



Entwicklung geodätischer Geräte in Jena – ein historischer Exkurs

B. Donath

Die einhundertjährige Geschichte der Entwicklung von Vermessungsgeräten am Standort Jena wird anhand der Geräteklassen der Nivelliere, Theodolite und Tachymeter dargestellt. Dabei wird auf einige interessante technische Lösungen eingegangen.

1 Einleitung

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren die von Carl Zeiss 1846 gegründeten Optischen Werkstätten zu einem innovativen und erfolgreichen Unternehmen der optischen Industrie in Deutschland aufgestiegen. Durch die Mitwirkung von Ernst Abbe, der die theoretischen Grundlagen für die Berechnung komplexer optischer Systeme erarbeitet hat, und Otto Schott, der maßgebliche Impulse für die Entwicklung neuer optischer Gläser gegeben hat, war das Unternehmen Carl Zeiss in der Lage, optische Präzisionsgeräte, wie Mikroskope und Feldstecher, auf industrieller Basis zu produzieren. Um eine breitere wirtschaftliche Basis zu haben, suchte die Geschäftsführung nach neuen Geschäftsfeldern, wo die vorhandenen Technologien Anwendung finden konnten.

So wurde im Jahre 1908 der Schweizer Vermessungsingenieur Heinrich Wild mit der Entwicklung geodätischer Geräte und somit der Gründung eines solchen neuen Geschäftsfeldes beauftragt. Er kannte aus praktischer Erfahrung in der Landestopographie die Nachteile der bis dahin verfügbaren Vermessungsgeräte, wie ein hohes Gewicht, resultierend aus langen Fernrohrkonstruktionen, eine offene Bauweise, die einen unzureichenden Schutz vor Witterungseinflüssen sowie Verschmutzung darstellte und das Strichkreuz der optischen Zielachse wurde durch Spinnfäden realisiert. Aus dem gesamten mechanisch-optischen Aufbau resultierte eine hohe Unzuverlässigkeit und häufiges Nachjustieren während der Messungen. Insgesamt konnte man nicht von feldtauglichen Geräten sprechen. Nachfolgend wird der Versuch unternommen, die einhundertjährige technische Entwicklung von Vermessungsgeräten am Standort Jena zu umreißen, ohne dabei den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

2 Entwicklung der Nivelliere

Mit der Entwicklung des Ni I setzte Heinrich Wild seine Vision eines feldtauglichen Nivellierinstrumentes unter Ausnutzung der damaligen technischen Möglichkeiten eindrucksvoll um. Dieses Gerät zeichnete sich aus durch:



Abb. 1a: Nivellier I (1909)



Abb. 1b: Nivellier I – Schnittdarstellung



Abb. 2: Zeiss-Libellennivelliere vor 1939

- ein kurzes Fernrohr mit Innenfokussierung, verbessertem Okularauszug sowie einer Glasstrichplatte, die eine stabilere Ziellinie garantierte,
- eine wartungsarme zylindrische Stehachse,
- eine höhere Einspielgenauigkeit durch eine spezielle Prismenablesung der Röhrenlibelle,
- die Ablesegenauigkeit konnte durch einen Planplatten-vorsatz gesteigert werden und
- das Gerät war klein und leicht (s. Abb. 1a und 1b).



Abb. 3: Zeiss-Libellennivelliere, entwickelt 1949 – 1953

Bis zum Beginn des II. Weltkrieges wurden die Libellen-Nivelliere technisch vervollkommen und es erfolgte eine Diversifizierung in verschiedene Genauigkeitsklassen. Ergebnis dieser Entwicklung war eine konkurrenzlose Nivellierreihe, mit den Geräten Ni A, Ni B, Ni C, Ni D und Ni E (s. Abb. 2), geeignet für alle Aufgaben im Bauwesen sowie der Landesvermessung. Mit dem Ni A konnte ein mittlerer Höhenmessfehler von $\pm 0,4$ mm auf einen Kilometer im Doppelnivellement reproduzierbar bestimmt werden.

Nach dem II. Weltkrieg und dem Verlust eines Großteils der technischen Dokumentation durch amerikanische Be-

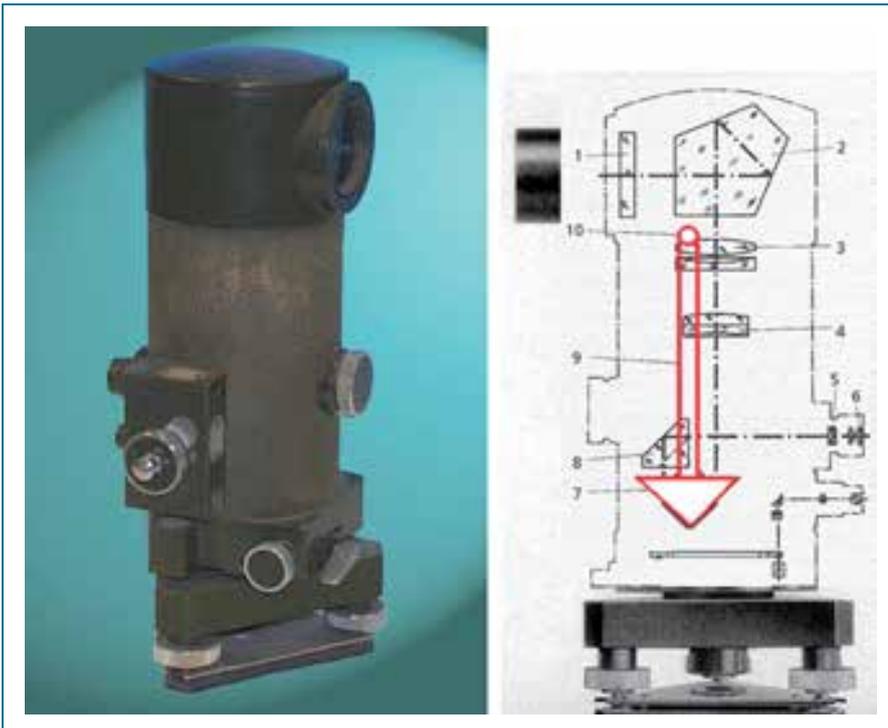


Abb. 4a: Zeiss Ni 007

Abb. 4b: Ni 007 (Schnittdarstellung)



Abb. 5: Zeiss Ni 025



Abb. 6: Ni 005A

satzungstruppen sowie der anschließenden Demontage des Zeiss-Werkes durch die sowjetische Besatzungsmacht galt es, zunächst die Produktion von Vermessungsgeräten wieder aufzunehmen und an den Vorkriegsstand technisch anzuknüpfen. Mit den Nivellieren Ni 004, Ni 060 und Ni 030 konnte in den Jahren 1949 bis 1953 die Tradition von Vermessungsgeräten in Jena erfolgreich fortgesetzt werden (s. Abb. 3).

