

# Das Tachymeter-Aufsatzsystem ArgusTAT

Abwasserkanäle mit geodätischen Genauigkeiten aufzumessen, ist bislang ein schwieriges Unterfangen. Die handelsüblichen Messsysteme sind nicht in der Lage, dreidimensional Lage und Verlauf eines Kanals zu erfassen. Deshalb misst der Geodät bislang meist nur die Lage und Höhe der Abdeckung des Abwasserschachtes (Kanaldeckel), und mittels Nivellierlatte oder eines Zollstockes werden die Tiefe der Sohle des Abwasserschachtes und die der Ein- bzw. Abläufe bestimmt. Unter Verwendung eines geraden oder abgewinkelten Kanalmessstabes kann lediglich die Position von Kanalab- und -einmündungen tachymetrisch erfasst werden, jedoch nicht deren exakte Richtungsverläufe, was gerade bei der Entwurfsvermessung und Leitungsdokumentationen (Ersterfassung) erforderlich ist, um Schäden durch spätere Bauarbeiten zu vermeiden. Selbst die Verwendung eines auf den Kopf gestellten 3D-Laserscanner Callidus [1] zur Schachtaufnahme ermöglicht keine exakten Richtungsangaben der vom Schacht abgehenden Kanäle, sondern ist eher zur Formerfassung des Schachtbauwerkes geeignet. Mit einem Kanal-TV-System [2] lassen sich zwar Längsprofil, Querprofil und Innenleben eines Kanals dokumentieren, allerdings ist dabei keine Richtungsbestimmung vorgesehen und die Bestimmung des Höhenprofils ist relativ ungenau. Systemen mit Inertialmesstechnik muss eine präzise Anfangsrichtung vorgegeben werden [3]. Mit Ortungssystemen kann der Verlauf eines unterirdischen Kanals an der Erdoberfläche geortet werden [4]. Die Genauigkeit liegt jedoch im Dezimeterbereich und die Eindeutigkeit ist bei kreuzenden Leitungen nicht mehr gegeben, es sei denn, man trennt Sender und Empfänger und platziert den Sender auf einem Kanalmesswagen, welcher durch den Kanal fährt. Exakte Tiefenangaben erhält man mit einem Ortungssystem nicht.

Das von Argus GeoTech GmbH entwickelt Tachymeter-Aufsatzsystem ArgusTAT stellt eine Ergänzung zu bzw. ein Bindeglied zwischen den bestehenden Techniken dar

und wurde als Prototyp am Geodätischen Institut der TU Dresden getestet. Als geeignete Örtlichkeit für umfangreiche Tests über Ausfahrtiefen von bis zu 8m wurde das Treppenhaus des Hülsebaus der TU gewählt, wo im Rahmen einer Diplomarbeit ein Kalibriernetz über drei Etagen angelegt wurde.

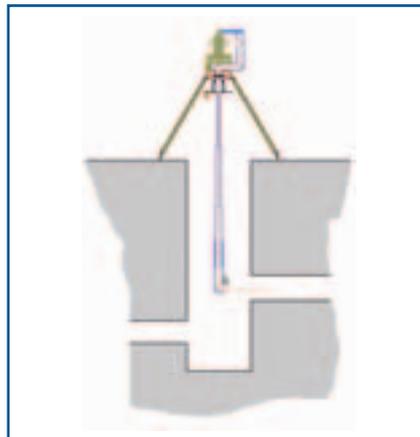


Bild 1: Prinzipskizze



Bild 2: Tachymeter-Aufsatz

## Die Funktionsweise

Der ArgusTAT (Tachymeter-Aufsatz mit Teleskop) ist ein Zusatzinstrument zum herkömmlichen Tachymeter. Er ermöglicht die Vermessung unterirdisch liegender Punkte ausgehend von einem oberirdisch gelegenen Tachymeterstandpunkt. Der horizontale Zielstrahl des Tachymeters wird über ein Spiegelsystem, bestehend aus

