

## Zur verbesserten Entscheidungsfindung während des Vortriebs

Benoît Stempfël, Matteo Bianchi\*

# Informations-Management im Untertagebau

Die komplexen Baustellen des Lötschberg- und Gotthard-Basistunnels erfordern fortlaufend Entscheidungen. Während diese im Verlauf der Projektierungs- und Bauphase aufgrund der Prognosen zu fällen sind, erfolgt der Entscheidungsprozess in der Betriebs- und Unterhaltsphase aufgrund der gemachten Erfahrungen und insbesondere aufgrund einer sauber nachgeführten Bauwerksdokumentation.

Die Grösse der Baustellen an den Lötschberg- und Gotthard-Basistunnels, ihre Komplexität, ihre Dauer und die zur Verfügung gestellten finanziellen Mittel stellen an den Bauherren hohe Anforderungen bezüglich Koordination des Informationsflusses dieser Baustellen. Der politische Druck, die Sorge um einen zusammenhängenden, kontinuierlichen und qualitativ hochwertigen Informationsaustausch sowie die Gewährleistung eines gleichwertigen Qualitätsniveaus für alle Teilabschnitte während des Baues haben die beiden Bauherren, die BLS Alptransit AG sowie die Alptransit Gotthard AG, dazu veranlasst, die Baustellenverwaltung der Basistunnels mittels einer integrierten EDV-gestützten Datenverwaltungs-Plattform durchzuführen. Diese Inter-

net-gestützte Plattform SISO mit ihren annähernd 200 täglich auf sie zugreifenden Benutzern stellt das zentrale Element der Baustellenkommunikation und -kontrolle dar.

### Welche Dokumentation für welche Entscheidung?

Die Basis einer jeden Bauausführung ist der Werkvertrag zwischen dem Bauherrn und seinen Auftragnehmern. Der Werkvertrag beinhaltet vorwiegend die Kostenregelung, die geologischen Prognosen, die Projektpläne, die technischen Anforderungen sowie das Bauprogramm. Er zwingt – vereinfachend gesagt – zu einer umfassenden Kontrolle der Bauausführung unter Berücksichtigung der *Fristen, Kosten* und der

*Qualität*. Es ist dementsprechend von grösster Wichtigkeit, von Anfang an *alles Wissen und alle gesammelte Erfahrung während der Bauwerkserstellung zu ordnen und zu archivieren*.

Mit anderen Worten ist es unumgänglich, die übliche statische Datenverwaltung einer Baustelle in eine *dynamische Aufbereitung der Daten und Informationen* überzuführen und ausserdem auf eigennützige Individualität zu verzichten, um eine *kollektive und rationelle Datennutzung* zu fördern.

Eine solche Anforderung kann nur mit Hilfe einer EDV-gestützten Datenbank erfüllt werden, die während der ganzen Bauzeit Daten sammelt, das Wissen des Projektes darstellt und als Kommunikations- und Informationsplattform für alle Beteiligten aufkommen kann. Die zu erfassenden Daten sind hauptsächlich *die Vortriebsdaten, die geologischen Daten, die finanziellen Daten des Werkvertrags, die durchgeführten Kontrollen, die Leistungsdaten, die Ereignisse, Anordnungen und Entscheidungen, die Fotos und Abbildungen sowie die vertraglichen Dokumente*.

Diese Daten müssen selbstverständlich nur einmal erhoben und so aufbereitet werden, dass sie für jede Art von Reporting verfügbar sind. Was während der Bauwerkserstellung gültig war, ist für die Betriebsdauer, die zumindest zehnmal länger als die Bauphase dauert, von noch grösserem Wert.