Nach der Entwicklung des legendären Ni 2 bei Zeiss in Oberkochen stellte Jena 1960 das Kompensatornivellier Ni 007 (s. Abb. 4a) vor. Die Ziellinie wird hierbei mittels eines Schwerkraftpendels horizontalisiert (s. Abb. 4b). Dies brachte eine Produktivitätssteigerung von ca. 40 %. Mit der Vorstellung der Kompensator-Nivelliere Ni 025 (1963) (s. Abb. 5) und Ni 050 (1968) wurde die Instrumentenreihe komplettiert.

Mit der nachfolgenden Generation von Kompensator-Nivellieren, der Nivellierreihe A, ging es, neben Gebrauchswertverbesserungen, wie:

- Einheitliches Erscheinungsbild
- Handgriff zum bequemen Tragen
- optimierte Dämpfung der Kompensatoren
- 20 % höhere Fernrohrvergrößerung
- Durchsichtsdosenlibelle, die eine schnellere Grobhorizontalisierung ermöglicht,

in erster Linie darum, die Produktion durch den Einsatz effektiverer Fertigungstechnologien zu erhöhen, um dem wachsenden Bedarf an Vermessungsgeräten, speziell in den Ländern des damaligen RGW¹, gerecht zu werden. So wurden 1983 die Nivelliere Ni 005 A, Ni 020 A und Ni 040 A in den Markt eingeführt (s. Abb. 6 – 8).

Auf dem Gebiet der Präzisionsnivelliere, die u.a. beim Landesnivellement 1. Ordnung zum Einsatz kommen, haben die Jenaer Ingenieure mit dem legendären Ni 002 (s. Abb. 9a und 9b) Maßstäbe gesetzt. Durch das Prinzip des quasiabsoluten Horizontes, bei dem ein hochgenauer Planspiegel in der halben Brennweite des Objektivs



Abb. 7: Ni 020A



Abb. 8: Ni 040A

1 RGW – Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe



Abb. 9a: Zeiss Ni 002

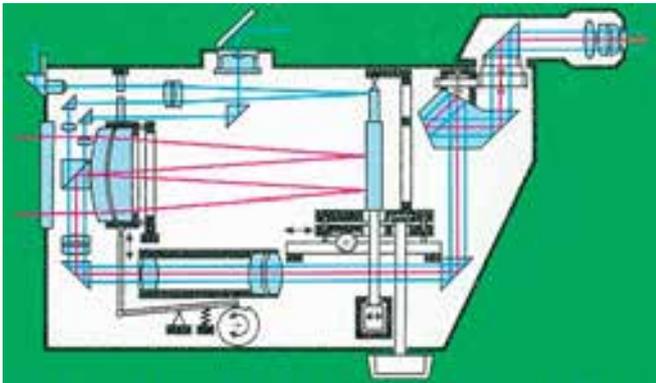


Abb. 9b: Optikschemata Ni 002

pendelnd aufgehängt ist und dieser Spiegel um 180° gewendet werden kann, ergibt sich ein Nullpunktfehler von $< 1''$. Damit kann eine Höhenmessgenauigkeit von $\leq 0,2$ mm auf 1 km Doppelnivellement erreicht werden. Durch die verschiebbare Anordnung des Planspiegels dient dieser gleichzeitig noch der Fokussierung. Mit der Vorstellung des RENI 002A im Jahre 1988 hält die Elektronik Einzug bei den Nivellieren (s. Abb. 10). Hier wurde eine teilautomatisierte Messwerterfassung durch eine elektronische Ablesung des Mikrometerwertes, welcher mittels einer CCD-Zeile von einer Strichcode-Glasplatte gelesen wurde, realisiert. Der Lattenwert musste visuell abgelesen und mittels der am Gerät befindlichen Tastatur eingegeben werden. Die digitale Anzeige und Kontrolle der Messwerte erfolgte direkt im Okular. Die Messwerte konnten mittels des externen Datenspeichers FSE 3208 registriert und später ausgewertet werden.



Abb. 10: RENI 002A



Abb. 11a: DiNi 10

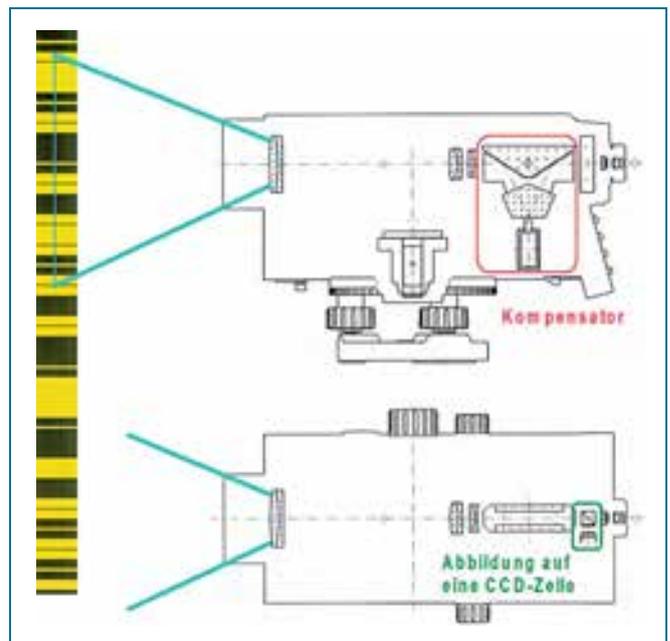


Abb. 11b: Prinzip der Messwerterfassung



Abb. 12: DiNi 12



Abb. 13: Trimble DiNi

Carl Zeiss brachte 1994 das erste Digital-Nivellier aus Jena auf den Markt. Es erfolgt nach Anzielung der Präzisionsnivellierlatte, die einen Bi-Phasecode aufweist, eine automatische Ablesung des Höhenmesswertes mittels einer CCD-Zeile (s. Abb. 11a und 11b). Der Lattencode wurde gemeinsam mit der TU Dresden/Sektion Geodäsie entwickelt. Das besondere an diesem Verfahren ist, dass für eine korrekte Ablesung nur ein sichtbarer Abschnitt von 30 cm auf der Nivellierlatte benötigt wird. Mit dem DiNi 10 wird eine Genauigkeit von $\sigma = 0,3 \text{ mm/km}$ im Doppelnivellement erreicht. Das Gerät zeichnet sich durch eine einfache Bedienoberfläche mit der Eingabemöglichkeit alphanumerischer Zeichen sowie eine PCMCIA-Speicherkarte aus, was die Bearbeitung von Projekten besonders komfortabel machte. Das DiNi 10T, auch Level-Station genannt, hat zusätzlich eine elektronische Kreisablesung für die Positionierung. 1999 wurde bereits die dritte Generation der Digital-Nivelliere aus Jena vorgestellt, das DiNi 12, welches vor allem mit einem modernen Design, einem integrierten Handgriff und einer deutlich verbesserten Software aufwartete, wobei das bewährte Messsystem beibehalten wurde (s. Abb. 12). Die Erfolgsgeschichte dieser Gerätereihe

aus Jena wurde 2007 mit dem Trimble DiNi fortgesetzt (s. Abb. 13). Basierend auf dem ursprünglichen Messprinzip, wurde den Kunden ein Gerät mit signifikanten Verbesserungen an die Hand gegeben:

- Verbesserte Benutzeroberfläche in Analogie zur Trimble Control Unit (TCU)
- neue leistungsstarke Elektronik (RoHS-kompatibel)
- Li-Ion Batterie
- Neues Speicherkonzept mit USB-Stick
- Beleuchtete Durchsichtdosenslibelle.

