

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 101 (2003)

**Heft:** 3

**Artikel:** Dreidimensional gesteuerte Baumaschinen für den Verkehrswegebau

**Autor:** Zimmermann, D. / Konrad, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235993>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Dreidimensional gesteuerte Baumaschinen für den Verkehrswegebau

In Verkehrsprojekten gingen den eigentlichen Bauarbeiten bisher umfangreiche Absteckungsarbeiten voran. Dies gilt hauptsächlich für die Planumserstellung, den Belagseinbau sowie den Bau von Betonpisten und Gleistragplatten. Durch Schnüre entlang der gesamten Einbaustrecke wurde das Projekt im Gelände 1:1 abgesteckt. Dafür war durchschnittlich alle 5–10 m – in schwierigen Geometrien noch enger – ein Punkt mit Lage und Höhe präzise abzustecken. An diesen Schnüren orientierte sich bisher das Einbaugerät. Parallel dazu wurde das erforderliche Quergefälle auf der Maschine von Hand eingestellt. Nun wurde ein System gesucht, welches mit hoher Genauigkeit ( $\pm 1$  cm) und ohne mechanische Leiteinrichtungen in der Lage ist, die Geräte entsprechend einer vorgegebenen Oberfläche zu steuern. Die nachfolgend erläuterten Systeme basieren auf folgenden Elementen: motorisierte Totalstationen (Tachymeter mit automatischer Zielverfolgung und Datenübertragung), elektronisch steuerbare Baumaschine, Software zur Maschinensteuerung.

*Jusqu'à présent, dans les projets de voies de circulation, d'importants travaux de piquetage précédaient les travaux de construction proprement dits. Ceci vaut surtout pour la façon du planum, la pose des couches d'enrobé successives ainsi que pour la construction de pistes en béton et de dalles de support de rails de chemin de fer. Par des cordes posées le long de tout le tronçon des constructions, le projet a été piqué dans le terrain 1:1. Pour ce faire, il était indispensable de piquer des points, en donnant de façon précise leurs situation et altitude, tous les 5 à 10 m et lors de géométries difficiles, encore plus rapprochés. C'est le long de ces cordes que jusqu'à présent la finisseuse s'orientait. En parallèle, le dévers latéral nécessaire a été réglé à la main sur la machine. Par la suite, on a cherché un système qui soit en mesure de guider les engins avec une haute précision ( $\pm 1$  cm), en respectant une surface donnée, sans avoir recours à des systèmes de guidage mécaniques. Les systèmes décrits ci-après, sont basés sur les éléments suivants: station totale motorisée (tachymètre avec suivi automatique de la cible et transmission de données), finisseuse à guidage électronique, logiciels destinés à la conduite de l'engin.*

Finora nei progetti relativi al traffico, i progetti di costruzione veri e propri implicavano sempre delle importanti opere preliminari di picchettazione. Questo valeva specialmente per la realizzazione dello scavo, la pavimentazione nonché la costruzione di piste in calcestruzzo e piastre portanti per rotaie. Il progetto veniva picchettato nel terreno in scala 1:1, tramite delle funi estese su tutto il tracciato di posa. Di conseguenza, ogni 5–10 metri – nelle geometrie complesse questa misura era ulteriormente ridotta – bisognava picchettare un punto con la massima precisione in situazione e quota. Le macchine edili utilizzate si orientavano finora in base a queste funi, mentre la pendenza trasversale voluta veniva regolata manualmente. Si era tuttavia alla ricerca di un sistema che fosse in grado di comandare le apparecchiature secondo un piano predefinito, con grande precisione ( $\pm 1$  cm) e senza meccanismi direzionali meccanici. I sistemi descritti qui di seguito si basano sugli elementi seguenti: stazione completamente motorizzata (tachimetro con puntamento automatico e trasmissione dei dati), macchina edile a comando elettronico, software per il comando della macchina.

*D. Zimmermann, B. Konrad*

Auf den Baustellen ergeben sich bezüglich Absteckung zahlreiche Wünsche und Anforderungen der Unternehmung und des Projektanten. Durch gemeinsame Diskussionen wurden verschiedene Systeme evaluiert und entsprechend den Vorgaben ausgewählt. Mit diesem Anforderungsprofil wurden verschiedene Lieferanten von Maschinenleitsystemen kontaktiert. Bei all unseren Aufgaben in diesem Bereich konnte das System der Leica Geosystems am besten überzeugen. Dementsprechend arbeiten wir bis anhin mit diesem System. Das generelle Konzept wird anhand eines Belagseinbaugerätes erläutert. Für andere Geräte ist das Prinzip mit kleinen Abweichungen ebenfalls anwendbar.