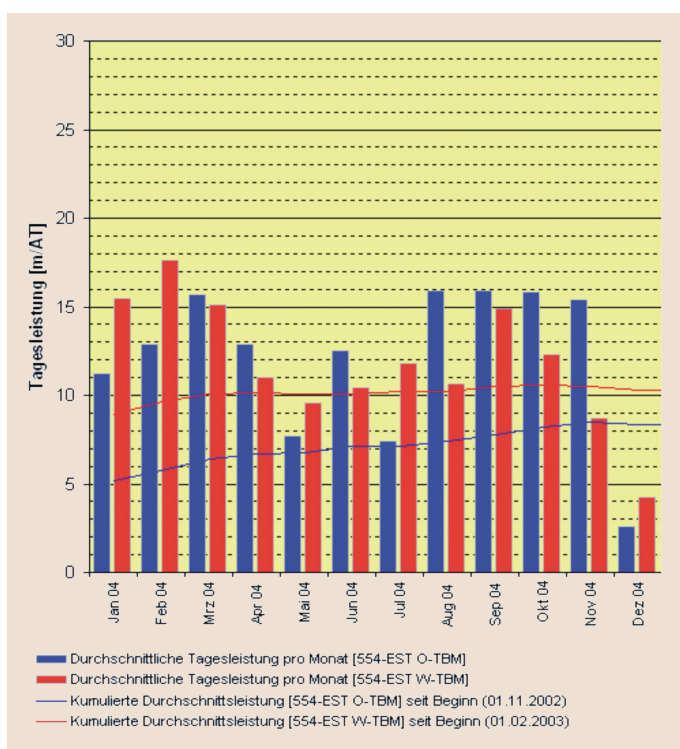
### Vortriebs- und Ausmasskontrolle

Die erste Frage jeden Morgens lautet: «Wo stehen wir?». Dies ist leicht zu beantworten, die Konsequenzen aber

Unten: Der Tagesbericht mit allen Haupt-Tätigkeiten des Vortags wird jeden Tag an vordefinierte Personen gesendet.

Rechts: Leistungs-Gegenüberstellung zwischen Ost- und West-Röhre des Gotthard-Basistunnels.

Tagesbericht Nr.: 02.126										
BLS Steg / Raron (Los 46.43.010)		Kalenderwoche Nr.: 19								
Baustellen Steg und Raron		Datum: 06.05.2002								
<b>ARBEITSSCHICHTEN</b>										
Schicht	Wetter	Temp. Anfang (°C)	Temp. Mitte (°C)	Luftfeuchtigkeit	Status					
1	schön	4	17		Schicht nicht genehmigt					
2	schön	14	18	65	Schicht genehmigt					
3	schön	10	6	58	Schicht genehmigt					
<b>PERSONALBESTAND</b>										
Firma	Anz. Personal Untertag	Anz. Personal Übertag	Anz. Tech./Admin. Personal	Anz. Personal Abgang						
Loeb-SR			8	3						
MatTrans	53	40	5	23						
<b>INSTALLATION</b>										
Objekt	Bauelement	Aktivität	Standort	Menge	Beschreibung					
ST-TW-LF	TBM-Vortrieb	Umsetzen/verschieben	Tm 6446.0 - 6456.1	50.00 min	Gripper					
RA-TUO-TBM	TBM-Vortrieb	Umsetzen/verschieben	Tm 2473.7 - 2494.9	65.00 min	Umsetzen Gripper / Vorfahren :					
	Förderbandanlage	Installieren/montieren	Tm 2473.7 - 2494.9	310.00 min	Streckeband: a) Programm Brecher c) Bandspeicher: Spannungswicht zu hoch e) Störung bei Klappe 205 (MBK), danach Spannungswicht beim Bandspeicher zu hoch f) FB 02 blockiert: Ausbruch zwischen Umlenkrolle: FB verklemt i) Totalausfall Band, ohne Fehler					
<b>GESAMTLEISTUNGEN</b>										
<b>GESAMTLEISTUNGEN</b>										
Vortrieb	Objekt	Tagesleistungen			Gesamtleistungen					
		Letztes Vortriebsdatum	Tm von	Tm bis	(m)	Tm von	Tm bis	Km von	Km bis	Arbeitsfortschritt
ST-TW-LF		06.05.02	6'446.00	6'456.10	10.10	3'059.11	6'456.10	41'115.52	44'512.51	3'396.99
RA-TUW-SPV		06.05.02	1'318.00	1'323.50	5.50	19.12	1'323.50	47'768.62	49'073.00	1'511.88
RA-TUO-TBM		06.05.02	2'473.70	2'494.90	21.20	53.30	3'220.00	45'868.33	49'035.03	2'465.40
<b>TAGESLEISTUNGEN</b>										
Objekt	Bauelement	Position	Tagesleistungen			Bemerkungen				
			Tm von	Tm bis	Menge					
ST-TW-LF	TBM-Vortrieb	AK V-ET5b	6'456.10	6'446.00	10.1 m	Felsqualität : Gut, Biotit- Gneiss Bohrgutanteil l.o., kein Abest sichtbar, kein Bergwasser, kein Bergschlag, Panzerstörungen : TBM Band 002 gewechselt, (Schicht 1 kein Vortrieb) Messwechsel 4 Stück, Räumwechsel 4 Stück				
RA-TUW-SPV	Sprengvortrieb	ESA3a (SPV1)	1'323.50	1'318.00	5.5 m	Geol. : Lias-kalk, Unterbrüche : -, Wasser				