3 Entwicklung der Theodolite

Analog den Nivellieren hatten Theodolite Anfang des 20. Jahrhunderts die gleichen Nachteile, wie dies am Bei-



Abb. 14: Repetitions-Theodolit von Hermann & Studer Bern²



Abb. 15: RTh II von Zeiss

² bern.ch > Stadtverwaltung > Direktion für Tiefbau, Verkehr und Stadtgrün > Vermessungsamt > Historische Vermessungsgeräte > Theodolit http://www.bern.ch/stadtverwaltung/tvs/vma/hist_geraete/theodolit, Download vom 03.12.2008

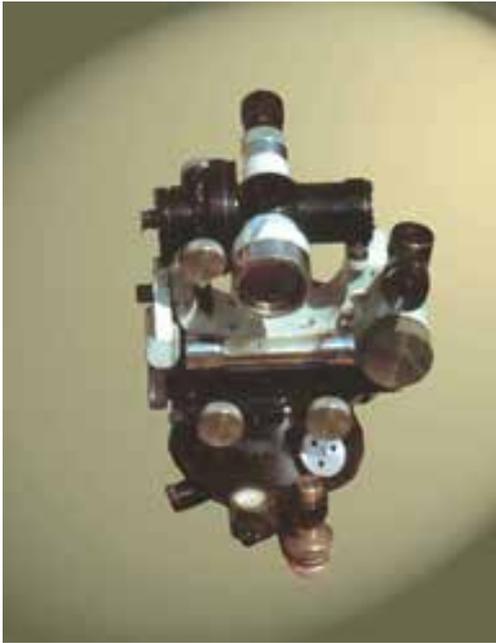


Abb. 16: Erster optischer Theodolit von Zeiss der RTh I

spiel des Repetitions-Theodoliten von Hermann & Studer Bern (s. Abb. 14) deutlich wird:

- hohes Gewicht
- offene Bauweise
- Verschmutzungsgefahr
- daraus resultierende Unzuverlässigkeit im Feldeinsatz.

1910 begann die Entwicklung des ersten Theodoliten in Jena, ebenfalls basierend auf Anregungen und Ideen von Heinrich Wild. Zwei Jahre später wurde der Repetitionstheodolit RTh II (s. Abb. 15) auf den Markt gebracht. Seine herausragenden Merkmale waren:

- ein nur 230 mm langes Fernrohr, mit einer 30-fache Vergrößerung,



Abb. 17: Erste Theodolitreihe nach dem 2. Weltkrieg

- mit Innenfokussierung und optischer Strichplatte,
- einem zylindrischen Vertikalachssystem,
- einer geschlossenen und stabilen Kippachslagerung,
- abgeschlossenen Skalenmikroskopen zur schnellen Teilkreisablesung,

– einer Prismenablesung der Höhenindexlibelle.
Dieser Theodolit hatte aber noch Metallteilkreise.

Ein wichtiger technologischer Sprung wurde mit dem 1924 vorgestellten ersten optischen Theodoliten Th I (s. Abb. 16) erreicht. Er vereinigte alle wesentlichen Merkmale eines modernen Vermessungsgerätes dieser Art:

- Glasteilkreise für die Horizontal- und Vertikalwinkelbestimmung,
- eine diametrale Kreisablesung mit Ablesemikroskopen, die Exzentrizitätsfehler eliminierte,
- eine geschlossene Bauweise sowie
- eine U-förmige Theodolitstütze.

Bis 1930 wurde die Reihe der Theodolite durch die Entwicklung des Sekundentheodolits Th II, des Repetitionstheodolits Th III sowie des Tachymetertheodolits Th IV ergänzt.

Nach dem 2. Weltkrieg setzte man in Jena auch die Fertigung von optischen Theodoliten fort. Mit den Typen Theo 010, Theo 020 und Theo 120 wurde eine neue Theodolitreihe vorgestellt (s. Abb. 17).

Die Weiterentwicklung der Theodolite in Jena führte 1968 zur Reihe A (s. Abb. 18), die neben der diametralen Kreisablesung in Hz und V einige deutliche Verbesserungen aufwies, wie:

- eine leistungsstarke Fernrohroptik,
- lichtstarke Ablesemikroskope für die Hz- und V-Winkel,
- ein kompaktes Design und
- eine leichte Bauweise.

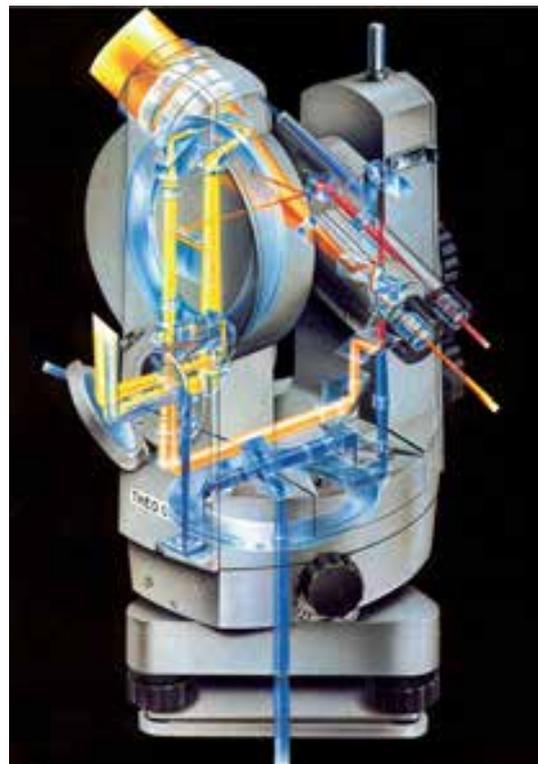


Abb. 18: Schnittdarstellung des Theo 010A



Abb. 19: Astronomischer Universaltheodolit Theo 002

Damit wurde auch der Einsatz effektiverer Fertigungstechnologien ermöglicht.

