

Vortriebskontrolle im maschinellen Tunnelbau und iGPS

Dipl.-Ing. Henning Roch, Robert Krautschneider, Bruchsal*

Seit 15 Jahren produziert und liefert die **VMT GmbH** – Bruchsal Navigationssysteme für unterirdische Baumaschinen, Sensor- und Geomonitoringssysteme. Neben den Dienstleistungen rund um den Einsatz der Systeme gehören Softwareentwicklung sowie Service im Bereich von Industrielasertechnik zur VMT Produktpalette.

Mit über 150 Mitarbeitern und 7 Niederlassungen weltweit gehört die VMT zu den führenden Anbietern in ihrer Sparte.

Die Themen Vortriebskontrolle im maschinellen Tunnelbau und das Positionierungssystem iGPS scheinen auf den ersten Blick nicht zusammen zu gehören. Tunnelbau wird häufig mit Schmutz, Staub und Hitze in Verbindung gebracht, in dem Systeme wie ein iGPS, das für den Einsatz in Hallen oder in Laboren konzipiert ist, nicht eingesetzt werden können. Bei einem Tunnelbauprojekt mit Vortriebsbaggern wurde das iGPS System für Testmessungen eingesetzt.



Gründe und Verfahren der Vortriebskontrolle

Durch die fortschreitende Urbanisierung sind Versorgungsleitungen für Abwasser, Trinkwasser, Strom- und Kommunikationsleitungen, sowie leistungsfähige Verkehrswege nur unterirdisch effizient zu erstellen. An den modernen Tunnelbau werden deshalb umfangreiche Anforderungen bei der Vortriebskontrolle gestellt:

- Genauigkeitsanforderungen des Bauherren
- Anforderungen an Fahrdynamik

*Dipl.-Ing. Henning Roch
VMT GmbH Germany
Head of Sales
Robert Krautschneider
VMT GmbH Germany
Produktmanager iGPS
VMT GmbH
Gesellschaft für Vermessungstechnik
Stegwiesenstraße 24
D-76646 Bruchsal
Tel.: +49 7251 9699 0
Fax: +49 7251 9699 22
E-Mail: info@vmt-gmbh.de
Internet: www.vmt-gmbh.de

- Anforderungen an Stabilität und Dichtigkeit
- Lage- und Höhenanforderungen in der Navigation
- Dokumentation und Datenmanagement. Um geeignete Navigationsverfahren für die unterschiedlichen Baumaschinen zu erstellen, ist ein umfassendes Verständnis für den gesamten Bauprozess, die Nutzungsart und die Geologie notwendig.

Die Vortriebskontrolle beruht auf allgemeiner Vermessungskunst mit Winkel- und Streckenmessung. Dabei muß das überlappende Vermessungsnetz in den Tunnel übertragen werden, um die Position der Vortriebsmaschine erfassen zu können.

Bei den „automatisierten Navigationsverfahren“ oder auch Steuerleitsystemen gibt es 3 unterschiedliche Hauptverfahren (Bild 1):

- „statische Navigationsverfahren“
- „dynamische Navigationsverfahren“
- „flexible Navigationsverfahren“

Abhängig vom Bohrverfahren mit einer TBM handelt es sich um einen Vortrieb mit „Festausbau“, bei dem die Tunnellaubung in der Regel feststehend bleibt – oder einem Rohrvortrieb, bei dem der gesamte Tunnel vorgerieben wird und somit ständig in Bewegung ist, bis auf prozessbedingte Pausen – wie z.B. Rohrwechsel.