Für den erfolgreichen Einsatz eines 3D-Maschinenleitsystem müssen nachfolgende Ziele erreicht werden:

- qualitativ hochstehendes Resultat (hohe Lage und Höhengenaugigkeit des Systems, unter Umständen im mm-Bereich)
- optimale Kalkulierbarkeit für den Unternehmer in Bezug auf das einzubauende Material
- Leistungssteigerung gegenüber konventioneller Bauart
- Kostenreduktion bei der Absteckung
- sofortige und einfache Kontrollierbarkeit der erstellten Oberfläche.

## Funktion des Vermessers

Abbildung 1 zeigt die Funktion des Vermessers. Die Aufgabe besteht darin, die Bedürfnisse des Bauunternehmers mit dem Projekt, welches im Deckenbuch festgehalten ist, und mit den geographischen Randbedingungen zu vereinbaren.

*Projektanforderung:*

- Oberflächengeometrie: absolute Höhenlage, Längsgefälle, Quergefälle
- Genauigkeitsanforderungen: Höhe, Lage, Ebenheit

Referat anlässlich der VESTRA-Tagung vom 16. Januar 2003 im KKL Luzern.

## Bedürfnisse des Bauunternehmers:

- maschinenkonforme Projektdaten
- minimale Aufwendungen für die Fixpunktverdichtung
- möglichst geringe Einschränkungen im Umfeld der Maschine

## Vorbereitung

Das bestehende Fixpunktenetz im Projektbereich muss entsprechend den Genauigkeitsanforderungen des Projekts verdichtet werden. Mit der Verdichtung dieser Fixpunkte muss zudem für die Ausführung eine stete Sichtverbindung vom Vermessungsinstrument (Totalstation) zur Baumaschine gewährleistet sein.

Anschlüsse an bestehende Bauwerke, zum Beispiel an Brücken, müssen vorgängig im Detail aufgenommen werden. Entsprechend muss das Deckenbuch in diesen Bereichen allenfalls angepasst werden. Das Bedienungspersonal (Maschinist, Polier, Vermesser) muss geschult werden.

Das vom Projektverfasser in Form eines Deckenbuches erarbeitete Strassenprojekt muss in ein für die Maschine lesbares Datenformat ein so genanntes d45-File umgewandelt und anschliessend in den Maschinencomputer eingelesen werden. Das Einbauelement der Baumaschine (z.B. Bohle) wird in Bezug auf die Reflektoren (lokales Maschinenkoordinatensystem) eingemessen. Die gemessenen Parameter werden in die Steuerungssoftware integriert.

## Betrieb

Die Totalstationen (Tachymeter) werden positioniert und orientiert, auf die Reflektoren gerichtet und in den automatischen Zielverfolgungsmodus versetzt. Per Funk wird die Position der Reflektoren kontinuierlich in Echtzeit an den Maschinen-PC übermittelt. Dieser rechnet aus diesen Positionen mittels dem Maschinenkoordinatensystem die Lage der Einbaubohle. Der Vergleich zwischen der Solloberfläche und der Istoberfläche ergibt die erforderliche Positionsveränderung der Bohle. Diese wird automatisch durch die Hydraulik kontinuierlich nachgestellt. Zugleich wird ebenfalls die Rich-

