

Gliederung: Automatisierte polare Messsysteme

- **Die Grundforderungen an ein Local Positioning System (LPS)**
 - Grobortung
 - Feinzielung
 - Tracking
- **Funktionsmuster und Kleinserien für geodätische- und Navigationsanwendungen**
 - das Elektrische Auge (GIGAS, IFAG)
 - Topomat, ETH
 - Atlas, Elbit
 - Videotheodolite
 - Polarfix
 - MINILIR/IFIS
- **Grundlagen und Technologien**
 - Grobortung
 - Feinzielung
- **Geodätische Entwicklungen**
 - Geotronics (Spectra Precision bzw. Trimble)
 - TOPCON
 - Leica
 - Zeiss/Trimble
 - Sokkia
- **Kombination von GPS und Tachymetrie**
- **Lasertracker**



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Die Zielvorstellung

- ✓ **Ein Mann Vermessung**
- ✓ **Local Positioning System LPS**
- ✓ **Robotertachymeter für Monitoringaufgaben**
- ✓ **Automatische Anzielung**
- ✓ **Tracking**



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Die Vorentwicklungen

Funktionsmuster und Kleinserien für geodätische und Navigations-Anwendungen



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Funktionsmuster und Kleinserien

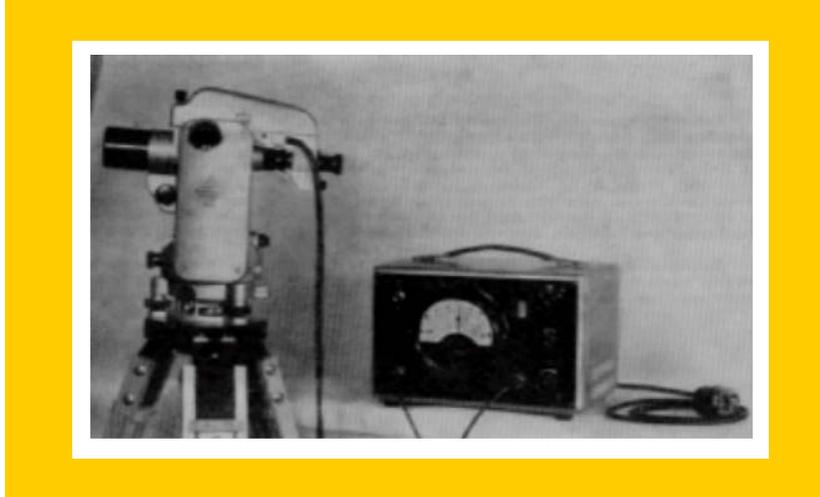
- **1955 das Elektrische Auge (GIGAS)**
- **1980 Georobot, Hannover**
- **1981 IGS, Bonn**
- **1982 Topomat, ETH**
- **1986 Laserfix**
- **1988 Atlas, Elbit**
- **1986 Leica Videotheodolit**
- **1986 Kern Space**
- **1990 Navitrack**



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

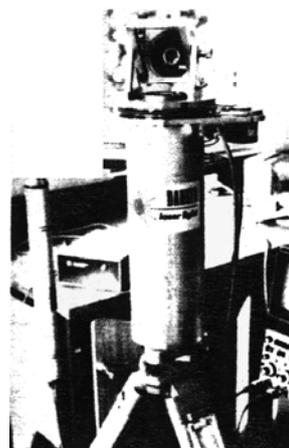
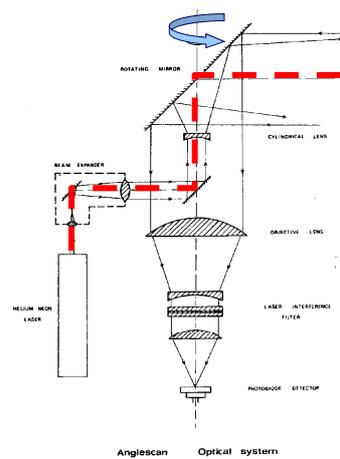
Elektrisches Auge, Gigas 1957



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Anglescan (Sprent)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

iGPS - Funktionsprinzip

- 2 rotierende Laserfächer (ca. 40 Hz)
- 1 zusätzliches IR-LED-Signal impulsweise (t_0)
- Höhenwinkel:
aus $t_{L2} - t_{L1}$
- Azimut:
aus $(t_{L1} + t_{L2})/2 - t_0$

Bild: Metris Measuring Solutions BVBA



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

iGPS - Allgemein

Komponenten
Transmitter
Sensoren
Receiver Hub
Recheneinheit

Bilder: Metris Measuring Solutions BVBA



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

iGPS - Funktionsprinzip

- 2 rotierende Laserfächer (ca. 40 Hz)
- 1 zusätzliches IR-LED-Signal impulsweise (t_0)
- Höhenwinkel:
aus $t_{L2} - t_{L1}$
- Azimut:
aus $(t_{L1} + t_{L2})/2 - t_0$

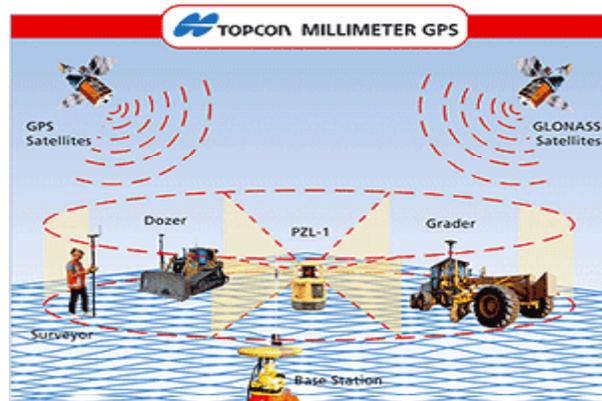
Bild: Metris Measuring Solutions BVBA



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

"mm GPS" (Topcon)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

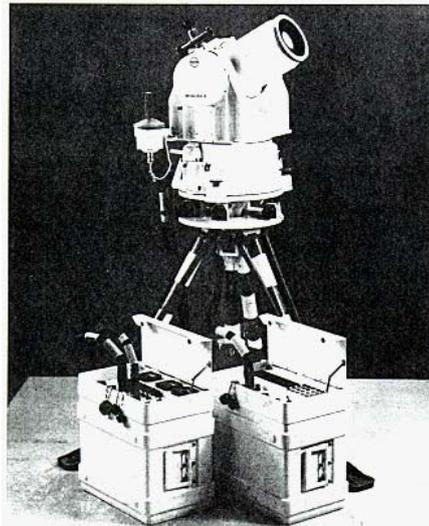
Polarfix Krupp Atlas



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Minilir (Flugsicherung)



Minilir 2 tracking system from SAT of France will be used in the U.S. by Hazeltine for calibration of microwave landing systems. The infrared tracking system is mounted on a turret and includes two portable cases for the infrared and encoder units.

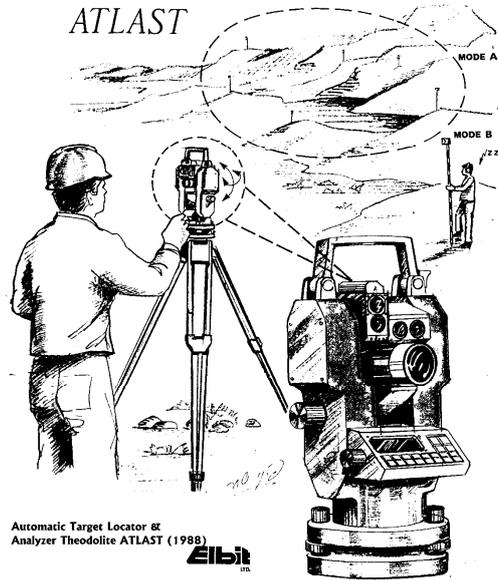
80 AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY / November 4, 1985



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

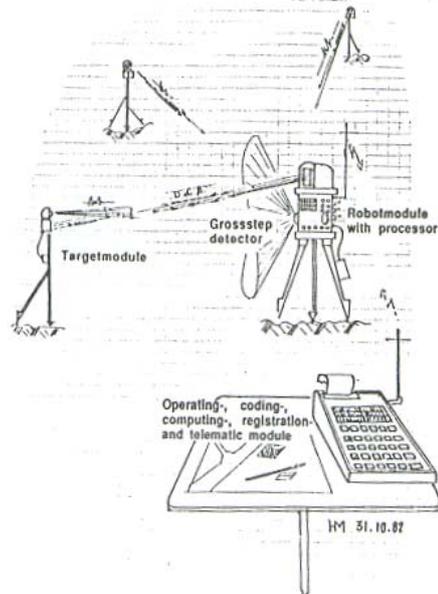
Das ELBIT System



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Das Topomat Basiskonzept IGP/ETHZ 1982



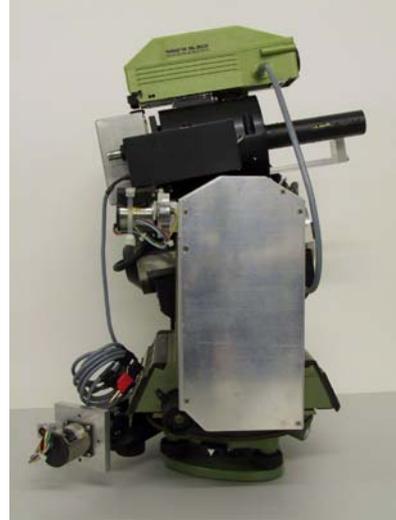
Mathias1982



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

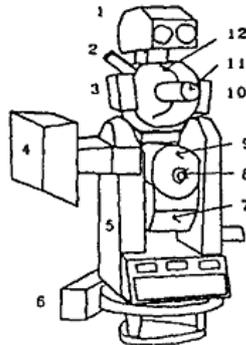
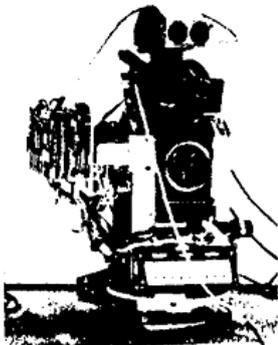
Der Topomat



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Die TOPOMAT Entwicklung der ETH (1982-1990)



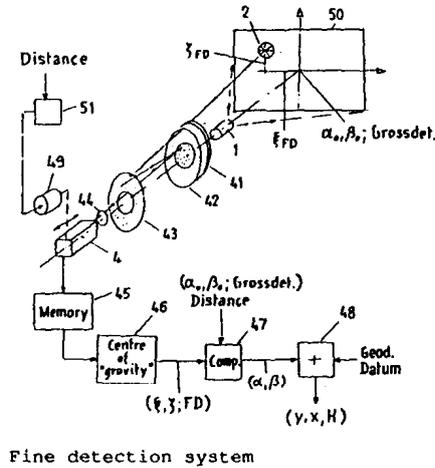
- 1 Distomat DI 1000
- 2 Switch for motors
- 3 Driver for laser transmitter
- 4 Electronic of T 2000
- 5 T 2000 motorized
- 6 Motor for horizontal turn
- 7 Focusing
- 8 Transmitter for fine detection
- 9 Telescope for fine detection with CCD-camera
- 10 Gross detection
- 11 Laser transmitter
- 12 Gross detection telescope mirror optics with turnable diaphragm



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

CCD Feinddetektion des Topomat



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Studie aus Deutschland (ca. 1988)



2. In einer genauen Messung des Horizontal- und Vertikalwinkels durchzuführen zu können, muß nun das als Referenzpunkt dienende Objekt so groß wie möglich auf der Bildschirme abgebildet werden. Dazu wird mit dem Sucherfeld der Kamera "Messor" abgelesen und die Koordinaten des Fernsichtpunktes rechnerisch ermittelt. Das Maßprogramm errechnet nun automatisch die Ausrichtung von Zielpunkt zur Ziellinie und überträgt die Ziel- und Horizontalwinkel. Als Einflügel dienen dazu der Empfängeroperator des Zonennetzes und die Entfernung des Zielpunktes vom Fernsichtpunkt, auf der Bildschirme.



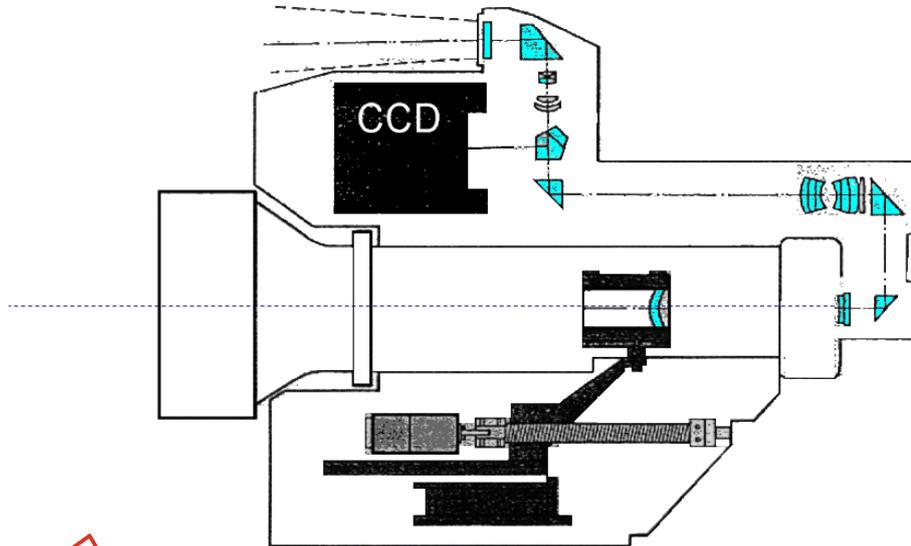
3. In den Horizontal- und Vertikalwinkel zu errechnen, daß die Ziellinie mehr wie früher genau als die Fernsicht in Richtung gebracht werden. Nachfolgend "Messor" abgelesen wurde, werden der Zielpunkt und der Fernsichtpunkt des Fernsichtpunktes rechnerisch ermittelt. Das Maßprogramm errechnet nun automatisch die Ausrichtung von Zielpunkt zur Ziellinie und überträgt die Ziel- und Horizontalwinkel. Als Einflügel dienen dazu der Empfängeroperator des Zonennetzes und die Entfernung des Zielpunktes vom Fernsichtpunkt, auf der Bildschirme.



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Der Leica Videotheodolit



Grundlagen und Technologien

Die Grundforderungen

- **Automatische Zielerfassung**
Automatic target recognition (ATR)
 Grobdetektion/Grobortung (Coarse location of the target)
 Feinpositionierung (Precise pointing technique)
- **Trackingfähigkeit (Ability of tracking the target)**
 Memory tracking

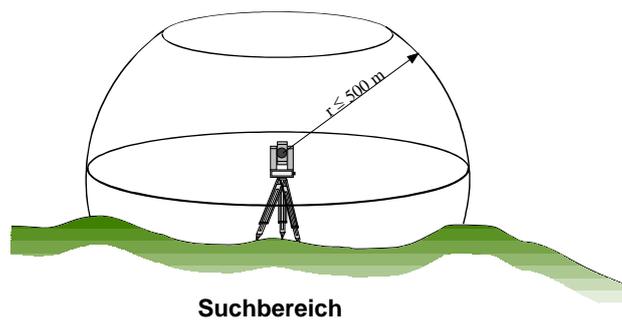


Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Automatische Zielerfassung

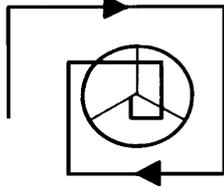
- **Mehrschrittoperation**
 - **Grobortung**
 - **Feinpositionierung**
- **Tracking**
 - Memorytracking



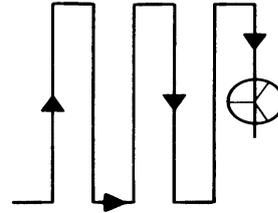
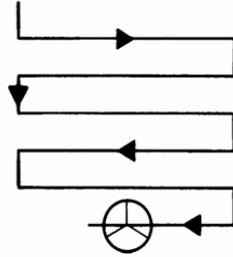
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Grobortung durch Scanverfahren



Spiral scanning



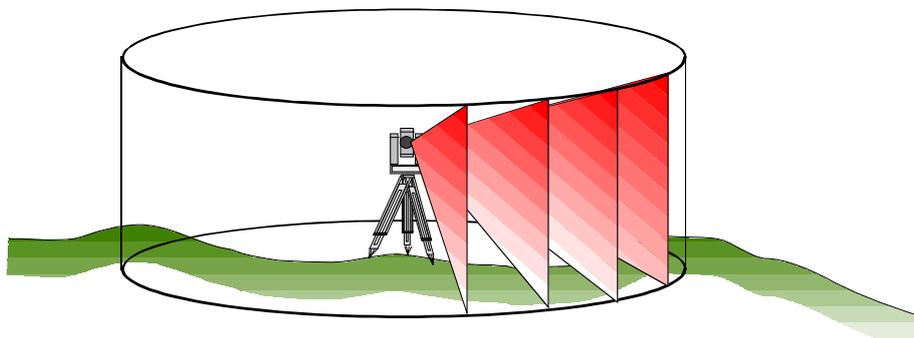
Meander shaped scanning



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Grobortung: Sectorized Scanning (Fan)



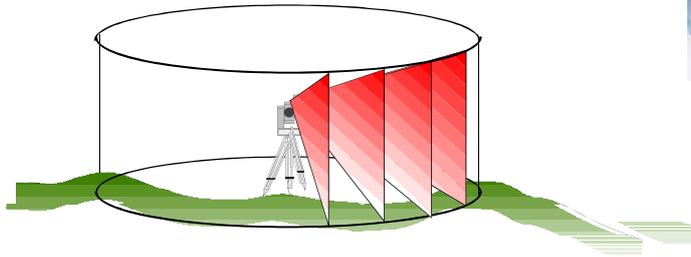
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Zeiss, S-Serie

Robottachymeter

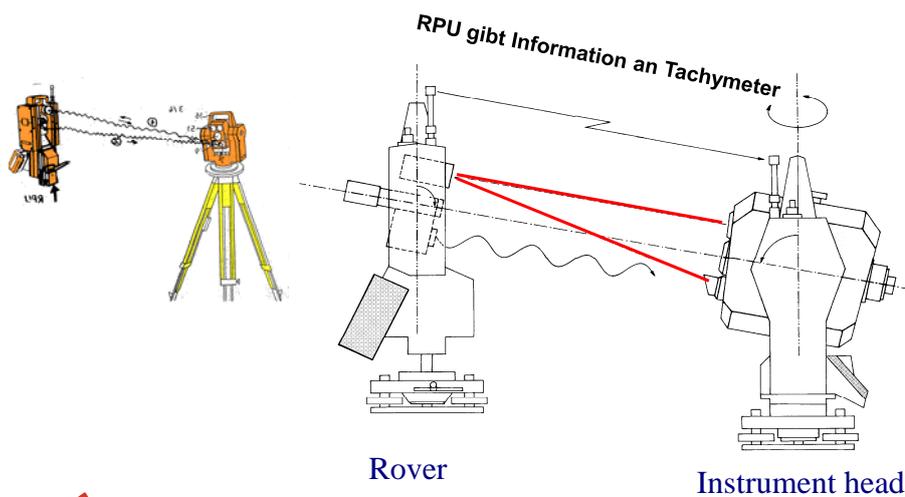
- **Elta S Space**
 - enthält S Track features
 - QuickLock transmitter in Griff montiert, durch den Benutzer entferbar
 - Laserfächer Prinzip: Vertikale Lichtebene (moduliert) rotiert mit 90°/s um die Vertikalachse
 - Aktiver Reflector: Antwortet per Funkverbindung, wenn moduliertes Licht detektiert wird
 - für vertikale Grobpositionierung: gleiche Prozedur mit Feinmess-Signal durch Rotieren um die Kippachse
 - Codierung der Reflektoren möglich



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

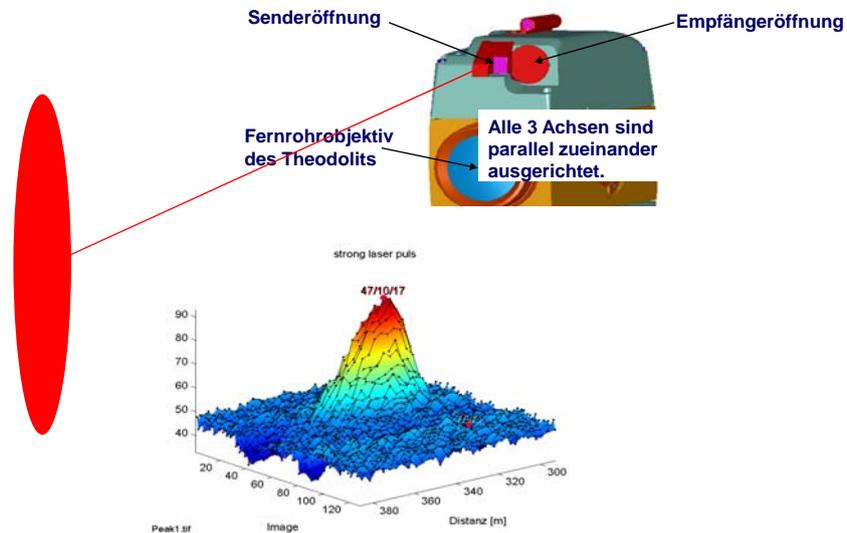
Grobsuche Geotronics



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

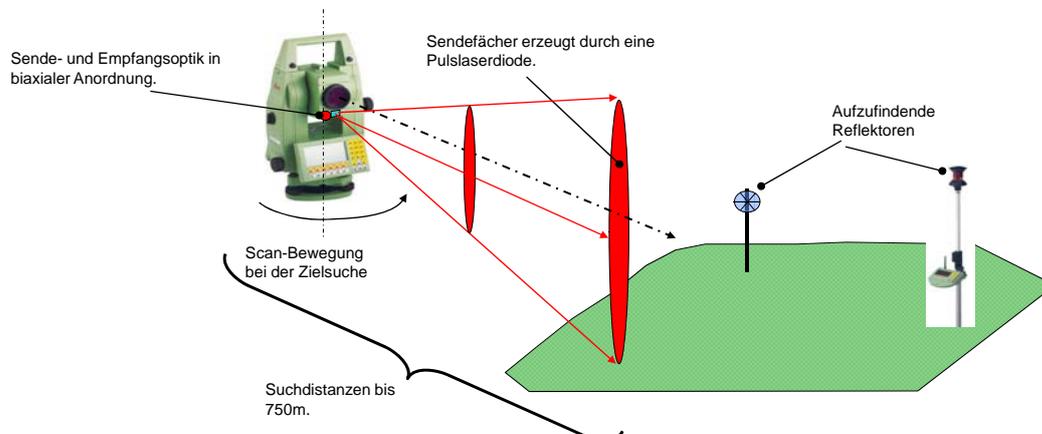
Powersearch Leica



PowerSearch von LEICA

PowerSearch ist ein Sensor zum Suchen und Lokalisieren von Retroreflektoren, um das Zielobjekt aber eindeutig zu erkennen benutzt die Vorrichtung das Prinzip eines Laufzeitmessers.

Funktion: Zielsuche mittels Rotation um eine vertikale Achse eines ebenfalls vertikalen Sendefächers. Wird ein Signal von einem Zielobjekt reflektiert so wird dies vom Detektor empfangen und an eine Auswerteeinheit zur Merkmalsanalyse weitergegeben. Ist ein Reflektor als Zielobjekt erkannt, so wird der Scan-Vorgang abgebrochen und das aufgefundene Ziel präzise angefahren.



Feinanzielungsverfahren



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

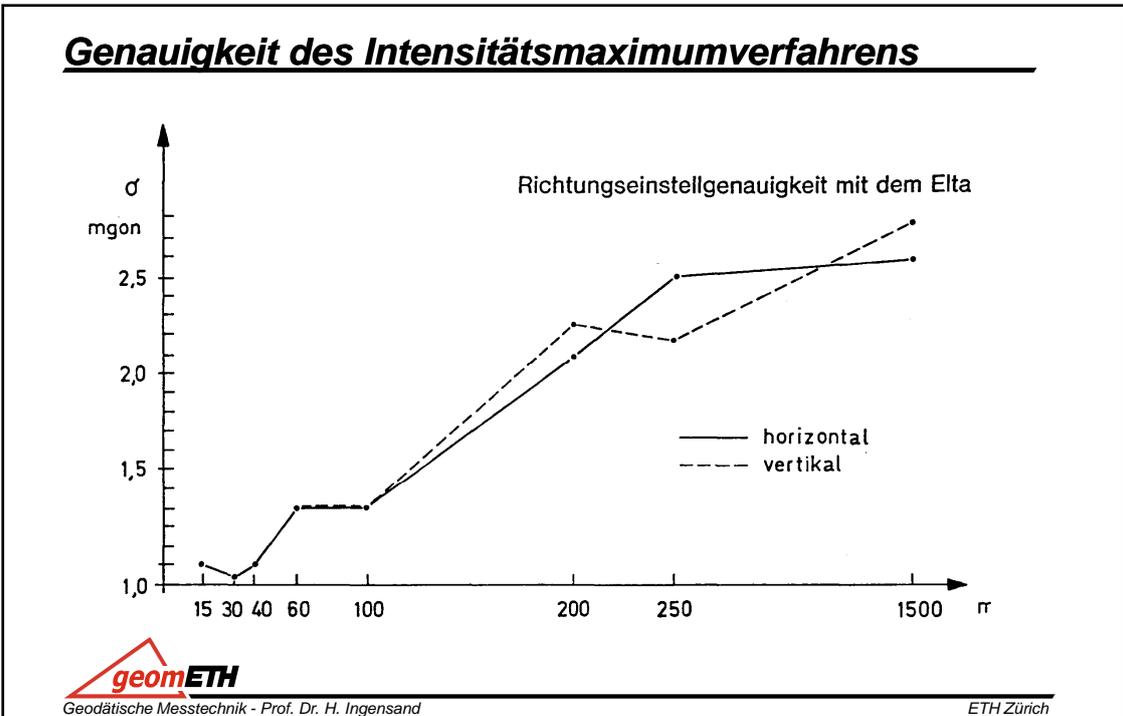
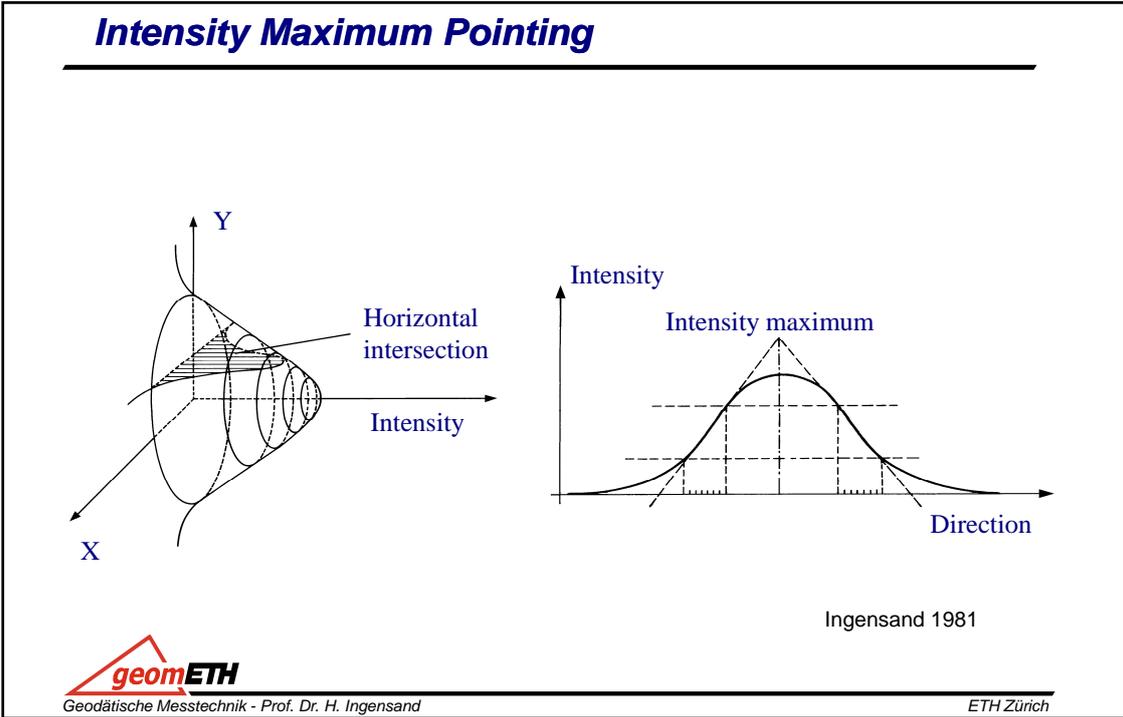
Feinanzielungs Techniken

- **Intensitäts- Maximum Zielung**
- **Tracker Technologie**
- **Position Sensitive Detectoren (PSD)**
- **CCD-Sensoren**



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich



Intensitätsverteilung der Distanzsignal

geomETH
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

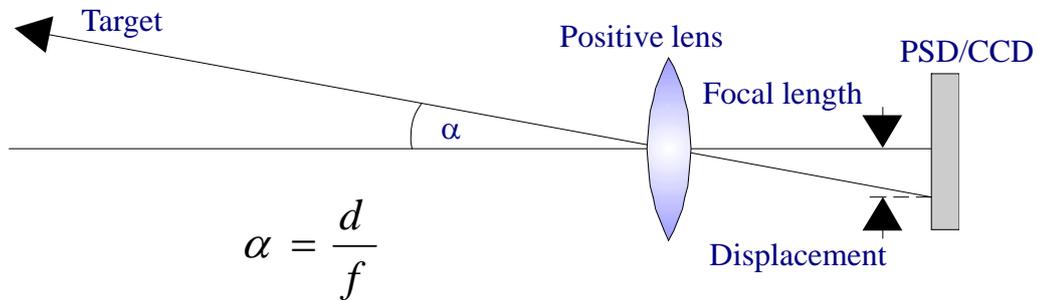
ETH Zürich

Tracker Technologie

geomETH
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Grundprinzip der Feinanzielung



$$\alpha = \frac{d}{f}$$

α : Angle

f : Focal length of the telescope

d : Displacement on the PSD/CCD



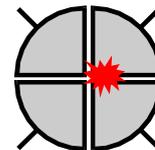
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Types of Position Sensitive Detectors

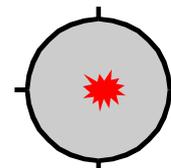
Segmented photodiode (e.g. 4-Q)

- High resolution
- Size of spot dependent
- Small range of linearity
- Gap



Lateral effect photodiode

- Poorer resolution
- Size of spot independent
- Wider range of linearity
- No dead region

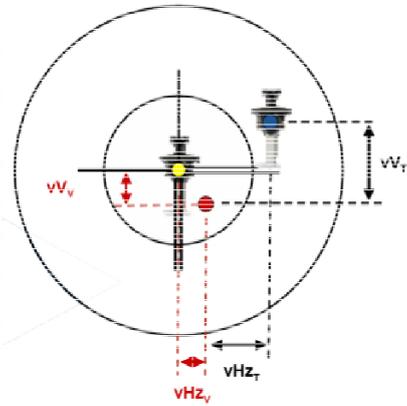
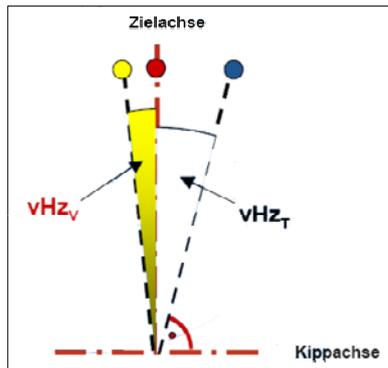


Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Achsbedingungen und Justierung

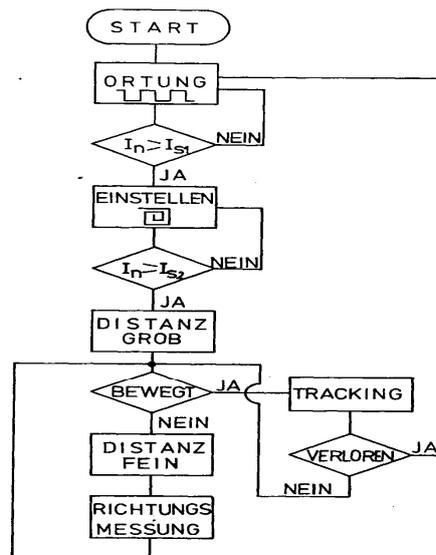
- Zielachsen
- Fernrohr ●
- Visuell ●
- Tracker ●



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Ablaufschema eines automatischen polaren Systems



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Geodätische Entwicklungen



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Kommerzielle Systeme in der Geodäsie

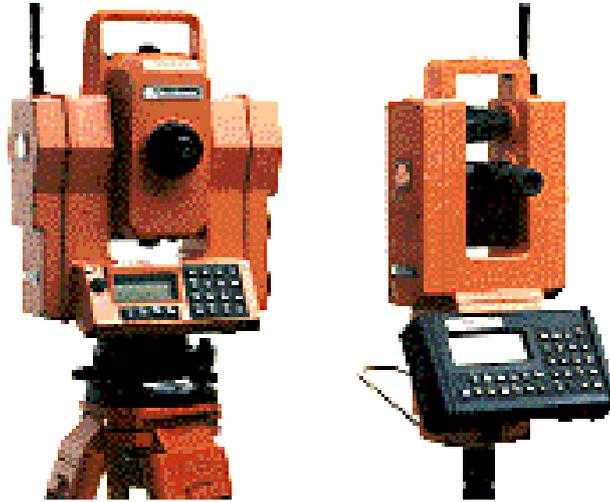
- **1983 Polarfix**
- **1988 Geotronics System 4000**
- **1989 Topcon**
- **1996 Leica 1100/1800/2003**
- **1997 Zeiss**
- **1999 Zeiss Elta S**
- **2004 Leica System 1200**
- **2005 Trimble S6**
- **2006 Sokkia SRX ROBOTIC STATION**



