

Handlungsempfehlungen und Hinweise für die Durchführung von EDM-Kalibriermessungen und Auswertung mit ERICH-online

KALIBRIERSTRECKENMESSUNG IM FELDE	2
Vorbereitende Arbeiten.....	2
Durchführung der Messung	2
Erfassung der Messdaten.....	3
MESSSCHIENENMESSUNG	3
Feinmaßstäbe	3
Vorbereitende Arbeiten.....	4
Durchführung der Messung	4
Erfassung der Messdaten.....	4
AUSWERTUNG MIT ERICH-ONLINE	5
Funktionsumfang	5
BEDIENUNG VON ERICH-ONLINE	5
Interpretation der Auswerteergebnisse.....	6
Graphische Darstellung der Auswertung	6
Zyklische Korrektur aus Messschienenmessungen.....	6
Nullpunkt- und Maßstabskorrektur aus Kalibrierstreckenmessungen	8
Verwendung der Auswerteergebnisse bei Vermessungen	12
Dokumentation	13
RICHTLINIEN	13
LITERATURHINWEISE	14

Kalibrierstreckenmessung im Felde

Vorbereitende Arbeiten

Vor der Kalibrierstreckenmessung ist das gesamte EDM-Instrumentarium auf seine Funktionstüchtigkeit zu überprüfen (siehe auch Anlage 2a Blatt 1 der Eichrichtlinie EDM, Entwurf 2000, Stand 2003).

Die Kalibrierstrecke besteht in der Regel aus 6 bis 10 Messpfeilern, die den üblichen Einsatzbereich von ca. 10 m bis 700 m umfassen. Die Messpfeiler sind so angeordnet, dass im Nahbereich zwischen 10 m und 150 m eine ausreichend große Zahl von Messstrecken vorhanden ist. Die Messpfeiler sind mit einer Zwangszentriereinrichtung mit 5/8"-Gewindebolzen ausgestattet. Auf jedem Messpfeiler wird ein Dreifuß aufgeschraubt und horizontalisiert. Während dieser vorbereitenden Zeit kann sich das Instrumentarium akklimatisieren. Beim Messmodus Schrägstrecke sind alle Dreifußhöhen über Pfeileroberkante sowie die Kippachshöhe des Instrumentes und die Reflektorhöhe über dem Dreifuß zu messen.

Temperatur und Luftdruck werden bei EDM-Instrumenten, die intern bereits meteorologische Korrekturen rechnen, eingegeben bzw. instrumentenseits durch Sensoren erfasst und protokolliert.

Durchführung der Messung

Mit dem temperaturangepassten Tachymeter beginnt die Messung auf Pfeiler 1 zu dem Reflektor auf Pfeiler 2, danach wird der Reflektor auf Pfeiler 3 umgesetzt und erneut die Messung ausgelöst, dann wandert der Reflektor zu Pfeiler 4 und eine erneute Messung ist durchzuführen. So wird verfahren bis zum letzten Pfeiler der Kalibrierstrecke in Abhängigkeit des abzudeckenden Messbereichs. Bei jeder Umsetzung des Reflektors sind die meteorologischen Daten zu überprüfen und bei Änderung im Instrument zu korrigieren und zu protokollieren/speichern. Für jede Teilstrecke sind mindestens drei unabhängige Einzelmessungen durch erneutes Anzielen mit dem Fadenkreuz auf die Mitte des Reflektors durchzuführen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Dann wird der Tachymeter auf Pfeiler 2 umgesetzt, die meteorologischen Angaben aktualisiert, während der Reflektor auf Pfeiler 3 steht und die Messung ausgelöst wird. Danach werden die weiteren Pfeiler nacheinander mit dem Reflektor besetzt und die gemessenen Daten protokolliert. Die Kalibriermessung ist beendet, wenn der Prüfling auf den vorletzten Pfeiler aufgebaut worden ist und die letzte Teilstrecke gemessen wurde.

Bei Bedarf kann eine zweite Messung/Rückmessung/Kontrollmessung durchgeführt werden.

Weitere Handlungsempfehlungen sind den Eichrichtlinien EDM (Entwurf 2000, Stand 2003) zu entnehmen.

Erfassung der Messdaten

Die Erfassung der Messungs- und Verwaltungsdaten auf der Kalibrierstrecke kann mit ERICH-online, dem Programm ERICH oder aber analog auf Vordrucken erfolgen.

Für die digitale Erfassung sprechen sowohl die zur Verfügung gestellten Erfassungsmasken als auch die mit jeder Speicherung durchgeführte Plausibilisierung der Daten, die bereits im Felde eine Gewähr für die vollständige und korrekte Erfassung bieten.

Weitere Informationen, auch in Bezug auf die zu erfassenden Daten, sind der Dokumentation zu ERICH-online bzw. ERICH und den Eichrichtlinien EDM (Entwurf 2000, Stand 2003) zu entnehmen.