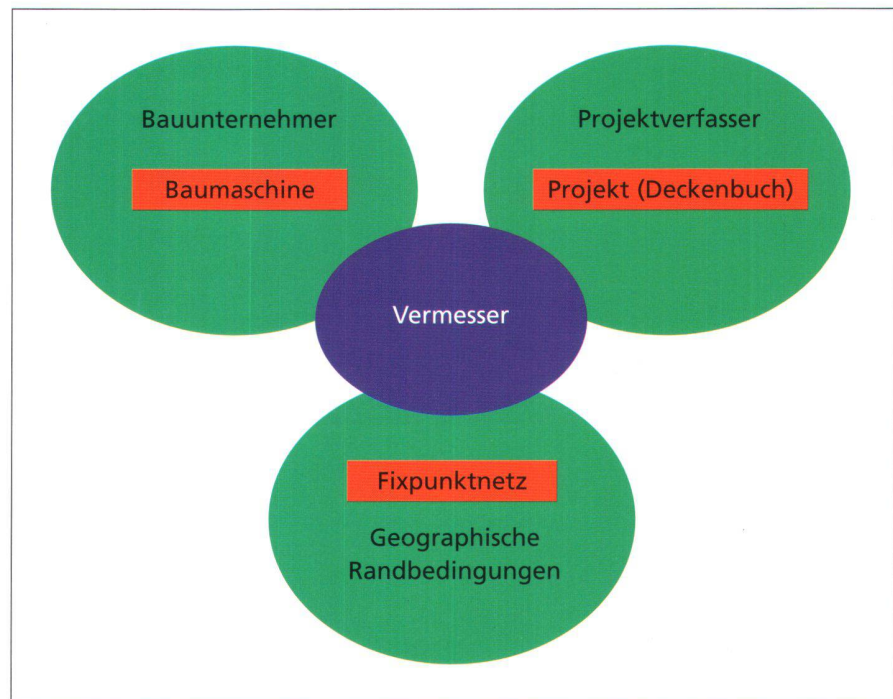


Abb. 1: Funktion des Vermessers.

tungskorrektur (Fahrtrichtung) bestimmt und eingestellt. Sobald die Toleranzwerte überschritten und die detaillierten Projektdaten nicht mehr eingehalten werden können, wird auf der Maschine ein Alarm ausgelöst.

## Kontrolle

Mit einer weiteren Totalstation und einem Laptop wird direkt hinter der Maschine die erstellte Oberfläche kontrolliert. Die Oberfläche wird mit einem Reflektor systematisch abgetastet. Der Laptop vergleicht für den Standort des Reflektors die Solllage mit der Istlage und zeigt die Abweichung im entsprechenden Punkt. Bei Bedarf kann die Kontrolle direkt als Logfile registriert und als Isoliniengrafik dargestellt werden.

## Anwendungsbereiche

Bisher wird das 3D-Maschinenleitsystem mit folgenden Baumaschinen angewandt:

- Belagsfertiger
- Gleitschalenfertiger
- Grader
- Fräse

## Praxisbeispiel A1 Wil-St. Gallen

Während einer kurz bemessenen Bauzeit war die 30 Jahre alte Fahrbahn, A1 Wil bis St. Gallen zu sanieren. Die bestehenden Betonplatten wurden ausgebaut und durch einen dreischichtigen Belag ersetzt. Gleichzeitig wurden die Kabelkanäle, Leitschranken, Lärmschutzbauten etc. erneuert, beziehungsweise gebaut. Durch die permanente Offenhaltung der Autobahn im 3:1 oder 4:0 System bestanden hohe Anforderungen an die Logistik. Erwähnt sei hier zum Beispiel der Antransport beim Belagseinbau: Es wurden 20 bis 25 Lastwagen gleichzeitig eingesetzt. Zur Ausführung dieser Arbeiten hatte die Arbeitsgemeinschaft, die ARGE Fürstentland, für die Benützung der Autobahn als Baustelle eine Miete zu entrichten. Dieser Umstand erforderte eine möglichst kurze Bauzeit, das heisst unter anderem einen effizienten Einsatz der verfügbaren Mittel sowie zwingend sehr gute Zusammenarbeit mit der Vermessung.

Es entsprach der gemeinsamen Zielsetzung der Vermessung und der ARGE, unter möglichst geringer Beeinträchtigung



Abb. 2: Funktionsprinzip.

des Verkehrs mittels modernster Technik eine qualitativ hochstehende Sanierung der A1 zu garantieren. Damit wird längerfristig auf der A1 wieder ein hoher Fahrkomfort bei tiefen Unterhaltskosten gewährleistet.

### Gewählte Lösung

Auf Grund des zu bewältigenden grossen Materialumschlages und des Zeitdruckes war der Logistik ein grosser Stellenwert beizumessen. Aus diesem Grund wurden Möglichkeiten gesucht, die verschiedensten Arbeitsgänge (Absenkung Planie, Kabeltrasse, Randsteine, Belagseinbau usw.) optimal zu koordinieren. Bei herkömmlichen Methoden wurden sehr oft so genannte Leitdrähte verwendet, welche bei jedem Arbeitsgang neu abgesteckt werden mussten und den Bauverkehr (Baustellenlogistik) in fast allen Phasen massiv behinderte.

Der Entscheid für eine leitdrahtlose Steuerung der Fräse, des Graders sowie der Belagsfertiger wurde frühzeitig gefällt. Als mögliche Lösung wurde eine GPS (Satelliten) Navigation in Betracht gezogen, wegen der ungenügenden Höhengenaugigkeit musste die Variante jedoch wieder verworfen werden.

