Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 95 (1997)

Heft: 7

Artikel: Vermessen mit der automatischen Feinzielung des TCA 1800 von Leica

Autor: Haag, R. / Bayer, G. / Zimmermann, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-235360

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

Vermessen mit der automatischen Feinzielung des TCA1800 von Leica

Die TCA-Tachymeter von Leica sind mit der automatischen Zielerfassung ATR (Automatic Target Recognition) ausgestattet, deren Prinzip hier kurz erläutert wird. Das Benutzerkonzept zeigt deutlich, dass bei der ATR-Entwicklung grösstes Augenmerk darauf gelegt wurde, bewährte und effiziente Vermessungsabläufe beizubehalten sowie gewohntes Zubehör (Reflektoren) verwenden zu können. Messungen im Deformationsnetz am Südportal des Vereinatunnels zeigen den Messablauf und insbesondere die Vorteile der automatischen Feinzielung im Feld sowie die in einer Netzausgleichung erreichten Genauigkeiten auf. Praktische Hinweise für ein optimales Arbeiten mit automatischer Zielerfassung schliessen diesen Bericht ab.

Les tachymètres TCA de Leica sont équipés d'un dispositif de visée automatique ATR (Automatic Target Recognition) dont le principe de fonctionnement est brièvement expliqué ci-après. Le concept d'utilisation démontre clairement que lors du développement de l'ATR la plus grande attention a été vouée à l'exigence de pouvoir maintenir des procédés de mensuration connus et efficients et utiliser des accessoires habituels (réflecteurs). Des mesures du réseau de déformation du portail sud du tunnel de la Vereina démontrent le procédé de mensuration et illustrent notamment les avantages de la visée automatique de précision dans le terrain ainsi que les précisions atteintes dans une compensation de réseau. L'exposé se termine par des conseils pratiques quant à un travail optimal avec le dispositif de visée automatique.

I tacheometri TCA della Leica sono dotati del sistema di riconoscimento automatico degli obiettivi ATR (Automatic Target Recognition), il cui principio è qui di seguito brevemente illustrato. La concezione di utilizzazione dimostra chiaramente che, durante lo sviluppo dell'ATR, si è fatto attenzione a mantenere le procedure di misurazione già sperimentate ed efficienti, e a ricorrere agli accessori usati comunemente (riflettori). Le misure nella rete di deformazione al portale sud della galleria della Vereina mostrano le fasi di misurazione e, in particolare, i vantaggi del puntamento automatico di precisione sul terreno, nonché le precisioni ottenute in una compensazione dei punti della rete. La presentazione si chiude con dei consigli pratici per l'ottimizzazione delle operazioni di rilevamento automatico.

R. Haag, G. Bayer, M. Zimmermann, R. Scherrer

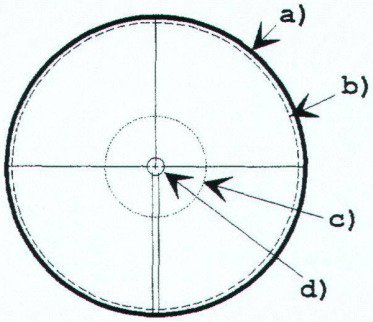
1. Prinzip der automatischen Zielerfassung

1.1 Überblick

Die Idee, einen «selbsttätig auf stationäre Reflektoren zielenden Tachymeter» zu entwickeln, wurde schon seit den frühen 80er Jahren verfolgt.
Leica entschied sich schon Mitte der 80er Jahre für die Verwendung von Video-Sensoren zur automatischen Zielerfassung und lancierte das Video-Theodolitsystem TM3000V. Die digitalen Bilder der Videokamera werden von einem PC erfasst und mittels speziellen Algorithmen so verarbeitet, dass Genauigkeitsansprüche von 0,1–0,2 mgon erfüllt werden können.
Vor allem die guten Erfahrungen über die erreichbare Genauigkeit und die Zuverlässigkeit bei unterschiedlichen Umweltbedingungen haben Leica dazu veranlasst, auch bei der Entwicklung der Tachymeter TCA1800 und TCA1100 digitale Video-Sensoren zu verwenden. Für den effizienten Feldeinsatz sind heute sowohl die Bilderfassung wie auch die Bildverarbeitung vollständig in diesen Instrumenten integriert.