- beim Festausbau handelt es sich um ein „statisches Navigationsverfahren“, wie es auch beim konventionellen Tunnelbau üblich ist. Man hat eine feste Tunnellaubung, an der verschiedene Festpunkte montiert werden können
- beim Rohrvortrieb handelt es sich um ein „dynamisches Navigationsverfahren“. Hier bewegt sich der gesamte Tunnel – er wird vorgepresst
- das „flexible“ Leitsystem wird bei Vortrieben mit vielen unterschiedlichen Maschinenaktivitäten angewandt. Obwohl das Meßsystem auch von einem Festpunkt ausgeht, wird hier der flexible Einsatz in allen Richtungen verlangt. An der Ortsbrust kann eine Teilschnittmaschine gesteuert werden und unmittelbar danach wird ein Bagger gesteuert, welcher die Querschläge vorantreibt, oder ein weiterer Roadheader, der die Ulme abräst.

iGPS

Das Messsystem iGPS der Firma Metris ist ein modular aufgebautes, großvolumiges 3D-Messsystem, es ermöglicht die Position von mehreren Sensoren gleichzeitig im Submillimeterbereich zu bestimmen. Das Prinzip ähnelt dem des NAVSTAR GPS oder dem von Galileo. Mehrere Sender senden Signale aus und eine unbegrenzte Anzahl von Empfängern kann diese gleichzeitig empfangen und damit Positionskordinaten berechnen. Jedoch ist das Messprinzip und der Berechnungsalgorithmus, der im Folgenden etwas näher erklärt wird, ein grundlegend anderer.

Allgemeine Systembeschreibung

Es werden so genannte Transmitter verwendet, die infrarote Lichtsignale in ihren Arbeitsbereich aussenden. Neben 2 zueinander verkanteten Laserfächern, die permanent aus dem sich drehenden Teil des Transmitterkopfes ausgesendet wer-

den, senden sie einen infraroten Lichtblitz, erzeugt durch LEDs, in den gesamten Arbeitsbereich aus. Letzterer dient als Referenzsignal und wird nach jedem 2. Durchlauf der internen Nullrichtung ausgesendet. Lichtempfindliche Sensoren empfangen diese Signale und berechnen mit Hilfe von PCE's (position calculation engine) zunächst den horizontalen und vertikalen Winkel zwischen den Transmittern und dem Sensor. Dabei wird die Zeitdifferenz zwischen den beiden Laserfächern bzw. die Zeitdifferenz zwischen dem Referenzsignal und den Laserfächern für die Berechnung des vertikalen Winkels vom Transmitter zum Sensor verwendet. Ein zentraler Rechner, in dem die Informationen aller im System verwendeter Sensoren in einer Software zusammenfließen, bildet die Auswertungszentrale des iGPS. Empfängt nun ein Sensor die Signale

Stellenanzeige

Die **ASSE-GmbH** betreibt im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz seit dem 1. Januar 2009 als sog. Dritter gem. § 9a Abs. 3 Satz 2 AtG die Schachanlage Asse II, in der von 1967 bis 1978 radioaktive Abfälle eingelagert wurden.

Wir suchen

Teilbereichsleiter/in des Elektrobetriebes

Ihre Aufgaben:

- Koordination aller elektrotechnischen Arbeiten über und unter Tage
- Herstellung der Betriebsbereitschaft aller elektrischen Anlagen und Betriebsmittel in technischer und arbeitssicherheitslicher Hinsicht (vorbeugende Instandhaltung)
- Sicherstellung der Kurzschlussfestigkeit des Versorgungsnetzes
- Qualitätssicherung aller Leistungen der E-Werkstätten über und unter Tage
- Personaleinsatzplanung und Fremdfirmenkoordination
- Technische Vorbereitung von Betriebsplänen bezogen auf elektrische Anlagen, Geräte und Einrichtungen
- Beschaffungsplanung, technische Vorbereitung von Leistungsbeschreibungen bezogen auf elektrische Anlagen, Geräte und Einrichtungen
- Abnahmen von elektrischen Anlagen, Geräten und Einrichtungen

Persönliche und fachliche Voraussetzungen:

- Diplom-Ingenieur (TU/TH/FH) der Fachrichtung Elektrotechnik
- langjährige Berufserfahrung
- Grubentauglichkeit nach KlimabergV
- Eignung als strahlenexponierter Mitarbeiter Kategorie B
- Zuverlässigkeitsprüfung nach § 12 b AtG