Als beste Alternative wurde das 3D-System mittels Leica Totalstationen TCA 1100 gewählt. Der grosse Vorteil dieses Systems ist die Genauigkeit von ca.  $\pm 1$  cm bei mittleren Distanzen von 250-300 Metern.

### Belagsausbau

Das Schadenbild der A1 umfasste fol-

gende typische Schäden: Flickwerk, abgefahrter Belag usw. Der ursprüngliche Betonbelag wurde mit Kiesmaterial aus der Thurebene, dem Henauerfeld, gefertigt. Dieses Rohmaterial mit einem relativ hohen Anteil an Feinmaterial würde den heutigen Qualitätsansprüchen einer Betonfahrbahn nicht mehr genügen.

Vorgängig der Abbruchphase wurden im Gelände die Grundlagen der Vermessung für die nachfolgende Sanierung geschaffen. Damit die Maschinensteuerung der Baumaschinen den Präzisionsansprüchen gerecht werden kann, wurde vor dem eigentlichen Bauprozess ein Netz von Fixpunkten mit je ca. 150 m Abstand über eine Strecke von rund 10 km erstellt und nachher vermessen.

Dieses Netz der Fixpunkte bildete die Vermessungsgrundlage, damit der Ausbau des bestehenden Betonbelages und der Einbau des neuen Asphaltbelages speditiv und mit einer Toleranzabweichung von höchstens  $\pm 1.00$  cm abgewickelt werden konnte.

Der bestehende alte Betonbelag wurde mit einem hydraulischen Abbauhammer abgetragen. Das alte Belagsmaterial wurde der Wiederverwertungsanlage Mörschwil zugeführt, wo es gebrochen und in drei Fraktionen ausgesiebt wurde. Metallteile der alten Betonarmierung wurden mit einem Magnetbandabscheider ausgeschieden. Das sortierte Abbruchmaterial mit den Kornstärken 6–32 und 4–16 mm wurde für die Aufbereitung des neuen Asphaltbelages wieder verwertet. Dem Bedürfnis nach einem opti-

malen Recycling wurde auf diese Weise voll und ganz Rechnung getragen. Das nicht verwertbare Abbruchmaterial wurde umweltgerecht deponiert.

### Belagsfräsen

Nach dem Abbruch des alten Betonbelages wurde der Kieskoffer mit einer 3D-gesteuerten Fräse (Fräsbreite 2.0 Meter) bis auf das vorgesehene Mass abgetragen. Durch diesen Abbau entstand eine ebene Fläche ( $\pm 1.0$  cm), auf welche später die drei Schichten Schwarzelbelag eingebaut werden konnten.

Durch das rasche Umstellen des Systems (3D-Steuerung/konventionell) konnten auch die diversen Anpassungsarbeiten im Bereich der bestehenden Bauwerke sowie im Bereich der Standspur effizient erledigt werden.

Die Leistung der Fräse im 3D-gesteuerten Modus ist sehr unterschiedlich und bewegte sich je nach der Frästiefe im Bereich von ca. 8 Meter pro Minute bis 20 Meter pro Minute.

### Grader

Mittels dem 3D-gesteuerten Grader wurden grossflächig die Roh- sowie die Feinplanie erstellt. Die Tagesleistung des Graders auf der A1 betrug ca. 1000 Laufmeter beziehungsweise ca. 8000 m<sup>2</sup> für die Feinplanie.

### Belagsfertiger

Erstmals in der Schweiz wurde bei der Sanierung der A1 eine Totalstation TCA 1100L von Leica Geosystems zur Höhen- und Querneigungssteuerung des Belagsfertigers eingesetzt. Die den Einbaumaschinen nachfolgenden Walzen arbeiteten nach vorgegebenen und genau eingestellten Werten. Der Einbau des Belages mittels 3D-Steuerung vollzog sich nach dem Trekkingverfahren, d.h. in einem nahtlosen Prozess, wobei in einem ersten Schritt die unterste Lage des Walzasphaltes in die Standspur (Pannestreifen) eingebaut wurde. Die zweite Tragschicht sowie der Deckbelag wurden vollflächig eingebaut.

