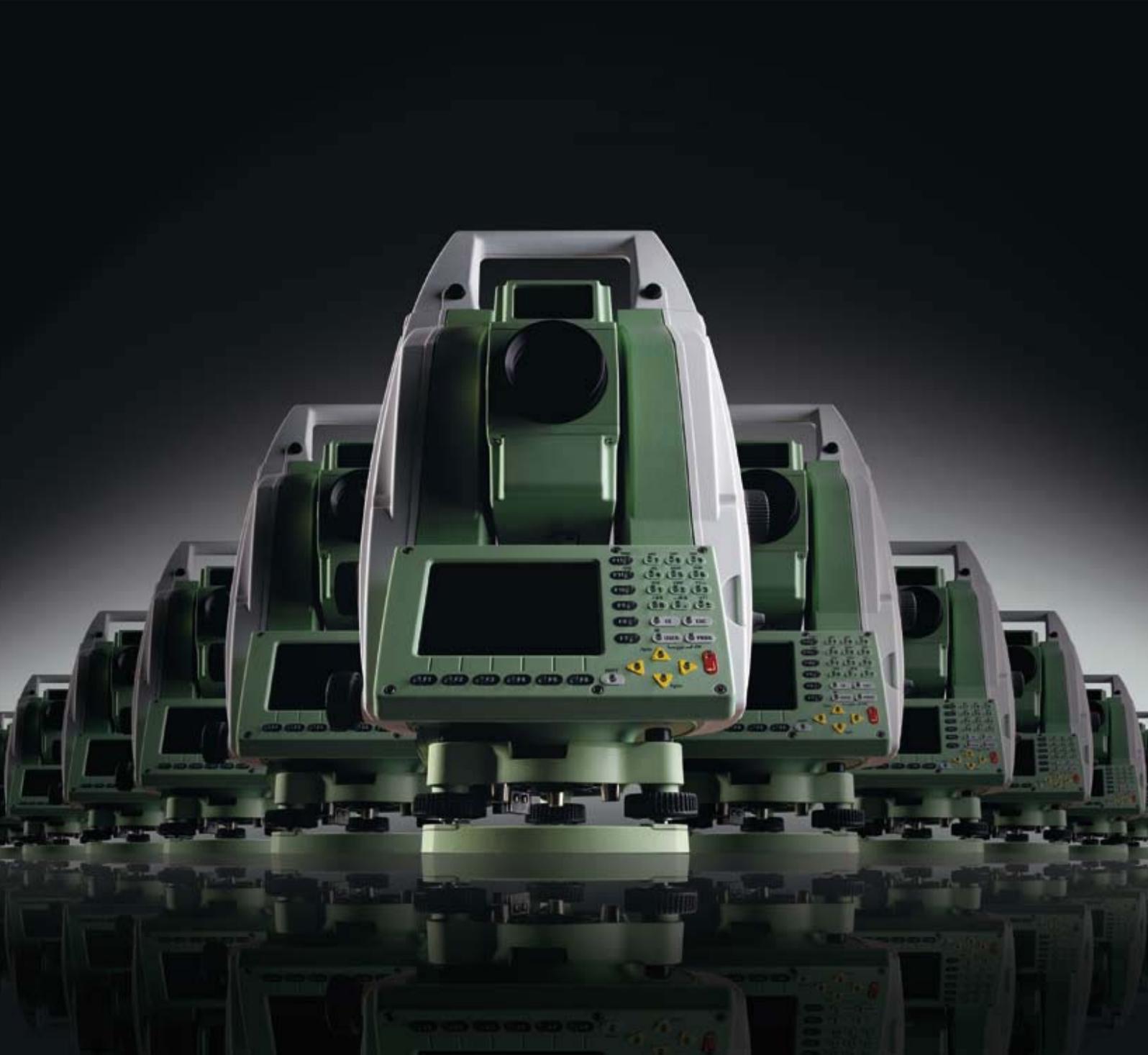


# Leica TS30

## White Paper



- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems

März 2009

Hans-Martin Zogg, Werner Lienhart, Daniel Nindl  
Leica Geosystems AG  
Heerbrugg, Schweiz

# Höchste Genauigkeit, Geschwindigkeit und Leistung - perfekt kombiniert

## Übersicht

Dieses White Paper präsentiert die weltweit modernste Totalstation mit höchster Genauigkeit – die Leica TS30. Die Leica TS30 kombiniert eine bislang unerreichte Genauigkeit mit bester Qualität und Leistung. Neueste Technologien werden in der TS30 von Leica Geosystems eingesetzt. Entscheidende Faktoren, welche die beeindruckende Genauigkeit, Qualität und Leistung dieser neuen Totalstation ermöglichen, sind die mechanische Konstruktion der TS30 in Kombination mit genauester Winkelmessung bei hoher Messfrequenz (bis 5000 Winkelmessungen pro Sekunde), der Motorisierung mittels Direktantrieben basierend auf der Piezo-Technologie und der optimierten elektro-optischen Distanzmessung.

## Einleitung

Höchste Genauigkeit und Zuverlässigkeit sind entscheidende Aspekte bei herausfordernden Ingenieurvermessungsprojekten. Neben dem optimalen Messaufbau spielen die richtige Auswahl sowie die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messinstrumente eine wichtige Rolle für den Erfolg eines Ingenieurprojektes. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts entwickelt Leica Geosystems vermessungstechnische Lösungen für höchstmögliche Ansprüche basierend auf den neuesten, revolutionärsten und genauesten Technologien. Vor mehr als 75 Jahren wurde der Theodolit WILD T3 der Öffentlichkeit vorgestellt. Dieser Theodolit mit einer Winkelmessgenauigkeit von 0.5" erweckte bei Vermessungsingenieuren weltweit großes Interesse wegen seiner einzigartigen Genauigkeit. In den 70er Jahren wurde die Elektronik und Automatisierung in die Entwicklung und Produktion von Tachymetern integriert. Zu Beginn der 80er Jahre brachte Leica Geosystems den TC2000 auf den Markt. Der TC2000 vereinte erstmalig höchste Genauigkeit und beste Qualität zusammen mit der Automatisierung von Messprozessen (Abb. 1). Ausgerüstet mit dem ersten hochgenauen elektronischen Winkelmesssystem von Leica Geosystems vereinte der TC2000 die hohe Winkelmessgenauigkeit mit der elektro-optischen Distanzmessung (EDM). Leica Geosystems setzte die Mission weiter fort, ihre Kunden mit der besten ver-

messungstechnischen Ausrüstung auszustatten, und brachte Mitte der 90er Jahre die TCA2003 Totalstation auf den Markt - die nächste Generation von Totalstationen mit einer Winkelmessgenauigkeit von 0.5". Zusätzlich zur elektro-optischen Distanzmessung wurde die Messeffizienz mit der Automatisierung des Messprozesses durch die Entwicklung der automatischen Zielerfassung (ATR) deutlich verbessert. Die neueste Generation der hochgenauen Totalstationen von Leica Geosystems ist die TS30. Die Leica TS30 erreicht eine bislang unübertroffene Genauigkeit und Leistung zusammen mit einer unbegrenzten Flexibilität und Modularität durch die vollständige Kompatibilität mit den Komponenten der Leica System 1200 Serie.



Abb. 1: Leica Geosystems 0.5"-Totalstationen.

In Bezug auf Zeit, Kosten und Qualität werden Ingenieurprojekte zunehmend größer und anspruchsvoller. Daher nimmt die Nachfrage nach noch genaueren, noch zuverlässigeren und noch effizienteren Vermessungsinstrumenten kein Ende. Ebenso sind lange Serviceintervalle und somit kurze Ausfallzeiten sowie geringe Wartungskosten bei Vermessungsinstrumenten von großer Bedeutung für die effiziente und erfolgreiche Durchführung von Ingenieurprojekten.

## Leica TS30 – weltweit führend in Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Robustheit und Geschwindigkeit

Die Lösung von Leica Geosystems für die zunehmenden Ansprüche an Genauigkeit und Effizienz von Totalstationen ist die Leica TS30 (Abb. 1). Die TS30 ermöglicht Winkelmessungen mit einer Genauigkeit von 0,5" (getestet nach ISO 17123-3). Die Distanzmessgenauigkeit mit dem PinPoint EDM auf Leica Prismen beträgt 0.6mm + 1ppm (getestet nach ISO 17123-4). Abhängig von den atmosphärischen Bedingungen und den Zielreflexionseigenschaften können Distanzen bis zu 12000m gemessen werden. Für reflektorlose Distanzmessungen ist die Leica TS30 mit dem System Analyzer von Leica Geosystems ausgestattet. Dieser ermöglicht reflektorlose Distanzmessungen mit sehr hoher Genauigkeit auf alle natürlichen Oberflächen mit einer Reichweite von bis zu 1000m (vgl. Bayoud, 2006).

Die TS30 erlaubt sehr schnelle und hochgenaue Messungen. Sie wurde insbesondere für höchste Messqualität bei manueller Anzielung sowie bei automatisiertem Messprozess mit automatischer Zielerfassung entwickelt.

Die neu entwickelten Direktantriebe basieren auf dem Piezo-Effekt. Sie ermöglichen sehr schnelle, effiziente und automatisierte Messungen. Die Drehgeschwindigkeit der Alhidade und des Fernrohrs beträgt 200gon/s. Damit ist die Leica TS30 viermal schneller als Totalstationen mit herkömmlichen Antriebstechnologien. Diese neuen Direktantriebe steigern die Messeffizienz deutlich. Insbesondere in der Ein-Personen-Vermessung und in dynamischer Umgebung wird die Leistung dieser Antriebe optimal ausgenutzt; denn die integrierten Funktionen wie die automatische Zielerfassung (ATR, bis zu 1000m), PowerSearch (PS, Auto-Prismensuche auf Knopfdruck) und die elektronische Zieleinweishilfe (EGL, für die Absteckung) beschleunigen den automatisierten Messprozess stark.

Die TS30 ist vollumfänglich in das X-Function System von Leica Geosystems integriert, welches die unbegrenzte Flexibilität durch die Kompatibilität mit allen Komponenten der Leica System 1200 Serie bietet. Die Totalstation, die GNSS SmartAntenna und die Instrumenten-Software Leica SmartWorx können durch das modulare Design nahtlos miteinander kommunizieren.

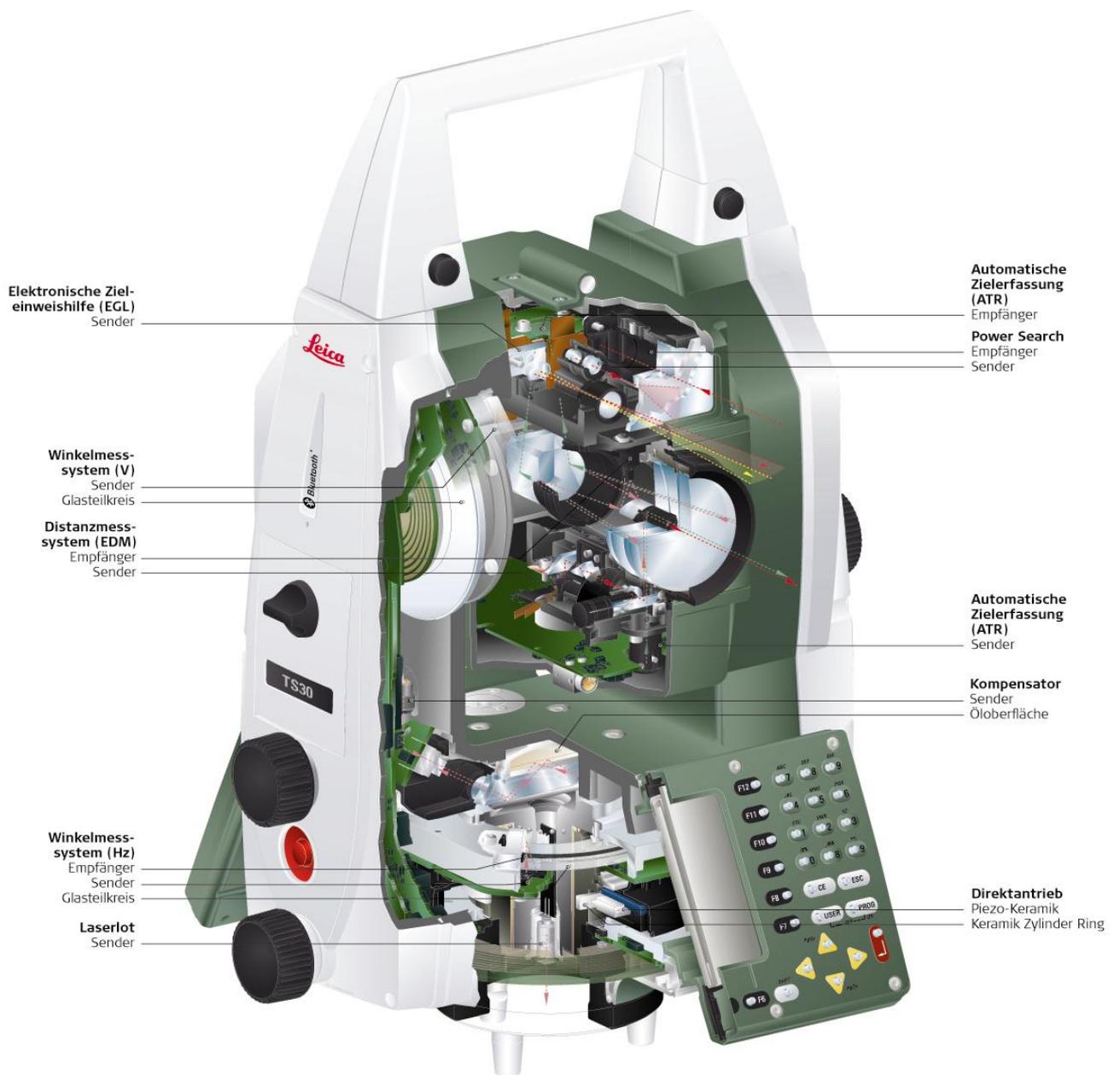
Der Fokus dieses White Paper liegt auf der Beschreibung der Neuentwicklungen und der verwendeten Technologien in der Leica TS30 Totalstation. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die mechanische Konstruktion, das Winkelmesssystem, die Direktantriebe basierend auf der Piezo-Technologie und die elektro-optische Distanzmessung gelegt.

## Die mechanische Konstruktion

Der Anspruch von höchster Genauigkeit kombiniert mit hoher Geschwindigkeit erfordert neue Lösungen im Bereich der Konstruktion und Design von Totalstationen. Die TS30 hat einen sehr stabilen Oberbau (Alhidade), der die nötige Stabilität und Robustheit für die Winkelmessgenauigkeit von 0,5" bei allen äußeren - auch veränderlichen - Bedingungen (Temperaturwechsel, Wind, Regen, usw.) garantiert. Neben der mechanischen Konstruktion ist auch die Homogenität der verwendeten Materialstruktur von hoher Wichtigkeit. Deshalb wird die Stütze der TS30 mit einem Niederdruckguss-Verfahren hergestellt, bei dem das Material langsam und nur mit Hilfe der Schwerkraft in die Form gegossen wird. Dabei wird im Gegensatz zum allgemein verwendeten Spritzguss-Verfahren weniger Spannung auf das Material ausgeübt, sodass eine homogenere Materialstruktur entsteht. Das Niederdruckguss-Verfahren trägt erheblich zur Steifigkeit der Stütze bei. Um eine maximale Steifigkeit und Stabilität der TS30 zu erreichen, wurde die Stütze, verglichen zu 1"-Instrumenten, zusätzlich verbreitert.

Abb. 2 zeigt einen Schnitt durch die TS30 Totalstation. Auffallend sind insbesondere die Position und die Größe der codierten Glaskreise zur Ablesung der Horizontal- und Vertikalwinkel. Die Winkelmessgenauigkeit und die Winkelauflösung werden bei zunehmendem Durchmesser der Glaskreise verbessert. Daher wurde der Durchmesser der codierten Glaskreise der Leica TS30 im Vergleich zu Totalstationen mit 1"-Winkelgenauigkeit um etwa 15% vergrößert.

Für eine ergonomischere Bedienung wurde die TS30 mit einem zusätzlichen Vertikal-Feintrieb und einer seitlichen Auslösetaste (Smart-Taste) ausgestattet, deren Funktion frei wählbar ist. Der dritte Vertikal-Feintrieb, der die Bedienung der TS30 mit einer Hand wesentlich vereinfacht, ist über dem Horizontal-Feintrieb angebracht. Dazwischen liegt - auf einer Linie mit der Kippachse - die Smart-Taste, die das Auslösen von Messungen ohne Einwirkung von Tangentialkräften auf die Alhidade ermöglicht.

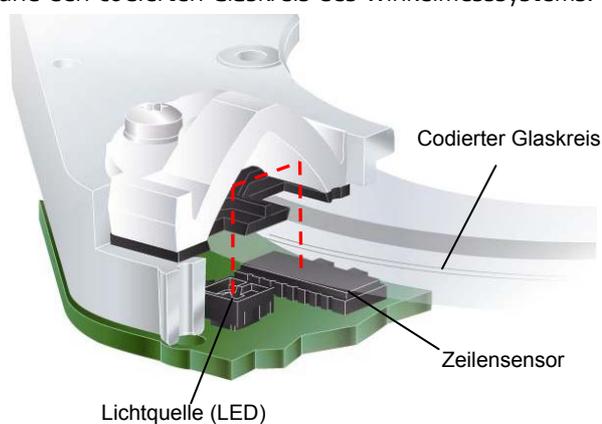


Copyright Leica Geosystems AG, 2009

Abb. 2: Schnittzeichnung einer Leica TS30 Totalstation.

## Die Winkelmessung

Das Winkelmesssystem (horizontal und vertikal) ist eine der entscheidenden Komponenten der TS30. Unter hoher Geschwindigkeit der Direktantriebe müssen hochgenaue Winkelmessungen garantiert werden. Das Winkelmesssystem besteht im Wesentlichen aus einem codierten Glaskreis und vier Winkelencodern – also mit vierfacher Ableseung. Der Encoder setzt sich aus einer Lichtquelle (LED), Spiegeln zum Reflektieren des austretenden Lichts und einem Zeilensensor zusammen. Der Code auf dem Glaskreis besteht aus radial ausgerichteten Strichen und ist absolut und kontinuierlich. Damit entfällt die Initialisierung des Instrumentes vor den Messungen. Abb. 3 zeigt beispielhaft die 3D-Darstellung eines Encoders und den codierten Glaskreis des Winkelmesssystems.



**Abb. 3: Ein einzelner Encoder des Winkelmesssystems mit Lichtquelle (LED) und Zeilensensor.**

Zur Winkelmessung wird ein Lichtstrahl, der aus der LED austritt, durch den Glaskreis hindurch auf den Zeilensensor projiziert. Das Bild des Zeilensensors wird decodiert und in eine relative Winkelangabe umgewandelt. Der erste grobe Winkel wird mit einer Genauigkeit von ca. 0.3gon anhand der codierten Striche bestimmt. Die genaue Winkelmessung erfolgt durch die Codestriche, deren exakte Position durch einen von Leica Geosystems entwickelten Algorithmus ermittelt wird. Zur Positionsbestimmung müssen mindestens 10 Codestriche durch den Zeilensensor erfasst werden. Um die Interpolationsqualität der aktuellen Position zu steigern, werden für die Signalauswertung mindestens 30 Codestriche verwendet. Wichtige Merkmale und Vorteile des Winkelmesssystems der TS30 sind die hohe Messfrequenz mit bis zu 5000 Messungen pro Sekunde und der vierfache Winkelabgriff. Die hohe Messfrequenz ermöglicht ein

direktes und präzises Steuern der Direktantriebe basierend auf den Encodern des Winkelmesssystems. Dadurch kann die gewünschte Position mit hoher Genauigkeit durch die Direktantriebe ohne iterative Korrekturen erreicht werden. Bei anderen Totalstationen mit herkömmlichem Winkelmesssystem verwendet die Antriebssteuerung einen zusätzlichen Encoder auf der Motorachse, weil die Winkelmessfrequenz lediglich wenige Hertz beträgt und somit eine direkte Steuerung der Motoren nicht möglich ist. Der Motor-Encoder selbst ist schnell, jedoch zu ungenau, und erfordert deshalb von Zeit zu Zeit ein Synchronisieren mit dem Winkelmesssystem. Dennoch können Differenzen zwischen Motor-Encoder und dem Winkelmesssystem auftreten, die eine ungenaue Positionierung der Alhidade verursachen und somit eine iterative Positionierung erfordern.

Für hochgenaue Winkelmessungen wird bei der Leica TS30 die aktuelle Position des codierten Glaskreises durch einen vierfachen Winkelabgriff bestimmt. Die Vorteile dieses Systems sind entscheidend, denn dadurch können systematische und periodische Fehler eliminiert und die Messgenauigkeit gesteigert werden. Auch die Zuverlässigkeit der Winkelmessung wird dadurch verbessert.

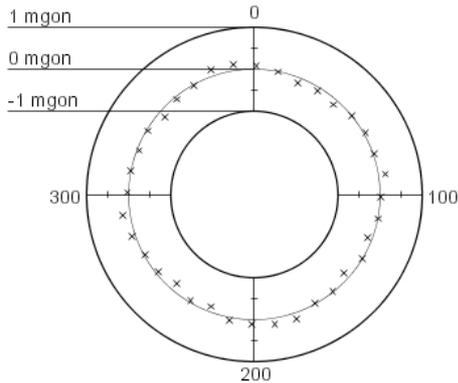
Durch die Verwendung von zwei Encodern für die Winkelmessung wird der zyklische Exzentrizitätsfehler des codierten Glaskreises bezüglich der Stehachse der Totalstation eliminiert. Zwei weitere Encoder beseitigen weitere kleinere  $\pi$ -periodische Fehler, die durch das System bestimmt werden.

Die Winkelmessgenauigkeit wird durch die Verwendung von vier Encodern (im Gegensatz zu zwei) gemäß der Varianzfortpflanzung um etwa den Faktor 0,7 verbessert (vgl. Gleichung 1). Die Zuverlässigkeit wird durch die höhere Anzahl der Winkelmessungen verbessert.

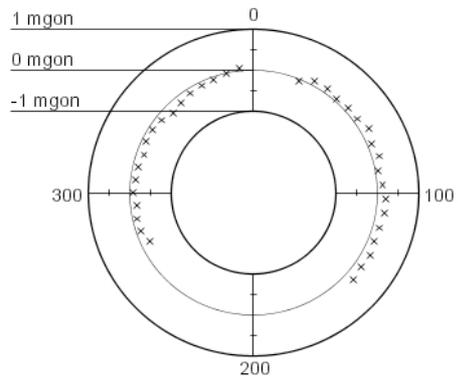
$$\sigma_{4Encoder} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_{2Encoder} \quad (1)$$

Die Winkelmessgenauigkeit der Leica TS30 wurde mit der TPM-2 (Theodolit-Prüfmaschine) von Leica Geosystems getestet und zertifiziert. Die Theodolit-Prüfmaschine (vgl. Lippuner und Scherrer, 2005) gehört zum Kalibrierlabor von Leica Geosystems für Strecken und Winkel. Das Labor ist durch die Schweizerische Akkreditierungsstelle (SAS) zugelassen, die dem Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartement unterstellt ist. Die Standardabweichung ( $1\sigma$ ) der TPM-2 Winkelmessung beträgt 0.018mgon (0.058")

für Horizontalwinkel und 0.028mgon (0.091") für Vertikalwinkel. Um die Winkelmessgenauigkeit der Leica TS30 zu prüfen, werden die Horizontal- und Vertikalwinkel mit den Messungen der TPM-2 verglichen. Die Standardabweichung wird gemäß ISO 17123-3 berechnet. Die Leica TS30 hat eine Winkelmessgenauigkeit von 0.15mgon (0.5"). In Abb. 4 und 5 werden Beispiele von Testmessungen der TPM-2 mit der TS30 dargestellt. Die Abbildungen zeigen die Differenzen der Horizontal- und Vertikalwinkelmessungen zwischen der TPM-2 und der TS30.



**Abb. 4: Ergebnisse der TPM-2 für Hz-Winkel**  
Standardabw. nach ISO 17123-3 (n = 36) = 0.14mgon.

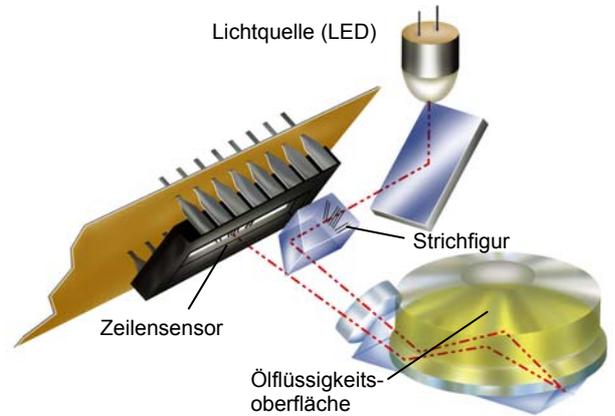


**Abb. 5: Ergebnisse der TPM-2 für V-Winkel**  
Standardabw. nach ISO 17123-3 (n = 36) = 0.13mgon.

Der letzte Schritt bei der Winkelmessung mit Totalstationen ist die Korrektur der Rohwinkel durch folgende vier Parameter (Leica Geosystems Quadrupel-Fehlerkompensation):

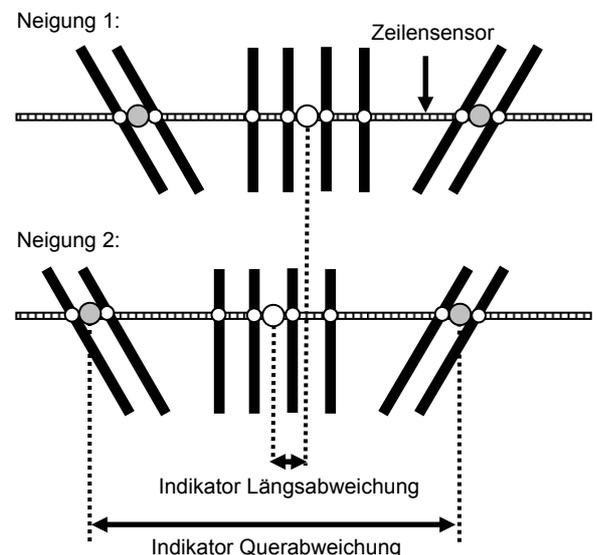
- Aktuelle Längs- und Querabweichung des Horizontes der Totalstation bestimmt mit einem Zweiachs-Neigungssensor (l, t)
- Höhenindexfehler (i, in Bezug zur Stehachse)
- Zielachsfehler (c)
- Kippachsfehler (a)

Der Zielachsfehler, der Kippachsfehler und der Höhenindex können regelmäßig durch den Anwender selbst über ein Standardverfahren bestimmt werden. Dieses Verfahren ist als Systemprogramm in der TS30 gespeichert ist.



**Abb. 6: Prinzip des Zweiachs-Neigungssensors**

Der Zweiachs-Neigungssensor überwacht den Horizont der Totalstation, der im Idealfall senkrecht zur Lotlinie liegt. Der in der TS30 eingebaute Neigungssensor erkennt die aktuelle Abweichung von der Lotlinie. Abb. 6 zeigt das Prinzip dieses Zweiachs-Neigungssensors.



**Abb. 7: Strichfigur zur Messung der Längs- und Querabweichung durch einen Zeilensensor. Die Striche bewegen sich längs und quer zum Zeilensensor. Zum Erfassen der Längs- und Querabweichung ist die Verschiebung der unterschiedlichen Schwerpunkte der Strichfigur entscheidend.**

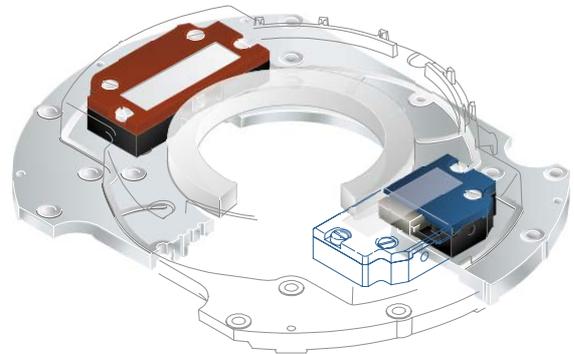
Der Neigungssensor besteht im Wesentlichen aus einer Öflüssigkeitsschicht in einer Schale mit einer Linse und einem Spiegel, einem Prisma mit aufgedruckter Strichfigur, einem Zeilensensor und einer Lichtquelle. Die Strichfigur wird auf den Zeilensensor projiziert, nachdem es die Ölschicht passiert und zweimal auf der Oberfläche reflektiert wurde. Die besondere dreieckförmige Strichfigur ermöglicht die Erfassung beider Neigungskomponenten mit einem ein-dimensionalen Empfänger (Zeilensensor) (Abb. 7). Bei einer Querabweichung verändert sich der Abstand zwischen den unterschiedlich ausgerichteten Strichen. Bei einer Längsneigung verschiebt sich der Mittelpunkt der gesamten Strichfigur entlang des Zeilensensors. Dieser Aufbau des Zweiachs-Neigungssensors ermöglicht eine sehr kompakte Bauweise. Der Sensor sitzt in der Mitte der Stehachse der Totalstation. Dadurch wird der Flüssigkeitsspiegel beim Drehen der Alidade möglichst stabil gehalten und die Beruhigungszeit der Ölschicht minimiert, so dass nach dem Drehen sofort Neigungsmessungen möglich sind.

## Die Motorisierung

Zur Motorisierung der Leica TS30 werden Direktantriebe basierend auf dem Piezo-Effekt verwendet. Dabei wird elektrische Spannung direkt in mechanische Bewegung umgewandelt. Die Möglichkeit, maximale Geschwindigkeit und Beschleunigung zusammen mit fast unendlich kleiner Schrittgröße umzusetzen, sind die wesentlichen Leistungsmerkmale der Direktantriebe der Leica TS30. Diese fast unendlich kleine Schrittgröße wird für Messungen höchster Genauigkeit benötigt. Die Leica TS30 ist die einzige Totalstation, die Direktantriebe basierend auf dem Piezo-Effekt für die Horizontal- und Vertikalbewegungen verwendet.

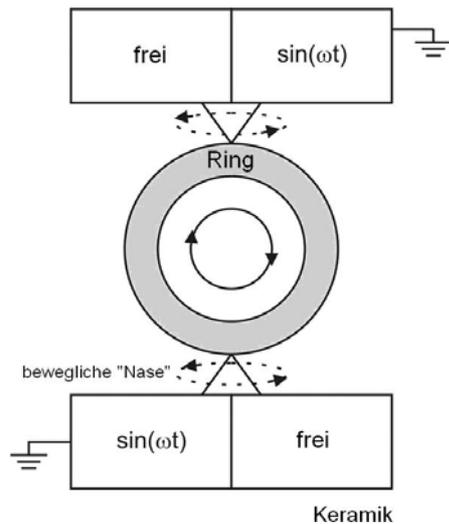
Der Piezo-Effekt wurde bereits im Jahr 1880 entdeckt. Dieser Effekt beschreibt die Erzeugung elektrischer Ladung durch künstliche Verformung (z.B. durch Ausübung von Druck) von bestimmten kristallinen Mineralen (z.B. Quarz). Die Umkehrung dieses Effektes – der inverse Piezo-Effekt – zieht die kristallinen Minerale zusammen oder dehnt sie aus, indem sie einem elektrischen Feld ausgesetzt werden. Die Deformation der Minerale (Größe und Richtung) hängt von der Polarisierung der Minerale und der Stärke des elektrischen Felds ab. Ein wechselndes elektrisches Feld führt zu zyklischen Veränderungen der kristallinen Minerale. Diese Veränderungen können für den

Antrieb verwendet werden. Anstelle kristalliner Minerale können heutzutage auch künstlich hergestellte Keramiken als piezo-elektrische Materialien verwendet werden. Dies ermöglicht, dass der Piezo-Effekt in vielen Anwendungen eingesetzt werden kann (vgl. Uchino und Giniewicz, 2005).



**Abb. 8 – Direktantrieb der TS30 Totalstation.**

Für die TS30 Totalstation werden zwei gegenüberliegend montierte piezo-elektrische Keramiken verwendet, um einen keramischen Zylinderring – den Rotor – zu beschleunigen und präzise zu bewegen. Der Rotor befindet sich an den sich bewegenden Teilen der Steh- und Kippachse (Abb. 8). Die montierten Keramiken sind polarisiert und in zwei Elektroden aufgeteilt – eine aktive und eine passive (Abb. 9). Der Zustand (aktiv oder passiv) der einzelnen Elektroden kann geändert werden. Oben auf der Keramik zwischen den beiden Elektroden befindet sich je eine sogenannte „Nase“, welche die Bewegungen der fest montierten Keramiken auf den Keramikring überträgt. Die montierten Keramiken und entsprechend die dazugehörigen beweglichen Nasen führen elliptische Bewegungen aus, falls sie durch einen sinusförmigen Wechselstrom angeregt werden. Die Richtung und die Geschwindigkeit der elliptischen Bewegungen werden durch die einzelnen aktiven Segmente der fest montierten Keramiken und der Stromstärke bestimmt.



**Abb. 9: Funktionsprinzip der Direktantriebe der TS30 basierend auf dem Piezo-Effekt.**

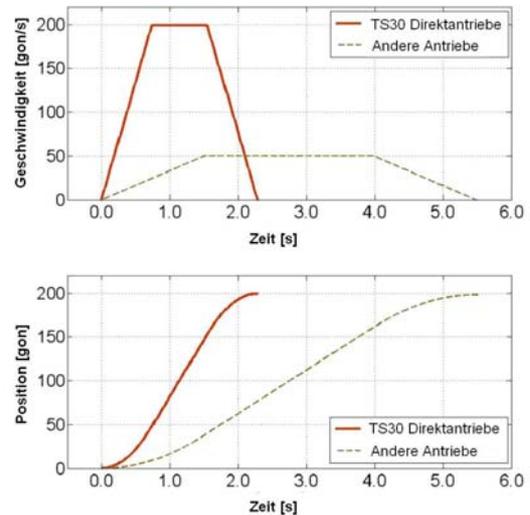
Die eingesetzte Piezo-Technologie ermöglicht eine sehr schnelle Motorisierung mit hoher Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie Schrittgrößen im Nanometer-Bereich bei niedrigem Stromverbrauch. Die Langlebigkeit und die langen Serviceintervalle der Direktantriebe werden durch die Eliminierung der beweglichen Teile bei der Kraftübertragung erreicht. Für den Antrieb werden keine Zahnräder mehr benötigt. Die Direktantriebe der Leica TS30 erzeugen kein magnetisches Feld und werden auch nicht von einem solchen beeinträchtigt. Diese Faktoren sorgen für einen uneingeschränkten Einsatz auch in der Nähe magnetischer Felder, wie sie beispielsweise in Stromkraftwerken auftreten können.

Verglichen mit herkömmlichen Antrieben bieten die Leica TS30 Direktantriebe folgende Vorteile:

- Hohe Geschwindigkeit (bis zu 200gon/s)
- Hohe Beschleunigung (bis zu 400gon/s<sup>2</sup>)
- Lange Lebensdauer und Robustheit
- Keine Geräusentwicklung
- Kompakte Konstruktion
- Kein Stromverbrauch in Ruhestellung

Die Direktantriebe der TS30 Totalstation reduzieren die Positionierungszeiten der Alhidade und des Fernrohrs erheblich. Abb. 10 zeigt einen Vergleich zwischen einem Direktantrieb basierend auf dem Piezo-Effekt und einem konventionellen Antrieb beim Lagewechsel (Drehung um 200gon). Die aktuelle Ge-

schwindigkeit und Position wird in Relation zur benötigten Zeit dargestellt. Die maximale Geschwindigkeit der TS30 Direktantriebe ist mindestens viermal höher als die von herkömmlichen Standardantrieben. Die Zeit für die Positionierung wird um mindestens die Hälfte verkürzt.



**Abb. 10: Geschwindigkeiten und Positionierungszeiten eines TS30 Direktantriebs verglichen mit einem konventionellen Antrieb.**

Der Stromverbrauch motorisierter Totalstationen ist ein entscheidender Faktor bezüglich der Betriebsdauer der Instrumente mit Batterien. Geringer Stromverbrauch, besonders in Ruhestellung, erhöht die Betriebsdauer der Totalstation deutlich. Die Direktantriebe der Leica TS30 benötigen nur in Bewegung Strom. In Ruhestellung verbrauchen sie keinen Strom. Die Direktantriebe können die horizontalen und vertikalen Positionen der Alhidade und des Fernrohrs ohne Stromverbrauch halten. Dies spart Energie, entwickelt keine Hitze und ermöglicht längere Messzeiten verglichen mit anderen Instrumenten. Die Kontrolle der im Innern entstehenden Hitze ist äußerst wichtig, denn sie hat Einfluss auf die hochgenauen Messungen. Zusätzlich werden die horizontale und vertikale Position der TS30 Totalstation durch die eingesetzten Direktantriebe sehr stabil gehalten. Dies ermöglicht sehr stabile Fernrohrpositionen während des Anzielens und des Auslösens der Messungen ohne jegliche Positionsschwankungen. Einen qualitativen Vergleich zwischen den TS30 Direktantrieben, einem herkömmlichen Antrieb und einem magnetischen Antrieb zeigt Tabelle 1.

	Leica TS30 Direktantrieb	Konventioneller Antrieb	Magnet. Antrieb
Geschwindigkeit	++	-	+
Beschleunigung	++	-	+
Auflösung	++	+	+
Stromverbrauch in Ruhe	+	+	-
Fernrohr- stabilität beim Anzielen	++	++	-

**Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher Antriebstechnologien für Totalstationen (++ überlegener Vorteil, + Vorteil, - Nachteil der entsprechenden Technologie).**

Aufgrund der Tatsache, dass Direktantriebe basierend auf dem Piezo-Effekt keine Zahnräder oder zusätzliche mechanische Lager verwenden, entsteht fast keine erkennbare Abnutzung, wodurch die Lebensdauer der Motorisierung deutlich verlängert wird. Auch die Serviceintervalle können erheblich vergrößert werden.

## Die elektro-optische Distanzmessung

Für die elektro-optische Distanzmessung (EDM) auf Prismen, Reflexfolien oder natürliche Oberflächen wird das von Leica Geosystems entwickelte PinPoint EDM-System eingesetzt, bei dem ein sichtbarer Laserstrahl koaxial zur optischen Achse ausgesandt wird. Das reflektierte Licht wird von einem empfindlichen Lichtempfänger erkannt und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Durch das Digitalisieren, Akkumulieren und Analysieren des Signals wird die Distanz zum Zielpunkt bestimmt. Die Modulationsfrequenz von 100 MHz ist die Zeitbasis für die hohe Messgenauigkeit.

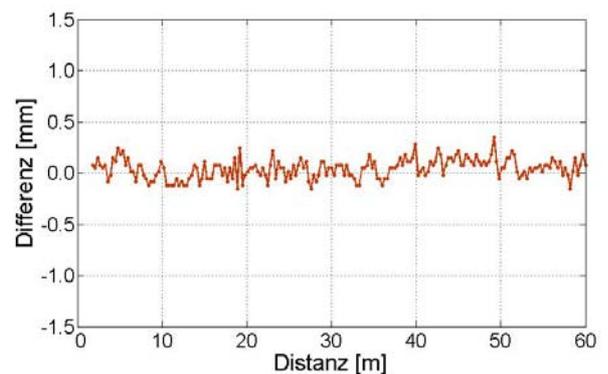
Leica Geosystems reflektorloser PinPoint R1000 EDM misst auf natürliche Oberflächen bis zu einer Reichweite von 1000m. Um diese langen Distanzmessungen ohne Prismen oder Reflexfolien durchführen zu können, wurde die von Leica Geosystems entwickelte zuverlässige System Analyzer Technologie implementiert. Dieses Verfahren ermöglicht die Prüfung aller Signalinformationen zur Distanzbestimmung und kombiniert die Vorteile des Phasenvergleichsverfahrens und der Laufzeitmessung (vgl. Bayoud, 2006). Für jede Messung werden zusätzlich die momentanen

Eigenschaften des EDM-Laserstrahls und der Zielqualität durch den System Analyzer bestimmt. Zum Schluss wird durch moderne Signalauswertungsmethoden basierend auf Maximum-Likelihood die Distanz berechnet.

Für die TS30 Totalstation wurde der Leica PinPoint EDM weiter verbessert, um eine noch höhere Genauigkeit zu erzielen. Distanzmessungen auf Rundprismen (GPH1P) erreichen jetzt eine Genauigkeit von 0,6mm + 1ppm (getestet nach ISO 17123-4). Das EDM-System wählt dabei intelligent bestimmte Messfrequenzen abhängig von den Umgebungsbedingungen aus. Der verbesserte EDM verwendet zusätzliche und unterschiedliche Frequenzen und unterdrückt Mehrfachreflexionen zwischen Instrument und Ziel. Des Weiteren berücksichtigt der Messprozess mehrere Messungen, die die Genauigkeit erhöhen und die Zuverlässigkeit der gemessenen Distanz verbessern.

Der PinPoint EDM bietet viele Vorteile für die Distanzmessung der TS30. Neben der sehr hohen Zuverlässigkeit und Messqualität sind auch Messungen unter schwierigen äußeren Bedingungen wie Staub, Rauch, Nebel, Regen oder Schneefall möglich.

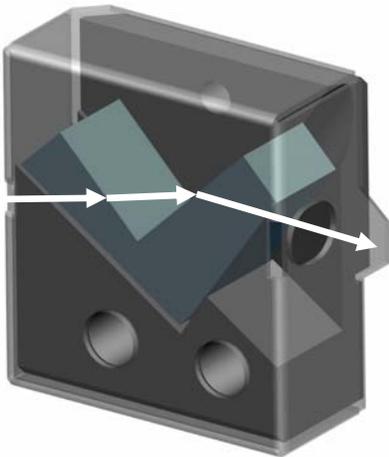
Die Distanzmessgenauigkeit der TS30 wird in Leica Geosystems akkreditierten Messlaboratorien verifiziert. Dabei werden die gemessenen Distanzen mit nominellen Distanzen, die mit einem Interferometer bestimmt wurden, verglichen. Abb. 11 zeigt die Ergebnisse einer Testmessung.



**Abb. 11: Distanzdifferenzen zwischen Interferometer und TS30 bei unterschiedlichen Reichweiten.**

Neben den Verbesserungen in der Elektronik und der Signalanalyse des Distanzmesssystems wurde auch die Form des Laserstrahls weiter verbessert. Das Profil und der Footprint des Laserstrahls wurden weiter optimiert. Das inhomogene Umgebungslicht des Laserstrahls wird „abgeschnitten“. Dieses in der

Peripherie befindliche Licht kann die Distanzmessung durch zufällige Reflexionen am Objekt beeinträchtigen. Zusätzlich wird der Laserstrahl durch einen Anamorphoten (Abb. 12) neu geformt. Die neue Form ermöglicht eine bessere Distanzmessleistung, insbesondere auf Prismen.



**Abb. 12: Anamorphot zur Formgebung des Laserstrahls mit schematischem Strahlengang.**

## Zusammenfassung – Vorteile und Nutzen der Leica TS30 Totalstation

Die Leica TS30 kombiniert Genauigkeit, Leistung und Effizienz, um anspruchsvolle Vermessungen in Ingenieurprojekten mit höchster Genauigkeit zu erfüllen. Die Vorteile der Leica TS30 Totalstation sind beeindruckend. Ausgestattet mit neuester Technologie erhöht diese Totalstation die Messeffizienz vor Ort durch eine bislang unerreichte Messreichweite (auf Prismen und natürliche Oberflächen) mit höchster Genauigkeit. Die TS30 Totalstation unterstützt vollständig die Leica Geosystems X-Function.

### Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit

Die besondere mechanische Konstruktion und das schnelle Winkelmesssystem mit vierfachem Abgriff ermöglicht Winkelmessungen mit einer Genauigkeit von 0,5". Höchste Genauigkeit und beste Leistung erfordern eine einzigartige mechanische Konstruktion, die Umwelteinflüsse bei Messungen auf ein Minimum reduziert. Der dritte zusätzliche Feintrieb lässt ergonomische Messungen mit nur einer Hand zu. Die vom Anwender definierbare Smart-Taste ermöglicht Messungen ohne tangentialen Druck auf die Alhidade.

### Schnelle und zuverlässige Leistung

Qualität, Zuverlässigkeit und Effizienz sind bei allen Vermessungen oder Ingenieurprojekten von höchster Wichtigkeit. Die TS30 Totalstation erfüllt diese Eigenschaften. Messeffizienz und Leistung ist das Resultat der optimalen Kombination unterschiedlicher Sensoren. Die schnelle und präzise Winkelmessung (bis zu 5000 Winkel/s), das PinPoint EDM-System und die Motorisierung der TS30 durch Direktantriebe basierend auf dem Piezo-Effekt ermöglichen eine Positionierung von höchster Genauigkeit in kürzester Zeit. Zur hohen Zuverlässigkeit der TS30 gehören auch die lange Lebensdauer und die langen Serviceintervalle.

### X-Function

Die Leica TS30 ist vollständig in das X-Function System von Leica Geosystems integriert. Neben der Kompatibilität der Hardware (z.B. GNSS, Funk-Tragegriff, Zubehör, usw.) und Leica Geosystems Datenmanagement wird die TS30 auch mit der Instrumenten-Software Leica SmartWorx bedient. Darin sind die Anwendungsprogramme mit der bekannten grafischen Benutzeroberfläche enthalten. Die Integration der Leica TS30 in die X-Function erlaubt eine unbegrenzte Flexibilität und Modularität durch die umfassende Kompatibilität mit den Komponenten der am Markt etablierten Leica System 1200 Serie.

### Literatur

- Bayoud, F. (2006): Leica Geosystems' PinPoint EDM Technology with Modified Signal Processing and Novel Optomechanical Features. In: Proceedings vom XXIII FIG Kongress, München, 2006.
- Lippuner, H. and Scherrer, R. (2005): Die neue Theodolit-Prüfmaschine TPM-2 von Leica Geosystems. Allgemeine Vermessungsnachrichten AVN, 05/2005.
- Uchino, K. and Giniewicz, J. (2005): Micromechatronics. Verlag: Marcel Dekker Inc., New York, Basel.

Ob Sie einen Wolkenkratzer vermessen oder einen Tunnel, die Bewegungen eines Vulkanhanges überwachen oder Objekte auf einer Baustelle – Sie brauchen Daten, auf die Sie sich kompromisslos verlassen können. Leica Geosystems bietet ein umfassendes Portfolio für die präzise Vermessung: hochgenaue Instrumente und innovative Lösungen, mit denen Sie jede noch so herausfordernde Aufgabe jederzeit effizient und erfolgreich umsetzen.

Kunden von Leica Geosystems profitieren von Support und Service über Zeitzonen und Landesgrenzen hinweg. Aktive Kundenbetreuung – das ist eine echte Partnerschaft mit dem Kunden. Wir bieten Ihnen langfristig ein Höchstmaß an Service und Kooperation, den Sie von Leica Geosystems mit Recht erwarten können.

**When it has to be right.**

Abbildungen, Beschreibungen und technische Daten unverbindlich. Änderungen vorbehalten.  
Gedruckt in der Schweiz. Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Schweiz, 2009.  
– 6.09 –INT

**Leica Geosystems Austria GmbH**  
Gudrunstraße 179  
1100 Wien  
Tel: +43 1 98 122 0  
[www.leica-geosystems.at](http://www.leica-geosystems.at)

**Leica Geosystems AG**  
Europa-Strasse 21  
CH 8152 Glattbrugg  
Tel: +41 44 809 33 11  
[www.leica-geosystems.ch](http://www.leica-geosystems.ch)

**Leica Geosystems GmbH Vertrieb**  
Triebstr. 14  
80993 München  
Tel: +49 89 14 98 10 0  
[www.leica-geosystems.de](http://www.leica-geosystems.de)

- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems