaft ARGE Transco Sedrun, der DMT GmbH & Co. KG und insbesondere den eigenen Nachunternehmern erforderlich.

### 3 Umrüstungsphase der Schachtförderanlagen und Bauarbeiten im Schacht I

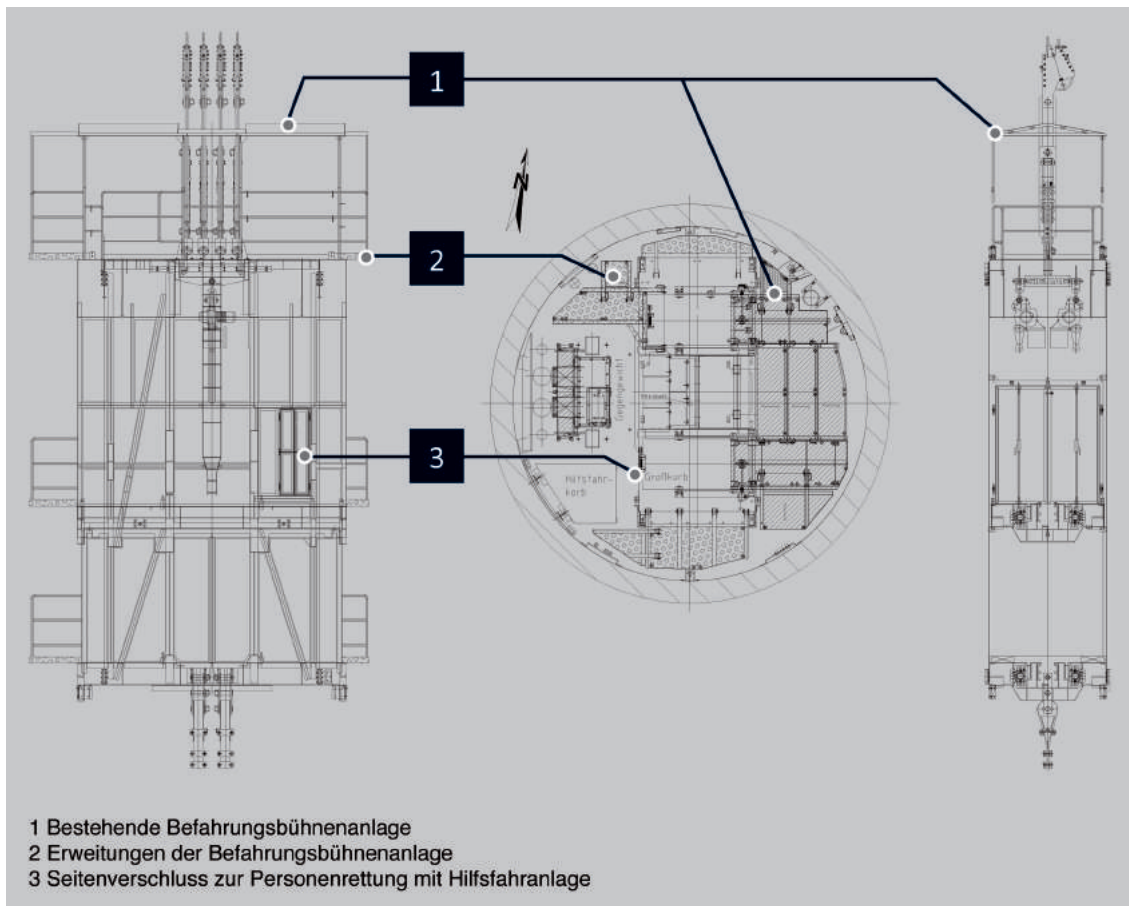
Neben der Demontage der bestehenden Schachtförderanlagen Los 356 und Neuerrichtung der Schachtförderanlagen Los D mussten auch alle weiteren im Schacht befindlichen Maschinen und Einrichtungen anderer Baulose demontiert und neu eingebaut werden. Die durchzuführenden Demontage- und Montagetätigkeiten sowie die notwendigen Bauarbeiten im und um den Schacht herum wurden in Zusammenarbeit mit verschiedenen Baulosen durchgeführt, welche aber immer mit dem eigenen Betriebspersonal abgestimmt und begleitet wurden. Siemag Tecberg setzte auf der Tunnelbaustelle etwa 20 schachterfahrene Mitarbeiter für die Demontage, Montage und Inbetriebnahme ein.

Die Grundvoraussetzung für die Durchführung aller Tätigkeiten im Schacht I war ein genehmigtes und in Betrieb genommenes Rettungskonzept für alle Phasen der Demontage und Montage. Die wesentlichen Umbauphasen und die Verwendung der Schachtförderanlagen in den Losen 356 und D werden nachstehend beschrieben.

#### 3.1 Demontagephase Los 356 und Bauarbeiten im Schacht I

Für die bevorstehenden Demontagen und Bauarbeiten im Schacht I wurde die Siemag Tecberg von der Arbeitsgemeinschaft ARGE Transco Sedrun im November 2011 mit der Lieferung neuer klappbarer Arbeitsbühnen für den vorhandenen Großkorb (**Bild 2**) beauftragt. Die bestehende Befahrungsbühnenanlage des Förderkorbs der Schachtförderanlage Los 356 wurde im Mai 2012 erweitert und in Betrieb genommen. Für Betonierarbeiten wurden zudem auf dem mittleren Etagenboden und dem Fußrahmen zusätzlich Klappbühnen angebracht. Somit stand eine Befahrungsbühnenanlage mit verschiebbaren und ausklappbaren Arbeitsbühnen sowie zugehörigen Steckgeländern und Schutzdachkonstruktionen zur Verfügung. Mithilfe dieser Befahrungsbühnenanlage konnten die nachstehenden Tätigkeiten in den verschiedenen Schachtbereichen sicher durchgeführt werden:

- ▶ Demontage und Verfüllung des Schachtsumpfs



**Bild 2:** Erweiterung der Befahrungsbühnenanlage auf dem Förderkorb Los 356

- ▶ Demontage der Schachteinbauten und Verfüllung von Pumpenkammern und Wasserreservoir im Schacht
- ▶ Demontage der Förderanlage am Schachtfuß
- ▶ Errichtung des neuen Schachtstuhls und von Technikgebäuden am Schachtfuß
- ▶ Demontage des Fördergerüsts und der -maschinen, der Seilscheibenbühnen und API-Rohrleitungen am Schachtkopf

Die Schachtförderanlagen und alle Schachteinbauten von Los 356 wurden im Jahr 2012 außer Betrieb gesetzt und bis Ende 2013 demontiert.

### 3.2 Errichtung der Schachtförderanlagen Los D

Um die Einhaltung des vorgezogenen Gesamtterminplans gewährleisten zu können, wurde dem Logistik- und Einbaukonzept gleich zu Projektbeginn viel Aufmerksamkeit gewidmet. So entschied man sich gemeinsam mit dem Bauherrn auf die geplanten Windenanlagen der temporären Baustelleneinrichtungen für die Montagephase Los D zu verzichten. Stattdessen wurde die Planung, Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Schachtförderanlagen und der temporären Baustelleneinrichtungen Los D vorgezogen. Diese Maßnahme bedeutete eine erhebliche Zeiteinsparung. So wurden die neuen Schachtförderanlagen und die un-

tere Seilscheibenbühne für den Betrieb der temporären Baustelleneinrichtungen bereits direkt im Anschluss an die Demontagephase montiert. Die Arbeitsabläufe zur Errichtung der Schachtförderanlage Los D und weiterer Baulose können in Bezug auf Schacht I wie folgt zusammengefasst werden:

- ▶ Neuerrichtung der Betoneinhausungen am Schachtkopf und weiterer Technikräume
- ▶ Inbetriebnahme der temporären Baustelleneinrichtungen mit den endgültigen Schachtförderanlagen Los D
- ▶ Sanierung von Schacht I und Montage aller Schachteinbauten für die Inspektionsplattform
- ▶ Demontage der temporären Baustelleneinrichtungen sowie Montage und Inbetriebnahme der endgültigen Hebeeinrichtungen Los D

#### 3.2.1 Sicherheitsdispositiv für Arbeiten im Schacht I (Los D)

Gemäß den Schweizer Unfallverhütungsvorschriften (Art. 9 VUV [3]) wurde das Zusammenwirken mehrerer Betriebe auf einer Baustelle im Vorfeld abgesprochen und hinsichtlich der Arbeiten und sicherheitstechnischen Belange vereinbart. Siemag Tecberg übernahm als Unternehmen mit der notwendigen Fachkompetenz während der Errichtung der Schachtförderanlagen das Sicherheitsdispositiv für alle Arbeiten im und um den Schacht I herum.

**Tabelle 1:** Zuordnungen und technische Anforderungen an Schachtförderanlagen nach BVOS und TAS

Klassifizierung der Schachtförderanlagen Los D nach BVOS und TAS [4, 5]	Mittlere Seilfahranlage (MSFA), (TDS)	Befahrungsanlage (BFA), (TDB)	Bühnenanlagen (TDBü)	Schachtwinde
<b>IPF-Winde</b>	<b>Betriebsphase GBT:</b> Mittlere Seilfahranlage gemäß BVOS § 3 (1), IPF mit geschlossenen Seitenwänden (Bild 4)	<b>Betriebsphase GBT:</b> Schachtbefahrung, gemäß BVOS § 2 (3) IPF mit Geländern und Steckbühnen (Bild 3)	<b>Montagephase Los D:</b> gemäß BVOS § 2 (7) verfahrbare 3-etagige Arbeitsbühne	
<b>KT-Winde</b>	<b>Montagephase Los D:</b> Mittlere Seilfahranlage gemäß BVOS § 3 (2) seilgeführte Kübelseilfahrt zur verfahrbaren Arbeitsbühne	-	-	<b>Betriebsphase GBT:</b> Schachtwinde gemäß TAS 10.1.1 zum Einhängen von Kabeln (Bilder 7 und 8)

Die Arbeiten für den Endausbau im Schacht I mussten unter Beachtung aller Sicherheitsanforderungen einer Großbaustelle und mit Rücksicht auf bergbau-unerfahrene Unternehmen durchgeführt werden. Es wurden Gefährdungsanalysen für alle Arbeitsabläufe im Schacht erstellt, aus denen Sicherheitseinrichtungen zum Schutz der Arbeiter am Schachtfuß am Schachtstuhl angebracht wurden. Für die schweren Arbeiten am Schachtkopf oder im Schacht, wie zum Beispiel die Spurlattenmontage, mussten temporäre Sperrzonen am Schachtfuß errichtet werden. Jederzeit musste sichergestellt sein, dass während dieser Tätigkeiten keine Gefahren für Leib und Leben der Arbeitnehmer am Schachtfuß ausgehen.

Die Abstimmung der Zeiträume für diese Montagefenster wurden immer frühzeitig mit dem Bauherrn und allen betroffenen Unternehmen koordiniert, um Stillstände und gegenseitige Behinderungen zu vermeiden.

### 3.2.2 Klassifizierung der neuen Schachtförderanlagen Los D nach Art der Nutzung

Die neuen Hebeeinrichtungen Los D im Schacht Sedrun I wurden, wie die Schachtförderanlagen der Tunnelbauphase Los 356, nach den Regelwerken der deutschen Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen [4] und den zugehörigen Technischen Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen [5] ausgelegt. Für die anlagenspezifische Beurteilung von Schachtförderanlagen sind die beabsichtigte Nutzung und damit die Klassifizierung der Anlage gemäß TAS und BVOS für die Auslegung entscheidend. In Deutschland werden Schachtförderanlagen nach einem einheitlichen System zur Vorprüfung und Genehmigung dokumentiert. Die Spezifizierung der Anlage erfolgt mit sogenannten „Technischen Datenblättern“ und zugehörigen Anlagen wie beispielsweise Zeichnungen, statische Berechnungen, Beschreibungen, Funktions- und Schaltplänen. Man unterscheidet zwischen dem Technischen Datenblatt für Schachtförderanlagen (TDS) und Befahrungsanlagen (TDB). Für Bühnenanlagen gibt es eine kürzere Form, das Technische Datenblatt für Bühnenanlagen (TDBü). Aus der Klassifizierung der Anlage ergeben sich nach TAS die konkret

einzuhaltenden technischen Anforderungen für die Auslegung der Förderanlagen. Die Antriebsmaschinen der Schachtförderanlagen Los D (IPF- und KT-Winde) sind für Fördergeschwindigkeiten bis 4 m/s ausgelegt und nach TAS als Förderhaspel definiert. Aus diesen Definitionen ergeben sich nach BVOS und TAS die in der **Tabelle 1** beschriebenen Zuordnungen für die Schachtförderanlagen [6].

In der Montagephase kamen die neuen Schachtförderanlagen erstmals mit den temporären Baustelleneinrichtungen, bestehend aus einer verfahrbaren 3-etagigen Arbeitsbühne mit Kübelseilfahrt zum Einsatz. *(Anmerkung der Redaktion: Der Einsatz der temporären Baustelleneinrichtungen wird im anschließenden Artikel in dieser Ausgabe von GeoResources näher beschrieben).*

Die IPF-Winde wurde in der Montagephase als Bühnenanlage betrieben. In der Betriebsphase des GBT nimmt die IPF gemäß **Tabelle 1** eine Doppelfunktion ein und kann als Mittlere Seilfahranlage oder Befahrungsanlage betrieben werden. Für die Auslegung ist die Nutzung mit den höheren Personenschutzanforderungen maßgeblich, was in diesem Fall den technischen Anforderungen einer mittleren Seilfahranlage entspricht [6].

Die Kabeltragseilwinde (KT-Winde) wurde in der Montagephase als mittlere Seilfahranlage für Kübelseilfahrten eingeordnet und nach denselben technischen Anforderungen wie die IPF-Winde ausgelegt. In der Betriebsphase des GBT hingegen wird die KT-Winde nach TAS als „Schachtwinde“ zum Einhängen von Kabeln eingestuft [6].

## 4 Schachtförderanlagen für die Betriebsphase GBT (Los D)

### 4.1 Übersicht

Die Leistungen umfassten die Entwicklung, Ausführungsprojektierung, Herstellung, Montage und Inbetriebsetzung im Wesentlichen folgender in der Übersicht im **Bild 1** dargestellter Anlagen bzw. Anlagenbestandteile:

- ▶ Fördermittel (Kapitel 4.3)
  - ▶ Inspektionsplattform im Schacht I (Kapitel 4.3.1)



- ▶ Rettungskorb Schacht I (Kapitel 4.3.2)
- ▶ Inspektionskorb im Schacht II (Kapitel 4.3.3)
- ▶ Schachtförderanlagen (Kapitel 4.4)
  - ▶ Inspektionsplattformwinde (IPF-Winde) (Kapitel 4.4.2)
  - ▶ Kabeltragseilwinde (KT-Winde) (Kapitel 4.4.3)
- ▶ Wickelhaspel und Hilfseinrichtungen für die Kabelmontage (Kapitel 4.5)
- ▶ Seilscheibenbühnen am Schachtkopf (Kapitel 4.6)
  - ▶ Untere Seilscheibenbühne und Begrenzungsträger (Kapitel 4.6.1)
  - ▶ Obere Seilscheibenbühne mit Verstell-Schwenkeinrichtung (Kapitel 4.6.2)
- ▶ Abschlussklappe Schacht I (Kapitel 4.7)
- ▶ Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen
- ▶ Schachtfußeinrichtungen (Kapitel 4.8)
  - ▶ Schachtstuhlblekleidung am Schachtfuß (Kapitel 4.8.1)
  - ▶ Übertreibabbremseinrichtung (Kapitel 4.8.2)

## 4.2 Neukonzipierung der Schachtförderanlagen – Synergienutzung

Bei der Entwicklung und Konstruktion der einzelnen Komponenten der Schachtförderanlagen Los D wurden die Vorgaben des Logistik- und Einbaukonzepts berücksichtigt. Die Lichtraumprofile des Zugangstollens mussten beispielsweise einberechnet werden, weshalb der Maschinenrahmen aus Transportgründen als mehrteilig verschraubte Schweißkonstruktion ausgeführt wurde.

Die Ausschreibung für die neuen Hebeeinrichtungen Los D erlaubte die Übernahme und Nutzung von Komponenten der bestehenden Schachtförderanlage in Los 356. In der Konzeptionsphase des Loses D wurde die Weiternutzung der folgenden Komponenten als sinnvolle Maßnahme mit dem Bauherrn abgestimmt:

- ▶ Das vorhandene Fördermaschinenfundament mit den fest verbundenen Sohlplatten der alten Fördermaschinen und Bremsstände befand sich in einem sehr guten Zustand und konnte für die Schachtförderanlagen Los D weiterverwendet werden.
- ▶ Die zwei neuen Förderhaspel wurden auf einem massiven Maschinenrahmen verlagert, welcher für eine sichere Kraftweiterleitung in die bestehenden

Sohlplatten des Fundaments sorgte. Im Fördermaschinenraum wurden ca. 184 t Stahl- und Maschinenbau verbaut.

- ▶ Im Bereich der Schachtglocke wurden die Haupt-träger der oberen und unteren Seilscheibenbühnen weiterverwendet. Diese großen Bestandsträger dienen zum einen als Auflager der neuen Seilscheibenbühnen und zum anderen zur sicheren Kraftweiterleitung ins Gebirge. Zudem vereinfachte die Weiterverwendung der bestehenden Trägerlagen die Demontage und Montage der Seilscheibenbühnen. In der Schachtglocke wurden etwa 113 t Stahl- und Maschinenbau verbaut.