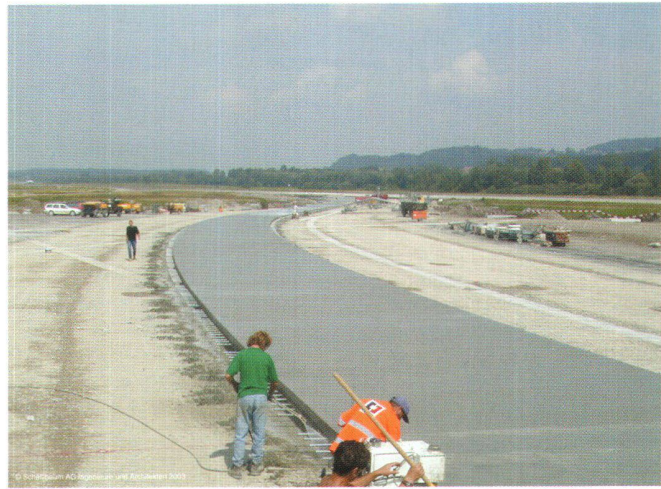


Abb. 3: Maschinenleitsystem.

Abb. 4: Unique Airport Zürich.

## Randabschlüsse

Das Versetzen der Randabschlüsse erfolgte für die Lage mittels GPS-Technologie. Für die genaue Höhenlage wurde mittels herkömmlichen Tachymetern gearbeitet.

## Probleme

Der Einsatz mit dem Grader bereitete keinerlei Schwierigkeiten. Für diese Arbeiten ist dieses System wirklich ausgezeichnet. Die Totalstation wird aufgestellt und auf gehts. Der Baumaschinenführer sowie zeitweise der zuständige Polier konnten diesen Arbeitsablauf selbstständig ausführen.

Ein gutes Fräsbild beziehungsweise ein wirtschaftlicher Einsatz der 3D-gesteuerten Fräse bedingt genügend Frästiefe. Als sehr rationell erweist sich eine 3D-Steuerung bei langgezogenen Flächen. Für kleine Flächen mit einfachen, beziehungsweise ebenen Geometrien ist der konventionelle Einsatz jedoch gleich effizient. Das grösste Problem zeitigte der Einsatz mit den Fertignern. Der Einbau erfolgte mit drei Fertignern, wovon der vorderste direkt gesteuert wurde, der zweite Fertiger erhielt die Informationen vom ersten Fertiger, der hinterste Fertiger auf der Standspur nahm die Höhe vom mittleren ab. Dadurch entstanden auf dem mittleren Fertiger Verzögerungen, die nicht zu vernachlässigen waren, da die Informationen aus dem Deckenbuch um die Distanz zwischen dem ersten und zweiten Fertiger

verzögert eingebaut wurden. Am Anfang wurden noch alle drei Schichten Asphalt mit der 3D-Steuerung eingebaut.

Die Erfahrung zeigte jedoch, dass lediglich die erste und die zweite Schicht effizient mit der Steuerung eingebaut werden können. Durch den schwimmenden Einbau der Deckschicht konnten die besten Resultate bezüglich Ebenheit erreicht werden. Da die Randabschlüsse optisch auf Zwangspunkte (bestehende Brücken) angepasst wurden, konnte eine gewisse Differenz mit dem gesteuerten Einbau nicht vermieden werden.

Die Erschütterungen, verursacht durch die Walzen, bieten Probleme bei der automatischen Zielerfassung durch die Totalstation und im Besonderen bei den Messresultaten (Ausreisser im 2–3 cm Bereich). Um diesem Problem Herr zu werden, wurden diverse Möglichkeiten bei der Erstellung der Fixpunktversicherung getestet. Die sicherste Variante bleibt jedoch, während des Einbaus die Totalstation ausserhalb des Walzbereiches zu stationieren.

Ein weiteres Problem bietet die Sicht (starkes Flimmern beim Belagseinbau oder Dampfbildung bei leichtem Regen). Diesem Problem kann nur durch entsprechend häufiges Umstellen der Totalstation (kurze Sichtverbindung) begegnet werden.

## Schlussfolgerungen

- Durch den 3D-gesteuerten Einbau ist der Materialverbrauch optimal, da mit

genauen Schichtstärken gefahren werden kann.

- Die Baustellenlogistik konnte massiv vereinfacht werden, da keine physischen Referenzen, das heisst Leitdrähte, mehr benötigt werden.
- Verwindungen im Projekt werden optimal eingebaut.
- Die Genauigkeit entspricht den Erfordernissen. Sie liegt sowohl bei der Planie als auch in der Belagsoberfläche bei  $\pm 1$  cm. Die Ebenheit wird als sehr gut bezeichnet.
- Die Einbauleistung konnte mit diesem System gesteigert werden. Die Leistung bei der Erstellung der Planie liegt bei ca. 1 Kilometer auf eine Breite von 8 Metern pro Arbeitstag. Bei dem Belags einbau konnte ca. 1 Kilometer auf die Vollbreite, das heisst 14 Metern, pro Tag erreicht werden.

Aus den gemachten Erfahrungen darf geschlossen werden, dass das 3D-System rationell und kostensparend ist. Mit Sicherheit hat dieses Maschinenleitsystem Zukunft. Die Unternehmung wird unabhängiger, da nach der Installation und der Systemeichung die Vermessungsaufgaben massiv reduziert werden können.

## Praxisbeispiel Flughafen Kloten

Mit dem Beton-Gleitschalungsfertiger der Marke Gomaco wird eine sechs Meter breite und 36 Zentimeter dicke Betonpis-

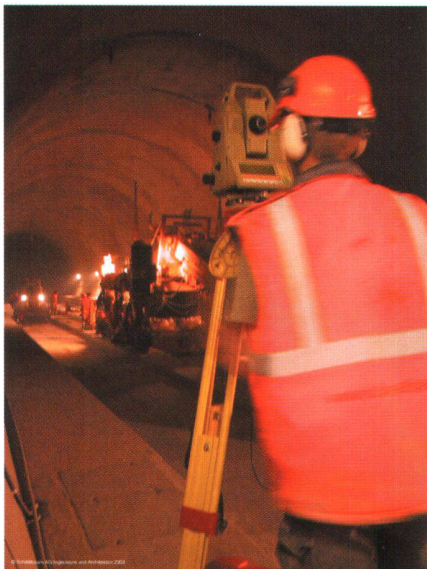


Abb. 5: SBB Zimmerbergtunnel.

te erstellt. Sie übertrifft mit einer Präzision von einem Zentimeter oder weniger in der Lage und von wenigen Millimetern in der Höhe die anspruchsvollen Vorgaben des Projektes.

Die ARGE Oberbau hat keinen neuen Gleitschalungsfertiger angeschafft, sondern die vorhandene Gomaco-Maschine lediglich mit dem neuen 3D-Maschinenleitsystem von Leica Geosystems nachgerüstet. Die Befehle zur automatischen dreidimensionalen Steuerung erhält der Beton-Gleitschalungsfertiger nun direkt vom Leica System, das auf dem Führerstand montiert ist. Die beiden Totalstationen TCA2003 in der Nähe des zu erstellenden Rollbahnabschnittes weisen dem Gleitschalungsfertiger exakt den richtigen Weg mit millimetergenauer Betonpistenhöhenvorgabe.

### Überzeugender Praxisbeweis

Die Richtigkeit der Entscheidung, Betonrollbahnen erstmals mit einer integrierten Maschinenleitsystem-Steuerung auszuführen, bestätigte die Praxis schon in den ersten drei Monaten Baustellenbetrieb. Keiner der Beteiligten auf dieser zeitkritischen Baustelle möchte heute wieder, trotz teilweise anfänglicher Vorbehalte, auf diese Vorzüge verzichten, hängen doch auch die Erfolgspremien für alle Beteiligten von einem schnellen Baufort-

schritt ab. Die Vorbereitungszeit zum Betonieren beträgt gegenüber früher nur noch die Hälfte. Und der Gleitschalungsfertiger schafft in gleicher Zeit eine um zwanzig Prozent längere Bahn. Hinzu kommen eine verbesserte Oberflächenqualität sowie eine höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Das geplante Projekt wird mit diesem neuen Maschinenleitsystem und dem Beton-Gleitschalungsfertiger praktisch 1:1 in unübertroffener Genauigkeit und Schnelligkeit in das Gelände übertragen. Mit einem Leitdraht könnte diese Genauigkeit nie erreicht werden, zudem entfällt die ständige Behinderung der Baustellenlogistik, die dieses konventionelle Vorgehen auch mit sich bringt.

Durch die voll gesteuerte Maschine kann sich der Maschinenführer ganz auf die Qualität des eingebrachten Betons konzentrieren. Die Ebenheit der eingebrachten Platten sowie die Höhen- und Lagegenauigkeit entspricht einer Qualität, welche mit herkömmlichen Methoden nicht erreicht werden kann. Die Lagegenauigkeit sowie die Höhengenaugigkeit ist innerhalb der gewünschten Toleranz.

