

■ SSB – Dr. Strauch Systemberatung GmbH, 57074 Siegen, Deutschland

# Datenrückmeldesystem für Betonfertigteile

**Für eine Großbaustelle in Schweden hat die SSB Dr. Strauch Systemberatung GmbH ein Datenrückmeldesystem entwickelt, das in der Lage ist, die Vita jedes einzelnen Betonfertigteils während**

**aller qualitätsrelevanten Fertigungsschritte hinweg in einer universellen Datenbank abzuspeichern und bei Bedarf jederzeit zur Verfügung zu stellen.**

Der Malmö Citytunnel ist ein umfassendes technisches Großprojekt, an dessen Ende ab 2011 eine Verbindung zwischen der neuen Untergrundstation des Zentralbahnhofs und der südlichen Peripherie steht. Die Tunnelanlage als Kernkomponente besteht aus zwei 4,6 km langen, parallelen Röhren, deren innerer Durchmesser 7,9 m beträgt. Ihr Abstand variiert zwischen 10 und 30 m, wobei 13 Querröhren für eine Verbindung sorgen.

Verantwortlich für diese ingenieurmäßige Herausforderung zeichnet die Malmö Citytunnel Group (MCG), ein Gemeinschaftsunternehmen der Bilfinger Berger AG (Deutschland), Per Aarsleff A/S (Dänemark) sowie E. Pihl & Søn A.S (Dänemark) – einer Verbindung dreier führender Bauunternehmen Europas mit einem breiten Erfahrungsspektrum im Tunnelbau und sonstigen Infrastrukturprojekten. Die Bilfinger Berger AG ist, neben dem Tunnelvortrieb, unter anderem auch verantwortlich für das Engineering und das Betreiben der Segmentfertigung.

Für die Fertigung wurde in Holma, einem südlichen Stadtteil von Malmö, ein 230.000 m<sup>2</sup> großes Areal hergerichtet, auf dem sich auch der Startpunkt für die

beiden Tunnelbohrmaschinen (TBMs) befindet. Hier ist auch der Standort für die Vorfertigung der insgesamt 40.900, zwischen 5 und 6 Tonnen schweren Segmente, die in einem eigens hierfür konzipierten Fertigteilwerk unter strikten Qualitätsanforderungen seit April 2006 produziert werden.

Nach Inbetriebnahme der ersten TBM im Dezember 2006 werden die Segmente in Ringen von jeweils 8 Elementen montiert. Weitere Detailinformationen zu dem Projekt finden sich auf der Internetseite [www.malmtunnel.com](http://www.malmtunnel.com).

Neben der hohen Maßgenauigkeit betreffen die Qualitätsanforderungen insbesondere die Eigenschaften des verwendeten Betons. Dies ist eine Konsequenz aus den besonderen Umwelteinflüssen, die aus der Kombination des Öresund-Salzwassers mit den winterlichen Temperaturen um den Gefrierpunkt entstehen. Darüber hinaus muss der verarbeitete Beton im Brandfall Temperaturen bis zu 1300 Grad Celsius über einen Zeitraum von 3 Stunden widerstehen bei einer garantierten Haltbarkeit von 120 Jahren.

Es ist leicht nachvollziehbar, dass Anforderungen dieser Schärfe zu besonde-

ren Maßnahmen bei der Steuerung und Dokumentation des Produktionsprozesses führen. Insbesondere wurde die Forderung gestellt, die Vita jedes einzelnen montierten Segments während aller qualitätsrelevanten Fertigungsschritte hinweg in einer universellen Datenbank abzuspeichern und bei Bedarf jederzeit zur Verfügung zu stellen.