Neben den Serieninstrumenten, die in hohen Stückzahlen produziert wurden, gab es auch Spezialausführungen von Theodoliten, wie den astronomischen Theodolit Theo 002 aus dem Jahre 1965 (s. Abb. 19). Dieser Präzisionstheodolit diente u.a. astronomischen Anschlussmessungen. Einige technische Besonderheiten waren:

- ein Neigungskompensator zur Stabilisierung des Höhenindex,



Abb. 20b: Schnittdarstellung des Theo 015B

- ein weiterer Neigungskompensator zur Stabilisierung der Ziellinie des Fernrohres,
 - die Teilkreisablesung mit einer Genauigkeit von 0,1".
- Ende der 80-iger Jahre des vergangenen Jahrhunderts bestand ein großer Bedarf an Vermessungsgeräten in den Ländern des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW), der zum großen Teil mit Instrumenten aus Jena gedeckt werden sollte. Dies führte zur Entwicklung der Theodolitreihe B mit den Geräten THEO 020 B, THEO 015 B (s. Abb. 20a und 20b) und THEO 010 B, deren Produktionsstart im Jahr 1980 war. Besonderheiten der Theodolitreihe B waren:
- Für die Einzelteil- und die Komponentenfertigung wurden Taktstraßen errichtet, mit denen eine sehr gute Wirtschaftlichkeit bei großen Stückzahlen erzielt wurde.
 - Koaxial angeordnete Klemmen und Feintriebe garantierten dem Anwender eine einfache und gute Bedienung.



Abb. 20a: Theo 015B

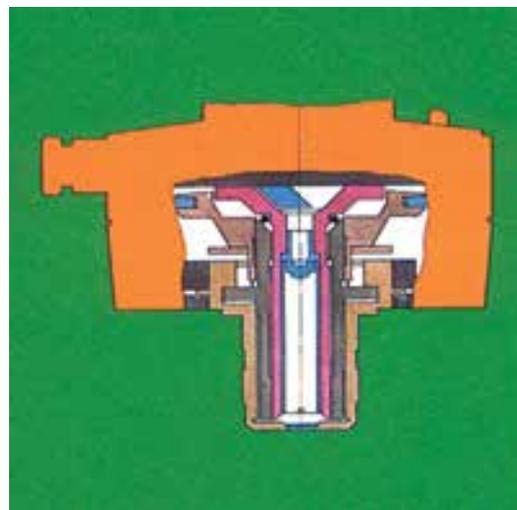


Abb. 21a: Halbkinematische Stehachse

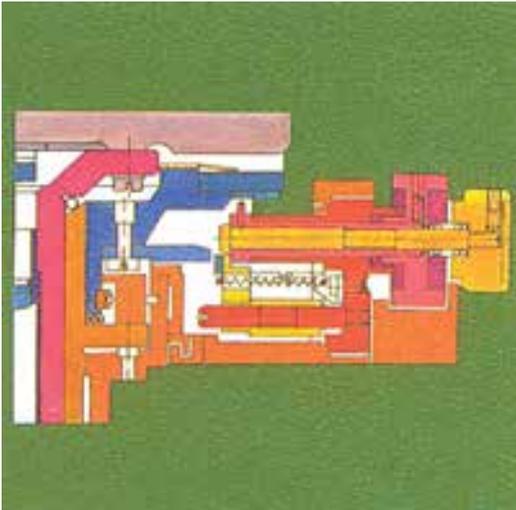


Abb. 21b: Koaxiale Grob-Fein-Kreiseinstellung

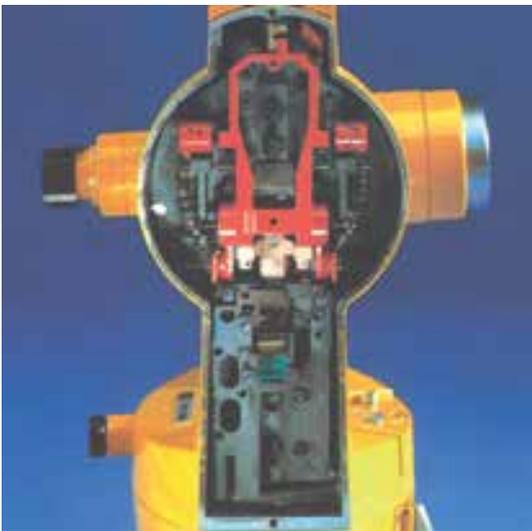


Abb. 21c: Höhenindexstabilisierung

- Die wartungsfreie und hochgenaue halbkinematische Stehachse (s. Abb. 21a) verminderte den Taumelfehler drastisch, dadurch konnte auf eine Reiterlibelle verzichtet werden.
- Koaxial angeordnete Grob-Fein-Kreiseinstellung (s. Abb. 21b).
- Die automatische Stabilisierung des Höhenindex des Vertikalkreises durch einen robusten Neigungskompensator (s. Abb. 21c) brachte eine erhebliche Produktivitätssteigerung bei den Anwendern.

Dann hielt auch bei den Theodoliten die Elektronik mit digitalen Kreisablesesystemen, Neigungssensoren sowie der grafischen Bedien- und Nutzerführung Einzug. Der in einer Gemeinschaftsentwicklung von Carl Zeiss Jena und Carl Zeiss Oberkochen 1994 entstandene elektronische Theodolit ETh 50 (s. Abb. 22) war der letzte in Jena produzierte Theodolit. Er bestach durch sein/e:

- kompakte Bauweise und sein geringes Gewicht (3,5 kg)
- hohe Batterielevensdauer (ca. 25h)
- einfaches User-Interface

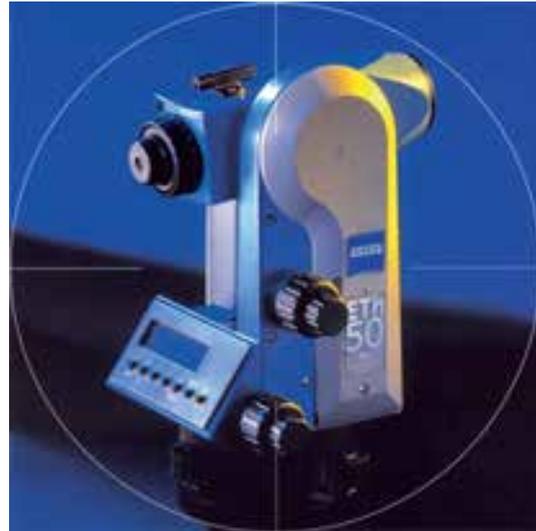


Abb. 22: Elektronischer Theodolit ETh 50

- anspruchsvollen Onboard Programme mit grafischer Unterstützung
- alphanumerischen Eingabemöglichkeiten.