1.2 Struktur des Leica TCA1800 / TCA1100

Die automatische Zielerfassung ATR ist wie der elektronische Distanzmesser (EDM) im Fernrohr integriert. Ein Laserstrahl wird über eine Optik koaxial in die Fernrohrachse eingespiegelt und verlässt das Fernrohr durch das Hauptobjektiv. Der Strahl wird durch einen Reflektor zur Empfangsoptik des Instruments zurückgeworfen. Ein Strahlteiler trennt die Strahlung der ATR von der Strahlung des EDM und dem visuellen Licht und führt sie dem Empfänger (Video-Sensor) zu.
Um die Informationsmenge zu reduzieren, summiert eine spezielle Hardware die Intensitäten der Elemente des Video-Sen-



a) Sehfeld des Theodolitfernrohres.
b) Erweitertes Sehfeld der ATR. Es werden Kreise mit Überdeckung abgefahren.
c) Sehfeld der ATR (AutomaticTargetRecognition).
d) Sehfeld des Elektronischen Distanzmessers.

Abb. 1: Sehfelder des ATR Fernrohres.

sors zeilen- und spaltenweise auf. Aus den dadurch erhaltenen «Projektionen» bestimmt ein Prozessor den Schwerpunkt und erkennt Störeffekte wie z.B. Mehrfachziele. Die Schwerpunkte der beiden Projektionen werden in einen horizontalen und einen vertikalen Ablagewinkel mit Bezug zur visuellen Zielachse transformiert. Mit diesen Ablagewinkeln wird die von den Winkelabgriffen gemessene visuelle Zielachse korrigiert.
Mit Hilfe dieses Prinzips werden im wesentlichen zwei Funktionen realisiert: die automatische Feinzielung, auf die wir uns bei dieser Messkampagne konzentriert haben, sowie die Zielverfolgung, welche in diesem Beitrag nur kurz innerhalb des Bedienungskonzepts erwähnt wird.

1.3 Prinzip der automatischen Feinzielung

Die automatische Feinzielung ersetzt sowohl das manuelle Fokussieren als auch die manuell-visuelle Feinzielung. Der Benutzer muss lediglich durch den Diopter einen Reflektor grob anzielen und dann mittels Tastendruck den automatisierten Suchablauf auslösen.
Der Durchmesser des eigentlichen ATR-Sehfeldes, in dem ein Ziel ohne Fernrohrbewegung detektiert werden kann, entspricht ungefähr 1/3 des Durchmessers des visuellen Sehfeldes. Innerhalb des erweiterten ATR-Sehfeldes (entspricht dem Sehfeld des Theodolit-Fernrohrs) werden Ziele durch spiralförmiges Absuchen automatisch (motorisch) detektiert. Nachdem ein Ziel im eigentlichen oder erweiterten ATR-Sehfeld detektiert ist, wird das Fernrohr motorisch auf das Ziel positioniert, bis nur noch eine geringe Abweichung zum Nullpunkt, der «Abbildung» des Fadenkreuzes auf dem Video-Sensor, besteht.
Die Messungen der ATR lassen sich in drei Stufen gliedern. In der ersten Stufe wird der aktuelle Hintergrund analysiert. Bei hellem Hintergrund werden kurze Belichtungszeiten und/oder ein hoher Schwellwert eingestellt. Die Untersuchung des Vordergrundes und die Einstellung der ATR-Strahlung, die in erster Linie von der

Beispiele

Messung auf Reflektor

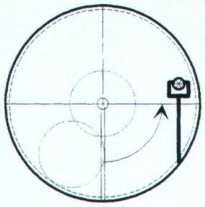


Abb. 2: Normale ATR Messung.

Messablauf:
- Mit Hilfe des Diopters wird der Reflektor ungefähr angezielt.
- Danach startet man das Messprogramm (z.B. ALL).
- Das Instrument testet, ob der Reflektor im Messbereich der ATR liegt.
- Wenn nicht, wird der Bereich des Sehfeldes des Theodolitfernrohrs abgesucht.
- Dann wird der Reflektor automatisch angezielt.
- Die Distanz und die Winkel werden gemessen, die Ablagekorrekturen angebracht und eingefroren.
- Die Distanz und die eingefrorenen Winkel werden registriert.
- Danach werden die eingefrorenen Werte wieder gelöscht.

Aufnahme einer Hausecke

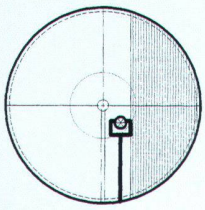


Abb. 3: Hausecke mit ATR.