können vielfältig sein, was eine tägliche Eingabedisziplin im Interesse der dynamischen Verwaltung erfordert. Um dieses Ziel zu erreichen, sind zwei Voraussetzungen unabdingbar:

- Verfügbarkeit eines Synthese-Tools.
  - Tägliche Erfassung der wichtigsten Ausmasse (Vortriebsdaten).
- Diese einfache Prozedur löst eine Vielzahl an Automatismen aus:
- Das Datenbankportal der Oberbauleitung auf den neusten Stand bringen.
  - Zusammenstellung eines Berichtes über die Vortriebsdaten.
  - Aktualisierung der Baukosten und des Bauprogramms.
  - Abrechnungsbauzeit und Termine jeweils auf den neusten Stand bringen.
  - Berechnung der Durchschnittsleistungen.
  - Versand der Informationen an eine Liste vordefinierter Personen.

Damit können aber eine Vielzahl an Vortriebsstatistiken der jeweiligen Bauwerke erstellt werden, wie zum Beispiel der Vergleich zwischen den mittleren Leistungen der Ost- und der West-Röhre oder der Vergleich der vertraglichen Daten mit dem ausgeführten Vortrieb.

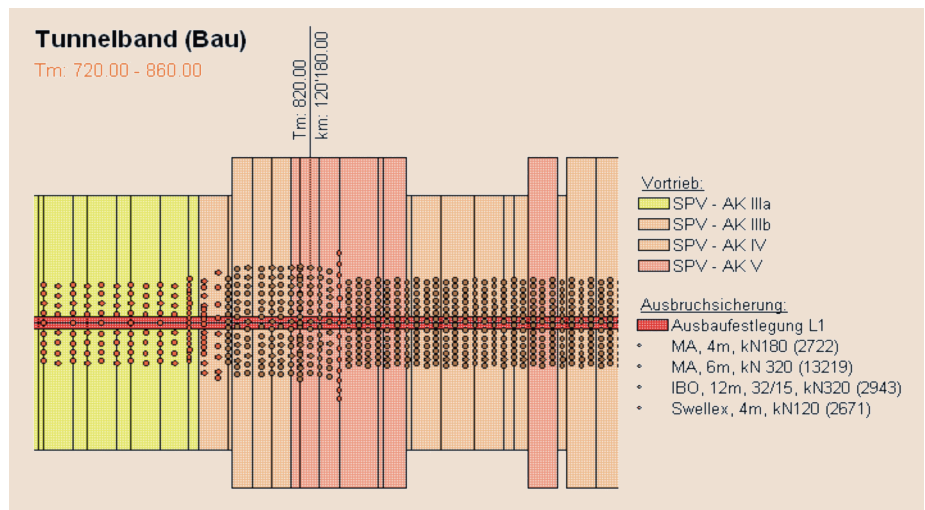
Das Tunnelband wird ebenfalls automatisch erstellt und zwar insofern als sämtliche wichtigen Vertragspositionen der Produktion auf der Baustelle täglich erfasst werden. Dabei handelt es sich hauptsächlich um *Anker*, *Stahlbögen* und *Spritzbeton*, welche die Ausbruchsicherung darstellen und die ebenfalls für den Projektingenieur wichtig sind, um während des Vortriebes Entscheidungen betreffend Anpassungen fällen zu können.

