

Die FOCUS[®] 30 Totalstation von Spectra Precision[®]

Neue Technologien in der Tachymeter Entwicklung

The FOCUS[®] 30 Total Station from Spectra Precision[®]

New Technologies in Tacheometer Development

Torsten Kludas, Michael Vogel, Bernd Donath, Andreas Glimm, Hermann Göring

Die FOCUS 30 Totalstation setzt Maßstäbe bezüglich neuer Technologien, modernem Design und ergonomischer Bedienung. Mit den Instrumentversionen StepDrive[™], LockNGo[™] und Robotic in Kombination mit der Survey Pro[™] Anwendersoftware werden alle Bereiche der Vermessung effizient bedient. Die StepDrive[™] Technologie steht für ein schnelles und robustes Antriebssystem, welches sowohl eine sehr präzise manuelle Anzielung als auch eine schnelle Zielverfolgung ermöglicht. Die automatische LockNGo[™] Erkennung, Messung und Verfolgung von passiven Prismenreflektoren basiert auf modernsten Kameratechnologien und Algorithmen der Bildverarbeitung. Die Entfernungsmessung funktioniert nach dem Prinzip der Phasendifferenzmessung, sowohl zu Prismen als auch zu natürlichen Oberflächen. Insgesamt bietet das FOCUS 30 als eines der leichtesten Instrumente seiner Klasse dem Anwender einen sehr hohen Komfort in der Bedienung.

SCHLÜSSELWÖRTER: Robotik Totalstation, automatische Zielverfolgung, reflektorlose Entfernungsmessung, ergonomisches Design

The FOCUS 30 Total Station sets new standards for technology, design and ergonomic operation. The three versions StepDrive[™], LockNGo[™] and Robotic in combination with the Survey Pro[™] application software, effectively cover all surveying areas. StepDrive[™] technology provides a fast and robust drive system, ensuring very precise manual sighting and fast tracking. The automatic LockNGo[™] system which detects, measures and tracks passive prism reflectors is based on the latest camera technologies and image processing algorithms. Distance measurement uses the principle of phase shift measurement, both to prisms and to natural surfaces. As one of the lightest instrument of its type, the FOCUS 30 offers the user many features which once experienced are hard to manage without.

KEYWORDS: Robotic Total Station, automatic target tracking, reflector-less distance measurement, ergonomic design

1 EINLEITUNG

Das FOCUS 30 ist ein kleines und leichtes Tachymeterinstrument der Spitzenklasse mit ergonomischer Bedienung. Es setzt neue Maßstäbe im industriellen Design von Totalstationen und wurde dafür mit dem „iF design award 2011“ ausgezeichnet. Abb. 1 zeigt die Design-

studie zur Anzielung in beiden Fernrohrlagen simuliert am CAD-Modell. Im Instrument wurden bewährte Technologien wie z. B. der Präzisionsneigungssensor oder der Entfernungsmesser basierend auf dem Phasenvergleichsverfahren integriert. Aber auch neue Wege wurden beschritten, wie z. B. modernste Kameratechnologien zur Zielerfassung und Zielverfolgung oder das StepDrive[™] Antriebssy-

stem basierend auf einer verschleißarmen Getriebetechnik mit einem schnellen Schrittmotorantrieb. Die sehr gute optische Bildqualität setzt die Tradition der Jenaer Entwicklungen von optischen Vermessungsgeräten fort.

Die in Abb. 2 dargestellte Bedieneinheit mit großem 3,5" Touch-Farbdisplay und Windows CE Betriebssystem ist übersichtlich gestaltet und optimal an die Anwendersoftware Survey Pro™ adaptiert.

2 DAS SYSTEM

Das FOCUS 30 Design mit dem geschwungenen Bogen vom Handgriff zur Bedieneinheit bietet viele Vorteile. Es ist damit eine stabile Instrumentalhidade entwickelt worden, die eine hohe Winkelmessgenauigkeit von 2" ermöglicht. Weiterhin ist der Blickwinkel zur Bedieneinheit optimal ausgelegt, um auch bei Sonnenlicht eine sehr gute Ablesbarkeit zu gewährleisten. Messungen im Zenit sind damit möglich, häufig angewendet in Kombination mit der reflektorlosen Entfernungsmessung und optimal unterstützt durch die seitlich angebrachte motorische Fokussierung.