Messablauf:
- Mit Hilfe des Diopters wird der Reflektor ungefähr angezielt.
- Das Messprogramm DIST wird gestartet.
- Das Instrument testet, ob Reflektor im Messbereich der ATR liegt.
- Dann wird der Reflektor automatisch angezielt.
- Die Distanz und die Winkel werden gemessen, die Ablagekorrekturen angebracht und eingefroren.
- Nun wird die Hausecke manuell angezielt und der Hz-Winkel freigegeben.
- Mit dem Messprogramm REC werden dann die Distanz und der eingefrorene V-Winkel zusammen mit dem aktuellen Hz-Winkel registriert.
- Danach werden die eingefrorenen Werte wieder gelöscht.

Messung zu einem Kirchturm

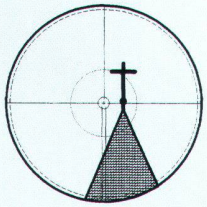


Abb. 4: Manuelle Zielung ohne ATR.

Messablauf:
- Es wird keine Distanz gemessen. Deshalb sind auch keine Winkel eingefroren.
- Mit Hilfe der Feintriebe wird das Fernziel manuell angezielt.
- Das Messprogramm REC registriert die aktuellen Hz- und V-Winkel ohne Ablagekorrektur.

Distanz und der Umgebungshelligkeit abhängt, wird in der zweiten Stufe erledigt. In der dritten Stufe werden die erhaltenen Projektionen auf die Anzahl und Qualität der detektierten Ziele geprüft. Die Schwerpunkte der Projektionen werden so lange gemittelt, bis die vorgegebene Genauigkeit erreicht wird.

2. Benutzerkonzept

2.1 Grundsätzliches

Die oberste Zielsetzung für die Einbettung der ATR-Messtechnik in das bestehende Benutzerkonzept war, die bisherigen bewährten und sehr effizienten Messabläufe möglichst unverändert zu übernehmen. Dies führte zu folgendem Konzept: Der Benutzer soll als einmalige Handlung den ATR-Modus bestimmen können. Dies soll jederzeit und in jeder Applikation geschehen können, ohne dabei den Messablauf und die Systemgenauigkeit zu beeinflussen. Danach muss der Benutzer wie gewohnt mit den ihm bekannten Funktionen ALL, DIST, REC, CONT arbeiten können. Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass auch bei eingeschaltetem ATR-Modus auf Ziele ohne Reflektor (Kirchtürme, Hausecken, etc.) gemessen werden kann.

Obwohl mit der ATR-Messtechnik eine exakte zentrische Anzielung des Reflektors zur Bestimmung von Horizontal- und Vertikalwinkel nicht notwendig wäre, wird das Fernrohr zentrisch auf das Ziel ausgerichtet. Einerseits soll sich dadurch der Benutzer auch visuell von der korrekten automatischen Anzielung überzeugen können, andererseits soll gleichzeitig auch eine Distanzmessung möglich sein.

2.2 Die ATR-Modi

Die «aF...» Taste (additional functions) ist mit Funktionen belegt, die unabhängig von der aktuellen Messsituation aufgerufen werden können. Daher wurde auch das Setzen der ATR-Modi auf diese Taste gelegt.

Drei ATR-Modi stehen dem Benutzer zur Verfügung:

ATR:
Automatische Feinzielung.

LOCK:
Automatische Feinzielung mit automatischer Zielverfolgung.

L.UNT:
Unterbrechung des LOCK-Modus bis zur Auslösung der nächsten Distanzmessung.

2.2.1 Automatische Feinzielung

Dieser Modus gestattet die automatische Feinmessung auf unbewegte Reflektoren und bildet das zentrale Element der automatischen Zielerfassung.

Die ATR-Messtechnik verlangt ein Prisma als Zielidentifikation. Kombiniert mit den oben erwähnten Grundsätzen ist es logisch, die ATR-Winkelmessung mit der Auslösung einer Distanzmessung zu koppeln. Die bekannten Messprogramme haben im ATR-Modus somit folgende Eigenschaften:

DIST:
Distanzmessung mit ATR-Winkelmessung.
Die Distanz und die dazugehörenden Vertikal- und Horizontalwinkel werden eingefroren. Bei leichter Veränderung der Fernrohrrichtung wird der eingefrorene Horizontalwinkel wieder freigegeben.