Dem Sicherheitsaspekt gilt auf dem Unique Airport ausserordentliche Beachtung. Dadurch ist man oft gezwungen, in der Nacht einzubauen. Aber auch hier bewährt sich das neue System bestens, es

weist sogar Vorteile gegenüber dem Einbau am Tag auf (z.B. kein Flimmern, viel weniger Baustellenverkehr sowie mehr Ruhe).

Bautechnisch zählen solche «Taxiways» und Rollbahnen für Riesenjumbos zu den qualitativ anspruchsvollsten Fahrbahnen. Der Raddruck solcher Jumbos beträgt an drei Stellen je 30 Tonnen. Die Ebenheit und Homogenität der Betonoberfläche spielt zur Vermeidung von Wasserlachen und Eisflächen eine bedeutende Rolle. Sie wird vom Gleitschalungsfertiger mit dem Maschinenleitsystem in erstklassiger Qualität erreicht. Die Betonoberfläche wird unmittelbar nach dem Einbau mittels Kontrollaufnahmen kontrolliert und protokolliert.

### Zeiteinsparung

Woher kommt die Zeiteinsparung von 50 Prozent mit dem Maschinenleitsystem schon bei der Vorbereitung? Früher musste das gesamte Trasse abgesteckt und geschnürt werden, alle sechs Meter und bei Klothoiden noch enger. Die Punkte wurden mit Eisenstickeln markiert, um den Leitdraht mittels Nivellement auf die genaue Höhe zu installieren, wohl wissend, dass dieser Leitdraht selbst schon wegen seiner Dicke ein hochgenaues Arbeiten kaum zuließ. Auch die Gefahr des Zerstören der Absteckung (Menschen oder

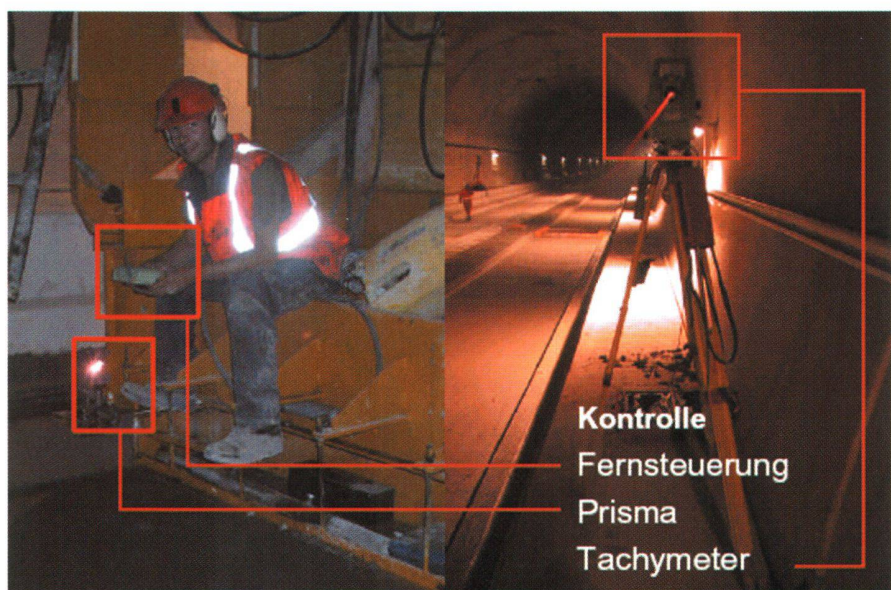


Abb. 6: Steuerung im Tunnel.

Maschinen) war permanent vorhanden. Ebenso musste auf die Leitdrähte viel Rücksicht genommen werden bei der Baustellenlogistik, das heisst beim Beschicken des Fertigers mit Beton durch Lastwagen.

## Flexibilität

Den Einschränkungen, welche unsere meteorologischen Verhältnisse mit sich bringen, das heisst Regen, Nebel, Kälte, kann mit diesem System besser begegnet werden. Dank der nunmehr halb so langen Vermessungs-Einrichtezeit gelingt es mit dem Gleitschalungsfertiger jetzt während des Frühjahres, Sommers und Herbstes wesentlich öfter, auch kurze Wetterhochs auszunutzen und in gleicher Zeit wesentlich längere Betonpisten herzustellen als bisher. Nach witterungsbedingten Unterbrechungen ermöglicht die Präzision des Maschinenleitsystems die nahtlose Verbindung zum bestehenden Teilstück viel genauer und schneller als bei manueller Steuerung.