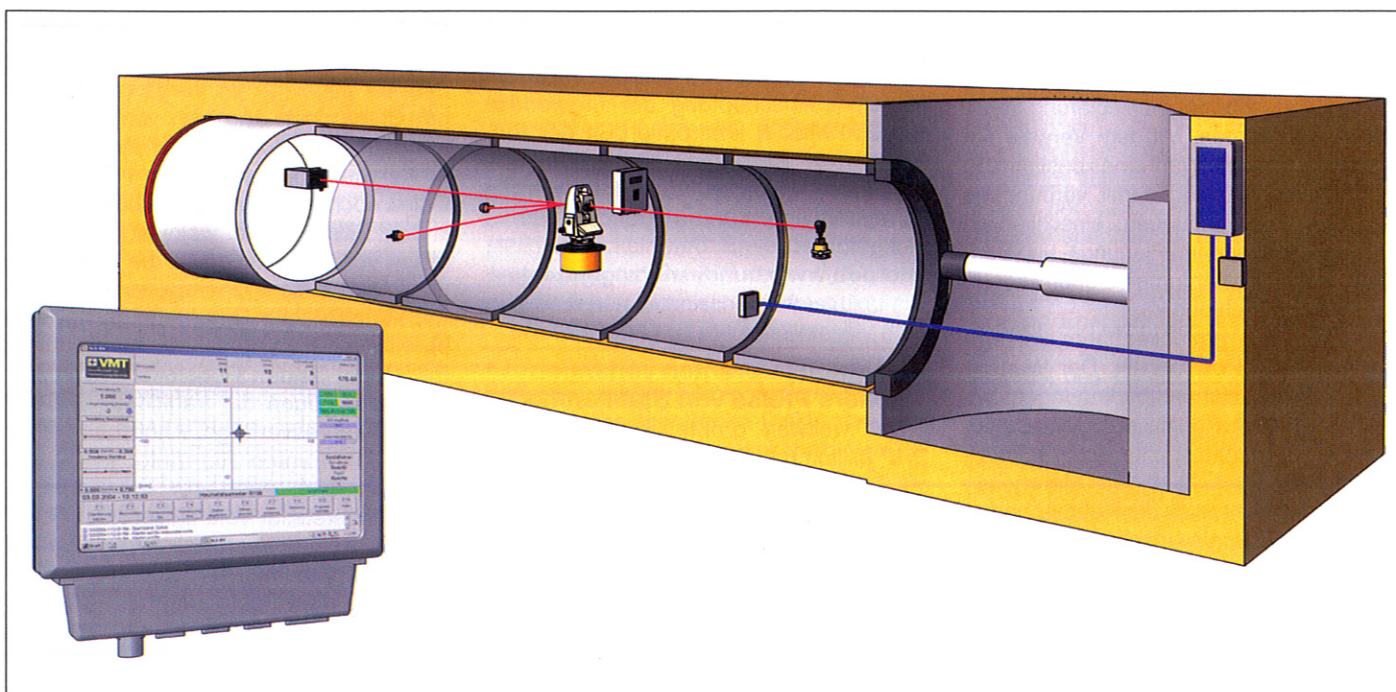
Die Vergütung erfolgt nach Kali- und Steinsalz Tarifvertrag.

Die ASSE-GmbH fördert die berufliche Gleichstellung von Frauen und Männern. Aus diesem Grunde werden Bewerbungen von Frauen ausdrücklich begrüßt.

Weitere Informationen erteilt Ihnen gern Herr Harald Hegemann unter der Tel.-Nr. 05336/89-211.