REC:
Registrieren der aktuellen Messwerte, Löschen der Distanz und Freigabe der eingefrorenen Winkel.
Ohne vorherige Distanzmessung werden die Winkelwerte ohne ATR registriert.
Mit vorheriger Distanzmessung werden die eingefrorene Distanz, der dazugehörende ATR Vertikalwinkel und der aktuelle Horizontalwinkel registriert.

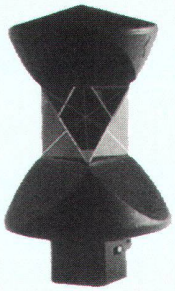
ALL: Setzt sich zusammen aus DIST + REC. Registriert werden die eingefrorene Distanz sowie die dazugehörenden eingefrorenen ATR-Vertikal- und Horizontalwinkel.

CONT: Löscht die eingefrorene Distanz und gibt die eingefrorenen Winkel wieder frei.

2.2.2 Automatische Zielverfolgung (LOCK)

In diesem Modus ist die Verfolgung von bewegten Prismen möglich. Nach dem Einschalten des LOCK-Modus muss das Instrument zuerst das Ziel «erlernen». Dazu ist eine initiale Distanzmessung erforderlich. Wie im ATR-Modus muss der Beobachter den Reflektor mit dem Diopter nur grob anzielen. Nach der Initialisierung verfolgt das Instrument permanent das Ziel. Befindet sich das Prisma in Ruhelage, kann eine Distanzmessung ausgelöst werden (Stop and Go Modus). Die Winkel werden dabei wie üblich auf die Prismenmitte gemessen. Es ist auch möglich, ein Ziel mit eingeschaltetem Distanztracking zu verfolgen.

Was geschieht, wenn der Reflektor durch Hindernisse abgedeckt und die für die automatische Nachführung notwendige Sichtverbindung zwischen Reflektor und Instrument unterbrochen wird? Für kurze Unterbrüche, wie zum Beispiel durch vorbeifahrende Autos, kurzzeitige Abdeckungen durch Bäume, Masten, etc., wurde ein Algorithmus entwickelt, der den Reflektor automatisch wieder auffindet. Bei grösseren Hindernissen, bei längeren Unterbrüchen, muss das Instrument wieder auf die neue Reflektorposition eingestellt werden.



Um zu gewährleisten, dass auch ein bewegter Reflektor immer auf den Tachymeter ausgerichtet ist, wurde von Leica ein spezieller 360° Reflektor entwickelt. Erst dieser ermöglicht das optimale Arbeiten im Zielverfolgungsmodus, da sich nun der Operateur mit dem Reflektor frei im Gelände bewegen kann.

Abb. 5: 360°-«Rundum-Prisma» als Reflektor.

2.2.3 Unterbrechen der Zielverfolgung (L.UNT)

Dieser Modus erlaubt es, die automatische Zielverfolgung bis zur nächsten Auslösung einer Distanzmessung zu unterbrechen. Er ist dann zu benutzen, wenn im LOCK-Modus ein anderer Reflektor eingemessen werden soll (Wechsel des zu verfolgenden Reflektors). Diese Situation tritt auf, wenn mit mehreren Reflektoren gemessen wird.

2.3 Genauigkeit der ATR

Die ATR-Messgenauigkeit entspricht in ihrer Standardeinstellung der jeweiligen Winkelmessgenauigkeit des entsprechenden Instrumentenmodells (z.B. 0.3 mgon beim Modell TCA1800).
Wird jedoch ein anderer Distanzmessmodus als der Standardmodus gewählt, so passt sich die Genauigkeit der ATR-Messung der Genauigkeitsklasse dieses Messmodus an. Dies bewirkt z.B. im Distanzmessmodus «Schnell» nicht nur eine Verkürzung der Messzeit, sondern ermöglicht auch ein problemloses Messen auf freihandgeführte (verwackelte) Reflektoren im Nahbereich.

