

Dreidimensional gesteuerte Baumaschinen

David Zimmermann, Ingenieurbüro Schällibaum AG, 9630 Wattwil

Die folgenden Zeilen geben einen Überblick über den Einsatz der modernen Vermessungstechnik in Verbindung mit dem heutigen Verkehrswegebau. Das Hauptgewicht liegt auf den praktischen Beispielen und beleuchtet die theoretischen Aspekte nur am Rande.

1 Dreidimensional gesteuerte Baumaschinen im Verkehrswegebau

1.1 Idee / Vision

In Strassenprojekten war es bisher so, dass umfangreiche Absteckungsarbeiten den eigentlichen Bauarbeiten vorangingen.

Dies gilt hauptsächlich für folgende Arbeiten:

- Planumserstellung
- Belagseinbau
- Betonpisten / Gleistragplatten

Durch Schnüre entlang der gesamten Einbaustrecke wurde das Projekt im Gelände 1:1 abgesteckt. Dafür war durchschnittlich alle 5 – 10m - in schwierigen Geometrien noch enger - ein Punkt mit Lage und Höhe präzise abzustecken. Dies verursachte einen gewaltigen Absteckungsaufwand und schränkte die Möglichkeiten von Querverkehr stark ein. 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 (+/- 1cm) 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

1.2 Konzept

1.2.1 Ziele

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

1.2.2 Entwicklung

Bei unseren Baustellen wurden wir mit den Wünschen und Anforderungen der Unternehmung sowie des Projektanten konfrontiert. 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 dem erwähnten System.

Das generelle Konzept wird anhand eines Belagseinbaugerätes erläutert. Für andere Geräte ist das Prinzip mit kleinen Abweichungen ebenfalls anwendbar.

1.2.3 Funktion des Vermessers

Die Funktion des Vermessers ist in der nachfolgenden Grafik dargestellt.



Schema Organisation

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

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

1.2.4 Steuerungsprinzip

1.2.4.1 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 sogenanntes 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.

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



Schema Funktionsprinzip

1.2.6 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.

1.2.7 Anwendungsbereiche

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



Belagsfertiger



Grader

Gleitschalenfertiger



Fräse

2 Praxisbeispiele

2.1 A1 Autobahnsanierung Wil – St.Gallen

2.1.1 Aufgabenstellung

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 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.

2.1.2 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 sogenannte 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 Höhen- genauigkeit musste die Variante jedoch wieder verworfen werden.

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

2.1.3 Ausführung

Belagsausbau

Das Schadenbild der A1 umfasste folgende typische Schäden:

- Flickwerk
- abgefahrener 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 +/- 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 optimalen 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 3-D-gesteuerten Fräse (Fräsbreite 2.0 Meter) bis auf das vorgesehene Mass abgetra-

gen. Durch diesen Abbau entstand eine ebene Fläche (+/- 1.0 cm), auf welche später die drei Schichten Schwarzbelag 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 m² 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 Belagfertigers eingesetzt.

Die den Einbaumaschinen nachfolgenden Walzen arbeiteten nach vorgegebenen und genau eingestellten Werten.

Der Einbau des Belages mittels 3-D-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.

Randabschlüsse

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

2.1.4 Probleme

Grader

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

Fräse

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.

Belagsfertiger

Das grösste Problem zeitigte der Einsatz mit den Fertigern. Der Einbau erfolgte mit drei Fertigern 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 3 Schichten Asphalt mit der 3-D-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 (best. Brücken) angepasst wurden, konnte eine gewisse Differenz mit dem gesteuerten Einbau nicht vermieden werden.

Die Erschütterungen verursacht durch die Walzen bieten Problem 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.

2.1.5 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 +/- 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 Belagseinbau 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.

2.2 5. Bauetappe beim Flughafen Unique Airport Zürich

2.2.1 Einbau von Betonpisten im Flughafenbau

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



Unique Airport Zürich: Totalstation mit Gleitschalungsfertiger

Die ARGE Oberbau hat keinen neuen Gleitschalungsfertiger angeschafft, sondern die vorhandene Gomaco-Maschine lediglich mit dem neuen 3-D-Maschinenleitsystem von Leica Geosystems nachgerüstet. Die Befehle zur automatischen dreidimensionalen Steuerung erhält der Beton-Gleitschalungsfertiger nun direkt vom 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.

2.2.2 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 Erfolgsprämien für alle Beteiligten von einem schnellen Baufortschritt 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.

Perfekte Qualität

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.

Nachteinbau

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).

Ebene und homogene Betonoberfläche

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 50%-ige Zeiteinsparung mit dem Maschinenleitsystem schon bei der Vorbereitung? Früher musste das gesamte Trasse abgesteckt und geschnürt werden. Alle 6 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 Maschinen) war permanent vorhanden. Ebenso musste auf die Leitdrähte viel Rücksicht genommen 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.

2.3 Bahn 2000: 2. Doppelspur Zürich – Tahlwil (Zimmerberg – Basistunnel Teil 1)



Zimmerbergtunnel: während Bauphase

2.3.1 Genauigkeitsanforderungen

Diese Baustelle zeichnet sich aus durch hohe Genauigkeitsanforderungen bei erschwerten Bedingungen.

Äussere Bedingungen

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.

Sichtverhältnisse

Es muss gelingen, dass auch bei sehr knappen Platzverhältnissen und recht grosser Staubentwicklung 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.

Kontrolle

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.

3 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.

Anschriften

Ingenieurbüro
Schällibaum AG
Ebnaterstrasse 143
9630 Wattwil
David Zimmermann / Leiter Vermessung und Geotechnik
d.zimmermann@schaellibaum.ch
www.schaellibaum.ch