Ihre Bewerbung mit aussagekräftigen Unterlagen senden Sie bitte per E-Mail (gabriele.grove@asse-gmbh.de) oder per Post an

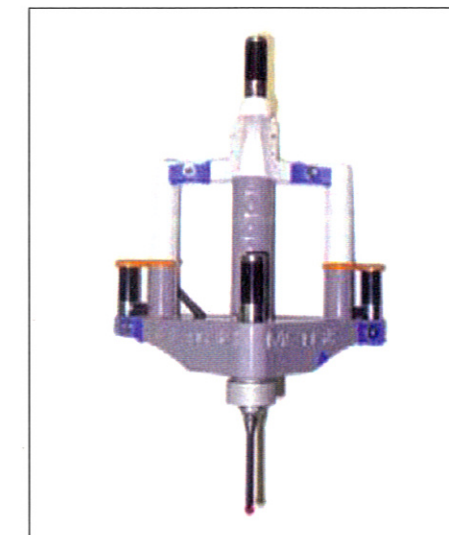
ASSE - GmbH
Gesellschaft für Betriebsführung
und Schließung der Schachanlage Asse II
Gabriele Grove - Am Walde 2 - 38319 Remlingen



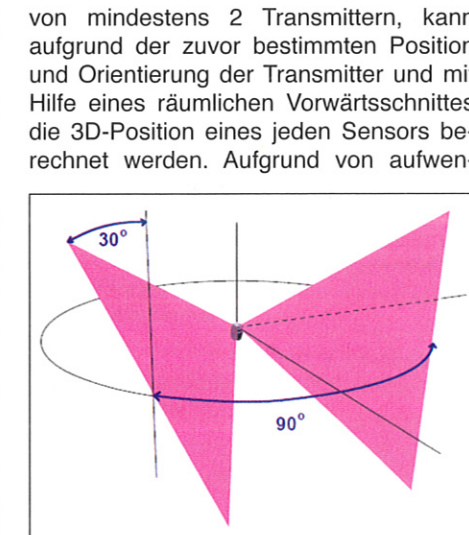
1 Prinzip eines dynamischen Navigationsverfahrens



2 Transmitter

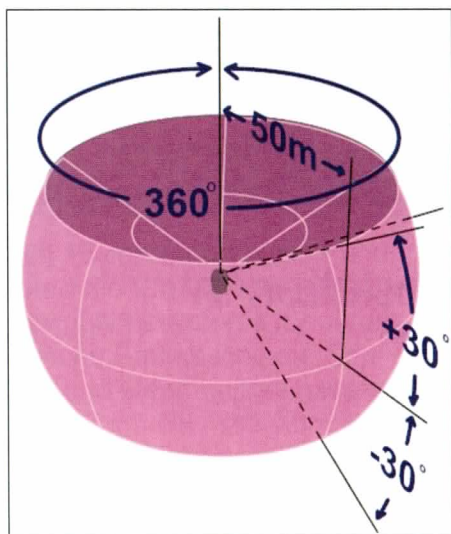


3 iProbe mit 4 Sensoren



4 Die 2 Laserfächer eines Transmitters

von mindestens 2 Transmittern, kann aufgrund der zuvor bestimmten Position und Orientierung der Transmitter und mit Hilfe eines räumlichen Vorwärtsschnittes die 3D-Position eines jeden Sensors berechnet werden. Aufgrund von aufwen-



5 Der Arbeitsbereich eines Transmitters

digen Korrekturmatriizen, die individuell für jeden Transmitter angefertigt werden und die die relative Lage und Orientierung eines Sensors zum jeweiligen Transmitter berücksichtigen, wurde in letzter Zeit die Genauigkeit dieser Berechnung deutlich verbessert. Werden mehrere Sensoren in einer festen und bekannten Anordnung zueinander verwendet, beispielsweise bei dem VectorBar oder der iProbe, können mit diesen Messtastern und verschiedenen Messspitzen auch Punkte angehalten und gemessen werden (Bilder 2 bis 5).