Bei Bedarf können mit dem Erfassungsprogramm ERICH die Messdaten mehrerer Tachymeter parallel eingegeben werden. Auf diese Weise wird die Menge der zu erfassenden Verwaltungsdaten reduziert und der Messungsablauf optimiert.

Messschienenmessung

Feinmaßstäbe

Bei der Bezirksregierung Köln, Abteilung Geobasis NRW gibt es zwei Messschienen für die Bestimmung der zyklischen Korrektur der Tachymeter. Die Messschienen haben mehrere Messpunkte mit gleichmäßigen Abständen. Der Feinmaßstab des Prüflings muss bekannt sein.

Auf der 25-m-Messschiene (Stahl) wird die zyklische Korrektur für den Feinmaßstab von 10 m unter Angabe der Temperatur bestimmt.

Die zweite Messschiene von 3 m (Kohlefaserstab) hat 92 Punkte in gleichmäßiger Unterteilung und wird für die Feinmaßstäbe von z.B. 3 m, 1.5 m, 0.50 m oder 0.37 m genutzt.

Die Messpunkte sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen:

Feinmaßstab [m]	Nr. der Messschiene
10,00	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 (25-m-Stahlmessschiene)
3,00	1, 7, 13, 19, 25, 31, 36, 42, 48, 54, 60, 65, 71, 77, 83, 89, 92
1,50	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 33, 36, 39, 42, 45, 48
0,50	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
0,37	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Die Messschienen befinden sich in Bauteil I der BR Köln, Abteilung Geobasis NRW in Bonn, Muffendorfer Str. 19-21 und sind horizontal aufgebaut. Messungen sind selbständig nach Terminabsprache durchzuführen. Empfohlen werden dafür 2 Personen, eine Person, die den Tachymeter bedient und die Messergebnisse protokolliert/erfasst und eine weitere Person, die das Prisma auf der Messschiene weiter zum nächsten Messpunkt bewegt. Erforderliches Zubehör wie DreifüÙe, Prisma, Temperatur- und Luftdrucksensor stehen zur Verfügung. Grundsätzlich wird die Horizontalstrecke gemessen, die meteorologischen Daten sollten ins Instrument eingegeben werden, sodass eine meteorologisch korrigierte Horizontalstrecke als Produkt der Messung erhalten wird.

Vorbereitende Arbeiten

Der Tachymeter wird auf dem Gerätestandpunkt (Konsole) mit einem mitzubringenden DreifuÙ horizontaliert und bleibt während des gesamten Messvorganges dort aufgebaut. Messmodus wie Horizontalstreckenmessung und kleinste Anzeigeeinheit in Meter werden eingestellt, eine Prismenkonstante ist evtl. zu berücksichtigen, eine Gewöhnung an die Umgebungstemperatur ist sicher zu stellen.

Beim Gebrauch der 25-m-Messschiene sind 11 fest montierte DreifuÙe (DIN-Steckzapfen) vorweg zu horizontalieren. Auf den ersten Messpunkt (Punkt 9) wird das Prisma positioniert und auf den Tachymeter ausgerichtet.

Wettersensoren für Temperatur und Luftdruck sind an geeigneter Stelle zu positionieren.

Durchführung der Messung

Der Messvorgang beginnt mit der Zielung vom Gerätestandpunkt auf die Prismenmitte zu dem ersten definierten Punkt, auf der 25-m-Messschiene der Punkt 9, bei der Nutzung der 3-m-Messschiene für die verschiedenen Maßstäbe Punkt 1. Nach drei Einzelmessungen mit unabhängigen Zielungen wird das Prisma zum nächsten Punkt verschoben bzw. gewechselt, neu auf das Instrument ausgerichtet und wieder folgen drei unabhängige Einzelmessungen vom Instrument zu dem Prisma. So wird fortgefahren von Messpunkt zu Messpunkt, das Prisma wird über die Messpunkte des Feinmaßstabes geführt bis der letzte anzumessende Punkt angemessen worden ist. Zum Schluss werden die Wetterdaten kontrolliert. Damit ist die Messschienenmessung abgeschlossen, Tachymeter und weiteres aufgebautes Zubehör können abgebaut werden.

Erfassung der Messdaten

Siehe Erfassung der Messdaten bei der Kalibrierstreckenmessung im Felde. Bei der Wahl der Kalibriereinrichtung (Messschiene) in ERICH bzw. ERICH-online ist bei der Messung auf der 25-m-Schiene die Temperatur zum Zeitpunkt der Messung anzugeben.

Auswertung mit ERICH-online

Funktionsumfang

ERICH-online ist für die Auswertung von

- Kalibrierstreckenmessung
- Messschienenmessung

konzipiert worden. Liegt nur eine Kalibrierstreckenmessung vor, ist diese einzeln auszuwerten. In dem EDM-Kalibrierzertifikat werden dann als Ergebnis die Parameter K10 und K20 aufgeführt:

- Nullpunktkorrektur K10
- Maßstabskorrektur K20 (lineare Additionskorrektur).