Die genutzten Synergieeffekte führten zu erheblichen Kosten- und Zeiteinsparungen, welche sich insbesondere positiv auf die Einhaltung des engen Terminplans auswirkten.

Bestimmte Baugruppen, wie die Verstell-Schwenkeinrichtung, wurden vor dem Abtransport auf die Baustelle im endmontierten Zustand einer detaillierten Werkprüfung in den Montagehallen in Haiger unterzogen. Danach erfolgte die Freigabe für die Auslieferung und Montage der Baugruppen.

## 4.3 Fördermittel

### 4.3.1 Inspektionsplattform im Schacht I

Die kreisförmige Inspektionsplattform (IPF) der mittleren Seilfahranlage im Schacht I hat einen Durchmesser von 6,4 m, eine Fördermittelhöhe von 8 m und ein Eigengewicht von rund 15 t. Die nominelle Nutzlast der IPF beträgt 5 t, wobei eine außermittige Last von bis zu 3 t (z. B. Kabeltrommel) auf dem Fußrahmen mitgeführt werden kann. Die IPF hängt an den zwei Förderseilen der zugehörigen Winde. Der Seilkräfteausgleich und die Kompensation statischer und dynamischer Seillängenänderungen beim Wickelvorgang erfolgt durch die Aufhängevorrichtung, die aus Kettengehängen und einer Wippenanordnung besteht. In diese Aufhängevorrichtung sind die Hängeseilüberwachungseinrichtungen integriert. Im Schacht wird die IPF mittels gefederter Rollenführungen und Führungsschuh an zwei einander gegenüberliegenden Spurlatten geführt, deren Spurweite 7 m beträgt. Die autarke Spannungsversorgung für die Beleuchtungsmittel und den Betrieb von Werkzeugen erfolgt über das mittig am Fußrahmen abgehängte Stromaggregat.



**SPITZENTECHNOLOGIE**  
ROHSTOFFE ■ ENERGIE ■ INFRASTRUKTUR

**SIEMAG  
TECBERG**

WWW.SIEMAG-TECBERG.COM



**Bild 3:** Inspektionsplattform (IPF) als Befahrungsanlage in Parkposition

Die Zustiege der IPF befinden sich am Schachtkopf im Westen und am Schachtfuß im Süden. Der Zustieg zur IPF am Schachtkopf erfolgt über ein Zugangspodest, auf dem der Steuerstand in einem Container untergebracht ist. Mit einer von Hand beweglichen Schiebebühne wird der Absturzbereich zwischen dem Zugangspodest und der IPF überbrückt. Wird die IPF nicht genutzt, kann sie auf den geschlossenen Abschlussklappen abgesetzt werden. In diesem Fall erfolgt der Zustieg mittels einer Leiter über die begehbaren Abschlussklappen von unten auf die geparkte IPF. Im Schachtfuß befindet sich ein ausklappbares Zugangspodest mit Kopfschutzdach, um den Absturzbereich zwischen der Sohle am Schachtfuß und der IPF zu überbrücken.

In der Betriebsphase des GBT wird die IPF für Schachtbefahrungen zur Kontrolle der Bausubstanz des Schachts, der montierten Kabel und Wasserleitungen

**Bild 4:** Inspektionsplattform als Mittlere Seilfahranlage (MSFA) in Parkposition



sowie für alle anfallenden Schachtsanierungsarbeiten genutzt. Im **Bild 3** ist die IPF als Befahrungsanlage mit angebauten Steckgeländern und -bühnen sowie Kopfschutzdach dargestellt. Die IPF wird mit angebauten Steckgeländern als Befahrungsanlage mit einer maximalen Fahrgeschwindigkeit von 4 m/s betrieben. Sie wurde aus lüftungstechnischen Gründen mit einem umlaufenden Abstand von 750 mm zur Schachtwand konzipiert. Um den Abstand zwischen der IPF und der Schachtwand für die Kabelmontagearbeiten zu verringern, können an den Positionen der Steckgeländer zusätzlich Steckbühnen mit Kopfschutzdach angebracht werden.

Seilfahrten zum Schachtfuß dürfen gemäß TAS/BVOS nur mit einer Seilfahranlage durchgeführt werden. Für reine Personenbeförderungen muss ein Fördermittel komplett mit geschlossenen Seitenwänden und Seilfahrttüren ausgestattet sein. Aus diesem Grund wurde die IPF so konstruiert, dass die Steckgeländer, -bühnen und -tore gegen geschlossene Seitenwände und zweiflügelige Seilfahrttüren ausgetauscht werden können. Um Seilfahrten zum Schachtfuß durchführen zu können, kann die IPF leicht zur Mittleren Seilfahranlage umgebaut werden. Der Umbau erfolgt hierbei auf den geschlossenen Abschlussklappen. Im **Bild 4** ist die IPF als Mittlere Seilfahranlage (MSFA) in der Einstiegsebene am Schachtkopf dargestellt. Die IPF kann als MSFA insgesamt 15 Personen befördern.

Zur Personenrettung kann ein Rettungskorb in der Mitte der IPF abgesetzt werden. Der Innenbereich ist durch eine Schiebetür zugänglich. Der Bodenbelag des Innenbereichs wurde mit Lichtgittern ausgeführt, um einen zusätzlichen Luftdurchlass zu ermöglichen. Im Ereignisbetrieb – Nothalt eines Zuges in der Multifunktionsstelle Sedrun – wird die Frischluftversorgung der unterirdischen Nothaltestellen für die Reisegäste mit circa 120 m<sup>3</sup>/s gewährleistet. Aus Sicherheitsgründen sind Schachtfahrten mit der IPF bei laufender Betriebslüftung nicht zulässig. Damit Fehlmanipulationen an der Betriebslüftung keine Gefährdungen für die im Schacht havarierte IPF darstellen, wurden die sicherheitsrelevanten Hauptkomponenten der IPF für den maximalen Volumenstrom von 450 m<sup>3</sup>/s, entsprechend einem Anströmungsdruck von 0,21 kN/m<sup>2</sup>, ausgelegt.

#### 4.3.2 Einrichtungen für die Personenrettung

Eine Grundvoraussetzung für die Inbetriebnahmen der neuen Schachtförderanlagen Los D waren funktionierende Sicherheitskonzepte sowohl für die Montagephase der temporären 3-etagigen Arbeitsbühne als auch für die Betriebsphase der Inspektionsplattform. Die Personenrettungen wurden vor den Inbetriebnahmen der Anlagen mit dem Rettungskorb und der mobilen Schachtwinde erprobt. Die Sicherheitskonzepte sind TAS-konform und innerhalb von sechs Stunden problemlos durchführbar. Das Rettungskonzept (**Bild 5**) sieht folgende Hauptkomponenten für die Personenrettung vor:

- ▶ Mobile Schachtwinde (Los 372)
- ▶ Rettungspodest zum Auflegen des Seils

- ▶ Rettungskran mit Konsole zur Verankerung in der Betondecke
- ▶ Rettungskorb mit Aufnahme eines Schleifkorbs zur Bergung von Verletzten

Die mobile Winde wird in der Schachtkopfkaverne Sedrun auf vorgegebenen Markierungen positioniert. Zur Aufnahme der horizontalen Seilzugkräfte wird die mobile Schachtwinde mit zwei 6-t-Kettenzügen an vorgesehenen Befestigungspunkten in der Fahrbahnsohle abgefangen. Der Ausleger ist auf ca. 7 m Höhe ausgefahren. Das Seil verläuft dabei über die Zuluftventilatoren hinweg und durch eine kleine Montageöffnung einer demontierbaren Wetterwand hin zum Rettungskran. Über die Umlenkrollen des Rettungskrans wird das Seil zum Rettungskorb geführt. Mit der mobilen Schachtwinde wird der angeschlagene Rettungskorb angehoben, anschließend mit dem Rettungskran über den Schachtkragen in den Schacht eingeschwenkt und dann zur Personenrettung auf die IPF im Schacht herabgelassen.