vier Orthogonalspiegeln [5], auf einen dazu parallelen horizontalen Zielstrahl in variabler Tiefe umgelenkt (Bild 1). Die ersten drei Orthogonalspiegel befinden sich in einer Umlenkeinheit, die den Griff des Tachymeters mit dem drehbaren Mittelteil einer Präzisionskonsole verbindet (Bild 2). Ein vertikal am Stativ anzuhängendes Teleskop ist über einen Seilzug motorisiert ausfahrbar und variiert so die Tiefe des vierten Orthogonalspiegels. Durch die kardansche Aufhängung des Teleskops und Klemmverbindung mit dem Mittelteil der Präzisionskonsole sollte die (vertikale) Teleskopachse genau mit der Stehachse des Tachymeters zusammenfallen. Ein Kreuzschlitten sorgt für einen Lageausgleich zwischen mechanischer und optischer Achse, falls der Stativteller nicht exakt horizontal steht. Die Verwendung eines Spezialstativs garantiert die notwendige Bewegungsfreiheit. Dreht man den Horizontalkreis des Tachymeters, drehen sich die Umlenkeinheit, der Mittelteil der Konsole und das Teleskop mit. Ober- und Unterteil der Konsole sind durch eine Drei-Klauen-Aufnahme des Tachymeters bei Drehung des Horizontalkreises stehen bleibt.

Wenn der Tachymeter mittig über einem offenen Schacht steht und der Tachymeter-Aufsatz angehängt wird, kann das Teleskop auf die Tiefe (bis zu 8m) des zu erfassenden Kanals ausgefahren werden. Mit der Drehung des Horizontalkreises des Tachymeters ändert sich auch die Blickrichtung im Schacht. So kann der Kanal im Fernrohr des Tachymeters sichtbar gemacht werden und die Horizontalrichtung kann mit dem Tachymeter gemessen werden. Da die mechanische Führung des Teleskops nicht so exakt gearbeitet werden kann, dass die Parallelität zwischen ausgelenktem und originärem Zielstrahl beim Ausfahren des Teleskops erhalten bleibt, ist am obersten Tubus ein Feintrieb eingefügt. Fokussiert man mit dem Tachymeter auf ein im untersten Tubus gespanntes Fadenkreuz, kann man dieses mit Hilfe des Feintriebes parallel

zum Fadenkreuz des Tachymeters stellen. Dabei sind auch definierte Verschwenkungen um bis zu 100 gon einstellbar.

Die Streckenmessung des Tachymeters kann nun genutzt werden, um die Ausfahrtiefe des Teleskops zu bestimmen und unterirdisch gelegene Punkte aufzumessen. Zur Messung der Ausfahrtiefe wird eine ferngesteuerte Reflexionsplatte im untersten Tubus umgeklappt. Die Messung von Objektpunkten kann reflektorlos erfolgen, auch das Messen auf Reflexfolien oder Tripelprismen funktioniert problemlos. Die Geometrie des Tachymeter-Aufsatzes erlaubt es auch, den Zielstrahl des Tachymeters in gewissen Grenzen aus der Horizontalen zu verschwenken. Der Schwenkbereich ist bei großer Ausfahrtiefe durch die Größe des untersten Orthogonalspiegels (16 cm) limitiert, bei geringer Ausfahrtiefe durch die Größe des dritten Orthogonalspiegels (5,7 cm). In Abhängigkeit von der Ausfahrtiefe ergibt sich also ein Schwenkbereich zwischen  $\pm 0,6$  gon und  $\pm 1$  gon. Das heißt, man kann sehr weit in Kanäle hineinsehen, die bis zu 2 % Gefälle oder Steigung haben. Größeres Gefälle verkürzt den sichtbaren Bereich. Die Richtung der vertikalen Auslenkung am Tachymeter (nach oben oder unten) entspricht auch der nach Durchlaufen des untersten Orthogonalspiegels. Die Genauigkeit wird durch exakte Justage der Orthogonalspiegel (1" ab Werk) und die gependelte Aufhängung des untersten gewährleistet.