2.4 Kalibrierung des ATR-Nullpunktes (siehe Abb. 6)

Der Nullpunkt der Kamera und die optische Fernrohrachse müssen aufeinander abgestimmt werden. Der ATR Nullpunktfehler ist die Winkeldifferenz in Hz und V zwischen der Ziellinie (Fadenkreuz) und der Mitte der Kamera.Da zur Bestimmung des ATR-Nullpunktfehlers der Reflektor in Hz- und V-Richtung exakt angezielt werden muss, ist es möglich, den Hz-Ziellinienfehler und den V-Indexfehler gleichzeitig zu bestimmen. Die bei der Kalibrierung ermittelten Hz- und V-Komponenten werden an jeder ATR-Winkelmessung angebracht, unabhängig davon, ob die Hz-Korrekturen ein- oder ausgeschaltet sind.

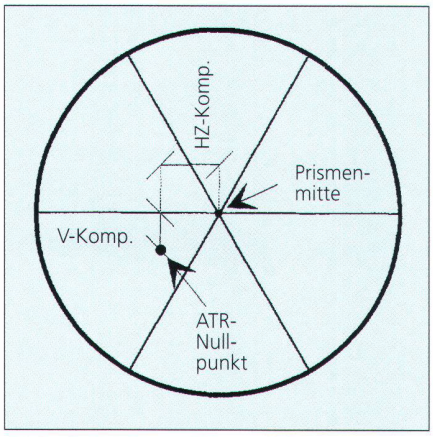


Abb. 6: Nullpunktkorrektur.

3. Praxisbeispiel: Vereinatunnel Südportal

3.1 Aufgabenstellung, Netzanlage

1993 hat die Rhätische Bahn dem Büro Grünenfelder und Partner AG (GP) in Domat-Ems den achtjährigen Auftrag für die geodätischen Überwachungsmessungen am Vereinatunnel-Südportal erteilt.
Die Hauptaufgabe besteht darin, die wichtigsten bzw. heikelsten Elemente (wie Stützmauern, Tunnelwände, Inklinometerstandorte) der monatlich wachsenden, sich stark verändernden Grossanlage des Verladebahnhofes auf Deformationen und Setzungen zu überwachen.
Die Aufgabenstellung lautet, möglichst wirksam und kostensparend das Fixpunktnetz der stetig wachsenden Anzahl Kontroll-Messpunkte anzupassen (ohne «Genauigkeit oder Zuverlässigkeit» zu vermindern) und alle baubedingt wegfallenden Fix- und Versicherungspunkte rechtzeitig durch neue zu ersetzen.
Die Messungen werden dreimal jährlich durchgeführt, wobei jahreszeitbedingt die meteorologischen Gegebenheiten sehr stark variieren.

Geforderte Genauigkeiten (mittlere Fehler / einfaches Sigma für Einzelpunkte):

Lage:
Tunnelpunkte ± 0,5 bis 1,0 mm
Stützmauern/Inklinometer
±1,0 bis 1,5 mm
Höhe:
Präz.-Niv.-Punkte ± 0,5mm

Messausrüstung:
Ein von der Grünenfelder und Partner AG entwickeltes Adapter- und Spezial-bolzen-System gewährleistet zwangszentrierte und hochreproduzierbare Messungen mit der gewünschten Wirtschaftlichkeit (problemloses Installieren und schnelles Umsetzen der Ziele) und der geforderten Genauigkeit.
Bisher kamen das Leica Digitalnivellier NA3000, der Tachymeter TC2002 bzw. der TCM1800 mit zwei Präzisionsprismen und Spezial-Zielmarken der Grünenfelder und Partner AG zum Einatz. Für die Verwendung des neuen TCA1800 wurden alle Zielpunkte mit Reflektoren ausgestattet, um die Fähigkeiten des Instruments voll ausnutzen zu können.

3.2 ATR-Feldmessungen

Nach der für solche Präzisionsmessungen üblichen Akklimatisierungsphase des eingeschalteten Instruments an die Umgebungstemperatur konnte mit den eigentlichen Messungen begonnen werden.
Bei Stationen mit Satzmessungen auf gemischte Ziele (mit und ohne Reflektoren) wurde zuerst eine ATR-Kalibrierung durchgeführt.
Zur Satzmessung wurde das Leica Satzmessprogramm verwendet. Während der «Anlernphase» (erster Halbsatz) müssen die Ziele manuell grob angefahren werden, bevor die automatische Feinzielung