4 Entwicklung der Tachymeter

Im Jahr 1922 begann die Entwicklung optischer Tachymeter in Jena, nachdem die Firma Carl Zeiss die Patente des schweizerischen Grundbuchgeometers R. Bosshardt und des norwegischen Ingenieurs I. Dahl erworben hatte. Tachymeter ermöglichen neben der Winkelmessung in Hz und V, wie wir es von Theodoliten her kennen, zusätzlich eine Distanzmessung zum jeweiligen Zielobjekt. Im Mai 1925 wird das Redta I nach dem Prinzip von Bosshardt vorgestellt, von dem es bis zum 2. Weltkrieg noch zwei Weiterentwicklungen gab – das Redta II (1932) (s. Abb. 23) und das Redta III (1937). Am Bei-



Abb. 23: Reduktionstachymeter Redta II



Abb. 24a: Redta 002



Abb. 24b: Optikschemata des Redta 002

spiel des Redta 002 (s. Abb. 24a und 24b), welches 1951 vorgestellt wurde, soll das Prinzip des Bosshardt-Reduktionstachymeters kurz erläutert werden. In der unteren Hälfte des Fernrohrobjektives ist ein Drehkeilpaar angeordnet. Bei einer Kippung des Fernrohres werden die Keile um eine zur Zielachse parallele Achse definiert gedreht, was die Reduktion der schrägen auf die horizontale Entfernung bewirkt. Im Sehfeld entstehen von einer horizontalen Latte zwei seitlich gegeneinander versetzter Bilder. Der Lattenabschnitt mit 100 multipliziert ergibt die Horizontalstrecke. Die Ausmessung des Restintervalls in dem so entstandenen Doppelbild erfolgt mit einer Planplatte, mit der das nicht abgelenkte gegen das abgelenkte Bild messbar verschoben wird. Das Diagramm-Tachymeter nach der Idee des norwegischen Vermessungsingenieurs I. Dahl kam erst 1938 auf den Markt. Mit diesem Gerät konnten die Distanz sowie der Höhenunterschied an der vertikalen Latte mit Hilfe von Diagrammkurven direkt abgelesen werden. Ein Ablesebeispiel des 1980 vorgestellten Dahlta 010B (s. Abb. 25a) ist in der Abb. 25b dargestellt.



Abb. 25a: Dahlta 010B

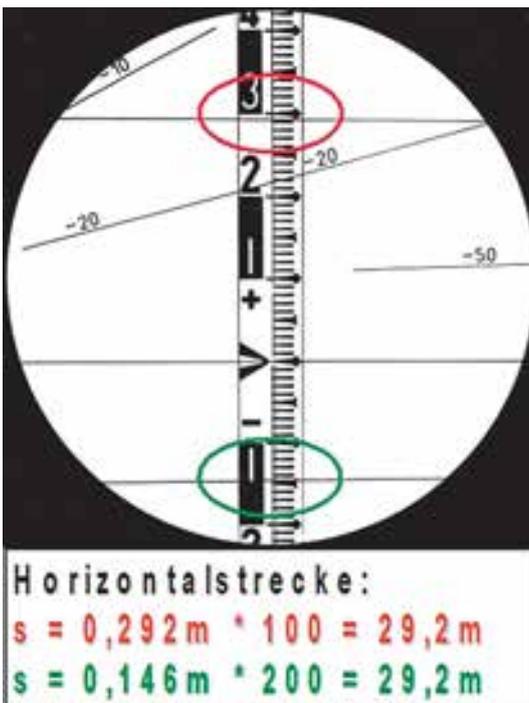


Abb. 25b: Ablesebeispiel eines Dahlta 010B

Eine weitere Bauform der optischen Tachymeter war das Basis-Reduktions-Tachymeter BRT 006 (s. Abb. 26), welches 1964 entwickelt wurde. Die optische Entfernungsmessung wird bei diesem Gerät mit einer Basis im Standpunkt realisiert. Das Pentaprisma 11 (s. Markierung A) wird bis zur Koinzidenz beider Zielbilder verschoben.

³ DEUMLICH, F.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. 8. überarb. Aufl., VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1988, S. 236

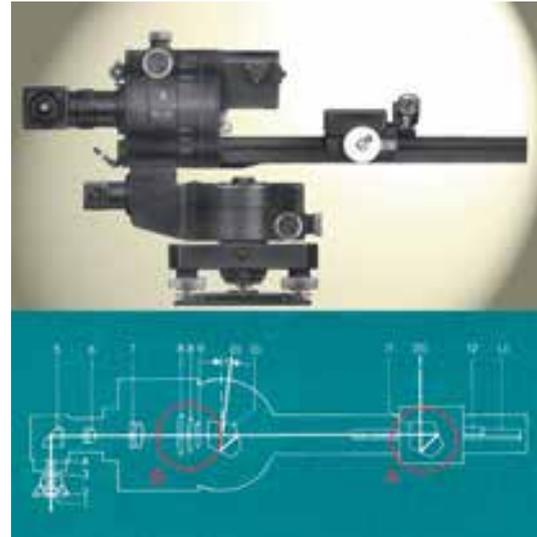


Abb. 26: Ablesung des BRT 006

Die zur Reduktion notwendige Änderung des parallaktischen Winkels wird durch ein verschiebbares Halblinsensystem (s. Markierung B) erreicht. Das Reduktionssystem ist ausschaltbar. Dadurch können wahlweise horizontale oder schräge Strecken gemessen werden.

Die erzielbaren Genauigkeiten der von Zeiss gefertigten optischen Tachymeter sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Auf Basis des bekannten Phasendifferenzmessverfahrens³ erschien 1965 der erste elektrooptische Distanzmesser EOS aus Jena (s. Abb. 27). Der aus Uppsala/Schweden stammende Erik Bergstrand hatte bereits 1948 erste Versuche hierzu durchgeführt. Mit dem EOS wurde auf eine Entfernung von 2 km eine Streckenmessgenauigkeit von



Abb. 27: Elektrooptischer Streckenmesser EOS

Tab. 1: Genauigkeiten optischer Tachymeter

Jahr	Gerät	Genauigkeit auf 100 m	Idee
1938	Dahlta		I. Dahl
1968	Dahlta 010	10 cm	
1925	Redta I	2 cm	R. Bosshardt
1960	Redta 002	2 cm	
(1964)	BRT 006	3 cm (auf 50 m)	

± 1 cm ($5\text{mm} + 2 \text{ppm} * D$) erreicht. Jedoch das Gewicht von 34 kg und die Leistungsaufnahme von 70 W machen deutlich, dass es sich hierbei nicht um ein wirklich portables Gerät handelt. Auch ist die Größe des Instrumentes noch nicht für eine Kombination mit einem Theodoliten geeignet, um ein Tachymeter bzw. eine Totalstation zu bauen.