Für die freie Stationierung bzw. Orientierung muss die Arretierung des Bügels an der Umlenkeinheit gelöst werden. Man zielt dann an der Umlenkeinheit vorbei. Tests mit einem Halbspiegel im ersten Orthogonalspiegel und zwei wechselseitig ausklappbaren Blenden hinter bzw. unter dem ersten Orthogonalspiegel zeigten, dass ansonsten die reflektorlose Streckenmessung wegen zu geringer Signal-Remission beeinträchtigt wird.

Leider ist es konstruktiv nicht möglich, den Tachymeter samt Umlenkeinheit um 400 gon zu drehen. Die Klemmverbindung zwischen Ober- und Unterteil der Konsole, die den drehbaren Mittelteil überbrückt, ist dabei im Weg. Es ergibt sich effektiv ein Schwenkbereich von 330 gon. Da aber das Teleskop mit Hilfe des zusätzlichen Feintriebess um  $\pm 100$  gon verstellbar ist, kann man auch Punkte anmessen, die außerhalb dieses Schwenkbereichs liegen. Allerdings

muss der Vertikalwinkel dann bei  $\pm 100$  gon bleiben, da sich Änderungen desselben am untersten Orthogonalspiegel als Quer- und nicht als Längsabweichungen auswirken und somit die horizontale Blickrichtung verfälschen. Für geneigte Visuren ist es also sinnvoll, bei der Aufstellung bereits den „toten Winkel“ so zu berücksichtigen, dass möglichst kein Ziel darin liegt. Der Prototyp wurde für den Einsatz mit einem TCR 303 oder baugleichen Instrumenten von Leica konstruiert. Hinsichtlich Kippachshöhe und Griffadaption ist für andere Instrumententypen die Umlenkeinheit konstruktiv anzupassen.

### Genauigkeitsuntersuchung

Im Gegensatz zur Vorgängerversion wurde die Umlenkeinheit nicht mit Pentaprismen, sondern mit Orthogonalspiegeln ausgestattet, was nicht nur eine wesentlich höhere Genauigkeit, sondern auch eine deutliche Gewichtsreduktion bewirkte. Dadurch wird die mechanische Lagerung des Tachymeters seitlich weniger belastet und der Einfluss auf die Stehachse ist minimiert. Die ersten Tests zeigten bereits, dass man bei eingeschaltetem Kompensator trotz der einseitigen Belastung mit einer einmaligen Horizontierung auskommt.

Tabelle 1 zeigt zusammengefasst die wichtigsten Abweichungen, die bei der Arbeit mit dem ArgusTAT auftreten können. Die Angaben „horizontal“ und „vertikal“ beziehen sich dabei auf die Einbaurichtung der

Orthogonalspiegel. Mit Exzentrizität zur Stehachse ist gemeint, dass der optische Strahl im Teleskop quer zur Stehachse verschoben oder geneigt ist und deshalb der Austrittspunkt am vierten Orthogonalspiegel exzentrisch zur Stehachse liegt. In Abhängigkeit von der Zielweite ergibt sich daraus eine Richtungsabweichung [6].

Die Tabelle zeigt, wie wichtig die exakte Justage und Ausrichtung der Spiegelflächen zueinander ist. Aufgrund der Vielzahl und Überlagerung der verschiedenen Fehlereinflüsse ist es für den Anwender einfacher, eine Systemkalibrierung vorzunehmen bzw. die Gesamtabweichungen von Richtungs- und Vertikalwinkelmessung zu untersuchen.