## Das Baujournal, die Q-Kontrollen und Informationen

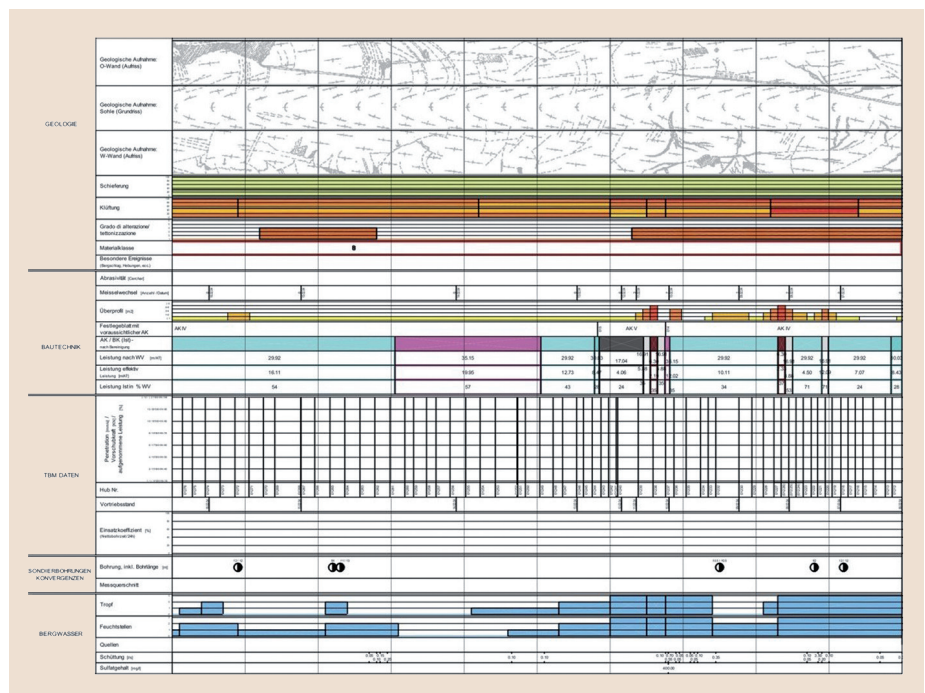
Die zweite Frage lautet: «Warum hat der Vortrieb nicht den vorgesehenen Tunnelmeter (Tm) erreicht?». Das Baujournal erlaubt es, diese Fragen zu beantworten. Es erstellt direkt in Berichtsform die Synthese der Ereignisse und Informationen, welche den jeweiligen Tag oder die jeweilige Woche betreffen.

Das Baujournal ist das *Kernstück der Bauwerksdokumentation* und erlaubt es, alle Anmerkungen, Dokumente und Fotos in Beziehung zu den erfassten Daten einzuordnen, alle Entscheidungen und Anordnungen unverzüglich weiterzuleiten sowie Pendenzenlisten zu führen und zu verfolgen.

Die Qualitätskontrollen sind ebenfalls Teil der täglichen Aufgaben, die in einer derartigen Struktur hinterlegt sind, welche es erlaubt, Ergebnisse von speziellen Untersuchungen – wie die Abnahme eines Betonierabschnittes oder den Ort der Entnahme eines Bohrkernes – rasch in Funktion des Datums und des Ortes wiederzufinden.



Die Haupt-Ausmasse werden im Tunnelband grafisch dargestellt.



Die Synthese-Pläne dienen als Führungsinstrument und zur Bauwerksdokumentation

## Geologie

Alle technischen und vertraglichen Aspekte des Vortriebes sind vom Baugrund abhängig. Die wesentlichen Informationen bezüglich der Geologie – wie die Gesteins- und die Gebirgseigenschaften (Petrografie, Strukturen, physikalische Eigenschaften) sowie ihre Auswirkungen auf das Bauwerk (geotechnische und hydrogeologische Aspekte) – müssen geordnet in einer nicht redundanten Struktur erfasst werden.