Für den Berechnungsalgorithmus ist es notwendig, die 6 Freiheitsgrade eines jeden Transmitters zu kennen. In der Regel werden die Transmitter nicht direkt eingemessen, sondern es werden mit einem oder mehreren Sensoren verschiedene, frei gewählte Punkte aufgemessen und mit Hilfe einer Bündelblockausgleichung ein Koordinatensystem der Transmitter bestimmt, in dem die relative Position der Transmitter zueinander bekannt ist. Werden statt frei gewählten, koordinatenmäßig bekannte Punkte verwendet, können die Transmitter gleich in einem globalen Koordinatensystem bestimmt werden. Je mehr Transmitter verwendet werden, desto größer ist später der Überlappungsbereich in dem die Sensoren positioniert werden können. Ebenfalls steigen die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit einer Messung, wenn mehr Transmitter verwendet werden.

Wenn das iGPS für einen langfristigen Einsatz fest installiert ist oder bei Messungen mit höchster Genauigkeit, ist es erstrebenswert Monuments zu verwenden. Dies sind Sensoren, deren Position bekannt ist und von der man ausgehen kann, dass sie unveränderlich ist. Mit Hilfe dieser Festpunkte ist es möglich, das iGPS selbst zu überwachen, da neben der



6 iGPS Test im Tunnel, die Sensoren auf dem Bagger sind rot umkreist

eigentlichen Messung, stets auch diese Sensoren mitgemessen werden und somit eine kontinuierliche Überprüfung und Korrektur der Transmitter-Standpunkte stattfindet. Wird ein Transmitter - gewollt oder nicht - bewegt, ist er in Sekundenschnelle wieder eingemessen und funktionsbereit.

Aufgrund der hohen Messfrequenz von bis zu 40 Hz, die abhängig ist von der Drehgeschwindigkeit der Transmitter, ist es auch möglich dynamische Messungen vorzunehmen. Wird beispielsweise ein Objekt mit mindestens 3 Sensoren ausgestattet, können dessen 6 Freiheitsgrade mehrmals in der Sekunde bestimmt und dessen Bewegung im Raum vollständig erfasst werden.

Einsatztest im Tunnel

Dieses Merkmal des iGPS hat sich VMT für Testmessungen im Tunnel zu Nutze gemacht. Zur Positionsbestimmung von Baggern, die sowohl den oberen Teil der Ortsbrust, als auch die Hilfssohle eines Tunnels mit großem Profil abtragen, wurden diese mit 6 Sensoren auf dem Motorenblock bestückt. Mit Hilfe von nur 2 Transmittern, die entweder auf Stativen oder auf stabilen Konsolen an der Tunnelwand befestigt wurden, konnten somit kontinuierlich die Lage und die Orientierung des Baggers bestimmt werden. Die Genauigkeit der Maschinenrumpfposition von deutlich unter 1 cm und die Verfügbarkeit von über 85% wären für einen realen Einsatz des iGPS ausreichend. Ein weiterer positiver Aspekt war, dass die Schwächen des iGPS, die Signalspiegelung an glänzenden bzw. reflektierenden Oberflächen und der Reichweiten- und Genauig-

keitsverlust bei hellem Umgebungslicht, im Tunnel nur eine untergeordnete Rolle spielten (Bild 6).

Schlussbetrachtung

Die hohen Anforderungen an eine präzise Vortriebskontrolle im maschinellen Tunnelbau fordert ein Verständnis für den gesamten Bauprozess in allen Projektphasen. Navigationssysteme helfen das Produkt Tunnel in hoher Qualität zu erstellen.

Die durchgeführten Testmessungen zur Navigation von Tunnelbaggern zeigen die technische Leistungsfähigkeit des iGPS Systems auch im Tunnelbau.

Die Wahl eines geeigneten Systems zur Navigation von unterirdischen Baumaschinen bleibt aber weiterhin von Geologie, Bauverfahren und Anwendungsbereich abhängig. VMT GmbH steht hier als Lieferant für kompetente Lösungen.

Anzeige



Informationen
RDB e.V.

Juliusstraße 9
45728 Essen

Tel.: 0201/232238

Fax: 0201/234578

E-Mail: rd@rd-ev.de

Internet: www.rdb-ev.de