Die Bestimmung der Hz-Abweichung in Abhängigkeit von der Ausfahrtiefe wurde zunächst durch Messung auf zwei Lotdrähte bestimmt. Für die mechanisch bedingten Richtungsabweichungen beim Ausfahren des Teleskops wurden so beim getesteten Instrument Werte von bis zu 2,5 gon ermittelt. Diese werden allerdings durch den zusätzlichen Feintrieb korrigiert bzw. auf die vom Augenmaß des Beobachters abhängige Einspiegelgenauigkeit bei der Parallelstellung der Fadenkreuze reduziert. Die Verwendung eines durch Einbau eines schwenkbaren Bügels modifizierten Original-Tachymetergriffs des TCR 303 ergab zusätzliche Fehler durch die Deformation des Plastikmaterials bei Drehung des Tachymeter-

**Tabelle 1: die wichtigsten Abweichungen**

Abweichungen	Ursache	Wirkung
vertikaler Justagefehler eines Orthogonalspiegels	Dejustage durch Stoß oder mechanische Belastung	Zielstrahlableitung $\neq 100$ gon, konst. Vertikalwinkelfehler
horizontaler Justagefehler eines Orthogonalspiegels	Dejustage durch Stoß oder mechanische Belastung	konst. Richtungsfehler, tiefenabhängige Exzentrizität zur Stehachse
Innere Anordnung der drei Orthogonalspiegel in der Umlenkeinheit	Einbaufehler: 1.) Verschiebung 2.) Verkipfung längs 3.) Verkipfung quer zum originären Zielstrahl 4.) Verdrehung eines Orthogonalspiegels gegenüber der Sollage	- 1.u.2.: in Abh. von V konst. Höhen- und Streckenfehler (ändert die Spiegelvariable) - 3.u.4.: konst. Richtungsfehler, in Abh. von V konst. Streckenfehler (ändert die Spiegelvariable) und Exzentrizität zur Stehachse
Äußere Anordnung der drei Orthogonalspiegel in der Umlenkeinheit	1.) Arretierungsfehler am Tachymetergriff 2.) Verbiegung der Umlenkeinheit bei Drehung	1.) konst. Exzentrizität zur Stehachse 2.) variable Exzentrizität zur Stehachse
Schiefelage des vierten Orthogonalspiegels	Einstellung des Pendelkompensators	konst. Richtungsfehler und / oder konst. Höhenfehler



Bild 3: Teleskop voll ausgefahren

Aufsatzes. Zwischen der Anzielung eines Objektpunktes mit Einspielen des Fadenkreuzes von links bzw. von rechts ergaben sich Abweichungen von bis zu 200 mgon. Bei Verwendung eines Metallgriffs ergaben sich bei einer Ausfahrtiefe von 5 m Abweichungen von nur noch maximal 50 mgon. Das wiederholte Einspielen von nur einer Seite ohne Veränderung der Ausfahrtiefe lieferte jedoch eine Standardabweichung von 2 mgon.

Da das Teleskop selbst gependelt aufgehängt ist, wurde die Notwendigkeit des konstruktiv sehr aufwändigen Pendelkompensators untersucht. Bei Arretierung desselben wurde ein Zielpunkt abwechselnd von oben und von unten angefahren. Da der Seilzug des Teleskops quer zur Zielrichtung verläuft, kommt es zu einem leichten Verknicken der einzelnen Tuben untereinander. Die Knickrichtung wechselt zwischen Anfahren von oben und von unten. Die resultierende Schiefstellung des unteren Orthogonalspiegels liefert Abweichungen der Horizontalrichtung von bis zu 0,4 gon. Wiederholtes Anfahren des Ziels von einer Richtung liefert allerdings eine Standardabweichung von 15 mgon und Maximalabweichungen von 50 mgon.