## Praxisbeispiel SBB-Tunnel Zimmerberg

Diese Baustelle zeichnet sich durch hohe Genauigkeitsanforderungen bei erschweren Bedingungen aus. Die äusseren Bedingungen zeichnen sich im Tunnel insbesondere durch die knappen Platzverhältnisse aus. Ebenso ist die Kommunikation stark erschwert. Dies bedingt, dass sich die entscheidenden Personen

ohne grosse Worte verstehen und die Aufgabenverteilung ganz klar ist. Es muss gelingen, dass auch bei sehr knappen Platzverhältnissen und recht grosser Staubeentwicklung die permanente Sichtverbindung von der Totalstation zum Maschinenprisma gewährleistet ist. Diesem Problem kann nur mit gut aufeinander abgestimmten einzelnen Arbeitsschritten sowie mit häufigem Umstellen (kurze Sichtdistanzen) der Totalstationen begegnet werden.

Entscheidend für einen perfekten 3D-gesteuerten Einbau von Verkehrswegen ist die permanente Kontrolle sowie die online ausgewerteten Ergebnisse. Im Tunnel ist es sehr vorteilhaft, wenn mit den neuen Tachymetern der Firma Leica gearbeitet werden kann, da eine Visualisierung der Kontrollmessung mittels sichtbarem Laserstrahl erfolgen kann. Ebenso kommt eine Fernsteuerung des Tachymeters zur Anwendung, damit die eventuellen Korrekturen der Offsetwerte auf der Maschine möglichst schnell vorgenommen werden können.

## Zusammenfassung

Anfangs kämpften wir mit sehr unterschiedlichen Schwierigkeiten. Heute sind wir jedoch in der Lage, auf allen erwähnten Baustellen wesentlich effizienter «Oberflächen» zu erstellen als früher. Dies zeigt sich einerseits in kürzeren Bauzeiten aber auch darin, dass die erforderlichen Materialkubaturen sehr genau kalkuliert

und teilweise auch reduziert werden können.

Wir erachten zeitgemässes Bauen als einen hoch technologisierten Prozess. Dies trifft auch gut für die drei gezeigten Erfahrungsbeispiele zu. Unter schwierigen Rahmenbedingungen, z.B. dem permanenten Verkehr, den Sicherheitszonen etc. müssen die Arbeiten in kürzester Zeit mit höchsten Genauigkeitsanforderungen abgeschlossen werden. Eine sorgfältige Planung, eine präzise, bis ins kleinste Detail durchdachte Logistik, eine verlässliche Vermessung und leistungsfähige, modernste, zum Teil computergesteuerte Baumaschinen sind unabdingbare Voraussetzungen für den beschriebenen Bauprozess. Die wichtigste Voraussetzung aber, die das gute Gelingen einer solchen Arbeit erst möglich macht, ist die enge Zusammenarbeit unter allen Beteiligten, das echte Teamwork.

David Zimmermann  
Schällibaum AG  
Ingenieure und Architekten  
Ebnaterstrasse 143  
CH-9630 Wattwil  
www.schaellibaum.ch

Bruno Konrad  
Morant AG Strassenbau  
Kreuzbleichstrasse 13  
CH-9000 St. Gallen  
www.morant.ch

## Zu verkaufen: 2 Instrumente aus dem 19. Jh.

**Theodolit** Troughton & Simms London ca. 1840 aus Messing; Kreise 17,5 cm Silber Fernrohr 42 cm, mit Mahagonikasten Verhandlungsbasis ca. CHF 5000.–

**Nivellier** Baker London, um 1845, aus Messing, mit Bussole, Fernrohr 43 cm lang Verhandlungsbasis ca. CHF 3000.–

Auskünfte und Angebote:  
Ingenieurbüro JENATSCH + CO, 081 252 71 33



## Weiterbildungszentrum Sarnen der Technischen Akademie Esslingen

Seminar

### Geoinformationssysteme und positionsbezogene Dienste (LBS)

Leitung: Prof. Dr.-Ing. W. Reinhardt  
Termin: 17.–18. März 2003  
Ort: Weiterbildungszentrum Sarnen

**Weiterbildungszentrum Sarnen  
der Technischen Akademie Esslingen**  
Industriestrasse 2, CH-6060 Sarnen  
Telefon 041 660 37 08, Fax 041 660 56 87  
E-mail: info@tae.ch, www.tae.ch