Der Vergleich zwischen Prognose und Befund ist ein wichtiges Instrument zur fortlaufenden Anpassung der Kosten- und Terminprogramme. Sehr nützlich für das richtige Verständnis der Zusammenhänge zwischen auftretenden Schwierigkeiten beim Vortrieb und der Geologie ist einerseits das systematische Erfassen der massgebenden geologischen Parameter und andererseits eine automatische Erstellung von Synthe-

seplänen unter vollständigem Einbezug der Vortriebs- und Maschinenparameter (zum Beispiel TBM).

Dabei ist der Einbezug des Geologen unumgänglich, damit die gemachten Beobachtungen richtig interpretiert und fachgerecht umschrieben werden. Da die Information zentral erfasst und gespeichert wird, ist den Beteiligten eine objektivere Einschätzung möglich. Das regelmässige Erstellen und Verfolgen der Synthesepläne sowie die Analyse der gemachten Beobachtungen und Aufzeichnungen bietet die Möglichkeit, schneller einzugreifen und gegebenenfalls vertragliche Schwierigkeiten besser einschätzen zu können.

## Leistungskontrolle

Der Hauptindikator zum Verständnis der Leistungen ist die tägliche Synthese des Schichtreportes, mit anderen



## Worten die Zeit-Analyse der einzelnen Arbeitsvorgänge.

Es sind insbesondere die Pannen- und Unterbrechungszeiten, die Wartezeiten wegen angetroffenen Schwierigkeiten, die Wartungszeiten sowie die benötigte Zeit für jeden Arbeitsvorgang, die es dank geeigneter statistischer Formeln erlauben, die Vortriebsleistung für eine bestimmte geologische Formation oder eine bestimmte Ausbruchsklasse auszuwerten und so antworten auf technische und vertragliche Fragen zu finden.

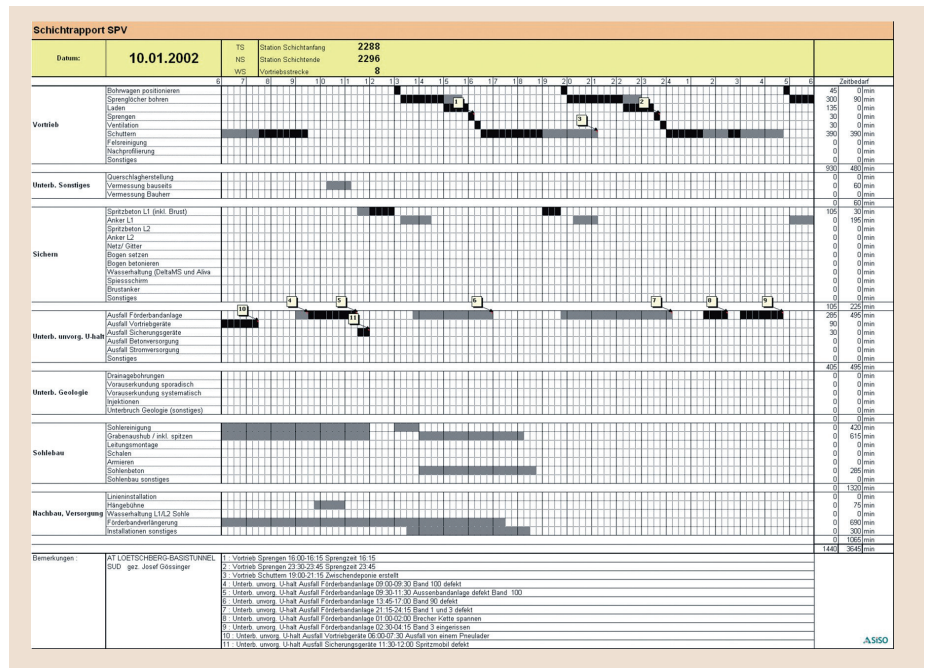
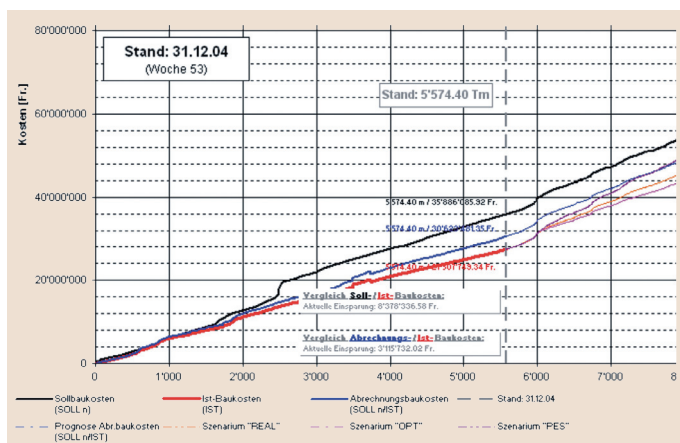
Die *Maschinenvortriebsparameter* sind ebenfalls wichtige Indikatoren, werden aber leider selten genutzt. Dies vor allem mangels Korrelation mit anderen Informationen, wie insbesondere mit den Vortriebsleistungen. Die *integrierte Gegenüberstellung von Daten verschiedenster Art und Herkunft* ermöglicht ein objektives Bild der angetroffenen Schwierigkeiten und gibt oft eine Antwort auf sich wiederholende Anomalien bei den Vortriebsarbeiten.