Für die Vermessung von Abwasserkanälen ist eine Richtungsmessgenauigkeit von 50mgon vollkommen ausreichend. Laut DIN 18723 Teil 3 ist jedoch die Richtungsmessgenauigkeit von Horizontalrichtungen geodätischer Instrumente durch Beobachtung von vier Messreihen zu bestimmen, bestehend aus drei Sätzen zu je fünf Zielen. Diese Ziele sollen gleichmäßig über den Horizont verteilt und in unterschiedlichen Entfernungsbereichen liegen. Beim Tachymeter-Aufsatz muss diese Prüfmethode noch hinsichtlich der Abhängigkeit von der ausgefahrenen Teleskoptiefe erweitert werden bzw. um die dadurch notwendige Parallelstellung der Fadenkreuze mit Hilfe des Feintriebes am Teleskop. Eine Kalibrierstrecke, die diesen erhöhten Anforderungen fast gänzlich gerecht wird, wurde im Rahmen einer Diplomarbeit zur Vorgängerversion an der HS Magdeburg eingerichtet [7]. Vom Balkon eines Laborgebäudes aus kann das Teleskop komplett ausgefahren werden. Nachteilig wirkt sich hier nur die in einem Schacht nicht vorhandene seitliche Windlast aus, so dass entsprechende Sicherungsmaßnahmen zu treffen sind. Über Zielweiten von 50–250 m

wurden Zielmarken an fünf verschiedenen Gebäuden angebracht, jeweils mehrere in verschiedenen Höhen. Die Koordinaten der Zielpunkte wurden mittels Netzmessung bestimmt und ausgeglichen. Der Tachymeter wurde innerhalb dieses Netzes frei stationiert. Die Messung auf Reflexmarken war bei allen Punkten mit reflektorloser Messung problemlos möglich. Die IR-Streckenmessung versagte ab 100m den Dienst. Die Bestimmung der Richtungsmessgenauigkeit des Tachymeter-Aufsatzes nach DIN 18723 Teil 3 ergab eine Standardabweichung von 10 mgon für fünf Punkte, die in einer Höhe liegen. D.h. die Parallelstellung der Fadenkreuze blieb während der Messung unverändert. Bei einer zweiten Messung wurde für jede Zielung die Parallelstellung der Fadenkreuze neu justiert. Hier ergab sich ein  $\sigma_r=50$  mgon, wenn das Teleskop in Ruhe ist und  $\sigma_r=100$  mgon bei leichten Schwankungen durch Seitenwind. Die darin enthaltene Richtungsabweichung der verwendeten Totalstation TCR 303 von nur 1 mgon kann bei diesem Ergebnis vernachlässigt werden. Die Genauigkeit der visuellen Parallelstellung zweier Fadenkreuze ist sicher nicht mit zu hohen Ansprüchen belastbar, hängt sie doch nicht nur vom Beobachter, sondern auch von der Qualität der optischen Abbildung an den Rändern des Tachymeterfernrohres ab. Allerdings konnte durch Vergleich der Richtungsfehler als Funktion der Richtung nachgewiesen werden, dass gewisse systematische Effekte vorhanden sind, die sicher auf die seitliche Belastung der Stehachse und die Horizontierung zurückführbar sind. Das Lösen der Arretierung am Bügel während der Drehung des Tachymeter-Aufsatzes verringert den Einfluss ein wenig. Auch eine gewisse Verwindung der Umlenkeinheit und der Klemmvorrichtung konnte durch manuelle Krafterwirkung festgestellt werden. Mit welchem Betrag diese bei der Messung als

