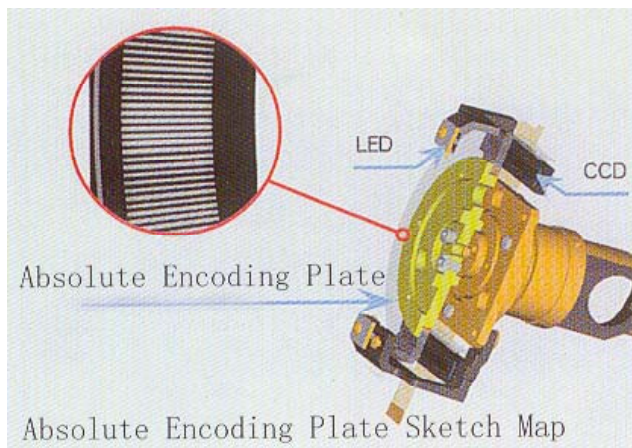

Elektronische Winkelgeber in geodätischen Messinstrumenten



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Synonyme

- Encoder
- Elektronischer Teilkreisabgriff
- Elektronischer Winkelabgriff



Gliederung der Vorlesung

- Einführung
 - Entwicklungsgeschichte
 - Grundprinzip
- Einfache Encoder
- Relative Verfahren
 - Inkrementale Encoder
- absolute Verfahren
 - codierte Teilkreise
 - Zeit/Phasenmessverfahren
- Moderne Prüfverfahren



Entwicklungsgeschichte

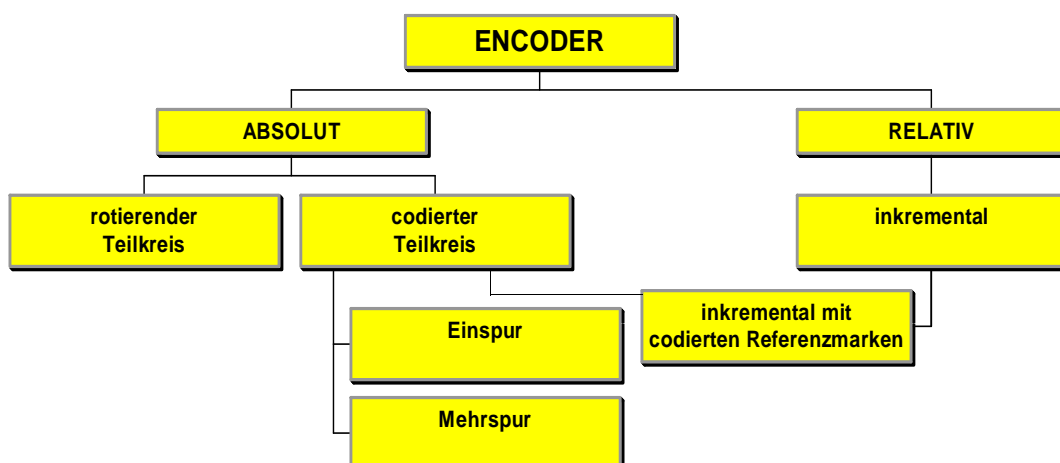
- 1965 Entwicklung von Codetheodoliten für die Melioration –
15 Fennel, 2 Kern
Die codierten Teilkreise wurden photographiert und anschliessend mit Zuse Computern ausgewertet
- Potentiometertheodoliten von Askania für Flugsicherung
- 1968 Der erste Digitaltheodolit "Digigon", Bonn, Kombination von Breithaupt-Leitz Encoder
- 1970 Zeiss RegElta 14
- 1978 Wild Theomat
- 1980 Kern E2
- 1981 Wild T2000
- 1985 Wild T1000



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



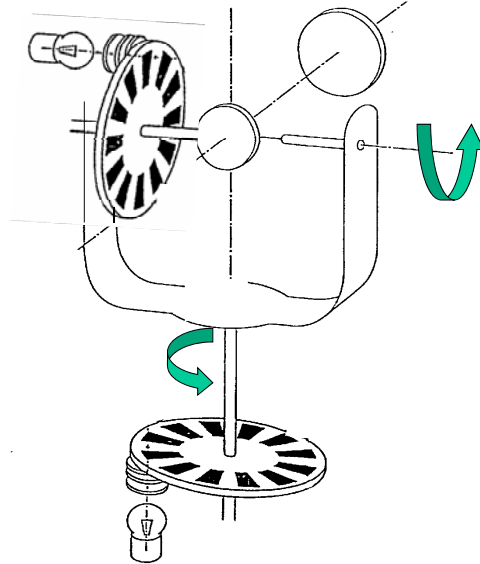
Encoderkategorisierung



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



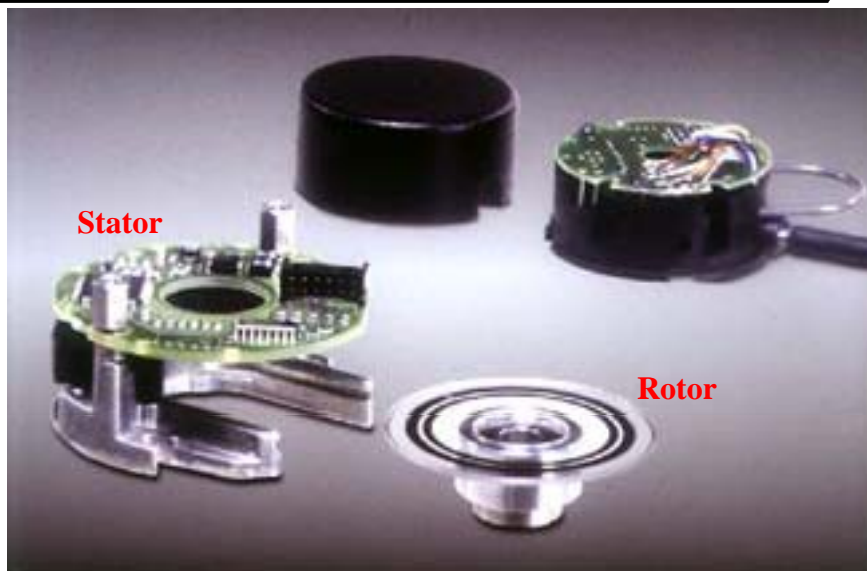
Kopplung: Encoder mit Alidade bzw. Kippachse/Zielfernrohr



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Industrie-Encoder mit Glaskreis



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Anforderungen in der Geodäsie

400 00 00 0,1 mgon $\hat{=}$ eins:vier Millionen !

Physikalische Grenzen

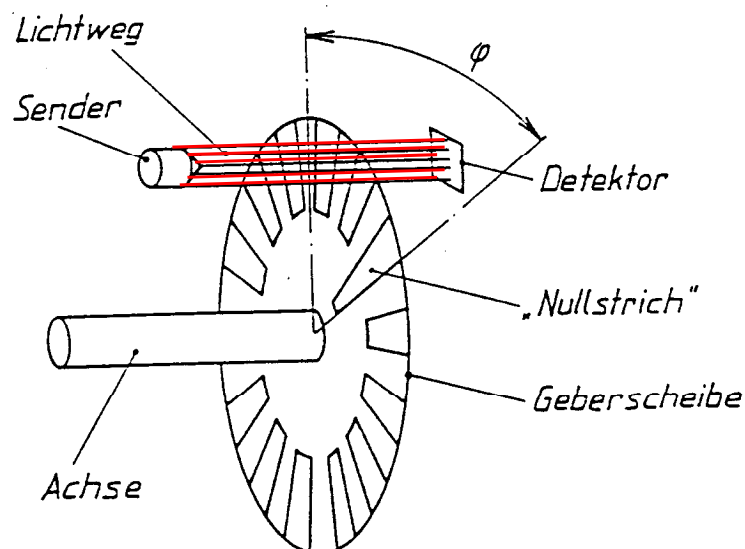
- Maximum sind 20 000 Striche auf 70mm
Kreisdurchmesser
sonst Effekte durch Beugung am Gitter bei Strichabstand ca. 0,2 mm
- Technische Lösungen:
 - diametral 40 000
 - Moire



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Der optische Geber: Lichtschranke



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



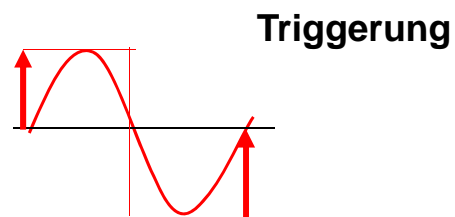
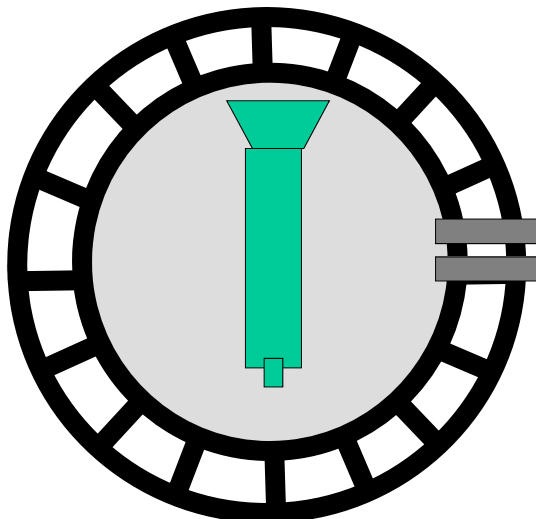
Optisch inkrementale Verfahren



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Grundprinzip eines Encoders



Flip Flop Zähler

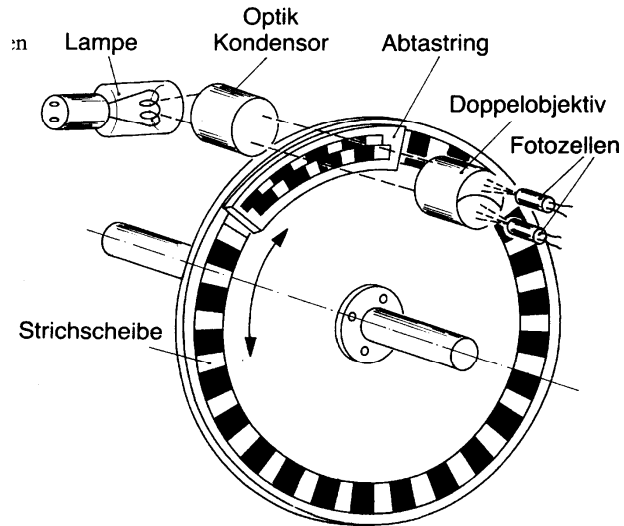
123.4567



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



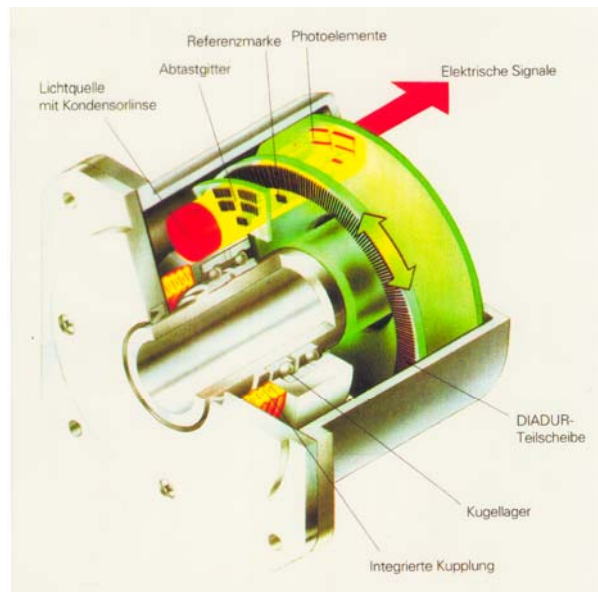
Industrieencoder



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



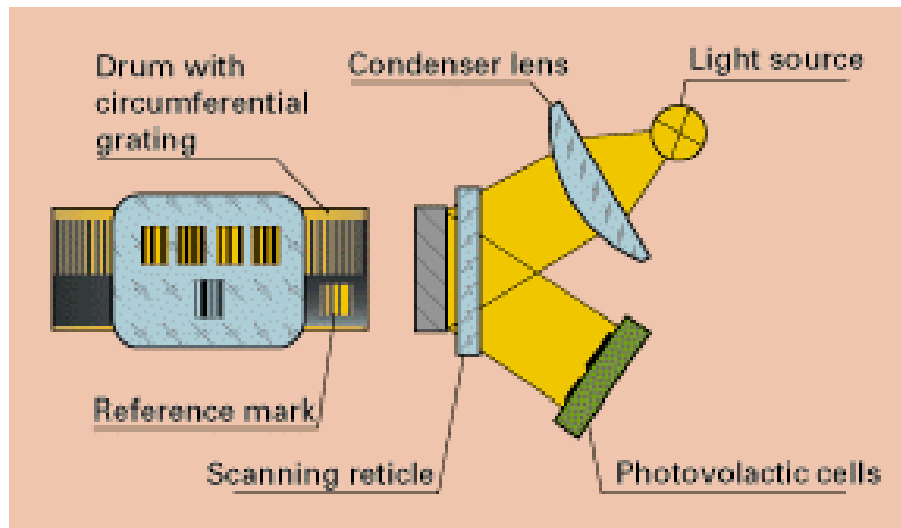
Industrieencoder



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Reflexabbildungsverfahren anstelle von Lichtschranke

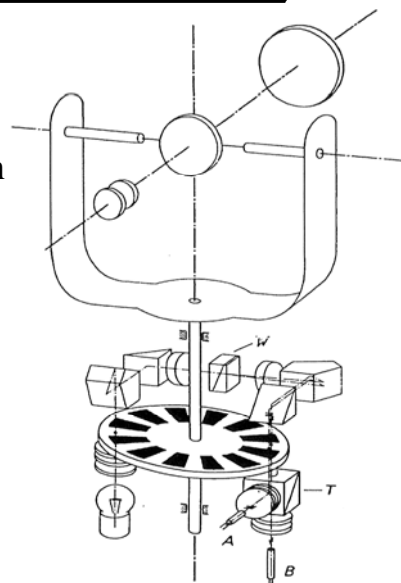


Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Digigon (UNI Bonn)

- 5000 Striche
- Verdopplung durch diametrale Ablesung = 10000 Striche = $4cgon$



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Diametraler Abgriff (Kern E2)

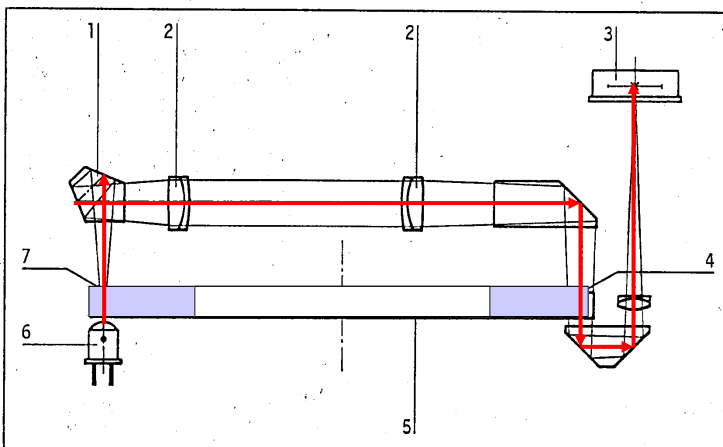
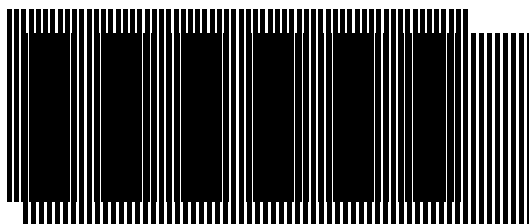


Fig. 5
Kreis-Ablesesystem Kern E2
1 Pentaprisma
2 Abbildungssystem
3 Photodiode (Moiré-Muster)
4 2. Kreisstelle
5 Teilkreis
6 Beleuchtungsdioden
7 1. Kreisstelle

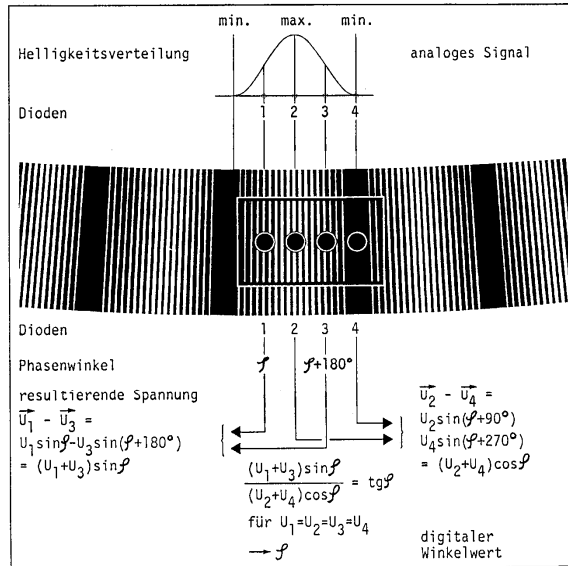


Der Moireeffekt

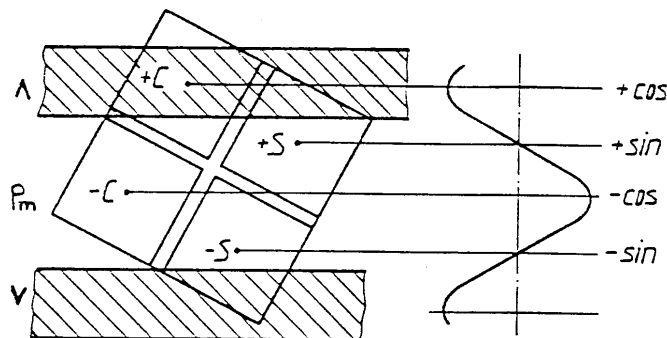


Moireerfassung an 4 Punkten

Sinusförmige
Lichtpegel
schwankung (AM)
wird an 4 Punkten
abgetastet



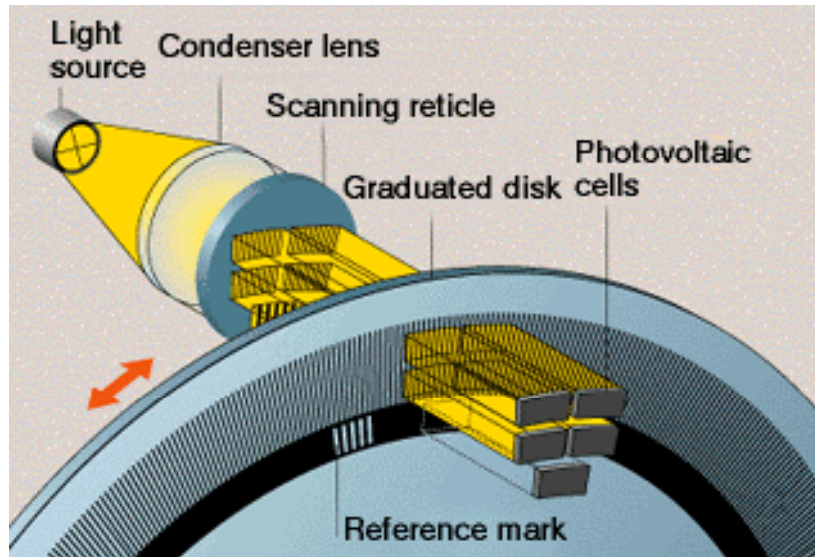
Detektoranordnung z.B. mit 4 Q Diode



Einfache Detektoranordnung (angepasst zur Moiré-Periode p_m) zur Gewinnung von vier je um 90° phasenverschobenen Signalen.