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

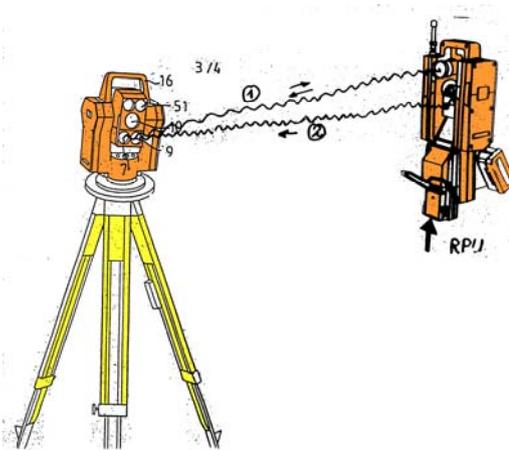
Das Geotronics System 4000



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

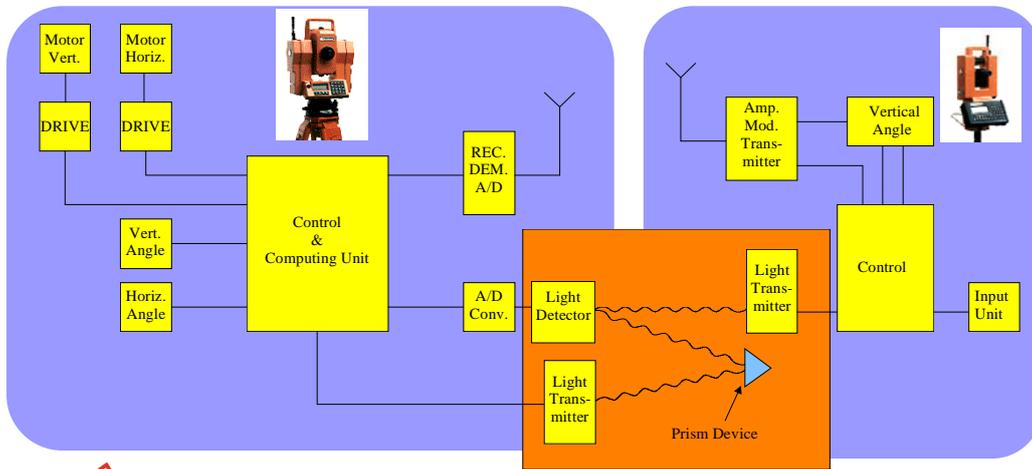
Geotronics System 4000



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Geotronics (Früher AGA Geodimeter, Spectra Precision, heute Trimble)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Trimble (ex Geodimeter ex Geotronics)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Topcon



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

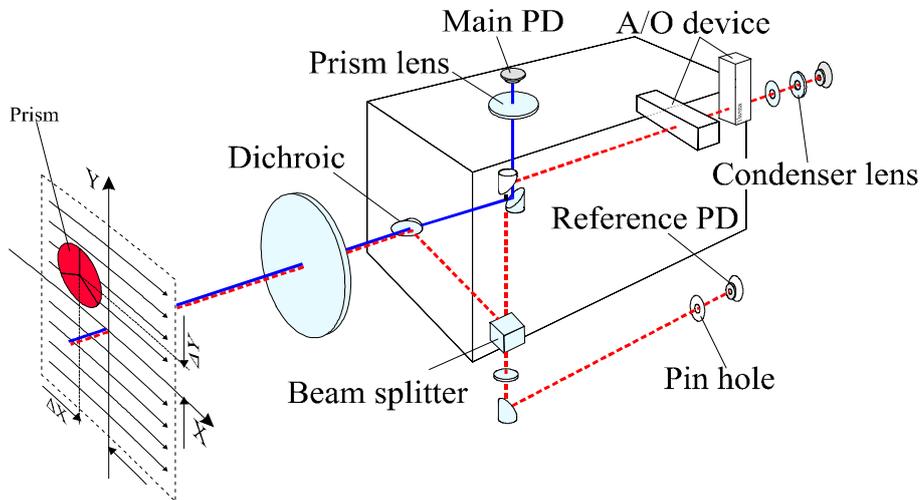
Topcon GTS 8200



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

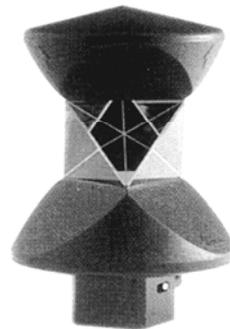
The Topcon AP-L1A Scanning System



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

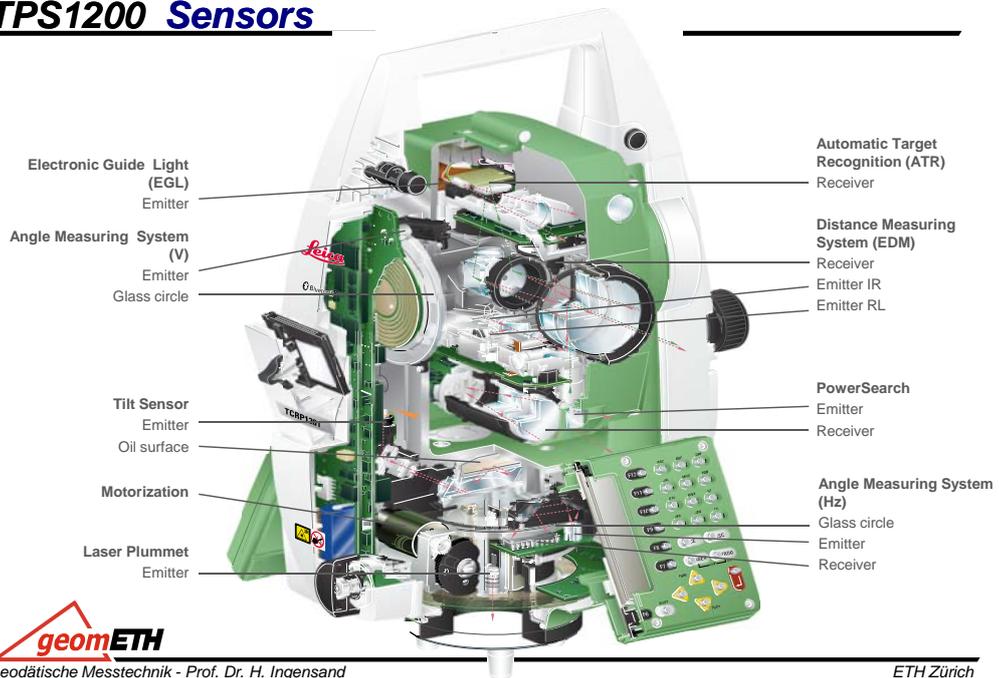
Das Leica System 1100/1800/2003



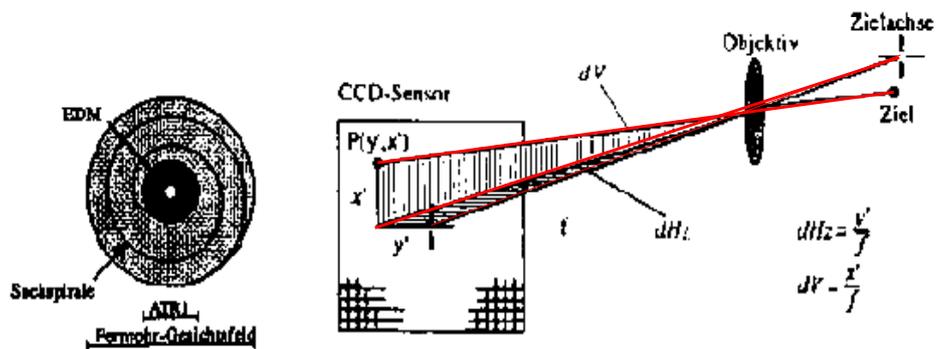
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

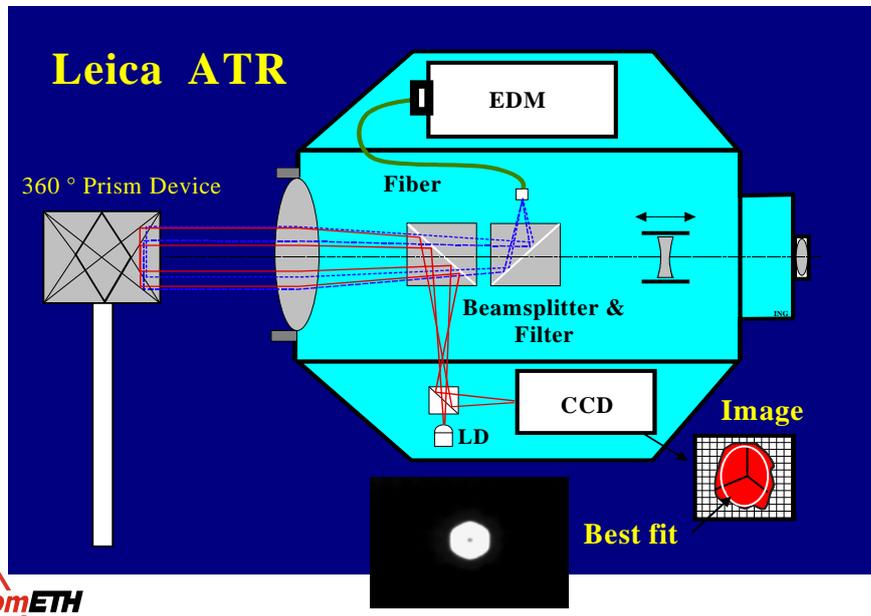
TPS1200 Sensors



Das Leica System (CCD basierend)



Precise Pointing with CCD-Sensors



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Zeiss Elta S (heute ebenfalls Trimble)



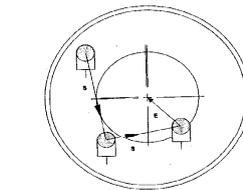
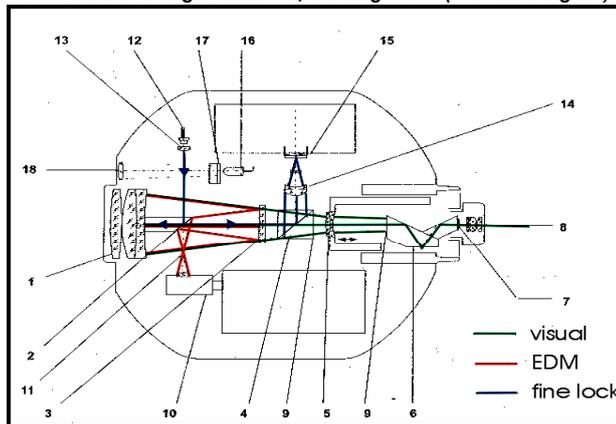
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Zeiss, S-Serie

Robottachymeter

- **Elta S Track**
 - voll-koaxiales optisches System
 - präzises Zielen durch CCD
 - Scanning entlang Ringpolygon
 - Suchzeit wenige Sekunden, tracking 40 ms (Herstellerangabe)



scanning along ring polygon

geomETH

Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Trimble S6 (2005)



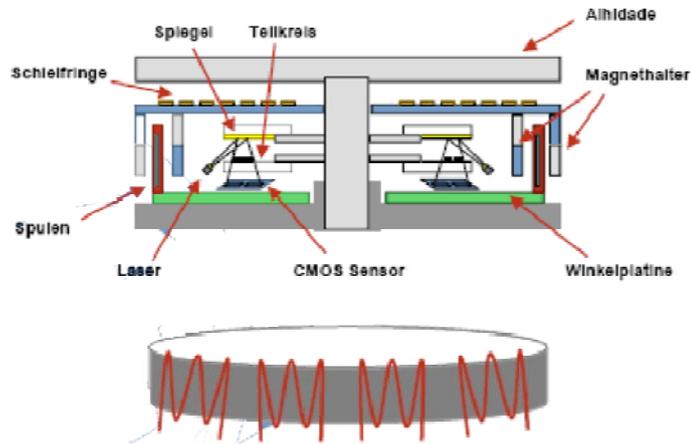
geomETH

Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Trimble S6 Magdrive

MagDrive Komponenten



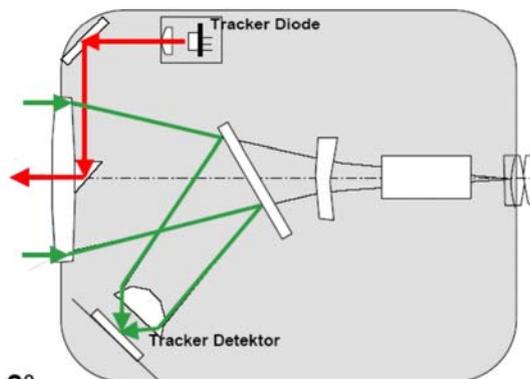
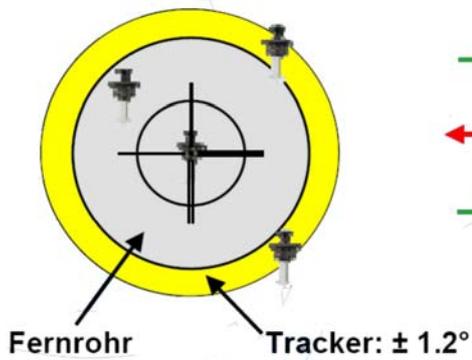
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Tracker Strahlengang (Trimble S6)

- Infrarot Lichtstrahl
- Empfänger
- Direkter Link mit MagDrive Servos

Gesichtsfeld

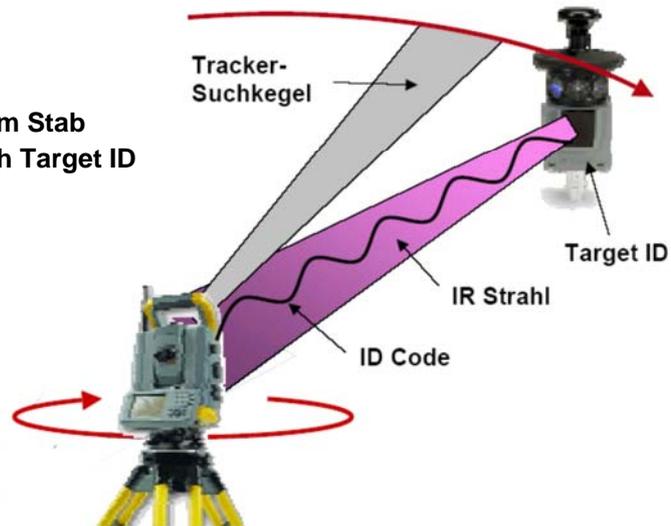


Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Zielsuche mit Target ID

- Aktives Element am Stab
- Tracker sucht nach Target ID
- 8 Codes setzbar



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Sokkia SRX Robotic Total Station (2006)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Tachymeter und GPS



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

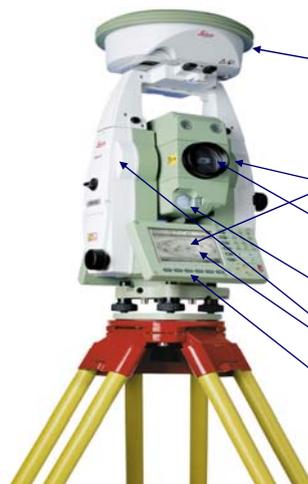
Sensorfusion in einem Instrument

Satellitengeodäsie

Photogrammetrie

Tachymetrie

Informatik



GPS

Computer

EDM

CCD

Scanner

Encoder

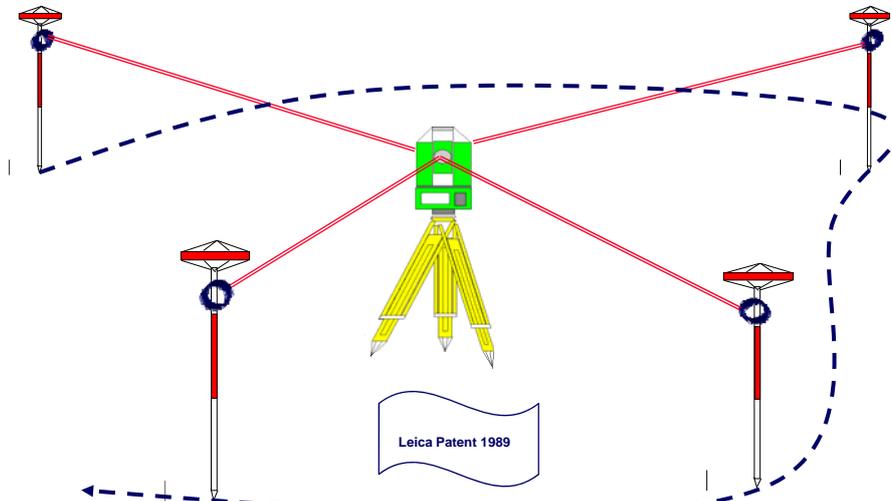
Neigungssensoren



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Eine Weitere Lösung zur Kombination GPS-TPS



geomETH

Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

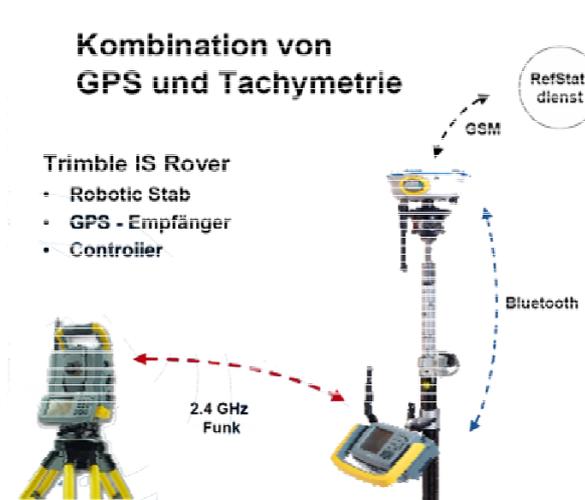
ETH Zürich

Kombination von GPS und Tachymetrie

Kombination von GPS und Tachymetrie

Trimble IS Rover

- Robotic Stab
- GPS - Empfänger
- Controller



geomETH

Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

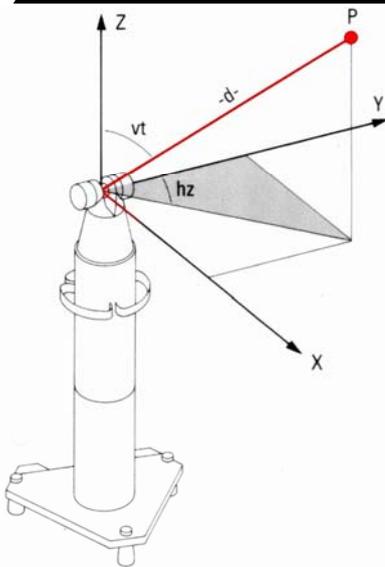
Lasertracker
 = Hochpräzisionstachymeter für industrielle Anwendungen



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Lasertracker



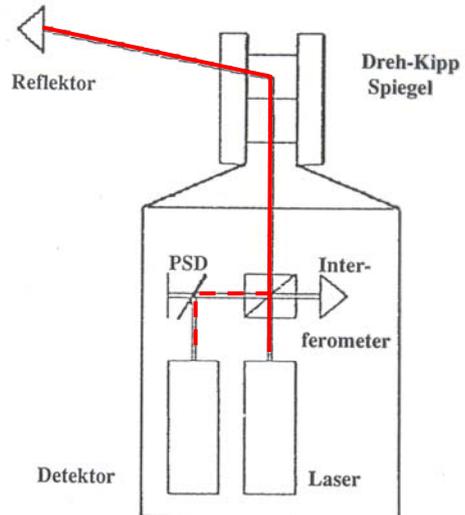
Laser Tracker LTD500



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Industriemesssysteme (Leica Lasertracker)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Industriemesssysteme (Lasertracker)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

Faro Lasertracker



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich

End



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

ETH Zürich