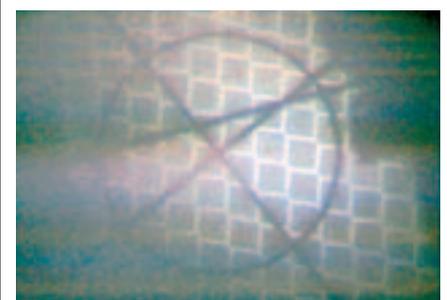


Bild 4: beleuchtete Klappmarke

Richtungsfehler wirken, konnte nicht ermittelt werden. Eine Steigerung der Genauigkeit der optischen Richtungsübertragung ist durch Verwendung eines Videotachymeters zu erwarten, da hier die Nichtparallelität der Fadenkreuze und die Exzentrizität der Klappmarke zur Stehachse im Bild gemessen werden können. Bild 4 entstand beim Test mit einem GPT7000i von Topcon und zeigt eine Aufnahme der von innen beleuchteten Klappmarke bei einer Ausfahrtiefe von 4,5 m. Ein Genauigkeitsvoranschlag für die photogrammetrische Richtungsübertragung auf Basis dieser Tests ergab eine zu erwartende Genauigkeit von  $\leq 30\text{mgon}$ . Zu optimieren wäre hier die Ausleuchtung der Reflexmarke und die Lage der im Bild sichtbaren der Umlenkrollen des Seilzuges. Ebenfalls durch Satzmessung wurden bei horizontaler Zielung mit dem ArgusTAT der Höhenunterschied und die Strecke zur jeweiligen Zielmarke gemessen. Der Koordinatenvergleich der Zielmarken ergab eine Standardabweichung von  $3\text{mm} + 1\text{ppm}$  für die Streckenmessung und  $4\text{mm}$  für die Höhe der Zielpunkte. Bei Bewegung des vierten Prismas durch den Seitenwind schwankte das Bild des Zielpunktes vertikal gegenüber dem Fadenkreuz des Tachymeters, was aber nur bei kurzen Zielweiten sichtbar war. Das wiederholte Anzielen einer Marke unter verschiedenen Vertikalwinkeln lieferte ebenfalls eine Standardabweichung der Zielpunkthöhe von  $4\text{mm}$ , d.h. es gab keine systematische Verschlechterung durch die geneigte Visur.

### Konstantenbestimmung

Die Konstantenbestimmung wurde im Nahbereich durchgeführt und erfolgte getrennt für die Umlenkeinheit und die Streckenmessung zum Zielpunkt in Abhängigkeit vom Vertikalwinkel. Für die Messung der Ausfahrtiefe AT kann angenommen werden, dass immer mit horizontalem Zielstrahl gearbeitet wird, d. h.  $V = 100\text{ gon}$ . Die Additionskonstante der Umlenkeinheit KU stellt die Differenz zwischen der zur Klappmarke gemessenen Strecke und der tatsächlichen Höhendifferenz AT zwischen Kippachse des Tachymeters und Klappmarke dar. Zur Konstantenbestimmung wurde in verschiedenen Tiefen mit der Umlenkeinheit ohne Teleskop ein horizontaler Planspiegel mehrfach angemessen. Die Planspiegelhöhen und die Kippachse