## Kosten- und Termincontrolling

Die Kosten des Bauwerkes sind in der Öffentlichkeit das meistbeachtete Element bei einer Baustellenverwaltung. Um deren Beherrschung sicherzustellen, ist es wesentlich, möglichst mit Laufmeterkosten zu arbeiten. Mit anderen Worten, die massgebenden Werkvertragspositionen müssen in Tunnelmetern erfasst werden können, um eine glaubwürdige Kostenkontrolle sicherzustellen.

Die Kostenglaubwürdigkeit ist nur gegeben aufgrund eines *aktualisierten Vergleichs zwischen den Soll- und den Ist-Kosten*. Mit einer – wie im vorliegenden Fall – integrierten Struktur verwandelt sich der Vertrag in ein lesbares und interaktives Werkzeug. Doch bei Bauarbeiten von einer Wichtigkeit wie derjenigen des Lötschberg- und Gotthard-Basistunnels ist die Anzahl der zu beachtenden Parameter beträchtlich (hauptsächlich wegen der Vielzahl der Vortriebsbaustellen und deren Verknüpfung), deren Verwaltung

Die Echtzeit-Verfolgung der Kosten während der Bauphase (inklusive Endprognosen).



Im Schichtreport werden alle ausgeführten Tätigkeiten erfasst.

ohne eine systematische Aufbereitung unmöglich wäre.

Weil die Vortriebsdaten täglich erfasst und eingegeben werden, erfolgt die automatische Ermittlung der aktualisierten Kosten, der Vergleich mit den vertraglichen Kosten und Fristen (Auflistung der Sollbauzeit und der für die Abrechnungsbauzeit massgeblichen Dauer) sowie die *Erstellung der Prognosen für die Endkosten und die Endtermine unmittelbar und in Echtzeit*. Damit verfügt die Bauleitung über die notwendigen Mittel, um vertragliche Divergenzen aufdecken zu können, und kann nötigenfalls Detailabklärungen durchführen, um die Ursache zu ermitteln und Verbesserungsvorschläge auszuarbeiten.