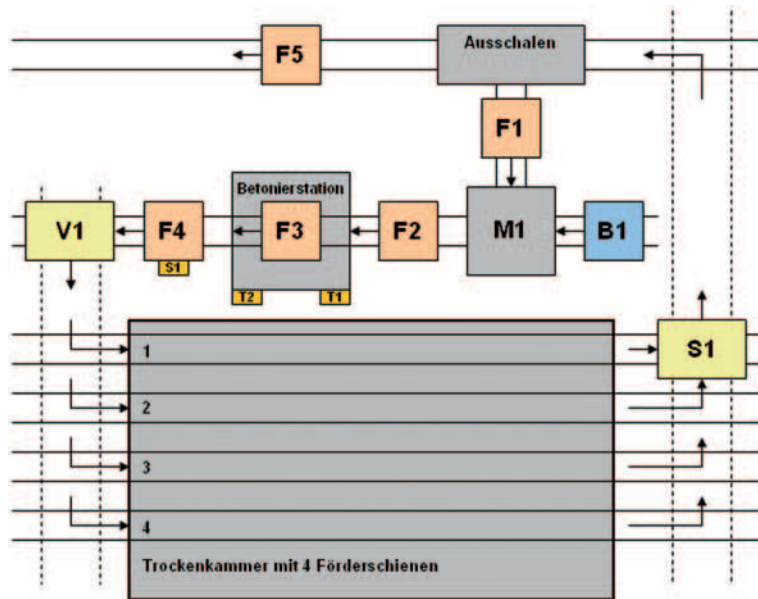
In diesem Kontext ist auch das nachstehend dargestellte SSB-Datenrückmeldesystem (Data Recording System – DRS) zu verstehen, das im Februar 2006 in einer Basisversion installiert und seitdem schrittweise – den Anforderungen des Projekts entsprechend – erweitert wurde.

## Das SSB-Data Recording System (DRS) – Basisversion

Im Herbst 2005 wurde von SSB auf der Grundlage einer funktionalen Beschreibung durch die Firma MCG das Konzept für ein adäquates Datenrückmeldesystem entwickelt, wobei neben der Erfassung und Aufbereitung von Informationen der Aspekt der Prozessautomatisierung von Interesse war – zunächst beschränkt auf die Umlauffertigung.



Der Produktionsstandort der Tunnelemente ist zugleich der Startpunkt der Tunnelbohrmaschinen.

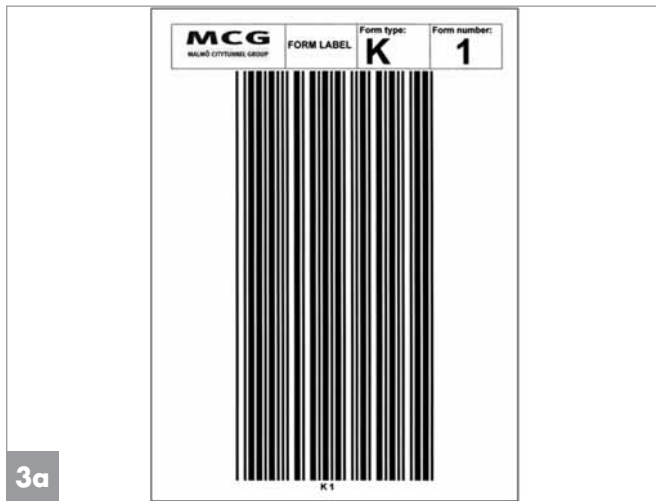


2

- F1 => Förderwagen mit leerer Form nach dem Entschalen.
- B1 => Bewehrungsmontage.
- M1 => Bewehrung wird in die Form eingebracht.
- F2 => Form mit Bewehrung wird für das Betonieren vorbereitet. Die Form-ID wird über Terminal T1 erfasst und somit die Betonanforderung generiert. Der Grunddatensatz für dieses Segment wird angelegt und es erfolgt der Ausdruck des Segmentetiketts mit barcodierter Segment-ID.
- F3 => Segment betonieren.
- F4 => Erfassung des Betonierendes mit Handscanner S1 und Nachkontrolle bzw. Vorbereitung für die Trocknung.
- V1 => Förderwagen erreicht mit dem Segment die Endposition auf dem Verteilerwagen für die Trockenkammer. Dieser Zeitpunkt wird über einen Impulsgeber an das Terminal T2 weitergeleitet. Gleichzeitig wird eine bestimmte Förderschiene in der Trockenkammer in Bewegung gesetzt, so dass ein Segment aus der Wartestellung vor der Kammer in die Kammer hinein fährt und das Segment am Ende dieser Förderschiene aus der Kammer heraus fährt. Da alle Segmente zuvor erfasst wurden (T1) und die genaue Segmentreihenfolge bekannt ist, kann durch die definierte Anordnung der Verteilung vor der Trockenkammer die Segment-ID des Segments, welches in die Kammer hinein fährt, berechnet werden. Der Erfassungszeitpunkt am Terminal T2 entspricht somit dem Eintrittszeitpunkt dieses Segments in die Trockenkammer.
- S1 => Förderwagen mit dem Segment aus der Trockenkammer erreicht den Sammlerwagen und fährt zur Ausschalungsstation. Leere Form/ Schalung wird auf einem Förderwagen F1 für den nächsten Betoniervorgang bereitgestellt und in die Umlaufanlage eingeschleust.
- F5 => Förderwagen bringt das entschaltete und mit dem Segmentetikett versehene Element auf einen Zwischenlagerplatz.