### 4.3.3 Inspektionskorb für Schacht II

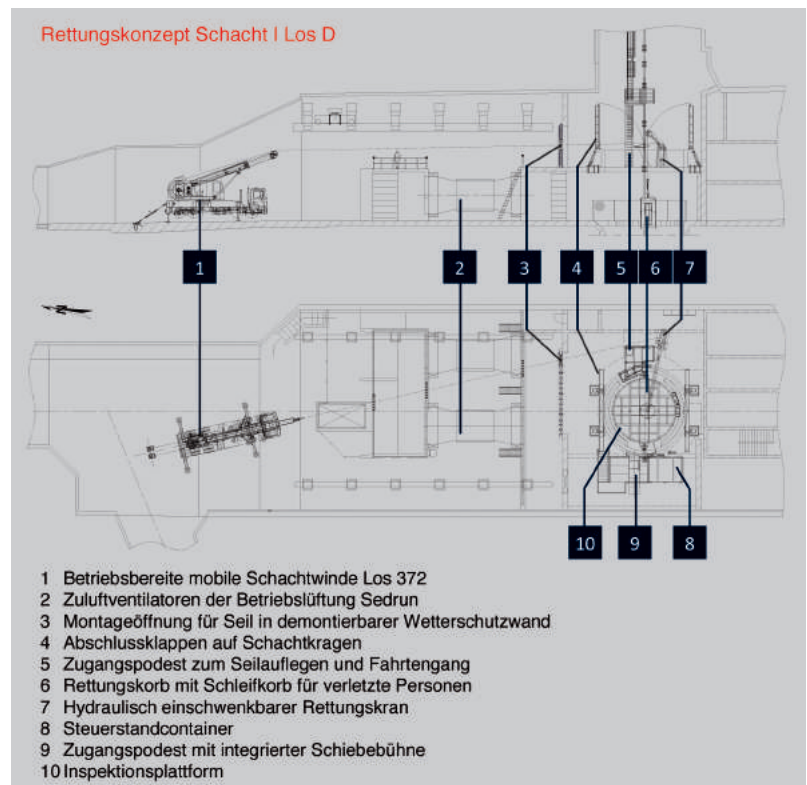
Der Inspektionskorb (**Bild 6**) wird zur Durchführung von Schachtinspektionen im Schacht II eingesetzt, beispielsweise zur Feststellung von Ablagerungen, Bergwassereinträgen oder bei sonstigen Auffälligkeiten. Der einetägige Inspektionskorb bietet maximal fünf Personen Platz oder hat eine maximale Nutzlast von 500 kg. Der Korb wird an das Seil der mobilen Schachtwinde angeschlagen, in den Schacht II eingeschwenkt und ungeführt zur Inspektion herabgelassen. Der Inspektionskorb hat einen Durchmesser von ca. 2,2 m. Der Kopf- und Fußrahmen sind jeweils mit einem Geländer ausgestattet, zusätzlich ist die untere Ebene bis zu einer Höhe von 1,2 m vollflächig mit einem Blech ummantelt. Der Zustieg zum Inspektionskorb erfolgt über eine von Hand zu betätigende Drehtür auf der unteren Ebene. Der Korb besitzt keine seitliche Führung. Zum Schutz sind Abgleitelemente seitlich an Kopf- und Fußrahmen entlang der Kreisträger angebracht.

Der Inspektionskorb ist mit einer Fördermittel-Telefonie- und Signalanlage (FTS-Anlage) ausgerüstet. Die mobile Schachtwinde mit angeschlagenem Inspektionskorb darf ausschließlich von einem dazu qualifizierten Fördermaschinenisten bedient werden. Auf dem Inspektionskorb befindet sich eine sachkundige Begleitperson, die für die ordnungsgemäße Führung des Inspektionskorbs im Schacht und für die Verständigung mit dem Maschinenisten über die FTS-Anlage verantwortlich ist.

## 4.4 Schachtförderanlagen Los D

### 4.4.1 Allgemeines

Die beiden eingebauten Schachtförderanlagen sind in den **Bildern 7 und 8** aus verschiedenen Blickwinkeln dargestellt. Die **Tabelle 2** enthält die technischen Daten. Mit dem 2-Seil-Förderhaspel (Blair-Winder) wird



**Bild 5:** Rettungskonzept Schacht I: Anordnung der Einrichtungen für die Personenrettung am Schachtkopf Sedrun, Schnitt

die an Spurlatten geführte kreisförmige Inspektionsplattform im Schacht verfahren. Für das Kabelmontagekonzept, also den Einzug, die Installation und den späteren Wechsel von Kabeln (z. B. Energieversorgungs- und Datenkabeln) wird die KT-Winde als Schachtwinde zusammen mit der auf der oberen Seilscheibenbühne verlagerten Verstell-Schwenkeinrichtung und zusätzlichen Wickelhaspeln am Schachtfuß verwendet.

Die Schachtförderanlagen Los D stellen in ihrer Konfiguration und Nutzung weltweit eine einzigartige Besonderheit dar. Ein eigens entwickelter Mehrachsen-

**Bild 6:** Mobile Schachtwinde mit angeschlagenem Inspektionskorb am Schacht II





**Bild 7:** Blick aus dem Seilkanal auf die Schachtförderanlagen für die Betriebsphase GBT



**Bild 8:** Blick auf die Schachtförderanlagen Los D; Vorne KT-Winde; Hinten IPF-Winde

Fahrtregler kann beide Förderhaspel separat und synchron mit einer Genauigkeit von 0,01 % im Schacht verfahren. Das System besitzt ein redundantes zweikanaliges Steuerungs- und Positionssystem.

#### 4.4.2 Inspektionsplattformwinde (IPF-Winde)

Die IPF-Winde ist antriebsseitig ein drehzahl geregelter 2-Seil-Förderhaspel ( $0,6$  bis  $25 \text{ min}^{-1}$ ) und wird durch Drehstrommotoren ( $2 \times 560 \text{ kW}$ ) über Kegelstirnradgetriebe angetrieben.

Die Antriebswellen der Winde sind jeweils zweifach wälzgelagert und über eine Zahnkupplung miteinander

verbunden. Die Antriebsmotoren und Getriebe sind über eine elastische Klauenkupplung mit zusätzlicher Massenbremse miteinander verbunden.

Die Bremskrafterzeuger der kombinierten Fahr- und Sicherheitsbremse sind auf zwei Bremsständer mit jeweils vier Bremsenpaaren (insgesamt  $16 \times \text{BE } 125$ ) verteilt, die auf eine Bremscheibe je Trommel wirken. Eingesetzt wird der Siemag-Scheibenbremsapparat SB 1 mit elektrohydraulisch geregelter Sicherheitsbremse für lastunabhängige einstellbare Verzögerungswerte.

Die beiden etwa  $840 \text{ m}$  langen drehungsarmen Förderseile besitzen einen Nenndurchmesser von  $32 \text{ mm}$  und werden in fünf Lagen auf dem Seilträger aufgewickelt. Beide Seile laufen überschlägig ab.

Die mittlere Seilfahrtanlage kann als vollautomatische Seilfahrtanlage für Selbstfahrer mit einer maximalen Fahrgeschwindigkeit von  $4 \text{ m/s}$  genutzt werden. Die IPF-Winde wurde während des Einbringens des Schachtausbaus als Bühnenanlage für eine Arbeitsbühne betrieben.

**Tabelle 2:** Technische Daten der Schachtförderanlagen im Schacht I Los D für die Betriebsphase GBT

Kennwerte	IPF-Winde	KT-Winde
Art der Förderung	2-Seil-Trommel (Blair-Winder)	1-Seil-Trommel
Förderkapazität	15 Pers./Zug	-
Fördermittel	Inspektionsplattform	keins / Führungsgewicht
Art der Führung im Schacht	Spurlattenführung	ungeführt
Förderhöhe	ca. $800 \text{ m}$	ca. $800 \text{ m}$
Motorenleistung	$2 \times 560 \text{ kW}$	$200 \text{ kW}$
Nenn-Seilgeschwindigkeit	$3,3 \text{ m/s}$	$1,0 \text{ m/s}$
Größte zulässige Seilgeschwindigkeit	$4 \text{ m/s}$	$3,0 \text{ m/s}$
Größte Seilbruchlast	$1.141 \text{ kN}$	$889 \text{ kN}$
Größte statische Seilbelastung	$15,5 \text{ t}$	$19 \text{ t}$
Nutzlast	$5,0 \text{ t}$	$15,5 \text{ t}$
Trommeldurchmesser	ca. $3,2 \text{ m}$	ca. $3,2 \text{ m}$
Maximale Seilkapazität je Trommel	ca. $950 \text{ m}$	ca. $1.848 \text{ m}$
Zulässige Anzahl der Seillagen	5	6
Seil-Nenndurchmesser	$32 \text{ mm}$	$28 \text{ mm}$
Anzahl der Seile	2	1
Bremsentyp	Scheibenbremse, 2 Scheiben	Scheibenbremse, 2 Scheiben
Anzahl Bremsständer	2	2
Anzahl und Typ der Bremszangen	8 BE 125	6 BE 100
Bremssteuerung	SB1	SB1
Art der Sicherheitsbremse	verzögerungsgeregelt	verzögerungsgeregelt

#### 4.4.3 Kabeltragseilwinde (KT-Winde)

Bei der Kabeltragseilwinde handelt es sich um einen Förderhaspel. Er wird zur Installation von Kabeln und zur Durchführung von Montagearbeiten im Schacht eingesetzt. Eine Vorgabe des Kabelmontagekonzepts am Schachtfuß war, dass das Kabeltragseil die doppelte Länge des Schachts besitzen muss. Ein am Schachtfuß aufgestellter Wickelhaspel mit Stahltrommel dient zur Aufnahme einer Schachtlänge des Kabeltragseils. Der Seilträger der KT-Winde besitzt daher eine Seilkapazität von ca.  $1.850 \text{ m}$ , welche in sechs Lagen aufgewickelt werden kann. Das drehungsarme Kabeltragseil läuft unterschlägig ab und besitzt einen Nenndurchmesser von  $28 \text{ mm}$ .