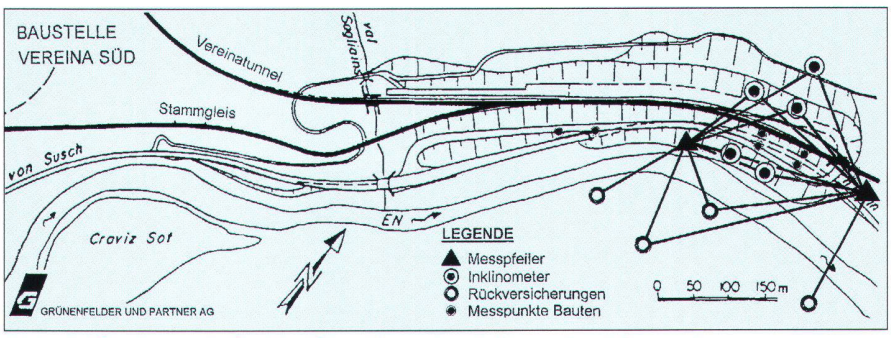


Abb. 7: Stark vereinfachte Situationsdarstellung der Messanlage.

Abb. 8: Teil der Messanlage.

Nummer	Station Anzahl Ziele	Anzahl Sätze	Zeitaufwand erster Halbsatz	Zeitaufwand folgende Halbsätze	Zeitaufwand Total	m.F. am Satzmittel HZ [mgon]	m.F. am Satzmittel V [mgon]
21	18	3	14 min.	6 min.	44 min.	0,24	0,12
94	14	3	11 min.	5 min.	36 min.	0,14	0,27
129	9	3	8 min.	2 min.	18 min.	0,13	0,13
128	10	3	9 min.	3 min.	24 min.	0,17	0,14
130	6	3	6 min.	2 min.	16 min.	0,16	0,15
22	11	3	9 min.	3 min.	24 min.	0,22	0,27

Tab. 1: Mengengerüst und Zeitangaben für die Feldmessungen.

erfolgen kann. Nach dem ersten Halbsatz läuft alles automatisch ab. Bei manuellen Zielen wartet der TCA1800 auf die manuelle Auslösung der Messung und setzt in der Folge das Programm automatisch fort. Tabelle 1 vermittelt einen Eindruck über die benötigten Messzeiten und die erreichten Genauigkeiten am Satzmittel.

Die im vorliegenden Praxisbeispiel registrierten Messzeiten zeigen deutlich, dass sich der Zeitaufwand für die eigentlichen Satzmessungen drastisch reduziert. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist allerdings die Besetzung der Zielpunkte mit Reflektoren.

Beim Einsatz der ATR erfolgt mit der Satzmessung zu jedem Ziel zusätzlich zur Richtungsmessung auch eine Distanzmessung. Ein Umstand, welcher nicht nur den bisher meist getrennten Arbeitsablauf (Satzmessung und Distanzmessung) vereinigt und somit den Zeitaufwand verkürzt, sondern durch diese zusätzlichen Messdaten auch eine Steigerung der Zuverlässigkeit in der Netzausgleichung mit sich bringt.

Eine weitere Effizienzsteigerung lässt sich durch folgende Massnahmen erreichen: Optimierung der Netzdisposition, d.h. der möglichst aufwandsfreundlichen Anordnung von Stations- und Zielpunkten im Rahmen der Genauigkeitsvorgaben sowie der rationelle Personaleinsatz für möglichst kurze Installations- und Umstellzeiten.

3.3 Netzausgleichung

Das Netz wurde zwangsfrei in Lage und Höhe ausgeglichen. Tabelle 2 zeigt Messkampagnen im Vergleich.

Tabelle 3 zeigt einen Vergleich der mittleren Punktfehler in Millimetern.

Die ausgewiesenen Werte in den Tabellen 2 und 3 zeigen, dass eine mit ATR ausgestattete Totalstation die gleichen Positionsgenauigkeiten liefert wie die konventionellen Geräte.

3.4 Schlussfolgerungen

Die ATR-Messmethode beschleunigt den Messablauf der Satzmessung im Feld wesentlich (um den Faktor 3 bis 5) ohne Genauigkeitseinbusse. Im Gegenteil, die Messungen fallen homogener aus, da der Beobachter ermüdungsfrei arbeiten kann. Durch die Beschleunigung des Messablaufes steigt jedoch der prozentuale Anteil der Signalisationsarbeit erheblich.

Die ATR-Messmethode verändert die Arbeitsabläufe. Es ist deshalb nötig, diese über alle Projektphasen, von der Planung und «a priori Berechnung» über die Installationsarbeiten und die Feldmessungen bis zur Auswertung und Dokumentation der Resultate zu optimieren.