## Erfahrungen nach fünf Jahren

Fünf Jahre Erfahrung auf den Baustellen des Lötschberg- und Gotthard-Basistunnels lassen sich nicht in einigen Sätzen

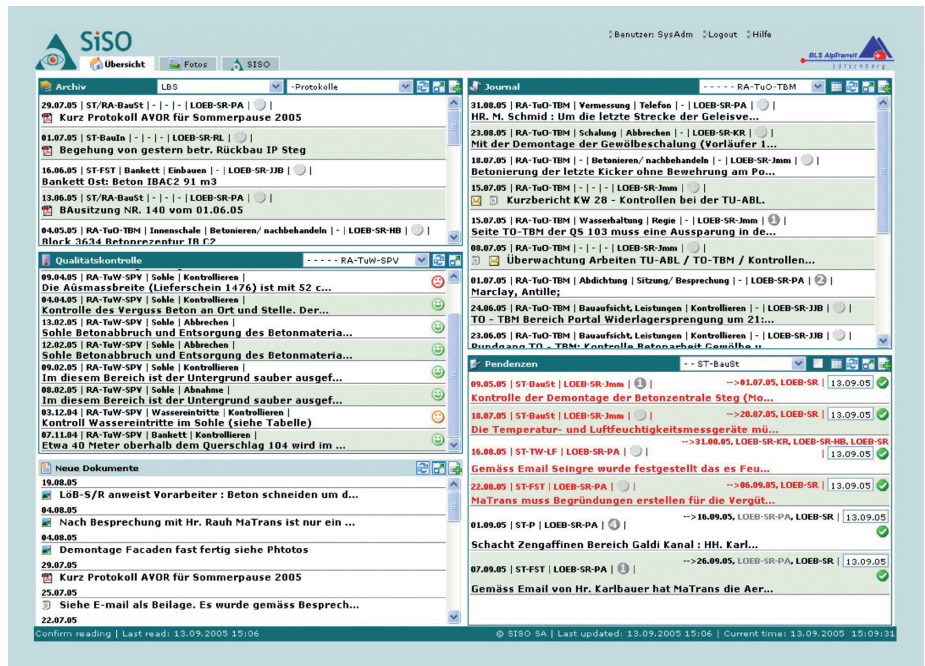
zusammenfassen. Um einen bestmöglichen Wirkungsgrad des Verwaltungssystems zu erreichen, ist eine vorgängige detaillierte Abklärung der Anforderungen unumgänglich. Dies bedingt eine sehr sorgfältige Analyse sämtlicher Projekt- und Werkvertragsdokumente und führt schlussendlich zur Definition aller zu erfassenden Daten.

Ohne die *Interaktion zwischen den wesentlichen Daten des Werkvertrages*, ist die erfolgreiche Abwicklung einer Baustelle, die sich über mehrere Jahre hinwegzieht und deren Zahl an Beteiligten sich ständig verändert, nicht möglich. Die einmalige Erfassung der Daten in SISO stellt eine enorme Erleichterung der alltäglichen Arbeiten für alle Mitarbeiter und Projektbeteiligten dar. Die *einheitliche Verarbeitung der Dokumentation und insbesondere der kosten- und terminrelevanten Daten* sowie die Qualität derselben stellt einen grossen Vorteil für den Bauherrn und für die Unternehmung dar. Ein weiterer Vorteil besteht sicher

Grafische Darstellung des Arbeitsfortschritts beim Gotthardtunnel in 1876.



in der Verfügbarkeit der Informationen, die jederzeit im Zuge von Recherchen abgefragt werden können. Die grösste Schwierigkeit für die Verantwortlichen der Baustelle besteht darin, die individuelle Verwaltung in eine kollektive überzuführen. In der Zwischenzeit aber ist dies von der Mehrheit akzeptiert worden, und die Vorteile machen sich mehr und mehr bemerkbar, so dass im grossen und ganzen von einer Akzeptanz des Datenbanksystems gesprochen werden kann. Das Datenbankportal erleichtert die tägliche Arbeit und stellt einen unmittelbaren Zugang zu einer Austauschplattform im kollaborativen Sinne dar. Es ermöglicht einen raschen Zugriff auf die massgebenden Daten und Informationen und fördert die Arbeitsdisziplin, welche für derartige Bauvorhaben unabdingbar ist.