Ein erster Ansatz diesbezüglich gelang 1977 mit dem EOT 2000 (Abb. 28). Bei diesem kombinierten Winkel- und Streckenmessgerät erfolgten die Winkelablesung visuell und die Streckenmessung zu kooperativen Zielen, wie Tripelprismen, automatisch. Die Streckenmeseinheit mit integriertem Prozessor und Anschlussmöglichkeit für einen Datenspeicher befindet sich im Unterteil. Mit einer aufwendigen Optik wurden die Halbpupillen des Send- und Empfangsstrahlenganges in das Fernrohr eingekoppelt. Bei einem Gewicht von 10,5 kg lag die Messgenauigkeit bei ± 1 cm.

Mit dem EOT-S wurde 1979 das erste Tachymeter aus Jena mit automatischer digitaler Streckenmessung, einer digitalen absoluten Winkelmessung sowie speziellen Programmen zur Sportmessung vorgestellt. Dieses Gerät wurde 1980 bei den Olympischen Spielen in Moskau erstmals erfolgreich für die Sportmessung bei verschiedenen Disziplinen eingesetzt.

**Abb. 29: EOT-S (1979)**

Es folgten das registrierende Computer-Tachymeter RECOTA (1980) und das registrierende Tachymeter RETA (1982) (s. Abb. 30a und 30b). Bei beiden Geräten wurde speziell die Streckenmessgenauigkeit auf $5 \text{ mm} + 2 \text{ppm} * D$ gesteigert. Die Winkelmessgenauigkeit lag bei $1,6''$ bzw. $3''$ bei einem Gewicht von 12,5 kg bzw. 11 kg. Beide Geräte unterschieden sich außerdem hinsichtlich der im Feld verfügbaren Anwenderprogramme.

1984 bei den Olympischen Spielen in Los Angeles kam, in Zusammenarbeit mit Firma OMEGA/Schweiz, ein neuartiges Zeit- und Sportmesssystem unter der Bezeichnung

**Abb. 28: EOT 2000 aus dem Jahr 1977****Abb. 30a: RECOTA**



Abb. 30b: RETA

„JENA Measurement“ zum Einsatz (s. Abb.31). Als Sportmessgerät diente das RETA-Sport mit einer speziellen Software für alle Wurf- und Sprungdisziplinen. Dieses Gerät hatte eine direkte Schnittstelle zur Stadionanzeige, wodurch die Messwerte unmittelbar nach der Auswertung den Zuschauern präsentiert werden konnten. Die 1989 vorgestellten Tachymeter RETA 3A und RETA 20A waren die letzten unter DDR-Verhältnissen in Jena entwickelten Geräte. Die Streckenmessgenauigkeit lag bei $3 \dots 4 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D$ und die Winkelmessgenauigkeit betrug $3''$ bzw. $1''$. Die Miniaturisierung war vorangeschritten, sodass das Gewicht auf 7,0 kg bzw. 7,2 kg reduziert werden konnte. Mitgeliefert wurden um-



Abb. 32: RETA 3A

fangreiche Berechnungsprogramme, die auch eine automatische Korrektur der Messdaten im Feld ermöglichten. Nach der Deutschen Wiedervereinigung im Jahr 1989 wurde auch bei den beiden Zeiss-Unternehmen in Oberkochen und Jena nach neuen Lösungsansätzen für eine gemeinsame Zukunft gesucht. Mit der 1991 erfolgten Gründung der Carl Zeiss Jena GmbH wurde hierzu ein wichtiger Schritt getan. Auf Geschäftsbereichsebene kam es zu ersten gemeinsamen Entwicklungsprojekten. 1994 wurden die Tachymeter Elta® R50, R55 und R45



Abb. 31: RETA-Sport im Einsatz 1984 bei den Olympischen Spielen in Los Angeles



Abb. 33a: Elta® R50, R55 und R45



Abb. 33b: MAP 500

(s. Abb. 33a) als Ergebnis dieser Zusammenarbeit vorgestellt, die am Standort Jena in Produktion gingen. Die kompakte Bauweise, ein geringes Gewicht von 3,5 kg, eine lange Batteriebensdauer, eine einfache Bedienoberfläche kombiniert mit der Eingabemöglichkeit für alphanumerische Zeichen sowie anspruchsvollen Anwenderprogrammen zeichneten diese Instrumente aus. Auch die Kombinationsmöglichkeit mit dem grafischen Feldinformationssystem MAP 500 (s. Abb. 33b) war besonders für deutsche Landesvermessungsämter interessant. Später (2001) erfolgte dann die Weiterentwicklung zur Serie Trimble 3300 (s. Abb. 34), die über einen Direct-Reflex Streckenmesser verfügte, mit dem man auf nichtkooperative Ziele bis 100m (Kodak-Grau 90 % Reflektivität) messen konnte. Auf Prismen war die Reichweite 7500 m. Außerdem wurden deutliche Erweiterungen und Verbesserungen hinsichtlich der Anwendersoftware vorgenommen.

Nachdem im Zeiss-Unternehmen 1996 die Entscheidung umgesetzt wurde, den Geschäftsbereich Vermessung in Jena zu konzentrieren, begannen die Entwicklungsarbeiten für das Systemtachymeter Elta® S10/20 (s. Abb. 35), welches erstmals auf der INTERGEO 1997 in Karlsruhe dem Fachpublikum präsentiert wurde. Diese Tachymeter zeichneten sich durch eine hohe Funktionalität und Produktivität aus, die durch verschiedene technische Neuerungen erreicht wurde. Einige seien an dieser Stelle genannt:

- Eine äußerst präzise Motorik, die eine komfortable Grobbewegung sowie sehr präzise Feineinstellung des Instrumentes mit einer Genauigkeit von $\leq 1''$ gewährleistet.



Abb. 34: Trimble 3300-Serie



Abb. 35: Elta® S10/20

- QuickLock-Sensor
In Kombination mit dem Funkmodul RecLink-S lassen sich mit diesem Rundum-Zielsensor Prismen in kürzester Zeit automatisch auffinden.
- FineLock-Sensor
Nachdem man das Prisma grob angezielt hat bzw. mit Hilfe des QuickLock-Sensor darauf eingefahren ist, ermöglicht der FineLock-Sensor eine sekundengenaue Anzielung.
- RecLink-S
Dieser Funkmodul ermöglichte die Steuerung des Instrumentes vom Prismenstab bis zu einer Entfernung von 1 km.
- PositionLight
Ermöglicht ein dezimetergenaues Einfluchten des Prismenstabes zum Gerät bei Absteckarbeiten.
- SearchLight
Mit diesem „Suchscheinwerfer“ konnten Prismen im Gelände auch bei ungünstigen Sichtverhältnissen vom Gerät aus aufgefunden werden.