4. Hinweise zur Vermessung mit ATR

Wie bei konventionellen Messungen sind auch bei ATR-Präzisionsmessungen folgende Punkte wichtig:

- Zentriergenauigkeit
- exakte Bestimmung der Instrumentenhöhe
- Anpassung des eingeschalteten Instrumentes an die Umgebungstemperatur
- Minimalisierung von Refraktionseinflüssen.

Besonders zu beachten gilt es bei ATR-Messungen:

- saubere Prismenoberflächen
- bei Arbeiten ab Stativ: stabile Verbindung zwischen Stativteller und Stativbeinen zur Vermeidung von Stativverdrehung (gilt für alle motorisierten-Theodolite)
- bei Satzmessungen mit gemischten Zielen: sorgfältige ATR-Kalibrierung.

Beobachtungs-gruppen	ohne ATR Anzahl Messungen	ohne ATR m.F. a priori	ohne ATR m.F. a posteriori	mit ATR Anzahl Messungen	mit ATR m.F. a priori	mit ATR m.F. a posteriori
Distanzen (auf 1 km)	81	2,3 mm	2,5 mm	198	2,2 mm	1,6 mm
Hz Richtungen	201	0,40 mgon	0,41 mgon	201	0,40 mgon	0,39 mgon
Höhendiff. (auf 1 km)	204	7,9 mm	5,8 mm	195	7,9 mm	9,0 mm

Tab. 2: Mittlere Fehler der Beobachtungsgruppen.

Punkt	ohne ATR Halbachsen der mittleren Fehlerellipse		ohne ATR m.F. an der Höhe	mit ATR Halbachsen der mittleren Fehlerellipse		mit ATR m.F. an der Höhe
22	0,43	0,32	0,33	0,37	0,17	0,54
23	0,49	0,40	0,46	0,41	0,26	0,82
24	0,67	0,55	0,65	0,46	0,34	1,02
25	0,53	0,39	0,45	0,42	0,27	0,75
27	0,39	0,23	0,26	0,26	0,22	0,57
28	0,56	0,50	0,50	0,44	0,32	1,24
43	0,32	0,21	0,25	0,21	0,17	0,50
52	0,59	0,57	0,54	0,47	0,26	0,76
54	0,67	0,63	0,76	0,43	0,30	1,18
55	0,62	0,59	0,66	0,44	0,26	1,02
56	0,63	0,58	0,63	0,46	0,27	0,96
72	0,71	0,57	0,56	0,54	0,27	0,74
81	0,58	0,46	0,39	0,39	0,20	0,52
82	0,82	0,46	0,39	0,39	0,20	0,52
83	0,57	0,48	0,40	0,40	0,22	0,53
84	0,57	0,47	0,38	0,40	0,21	0,51
85	0,63	0,52	0,44	0,44	0,25	0,58
86	0,61	0,54	0,44	0,44	0,25	0,58
94	0,48	0,36	0,34	0,42	0,19	0,52
128	0,53	0,40	0,35	0,39	0,19	0,47
129	0,53	0,40	0,34	0,37	0,18	0,46
130	0,33	0,31	0,25	0,21	0,13	0,35
171	0,52	0,42	0,43	0,42	0,22	0,65
172	0,54	0,39	0,46	0,43	0,22	0,69
173	0,55	0,40	0,41	0,44	0,22	0,60
174	0,57	0,43	0,41	0,46	0,23	0,61

Tab. 3: Mittlere Fehlerellipsen und Höhenfehler.

ATR-spezifische Voraussetzungen:
- Verwendung von Reflektoren anstelle von Zielmarken
- höherer Signalisierungsaufwand.

Nutzen der ATR:
- Zeitersparnis durch automatische Feinzielung
- homogene Messgenauigkeit
- ermüdungsfreies Arbeiten, da nicht mehr fokussiert und exakt angezielt werden muss
- Verlagerung der Aufmerksamkeit des Benutzers auf die Datenverwaltung (Codierung, Attributierung) und Logistik
- problemloses Messen auch bei schlechten Lichtverhältnissen (Dämmerung, Tunnel, usw.).

René Haag
Grünenfelder und Partner AG
Denter-Tumas
CH-7013 Domat-Ems

Gerhard Bayer
Martin Zimmermann
René Scherrer
Leica AG Heerbrugg
CH-9435 Heerbrugg