## Erfahrungsrückfluss und Wissensverwaltung

Bisher betrachtet der vorliegende Artikel die Kurz- und Mittelfristigkeit. Betrachtet man die Langfristigkeit, so besteht das Hauptinteresse eines Projektes im Erfahrungsrückfluss: gemachte Erfahrungen und Lehren sollen weiterhin verfügbar sein, und eventuelle Fehlentscheide in vergleichbaren Situationen müssen vermieden werden. Dies gilt sowohl für den Bauherrn, für den Projektgenieur wie für den Unternehmer. Bezüglich der Wissensverwaltung sei gesagt, dass nur die integrierte Struktur der Datenbank es erlaubt, diese Wissensquelle voll auszuschöpfen. Die Erfahrungen der Vorgänger können so bei aktuellen Projekten jederzeit nutzbar gemacht werden und dies ohne dass sie direkt beteiligt sind.

## Schlussfolgerung

Das Wissen, der direkte und sofortige Zugang zu Informationen und Daten

Das Datenbankportal beim Los Steg/Raron des Lötschberg-Basistunnels.

sowie die Fähigkeit jederzeit die Konsequenzen neuer Situationen und Umstände einzuschätzen sind Erfolgsfaktoren eines Projektes und einer Baustelle. Die Dokumentation und die Nachvollziehbarkeit in einem geografischen Bezugssystem, hingegen, sind wichtig für den zukünftigen Betrieb und den Unterhalt des Bauwerkes. Die Datenbank stellt den «genetischen Code» des Bauwerkes dar und wird nach Fertigstellung der Bauarbeiten ein äusserst nützliches Werkzeug für den Betrieb und den Unterhalt. Wenn man die Darstellungsart der Baufortschritte und die Prognosen unserer werten Grossväter an den Tunnels des Gotthard und des Lötschberg ansieht, so ist es 130 Jahre später an der Zeit, das Wissen, die Erkenntnisse und die Erfahrungen durch ein integriertes Synthese- und Informationssystem kurz-, mittel- und langfristig zu nutzen. Dieser Schritt wurde von den Bauherren der Lötschberg- und Gotthard-Basistun-

nels getätigt. Dafür sind wir ihnen zu Dank verpflichtet, und wir sind überzeugt, dass das an diesen Tunnels angewandte Verwaltungssystem weltweit einzigartig ist. ■

### SISO SA

Ist eine Aktiengesellschaft mit Sitz in Minusio, die sich mit der Entwicklung, dem Vertrieb und dem Unterhalt der SISO-Software befasst. Geschäftsführer ist Matteo Bianchi, dipl. Bauing. ETH. SISO SA ist eine gemeinsame Tochter der Amberg Engineering AG, Regensdorf, der Lombardi SA, Minusio, der SD Ingénierie Lausanne SA und von Benoît Stempf.

Weitere Informationen:  
SISO SA, Via R. Simen 19, 6648 Minusio  
Tel. 091 744 60 30, Fax 091 743 97 37  
www.sisonet.com, info@sisonet.com

\* Benoît Stempf, Bauing. ETHZ/SIA; Matteo Bianchi, Bauing. ETHZ/SIA, SISO AG, Minusio

## DIE SOFTWARE...

# FÜR DIE VERWALTUNG IHRER PROJEKTE FÜR DAS ARCHIV IHRER BAUWERKE FÜR DAS WISSEN IHRES UNTERNEHMENS

Via R. Simen 19 T +41 91 7446030  
CH-6648 Minusio F +41 91 7439737  
www.sisonet.com info@sisonet.com

- Gemeinsame Arbeitsplattform für den Austausch von Dokumenten, Informationen und Daten
- Systematische und integrierte Erfassung und Bearbeitung der Baustellendaten (Ausmasse, Leistungen, Geologie, Messungen, TBM- und Maschinen-Daten, ...)
- Echtzeit-Verfolgung der Kosten und Termine, inkl. Erstellung von Endprognosen
- Umfassendes Qualitätsmanagement
- Automatische Erstellung von periodischen Reportings, statistischen Auswertungen, Diagrammen und CAD-Plänen