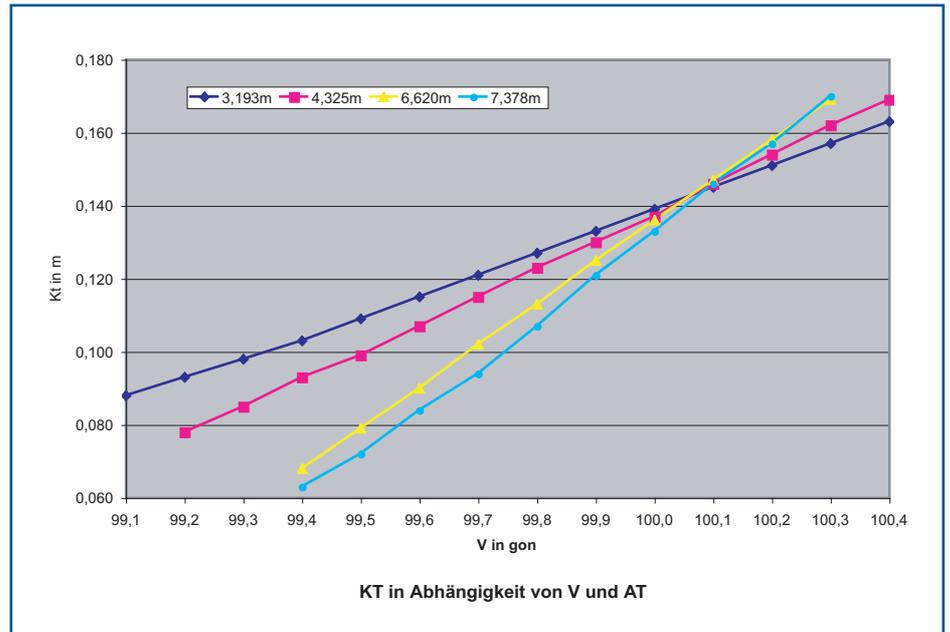


Bild 6: Additionsfunktionen

des Tachymeters wurden hochgenau nivelliert. Das Ergebnis für die Additionskonstante der Umlenkeinheit KU lag lediglich  $1\text{mm}$  unter der Herstellerangabe von  $520\text{mm}$ . Eine Messung unter verschiedenen Vertikalwinkeln ergab innerhalb des möglichen Messbereiches von  $\pm 1\text{ gon}$  keine signifikante Änderung der reduzierten Horizontalstrecke bei Verwendung der IR-Streckenmessung. Nur bei Verwendung des roten Lasers kam es an den Rändern des Messbereiches durch teilweise Reflexion des Strahles an der Innenwand des Verbindungsrohres zu Abweichungen bis  $15\text{mm}$ .

Nach einer anderen Methode wurden die Additionsfunktionen KT, SV und  $E_{Hz}$  in Abhängigkeit von Vertikalwinkel und Ausfahrtiefe bestimmt. Bezugspunkt für die Definition dieser geometrischen Funktionen ist der Ziellinienschnittpunkt im unteren Orthogonalspiegel (Bild 5). Die Berech-

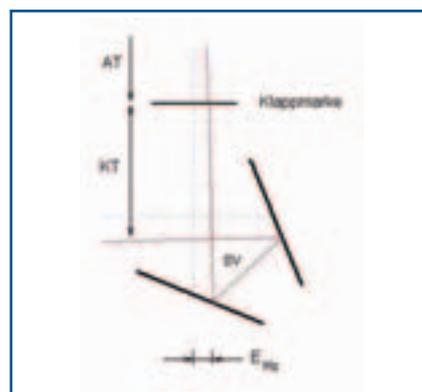


Bild 5: Additionsfunktionen

nung der Additionsfunktionen ermöglicht die Korrektur der gemessenen Horizontalstrecke HD zwischen Stehachse und Zielpunkt und die exakte Berechnung der Zielpunkthöhe. HD entspricht hierbei der durch Reduktion über den Vertikalwinkel und nach Abzug von AT und KU berechneten Horizontalstrecke, die aufgrund des gegenüber  $V=100\text{ gon}$  geänderten Strahlenverlaufes innerhalb des vierten Orthogonalspiegels korrigiert werden muss.  $E_{Hz}$  entspricht der bei  $V \neq 100\text{ gon}$  zur Stehachse exzentrischen Lage des Ziellinienschnittpunktes am untersten Orthogonalspiegel in Zielrichtung. KT entspricht der Differenz zwischen der zur Klappmarke gemessenen Ausfahrtiefe AT und der von V abhängigen Tiefe des Ziellinienschnittpunktes am unteren Orthogonalspiegel. SV als Spiegelvariable definiert den Weg des Zielstrahls innerhalb des Orthogonalspiegels.

Bei angehängtem Teleskop wurden in verschiedenen Ausfahrtiefen Reflexmarken angezielt, deren Koordinaten vorab durch eine Netzmessung hochpräzise bestimmt wurden. Jede Marke wurde unter verschiedenen Vertikalwinkeln bei Variation der Ausfahrtiefe angezielt. In Abb. 6 sind beispielhaft die daraus resultierenden Additionsfunktionen KT dargestellt. Diese Additionsfunktionen sind genau wie die Additionskonstante der Umlenkeinheit im Hinblick auf fertigungs- und einbaubedingte Toleranzen für jedes Instrument getrennt zu bestimmen.