Den Ausgangspunkt bildet ein im Werksnetzwerk integriertes, industriefestes Erfassungsterminal, wie es auch in der SSB-Betriebsdatenerfassung standardmäßig zum Einsatz kommt.

Um unter den extremen Umweltbedingungen eines betonverarbeitenden Betriebes zuverlässig zu funktionieren, entspricht das Gerät der Schutzklasse IP 65, es ist also gegen Schmutzwasser resistent.



Barcode-Etiketten für die Schalungen der Betonfertigteile



Barcode-Etiketten, die nach dem Ausschalen auf die Betonfertigteile aufgeklebt werden

Aufgrund der geringen Anzahl unterschiedlicher Segmente, die zudem fest mit der jeweiligen Schalung gekoppelt sind, ist es möglich, mit Hilfe von barcodierten Schalungsetiketten den Typ des aktuell an der Betonierstation eintreffenden Segmentes zu scannen und an das SSB-Ausleseprogramm (Terminal Communication System - TCS) zu transferieren.

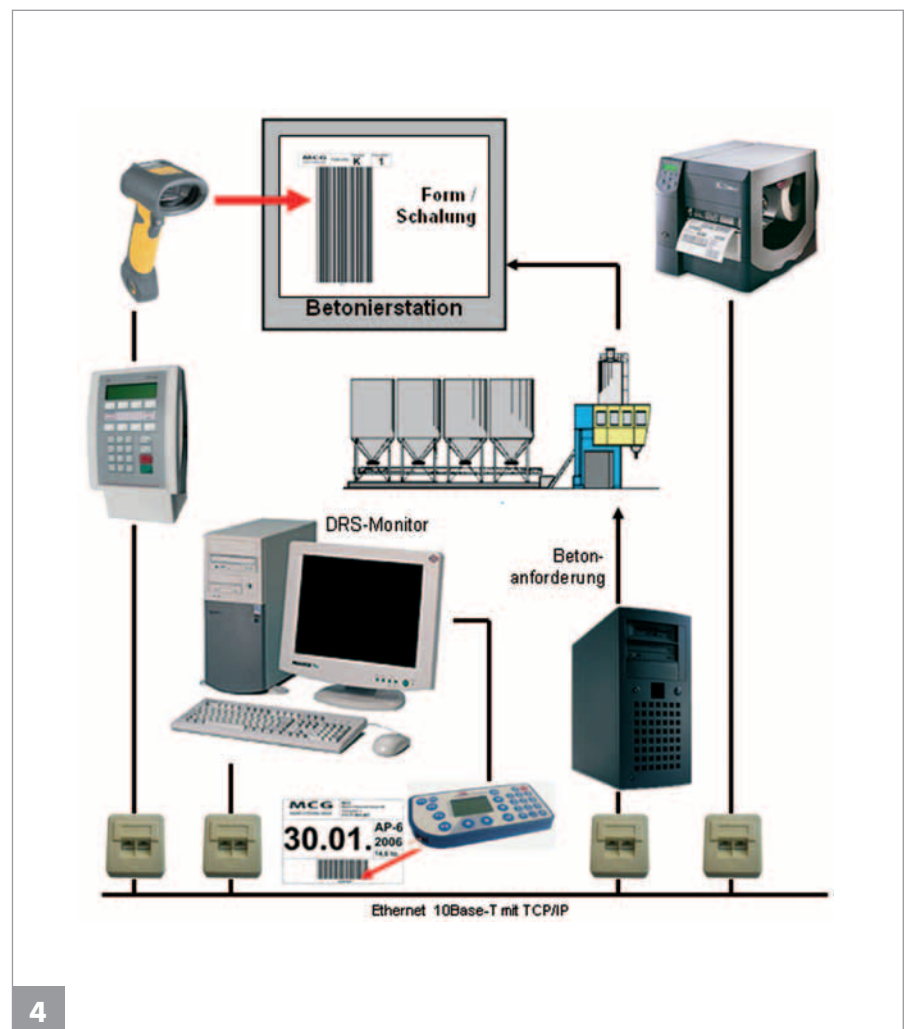
Als Lesesystem wurde zunächst ein Hochleistungsbarcodeleser an der Warteposition vor der Betonierstation installiert, so dass die ankommende Schalung automatisch identifiziert wurde. Dieser Scanner wurde aber später aus Platzgründen durch eine mit dem Terminal verbundene Barcodelesepistole ersetzt (manuelle Variante).