Das visuelle Fernrohr hat eine 31-fache Vergrößerung. Seine große Öffnung von 50 mm garantiert ein Maximum an Reichweite für alle mit Laserlichtquellen arbeitenden Sensoren. Die Strahlengänge für Entfernungsmesser, Kamerazielsensor und Laserpointer sind coaxial. Das Tracklight ist im gesamten Robotikbereich sichtbar und ein wichtiger optischer Indikator bei der Zielverfolgung und Absteckung. Der Entfernungsmesser arbeitet nach dem Prinzip der Phasendifferenzmessung zu Reflektoren als auch zu schwach reflektierenden Oberflächen. Die Winkelmesssysteme für Horizontal- und Vertikalwinkel haben eine diametrale Ablesung codierter Glaskreise und sind speziell kalibriert, um die Anforderungen internationaler Standards der Messpräzision zu erfüllen. Der Neigungssensor ist exakt in der Stehachse angeordnet, um seine Empfindlichkeit bei Drehbewegungen



Abb. 1 | Simulation visueller Anzielung am CAD-Modell



Abb. 2 | Bedieneinheit mit Survey Pro™ Menü

des Instruments zu minimieren. Die Bedienelemente für die motorischen Antriebe und die Fernrohrfokussierung sind auf der rechten Seite angeordnet.

Die Software der Motorsteuerung erkennt automatisch, ob der Bediener schnell oder präzise langsam das Fernrohr auf das Ziel einfahren will. Mit dem kleineren Display und den Bedientasten in der zweiten Fernrohrlage stehen zusätzliche Funktionen und Informationen, wie z. B. die Einstellungen für Datenfunk, Neigungsanzeige, Messwertanzeige oder Auslösung der Messung und Fernrohrlagewechsel, zur Verfügung. Dieses Display hat eine Beleuchtung und wird bei Kälte automatisch beheizt.

Datenfunk und Batterie sind im Seitendeckel integriert. Die Lithium-Ionen Batterie mit 4,4 Ah versorgt das Instrument im Normalbetrieb für 6 Stunden mit Strom. Bei einem Wechsel der Batterie muss das Instrument nicht ausgeschaltet werden, ein internes Stützmodul hält eine für den Wechsel ausreichende Spannung aufrecht. Der Datenfunk arbeitet im Robotikbetrieb mit der 2,4 GHz SSFH Funktechnologie (SSFH = Spread Spectrum Frequency Hopping), einer Technik, bei der auf einer Frequenz nur für sehr kurze Zeit gesendet wird und zwischen verschiedenen Kanälen schnell gewechselt werden kann. Damit werden Funkinterferenzen deutlich reduziert und ein Arbeiten auch bei erhöhtem Funkbetrieb in der Umgebung ermöglicht. Abb. 3 zeigt in einem Querschnitt den optisch-mechanischen Aufbau des Instruments.

Das optische Lot hat eine Schiebefokussierung im Bereich von 0,5 m bis unendlich mit 2,4-facher Vergrößerung. Die externe Schnittstelle verbindet das Instrument per USB mit einem PC und dient zur externen Stromversorgung.

Die FOCUS 30 Robotic Totalstation kann mit den drei Spectra Precision Bedieneinheiten Ranger, Nomad und Recon über Funk ferngesteuert werden. Auf jeder Bedieneinheit sind Windows Mobile und die Applikationssoftware Survey Pro installiert.

Der in Abb. 4 und Abb. 5 gezeigte Ranger hat einen integrierten Datenfunk, sodass am Lotstab keine Kabel erforderlich sind. Er ist die Standard-Bedeineinheit für das Robotiksystem. In seiner neuesten Variante, dem Ranger 3, verfügt er, wie die Nomad-Bedeineinheit, über ein integriertes GPS-Modul. Damit kann nach einer Stationierung oder nach einer Messung von mindestens 5 Punkten die Funktion GeoLock™ in der Survey Pro-Software als effektive GPS Zielsuche bei Kontaktverlust in der Zielverfolgung verwendet werden /DRAKE 2005/.

Die Recon-Bedeineinheit ist eine weitere Option zur externen Steuerung. Für Nomad und Recon ist ein externes Datenfunkmodul verfügbar. Alle Controller sind sehr robust und IP67 getestet. Sie können auch per USB-Kabel oder Bluetooth® mit dem Instrument kommunizieren /MARTIN 2005/.

FOCUS® 30	StepDrive™	LockNGo™	Robotic
Motorik	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
EDM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tracklight	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Laserpointer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zielsensor		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Datenfunk			<input checked="" type="checkbox"/>