Die drehzahl geregelte ( $0,16$  bis  $20 \text{ min}^{-1}$ ) KT-Winde wird durch einen Drehstrommotor ( $200 \text{ kW}$ ) und Kegelstirnradgetriebe angetrieben. Die Antriebswelle ist zweifach wälzgelagert. Der Antriebsmotor und das Getriebe sind über eine elastische Klauenkupplung mit zusätzlicher Massenbremse miteinander verbunden.

Die Bremskrafteerzeuger der kombinierten Fahr- und Sicherheitsbremse sind auf zwei Bremsständer mit jeweils drei Bremsenpaaren (insgesamt  $12 \times \text{BE } 100$ ) verteilt, die auf je eine Brems Scheibe je Trommel wirken. Eingesetzt wird der Siemag-Scheibenbremsapparat SB 1 mit elektrohydraulisch geregelter Sicherheitsbremse für lastunabhängige einstellbare Verzögerungswerte.

Während der Montagephase wurde die KT-Winde für den Betrieb der temporären Kübelförderung verwendet. An den IPF-Seilen der temporären Arbeitsbühne wurde ein Führungsschlitten mit Abteufkübel geführt. Die KT-Winde wurde in dieser Phase als Mittlere Seilfahrtanlage verwendet und entsprechend **Tabelle 1** ausgelegt. Die Antriebsmaschine der KT-Winde verfügt deshalb über ein umschaltbares Getriebe. Die maximale Fahrgeschwindigkeit betrug bei der Kübelseilfahrt 3 m/s. Bei der KT-Winde handelt es sich in der Betriebsphase um eine Schachtwinde. Hier ist die Geschwindigkeit für Materialtransporte respektive die Kabelmontage auf 1 m/s begrenzt.

#### 4.5 Wickelhaspel und Hilfseinrichtungen für die Kabelmontage

Eine sichere und effiziente Handhabung der Seile und Kabel ist bei zunehmender Teufe und damit zunehmenden Lasten während der Kabelmontage im Schacht von höchster Bedeutung. Für die komplizierten Abläufe der Kabelmontage ausgehend vom Schachtfuß Sedrun wurden zwei elektrisch betriebene Wickelhaspel und eine Umlenkscheibe geliefert. Die Antriebe der beiden Wickelhaspel sind autark, also unabhängig von der Steuerung der IPF und der KT-Winde ausgeführt (**Tabelle 3**). Die Bediener können die Geschwindigkeit und Laufrichtung der Wickelhaspel über ein Handbediengerät steuern. Die Doppelbackenbremse arbeitet nach dem Auslassprinzip, d.h. die Bremsen-Schließkraft wird mit einem Gewichtspaket erzeugt, sodass das aufgewickelte Seil beziehungsweise Kabel mit einer definierten Gegenzugkraft von dem Wickelhaspel abgezogen werden kann (Übersicht im **Bild 1**).

Das **Bild 9** zeigt die beiden am Schachtfuß aufgestellten Wickelhaspel, die im Verbund mit der KT-Winde am Schachtkopf betrieben werden. Die **Tabelle 3** zeigt die technischen Daten. Der Wickelhaspel (**Bild 9**, hinten links) besitzt eine Stahltrommel mit einem Durchmesser von 1,5 m zum Aufhaspeln des Kabeltragseils der KT-Winde oder eines sonstigen Zugseils.

Der zweite Wickelhaspel dient der Aufnahme unterschiedlich großer und breiter Kabeltrommeln verschiedener Hersteller. Der Grundrahmen dieses Wickelhaspels kann für die unterschiedlichen Kabeltrommeln entsprechend umgebaut werden.

#### 4.6 Seilscheibenbühnen am Schachtkopf

Die Konstruktion der neuen Seilscheibenbühnen im Schachtkopf ist im **Bild 10** dargestellt und das **Bild 11** zeigt ein Foto der Verstell-Schwenkeinrichtung. Die

**Tabelle 3:** Technische Daten der beiden Wickelhaspel

Wickelhaspel	mit Stahltrommel	für Kabeltrommel
Durchmesser	1.500 mm	4.000 mm/ 3.200 mm
Nominal Drehmoment	11,64 kNm	11,64 kNm
Seilzugkraft	51 bis 35 kN	20 bis 10 kN
Seilgeschwindigkeit	0 bis 0,36 m/s	0 bis 1,2 m/s
Getriebeübersetzung	79,75 : 1	79,75 : 1
Kettengetriebe	21 / 45	21 / 80
Motorenndrehzahl	975 U/min	975 U/min
Gewicht ohne Trommel	7.350 kg	9.500 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	38.000 kg	38.000 kg

Seilscheibenbühnen sind zur sicheren Kraftweiterleitung in das Gebirge auf den übernommenen Hauptträgern vom Los 356 und den zwischen dem Fördermaschinenraum und dem Schacht I befindlichen Betonfundament aufgesetzt. Auf der unteren Seilscheibenbühne sind die Seilscheiben der IPF-Winde verlagert. Auf der oberen Seilscheibenbühne befindet sich eine um  $360^\circ$  verdrehbare Verstell-Schwenkeinrichtung (Drehbühne) zur Umlenkung des Kabeltragseils in die vorgesehenen Kabellektoren von Schacht I (**Bild 11**).

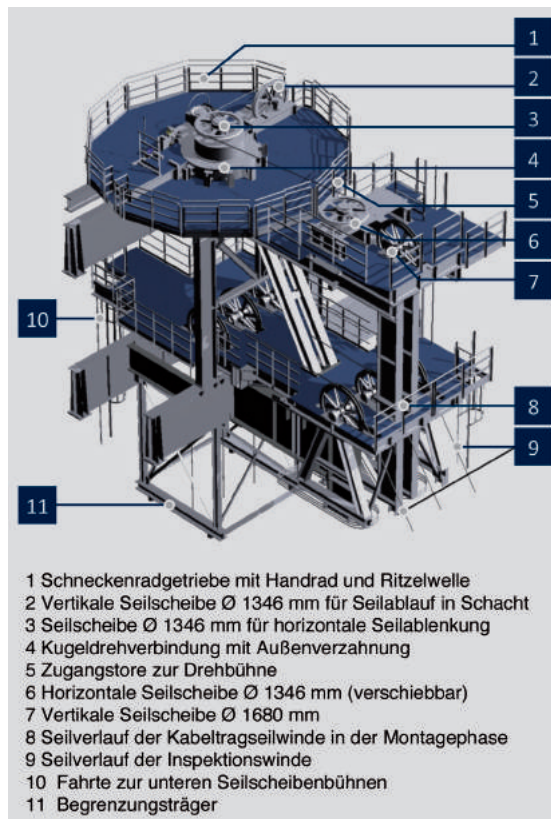
##### 4.6.1 Untere Seilscheibenbühne und Begrenzungsträger

Auf der unteren Seilscheibenbühne sind die Seilscheiben der IPF-Winde verlagert. In der Montagephase befanden sich hier die zwei vertikalen Seilscheiben der KT-Winde für die seilgeführte Kübelseilfahrtanlage.

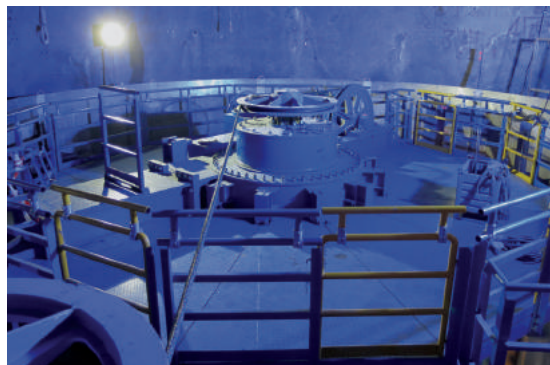
Auf eine Übertreibeisicherung für die IPF im oberen Schachtkopfbereich wurde entgegen der TAS verzichtet. Es wurde festgehalten, dass keine aufwärts gerichtete Kraft mehr vorhanden sein kann, wenn die IPF-Winde bei Aufwärtsfahrt antriebslos wird – beispielsweise durch einen Energieversorgungsausfall. Durch die Schwerkraft wird die IPF innerhalb eines ausreichend kurzen Fahrwegs stillgesetzt. Ein unkontrolliertes Übertreiben mit hoher Einfahrtgeschwindigkeit

**Bild 9:** Aufstellung der beiden Wickelhaspel zur Kabelmontage am Schachtfuß





**Bild 10:** Seilscheibenbühnen mit drehbarer Verstell-Schwenkeinrichtung



**Bild 11:** Verstell-Schwenkeinrichtung zur Umlenkung des Kabeltragseils in die Kabelsektoren von Schacht I

kann ausgeschlossen werden, weil die Fahrgeschwindigkeit der IPF über den Fahrtregler im Schachtkopfbereich auf 1 m/s begrenzt wurde und zudem eine freie Höhe von 20 m bis zu den Begrenzungsträgern vorhanden ist. Aufgrund dieser Feststellungen und getroffenen Maßnahmen wurde eine gleichwertige Sicherheit erreicht. Die Begrenzungsträger dienen als finaler Überreibanschlag und sind unterhalb der unteren Seilscheibenbühne montiert [6].