Das Terminal Communication System (TCS) bildet das Bindeglied zwischen dem Erfassungsgerät und der auf dem lokalen Netzwerk abgelegten DRS-Datenbank und führt die folgenden Aktionen durch:

1. Erzeugen eines Datenbankobjektes, das alle aktuellen und zukünftigen Informationen über das vorliegende Segment aufnimmt.
2. Weitergabe einer Betonanforderung an die Mischanlage - in Abhängigkeit von der eingelesenen Art des Segments (Modultyp).
3. Druck eines barcodierten Segmentetiketts, das zunächst der Schalung beigefügt wird und nach dem Ausschalen auf das Element aufgeklebt wird.

Alle weiteren Stationen der Segmenthistorie werden nun über die feste Logik der Umlauffertigung bzw. über das Einscannen der Segmentetiketten über portable Barcodelesegeräte (Time Boy II) ergänzt (s. Abb. 5).

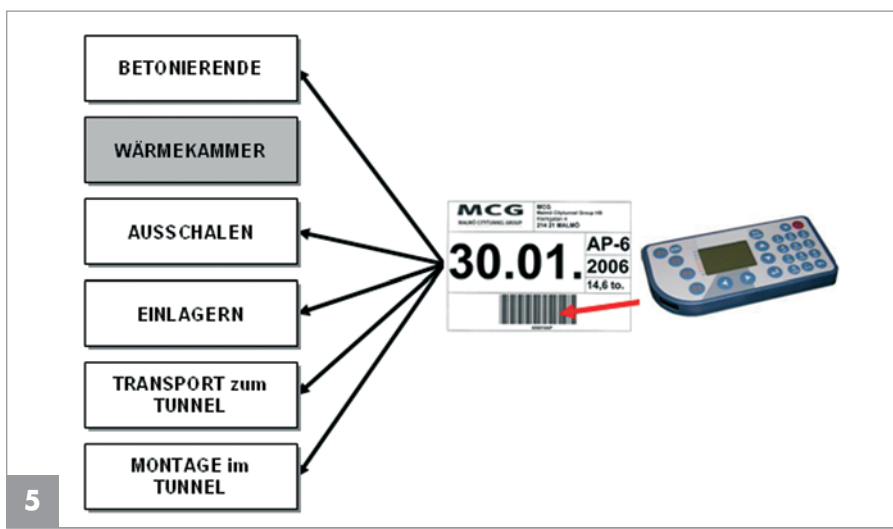
Auf der obersten Ebene steht der DRS-Monitor, der alle Detailinformationen aus den diversen Teilsystemen verbindet.



4

Der gesamte Vorgang ist in Abb. 4 noch einmal zusammengefasst.

Übersicht über die funktionellen Zusammenhänge, die das Datenrückmeldesystem ermöglicht