Tab. 1 | Die FOCUS 30 Instrument-Versionen

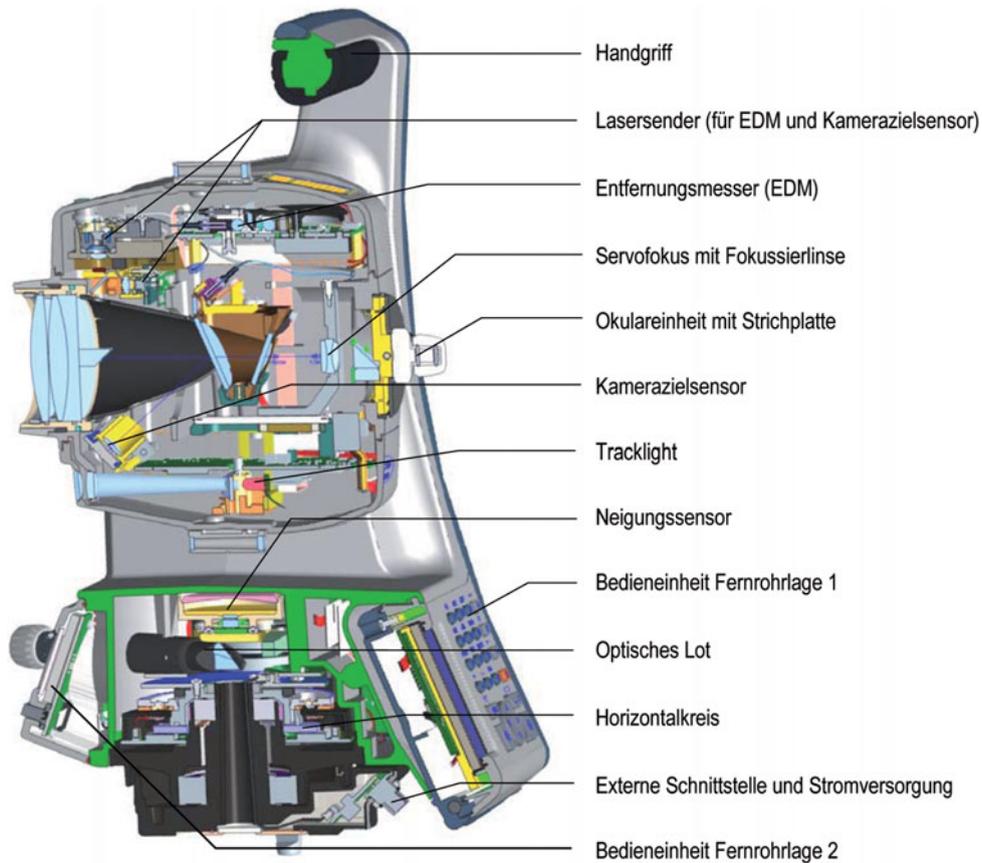


Abb. 3 | Optisch-mechanischer Aufbau des FOCUS 30



Abb. 4 | Spectra Precision® Ranger 3 Bedieneinheit



Abb. 5 | Kabelloser Lotstab mit Ranger Bedieneinheit

Weitere Informationen über die Bedieneinheiten sind unter <http://www.spectraprecision.com/ranger3-page.aspx> zu finden. Am Lotstab wird ein passives 360° Prisma als Standardprisma verwendet. Das FOCUS 30 wird in den drei Instrumentversionen *StepDrive™*, *LockNGo™* und *Robotic* angeboten, die Ausstattung zeigt Tab. 1.

Die Instrumente können bezüglich dieser Funktionalität jederzeit erweitert werden, sodass man z. B. aus einem *StepDrive™*-Instrument ein Robotikinstrument machen kann. Das erfolgt über den autorisierten Spectra Precision® Service-Partner. Jede Version ist in allen wählbaren Genauigkeitsklassen verfügbar.

3 WINKEL- UND ENTFERNUNGSMESSUNG

3.1 Das Winkelmesssystem

Die Winkelmessung des FOCUS 30 arbeitet mit codierten Glasteilkreisen und liefert absolute Winkelwerte. Der Glasteilkreis ist mit zwei Codespuren versehen, einem absoluten Grobcode und einem inkrementellen Feincode. Abgetastet werden die Winkel von zwei diametral angeordneten CMOS-Kamerasensoren. Mit der diametralen Abtastung werden die Teilkreis-Exzentrizitätsfehler eliminiert, was zu einer Erhöhung der Winkelmessgenauigkeit führt. Die Winkelmessbaugruppen für den Hz-Winkel und den V-Winkel sind im Aufbau identisch. Unterschiedlich ist nur, welcher Teil beweglich und welcher fest montiert ist. Im Hz-Winkelmesssystem ist der Glasteilkreis unbeweglich fest montiert, während die Abtasteinheiten auf der Hz-Winkelmessplatine mit der rotierenden Alhidade über dem Teilkreis positioniert werden (siehe Abb. 6). Im V-Winkelmesssystem ist es umgekehrt. Hier ist die V-Winkelmessplatine fixiert, während sich der Glasteilkreis mit dem Fernrohr um die Kippachse dreht. Beide Teilkreise haben mit einer Abdeckung einen zusätzlichen Schutz vor Verschmutzung.



Abb. 6 | Basiseinheit mit Hz-Winkelmesssystem

Die Auflösung des Winkelmesssystems ist $0,3''$ ($0,1$ mgon). Die maximale Winkelabtastrate liegt bei 200 Hz und ist damit bestens geeignet für eine schnelle Zielverfolgung. Dieses Winkelmesssystem bildet die Grundlage dafür, dass eine Präzision von bis zu $2''$ ($0,6$ mgon) nach ISO 17123-3 erreicht wird.