#### 4.6.2 Obere Seilscheibenbühne mit Verstell-Schwenkeinrichtung

Mit der Verstell-Schwenkeinrichtung wird der Seilablaufpunkt des Kabeltragseils an die Schachtwand

geführt und kann in sämtliche Schachtbereiche umgelenkt werden. Die Hauptfunktion der Verstell-Schwenkeinrichtung besteht somit in der exakten Positionierung des Kabeltragseils zwischen IPF und der Schachtwand. Die Kabelmontage erfolgt von der IPF.

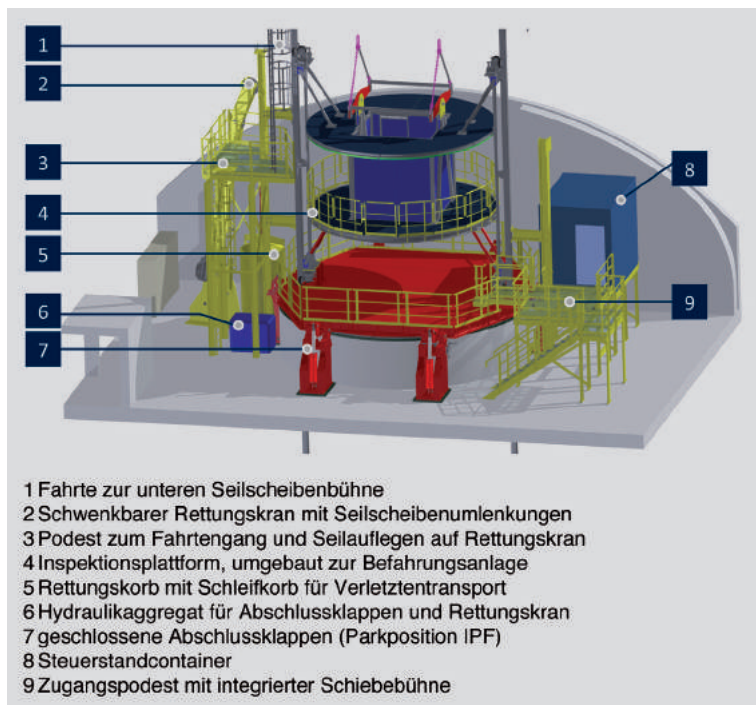
Um die verschiedenen Ablaufpunkte in den sogenannten Kabelsektoren ansteuern zu können, verläuft das Kabeltragseil ausgehend von der KT-Winde, wie aus dem **Bild 10** ersichtlich, zunächst über eine vertikal stehende Seilscheibe (Pos. 7). Anschließend wird das Kabeltragseil mit zwei horizontal liegenden Seilscheiben (Pos. 3, Pos. 6) umgelenkt bzw. gespannt, ehe das Kabeltragseil an der gewünschten Montageposition über eine wiederum vertikal angeordnete Seilscheibe (Pos. 2) in Schachtwandnähe in den Schacht abläuft. Die Kugeldrehverbindung und das auf der Drehplattform befindliche Schneckenradgetriebe mit Handrad (Pos. 1) stellen das Herzstück der Verstell-Schwenkeinrichtung dar. Die Kugeldrehverbindung (Pos. 4) ist mit einer Außenverzahnung ausgeführt und stellt in Verbindung mit einer Ritzelwelle ein Stirnradgetriebe dar. Über das Schneckenradgetriebe mit Handrad wird die Positionierung und Arretierung der Drehbühne ermöglicht.

#### 4.7 Abschlussklappe im Schacht I

Für die endgültigen Hebeeinrichtungen Los D war kein Fördergerüst wie bei übertägigen Schachtförderanlagen erforderlich. Es wurde ein massives mehretagiges Betongebäude mit Keller über Schacht I, wie im **Bild 5** dargestellt, errichtet. Das **Bild 12** zeigt den Raum oberhalb der Zuluftventilatoren, in dem sich die Zuzugsebene der Inspektionsplattform mit Steuerstand, allen Rettungseinrichtungen sowie einer wetterdichten Abschlussklappe als Schachtverschluss befinden.

Die wetterdichte Abschlussklappe, deren Hauptkomponenten im **Bild 12** dargestellt sind, besteht aus zwei schwenkbaren halbkreisförmigen Hälften und ist in der Einstiegsebene am Schachtkopf oberhalb der Zuluftventilatoren der Tunnelbetriebslüftung auf einem ca. 2,2 m hohen Schachtkragen angeordnet. Aus Transportgründen wurden die etwa 8 t schweren Abschlussklappenhälften als mehrteilig verschraubte Schweißkonstruktionen ausgeführt. Die Abschlussklappenhälften werden über je zwei Hydraulikzylinder bewegt. Die geschlossenen Abschlussklappen dienen hauptsächlich dem wetterdichten Verschluss von Schacht I. Um dies zu ermöglichen, wurden zwischen den Abschlussklappenhälften und auf der Auflagefläche des Schachtkragens umlaufende Dichtungen angebracht. Das Eigengewicht der Abschlussklappen reicht nicht aus, um gegen die öffnenden Druckkräfte der Betriebslüftung geschlossen zu bleiben. Sie werden daher im geschlossenen Zustand über seitlich angeordnete hydraulische Klappenverriegelungen fixiert.

Die Abschlussklappe dient zudem als Parkposition für die ca. 15 t schwere IPF. Um die sichere Begehbarkeit der geparkten IPF zu ermöglichen, wurden Absturzsicherungen in Form von Steckgeländern an den



**Bild 12:** Einrichtungen in der IPF-Zustiegeebene am Schachtkopf



**Bild 13:** Schachtstuhl mit Zugangspodest MFS, Seilfahrtanschlagtafel und leicht demontierbaren Schachtabkleidungen

Quelle: AlpTransit Gotthard AG

Abschlussklappen vorgesehen. Eine Schachtbefahrung mit der IPF ist nur bei geöffneten Abschlussklappen möglich. Die geöffneten Abschlussklappen werden durch je zwei Verriegelungshaken in ihrer Position gesichert. Die Stellung der Abschlussklappen wird elektrisch überwacht und an die Steuerung der IPF weitergegeben.

## 4.8 Schachtfußeinrichtungen in der Multifunktionsstelle (MFS)

### 4.8.1 Schachtstuhlabkleidung und IPF-Zugangspodest MFS

Am Schachtfuß befindet sich eine durch die ARGE Transco Sedrun errichtete Schachtstuhlkonstruktion, welche aus drei ringförmigen Trägern und fünf Stützträgern besteht. Der im **Bild 13** dargestellte runde Schachtstuhl ist fest mit der westlichen Betonwand verbunden und stellt als Seilfahrtanschlag einen wesentlichen Bestandteil der Schachtförderanlage dar. Für den sicheren IPF-Zu- und Abstieg wurde ein von Hand zu betätigendes Zugangspodest mit Kopfschutz in den Schachtstuhl integriert. Zudem werden die Führungskräfte aus der Rollenführung der IPF über die Spurlatten in die Schachtstuhlkonstruktion eingeleitet.

Die Sicherheitseinrichtungen an der Schachtstuhlkonstruktion wurden in Form von Sicherheitsnetzen und Lochblechsegmenten leicht demontierbar konzipiert. Als wesentliche Anforderung neben der eigentlichen Schutzfunktion gegen herabfallende Bauteile war zu beachten, dass insbesondere im oberen und mittleren Bereich des Schachtstuhls die Sicherheits-

einrichtungen einen ausreichenden Luftdurchlass für die Betriebslüftung ( $450 \text{ m}^3/\text{s}$ ) gewährleisten. Zudem waren im oberen Schachtstuhlbereich für die vorgesehenen Energieversorgungs- und Datenkabel sowie eine Wasserdruckleitung Öffnungen respektive Durchführungsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

Aus diesem Grund wurden im oberen und mittleren Schachtstuhlbereich Sicherheitsnetze gardinenartig aufgehängt, welche nach Bedarf einfach geöffnet werden können. Die Sicherheitsnetze sind oberhalb des Schachtstuhls an einem an der Schachtwand umlaufend befestigten Stahlseil befestigt.