Bild 7: ArgusTAT im Einsatz

### Einsatzmöglichkeiten

Der Einsatz zur Vermessung von Schachtbauwerken und Abwasserkanälen ist bereits mit dem jetzigen Genauigkeitspotential möglich. Im Gegensatz zur Vorgängerversion mit Aluminiumtuben dreieckigen Querschnittes ist diese Teleskopversion aus Karbonfasertuben leichter zu handhaben. Das Gewicht des Teleskops beträgt 19 kg. Positiv für die Handhabung ist auch das neu konzipierte Stativ. Der mit 30 cm deutlich breitere Stativteller gewährleistet Stabilität und Bewegungsfreiheit für das Teleskop,

was bei Verwendung eines Standardstativs nicht unbedingt der Fall war [6]. In Kombination mit einem Kanalmesswagen, welcher mit einem beleuchteten Reflexionsprisma ausgerüstet wird, ist die Erfassung von Lage und Höhe des Wagens innerhalb des Kanals möglich, solange dieser vom Schacht bzw. vom Gegenschacht aus sichtbar ist. Da die meisten Kanäle zwischen zwei Haltungen annähernd geradlinig verlaufen, besteht das Problem lediglich darin, den untersten Orthogonalsspiegel vor dem Kanal zu platzieren.

Der ArgusTAT ist zwar primär für die Vermessung von Abwassersystemen konzipiert, mögliche Einsatzgebiete finden sich aber überall dort, wo schwer zugängliche Hohlräume zu vermessen sind. So wäre bei höherem Genauigkeitspotential zum Beispiel mit dem Instrument die Richtungs- oder Achsenübertragung zwischen verschiedenen Etagen eines Bauwerkes möglich, das heißt also, der Einsatz bei der Bauwerksabsteckung wäre denkbar. Vorstellbar ist dies auch für Tunnel- oder Schachtbauwerke, die maximal 8 m unter der Erdoberfläche liegen. Auch im Bereich der Archäologie und im Bergbau kann das Prinzip angewandt werden, z.B. zur Vermessung verschütteter Hohlräume oder schwer zugänglicher Kavernen. Automatisierte Scanverfahren sind noch nicht realisiert, können aber mit motorisierten Totalstationen entwickelt werden. Interessant ist ebenfalls die Verwendung des ArgusTAT in Kombination mit einem Videotachymeter, da hier die Verdrehung des unteren Fadenkreuzes nicht nachgeführt werden muss, sondern im Bild gemessen werden kann. Entsprechende Algorithmen sollen an der TU Dresden erarbeitet werden.

### Literatur

- [1] Niebuhr, E.: 3D Scanning mit Callidus 1.2, dargestellt an Praxisbeispielen, Vortrag zum 5. Jenaer Geomessdiskurs 2003 „Laserscanning und Alternativen“
- [2] [www.IBAK.de](http://www.IBAK.de)
- [3] Niemeier, W., Katrycz, W.: Geodätische Sensoren zur Bauwerksüberwachung, Abschlussbericht zum SFB 477, DFG-Jahresbericht 2001
- [4] Bölke, K.-P.: Kanalinspektion: Schäden erkennen und dokumentieren, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1996
- [5] Fuhrland, M.: Das passive Exzentrum- Streckenmessung um die Ecke, AVN Heft 1 / 2005
- [6] Zschocke, K.: Untersuchungen zum Einsatz eines Tachymeteraufsatzes, Diplomarbeit TU Dresden, 2004
- [7] Lietze, M.: Untersuchungen zum Einsatz eines Tachymeteraufsatzes zum Kanalaufmaß, Diplomarbeit HS Magdeburg, 2003

### Autor

Dipl.-Ing. Matthias Fuhrland  
 TU Dresden  
 Geodätisches Institut  
 01062 Dresden  
 Matthias.Fuhrland@tu-dresden.de