Mit der vollautomatischen Bestimmung von seitlichem Kollimationsfehler, Höhenindex- und Kippachsfehler werden in der Fertigung des FOCUS 30 Korrekturparameter für die Richtungsmessung bestimmt. Dabei wird auch der entfernungsabhängige Ablauf der motorisch positionierbaren Fokussierlinse gemessen, und es werden die Korrekturen zur präzisen Richtungsbeobachtung in nur einer Fernrohrlage im Instrument gespeichert.

3.2 Die Neigungsmessung

Zur Korrektur der Stehachsneigung wird im FOCUS 30 ein Zweiachs-kompensator verwendet, der exakt in der Stehachse angeordnet ist. Damit wird seine Empfindlichkeit gegenüber radialen Beschleunigungen minimiert. Abb. 7 verdeutlicht das Prinzip: In einer Küvette ist Silikonöl eingeschlossen, dessen Oberfläche sich senkrecht zur Schwerkraft ausrichtet. Eine LED sendet einen Lichtstrahl aus, der

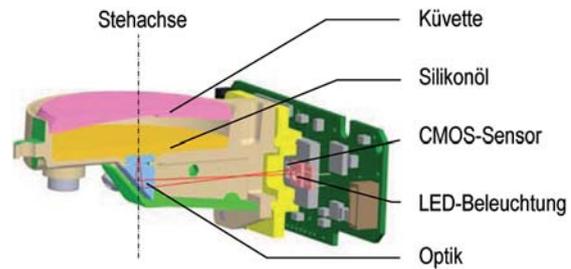


Abb. 7 | Flüssigkeitskompensator zur präzisen Neigungsmessung

über eine Optik umgelenkt, fokussiert und von der Oberfläche zurück in Richtung Lichtquelle gespiegelt wird. Direkt neben der Lichtquelle ist ein CMOS-Sensor, der diesen Lichtpunkt in zwei Bildkoordinaten beobachtet. Damit können beide Neigungskomponenten gemeinsam erfasst und korrigiert werden.

Beleuchtung und Empfänger sind auf einer Platine unmittelbar nebeneinander angeordnet, was dem System eine hohe Stabilität garantiert. Der Arbeitsbereich im Präzisionsmode ist mit $\pm 5,5'$ ($\pm 0,1$ gon) sehr groß. In diesem Bereich wird mit einer Auflösung von $0,3''$ ($0,1$ mgon) die höchste Genauigkeit erreicht. Außerdem steht ein erweiterter Bereich von ca. $\pm 37'$ ($\pm 0,7$ gon) zur Verfügung, wo der Kompensator mit niedriger Genauigkeit (1 mgon bis 3 mgon) dennoch zuverlässige Werte liefert.

Im FOCUS 30 ist ein weiterer Neigungssensor integriert, von dem ein Arbeitsbereich von $\pm 3^\circ$ genutzt wird, um die Funktion einer digitalen Dosenlibelle zu übernehmen. Es ist ein dreidimensionaler Beschleunigungssensor basierend auf MEMS Technologien (MEMS = Micro-Electro-Mechanical System, siehe Abb. 8), der jede Neigung im dreidimensionalen Raum messen kann. Damit können unmittelbar nach dem Einschalten des Instruments am Display in der zweiten Fernrohrlage Neigungswerte zur groben Horizontierung des Instruments angezeigt werden. Nach Erreichen des Arbeitsbereiches vom präzisen Kompensator werden automatisch dessen Werte eingespielt.



Abb. 8 | MEMS Beschleunigungssensor im Größenvergleich

3.3 Die Entfernungsmessung

Der Entfernungsmesser (EDM = Electronic Distance Meter) arbeitet nach dem Prinzip des Phasenvergleiches mit digitaler Phasenmessung. Dabei sendet ein Laser einen koaxialen, intensitätsmodulierten Lichtstrahl aus, der vom Ziel reflektiert und von einem Empfänger detektiert wird. Aus der Phasendifferenz $\Delta\lambda$ zwischen gesendetem und empfangenem Licht wird die Distanz berechnet. Die Eindeutigkeit der Messung wird mit einem Satz benachbarter Modulationsfrequenzen bestimmt, die von einem temperaturkompensierten Quarzoszillator (TCXO) abgeleitet werden, und deren Differenzen die benötigten Maßstabsfrequenzen bilden. Die Modulationsfrequenz beträgt

$f = 400 \text{ MHz}$. Dies entspricht einem Feinmaßstab von 375 mm . Der Sender emittiert modulierte Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 660 \text{ nm}$, also im roten, sichtbaren Bereich.

Das Messprinzip (in Abb. 9 vereinfacht dargestellt) basiert auf der Bestimmung der Phasendifferenz $\Delta\lambda$, welche zum $n\lambda$ -Vielfachen der Wellenlänge addiert wird:

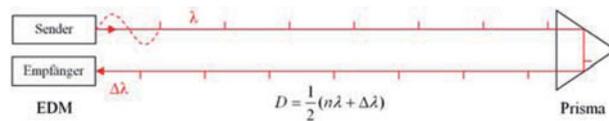


Abb. 9 | Vereinfachtes Prinzip der Phasendifferenzmessung

Der EDM kann zu reflektierenden Zielen wie Prismen oder Reflexfolien als auch zu sehr schwach reflektierenden, natürlichen Oberflächen („reflektorlos“) messen. Im reflektorlosen Modus entspricht die emittierte Laserstrahlung der Laserschutzklasse 3R (Leistung < 5 mW). Hier sind die entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen einzuhalten. Im Prismenmodus arbeitet der EDM in der augensicheren Laserschutzklasse 1 (Leistung < 0,39 mW).

Die Präzision in der Entfernungsmessung zu Prismen ist $2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D$ (nach ISO 17123-4). Bei der reflektorlosen Entfernungsmessung werden $3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D$ erreicht. Die Messzeit zu Prismen beträgt mindestens 2 bis maximal 3 Sekunden, zu reflektorlosen Zielen mindestens 3 bis maximal 15 Sekunden, je nach Entfernung und Messbedingungen.

Die Reichweite der Entfernungsmessung ist abhängig von den atmosphärischen Bedingungen, dem Umgebungslicht und den Reflexionseigenschaften des Zieles. Bei guten Bedingungen kann eine Reichweite von 4000 m zu einem 50 mm Prisma erreicht werden. In der reflektorlosen Messung können bei sehr guten Bedingungen Reichweiten bis zu 1000 m erreicht werden, bei sehr schlechten Bedingungen reduziert sich die Reichweite. Es ist aber nicht nur die Sichtweite, die zwischen guten und schlechten Bedingungen unterscheidet lässt:

Gute Bedingungen: gute Sicht > 20 km, Schatten oder Dämmerung (geringes Umgebungslicht < 10 kLx), geringes Luftflimmern, helles Objekt, Prisma sauber

Schlechte Bedingungen: schlechte Sicht < 5 km, starke Sonneneinstrahlung auf das Ziel (starkes Umgebungslicht > 100 kLx), starkes Luftflimmern, dunkles Objekt, Prisma verschmutzt oder beschlagen

Die kürzeste Messdistanz zum Erreichen der spezifizierten Präzision für Prismenmessung und reflektorlose Messung beträgt $1,5 \text{ m}$. Die Spotgröße des Lasersenders ist $0,4 \text{ mrad} \times 0,3 \text{ mrad}$ ($\text{Hz} \times \text{V}$), was bei einer Entfernung von 100 m einen Spot von $4 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ ergibt.

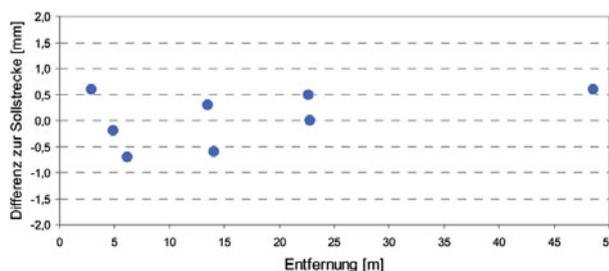


Abb. 10 | Vergleichsmessung zu Prismen-Sollstrecken

Der Sender wird zugleich auch als Laserpointer (ohne Frequenzmodulation, Laserschutzklasse 3R) verwendet.

Der Anschluss an das metrische Längennormal wird durch Messung zu Sollstrecken und der daraus berechneten Nullpunkt-korrektur (Additionskonstante) hergestellt. Diese Sollstrecken sind mit sehr genauen Referenzgeräten (Zeiss Elta® S10) gemessen, die mittels eines interferometrischen Längenmesssystems bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig regelmäßig kalibriert werden. Die Messunsicherheit der gesamten Kalibriereinrichtung ist mit $U = 102 \mu\text{m}$ von der PTB angegeben. Die Maßstabsfrequenz wird mit kalibrierten Frequenzzählern gemessen.

Die Standardatmosphäre, bei der sich für den EDM die atmosphärische Korrektur von 0 ppm ergibt, ist bei einer Temperatur von $20 \text{ }^\circ\text{C}$, einem Luftdruck von $1013,25 \text{ hPa}$, einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60% und einem Bezugsbrechungsindex $N_0 = 278,23$ definiert. Das Instrument verfügt über einen internen Temperatursensor. Der Luftdruck kann manuell in der Anwendersoftware eingegeben werden. Die relative Feuchte ist mit 60% standardmäßig festgesetzt. Der Gesamtbereich atmosphärischer Korrekturen geht von -1100 ppm bis $+1000 \text{ ppm}$, um auch unter extremen Luftdruckbedingungen die Entfernungsmesswerte korrigieren zu können.

4 STEPDRIVE™ TECHNOLOGIE

Das StepDrive™ im FOCUS 30 ist ein zweigeteilter Antrieb mit Grob- und Feintrieb funktion basierend auf der Schrittmotortechnik. Der Grobtrieb ist ein einstufiges Getriebe, dessen Antriebsritzel auf der Achse des Motors direkt in die miteinander verspannten Abtriebszahnrad greift. Das ist ausreichend für ein sehr schnelles Reagieren und Verdrehen des Instruments, jedoch nicht präzise genug für eine sekundengenaue Anzielung. Deshalb wurde ein Feintrieb entwickelt, der über einen Hebelarm die gesamte Grobtriebeinheit mit einer ausreichenden Übersetzungsauflösung bewegt. Die Drehachse des Hebelarms ist dabei identisch mit der Motorachse des Grobtriebs. Kontrolliert wird diese Mechanik vom Drive-Controller, der zentralen Steuer- und Regeleinheit des Antriebssystems.

Zur optimalen Kraftübertragung wird im Feinbetrieb die Grobtriebmotorachse über eine mechanische Klemme fixiert. Dazu wird mit einem Schaltmagneten eine Blattfeder gegen eine Scheibe gezogen. Zur Realisierung eines „unendlichen“ Feintriebes wird durch den Drive-Controller bei kurzzeitigem Lösen der Klemme mit dem Grobtrieb eine Rückstellbewegung automatisch ausgeführt.

Im Ruhezustand des FOCUS 30 ist der Grobtrieb immer über den bistabilen Schaltmagnet geklemmt und der Feintriebmodus aktiviert. Der Grobtriebmotor wird dabei stromlos geschaltet, was sich stromsparend auf das Antriebssystem auswirkt.

Das System ist so eingestellt, dass Fernrohr und Alhidade dennoch manuell gelöst und gedreht werden können, indem der Drive-Controller diese Krafteinwirkung überwacht und entsprechend die Fixierung durch die Klemme aufhebt. Dadurch kann der Anwender das Fernrohr bequem und sehr schnell auf das Ziel ausrichten. Bei der Bedienung über die seitlichen Drehknöpfe ist deren Rotationsgeschwindigkeit der Indikator für die Umschaltung zwischen Grob- und Feintrieb. Bei entsprechend schneller Bewegung wird die Fixierung gelöst und in den Grobtrieb geschaltet. Bei langsamer

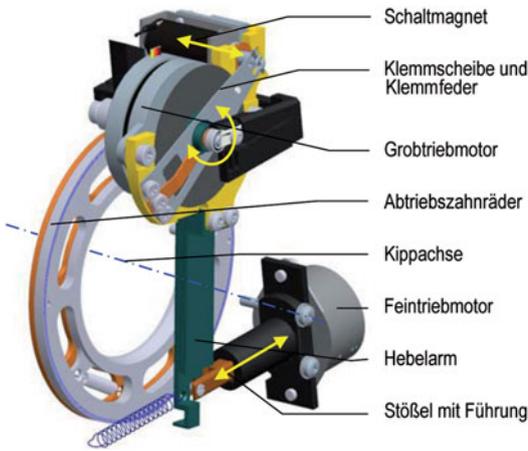


Abb. 11 | Vertikaler StepDrive™ Antrieb

Bewegung wird die Grobtriebmotorachse wieder geklemmt und der Feintriebmodus eingestellt.

Eine per Software ausgelöste motorische Positionierung des Fernrohrs auf ein Ziel oder ein Fernrohrlagewechsel ist immer eine vom Drive-Controller gesteuerte Kombination von Grob- und Feintrieb-bewegung der horizontalen und vertikalen Antriebseinheiten. Am Ende dieser Bewegung übernehmen beide Feintriebe in Hz und V die präzise Positionierung. Die dabei erreichte maximale Fahr-geschwindigkeit im Grobtrieb liegt bei 90 °/sec.

Im Zielverfolgungsmodus wird ausschließlich der Grobtrieb verwendet. Bei einer Messung im Zielverfolgungsmodus wird die gemessene Kameraablage der Prismenmitte zur Referenz (Strichkreuz) am gemessenen Winkel korrigiert. Der Schrittwinkel des Grobtrieb-motors ist 0,9°. Über die Mikroschrittpositionierung im Drive-Controller kann eine kleinste Schrittweite von 23'' erreicht werden. Das ist ausreichend, um in der Zielverfolgung das Fernrohr immer innerhalb des EDM-Sendestrahls von 83'' nachzuführen und ein EDM-Strecken-tracking zu ermöglichen. Der Schrittwinkel des Feintrieb-motors ist 7,5°. Mit dem gesamten Übersetzungsverhältnis (Hebelarm, Getriebeübersetzung) von Fein- und Grobtrieb kann im Mikroschrittbetrieb des Feintriebes eine kleinste Schrittweite von 0,3'' erreicht werden. Damit sind sekundengenaue Positionierungen und Anzielungen möglich.

Durch die Fixierung von Fernrohr und Alhidade mit einer mechanischen Klemme im Antriebssystem bleibt das Fernrohr stabil auf das Ziel ausgerichtet und widersteht äußeren Einflüssen wie Wind oder dem Tastendruck auf der Bedieneinheit. Die StepDrive™ Ausführungsformen für den horizontalen und vertikalen Antrieb sind in etwa identisch.

5 LOCKNGO™ TECHNOLOGIE

Die FOCUS 30 LockNGo™ Funktion zur automatischen Zielerfassung, Messung und Zielverfolgung basiert auf modernsten Kameratechnologien mit intelligenter Bildverarbeitung. LockNGo™ kann in Kombination mit allen passiv reflektierenden Prismen verwendet werden. Auch dieses System ist in Sender und Empfänger unterteilt. Als Sender wird eine Laserlichtquelle mit 850 nm Wellenlänge eingesetzt, die einen unsichtbaren Laserstrahl der Laserschutzklasse 1 aussendet.

Als Empfänger dient eine CMOS-Sensorkamera mit einem Sehfeld von 2,1° × 1,4° (Hz × V).

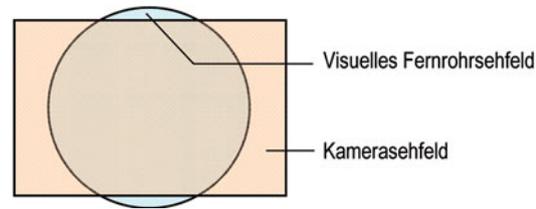


Abb. 12 | Visuelles und Kamerasehfeld

Bedingt durch die CMOS-Sensorgöße ist das Kamerasehfeld in horizontaler Richtung größer als das visuelle Fernrohrsehfeld. Das ist von Vorteil, da eine Suche oder die Verfolgung des Prismas den größeren Bereich in horizontaler Richtung erfassen muss.

Für eine Robotik-Zielverfolgung ist es nicht einzig und allein entscheidend, wie schnell ein Antriebssystem ist. Ebenso wichtig dafür ist die Messfrequenz in der Signalverarbeitung des Kamerazielsensors. Im LockNGo™-Zielverfolgungsmodus werden mit einem sehr schnellen digitalen Signalprozessor bis zu 109 Messungen pro Sekunde gemacht. Damit gibt es für die Zielverfolgung innerhalb einer Sekunde 109mal eine Information, in welche Richtung sich das Ziel bewegt. Die Drehgeschwindigkeit des Instruments bei der Zielverfolgung ist abhängig von der Entfernung und der Geschwindigkeit des Objektes. Wie in Tab. 2 dargestellt, wird der maximale Wert von 99 gon/sec bei einer Objektgeschwindigkeit von 7,8 m/sec in 5 m Entfernung erreicht. Die FOCUS 30-Motorik ist somit ausreichend schnell. Das Winkelmesssystem ist mit 200 Hz Taktrate jederzeit in der Lage, im Regelkreis mitzuhalten.

Die Frage ist, ob der Kamerazielsensor das Objekt bei dieser Geschwindigkeit permanent im Sehfeld verfolgen kann, um es nicht zu verlieren. Da das Objekt in der Zielverfolgung immer zentrisch eingestellt wird, ist bei dieser Betrachtung auf das halbe Sehfeld zu reduzieren.

	Objekt bewegt sich mit 1 m/sec = 3,6 km/h (normal laufen)	Objekt bewegt sich mit 7,8 m/sec = 28 km/h (extrem schnell)
100 m	0,64 gon/sec	5 gon/sec
10 m	6,4 gon/sec	50 gon/sec
5 m	12,7 gon/sec	99 gon/sec

Tab. 2 | Erforderliche Winkelgeschwindigkeiten für verschiedene Entfernungen

LockNGo-Parameter	Wert
Maximale Taktrate	109 Hz
Auflösung bei max. 7,8 m/sec	72 mm
Halbes Sehfeld (Winkel)	1,1°
Halbes Sehfeld @ 100 m	1,92 m
Halbes Sehfeld @ 10 m	0,192 m
Halbes Sehfeld @ 5 m	0,096 m

Tab. 3 | LockNGo™ Parameter

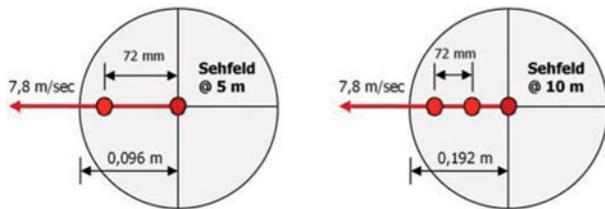


Abb. 13 | Detektierte Positionen im halben Sehfeld bei 5 m und 10 m Entfernung

In Abb. 13 wird gezeigt, dass mit diesen Parametern bei maximaler Objektgeschwindigkeit von 7,8 m/sec selbst in 5 m Entfernung noch eine neue Position im halben Sehfeld bestimmt werden kann, bei 10 m Entfernung sind es bereits zwei neue Positionen. Wenn man dazu noch Reaktionszeiten und Beschleunigungen berücksichtigt, ist es realistisch zu sagen, dass ein FOCUS 30 ein Prisma mit ca. 7 m/sec in 10 m Entfernung verfolgen kann.

In Kombination von StepDrive™- und LockNGo™- Technologie kann ein Prisma sehr genau und fast verzögerungsfrei nachgeführt werden. Ein weiteres Qualitätskriterium ist, wie robust man ein Ziel verfolgen kann, ob es sich von Störeinflüssen ablenken lässt oder was passiert, wenn ein anderer Reflektor in das Sehfeld kommt. Wenn der Kamerazielsensor auf ein Prisma gelockt ist, werden durch eine intelligente Programmierung andere Reflexe im Kamerasehfeld (wie z. B. andere Prismen oder Warnwesten) ignoriert. Bei einer Zielsuche wird ein gefundenes Ziel mehrfach darauf geprüft, ob es sich um ein Prisma handelt. Damit werden z. B. starke Sonnenreflexe oder andere helle Lichtquellen wie Autoscheinwerfer von vornherein eliminiert. Die Referenz zwischen visueller Anzielung mit dem Strichkreuz und der Anzielung mit der Kamera ist über eine Pixel-Koordinate nahe der optischen Achse des Kamerasensors definiert. Damit ist im LockNGo™-Modus die EDM-Messfunktion gewährleistet, weil der EDM ebenfalls koaxial und zum Strichkreuz ausgerichtet ist. Im LockNGo™-Modus wird das Instrument sofort auf das Prisma ausgerichtet und befindet sich automatisch in der Verfolgung. Bei Auslösung einer Messung wird die Ablage des Prismas zur Referenzposition auf der Kamera bestimmt und an den gemessenen Richtungen Hz und V angebracht. Mit dieser Messmethode wird der Messprozess wesentlich beschleunigt. Anstelle des zeitintensiven Einfahrens auf die Prismenmitte wird hier nur ein Bruchteil der Zeit verwendet. Entfernungsmessung und Kameramessung laufen parallel ab. Mit Auslösung der Messung werden bis zum Ende der Entfernungsmessung sehr viele Kameramessungen mit bis zu 109 Hz Messfrequenz durchgeführt, gemittelt und zeitnah dem Entfernungswert zugeordnet. Das reduziert die Latenzzeit zwischen gemessener Richtung und Strecke und erhöht die Messgenauigkeit deutlich.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem FOCUS 30 Instrument von Spectra Precision bekommt der Anwender ein hochgenaues Messinstrument zur Bewältigung der täglichen Aufgaben in der Vermessung, einfach zu bedienen und zuverlässig. Ausgestattet mit modernsten Technologien bei höchstem Bedienkomfort platziert sich dieses Instrument weltweit in der Spitzenklasse elektrooptischer Totalstationen. Das FOCUS 30 reiht sich ein als Flaggschiff in die FOCUS Familie von Spectra Precision. Um-

fangreiches Zubehör und Datenverarbeitungssoftware ergänzen das Sortiment im Angebot. Weitere Informationen dazu unter <http://www.spectraprecision.com/>.

7 LITERATUR

- [1] MARTIN, G. (2005): Trimble Controllers - Technology and Choice for the Integrated Surveying Solution, *White Paper*, Trimble Navigation Ltd. http://www.trimble.com/survey_wp.asp?Nav=Collection-34861
- [2] DRAKE, J., LEMMON, T., MURRAY, K. (2005): GeoLock™ Technology for the Professional Surveyor, *White Paper*, Trimble Navigation Ltd. http://www.trimble.com/survey_wp.asp?Nav=Collection-34973

Dipl.-Ing. Torsten Kludas,

TRIMBLE JENA GMBH

Carl-Zeiss-Promenade 10 | 07745 Jena
E-Mail: Torsten_Kludas@Trimble.com



Dr.-Ing. Michael Vogel,

TRIMBLE JENA GMBH

Carl-Zeiss-Promenade 10 | 07745 Jena
E-Mail: Michael_Vogel@Trimble.com



Dr.-Ing. Bernd Donath,

TRIMBLE JENA GMBH

Carl-Zeiss-Promenade 10 | 07745 Jena
E-Mail: Bernd_Donath@Trimble.com



Dipl.-Phys. Andreas Glimm,

TRIMBLE JENA GMBH

Carl-Zeiss-Promenade 10 | 07745 Jena
E-Mail: Andreas_Glimm@Trimble.com



Dipl.-Ing. Hermann Göring,

TRIMBLE JENA GMBH

Carl-Zeiss-Promenade 10 | 07745 Jena
E-Mail: Hermann_Goring@Trimble.com