Liegen Strecken- und Messschienenmessung für das gleiche Instrument vor, sind zwei Auswertungen vorzunehmen. Zunächst ist die Messschienenmessung zur Bestimmung der zyklischen Korrektur nach den 4 Fourierkoeffizienten vorzunehmen. Das Ergebnis aus dem EDM-Kalibrierzertifikat wird manuell in die Erfassungseingabe der Streckenmessung übernommen und als Korrektur in einem weiteren Auswertegang berücksichtigt. Zum Abschluss stehen in dem EDM-Kalibrierzertifikat die Parameter

- Nullpunktkorrektur K10
- Maßstabskorrektur K20
- Fourierkoeffizienten K11, K12, K21, K22

Graphiken unterstützen die Ergebnisse einer Auswertung. Für Messschiene und Kalibrierstrecke stehen zwei verschiedene Graphiken zur Verfügung. Die in Rot dargestellte Linie ist die Funktion mit allen Korrekturen, in Schwarz sind die gemessenen Messpunkte dargestellt.

Bedienung von ERICH-online

Über die Internetseite der BR Köln

http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/organisation/abteilung07_produkte/raumbezug/kalibrierung/tachymeter/index.html

kann ERICH-online aufgerufen werden. Die Messdaten sind von Hand einzugeben und lokal zu sichern. Die mit ERICH-online erfassten Daten können mit dem Erfassungsprogramm ERICH ab der Version 1.2 verarbeitet und bei Bedarf wieder hochgeladen werden.

Nach Abschluss der Berechnung (roter Schriftzug: **Ergebnis steht bereit**) kann das Ergebnis über den gleichnamigen Button als pdf-Dokument abgerufen werden.

Im Kalibrierprotokoll sind unter BERECHNUNGSERGEBNISSE alle relevanten Daten zusammengefasst. Die Dokumentation umfasst die gemessenen Strecken sowie alle angebrachten Reduktionen und Korrekturen bis hin zu den Residuen (Restfehler).

Der absolut größte Wert der Residuen wird als ein Genauigkeitsmaß $|Res_{max}|$ in das EDM-Kalibrierzertifikat übernommen.

Weitere Informationen zur Bedienung und zum Umfang der zu erfassenden Daten sind der Dokumentation zu ERICH-online zu entnehmen.

Interpretation der Auswertergebnisse

Graphische Darstellung der Auswertung

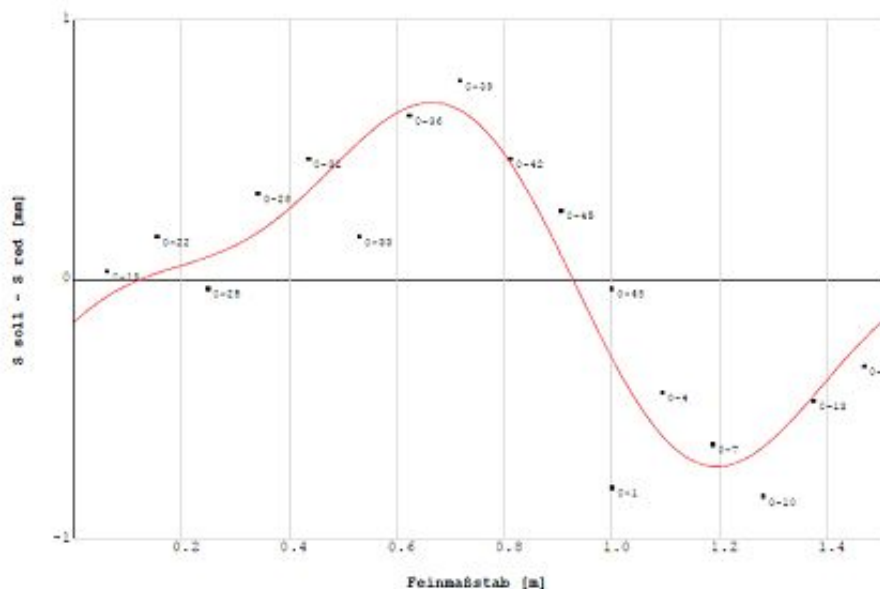
Zyklische Korrektur aus Messschienenmessungen

Die Graphik enthält in überschaubarer Aufteilung unter Berücksichtigung des Feinmaßstabs in Schwarz die Messwerte und in Rot die Funktion der zyklischen Korrektur. Korrekturwerte für jede beliebige Strecke innerhalb des Feinmaßstabs können so problemlos mit graphischer Genauigkeit entnommen werden (Beispiele 1-4).

Die Nulllinie stellt den Sollwert dar, von dort bis zur roten Funktionslinie ist die Korrektur. Der Abstand zwischen Messwert und Funktion wird mit Residuum bezeichnet.

Beispiel 1

Graphische Darstellung des zyklischen Phasenfehlers



K11 = -0.4 mm

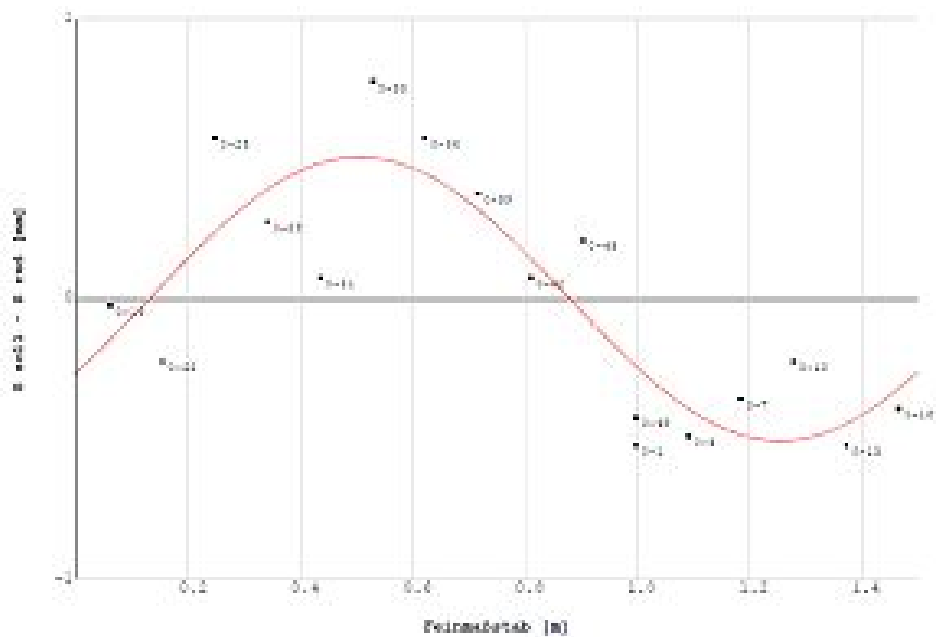
K12 = 0.2 mm

K21 = 0.4 mm

K22 = 0.0 mm

Beispiel 2

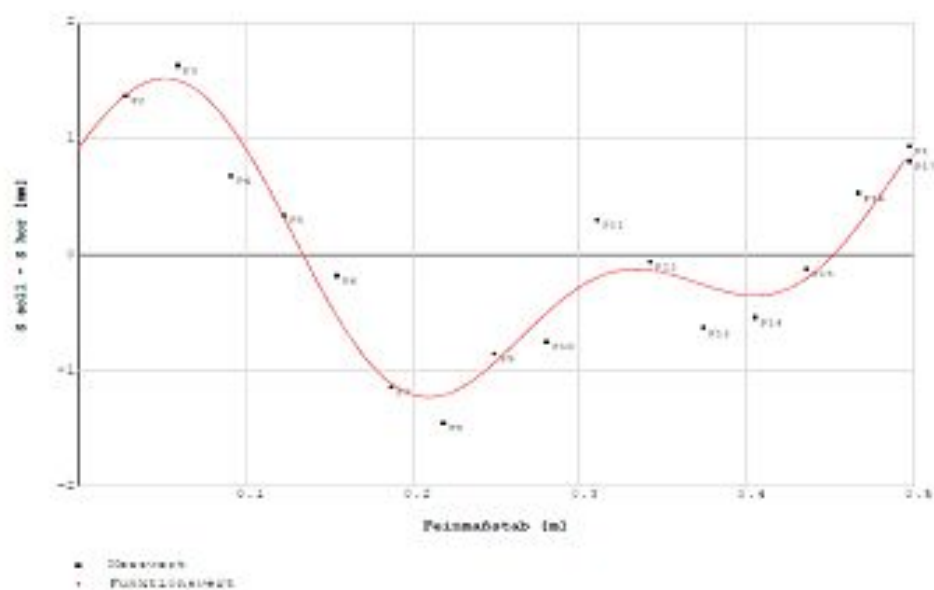
Graphische Darstellung des zyklischen Phasenfehlers



$$K11 = -0.3 \text{ mm} \quad K12 = 0.0 \text{ mm} \quad K21 = 0.4 \text{ mm} \quad K22 = 0.0 \text{ mm}$$

Beispiel 3

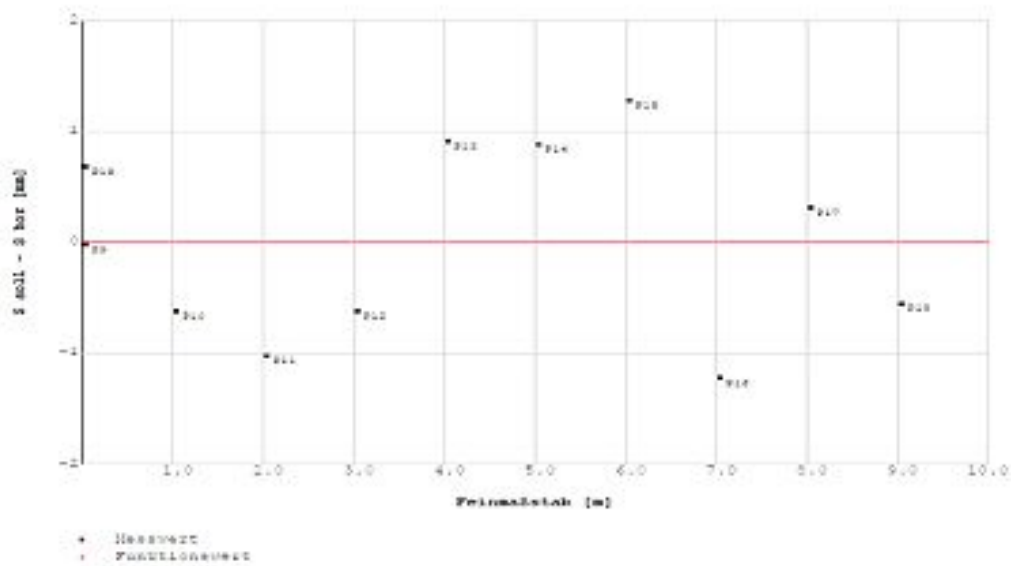
Graphische Darstellung des zyklischen Phasenfehlers



$$K11 = 0.9 \text{ mm} \quad K12 = 0.0 \text{ mm} \quad K21 = 0.3 \text{ mm} \quad K22 = 0.7 \text{ mm}$$

Beispiel 4

Graphische Darstellung des zyklischen Phasenfehlers



$$K11 = 0.0 \text{ mm}$$

$$K12 = 0.0 \text{ mm}$$

$$K21 = 0.0 \text{ mm}$$

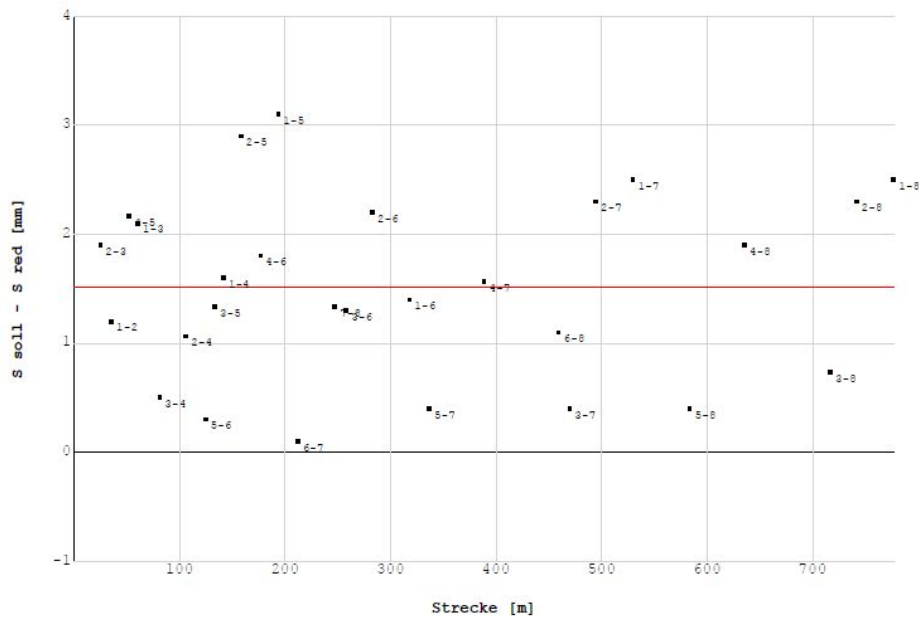
$$K22 = 0.0 \text{ mm}$$

Nullpunkt- und Maßstabskorrektion aus Kalibrierstreckenmessungen

In der Graphik sind die Messwerte ($S_{\text{soll}} - S_{\text{hor}}$) in Schwarz und eine eventuell vorhandene Nullpunkt-/ Maßstabskorrektion als Gerade in Rot dargestellt. Fällt weder eine Nullpunkt- noch eine Maßstabskorrektion an, d.h. ist $K10$ und $K20 = 0$, befindet sich die rote Linie als Gerade auf der Nullachse. Wird an dem Instrument ausschließlich eine Nullpunktkorrektur festgestellt, wird diese durch eine Gerade parallel zur Nullachse visualisiert (Beispiel 5). Eine vorhandene Maßstabskorrektur ist durch eine positive oder negative Steigung der in Rot dargestellten berechneten Geraden zu erkennen (Beispiele 6-7). Mit zunehmender Streckenlänge ändert sich der Korrektionswert linear.

Beispiel 5

Graphische Darstellung der Nullpunkt- und Maßstabskorrektion

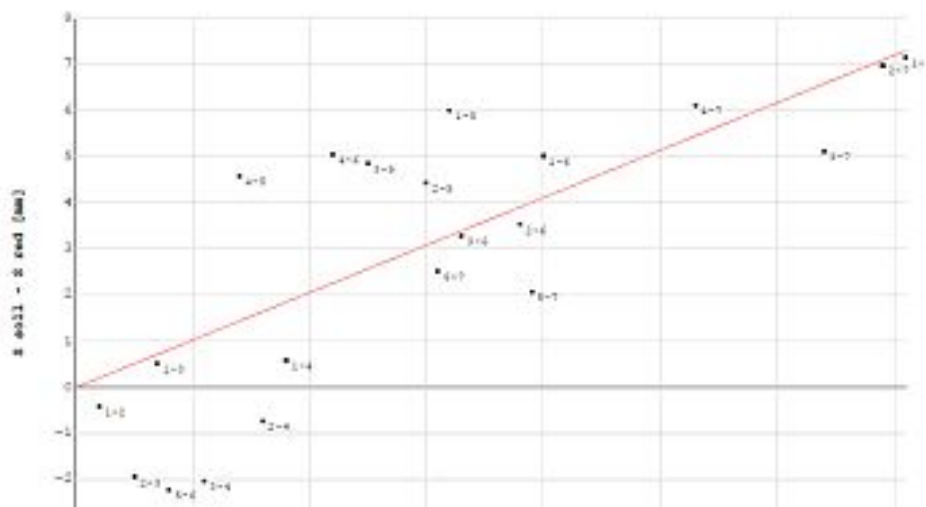


Nullpunkt Korrektur $K_{10} = 1.5 \text{ mm}$
(Parallel zur Nullachse)

Maßstabs Korrektur $K_{20} = 0.0 \text{ ppm}$

Beispiel 6

Graphische Darstellung der Nullpunkt- und Maßstabskorrektion

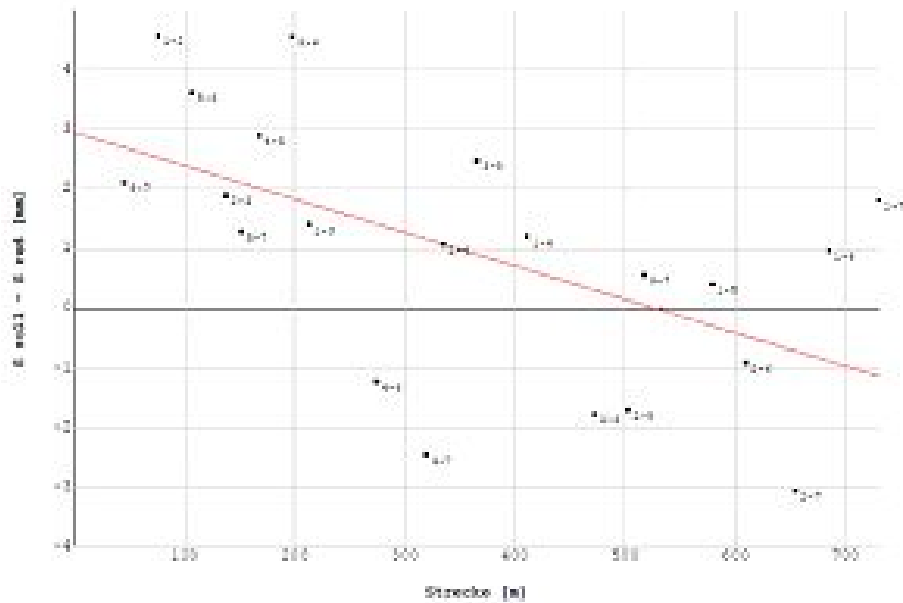


Nullpunkt Korrektur $K_{10} = 0 \text{ mm}$

Maßstabs Korrektur $K_{20} = 10.3 \text{ ppm}$

Beispiel 7

Graphische Darstellung der Nullpunkt- und Maßstabskorrektur

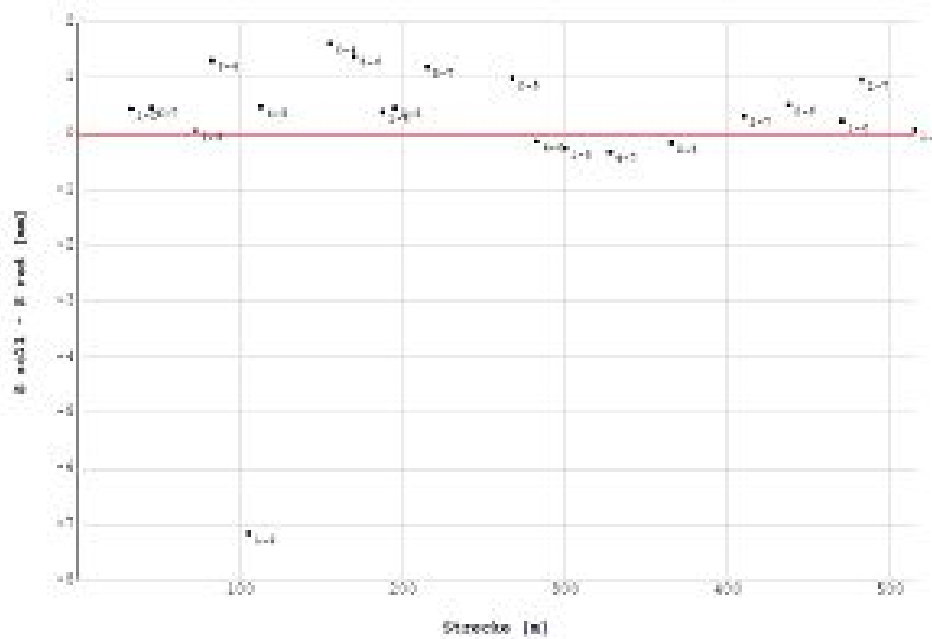


Nullpunktkorrektur $K_{10} = 3.0 \text{ mm}$

Maßstabskorrektur $K_{20} = -5.6 \text{ ppm}$

Beispiel 8

Graphische Darstellung der Nullpunkt- und Maßstabskorrektur



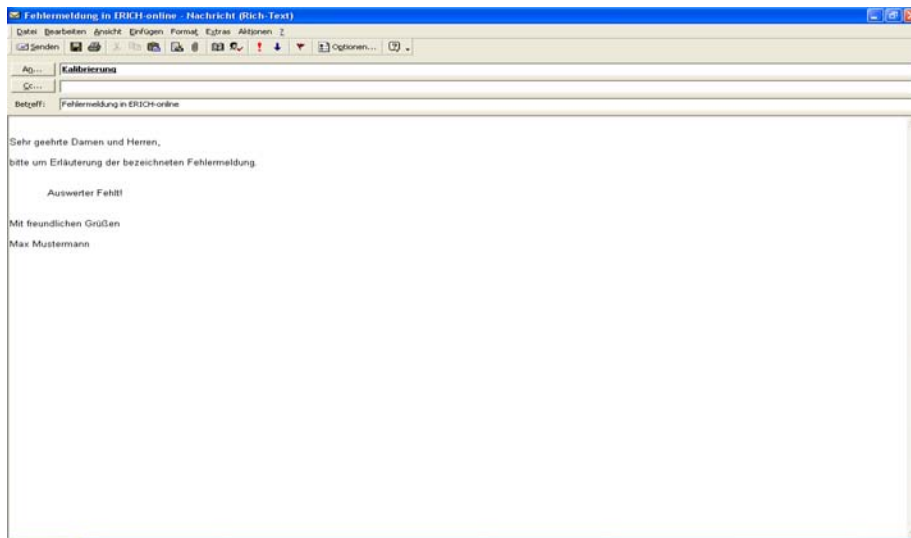
Nullpunktkorrektur $K_{10} = 0.0 \text{ mm}$

Maßstabskorrektur $K_{20} = 0.0 \text{ ppm}$

Fehler in der Strecke $1 - 3 = 7.2 \text{ mm}$

Das Instrument ist für Arbeiten im VP-Feld oder vergleichbare Arbeiten nicht geeignet, denn der Grenzwert $|Res_{max}|$ liegt bei 6 mm !

Bei unklaren Fehlermeldungen in der Erfassungsmaske kann der hinweisende Text (z. B. **Auswerter fehlt**) mit der rechten Maustaste und dem Befehl *kopieren* in eine E-Mail eingefügt und an die Adresse kalibrierung@bezreg-koeln.nrw.de gesendet werden, um nähere Erläuterungen zu erhalten.



Verwendung der Auswertergebnisse bei Vermessungen

Die Sollstrecke errechnet sich aus den Gliedern

$$S_{i \text{ soll}} = S_{i \text{ hor}} + K10 + K20 \cdot D_i + K_{\text{zykl}} + Res_i$$

Darin bedeuten

$S_{i \text{ sol}}$ = Sollstrecke in m

$S_{i \text{ hor}}$ = meteorologisch korrigierte Horizontalstrecke in m

K10 = Nullpunktkorrektur in m

K20 = Maßstabskorrektur in ppm

D_i = gemessene Strecke in km

K_{zykl} = zyklische Korrektur für den Messwert in m

$$= K11 \cdot \cos q + K12 \cdot \cos 2q + K21 \cdot \sin q + K22 \cdot \sin 2q$$

(Dokumentation ERICH-online, kalibri.dll, Formelsammlung Blatt 2 – 2)

Res_i = Restfehler in m

Bei entsprechenden Genauigkeitsanforderungen an die Streckenmessung sollte folgende Korrektur (ohne Berücksichtigung der zyklischen Korrektur) angebracht werden:

$$K_i = K10 + K20 \cdot S_{i \text{ hor}}$$

K_i = Korrektur in mm

$S_{i \text{ hor}}$ = Ablesung am Tachymeter in km

Beispiel 1:

Nullpunktkorrektur K10 = -0.2 mm.

Maßstabskorrektur K20 = 1.6 ppm (1.6 mm auf 1000 m)

Strecke gem. bzw. $S_{i \text{ hor}}$ (meteorologisch korrigierte Horizontalstrecke)
= 319.996 m

$$\begin{aligned} K &= -0.2 \text{ mm} + 1.6 \text{ ppm} \cdot 0.320 \text{ km} \\ &= -0.2 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm} \\ &= 0.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Die korrigierte Strecke

$$\begin{aligned} S &= S_{\text{hor}} + K \\ &= 319.996 \text{ m} + 0.0003 \text{ m} \\ &= 319.9963 \text{ m} \end{aligned}$$

Beispiel 2:

Nullpunktkorrektur K10 = 0.0 mm

Maßstabskorrektur K20 = 0.0 ppm

Zyklische Korrektur K_{zykl} aus Messschienenauswertung:

$$K11 = -0.4 \text{ mm} \quad K12 = 0.0 \text{ mm} \quad K21 = 0.4 \text{ mm} \quad K22 = 0.0 \text{ mm}$$

Strecke gem. bzw. $S_{i \text{ hor}}$ (meteorologisch korrigierte Horizontalstrecke)
= 299.9843 m

$$K_{\text{zykl } 299,9843 \text{ m}} = -0.43 \text{ mm}$$

Die korrigierte Strecke

$$\begin{aligned} S &= S_{\text{hor}} + K \\ K &= K10 + K20 \cdot S_{i \text{ hor}} + K_{\text{zykl}} \\ &= 0 \text{ mm} + 0 \text{ mm} - 0.43 \text{ mm} \\ S &= 299.9839 \text{ m} \end{aligned}$$

Dokumentation

Über die Internetseite von ERICH-online kann die Dokumentation aufgerufen werden.

Richtlinien

Grundlage der Kalibrierung bildet der Vermessungspunkterlass NRW (VP-Erl. vom 12.01.1996). Nr. 16 regelt den Zeitraum der Kalibrierung. Für Arbeiten im amtlichen Vermessungswesen dürfen bestimmte Parameter und Zeiten (Nullpunktkorrektur k_{10} , Maßstabkorrektur k_{20} , Standardabweichung s_0 , Restfehler $|Res_{max}|$ nicht überschritten werden (abgeleitet aus den Eichrichtlinien EDM und dem technischen Fortschritt angepasst):

- Die Nullpunktkorrektur K_{10} ist mind. jährlich auf einer Kalibrierstrecke zu bestimmen.
- Die Maßstabkorrektur K_{20} ist jährlich aus einer Kalibrierstreckenmessung zu überprüfen.
- Die zyklische Korrektur (zyklischer Phasenfehler) hat eine Gültigkeit von 3 Jahren.
- Eine Frequenzprüfung ist nach 3 Jahren zu wiederholen (sofern technisch bei der BR Köln durchführbar. Der Maßstab eines Tachymeters wird über die Frequenz bestimmt!).

Für die Beurteilung von Kalibrierungsergebnissen wurden Grenzwerte festgelegt:

- Der Grenzwert für K_{20} wird auf 10 ppm festgelegt.
- Wird dieser Grenzwert überschritten, sind aber die anderen Werte in Ordnung, so wird der Vermessungsstelle empfohlen, eine Frequenzprüfung durchführen zu lassen.
- Sind mehrere Grenzwerte (S_0 , K_{10} , $|Res_{max}|$...) überschritten, so ist das Gerät nicht für Messungen im VP-Feld oder vergleichbare Messungen geeignet.

Weitere Grenzwerte unter Berücksichtigung des Einsatzes im Liegenschaftskataster sind:

- Standardabweichung S_0 sollte nicht über dem Wert der Standardgenauigkeit des Instrumententyps nach Herstellerangabe liegen.

Restfehler Kalibrierstrecke

- $|Res_{max}|$ darf nicht über 6 mm liegen.
Restfehler zyklische Korrektur $|Res_{max}|$ sollen kleiner 4 mm sein.
- Nullpunktkorrektur K_{10} soll nicht über 10 mm liegen und nicht stark zwischen den verschiedenen Kalibriermessungen variieren.
- Die Standardabweichung S_0 zur Nullpunktkorrektur K_{10} / Maßstabkorrektur K_{20} soll 2 mm nicht übersteigen.

Literaturhinweise

Eichrichtlinie EDM Entwurf 2000, Stand 2003: http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/organisation/abteilung07_produkte/raumbezug/kalibrierung/tachymeter/eichrichtlinien.pdf

Dokumentation zu ERICH: Über die Internetseite von ERICH-online kann die Dokumentation aufgerufen werden.

Grundlagen der Statistik: Residuen

www.statistics4u.info/fundstat_germ/cc_residuals.html

Basis-Lexikon: Residuen www.faes.de/Basis/Basis-Lexikon/basis-lexikon.html

Wikipedia: Residuum <http://de.wikipedia.org/wiki/Residuum>