Im unteren Bereich des Schachtstuhls wurden, wie im Bergbau üblich, Lochblechsegmente als trennende Sicherheitseinrichtungen vorgesehen. Die speziell an den runden Schachtstuhl angepasste Tragkonstruktion ermöglichen für zukünftige Kabelmontagen eine leichte und unkomplizierte Demontage der ca. 35 kg schweren Lochblechsegmente.

### 4.8.2 Übertreibabbremseinrichtungen im Schachtsumpf

Das **Bild 14** zeigt die Übertreibabbremseinrichtungen – Typ Siemag Tecberg Safety Arrestor – nachfolgend SSA-Anlage genannt. Der alte Schachtsumpf wurde mit Verfüllmaterial ausgegossen. Als Abschluss wurde eine massive Betonplatte schwimmend auf den verfüllten Schachtsumpf aufgelegt. Da mit einer geringen Setzung des Verfüllmaterials zu rechnen ist, wurde die Bodenplatte nicht mit der Schachtwand verbunden. Eine im Bergbau übliche Bremskrafteinleitung in die Schachtwand sollte vermieden werden. Aus diesem

Grund wurde die SSA-Anlage als selbsttragende Stahlkonstruktion ausgeführt, welche bei einer Setzung der Bodenplatte über vier Rohrkonsolen seitlich geführt wird. Die Bremskräfte und das Eigengewicht der SSA-Anlage werden von der Stahlkonstruktion abgefangen und in vertikaler Richtung in die Bodenplatte eingeleitet. Die SSA-Anlage ist für ein Gesamtgewicht der IPF von 21.000 kg und eine Aufprallgeschwindigkeit von 4 m/s ausgelegt. Sie arbeitet mit einem Bremsweg von maximal 2,4 m bei voller Nutzlast. Die Geometrie des Bremsrahmens ist so ausgeführt, dass beim Aufprall das unter der IPF-Plattform montierte Stromaggregat zwischen den Bremsrahmen eintauchen kann.

## 5 Zusammenfassung Teil 2

In der Umrüstungsphase der Schachtförderanlagen und Schächte Sedrun nahm der Schacht I eine Schlüsselrolle ein und spielte eine wesentliche Rolle bei der Einhaltung des Gesamtterminplans des Gotthard-Basistunnels (GBT). Der zur Verfügung stehende Umbauzeitraum erforderte kontinuierliche Optimierungen des Logistik- und Einbaukonzepts. Die großen und komplexen Stahl- und Maschinenbaukomponenten wurden beispielsweise als mehrteilig verschraubte Schweißkonstruktionen ausgeführt und teilmontiert zur Endmontage auf die Baustelle geliefert. So wurde die Befahrungsbühnenanlage des Großkorbs der Schachtförderanlage Los 356 erweitert, um möglichst viele Schacht- und Betonierarbeiten simultan ausführen zu können. Synergieeffekte konnten durch die Weiterverwendung bestehender Anlagenteile oder vorgezogener Teillieferungen und -montagen erreicht werden. So wurden beispielsweise die temporäre Arbeitsbühne mit Kübelseilfahrtanlage für den Schachtausbau von Beginn an mit den endgültigen Schachtförderanlagen Los D statt mit temporären Windenanlagen betrieben. Reduzierungen von

Bauarbeiten, vereinfachte Demontagen und Montagearbeiten führten zu erheblichen Zeiteinsparungen, welche sich positiv auf den engen Terminplan auswirkten.

Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche und termingerechte Projektumsetzung waren gute und tragfähige Beziehungen sowie regelmäßige Abstimmungen mit der Bauherrin und allen weiteren auf der Großbaustelle mitwirkenden Unternehmen. Strikte Einhaltung aller Sicherheitsanforderungen und Rücksichtnahme auf bergbauunerfahrene Unternehmen waren zu beachten. Für die Errichtung der endgültigen Hebeeinrichtungen Los D übernahm Siemag Tecberg zudem das Sicherheitsdispositiv für alle Arbeiten im und um den Schacht I.

Die beiden Schächte Sedrun dienen während des zukünftigen Betriebs des Gotthard Basistunnel (GBT) vornehmlich zur Bewetterung der untertägigen Nothaltestellen der Multifunktionsstelle (MFS). Die Frischluftversorgung erfolgt über Schacht I und die Abluftabsaugung über Schacht II.

Der Schacht II besitzt keine Installationen und wurde zur Abluftwetterführung mit einer demontierbaren Abschlussklappe am Schachtkopf geschlossen. Mit einem neu gelieferten Inspektionskorb sollen in regelmäßigen Zeitabständen Schachtfahrten zur Kontrolle der Bausubstanz und zur Feststellung von Ablagerungen, Bergwassereintrag oder sonstiger Auffälligkeiten durchgeführt werden. Der Inspektionskorb wird mit der generalüberholten mobilen Schachtwinde Los 372 betrieben, welche außerdem für Personenrettungen am Schacht I vorgesehen ist.

Im Schacht I befinden sich Wasserfallleitungen für die MFS und Energieversorgungs- und Datenkabel der Bahntechnik für die Betriebslüftungsanlagen und Technikgebäude am Schachtkopf. Für die Montage bzw. Ersatzmontage der Bahntechnik-Kabel und für periodische Kontroll-, Wartungs- und Erhaltungszwecke hat Siemag Tecberg die Hebeeinrichtungen Los D entwickelt. Hervorzuheben sind einerseits das umbaubare Fördermittel, die sogenannte Inspektionsplattform (IPF), welche sowohl als Befahrungsanlage als auch als mittlere Seilfahrtanlage betrieben werden kann, andererseits die speziell für die Kabelinstallation entwickelte Hebeeinrichtung. Diese besteht im Wesentlichen aus einer Schachtwinde mit Kabeltragseil, einer einzigartigen, um 360° drehbaren Verstell-Schwenkeinrichtung zur Seilumlenkung und Montagehilfseinrichtungen bestehend aus zwei Wickelhaspeln sowie Umlenkscheibe, die eine sichere und uneingeschränkte Montage der Kabel an der Schachtwand ermöglichen.

Die Schachtförderanlagen Los D stellen in ihrer Konfiguration und Nutzung eine weltweit einzigartige Besonderheit dar. Ein eigens entwickelter Mehrachsen-Fahrtregler kann beide Förderhaspel separat und synchron mit einer Genauigkeit von 0,01 % im Schacht verfahren.

Eine besondere Anforderung bei der Entwicklung der endgültigen Schachtförderanlagen Los D war die Einhaltung der für Eisenbahnsysteme entwickelten

**Bild 14:** Übertreibabbremseinrichtungen Siemag Tecberg Safety Arrestor (SSA) im Schachtfuß





RAMS-Anforderungen aller elektromechanischen Bauteile.

## 6 Fazit

Der Gotthard-Basistunnel (GBT) ist ein Jahrhundertbauwerk der Extraklasse und beantwortet zukünftig am besten selbst die Frage, wie man das Verkehrshindernis „die Alpen“ umgeht. Die Tunnelöffnung ist für Mitte 2016 und der Bahnbetrieb für Ende 2016 geplant. Nach seiner Fertigstellung ist der GBT mit einer Länge von 57 km der längste Eisenbahntunnel der Welt. Der Zwischenangriff in Sedrun gehört zu den deutlich aufwendigeren Tunnelbaustellen des GBT, da er sich ca. 800 m über dem eigentlichen Tunnelniveau befindet und die Tunnelvortriebe über diese Schächte versorgt werden mussten.

Die Schachtförderanlagen Los 356 im Schacht I haben mit einer sehr hohen Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit über einen Betriebszeitraum von fast 10 Jahren einen maßgeblichen Beitrag an dem Jahrhundertbauwerk Gotthard-Basistunnel geleistet. Die Bauherrin AlpTransit Gotthard AG hat im Jahr 2011 mit der Folgebeauftragung für die Ausführungsprojektierung und Entwicklung der endgültigen Hebeeinrichtungen Los D erneut Vertrauen in die Produkte der Siemens Tecberg gezeigt.

Die Projektierung und Realisierung großer Schachtförderanlagen ist eine Kernkompetenz des Unternehmens. Das umfangreiche Erfahrungspotenzial, welches während des Betriebs der eigenen Schachtförderanlagen am GBT gesammelt wurde, führte zu einem Innovationsschub und zu Weiterentwicklungen der vorhandenen Produkte. Die gesammelten Erfahrungen garantieren bei der Realisierung von neuen Entwicklungsvorhaben und Gesamtanlagenplanungen Konstruktionen nach neuestem Stand der Technik.

Als ein großer Vorteil erwies sich, dass bereits in der frühen Planungsphase, die Anlagenkonzepte und Sonderkonstruktionen eng mit der Bauherrin AlpTransit Gotthard AG, ihren Vertretern, Sachverständigen und insbesondere den eigenen Nachunternehmern abgestimmt wurden. Durch diese Vorgehensweise konnten

### Über AlpTransit Gotthard AG

Die AlpTransit Gotthard AG ist Bauherrin der neuen Eisenbahn-Alpentransversale Achse Gotthard mit den Basistunnels am Gotthard und Ceneri. Im Jahr 1998 gegründet, beschäftigt die Tochtergesellschaft der SBB heute am Hauptsitz in Luzern und an den Außenstellen in Altdorf, Sedrun, Faido und Bellinzona rund 160 Mitarbeitende.

Verzögerungen, Stillstände und Behinderungen sowie Gefahren für Leib und Leben von Mitarbeitern oder für die Umwelt auf das Minimum reduziert und der gewünschte Erfolg herbeigeführt werden.

Für den zukünftigen Betrieb des Gotthard Basistunnels sind hohe Verfügbarkeitsziele und funktionale Sicherheiten zu gewährleisten. Diese hohen Anforderungen wurden auch an die neuen Schachtförderanlagen Los D gestellt, welche mit sogenannten RAMS-Analysen erfolgreich nachgewiesen und dokumentiert werden konnten.

Im Rahmen der Inbetriebsetzungsphasen wird zurzeit die Integration der Hebeeinrichtungen Los D in die Leittechnik des Bahntunnels durchgeführt. Im Anschluss daran erfolgt die Abnahme der Hebeeinrichtungen Los D in 2016.

## Literatur

- [1] Flender, M. (2015). Gotthard-Basistunnel: Die Schachtförderanlagen von Sedrun – Teil 1: Rohbauphase. GeoResources Zeitschrift, (1-2015), 25–34.
- [2] Flender, M. (2015). Gotthard Base Tunnel: The Sedrun Shaft Hoisting Systems – Part 1: Tunnel Construction Phase. GeoResources Journal (2-2015), 18-28.
- [3] Schweizer Unfallverhütungsvorschriften, Art. 9 VUV: <https://www.koordination.ch/de/online-handbuch/uvg/unfallverhuetung/arbeitsicherheit/pflichten/#c39664> Online: zuletzt aufgerufen am 24.8.2015
- [4] Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen (BVOS) Stand: 15.10.2003
- [5] Technische Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (TAS) Stand: Dezember 2005
- [6] Interner Prüfbericht der DMT, unveröffentlicht

### Autor

Dipl.-Ing. Michael Flender, (geb. 1978), Vertriebs-Manager, SIEMAG TECBERG GmbH, war von 2011 bis zur Inbetriebnahme im Jahr 2014 verantwortlicher Projektleiter für die Umrüstung der mechanischen Komponenten der Schachtförderanlagen Sedrun.



### Kontakt

Michael.Flender@siemag-tecberg.com  
Tel.: +49 2773 9161 308

## Gotthard-Basistunnel: Die Schachtförderanlagen von Sedrun

### Teil 1: Rohbauphase

1	Einleitung.....	3
2	Gotthard-Basistunnel, Multifunktionsstellen, Schächte Sedrun.....	4
3	Übersicht des Projektablaufs.....	5
4	Schachtförderanlagen für die Tunnelbauphase (Los 356).....	5
4.1	Allgemeines.....	5
4.2	Hauptseilfahrtanlage.....	6
4.2.1	Maschine, Treibscheibe und Bremsenrichtungen.....	6
4.2.2	Großkorb, Gegengewicht und Beschickungseinrichtungen.....	7
4.2.3	Seillastmess- und Bremsenrichtungen.....	8
4.3	Mittlere Seilfahrtanlage.....	9
4.4	Mobile Schachtwinde.....	9
4.5	Betrieb der Schachtförderanlagen in der Rohbau- phase und Hilfseinrichtungen für den Seilwechsel.....	10
5	Tunnelklimatisierung im Teilabschnitt Faido.....	11
6	Fazit Teil 1.....	11
	Literatur.....	12

## Gotthard-Basistunnel: Die Schachtförderanlagen von Sedrun

### Teil 2: Umrüstungs- und Betriebsphase

1	Einleitung.....	13
2	Einordnung der Schächte Sedrun in das Tunnelbauprojekt GBT.....	13
3	Umrüstungsphase der Schachtförderanlagen und Bauarbeiten im Schacht I.....	14
3.1	Demontagephase Los 356 und Bauarbeiten im Schacht I... ..	14
3.2	Errichtung der Schachtförderanlagen Los D.....	15
3.2.1	Sicherheitsdispositiv für Arbeiten im Schacht I (Los D).....	15
3.2.2	Klassifizierung der neuen Schachtförderanlagen Los D nach Art der Nutzung.....	16
4	Schachtförderanlagen für die Betriebsphase GBT (Los D)....	16
4.1	Übersicht.....	16
4.2	Neukonzipierung der Schachtförderanlagen – Synergienutzung.....	17
4.3	Fördermittel.....	17
4.3.1	Inspektionsplattform im Schacht I.....	17
4.3.2	Einrichtungen für die Personenrettung.....	18
4.3.3	Inspektionskorb für Schacht II.....	19
4.4	Schachtförderanlagen Los D.....	19
4.4.1	Allgemeines.....	19
4.4.2	Inspektionsplattformwinde (IPF-Winde).....	20
4.4.3	Kabeltragseilwinde (KT-Winde).....	20
4.5	Wickelhaspel und Hilfseinrichtungen für die Kabelmontage.....	21
4.6	Seilscheibenbühnen am Schachtkopf.....	21
4.6.1	Untere Seilscheibenbühne und Begrenzungssträger.....	21
4.6.2	Obere Seilscheibenbühne mit Verstell-Schwenkeinrichtung.....	22
4.7	Abschlussklappe im Schacht I.....	22
4.8	Schachtfußeinrichtungen in der Multifunktionsstelle (MFS).....	23
4.8.1	Schachtstuhlableitung und IPF-Zugangspodest MFS.....	23
4.8.2	Übertreibabbremseinrichtungen im Schachtsumpf.....	23
5	Zusammenfassung Teil 2.....	24
6	Fazit.....	25
	Literatur.....	25

# SIEMAG TECBERG GROUP

## KONTAKTE

### DEUTSCHLAND HAIGER

---

#### SIEMAG TECBERG GmbH - Headquarters

Kalteiche-Ring 28-32  
35708 Haiger, Deutschland  
Telefon: +49 2773 9161-0  
E-Mail: info@siemag-tecberg.com

### RUSSLAND MOSKAU

---

#### OOO SIEMAG TECBERG

build. 1 h 5, 5th Yamskogo Polya  
Moscow, 125040, Russland  
Telefon: +7 495 2121318  
E-Mail: info@siemag-tecberg.ru

### CHINA TIANJIN

---

#### Tianjin SIEMAG TECBERG Machinery Co., Ltd.

No. 65 Guangyuan Road  
Wuqing Development Area  
Tianjin 301700, P.R. China  
Telefon: +86 22 59680 100  
E-Mail: info@siemag-tecberg.cn

### USA MILWAUKEE

---

#### SIEMAG TECBERG Inc.

2969 South Chase Avenue  
Milwaukee, WI 53207, USA  
Telefon: +1 414 727 5725  
E-Mail: info@siemag-tecberg.us

### POLEN KATTOWITZ

---

#### SIEMAG TECBERG POLSKA Sp. z o.o.

ul. Mickiewicza 29  
40-085 Kattowitz, Polen  
Telefon: +48 32 2072086  
E-Mail: info@siemag-tecberg.pl

### UK RUGBY

---

#### Winder Controls Europe Ltd.

10 Mitchell Court  
Rugby, CV23 0UY, UK  
Telefon: +44 1788 524 633  
E-Mail: info@winder-controls.co.uk

### AUSTRALIEN SYDNEY

---

#### Winder Controls Australia Pty Ltd

Unit 7 & 8, Eden Park Drive  
Macquarie Park NSW 2113, Australien  
Telefon: +61 2 9888 3900  
E-Mail: info@siemag-tecberg.com.au

### SÜDAFRIKA JOHANNESBURG

---

#### Winder Controls (Pty) Ltd.

4 Osborne Lane, Osborne Office Suites  
Bedfordview, 2007, Südafrika  
Telefon: +27 11 383 9300  
E-Mail: winder@winder.co.za

### DEUTSCHLAND STÖDTLEN

---

#### Gloning Krantechnik GmbH

Im Lachfeld 1  
73495 Stöttlen, Deutschland  
Telefon: +49 7964 33090-0  
E-Mail: gloning.krantechnik@gloning.de



**GE**  **RESOURCES**

**SIEMAG  
TECBERG**