Der integrierte 486-iger embedded PC, das grafische Display und die vollständige Qwerty-Tastatur ermöglichten eine sehr komfortable Bedienung der umfangreichen Anwendersoftware. Als wechselbares Speichermedium dienten PCMCIA-Karten.

Bereits ein Jahr später (1998) folgten die mechanischen Tachymeter Elta® C20/30 (s. Abb. 36). Diese als Communication-Tachymeter bezeichneten Vermessungsgeräte hatten ebenfalls einen 486-iger embedded PC und zusätzlich eine Infrarot-Schnittstelle zur kabellosen Datenübertragung mit z.B. PC's und Mobiltelefonen. Neben der patentierten Quick-Drive-Lösung (koaxial angeordnete mechanische Stelltriebe) konnten die Geräte wahlweise mit einem optischen oder Laser-Lot geliefert werden. Eine umfangreiche Anwendersoftware sowie die Möglichkeit der Kombination mit dem Feldinformationssystem MAP 500 rundeten diese Totalstationen ab.



Abb. 36: Elta® C20/30

Nachdem 1999 zwischen den Unternehmen Carl Zeiss und Spectra Precision das Joint Venture ZSP Geodätische Systeme GmbH gegründet und die Spectra Precision Gruppe 2000 von Trimble Navigation Ltd. übernommen wurde, kam es 2001 zur Weiterentwicklung dieser Tachymeter zur Serie Trimble 3600 (s. Abb. 37a und b). Besondere Neuheiten waren:

- der Direct-Reflex Streckenmesser, mit dem auch auf nichtkooperative Ziele bis 120 m (Kodak-Grau 90 % Reflektivität) gemessen werden konnte,
- das verschiedene Kontrolleinheiten mit erweiterter Anwendersoftware, wie die Elta-CU sowie die Geodimeter CU 600, eingesetzt werden konnten,
- die IR-Schnittstelle basierend auf dem OBEX-Standard⁴, wodurch eine höhere Flexibilität bei der Verbindung mit Mobiltelefonen erzielt wurde.



Abb. 37a: Trimble 3600 mit Elta CU



Abb. 37b: Trimble 3600 mit CU 600

Bereits 2002 folgte eine weitere Version dieser erfolgreichen Tachymeterreihe mit der Version der ACU-Kontroll-einheit (s. Abb. 38), die dem Anwender ein kontraststarkes 1/4 VGA Farb-Display für den Außen- und Inneneinsatz (mit Hintergrundbeleuchtung) sowie der entsprechenden grafischen Anwendersoftware bot. Die bisher letzte Weiterentwicklung dieser Reihe erfolgte 2006 mit der Adaptierung der Trimble CU (s. Abb. 39), die auch bei der Total Station Trimble S6 (s.u.) zum Einsatz kommt. Damit steht dem Anwender die komplette Trimble-Feldsoftware zur Verfügung.

2005 präsentierte Trimble mit der Total Station Trimble S6 (s. Abb. 40a) eine neue Gerätegeneration. Es handelt sich hierbei, wie bei den folgenden Instrumenten Trimble VX und Trimble S8, um eine Gemeinschaftsentwicklung verschiedener Trimble Standorte, zu der die Entwickler

4 OBEX – steht für OBject EXchange Kommunikationsprotokoll



Abb. 38: Trimble 3600 mit ACU



Abb. 39: Trimble 3600 mit TCU

von Trimble Jena einen maßgeblichen Beitrag lieferten. Das Trimble S6 wartet mit vielen herausragenden Merkmalen auf:

- MagDrive™ Antriebstechnologie ermöglicht eine quasi geräuschlose Drehung des Gerätes um 180 ° innerhalb von 3 Sekunden.
- Automatische Punkt Korrektur (SurePoint™)
Die automatische Zielpunkt Korrektur überwacht und korrigiert alle Kippachs- und Kollimationsabweichungen.
- Trimble Direct-Reflex (DR)-Technologie erlaubt Distanzmessungen ohne Prisma auf große Entfernungen.
- Komplett koaxiales Optiksistem (s. Abb. 40b)
Der EDM, der Tracker zur automatischen Anzielung und Zielverfolgung sowie der Laser-Pointer sind koaxial zum visuellen Strahlengang des Teleskops angeordnet.



Abb. 40a: Trimble S6

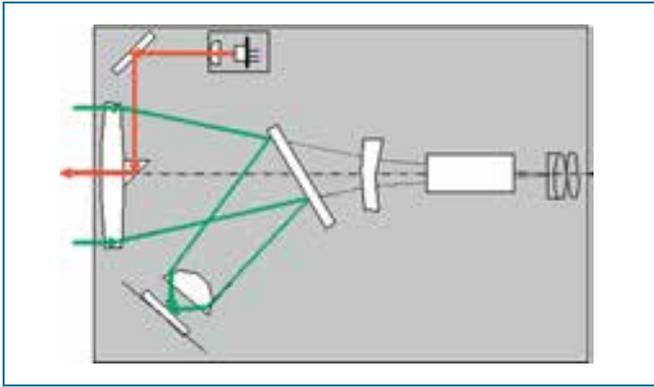


Abb. 40b: *Optikschema Trimble S6*

– Passive und aktive Zielverfolgung mit Zielidentifizierung (MultiTrack™).

Der Servo-Fokus, die Anzeige in der zweiten Fernrohrlage, das integrierte Smart-Battery-System, der kabelfreie Robotic-Zielstab und die abnehmbare Trimble CU (TCU) mit ihrer marktorientierten Feldsoftware runden das Gerätesystem ab.

Mit der Vorstellung der Trimble® VX™ Spatial Station (s. Abb. 41) Anfang 2007 gelang Trimble unter Mitwirkung des Jenaer Entwicklungsteams ein Meilenstein bei der Integration modernster Technologien in Tachymetern. Die Spatial Station erlaubt ein 3D-Scanning mit 5 bis 15 Punkten pro Sekunde bis zu einer Reichweite von 150 m. Kontrolliert werden kann das Instrument mittels des Live-Videobildes, welches auf der TCU angezeigt wird. Dies ermöglicht die integrierte kalibrierte 3,1 Mega-Pixel-Kamera (s. Abb. 42). Die Trimble® VX™ ermöglicht dem Anwender eine höchsteffektive Datenerfassung im Feld mit anschließender Bearbeitung der Daten im Büro, um diese dann in visueller Form seinen Kunden präsentieren zu können. Die Kombination gemessener Punkte mit gescannten Punktwolken und Bildern erweist sich hier als großer Vorteil (s. Abb. 43).