Vierfachabtastung bei Industrieencodern



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Die Feinablesung bei Inkrementalen Encodern

Die Ablesedioden haben einen gegenseitigen Abstand von $\frac{1}{4}$ Periode oder im Winkelmaß ausgedrückt von 90° . Es entstehen also die vier Signale

$$1. \sin \phi, \quad 2. \cos \phi, \quad 3. -\sin \phi, \quad 4. -\cos \phi.$$

Die Differenzen von 1 und 3 bzw. 2 und 4 ergeben $2 \sin \phi$ bzw. $2 \cos \phi$. Diese Signale werden mit einem weiteren Sinus bzw. Cosinussignal von z.B. 1KHz multipliziert. Damit ergibt sich:

$$\begin{aligned} 2 \sin \omega t \sin \phi &= (\cos(\omega t - \phi) - \cos(\omega t + \phi)) \\ 2 \cos \omega t \cos \phi &= (\cos(\omega t - \phi) + \cos(\omega t + \phi)) \quad + \\ \hline &= 2 \cos(\omega t - \phi) \end{aligned}$$

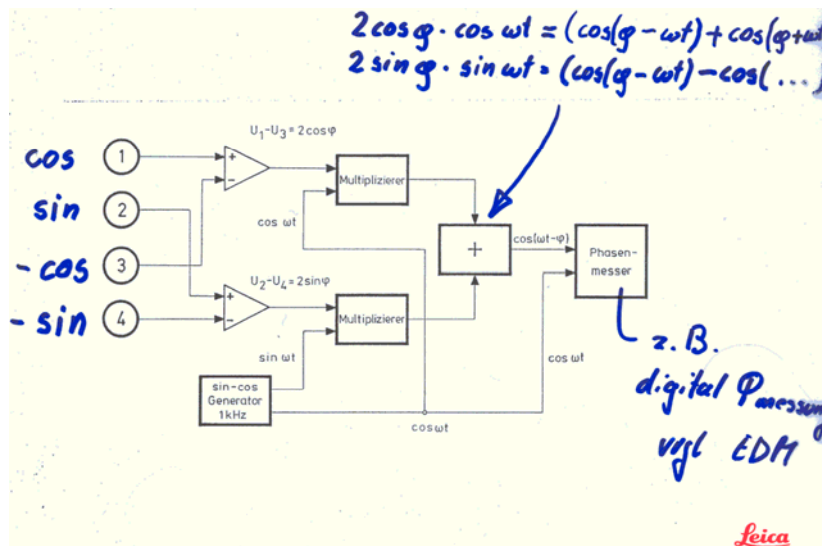
Die 1 KHz Frequenz ist damit um den gesuchten Winkel ϕ gegenüber der ursprünglichen Frequenz verschoben. Die Bestimmung von ϕ geschieht z.B. durch digitale Phasenmessung



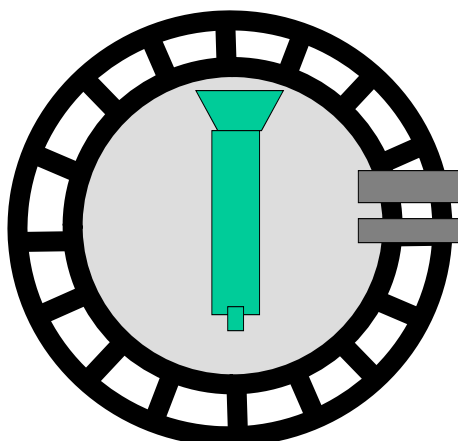
Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Feinauflösung



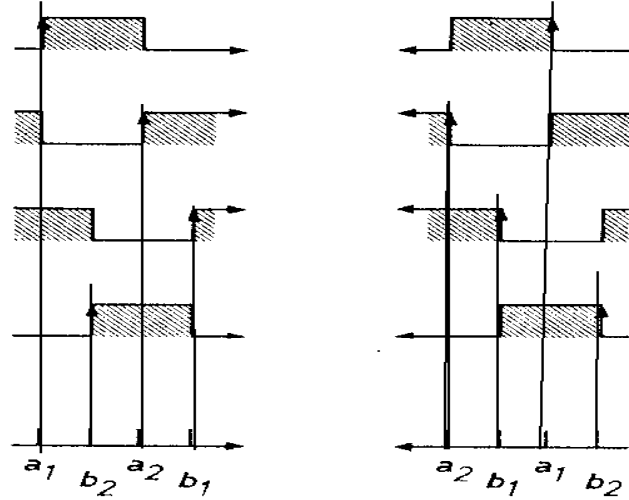
Vorwärts- Rückwärtsdrehung



Drehrichtungserkennung als Folge der Cos- und Sinussignale

Vorwärts

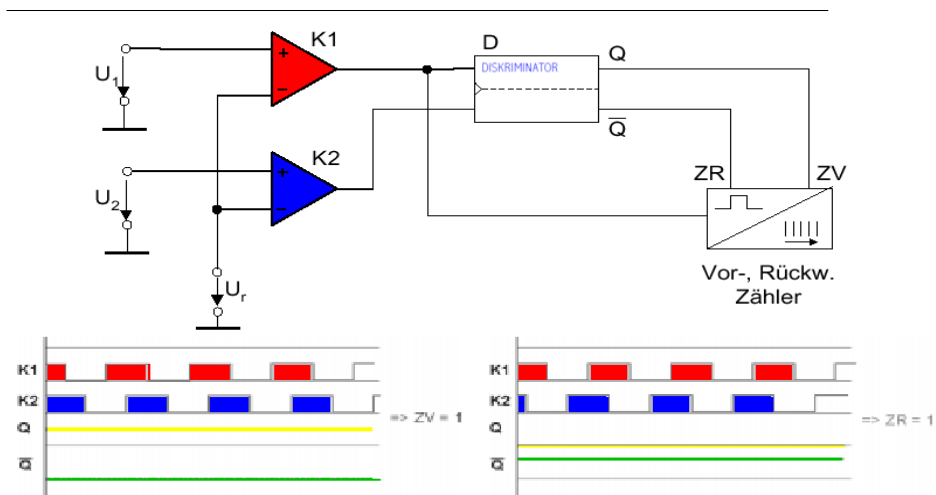
Rückwärts



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Richtungserkennung



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Induktosyn



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



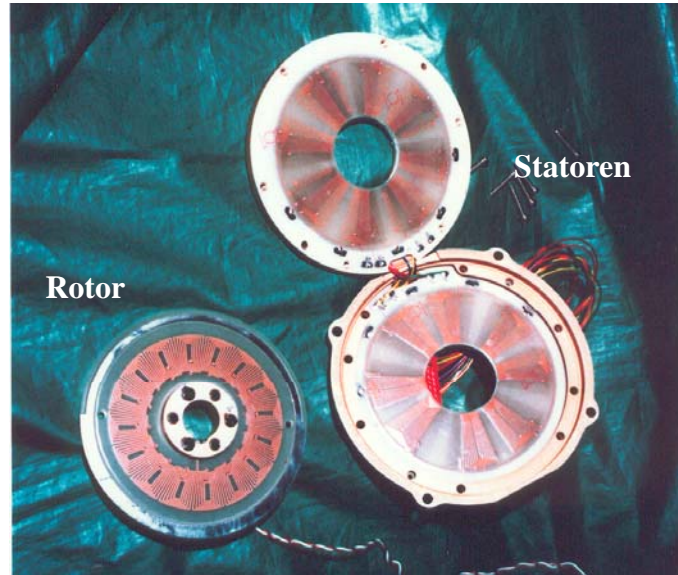
Magnetisch inkrementale Verfahren



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



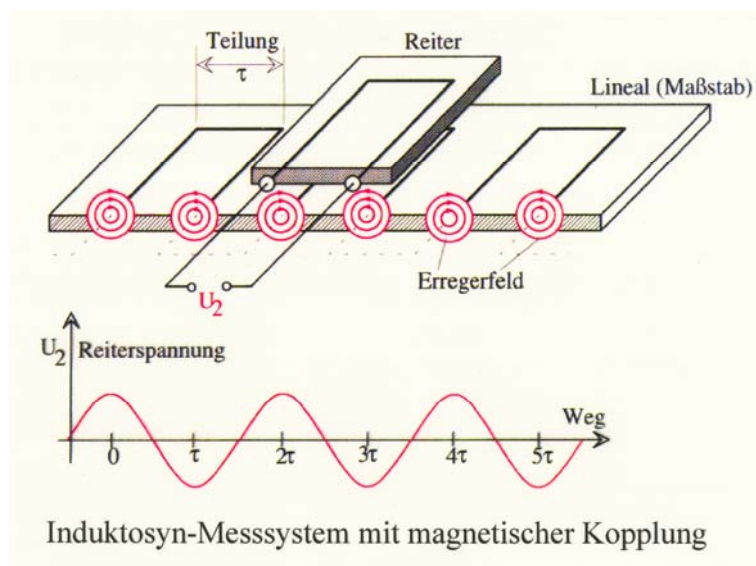
Der Induktosyn



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Induktosyn



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

Aus Schlemmer



Absolute Verfahren

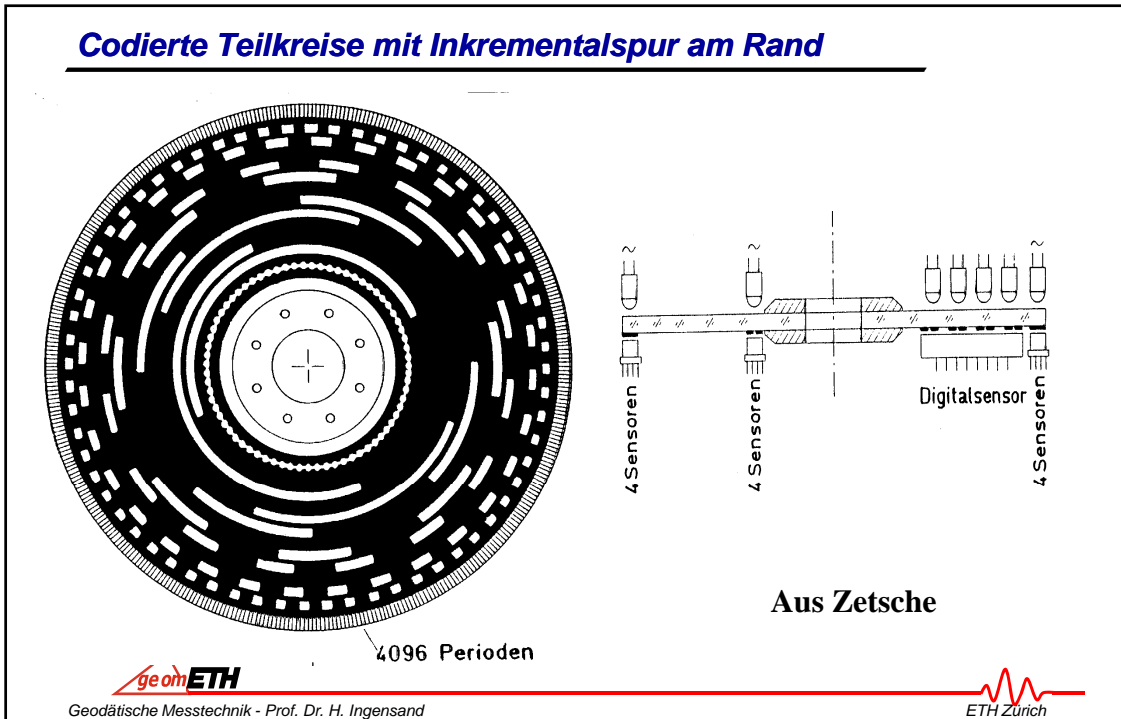
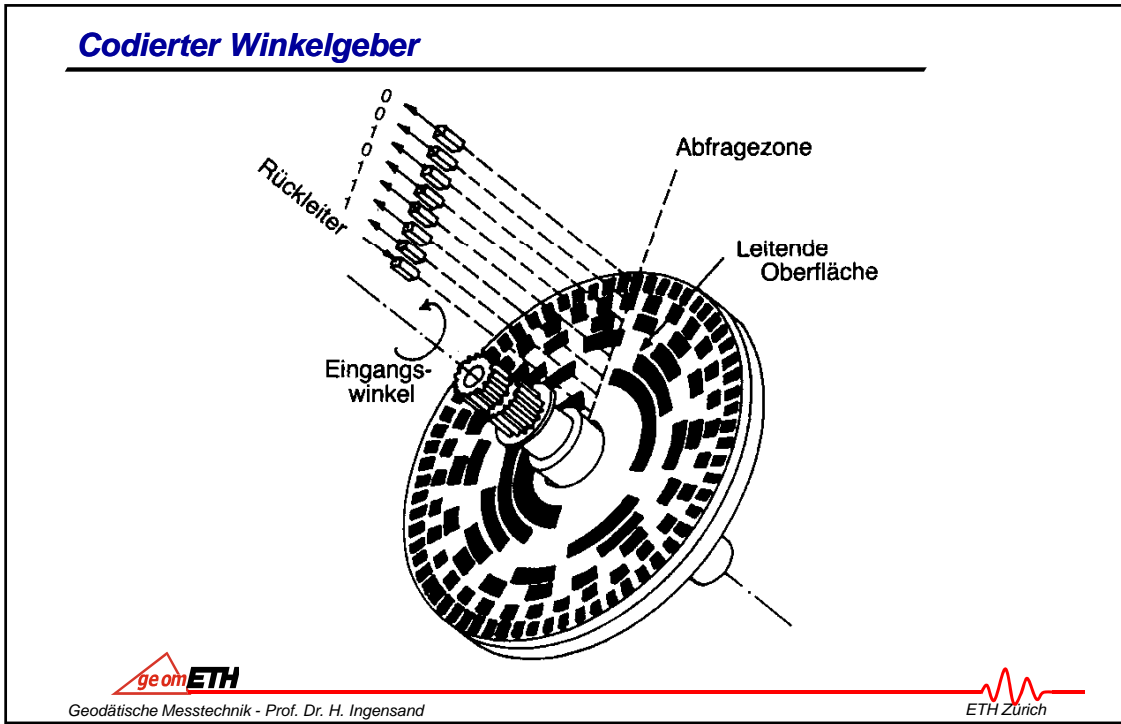
- Codierte Teilkreise mit einer oder mehreren Spuren
- Zeit/Phasenmessverfahren



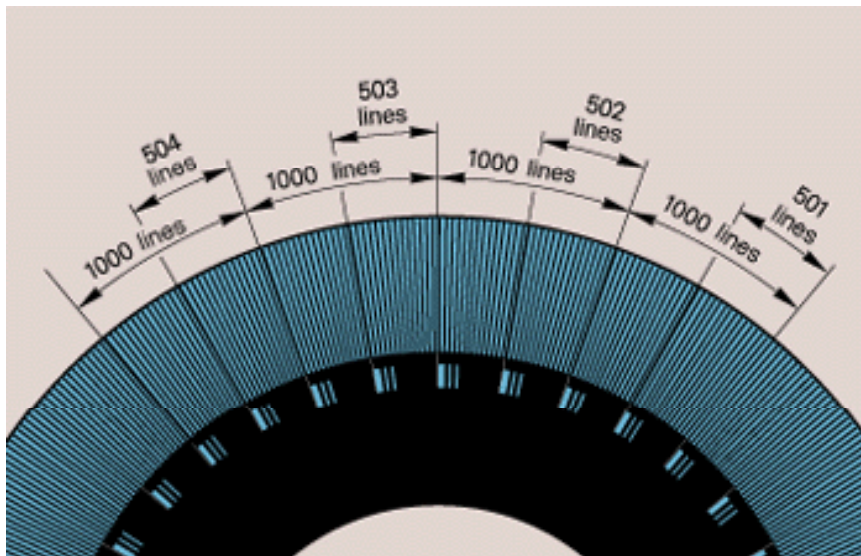
Encoder: Codierte Abgriffe

- Verfahren 1
Teilkreisstriche bilden einen Code z.B. durch Strichbreitenmodulation
- Verfahren 2
Mehrere parallele Codespuren
- Verfahren 3
Kombination von codiertem Teilkreis und inkrementalem Teilkreis





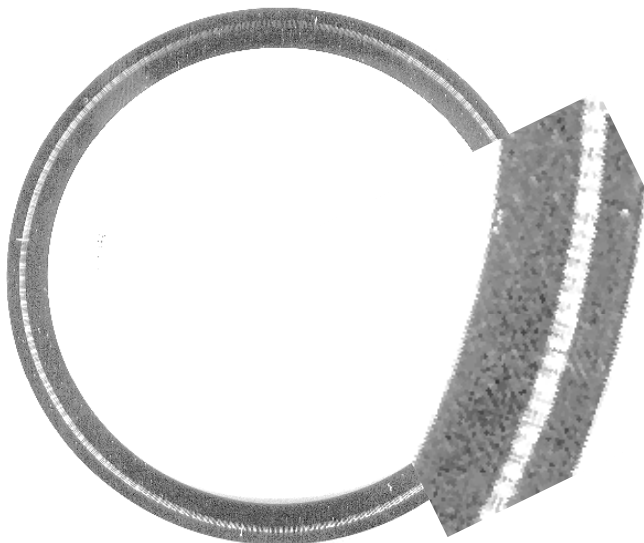
Inkremental mit Abstands-Kodierung



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



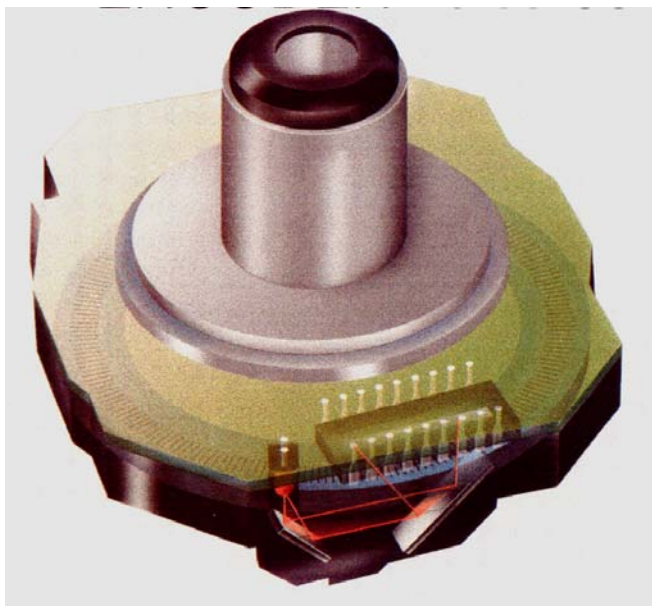
Leica T1600 codierter Teilkreis



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



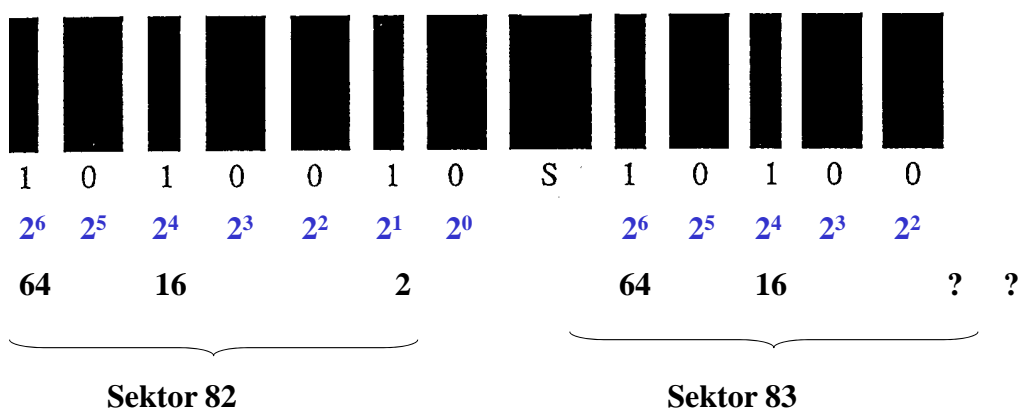
Strahlengang im Leica Encoder



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Der Leica Code (T1000/T1600/Txxxx)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Encoder: Codierte Abgriffe

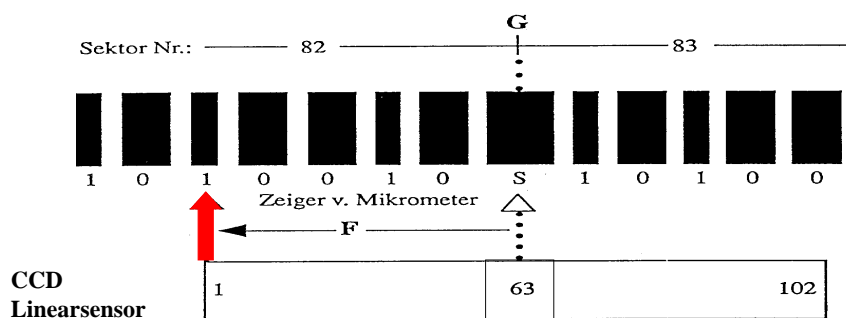
- Groablesung:
 - 7 bit Code identifiziert die Nummers des Sektors bei 128 Sektoren
 - Anzahl der Pixels des Trennungsstriches von Beginn des Zeilensensors im Verhältnis zur Abbildung eines Sektors auf dem Zeilensensor
- Feinablesung:
 - Lage der Schwerpunkte der einzelnen Striche
 - Mehrere Codestriche auswerten und Mittelbildung



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Grob- & Feinablesung System Leica



$R = \text{Grobmessung} - \text{Feinmessung}$

Grobmessung = $G \cdot 400/128$

Feinmessung = $F / 102$

1 Sektor (von total 128) $\hat{=} 3,125 \text{ gon}$

Beispiel: $G = 83$

$F = 63$

$R = (G - F) \cdot 400/128 = 82.383 (400/128) =$

259 3750

1 9301 (-

257 4449



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Winkelgeber beim Trimble S6/S8

WINKELSENSOR

Trimble S6-Instrumente verfügen über einen verbesserten elektrooptischen Winkelsensor, der in den Servoantrieb integriert ist (Abb. 4). Der Winkelsensor besteht aus einem Glas-Codekreis mit Grob- und Feinteilung. Die Kodierung ist in zwei Spuren auf dem Glaskreis aufgeteilt: eine Spur mit absoluter Kodierung und eine Spur mit inkrementeller Kodierung. Diese Aufteilung garantiert eine einheitliche Auflösung und Genauigkeit der Winkelmessung über den gesamten Kreis. Beide Spuren werden von einer gemeinsamen Laserlichtquelle beleuchtet und über einen Spiegel auf einen CMOS-Bildsensor projiziert.

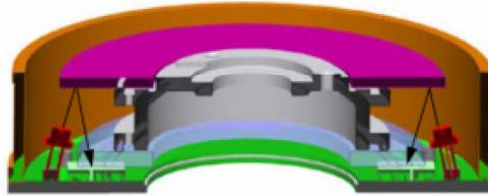


Abb. 4: Querschnitt durch den Winkelsensor

**Aus Trimble technisches
Dokument S6
(Trimble.com)**



Winkelbestimmung durch Zeitdifferenzmessung

**Encoder mit rotierendem Teilkreis
Dynamische Encoder**





Encoder: Leica dynamischer Abgriff T2000/3000

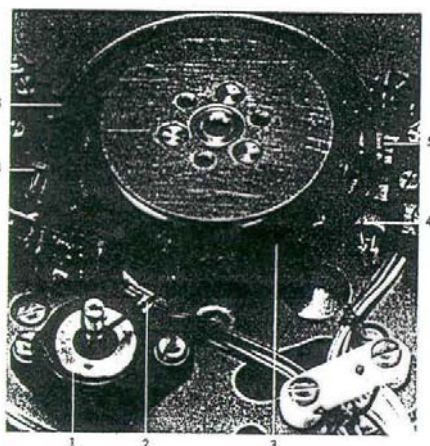


Bild 3a: Horizontalabgriff

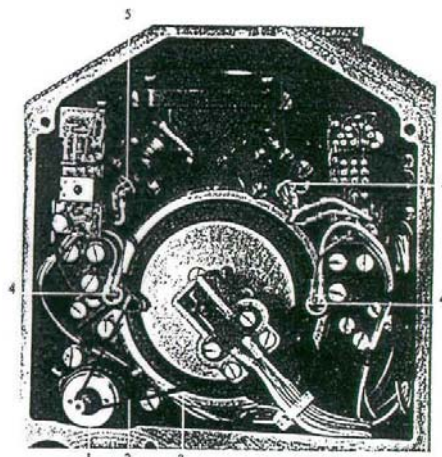
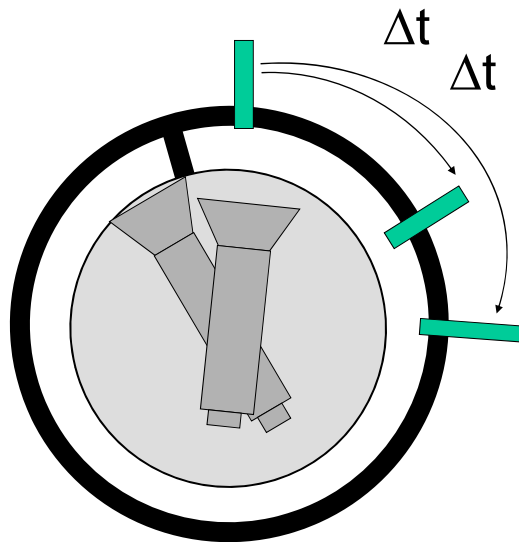


Bild 3b: Vertikalabgriff

Prinzip : Dynamische Encoder



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

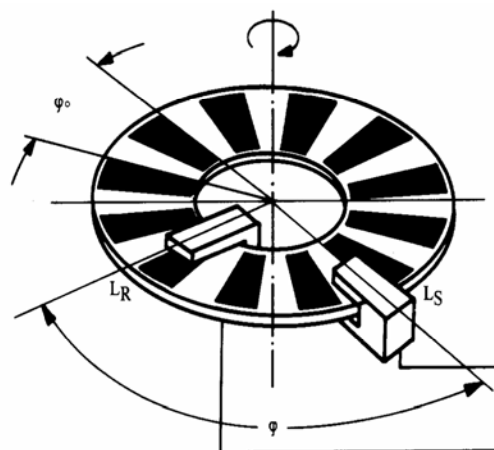


Encoder: Leica dynamischer Abgriff T2000/3000

- Bestimmung der Vielfachen n durch Zählen der Impulse zwischen fester Lichtschanke und Alhidaden-Lichtschanke

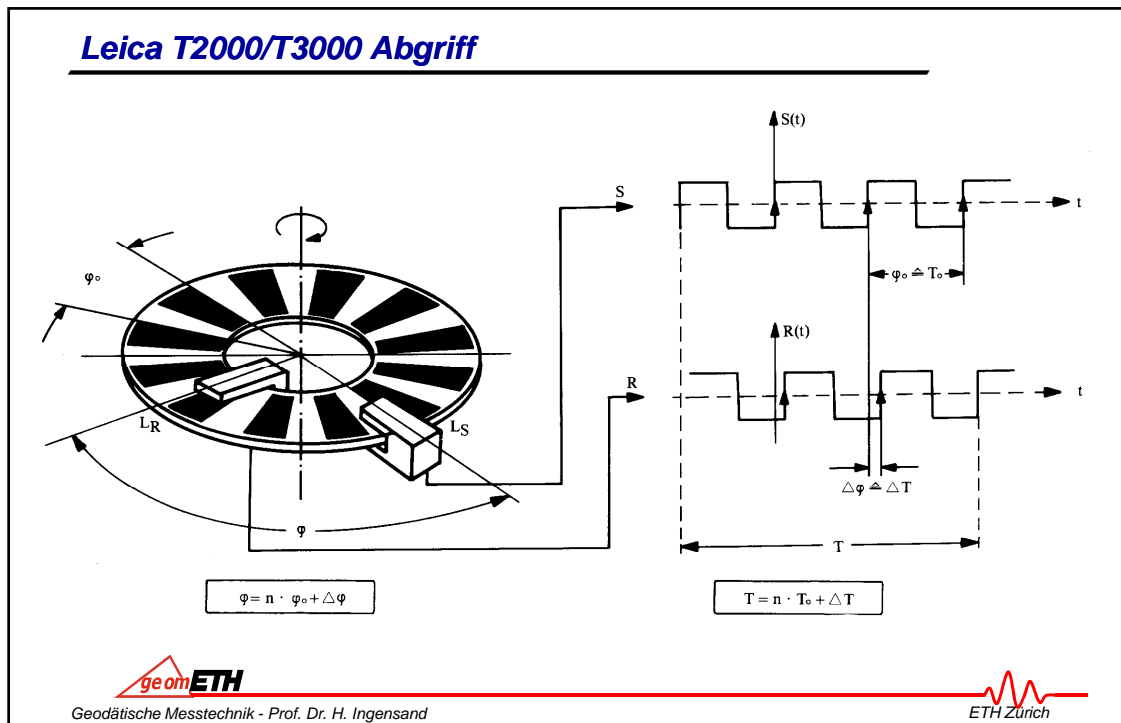
$$\square \phi = n\phi_0 + \Delta\phi$$

- + Bestimmung der Phasenverschiebung $\Delta\phi$
Bestimmung durch Zeitmessung oder digitaler Phasenmessung (analog EDM)



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

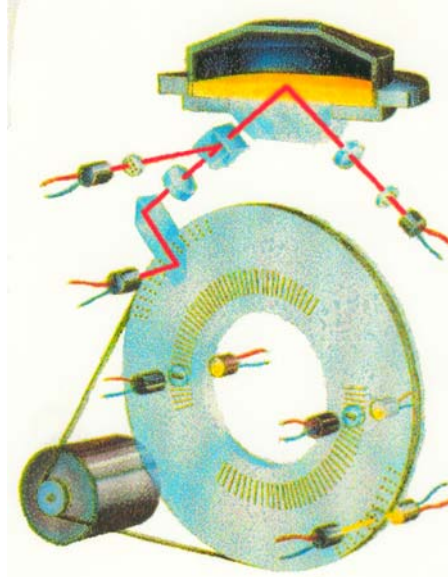




Encoder: Leica dynamischer Abgriff T2000/3000

- + Genauestes Verfahren $s = 0,01$ mgon
- + Teilkreisfehler werden integriert
- + Rotationsgeschwindigkeit wird gemessen, daher sind Schwankungen der Drehzahl erlaubt
- - benötigt rotierenden Kreis, wobei die Messung aus mehreren Umdrehungen gemittelt wird
- - hoher Stromverbrauch
- - Für schnelles Tracking nicht geeignet

Vertikalabgriff T2000/3000



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Vergleich von absolutem und inkrementalen Geber

Absoluter Geber

- Ist aufwendiger
- Hat definierten Anfangspunkt
- Liefert Ergebnis in kodierter digitaler Form
- Zeigt nach Abschalten wieder Absolutwert an
- Unempfindlicher gegen Störpulse

Inkrementaler Geber

- Bessere Auflösung
- Nullpunktverschiebung möglich
- Verliert bei Abschalten den Messwert
- Zählt ggf. auch Störpulse mit
- schneller als kodierter



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand

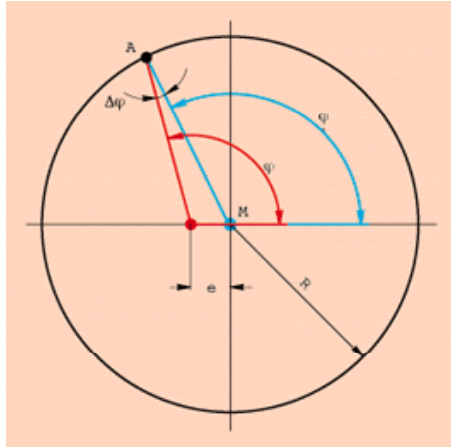


Fehlerquellen bei elektronischen Winkelabriffen

TEILKREISFEHLER

| Fehlerart | Ursachen | Elimination |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| <u>zufällige Fehler</u> | | |
| Lage der Einzelstriche | Teilkreismaschine Kopiervorgang | Integration m. Striche |
| <u>systematische Fehler</u> | | |
| zyklische Fehler | Interpolation elektron. Mikrometer | |
| 2 pi | Teilkreismaschine Exzentrizität | diametrale Abtastung Softwarekorrektur |
| 4 pi | Achstaumelfehler | |

Encoder: Exzentrizitätsabweichung



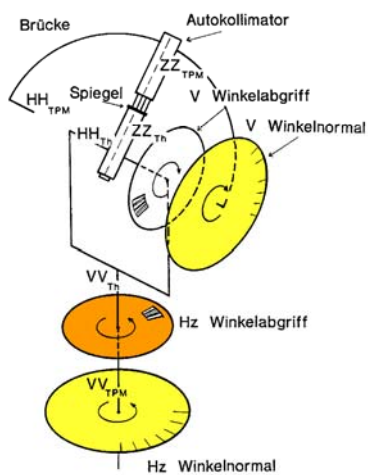
- Ursache:
Zentrum des Kreises, der durch die Skala definiert ist, liegt neben der Sollposition (Drehachse der Alhidade oder des Fernrohres)
- Abhilfe
- diametrale oder 4fach Abgriffe
- bei Einzeigerablesung TPM und Korrektion



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Die Leica Teilkreisprüfmaschine



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



WILB H. S. S. S.
HEB. 20. 1908/1909

Oberlin. Anstalt

INSPECTION CERTIFICATE

Datum: 27-06-1908

102 Kreis
Nr. 1638
WILD Heerbrugg

Anzahl Messwerte: 480

Standardabweichung: 0.10 mgon

17 Kreis
Nr. 1688
WILD Heerbrugg

Anzahl Messwerte: 32

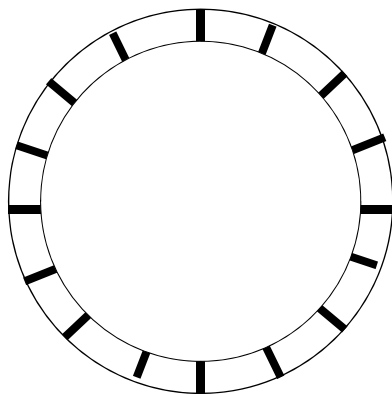
Standardabweichung: 0.10 mgon

Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand ETH Zürich

Ende

Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand ETH Zürich

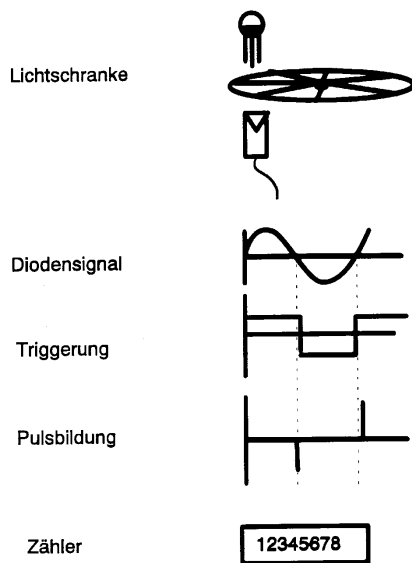
Absolute Verfahren



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



Signalbildung bei einem inkrementalen Encoder



Geodätische Messtechnik - Prof. Dr. H. Ingensand