Betonierende	Manuelle Erfassung über den Time Boy II; Beginn der so genannten Precuring Time
Wärmekammer	Automatische Erfassung über einen speziellen Impulsgeber der Umlaufanlage. Die Differenzzeit (Precuring Time) wird gemessen und als Kontrollwert zur Verfügung gestellt, da eine Unterschreitung der, von der Temperatur des Frischbetons abhängigen, minimalen Wartezeit zu Rissbildungen im Beton führen kann.
Ausschalen	Erfassung über den Time Boy II (Aufbringen des Segmentetiketts)
Einlagern	Über den portablen Barcodeleser werden Datum und Uhrzeit sowie der Lagerort gescannt. Die Lagerorte wurden vorab festgelegt und etikettiert, so dass auch die Lagerverwaltung der Fertigteile im System enthalten ist – eine Erweiterung des Grundkonzepts, die durch die zeitliche Entkoppelung von Segmentproduktion und Einbau im Tunnel erforderlich wurde. Zudem muss auch zwischen Ausschalen und Einlagern eine zeitliche Restriktion beachtet werden.
Transport zum Tunnel	Über den Time Boy II wird die Verladung der Segmente unterstützt und erfasst. Der Scanner dient hierbei nicht nur als Erfassungsgerät für die Verladung, sondern unterstützt das Bedienungspersonal in dem Sinne, dass es über programminterne Plausibilitätsabfragen anzeigt, ob das aktuelle Teil zur Verladung freigegeben ist.
Montage im Tunnel	Wiederum mit Hilfe des Time Boy II wird erfasst, wann welches Segment in welcher Tunnelröhre und welchem Ring eingesetzt wurde.

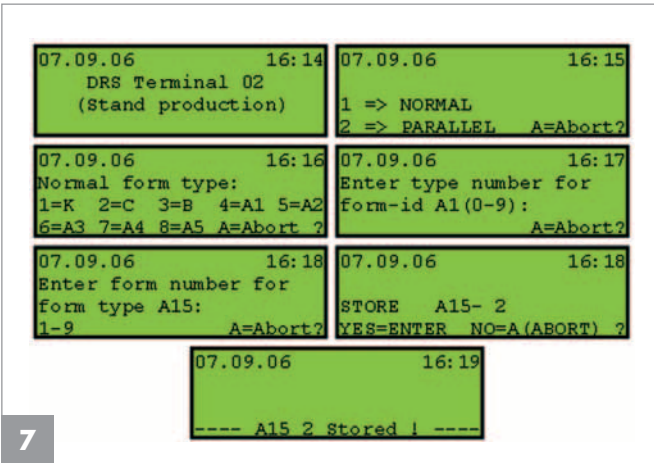
**Aktuelle Erweiterungen**

Neben der bereits erwähnten Lagerlogistik sollen an dieser Stelle zwei Erweiterungen des DRS-Systems erwähnt werden, die sich im Verlauf des Projektes ergeben haben.

Zum einen wurde für die Herstellung spezieller Zusatzelemente die Umlaufanlage um eine parallele Standfertigung in einer separaten Halle ergänzt, die eine manuelle Variante der Betonanforderung erforderlich machte.

Segment	Modul	Form No.	Tunnel	Ring	Location	Concrete Order	Concrete End	Heating Chain
000302	B	1	0	0		24.11.2006 12:28		
000301	A3	6	0	0	AW-11	24.11.2006 12:27		
000300	B	1	0	0		24.11.2006 12:24		
000299	A3	6	0	0		24.11.2006 12:23		
000298	B	1	0	0		24.11.2006 12:23		
000297	A3	6	0	0		24.11.2006 12:22		
000296	B	1	0	0		24.11.2006 12:21		
000295	C	2	0	0		24.11.2006 12:21		
000294	EM	0	0	0		24.11.2006 12:20		
000293	C	2	0	0		24.11.2006 12:05		
000292	B	1	0	0		24.11.2006 12:05		
000291	A3	6	0	0	AW-11	24.11.2006 12:05		
000290	EM	0	0	0		24.11.2006 12:04		
000289	F	5	0	0		24.11.2006 11:42		
000288	F	5	0	0		24.11.2006 11:42		
000287	F	3	0	0		24.11.2006 11:39		
000286	F	2	0	0	AW-11	24.11.2006 11:38		
000285	F	1	0	0		24.11.2006 11:37		
000284	AP	4	0	0		23.11.2006 16:22	24.11.2006 10:09	
000283	C	2	0	0	AW-11	23.11.2006 16:08	24.11.2006 10:09	
000282	EM	0	0	0		23.11.2006 16:08	24.11.2006 10:03	
000281	A1	4	0	0		23.11.2006 15:02	24.11.2006 10:01	
000279	C	2	0	0		23.11.2006 14:49	24.11.2006 09:52	
000278	C	3	0	0		23.11.2006 14:48	24.11.2006 09:52	
000277	C	1	0	0		23.11.2006 14:48	24.11.2006 09:52	
000276	CP	2	0	0		23.11.2006 14:20	24.11.2006 09:52	
000275	AP	6	0	0		23.11.2006 14:20	23.11.2006 16:29	
000274	AP	4	0	0		23.11.2006 14:20	23.11.2006 16:06	
000273	AP	4	0	0		23.11.2006 14:20	23.11.2006 16:06	
000272	AP	4	0	0		23.11.2006 14:19	23.11.2006 16:06	24.11.2006 11
000271	EM	0	0	0		23.11.2006 14:19	23.11.2006 16:06	24.11.2006 11
000270	BP	3	0	0		23.11.2006 14:19	23.11.2006 16:06	24.11.2006 11
000269	CP	2	0	0		23.11.2006 14:19	23.11.2006 16:06	24.11.2006 11

Der DRS-Monitor enthält die gesamte Geschichte jedes einzelnen Segments und erlaubt damit mannigfaltige Datenbankabfragen.



Die Benutzeroberfläche des stationären BDE-Terminals in der Standfertigung; parallel zur Barcodeerfassung existiert eine manuelle Eingabemöglichkeit.

Über die interne Adresse des jeweiligen Terminals entscheidet das Kommunikationsprogramm, welche Mischanlage für die Betonanforderung anzusteuern ist sowie welches Layout dem zu druckenden Segmentetikett zugrunde liegt, um eine optische Trennung der verschiedenen Produktionsbereiche bei der Druckerabgabe zu gewährleisten.

Die Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass der Vorgang der Betonanforderung gegenüber einer Störung in der Kommunikation zur Mischanlage abzusichern

ist: Nach Weitergabe der Betonbestellung (Rezeptur und Menge) erwartet das SSB-Programm eine positive Quittung des Mischers – bleibt diese Bestätigung aus oder antwortet die Mischanlage mit einem Fehlercode, so wechselt das Terminal in einen Warnzustand, der zusätzlich zur Displayanzeige noch durch eine externe Alarmvorrichtung kenntlich gemacht wird.

Die zweite Erweiterung ist eng verknüpft mit der Ausgangsmotivation zur Einrichtung des DRS-Systems und dient dem

Qualitätsprinzip: Unabhängig von der SSB-Applikation wurde im Betonlabor eine Prüfdatenbank (LABTRIS) entwickelt die alle für die diversen Betonlieferungen verfügbaren Testergebnisse enthält.

**Fazit**

Das SSB-Data Recording System versteht sich als Instrument zur Prozesssteuerung und -überwachung, in dem alle verfügbaren, für die vorgegebene Aufgabenteilung relevanten Informationen aufgenommen und kombiniert werden – unabhängig von deren Herkunft. Entstanden ist es unter den besonderen Bedingungen des Malmö Citytunnel Projekts mit seinen spezifischen Qualitätsanforderungen, die sicherlich über dem bisher üblichen Niveau liegen, wobei tendenziell mit vergleichbaren Vorgaben im europäischen Markt zu rechnen ist.

Fresh Concrete Properties	
Testdatum:	03.06.2006
Delivery Note:	1422
Receipt Name:	Ciffib segment
Temp:	25 C
Slump:	40 mm
Air Content:	4,7 %
Density Fresh Concrete:	

Hardened Concrete Properties	
Date of Test:	2006-06-10
Age (Target):	7
Age (Is):	7
Durability Class:	40/50
Height:	150 mm
Length:	150 mm
Width:	151 mm
Mass:	8,252 kg
Density Hardened Concrete:	2,429 kg/dm <sup>3</sup>
Maximum Load:	1211 kN
Compressive Strength:	53 N/mm <sup>2</sup>

Im Dezember 2006 wurde SSB die Zugangsinformation zu den für das Fertigteilwerk relevanten Tabellen übergeben mit der Maßgabe, zu jedem Segment auf Knopfdruck die zugehörigen Labordaten abzurufen und in einem Informationsfenster darzustellen.

Weitere Informationen:



SSB - Dr. Strauch Systemberatung GmbH  
 Virchowstr. 22  
 57074 Siegen, DEUTSCHLAND  
 T +49 271 3038580  
 F +49 271 332082  
 info@ssbstrauch.de  
 www.ssbstrauch.de