Ebenfalls 2007 wurde das Trimble® S8 in den Markt eingeführt. Dieses Gerät ist besonders für Überwachungsmessungen mit hoher Genauigkeit geeignet, bietet aber



Abb. 41: *Trimble® VX™ Spatial Station*

auch die komplette Unterstützung für die Aufgaben der Ingenieurgeodäsie. Es zeichnet sich durch einen intelligenten Tracker-Sensor mit einem schmalen Sehfeld aus, der Prismen ohne Interferenzen durch andere Reflektoren, die sich in der Nähe befinden, erkennt. Die synchronisierte Messwertausgabe mit 10 Hz beschleunigt die Datenerfassung bei dynamischen Anwendungen.

5 Ausblick

100 Jahre Entwicklung von Vermessungsgeräten wurden am Standort Jena erfolgreich mitgestaltet. Auch in Zukunft wird das Entwicklungsteam der Trimble Jena

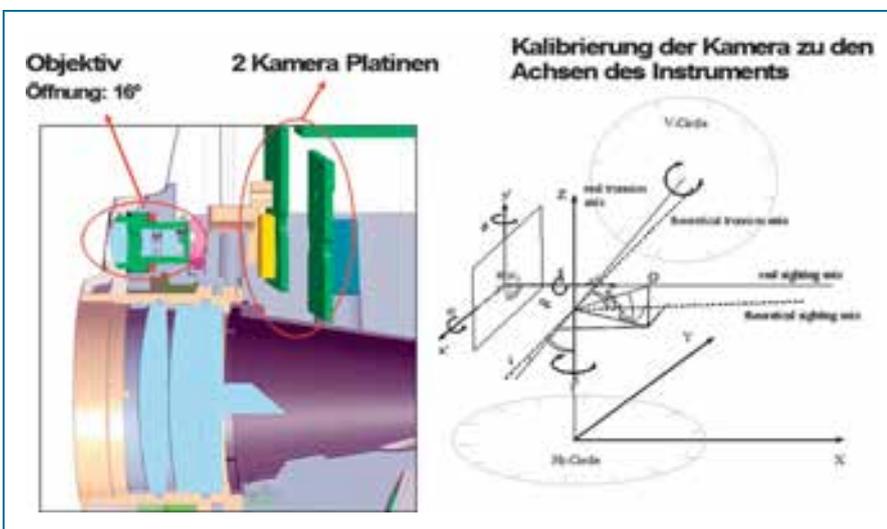


Abb. 42: *Kalibrierte Kamera der Trimble® VX™ Spatial Station*

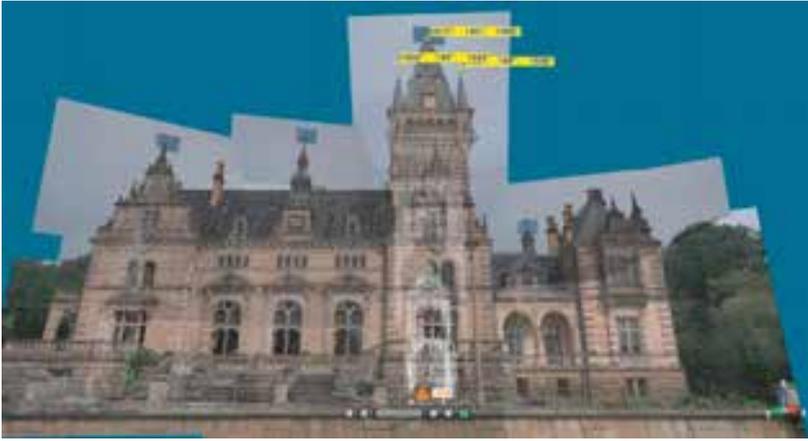


Abb. 43: Kombination gemessener Punkte mit gescannten Punktwolken und Bildern beim Trimble® VX™

GmbH mit neuen und interessanten Lösungen aufwarten, die den Geodäten und Vermessungsingenieuren helfen, ihre Aufgaben immer effektiver bearbeiten zu können, denn Tradition verpflichtet.

Literatur

- [1] MAHLER, J.: „Geschichte der Abteilung für Geodätische Instrumente“, 1953, Chronologische Zusammenstellung aller wichtigen Ereignisse im Konstruktionsbüro für Vermessungsgeräte von 1908, Carl Zeiss Archiv, Signatur: BACZ 16131
- [2] DEUMLICH, F.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. 8. überarb. Aufl., VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1988, S. 236
- [3] Bilder und Prospektmaterial des Bereiches Vermessung des VEB Carl Zeiss Jena und der Carl Zeiss Jena GmbH sowie der ZSP Geodätische Systeme GmbH und Trimble Jena GmbH
- [4] bern.ch > Stadtverwaltung > Direktion für Tiefbau, Verkehr und Stadtgrün > Vermessungsamt > Historische Vermessungsgeräte > Theodolit http://www.bern.ch/stadtverwaltung/tvs/vma/hist_geraete/theodolit/, Download vom 03.12.2008
- [5] JENAER RUNDSCHAU, 26. Jahrgang, Heft 2/1981, VEB Verlag Technik – Berlin, ISSN 0368-203X
- [6] JENAER RUNDSCHAU, 28. Jahrgang, Heft 1/1983, VEB Verlag Technik – Berlin, ISSN 0368-203X
- [7] Beilage der JENAER RUNDSCHAU 1/1983, „75 Jahre Zeiss-Jena-Vermessungsgeräte“, VEB Verlag Technik – Berlin, ISSN 0368-203X
- [8] JENAER RUNDSCHAU, 33. Jahrgang, Heft 4/1988, VEB Verlag Technik – Berlin, ISSN 0368-203X
- [9] FEIST, W.; GÜRTLER, K.; MAROLD, T.; ROSENKRANZ, H.: „Die neuen Digitalnivelliere DiNi 10 und DiNi 20“, VR Vermessungswesen und Raumordnung, 57. Jahrgang, Heft 2, April 1995, ISSN 03040-5141
- [10] FEIST, W.; DONATH, B.; GÖRING, H.; KÖHLER, M.; SEEGER, M.; MONZ, L.: „Elta S 10 und Elta S 20 von Carl Zeiss, Systemtachymeter einer neuen Generation“, VR Vermessungswesen und Raumordnung, 60. Jahrgang, Heft 2 + 3, April 1998, ISSN 03040-5141
- [11] FEIST, W.: „Ein Beitrag zur Geschichte der Entwicklung geodätischer Geräte in Jena“, Jenaer Jahrbuch 2000
- [12] WALTER, R.: Zeiss 1905 – 1945, Böhlau Verlag Köln Weimar Wien 2000, ISBN 3-412-11096-5
- [13] MÜHLFRIEDEL, W., HELLMUTH, E.: Carl Zeiss in Jena 1945 – 1990, Böhlau Verlag Köln Weimar Wien 2004, ISBN 3-412-11196-1
- [14] Vogel, M.: „Vom Pixel zur Richtung“, Dissertationsschrift TU Darmstadt, Dezember 2003

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. BERND DONATH, Leiter Forschung und Entwicklung der Trimble Jena GmbH, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena