

VORWORT

8

1. EINFÜHRUNG IN DIE NEIGUNGSMESSTECHNIK

9

1.1	GESCHICHTE DER NEIGUNGSMESSUNG	9
1.2	WAS IST EINE NEIGUNG?	10
1.3	MASSEINHEITEN IN DER NEIGUNGSMESSTECHNIK	11
1.4	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN Z.B. GRAD/MINUTEN UND $\mu\text{m}/\text{m}$	11
1.5	WAS IST EIN „ $\mu\text{m}/\text{m}$ “?	12
1.6	WAS IST EIN „RADIANT“?	12
1.7	BEZIEHUNG ZWISCHEN DEN WICHTIGSTEN EINHEITEN (SI)	12
1.8	BEZIEHUNG ZWISCHEN DEN WICHTIGSTEN EINHEITEN IN DER NEIGUNGSMESSTECHNIK	13
1.9	WAS IST EINE POSITIVE, WAS EINE NEGATIVE NEIGUNG?	13
1.10	DAS ABSOLUTE NULL MITTELS UMSCHLAGSMESSUNG	13
1.11	LINEARITÄT	14
1.12	AUSWIRKUNG UND KOMPENSATION DER GRAVITATIONS-KRAFT BEI NEIGUNGSMESSGERÄTEN	15
1.13	STÖREINFLÜSSE AUF NEIGUNGSMESSSYSTEME / MESSUNSICHERHEIT VON MESSSYSTEMEN	16
1.14	LÄNGE DER MESSBASEN	17
1.15	RELATIVMESSUNGEN - ABSOLUTMESSUNGEN - LANGZEITÜBERWACHUNGEN	18
1.16	QUALITÄTSSICHERUNG UND KALIBRIERLABOR SCS WYLER AG	19

2. MESSSYSTEME UND APPLIKATIONS-SOFTWARE IM ÜBERBLICK

21

2.1	PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN	21
2.2	ELEKTRONISCHE NEIGUNGSMESSGERÄTE MIT INDUKTIVEM MESSSYSTEM	21
2.3	ELEKTRONISCHE NEIGUNGSMESSGERÄTE MIT KAPAZITIVEM MESSSYSTEM UND ANALOGER MESSAUSWERTUNG	21
2.4	ELEKTRONISCHE NEIGUNGSMESSGERÄTE MIT KAPAZITIVEM MESSSYSTEM UND DIGITALER MESSAUSWERTUNG	22
2.5	ELEKTROLYT-LIBELLEN	23
2.6	RICHT-LASER	23
2.7	LASER INTERFEROMETER	23
2.8	OPTO-ELEKTRONISCHES PRINZIP	24
2.11	THEODOLIT	24

	Seite
2.9 SEXTANT	24
2.10 AUTOKOLLIMATOR	24
2.12 SOFTWARE WYLERELEMENTS	25
2.13 SOFTWARE WYLERPROFESSIONAL	25
2.14 SOFTWARE WYLERSPEC	25
2.15 SOFTWARE WYLERCHART	26
2.16 SOFTWARE WYLERDYNAM	26
2.17 SOFTWARE WYLERINSERT	26
2.18 SOFTWARE SDK	26
3 PRODUKTEGRUPPEN IM BEREICH DER NEIGUNGSMESSUNG	27
3.1 PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN UND CLINOMETER	27
3.2 ELEKTRONISCHE HANDMESSGERÄTE	27
3.3 NEIGUNGSMESSENSOREN MIT DIGITALER MESSAUSWERTUNG	27
4 Wo KOMMEN PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN, NEIGUNGSMESSGERÄTE UND -SYSTEME ZUM EINSATZ?	28
4.1 WEITERE EINSATZGEBIETE VON PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN, NEIGUNGSMESSGERÄTEN UND -SYSTEMEN	29
5 PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN	33
5.1 EINSTELLUNG TWIST BEI WASSERWAAGEN	34
5.2 PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN UND DOSENLIBELLEN	35
5.3 CLINOMETER	37
5.4 PRÄZISIONS-SCHLAUCHWASSERWAAGE	37
6 ELEKTRONISCHE HAND-NEIGUNGSMESSGERÄTE	38
6.1 HANDMESSGERÄTE MIT INDUKTIVEM MESSSYSTEME / NIVELSWISS UND NIVELSWISS-D	38
6.1.1 Das induktive MESSPRINZIP	38
6.1.2 NIVELSWISS CLASSIC	38
6.1.3 NIVELSWISS-D (MIT DIGITALER ANZEIGE)	40

	Seite
6.2 HANDMESSGERÄTE MIT KAPAZITIVEM MESSSYSTEM	42
6.2.1.1 DAS ANALOGE AUSWERTEVERFAHREN	42
6.2.1.2 DAS DIGITALE AUSWERTEVERFAHREN	43
6.2.2 HANDMESSGERÄTE MIT ANALOGEM AUSWERTEVERFAHREN	44
6.2.2.1 DAS BLUESYSTEM / BLUELEVEL MIT BLUEMETER SIGMA	47
6.2.2.2 DAS BLUESYSTEM BASIC MIT BLUEMETER BASIC	48
6.2.2.3 Zweiachsiges Hand-NEIGUNGSMESSGERÄT BLUELEVEL-2D MIT DIGITALER MESSAUSWERTUNG	53
6.3 SOFTWARE WYLERSOFT FÜR	57
6.3.1 MESSSOFTWARE WYLERSPEC	57
6.3.2 Module wylereLEMENTS	62
6.3.3 Module wylerPROFESSIONAL	63
6.4 WORAUF IST BEI EINER MESSUNG ZU ACHTEN?	66
6.4.1 ANHAND EINER LINIENMESSUNG VON HAND WERDEN DIE BEGRIFFE ETWAS NÄHER ERLÄUTERT	66
6.4.2 ANMERKUNGEN ZUR SCHRITTLÄNGE UND ÜBERLAPPUNG DER MESSUNGEN	67
6.4.3 EBENHEITSMESSUNG / WEITERE GRUNDLAGEN ZUR MESSUNG VON NEIGUNGEN	68
6.4.4 AUSWIRKUNGEN DER TEMPERATURDIFFERENZ VON MESSGERÄT ZU MESSOBJEKT:	69
6.4.5 SCHLISSFehlerKORREKTUR NACH PHILIPS UND AUSRICHTMETHODEN NACH ISO 1101	70
6.4.6 DETAILLIERTE ERLÄUTERUNGEN ZUR SCHLISSFehlerKORREKTUR NACH „PHILIPS“ SCHLISSFehler / AUSRICHTUNG NACH ISO1101	72
6.4.7 DIE AUSRICHTMETHODEN VON MESSUNGEN	75
6.4.8 MESSRICHTUNG UND EINZEL-, BZW. REFERENZMESSUNG	76
6.4.9 NORMEN FÜR DIE EBENHEIT VON MESS- UND KONTROLLPLATTEN	82
6.4.10 VERMESSUNG VON RECHTWINKLIGEN OBJEKTEN	83
6.4.11 RELATIV- UND ABSOLUTMESSUNGEN	85
6.4.11.1 RELATIVMESSUNGEN	85
6.4.11.2 ABSOLUTMESSUNGEN	86

7.	Neigungssensoren	87
7.1	NEIGUNGSMESSENSOREN MIT DIGITALEM AUSGANGSSIGNAL	88
7.1.1	ZEROTRONIC-SENSOR	88
7.1.1.1	FUNKTIONS- UND MESSPRINZIP DES ZEROTRONIC-SENSORS:	89
7.1.1.2	WIE FUNKTIONIERT DER RC-OSZILLATOR ZUSAMMEN MIT DEM PENDELSYSTEM?	90
7.1.1.3	KALIBRIERUNG DER SENSOREN	93
7.1.1.4	Wichtigste Spezifikationen der ZEROTRONIC-Sensoren	95
7.1.1.5	KUNDENSPEZIFISCHE ANWENDUNGEN MIT ZEROTRONIC-SENSOREN	97
7.1.1.6	STANDARD-KONFIGURATIONEN FÜR ZEROTRONIC-SENSOREN	98
7.1.2	MULTITC (TRANSCEIVER/CONVERTER)	99
7.1.3	BlueTC (TRANSCEIVER/CONVERTER)	100
7.1.4	ZEROTRONIC-SENSOR MIT ANALOGEM AUSGANGSSIGNAL (STROMSCHLAUFE)	102
7.1.5	SPEZIALANWENDUNGEN MIT ZEROTRONIC-SENSOREN	103
7.1.6	ZWEIDIMENSIONALES LED-KREUZ MIT ZEROTRONIC-SENSOREN	105
7.1.7	2D-ZEROTRONIC-SENSOREN ZEROMATIC 2/1 UND 2/2	107
7.1.7.1	DAS FUNKTIONSPRINZIP DES ZEROMATIC	108
7.1.7.2	Massbilder des ZEROMATIC-Sensors 2/1 und 2/2	109
7.2	LANGZEITMESSUNGEN / -ÜBERWACHUNGEN MIT ZEROTRONIC-SENSOREN	111
7.3	LANGZEITMESSUNGEN / -ÜBERWACHUNGEN MIT ZEROMATIC-SENSOREN	112
7.4	DATALOGGER, AUF WYLER-MESSINSTRUMENTE OPTIMAL ABGESTIMMT	113
7.5	ANALOG NEIGUNGSSENSOREN LEVELMATIC 31 UND LEVELMATIC C	115
7.5.1	MESSPRINZIP DER LEVELMATIC-SENSOREN	116
7.6	SOFTWARE WYLERSOFT FÜR ÜBERWACHUNGS-AUFGABEN	118
7.6.1	MESSSOFTWARE WYLERCHART	118
7.6.2	MESSSOFTWARE WYLERDYNAM	118
7.6.3	MESSSOFTWARE WYLERINSERT	119
7.6.4	WYLER SOFTWARE-ENTWICKLUNGSKIT	120

8.	Handmessgeräte mit Digitalem Ausgangssignal	121
8.1	Hand-NEIGUNGSMESSGERÄT CLINOTRONIC PLUS	121
8.2	Hand-NEIGUNGSMESSGERÄT CLINOTRONIC S	125
8.3	HAND-NEIGUNGSMESSGERÄT CLINO 2000	129
8.4	HAND-NEIGUNGSMESSGERÄT BLUECLINO	132
8.5	NEIGUNGSMESSGERÄT BLUECLINO <i>HIGH PRECISION</i>	135
9	ANZEIGERÄTE UND INTERFACES	138
9.1	BLUEMETER SIGMA	138
9.2	BLUETC MIT/OHNE DATENÜBERTRAGUNG PER FUNK FÜR BLUELEVEL / BLUELEVEL BASIC / ZEROTRONIC-SENSOREN	141
ANHANG	EINFLUSS DER ERDANZIEHUNGSKRAFT AUF DIE GEMESSENE NEIGUNG	143
Index		146

VORWORT

Es gibt bereits sehr viele Fachbücher zum Thema Messtechnik – warum nun auch noch ein Buch über Neigungsmesstechnik?

Der Titel dieses Buches „Geheimnisse der Neigungsmesstechnik“ spricht den wesentlichen Punkt bereits an: innerhalb der Messtechnik nimmt die Neigungsmesstechnik eine Nischenposition ein. Noch immer wird das Potential dieser Messtechnik bei weitem nicht ausgeschöpft, da sowohl die Messtechnik als solches, als auch die Umsetzung und Interpretation der Messresultate z.B. für die Qualitätssteigerung noch viel zu wenig bekannt sind. Dies, obwohl die Neigungsmesstechnik in jüngster Zeit in immer neue und breitere Anwendungsgebiete einfließt. Diese reichen heute von der hochpräzisen Vermessung von Werkzeugmaschinen, über die genaue Ausrichtung der Elemente einer Hochleistungsdruckmaschine während der Montage bis hin zur Langzeitüberwachung von Staudämmen.

Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Werkzeugmaschinen, Industrieroboter, Flugzeuge oder Staudämme usw. kontinuierlich bezüglich Qualität, Genauigkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit. Dies verlangt nach immer besseren und moderneren Fertigungsmaschinen und –verfahren und zuverlässigeren Prüfprozessen und Überwachungssystemen. Um mit dieser Entwicklung Schritt halten zu können, müssen auch die Mess- und Prüfmittel laufend verbessert werden.

Die WYLER AG in Winterthur hat es sich seit ihrer Gründung im Jahre 1928 auf die Fahne geschrieben, sich diesen Anforderungen zu stellen und Ihre Kunden in ihren Messaufgaben durch anwenderfreundliche und hochpräzise Neigungsmessgeräte und –Systeme zu unterstützen.

Es ist somit das Ziel dieses Buches, dem Leser die Grundlagen und Begriffe der Neigungsmesstechnik näher zu bringen und damit die Anwendung von Neigungsmessinstrumenten zu vereinfachen und mitzuhelfen, die gestellten Messaufgaben optimal zu lösen.

AN WEN RICHTET SICH DIESES BUCH?

Dieses Buch ist gedacht

- als begleitendes Dokument für Schulungen zum Thema Neigungsmesstechnik
- als Nachschlagewerk für den Anwender
- als Kompendium für Studenten der Fachrichtung Messtechnik

Das Lehrbuch ist den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der WYLER AG, deren Partnerfirmen weltweit, ihren Kunden und Anwendern, sowie Studierenden der Fachrichtung Messtechnik gewidmet.

WYLER AG, Heinz Hinnen, CEO

Winterthur / Schweiz 2018

© 2018 by WYLER AG, CH - 8405 Winterthur, Schweiz
ISBN 978-3-9523917-0-9

3. Auflage 2018 / Alle Rechte vorbehalten. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Firma WYLER AG gestattet.

Autoren: Heinz Hinnen
Reto Meier
Martin Jaray
Dr. Martin Gassner
Gunner Lasczyk
Alex Schuhmacher

Lektorat: Michele Bruno

1. EINFÜHRUNG IN DIE NEIGUNGSMESSTECHNIK
1.1 GESCHICHTE DER NEIGUNGSMESSUNG

Bereits im Altertum wurde die Neigungsmessung benutzt

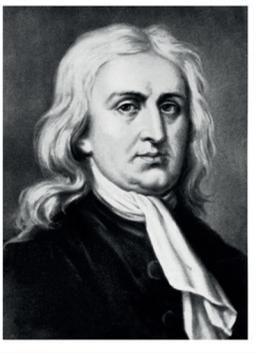
- zur Erstellung von Gebäuden
- für die Anfertigung von einfachen Stadtplänen
- für die Navigation in der Seefahrt

Dank der Entwicklung neuer Werkstoffe und Bearbeitungsmethoden wurde es möglich, neuere und genauere Neigungsmessgeräte zu entwickeln.

- 1727 wurden, basierend auf Plänen von Isaac Newton, die ersten Sextanten gebaut
- 1760 wurde vom Physiker Dollond der erste Theodolit gebaut



Sextant

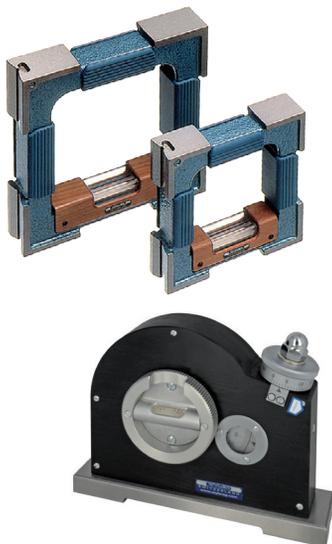


Sir Isaac NEWTON
1642 - 1727

Speziell in der Qualitätssicherung wird die Neigungsmessung in verschiedenen Variationen angewendet. Ein Neigungsmesser wird eingesetzt

- zur Messung eines Winkels (Neigung)
- zur Vermessung der Geradheit einer Linie, z.B. einer Führungsbahn
- zur Ausmessung eines Oberflächenprofils (z.B. Ebenheit)
- zur Langzeitüberwachung von Objekten

Die klassische Wasserwaage wird aufgrund der steigenden Anforderungen an Genauigkeit, Auflösung, Einlesedauer, Zuverlässigkeit und Protokollierung der Messwerte in zunehmendem Masse durch elektronische Neigungsmesssysteme abgelöst. Die neueste Entwicklung geht in Richtung Neigungssensoren, die in Netzwerke eingebunden werden und deren Messwerte über kurze oder grosse Distanzen übermittelt und mittels geeigneter Auswerteeinheit, z.B. Computer oder Anzeigeeinheit (Levelmeter, BlueMETER, BlueMETER SIGMA), ausgelesen werden können.



Klassische Wasserwaagen und Clinometer

Die klassische Präzisions-Wasserwaage wird in zunehmendem Masse durch elektronische Neigungsmesssysteme abgelöst.



Moderne elektronische Neigungsmessgeräte und -sensoren

1.2 WAS IST EINE NEIGUNG?

Der Begriff „**WINKEL**“ ist ein Mass für die Divergenz zwischen zwei Geraden g_1 und g_2 in einer Ebene (Bild 1). Der Winkel δ wird im Schnittpunkt der beiden Geraden g_1 und g_2 gebildet.

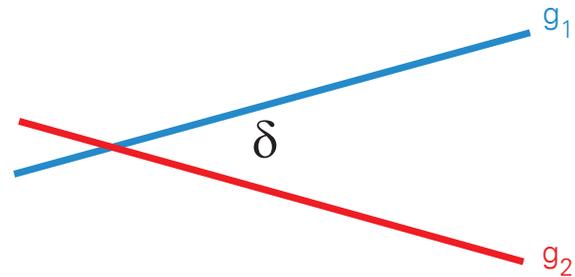


Bild 1

Die **NEIGUNG** ist ein spezifischer, lageabhängiger Winkel, wobei zwischen einer absoluten und einer relativen Neigung unterschieden wird. Die **absolute NEIGUNG** (Bild 2) entspricht dem Winkel α zwischen einer Linie g_3 zu einer horizontalen Linie g_4 , wobei die horizontale Linie g_4 in der Schnittkante der vertikalen Ebene E_1 und der Basisebene E_2 liegt. Die horizontale Basisebene E_2 muss absolut horizontal liegen.

Die **relative NEIGUNG** (Bild 3) entspricht dem Winkel β zwischen einer Linie g_5 zu einer Linie g_6 , wobei beide Linien in der vertikalen Ebene E_1 liegen müssen.

Die nachstehenden Bilder 2 und 3 verdeutlichen den Unterschied.

Bild 2

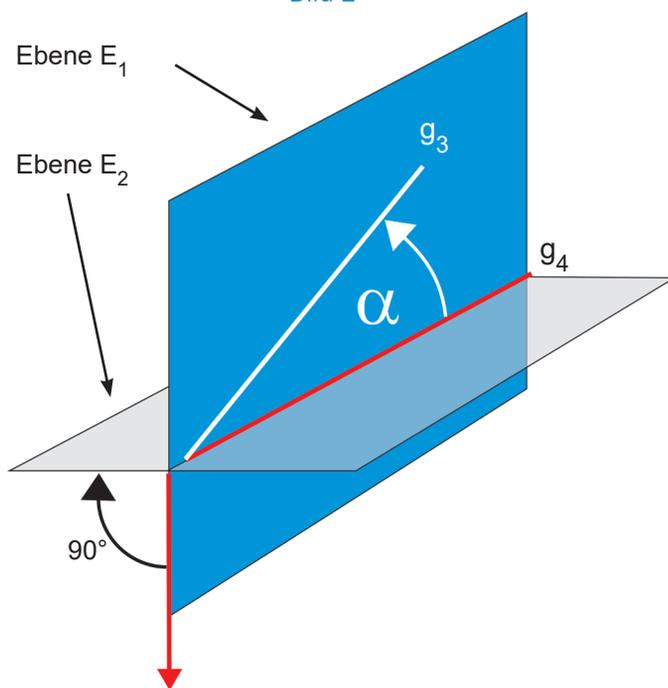
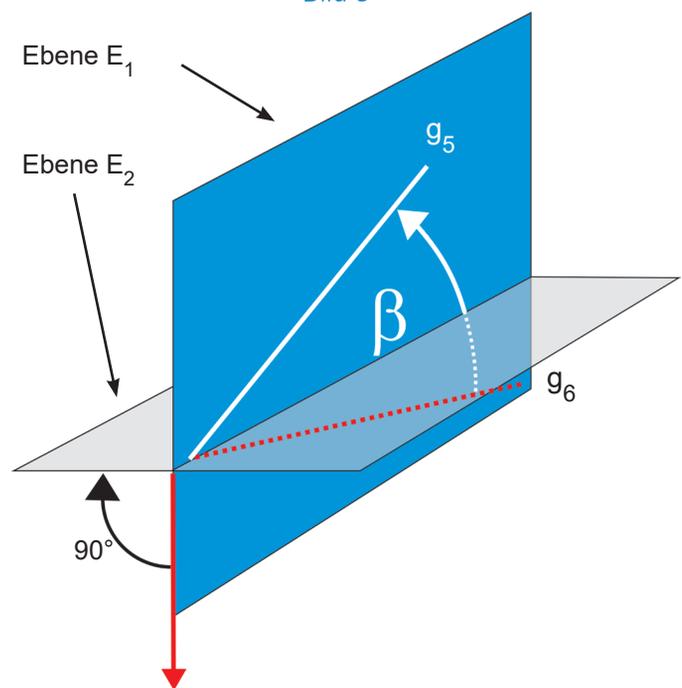


Bild 3



ABSOLUTE NEIGUNG

Bei einer absoluten Neigung liegen beide Linien, die den Winkel α einschliessen, in einer vertikalen Ebene, wobei der eine Schenkel auch in der horizontalen Ebene liegen muss.

ABSOLUTE NEIGUNG α zwischen der Linie g_3 und der horizontalen Null-Linie g_4 .

RELATIVE NEIGUNG

Bei einer relativen Neigung liegen beide Linien, die den Winkel β einschliessen, in einer vertikalen Ebene.

RELATIVE NEIGUNG β zwischen der Linie g_5 und der Linie g_6 .

1.3 MASSEINHEITEN IN DER NEIGUNGSMESSTECHNIK

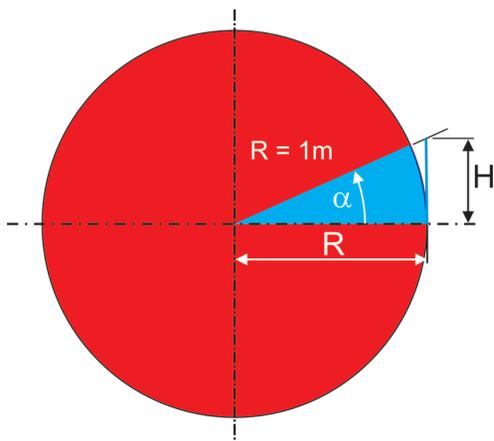
FÜR GROSSE NEIGUNGEN AB CA. 5...10 GRAD WERDEN ÜBLICHERWEISE FOLGENDE MASSEINHEITEN VERWENDET:

- x.xx Rad Radian
- xxxx.xx mRad Milliradian
- xxx.xxx° DEG Grad
- xxx° xx' DEG Grad/Minuten
- xx° xx' xx" DEG Grad/Minuten/Sekunden
- xxx.xxx GON Neugrad
- xxxx.xx A‰ Artillerie-Promille

FÜR KLEINE NEIGUNGEN BIS CA. 5...10 GRAD WERDEN ÜBLICHERWEISE FOLGENDE MASSEINHEITEN VERWENDET:

- xxx.xxx mm/m mm pro m ($\mu\text{m}/\text{m}$)
- xx.xxxx „/10“ Zoll pro 10 Zoll
- xx.xxxx „/12“ Zoll pro 12 Zoll
- xxxx.xx mRad Milliradian
- xxxx.xx μRad Mikroradian
- xxx.xxx mm/REL mm bezogen auf die relative Basis
- xx.xxxx „/REL Zoll bezogen auf die relative Basis
- xxxx.xx ‰ Promille
- xxx' xx" DEG Minuten/Sekunden
- xxxxx.x" DEG Sekunden
- xxx.xxx GON Neugrad/3 Dezimalstellen

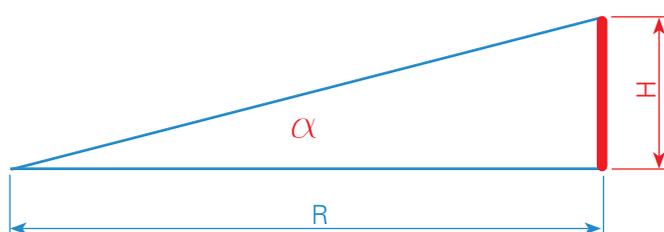
1.4 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN Z.B. GRAD/MINUTEN UND $\mu\text{m}/\text{m}$



Eine Neigung kann nicht nur ein reiner Winkel, sondern auch als Höhe bezogen auf eine Basislinie mit einer Länge von z.B. 1 m (Höhenprofil, „Topographie“ einer Oberfläche) angegeben werden. Diese Tatsache und die einfache Handhabung der elektronischen Neigungsmessgeräte ermöglicht die effiziente Vermessung von Führungsbahnen und Oberflächen im Bereich von Mikrometern.

In unserem Beispiel links wird die Neigung α als Höhe H bezogen auf eine Basislänge R von einem Meter dargestellt. Die entsprechende Winkelfunktion zwischen der Höhe H und der Basislänge R ist die Tangens-Funktion.

NEIGUNG α definiert als Höhe „H“ bezogen auf Basislänge „R“, z.B. in [mm/m] oder [$\mu\text{m}/\text{m}$]



Trigonometrische Beziehung:
Höhe „H“ = Basislänge „R“ * tan α

Annahme: Neigung α = 1 Sekunde

Höhe „H“ = Basislänge „R“ * tan α
Höhe „H“ = Basislänge 1 m * 0.000004848
Höhe „H“ = 0.000004848 m = 4.848 μm

Dementsprechend entspricht eine Neigung von 1 Arcsec einer Neigung von 4.848 $\mu\text{m}/\text{m}$

1.5 WAS IST EIN „ $\mu\text{m}/\text{m}$ “?



Es ist praktisch nicht möglich, sich eine Neigung von $1 \mu\text{m}/\text{m}$ vorzustellen. Werden die Basislänge „L“ und die Höhe „h“ je mit dem Faktor 1'000 multipliziert, so bleiben die Proportionen des Dreiecks bestehen. Es entsteht ein neues Dreieck mit den Abmessungen $L=1 \text{ km}$ und $h=1 \text{ mm}$ ($1 \text{ mm}/\text{km}$). Auf diese Art kann die Grösse von $1 \mu\text{m}/\text{m}$ verständlich dargestellt werden. Zur Veranschaulichung sei erwähnt, dass ein **menschliches Haar einen Durchmesser von 50...70 μm** hat.

1.6 WAS IST EIN „RADIANT“?

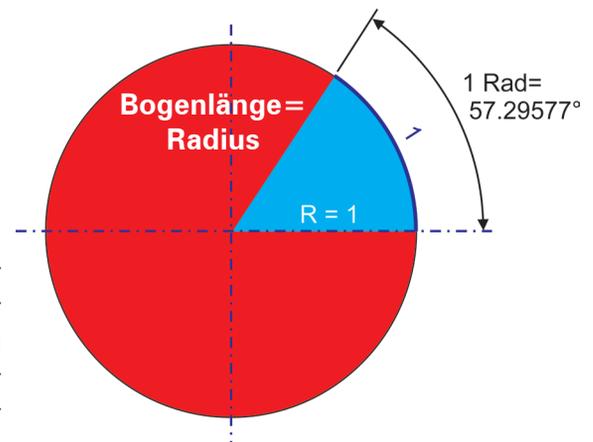
Der Radiant (Einheitenzeichen: Rad) dient zur Angabe der Grösse eines Winkels. Er ist eine abgeleitete Einheit im SI-Einheitensystem (Internationales Einheitensystem). Der Winkel von 1 Radiant umschließt auf der Umfangslinie eines Kreises mit 1 Meter Radius einen Bogen der Länge 1 Meters. Der Vollwinkel umfasst 2π Radiant: 1 Vollwinkel (360°) = 2π Rad.

Der Vollkreis hat 2π Radiant oder 360 Grad; daher gilt:

1 Rad = $360^\circ/2\pi = 180^\circ/\pi = 57.29577^\circ$

1 mRad = $0.05729^\circ = 3' 43.77''$

1 $\mu\text{Rad} = 0.206'' = \text{ca. } 1 \mu\text{m}/\text{m}$



Die Einheit Radiant (Einheitenzeichen: Rad) hat den grossen Vorteil, dass diese von 0 bis 360° verwendet werden kann. Auch für die Verarbeitung in der Auswerte-Software bietet diese Einheit grosse Vorteile. Es ist naheliegend, dass die Verarbeitung einer einfachen Zahl einfacher ist als die Verarbeitung von beispielsweise Grad/Minuten/Sekunden. Die Umwandlung in andere Einheiten erfolgt über mathematische Bibliotheken, die Bestandteil einer Softwarelösung sind.

Für die **Ausgabe der Messwerte** an den Messgeräten der WYLER AG wird **immer die Einheit Radiant [Rad]** verwendet. Die Umwandlung in die vom Benutzer gewünschte Einheit erfolgt entweder im Anzeigegerät oder in der Software.

Wichtig: $1 \mu\text{Rad} = 1 \mu\text{m}/\text{m}$ gilt nur im Bereich von sehr kleinen Neigungen (Winkel)!

1.7 BEZIEHUNG ZWISCHEN DEN WICHTIGSTEN EINHEITEN (SI)

	$\mu\text{m}/\text{m}$	mm/m	Arcsec	Arcmin	Grad	mRad	Rad
1 $\mu\text{m}/\text{m}$	1	0.001	0.20627	0.00344	$5.730 \cdot 10^{-5}$	0.001	$1 \cdot 10^{-6}$
1 mm/m	1'000	1	206.265	3.43775	0.0573	1	$9.99 \cdot 10^{-4}$
1 Arcsec	4.848	0.00485	1	0.01667	$2.778 \cdot 10^{-4}$	0.00485	$4.848 \cdot 10^{-6}$
1 Arcmin	290.89	0.29089	60	1	0.01667	0.29089	$2.909 \cdot 10^{-4}$
1 Grad	17'455.1	17.46	3'600	60	1	17.45	0.01745
1 mRad	1'000	1	206.26	3.43775	0.0573	1	0.001
1 Rad	$1.557 \cdot 10^6$	1'557	206'264.8	3'437.75	57.3	1'000	1

Wichtig: $1 \mu\text{Rad} = 1 \mu\text{m}/\text{m}$ gilt nur im Bereich von sehr kleinen Neigungen (Winkel)!

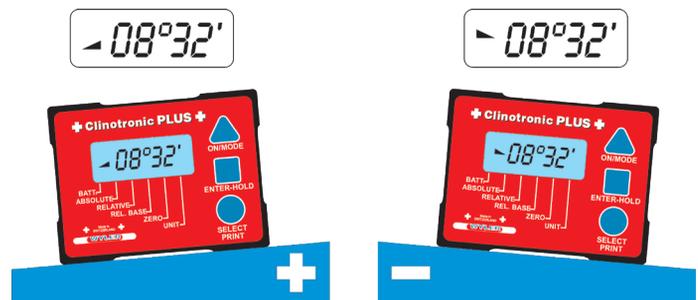
1.8 BEZIEHUNG ZWISCHEN DEN WICHTIGSTEN EINHEITEN IN DER NEIGUNGSMESSTECHNIK

1 Rad entspricht 57,30°
 1 mRad entspricht 206,26 Arcsec
 1 Grad entspricht ca. 17,45 mm/m oder 17,45 mRad
 1 Arcsec entspricht ca. 4,85 µm/m

1.9 WAS IST EINE POSITIVE, WAS EINE NEGATIVE NEIGUNG?

Definition WYLER:

Eine Neigung ist dann positiv, wenn das Instrument auf derjenigen Seite, auf welcher sich der elektrische Anschluss befindet, angehoben ist. Wenn das Instrument mit den gleichen Voraussetzungen abgesenkt wird, sprechen wir von einer negativen Neigung.



1.10 DAS ABSOLUTE NULL MITTELS UMSCHLAGSMESSUNG

Mit einer sogenannten Umschlagsmessung kann das absolute Null des Messgerätes ermittelt werden. Absolutes NULL bedeutet, dass das Gerät den Messwert „0“ anzeigt, wenn die Messfläche des Instrumentes absolut horizontal (senkrecht zur Erdanziehungskraft) ausgerichtet ist.



Der absolute Nullpunkt wird automatisch aus einer Umschlagsmessung (zwei Messungen in entgegengesetzter Richtung, jedoch am selben Ort) ermittelt. Man wählt für diesen Vorgang eine geeignete Fläche (starre, unbewegliche Unterlage; möglichst eben und horizontal ausgerichtet), auf welche das Messgerät aufgesetzt wird. Es wird dann je eine Messung in entgegengesetzter Richtung durchgeführt, X und X'.

Die Ermittlung des absoluten Nulls des Messgerätes, bzw. die Eliminierung des Nullpunktfehlers, auch „Zero-Offset“ genannt, ist dann unabdingbar, wenn eine **Absolutmessung** durchgeführt wird. Vor der eigentlichen Messung wird mit den verwendeten Messgeräten eine Umschlagsmessung durchgeführt. Die so ermittelte Abweichung des Nullpunktes des Messgerätes, der sogenannte ZERO-OFFSET, wird im Messwert berücksichtigt. Bei Geräten früherer Generationen muss der ZERO-OFFSET manuell korrigiert werden. Bei Wasserwaagen muss die Libelle entsprechend korrigiert werden. Normalerweise ist die Umschlagsmessung Bestandteil der verwendeten Applikations-Software.

Dank der Umschlagsmessung resultieren:

- die **NULLPUNKTABWEICHUNG** (ZERO-OFFSET) des Neigungsmessgerätes
- die genaue **NEIGUNG** des Messobjektes, auf dem die Umschlagsmessung durchgeführt wurde

NULLPUNKTABWEICHUNG

des Messgerätes (ZERO-OFFSET)

$$= \frac{(X + X')}{2}$$

NEIGUNG

der Messunterlage

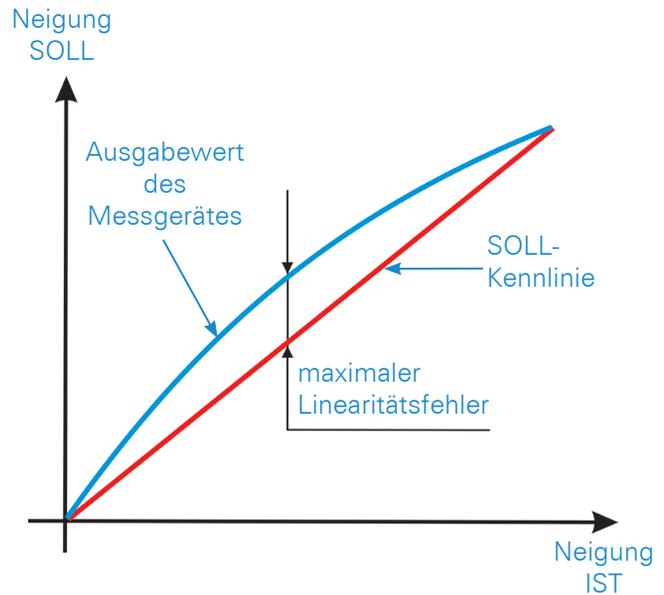
$$= \frac{(X - X')}{2}$$

1.11 LINEARITÄT

Definition:

Der Begriff Linearität leitet sich vom lateinischen *linea*, Linie, bzw. *linearis*, aus Linien bestehend, ab und hat je nach Verwendung unterschiedliche Bedeutungen. Meist wird er verwendet, um eine geradlinige Beschaffenheit zu beschreiben.

Häufig liegt zwischen einer Messgrösse und dem Messsignal (z. B. der Ausgabewert des Messgerätes oder die elektrische Spannung eines Sensors) eine lineare Funktion zu Grunde. Angestrebt wird bei einem Messgerät möglichst Proportionalität und ein möglichst geringer Linearitätsfehler.



LINEARITÄT NACH DIN 2276:

Bis zum halben Messbereichsendwert:

Fehlergrenze $f_{\max} = 0,01 \cdot |M_w|$, mind. jedoch 0.05% (BlueLEVEL mindestens 1 digit $\hat{=}$ 0.005% M_E) des Messbereichsendwertes M_E

Messwert grösser als halber Messbereichsendwert:

Fehlergrenze $f_{\max} = 0,01 (2 \cdot |M_w| - 0,5 \cdot M_E)$

M_w : Messwert

$|M_w|$: Messwert absolut

M_E : Messbereichsendwert

1.12 AUSWIRKUNG UND KOMPENSATION DER GRAVITATIONS-KRAFT BEI NEIGUNGSMESSGERÄTEN

Die Neigung, welche ein Neigungsmessgerät anzeigt, basiert auf der Gravitationskraft. Auf der Erde ist die Gravitationskraft aber nicht konstant, sondern variiert mit der geografischen Breite und mit der Meereshöhe. Weiter bewirken Dichteschwankungen in der Erdkruste zusätzliche lokale Abweichungen.

Zum Beispiel beträgt die Gravitationskraft auf Meereshöhe

- 9,78033 m/s² am Äquator
- 9,80620 m/s² auf dem 45. Breitengrad
- 9,83219 m/s² an den Polen



In der untenstehenden Tabelle sind die Werte der Gravitationskraft für einige Städte aufgelistet.

Amsterdam	9.813	Istanbul	9.808	Paris	9.809
Athen	9.807	Havanna	9.788	Rio de Janeiro	9.788
Auckland	9.799	Helsinki	9.819	Rom	9.803
Bangkok	9.783	Kuwait	9.793	San Francisco	9.800
Brüssel	9.811	Lissabon	9.801	Singapur	9.781
Buenos Aires	9.797	London	9.812	Stockholm	9.818
Calcutta	9.788	Los Angeles	9.796	Sydney	9.797
Kapstadt	9.796	Madrid	9.800	Taipeh	9.790
Chicago	9.803	Manila	9.784	Tokio	9.798
Kopenhagen	9.815	Mexiko Stadt	9.779	Vancouver	9.809
Nikosia	9.797	New York	9.802	Washington	9.801
Jakarta	9.781	Oslo	9.819	Wellington	9.803
Frankfurt	9.810	Ottawa	9.806	Zürich	9.807

Die Neigungsmessgeräte werden am Hauptsitz der WYLER AG in Winterthur kalibriert. Die angezeigten Neigungen sind nur dort exakt. An anderen Orten muss der angezeigte Wert korrigiert werden. Wird z.B. im BlueCLINO die Korrektur für die lokale Gravitationskraft eingeschaltet, wird die gemessene Neigung entsprechend korrigiert bevor sie angezeigt wird. Bei anderen Geräten muss die Korrektur manuell durchgeführt werden.

Die Korrektur erfolgt nach folgender Formel:

$$\alpha_{eff} = \arcsin\left(\frac{g_c}{g_m} \sin(\alpha_m)\right)$$

wobei

g_c Erdanziehungskraft am Ort der Kalibration

α_m Angezeigte Neigung am Ort der Messung

g_m Erdanziehung am Ort der Messung

α_{eff} Tatsächliche Neigung

Weitere Informationen zum Thema „Auswirkung und Kompensation der Gravitationskraft bei Neigungsmessgeräten“ finden Sie im Anhang am Ende des Kompendiums auf Seite 143.

1.13 STÖREINFLÜSSE AUF NEIGUNGSMESSSYSTEME/ MESSUNSICHERHEIT VON MESSSYSTEMEN

In der Messtechnik müssen verschiedene Bedingungen erfüllt sein, um eine einwandfreie Messung durchführen zu können.

Eine präzise Messung wird durch verschiedene Einflussgrößen beeinflusst, wie z.B.

- Temperatur des Messobjektes und der Umgebung
- Temperatur des Messgerätes
- Linearität des Messgerätes
- Vibrationen
- Sauberkeit
- Qualifikation des Anwenders
- usw.

Diese Faktoren haben einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität einer Messung. Man spricht von **Messunsicherheit**.

WAS SIND DIE URSACHEN DER MESSUNSICHERHEIT?

Die oben gegebene Definition der Messunsicherheit drückt die bekannte Tatsache aus, dass Messungen keinen genauen Wert liefern, ja gar nicht liefern können. Messungen sind Unzulänglichkeiten und Unvollkommenheiten unterworfen, die nicht exakt quantifiziert werden können und deren Ursache oft in zufälligen Effekten, wie kurzzeitigen Schwankungen der Temperatur, der Feuchtigkeit und des Luftdruckes der Umgebung, liegt. Auch die nicht gleichmässige Leistungsfähigkeit des Beobachters, der die Messung ausführt, kann Ursache zufälliger Effekte sein: sei es, dass bei der Ablesung eines Wertes gewisse Abweichungen von einem Skalenwert geschätzt werden müssen oder ein Parameter in einem Messprozess eingestellt werden muss. Messungen, die unter den gleichen Bedingungen wiederholt werden, zeigen auf Grund dieser zufälligen Einflüsse unterschiedliche Ergebnisse.

Andere Unzulänglichkeiten und Unvollkommenheiten haben ihre Ursache darin, dass gewisse systematische Effekte nicht exakt korrigiert werden können oder auch nur näherungsweise bekannt sind. Hierher gehören u. a. die Nullpunktabweichung eines Messinstrumentes, die Veränderung der charakteristischen Werte eines Normales zwischen zwei Kalibrierungen (Drift), die Voreingenommenheit des Beobachters, einen zuvor erhaltenen Wert bei der Ablesung wiederzufinden, oder auch die Unsicherheit, mit der der Wert eines Referenznormales oder Referenzmaterials in einem Zertifikat oder Handbuch angegeben wird.

(Quelle: Dr. rer. nat. Wolfgang Kessel, Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

1.14 LÄNGE DER MESSBASEN

Für Neigungsmesser, welche für Einstell- und Ausrichtarbeiten nicht aber für Ebenheits- oder Geradheitsmessungen eingesetzt werden, sollte eine möglichst lange Basis ev. Anschraubbasis gewählt werden. Einflüsse von lokalen Fehlern am Messobjekt (z.B. Beulen) beeinflussen die Anzeige weniger, wenn lange Messbasen verwendet werden. Selbstverständlich soll für leichte Konstruktionen auch ein leichtes Messgerät eingesetzt werden.

Für Geradheitsmessungen an Führungsbahnen und für Ebenheitsmessungen an Flächen sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Kurze Messbasen erfassen kurze Wellen, erzeugen somit einen dichten Informationsgehalt
- Kurze Messbasen erfordern höheren Zeitaufwand, erzeugen höhere Kosten
- Kurze Messbasen eingesetzt an grossen Werkstücken resultieren in vielen Messungen (Total der Messfehler steigt)
- Lange Messbasen erfassen ausschliesslich langwellige Fehler
- Lange Messbasen verkürzen die Messzeit, sparen Kosten
- Lange Messbasen erfordern eine kleine Anzahl Messungen, dabei entstehen weniger Möglichkeiten für Messfehler, und demzufolge resultieren kleinere Messunsicherheiten bezogen auf die gesamte Ausdehnung eines Messobjektes

MITTLERE INFORMATIONSDICHTE

Kurze Wellen von 50 bis 200 mm Länge

Diese können durch ungeeignete Bearbeitungsmethoden bei der Herstellung der Fläche entstehen, z.B. wenn beim Läppen von Messplatten zu kleine Läppwerkzeuge verwendet werden. Auch örtliche Abnützung kann zu Fehlern dieser Art führen. Diese Kategorie ist für die zur Diskussion stehende Ebenheitsmessung interessant.



NIEDRIGE INFORMATIONSDICHTE

Lange Wellen über die gesamte Oberfläche. Die allgemeine Form der Fläche.

Ursache für diese Fehlerkategorie sind:

- Kopierte Geometriefehler von der Produktionsmaschine herkommend
- Verformung durch Aufspannung und Auflage
- Entspannung von Material
- Thermische Schichtung im Werkstück
- Durchbiegung durch Eigengewicht



1.15 RELATIVMESSUNGEN - ABSOLUTMESSUNGEN - LANGZEITÜBERWACHUNGEN

Aus Sicht der Anwendungen unterscheiden wir grundsätzlich drei Bereiche:

A RELATIVE MESSUNGEN

Bei der Vermessung der Ebenheit eines Objektes, z.B. einer Mess- und Kontrollplatte, muss dieses zwar „ins Wasser gelegt“ werden, für die Messung ist jedoch die Differenz (Neigung) zwischen den einzelnen Messschritten entscheidend. Mit anderen Worten ausgedrückt, bei dieser Anwendung werden die Messwerte nicht absolut gemessen. Die Messungen können mit der **Software WylerSPEC** anschliessend analysiert und nach den unterschiedlichen Ausrichtmethoden ausgerichtet werden.



Für diese Art von Anwendungen sind die Handmessgeräte BlueSYSTEM SIGMA besonders geeignet. Die Datenübermittlung erfolgt drahtlos oder über Kabelverbindungen.

B ABSOLUTE MESSUNGEN

Bei der Überwachung von Gebäuden und Staudämmen ist es notwendig, die Werte absolut zu messen. Bei der Vermessung von Maschinengeometrien mit der Software wylerSPEC, bei denen anschliessend unterschiedliche Messaufgaben, bzw. Maschinenelemente, miteinander verglichen werden müssen, ist ebenfalls eine **Absolutmessung** notwendig. Nur so können z.B. Baugruppen wie ein horizontaler Aufspanntisch mit einer vertikalen Spindel derselben Maschine miteinander verglichen und analysiert werden. Für Absolutmessungen sind unterschiedliche Neigungsmessgeräte und Neigungssensoren einsetzbar.

- I. Die Handmessgeräte der Familie BlueSYSTEM SIGMA sind für die Vermessung von Maschinengeometrien ausgezeichnet geeignet. Dank der sogenannten Umschlagsmessung, ein integraler Bestandteil der Software WylerSPEC für die Vermessung der Rechtwinkligkeit und wylerSPEC, kann die Nullpunktabweichung der Geräte vorab ermittelt und eliminiert werden.
- II. Besonders gut für Absolutmessungen eignen sich die Neigungssensoren ZEROTRONIC in reiner Digitaltechnik. Diese Sensoren zeichnen sich durch eine sehr gute Linearität und Langzeitstabilität aus. Dank der Kalibrierung über grössere Temperaturbereiche (bis zu 5 Kalibrierkurven) sind die Sensoren auch sehr temperaturstabil. Die „Pendelkammer“ ist so ausgelegt, dass bei grösseren Auslenkungen, hervorgerufen durch starke Vibrationen und Schläge, keine bleibenden Deformationen des Sensors entstehen können.



C LANGZEITÜBERWACHUNGEN VON OBJEKTEN MIT ABSOLUTEN MESSWERTEN

Für Langzeitüberwachungen von Objekten wie Gebäude, Brücken, Dämme, usw., wurden die 2-dimensionalen Neigungssensoren ZEROMATIC 2/1 und 2/2 entwickelt. Das Prinzip basiert auf einer Umschlagsmessung zur Ermittlung des Nullpunktfehlers. Der Zeitpunkt für eine solche Umschlagsmessung kann durch den Benutzer definiert werden.

Der Unterschied zwischen den beiden Geräten ist wie folgt:

- I. Der ZEROMATIC 2/1 hat einen Neigungssensor. Jede Umschlagsmessung ergibt einen Satz von Messwerten der Neigung in X- und Y-Richtung
- II. Der ZEROMATIC 2/2 hat zwei Neigungssensoren. Er erlaubt deshalb die kontinuierliche Messung der Neigung in X- und Y-Richtung. Nach definierten Zeit-Intervallen wird mittels einer automatischen Umschlagsmessung ein etwaiger Offset wieder kompensiert.



1.16 QUALITÄTSSICHERUNG UND KALIBRIERLABOR SCS WYLER AG

Seit über 75 Jahren ist die Firma WYLER AG spezialisiert in der Entwicklung, Herstellung und Lieferung von Präzisionsneigungsmessgeräten. Angefangen von der klassischen Präzisions-Wasserwaage über die elektronischen Handmessinstrumente bis hin zum High-Tech-Sensor als Winkelmesser im digitalen Bus-System.

Die stetigen Anforderungen an die Qualität und die damit verbundene Forderung nach Rückverfolgbarkeit von Mess- und Kalibrierdaten hat schon früh zur Beantragung der Akkreditierung als anerkanntes Labor geführt. Diese Akkreditierung erfolgte erstmalig im Jahr 1993 durch **METAS / Metrologie und Akkreditierung Schweiz** unter **Registrations-Nummer SCS 044**.

Die Schweizerische Akkreditierungsstelle bestätigt, dass ein Laboratorium, das nach der Norm **ISO/IEC 17025** akkreditiert worden ist, für die Prüf- und Kalibriertätigkeit innerhalb des Geltungsbereiches der Akkreditierung ein Qualitätsmanagementsystem betreibt, welches auch die relevanten Anforderungen von **ISO 9001:2000** für den Geltungsbereich gemäss Typ C und **ISO 9002:1994** für den Geltungsbereich gemäss Typ A und B, erfüllt. Im Weiteren enthält die Norm **ISO/IEC 17025** Anforderungen an die technische Kompetenz, die nicht durch die Norm **ISO 9001:1994** und **ISO 9002:1994** abgedeckt sind.

DIE ZERTIFIKATE

Im Rahmen der Zertifizierungsmöglichkeiten werden von WYLER AG drei Arten von Zertifikaten ausgestellt:

Die Konformitätserklärung

Für sämtliche Produkte wird eine „Konformitätserklärung“ mitgeliefert. Darin wird erklärt, dass die Qualität der Produkte den vorgegebenen Standards und den von uns publizierten technischen Daten entspricht.

Das WYLER-Zertifikat

Für Produkte bzw. Messungen, für die unsere Kalibrierstelle nicht akkreditiert ist (z.B. Haarlineale und -winkel, Spezialwinkel, usw.), wird ein „WYLER-Zertifikat“ ausgestellt. Die Messgeräte und Kontrollwinkel werden nach dem entsprechenden Standard geprüft und zertifiziert. Das Zertifikat besteht aus einer Bescheinigung, dass das zu kalibrierende Objekt dem vorgegebenen Standard entspricht. Die jeweiligen Messergebnisse sind Bestandteil des Zertifikates.

Das SCS-Zertifikat

Die Messgeräte bzw. Mess- und Kontrollplatten und Kontrollwinkel werden nach dem entsprechenden Standard geprüft und zertifiziert. Das Zertifikat besteht aus einer Bescheinigung, dass das zu kalibrierende Objekt dem vorgegebenen Standard entspricht und mittels Prüfprozessen und Messmitteln, die von **METAS / Metrologie und Akkreditierung Schweiz** zertifiziert worden sind, kalibriert worden ist. Die jeweiligen Messergebnisse und deren Rückführbarkeit sind Bestandteil des Zertifikates.



S SCHWEIZERISCHER KALIBRIERDIENST
S SERVICE SUISSE D'ÉTALONNAGE
S SERVIZIO DI TARATURA IN SVIZZERA
S SWISS CALIBRATION SERVICE



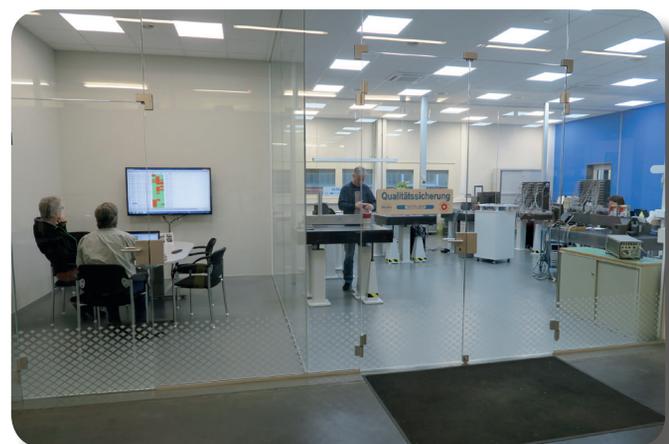
Die Kalibrierung von Neigungsmessgeräten der Spitzenklasse erfordert entsprechend qualitativ hochwertige Messvorrichtungen und Umgebungsbedingungen.

Unser klimatisiertes Messlabor, ausgerüstet mit den speziellen, bei METAS / Metrologie und Akkreditierung Schweiz, angebotenen Messmitteln zur Kalibrierung der Instrumente, deckt die verschiedensten Anwendungsfälle ab. Die Möglichkeit zur Kalibrierung von Instrumenten und Sensoren reicht von kleinsten Winkeln (0.2 Arcsec) bis zum Vollkreis (360°). Die Kalibrierung ist möglich für die WYLER Produkte wie auch für Fremdfabrikate.

MESSMÖGLICHKEITEN DES SCS LABORS
MESSUNSICHERHEIT MIT VERTRAUENSNIVEAU VON MIND. 95%



Messgrösse Kalibriergegenstand	Messbereich	Mess- bedingungen	Messunsicherheit ±	Bemerkungen
Ebenheit (Länge) Richtplatten	bis 12.5 m ²		(0.5 + 0.5 x L) μm <i>L = Plattenlänge in [m]</i>	---
Winkel / Neigung • Elektronische Neigungsmessgeräte • Wasserwaage mit Libelle • Mechanisches Neigungsmessgerät	± 20 mm/m		(1 + 0.002 x E) μm/m <i>E = gemessener Wert in [μm/m]</i>	---
Winkel / Neigung Neigungsmessgeräte	Vollkreis: 360° Kreissegment: ±60°	Teilintervalle von 1/2°	1.3 Arcsec 1 Arcsec	---
Rechtwinkligkeit von Messbasen	Breite: < 150 mm Länge: < 300 mm	Auflösung: 1 μm/m 5 μm/m 10 μm/m	5 μm/m 7 μm/m 8 μm/m	Prismatische und flache Messbasen
Rechtwinkligkeit von flächigen Winkelnormalen und Maschinenaufbauten	50 mm < Breite < 2500 mm 200 mm < Länge < 2500 mm		(1.7 + 0.5 x SL) μm <i>L = Längere Schenkellänge in [m]</i>	Insbesondere Hartgestein-, Keramik- und Gussnormale



2 MESSSYSTEME UND APPLIKATIONS-SOFTWARE IM ÜBERBLICK

2.1 PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN

Neben einer genauen Libelle ist natürlich die Qualität des Wasserwaagenkörpers von entscheidender Bedeutung. Das Material, meistens Grauguss oder Spezialstahl, muss möglichst frei von Spannungen (Verzug!) sein. Die Behandlung des Materials vor und nach der Verarbeitung ist von grösster Relevanz. Die Messbasen von Präzisions-Wasserwaagen weisen in der Regel zwei Auflageflächen zum Kontrollieren von Flächen auf, die eine saubere Auflage auf dem Messobjekt garantieren. Für Messungen auf Wellen sind die Wasserwaagen mit zwei prismatischen Einschnitten versehen, die in der Mitte der Messflächen eingearbeitet sind.



Standard-Libelle



Magnet-Wasserwaage



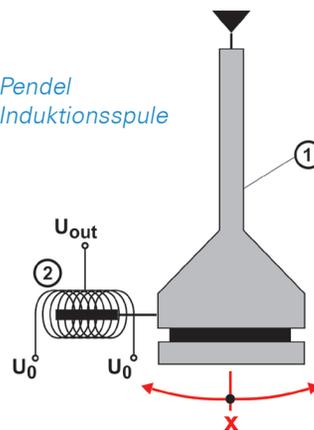
CLINOMETER
mit Libelle für Messungen ±180°

2.2 ELEKTRONISCHE NEIGUNGSMESSGERÄTE MIT INDUKTIVEM MESSSYSTEM

Messprinzip:

Induktive Messgrössenaufnehmer arbeiten nach dem rechts gezeigten Prinzip. Sehr verbreitet sind Differenzspulenaufnehmer. Je nach Neigung des Messgerätes, bzw. nach Position des Ferritkerns in Relation zur Induktionsspule, wächst die Induktivität der einen Spulenhälfte, während sich jene der anderen Hälfte verringert. Der als Halbbrücke geschaltete Messgrössenaufnehmer verstimmt auf diese Weise die vorher abgeglichene Vollbrücke.

1: Pendel
2: Induktionsspule

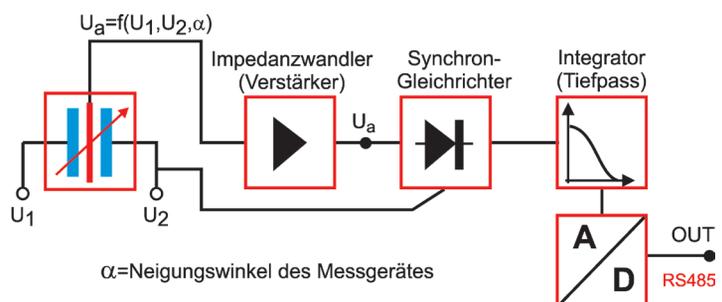


nive/SWISS-D

2.3 ELEKTRONISCHE NEIGUNGSMESSGERÄTE MIT KAPAZITIVEM MESSSYSTEM UND ANALOGER MESSAUSWERTUNG

Messprinzip:

Die elektronischen Neigungsmesser nutzen die Pendeleigenschaften einer reibungsfrei aufgehängten Massescheibe, mit einem Gewicht von weniger als 1 Gramm, zur Messwertbildung. Ein Differentialkondensator, gebildet durch zwei Elektroden aus temperaturunempfindlichen Materialien und der im dichten und elektrisch abgeschirmten Zwischenraum aufgehängten Massescheibe, wird zweiphasig mit Wechselspannung (4.8 kHz) gespeist und liefert das an der Massescheibe ausgekoppelte Neigungssignal.



BlueLEVEL



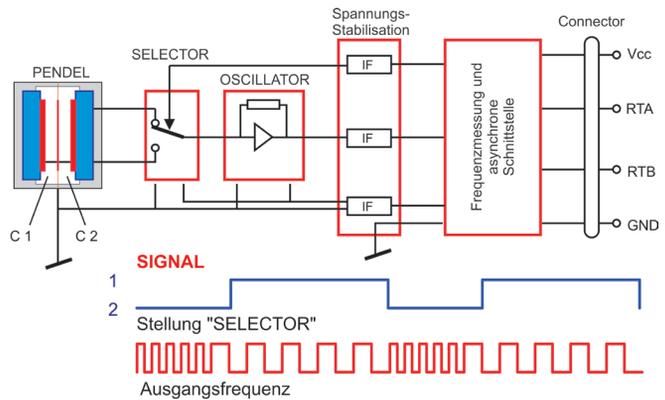
BlueLEVEL
BASIC

2.4 ELEKTRONISCHE NEIGUNGSMESSGERÄTE MIT KAPAZITIVEM MESSSYSTEM UND DIGITALER MESSAUSWERTUNG

Messprinzip:

Das an drei Archimedes-Spiralen aufgehängte Pendel und zwei Elektroden bilden die Messzelle. Je nach Lage des Messgerätes wird das Pendel aus seiner Grundstellung ausgelenkt und verändert dadurch die Kapazität zwischen dem Pendel einerseits und den beiden Elektroden andererseits.

Diese Kapazitäten werden von einem RC-Oszillator in Frequenzen umgeformt. Die Frequenzen, bzw. der Quotient der beiden Frequenzen, bilden das primäre Signal für den Neigungswinkel.



ZEROTRONIC-Sensor

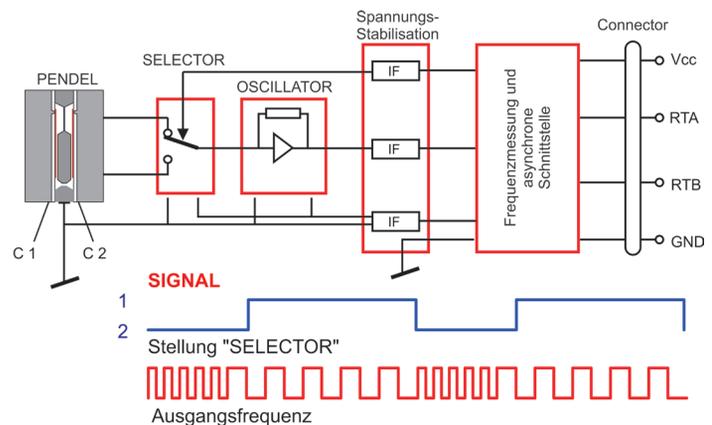


ZEROMATIC

2.5 ELEKTRONISCHE NEIGUNGSMESSGERÄTE MIT KAPAZITIVEM MESSSYSTEM MIT EINEM HALBLEITER-SENSOR

Messprinzip:

Halbleiter-Sensor mit klassischem Pendelsystem und kapazitiver Messauswertung. Diese Technologie kommt bei WYLER-Messgeräten mit grossem Messbereich $> \pm 10^\circ$ bereits zum Einsatz. Der Sensor hat eine Abmessung von ca. 1.1 x 1.2 mm.



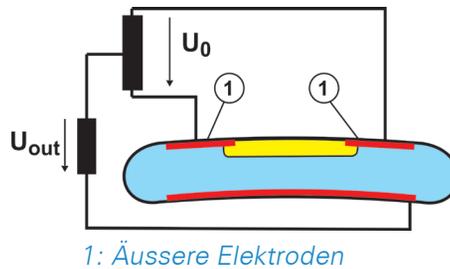
Clinotronic S



BlueCLINO

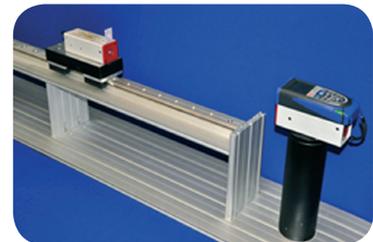
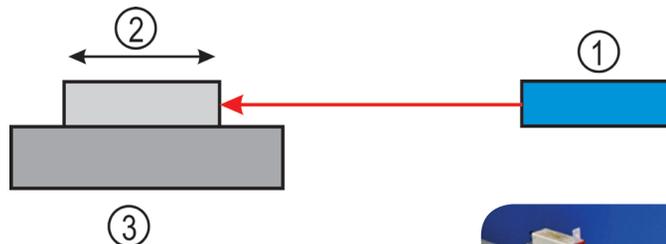
2.5 ELEKTROLYT-LIBELLEN

Die Elektrolyt-Libellen werden wie die Präzisions-Libellen aus Glas hergestellt und sind mit einer elektrisch leitenden Flüssigkeit gefüllt. Durch die Neigung der Libelle werden die äusseren Elektroden mehr oder weniger abgedeckt. Die Elektrolyt-Libelle liefert eine Spannung am Ausgang, die proportional zur Neigung ändert.



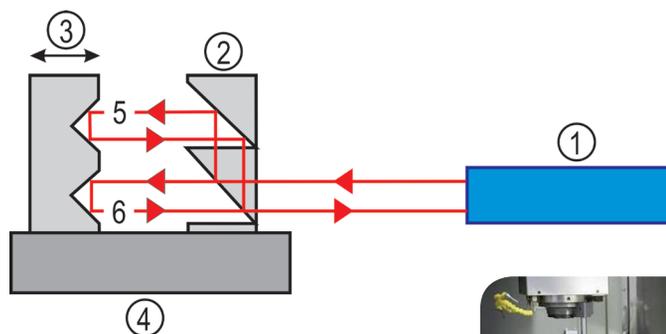
2.6 RICHT-LASER

Das Messsystem besteht aus einem Laser-Sender und einem Laser-Empfänger. Der Laser-Sender ist ein hochstabiler Halbleiter-Laser, der mittels einer Justiermechanik auf das gewünschte Ziel gerichtet werden kann. Der Laser-Empfänger ist eine opto-elektronische Einheit, die aus einem 10 x 10 mm PSD (Position Sensing Detector) und einer umfangreichen Verstärker- und Auswerteelektronik, deren Herz ein DSP (Digitaler Signalprozessor) ist, besteht.



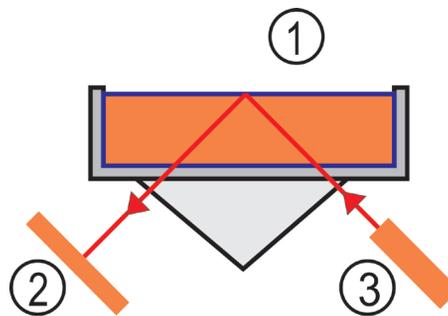
2.7 LASER INTERFEROMETER

Das Messsystem besteht aus einem Laser mit Detektor, einem Winkelinterferometer und einem Retroreflektor. Der Laserstrahl wird im Winkel-Interferometer aufgeteilt und durchläuft zwei verschiedene Strecken (Messstrahl und Referenzstrahl). Anschliessend werden die beiden Strahlen wieder überlagert.



2.8 OPTO-ELEKTRONISCHES PRINZIP

Als Bezugsebene dient ein Flüssigkeitshorizont. In Abhängigkeit des Neigungswinkels verändert sich der Winkel zwischen Sensor und absolutem Horizont (Oberfläche Flüssigkeit). Der Winkel wird optisch mit einem positionsempfindlichen Photodetektor in X- und Y-Richtung gemessen.



1: Flüssigkeit
2: Photodetektor
3: Lichtquelle

2.9 SEXTANT

Ein Sextant (Spiegelsextant, auch Sixtant) ist ein nautisches und optisches Messinstrument, mit dem man den Winkel zwischen den Blickrichtungen zu relativ weit entfernten Objekten, insbesondere den Winkelabstand eines Gestirns vom Horizont, bestimmen kann. Er wird hauptsächlich zur Messung des Höhenwinkels von Gestirnen für die astronomische Navigation auf See verwendet, seltener auch in der Luftfahrt und bei Expeditionen. Früher fand er auch Anwendung in der Astronomie und der Landvermessung.



2.10 AUTOKOLLIMATOR

Ein Autokollimator misst Winkeländerungen eines Objekts. Dazu wird an dem Objekt ein Reflektor angebracht, beispielsweise ein Spiegel. Der Autokollimator besitzt eine Lichtquelle, die einen Lichtstrahl aussendet. Der Lichtstrahl wird auf den Spiegel gerichtet, vom Spiegel reflektiert und auf einen Detektor fokussiert. Verkippt das Objekt, wandert der Fokus auf dem Detektor.



2.11 THEODOLIT

Der Theodolit ist ein Winkelmessinstrument, welches in der Geodäsie (Vermessungskunde) zur Messung von Horizontalrichtungen und Zenit- oder Vertikalwinkel Verwendung findet. Hierzu wird er mittels eines Stativs über einem Punkt lotrecht aufgestellt. Eine Sonderbauform ist der Hängetheodolit, der vornehmlich im Bergbau eingesetzt wird.

Ein Theodolit besteht im Wesentlichen aus einem Zielfernrohr, einem Vertikal- und einem Horizontal-Teilkreis und mehreren Libellen. Letztere dienen zur lotrechten Ausrichtung des Gerätes (Horizontierung).

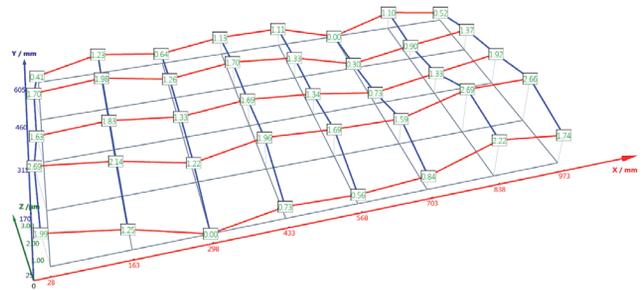


2.12 SOFTWARE WYLERELEMENTS

WYLERELEMENTS



Das Basispaket wylerELEMENTS umfasst die **Messung und Dokumentation geometrischer Figuren**, welche standardmässig mit unserem BlueSYSTEM SIGMA gemessen werden.

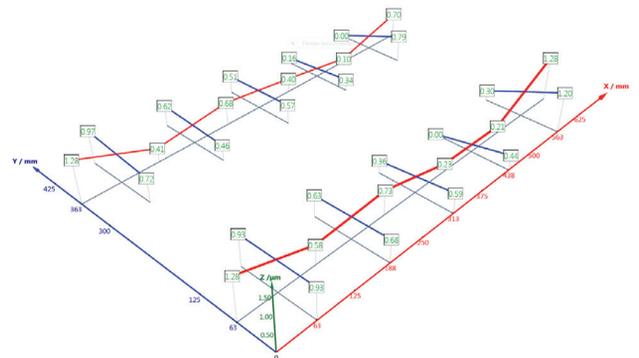


2.13 SOFTWARE WYLERPROFESSIONAL

WYLERPROFESSIONAL



Das Paket wylerPROFESSIONAL beinhaltet wylerELEMENTS und enthält die Messung und Dokumentation **geometrischer Figuren und Rotationen**, welche mit unserem BlueSYSTEM SIGMA gemessen werden. Messungen mit Laserinterferometer und Autokollimator werden unterstützt.

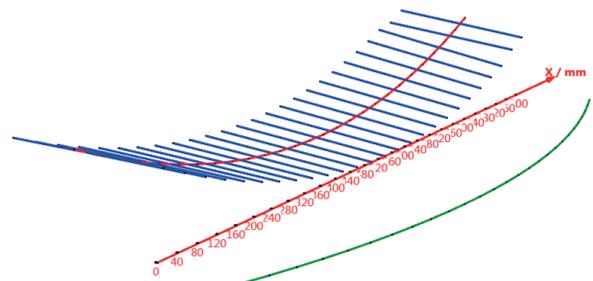


2.14 SOFTWARE WYLERSPEC

WYLERSPEC



Das Paket wylerSPEC enthält alle Module von wylerELEMENTS, wylerPROFESSIONAL und vervollständigt die Funktionalität mit kundenspezifischen Messungen und der Trendanalyse



2.15 SOFTWARE WYLERCHART

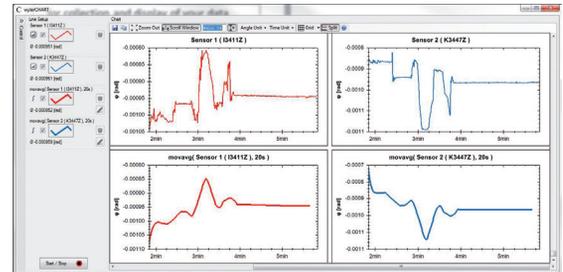


Software-Pakete, welche zusammen mit [WYLER-Neigungssensoren](#) verwendet werden:



WYLERCHART

wylerCHART ist eine vorkonfigurierte kleinere Version von wylerDYNAM. Es ist entwickelt für kleinere **Überwachungsaufgaben**, welche meist mit unseren **ZEROTRONIC- und ZEROMATIC-Sensoren** durchgeführt werden.

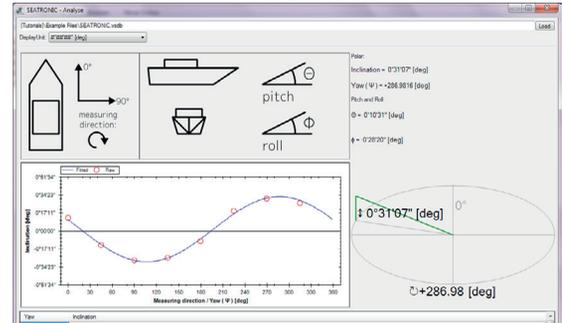


2.16 SOFTWARE WYLERDYNAM



WYLERDYNAM

wylerDYNAM ist die frei konfigurierbare Version von wylerCHART. Es enthält wylerCHART und spezielle Applikationen wie „Seatronic“. Es ist entwickelt für alle Arten von **Überwachungsaufgaben**, welche meist mit unseren **ZEROTRONIC- und ZEROMATIC-Sensoren** durchgeführt werden. Eine der Spezialanwendungen heisst **SEATRONIC** für das Ausrichten von Radar und Sonar auf Schiffen.

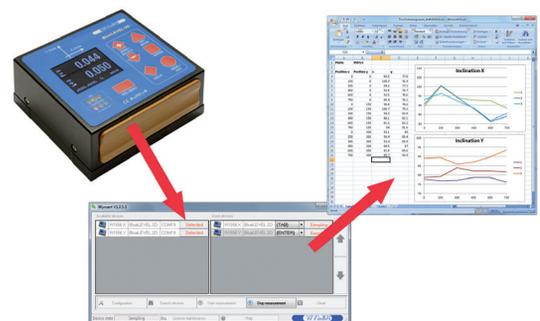


2.17 SOFTWARE WYLERINSERT



WYLERINSERT

wylerINSERT ist ein mächtiges, einfach zu verwendendes Hilfsmittel, um **Neigungswerte aus WYLER BlueSystem-Geräten** auszulesen und in ein beliebiges Programm an der aktuellen Position des Cursors so einzufügen, wie wenn die Werte eingetippt worden wären.



2.18 SOFTWARE SDK



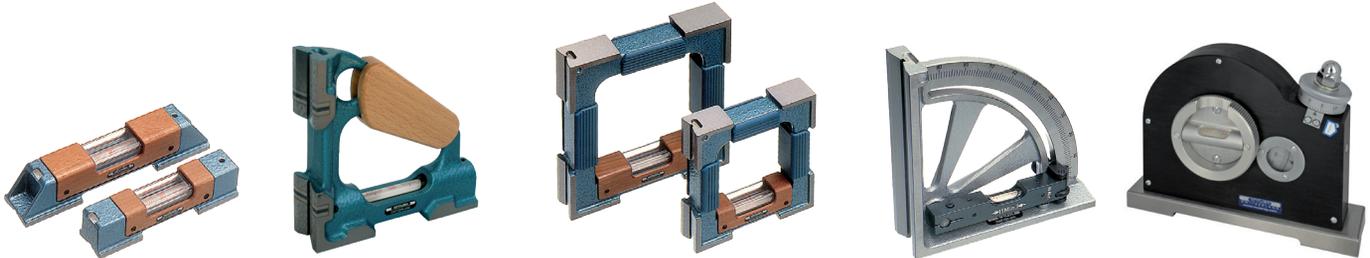
SDK

Für Kunden, die eine eigene **Auswerte-Software für WYLER-Geräte** entwickeln wollen, stellt WYLER AG mehrere Software-Beispiele zur Verfügung, welche zeigen, wie man ein WYLER-Gerät oder WYLER-Sensor entweder direkt oder über eine von WYLER entwickelte Schnittstellen-Software ansprechen kann. Diese Beispiele sollten es dem erfahrenen Programmierer erlauben, seine eigene Auswerte-Software erfolgreich zu entwickeln.

3 PRODUKTEGRUPPEN IM BEREICH DER NEIGUNGSMESSUNG

Bei der Firma WYLER AG werden die Messgeräte in folgende Kategorien unterteilt:

3.1 PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN UND CLINOMETER



Horizontal-Wasserwaagen für kleine Neigungen

Winkel-Wasserwaagen für kleine Neigungen

Rahmen-Wasserwaagen für kleine Neigungen

Inklinations-Wasserwaagen für Neigungen von 0...90°

Clinometer für Neigungen von 0...360°

Horizontal-Wasserwaage 55 Spirit

Magnet-Wasserwaage 48 Spirit

Rahmen-Wasserwaage 58 Spirit

Inklinations-Wasserwaage 57

Clinometer 80

3.2 ELEKTRONISCHE HANDMESSGERÄTE



Elektronisches Neigungsmessgerät mit induktivem Messgeber

Elektronisches Neigungsmessgerät mit kapazitivem Messgeber

Elektronisches Neigungsmessgerät mit kapazitivem Messgeber

Elektronisches Neigungsmessgerät mit kapazitivem Messgeber

Elektronisches 2D-Neigungsmessgerät mit kapazitivem Messgeber

Elektronisches Neigungsmessgerät mit kapazitivem Messgeber und einem externen Anzeigegerät. Datenübertragung mittels Bluetooth

nivelSWISS / nivelSWISS-D

Clinotronic PLUS / Clinotronic S

CLINO 2000

BlueCLINO / BlueCLINO HP

BlueLEVEL-2D

BlueSYSTEM / BlueSYSTEM BASIC

3.3 NEIGUNGSMESSENSENSOREN MIT DIGITALER MESSAUSWERTUNG



Elektronische Neigungsmesssensoren mit Anzeigegerät BlueMETER

Elektronische Neigungsmesssensoren mit kapazitivem Messgeber

Komplettes Mess-Set für genaue Ausrichtarbeiten mit Neigungsmesssensoren und Messdatenübermittlung über Funk (Bluetooth)

Elektronischer Neigungsmess-Sensor mit integrierter Umschlagsmessung für hochpräzise Langzeitüberwachungen

ZEROTRONIC-Sensoren

ZEROTRONIC-Sensoren

Beispiel: Heidelberg Druckmaschinen

ZEROMATIC

4 Wo KOMMEN PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN, NEIGUNGSMESSGERÄTE UND -SYSTEME ZUM EINSATZ?

Der Einsatz von Präzisions-Wasserwaagen, Neigungsmessgeräten und -systemen ist sehr vielseitig. Diese werden eingesetzt für:

- Vermessungen
- Ausrichtungen
- Überwachungen



**4.1 WEITERE EINSATZGEBIETE VON PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN,
NEIGUNGSMESSGERÄTEN UND -SYSTEMEN**

BAUTECHNIK / ÜBERWACHUNG VON BRÜCKENDEFORMATIONEN



Ausgangslage:

Die Deformation des Brückenkörpers einer Autobahnbrücke ist während längerer Zeit kontinuierlich zu bestimmen. Diese Datensammlung soll während den Bauarbeiten, wie auch anschliessend während der Nutzung der Brücke, durchgeführt werden.

Messaufgabe:

Zur Langzeitüberwachung werden Neigungsmesser eingesetzt, deren Resultate mittels entsprechender Software zu sammeln und auszuwerten sind. Die Auswertung der gelieferten Winkelresultate werden speziell interpretiert und zwar mittels separatem SW-Programm, in dem die Ergebnisse in Längendimensionen umgerechnet werden.

DRUCKINDUSTRIE / JUSTIEREN VON STÄNDER UND WALZEN



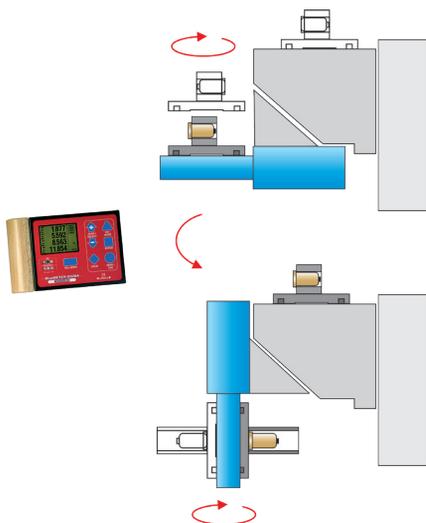
Ausgangslage:

Ein modernes Mehrfarbendrucksystem besteht aus diversen einzelnen Einheiten, je eine Einheit pro Grundfarbe. Zur Erzielung hochstehender Qualitätsprodukte sind diese einzelnen Einheiten beim Zusammenbau genau auszurichten.

Messaufgabe:

Die einzelnen Farbeinheiten besitzen horizontale oder vertikale Referenzflächen, welche bei der Fertigung im Herstellerwerk und auch zur Justierung der Druckstrasse benutzt werden müssen. Die Lage der Referenzflächen muss in Übereinstimmung gebracht, vermessen und protokolliert werden. Die Druckzylinder müssen alle horizontal zueinander ausgerichtet werden.

WERKZEUGMASCHINEN / SPINDELAUSRICHTUNG



Ausgangslage:

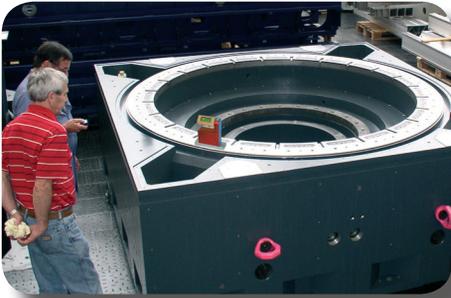
Die Arbeitsspindel einer Fräsmaschine kann per CNC sowohl vertikal als auch horizontal eingesetzt werden. Die Lageänderung wird durch Drehung auf einer winkelhalbierend, 45° angeordneten Lagerung ausgeführt.

Messaufgabe:

Die Abweichung vom rechten Winkel zwischen den beiden Arbeitslagen „horizontal“ und „vertikal“ ist zu bestimmen.

Diese Bestimmung erfolgt während der Montage, bei der Fehlerkorrektur mittels Schaben, wenn sich die Einheit in einem nur bedingt stabilen „Montagegestell“ befindet, sowie an der fertig montierten Werkzeugmaschine. Die Messunsicherheit soll zwei Winkelsekunden nicht übersteigen. Für die Auswertung steht kein Computer zur Verfügung.

EBENHEITSMESSUNG AN DER KREISFÖRMIGEN AUFLAGE EINES RUNDTISCHES



Ausgangslage:

Die Software LEVELSOFT PRO erlaubt es, die Ebenheit von rechteckigen Flächen sehr einfach zu vermessen. Das Vermessen der Ebenheit von kreisförmigen Auflageflächen, wie sie bei grossen Werkzeugmaschinen vorkommen, ist jedoch wesentlich komplexer. Mit der Software MT-SOFT und elektronischen Neigungsmessgeräten stehen die geeigneten Mittel zur Verfügung.

Messaufgabe:

Die Ebenheit einer kreisförmigen Auflage mit einem Durchmesser von 2.3 m soll vermessen werden.

LANGZEITÜBERWACHUNG VON STAUDÄMMEN



Ausgangslage:

Die Anforderungen an die Langzeitüberwachung von Staudämmen steigen kontinuierlich: Während früher periodische Messungen genühten, wird heute immer mehr verlangt, dass Staudämme permanent überwacht werden.

Messaufgabe / Zielsetzung:

Die Neigungsänderungen eines Staudammes sollen kontinuierlich überwacht werden.

KONTINUIERLICHE ÜBERWACHUNG EINES OBJEKTES, WELCHES HOHEN TEMPERATURSCHWANKUNGEN AUSGESETZT IST



Ausgangslage:

Auf einer Radar-Anlage, welche starken Temperaturschwankungen und insbesondere direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, sollen genaue, zuverlässige und kontinuierliche Neigungsmessungen durchgeführt werden.

Jedes Präzisionsmessinstrument ist empfindlich auf Temperaturveränderungen. Hohe Temperaturschwankungen und genaue Messungen widersprechen sich damit grundsätzlich, respektive können genaue Messungen verunmöglichen.

Messaufgabe:

Präzise und kontinuierliche Überwachung der Neigung von Referenzgehäusen der inkrementalen Winkelmessers des Radars.

ÜBERWACHUNG VON SECHS TÜRME AN EINER DOPPELSCHLEUSE



Ausgangslage:

Diese Schleuse ist beinahe 100 Jahre alt und besteht aus 2 parallelen Schleusen. Die 6 Türme werden durch die senkrechten Schleusentore stark belastet und sollen deshalb permanent überwacht werden.

Messaufgabe / Zielsetzung:

Jeder der 6 Türme soll mittels geeigneten Neigungssensoren in X- und Y-Richtung kontinuierlich überwacht werden. Die Werte sollen on-line an die lokale Wasserdirektion übermittelt werden um damit eine zeitgerechte Alarmierung zu ermöglichen.

KRÄNGUNGSMESSUNGEN AN FRACHTSCHIFFEN



Ausgangslage:

Zur Abnahme und Zertifizierung eines Transportschiffes gehört auch eine sogenannte **Krängungsmessung**. Dabei wird der Auftrieb des Schiffes in Abhängigkeit der Belastung und spezifisch bei voller Belastung gemessen.

Durch Umpumpen von Wasser in den Ballasttanks oder durch Beladen mit Containern wird die Neigung des Schiffes verändert. Dabei dürfen gewisse Grenzwerte nicht überschritten werden.

Messaufgabe / Zielsetzung:

An einem Schiff, welches in ruhigem Wasser im Hafen an der Mole vertäut ist, soll die Neigung respektive Krängung des Schiffes während den Belastungstests gemessen werden.

VERMESSUNG EINER SCHLEIFMASCHINE MIT FLACHEN FÜHRUNGSBAHNEN



Ausgangslage:

Ein Hersteller von grossen Metallplatten hat verschiedene grosse Schleifmaschinen in seinem Maschinenpark. Die Geometrie dieser Maschinen muss periodisch überprüft, protokolliert und, wenn nötig korrigiert werden. Um diese Messaufgaben professionell zu erledigen, hat sich die verantwortliche Unterhalts-Abteilung für die Anschaffung eines WYLER Messsystems entschieden.

Messaufgabe / Zielsetzung:

An einer Flachsleifmaschine, deren Führungsbahnen 18 m lang sind und einen Abstand von 1.3 m haben, muss die Plan-Parallelität der beiden Führungsbahnen periodisch kontrolliert werden. Die beiden Führungsbahnen sollen innerhalb einer Ebene mit einer maximal zulässigen Abweichung (Fehler) von < 0.1 mm liegen. Die Führungsbahnen können mit Hilfe der Stellschrauben justiert werden auf welchen die komplette Maschine steht. Der Abstand dieser Stellschrauben beträgt 750 mm.

ÜBERWACHUNG EINES TRIPODS WÄHREND DES VERANKE

Ausgangslage:

Eine Offshore-Windturbine braucht eine stabile und exakt horizontale Basis. Um dies zu erreichen, muss der Tripod, auf welchem anschliessend die Windturbine montiert wird, während des Verankerungsprozesses überwacht werden.

Messaufgabe / Zielsetzung:

Am oberen Ende des zu versenkenden Tripods soll mittels Neigungssensoren die Lage des Tripods während des Verankerungsprozess überwacht werden. Die Sensoren müssen die hohen Beschleunigungen aushalten, welche während des Einrammens entstehen und die Daten müssen drahtlos an das Schiff übertragen werden, von welchem aus der gesamte Prozess gesteuert wird.

ZEROTRONIC-SENSOREN IN STARKEN MAGNETFELDERN

Ausgangslage:

Ein Kunde möchte Teile seiner Maschinen trotz der Präsenz von starken Magnetfeldern vermessen.

Messaufgabe / Zielsetzung:

Der Betreiber eines Teilchenbeschleunigers möchte die Teile des Beschleunigers exakt vermessen und ausrichten können. Die starken Magnete des Teilchenbeschleunigers erlauben nur die Verwendung von nicht-magnetischen Materialien und von Messgeräten, die von starken Magnetfeldern nicht beeinflusst werden.


AUSRICHTEN VON SOLARPANELS

Ausgangslage:

Damit Sonnenkollektoren ihre maximale Leistung erbringen können, müssen diese in einem optimalen Winkel zur Sonne stehen.

Messaufgabe / Zielsetzung:

Neigung der einzelnen Solarpanels muss periodisch überprüft werden können. Dabei müssen Neigungen bis zu 60° gemessen werden können.

5 PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN

Obwohl die klassische Wasserwaage mit Beginn des elektronischen Zeitalters schon mehrmals totgesagt wurde, wird sie in den verschiedensten Bauformen nach wie vor als Präzisions-Messmittel sehr geschätzt. Fachleute erwarten von einem Messinstrument, dass es leicht verständlich, einfach zu handhaben und zuverlässig ist. Alle diese Erwartungen sowie ein ausgezeichnetes Kosten-Nutzen-Verhältnis erfüllt die klassische Wasserwaage. Das Herz der Wasserwaage ist die Libelle, wobei die Präzision des Instrumentes unter anderem von deren Qualität und der Empfindlichkeit abhängig ist.

Wird beispielsweise bei einer Wasserwaage mit einer Empfindlichkeit von 0.020 mm/m die Prüffläche solange geneigt, bis die Blase der Libelle um einen Teilstrich (in der Regel 2 mm von Teilstrich zu Teilstrich) wandert, so wurde die Prüffläche um 20 µm bezogen auf 1000 mm geneigt.

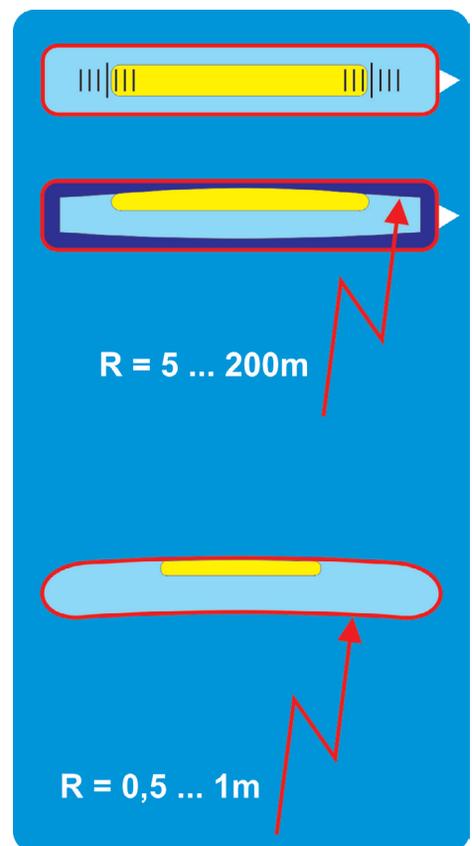
Die Libellen mit hoher und mittlerer Empfindlichkeit sind im Innern tonnenförmig ausgeschliffen. Der Radius dieses Schliffes richtet sich nach der gewünschten Empfindlichkeit und liegt bei einer Empfindlichkeit von 0.020 mm/m bei ca. 200 m und bei einer Empfindlichkeit von 0.500 mm/m bei ca. 5 m.

Neben einer genauen Libelle ist natürlich die Qualität des Wasserwaagenkörpers von entscheidender Bedeutung. Das Material, meistens Gusseisen oder Spezialstahl, muss möglichst frei von Spannungen (Verzug!) sein.

Die Behandlung des Materials vor und nach der Verarbeitung ist von entscheidender Bedeutung. Die Messbasen von Präzisionswasserwaagen weisen in der Regel zwei Auflageflächen zum Kontrollieren von Flächen auf, die eine saubere Auflage auf dem Messobjekt garantieren. Für Messungen auf Wellen sind die Wasserwaagen mit zwei prismatischen Einschnitten versehen, die in der Mitte der Messflächen eingearbeitet sind. Zusätzlich können die Basen mit Magneteinsätzen versehen werden.

*Geschliffene Libellen
(Röhrenlibellen)
für Präzisions-Wasserwaagen
Radius = 5 ... 200 Meter
Höhe des Bogens
auf 80 mm = 160 ... 4 µm*

*Gebogene Libellen für
Bau-Wasserwaagen
Radius = 0.5 ... 1 Meter*

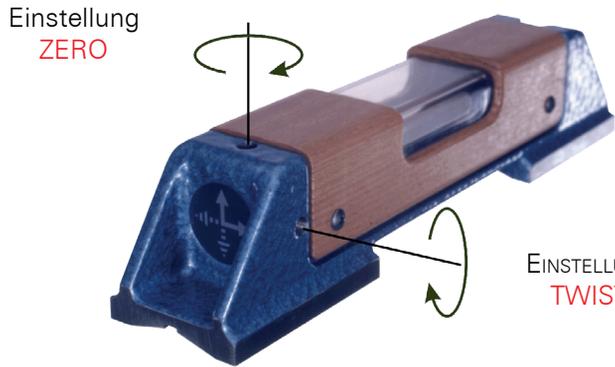


Ein besonderes Merkmal der Präzisions-Wasserwaagen besteht darin, dass die Geometrie aller Messflächen durch Schleifen und manuelles Schaben genau parallel zur Libellenachse einjustiert werden kann. Nur durch diese Präzisionsarbeit ist gewährleistet, dass auch bei einer leicht schräg (Twist) angesetzten Wasserwaage keine Messfehler entstehen.

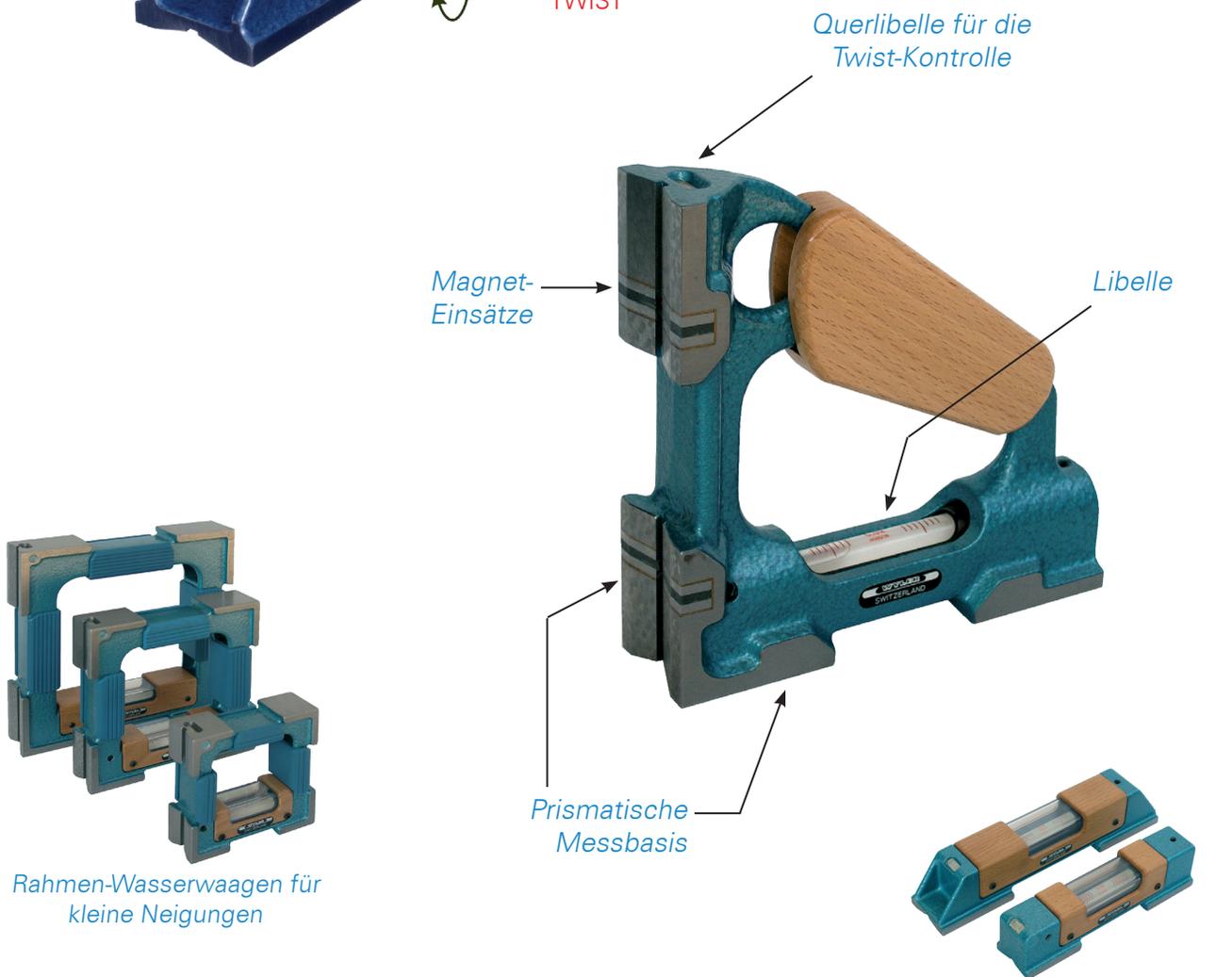
*Ein Mitarbeiter der
Firma WYLER AG beim
Schaben einer Wasserwaage*

5.1 EINSTELLUNG TWIST BEI WASSERWAAGEN

Bei einer Wasserwaage, wie auch bei elektronischen Neigungsmessgeräten, muss sichergestellt werden, dass auch bei einem leicht schräg (Twist) angesetzten Messgerät keine Messfehler entstehen.



Dank den beiden Einstellschrauben können der **NULLPUNKT / ZERO** und die Querabweichung / **TWIST** durch den Benutzer auf einfachste Weise justiert werden.



5.2 PRÄZISIONS-WASSERWAAGEN UND DOSENLIBELLEN

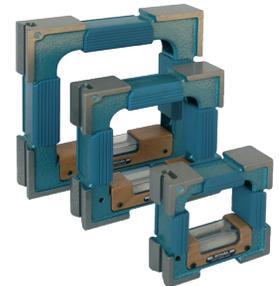
**Magnetwasserwaage
Nr. 48 SPIRIT**



Für waagrechte und senkrechte Messungen, mit vollkommener magnetischer Haftung an senkrechten Flächen und Wellen, Isoliergriff.

*Empfindlichkeiten:
0,02 mm/m, 0,04 mm/m, 0,05 mm/m,
0,10 mm/m, 0,30 mm/m*

**Präzisions-Rahmenwasserwaage
Nr. 58 SPIRIT**



Mit zwei flachen Messbasen (oben und rechts) und zwei prismatischen Messbasen (unten und links), zum Messen auf waagrechten und senkrechten Flächen und Wellen, mit Libellenschutz und Isoliergriffen.

*Empfindlichkeiten:
0,02 mm/m, 0,04 mm/m,
0,05 mm/m, 0,10 mm/m, 0,30 mm/m*

**Horizontal-Wasserwaage
Nr. 55 SPIRIT**



Zum Messen auf horizontalen Flächen und Wellen, mit Isoliergriff und Libellenschutz.

*Empfindlichkeiten:
0,02 mm/m, 0,04 mm/m, 0,05 mm/m,
0,10 mm/m, 0,30 mm/m*

**Kontrollwasserwaage
Nr. 61**



Mit prismatischer Messfläche für Wellen und Flächen, mit Isoliergriffen und Libellenschutz.

*Empfindlichkeiten:
0,02 mm/m, 0,04 mm/m, 0,05 mm/m,
0,10 mm/m*

**Kurbelzapfen-Wasserwaage
Nr. 56**



Mit Kreuzprisma, Empfindlichkeit der Querlibelle 1 mm/m.

*Empfindlichkeiten:
0,05 mm/m, 0,10 mm/m, 0,30 mm/m*

**Einstellbare Mikrometer-Wasserwaage
Nr. 68**

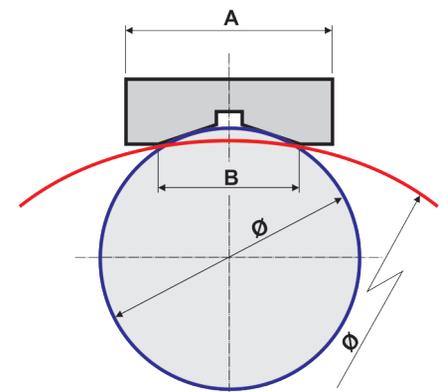


Zum Messen der Ebenheit von Flächen, Neigungen und Konizität, gehärtete und geschliffene prismatische Messbasis, mit Isoliergriffen.

*Empfindlichkeit:
0,02 mm/m*

**Standardabmessungen prismatischer Basen für
Messungen auf Wellen**

Basislänge L	A	B	Messbarer Wellendurchmesser Ø
100 mm	30 mm	21 mm	Ø 17 ... 80 mm
100 mm	32 mm	22 mm	Ø 17 ... 84 mm
150 mm	35 mm	24.5 mm	Ø 17 ... 94 mm
200 mm	40 mm	28 mm	Ø 19 ... 108 mm
250 mm	45 mm	31.5 mm	Ø 19 ... 120 mm
300 mm	50 mm	35 mm	Ø 22 ... 135 mm
500 mm	60 mm	42 mm	Ø 22 ... 160 mm



**Feinmess Mikrometer-Wasserwaage
Nr. 53**



Zum Ausmessen von kleinen Flächen-unebenheiten oder Vertiefungen, Messbereich ± 5 mm.

*Empfindlichkeit:
0,02 mm/m, 0,05 mm/m, 0,10 mm/m,
4 Arcsec, 10 Arcsec, 20 Arcsec*

**Einstellbare Wasserwaage
Nr. 52**



Zum Kontrollieren von nicht genau horizontal liegenden Flächen und Wellen, mit Einstellsystem.

*Empfindlichkeit:
0,02 mm/m, 0,05 mm/m, 0,10 mm/m*

**Magnet-Winkelwasserwaage
Nr. 47**



Für vertikale Messungen, magnetisch haftend an Wellen und Flächen, mit Kunststoff-Libellen-schutz.

Empfindlichkeit: 0,3 mm/m

**Universal-Winkelwasserwaage
Nr. 64**



Mit einsteckbarer Rohrwasserwaage, prismatische Messbasis, 150 x 40 mm, für vertikale Messungen, Rohrmessfläche 150 x 10 mm für horizontale Messungen.

Empfindlichkeit: 0,5 mm/m

**Horizontal-Wasserwaage
Nr. 69**



Mit flacher oder prismatischer Messbasis erhältlich.

Empfindlichkeiten: 0,30 mm/m, 1,0 mm/m

**Rohrwasserwaage
Nr. 59**



Mit flacher Messbasis
Option Nr. 59 A:
Länge 80 mm und 150 mm
auch mit Bohrungen zum
Anschrauben erhältlich.

*Empfindlichkeiten:
0,05 / 0,10 / 0,30 / 1,0 mm/m*

**Aufschraubbare Wasserwaage
Nr. 66**



Für Maschinen, Apparate und andere Zwecke.

*Empfindlichkeiten:
0,10 mm/m, 0,30 mm/m, 1,0 mm/m,
2,0 mm/m, 2-5 mm/m*

**Kreuz-Wasserwaage
Nr. 78**



Aufschraubbar auf Maschinen, Apparate, usw.

*Empfindlichkeiten:
0,02 mm/m, 0,04 mm/m, 0,05 mm/m,
.10 mm/m, 0,30 mm/m*

**Kreuz-Wasserwaage
Nr. 76**



Für Maschinen, Apparate und andere Zwecke.

*Empfindlichkeiten:
0,30 mm/m, 1,0 mm/m, 2-5 mm/m*

**Dosenlibellen
Nr. 72 / 73 / 74**



Aufschraubbar auf Maschinen, Apparaten, usw.

Empfindlichkeit: diverse

5.3 CLINOMETER

**Clinometer
Nr. 80**



Neigungsmessgerät für genaue Messung jeder Neigung, mit drehbarer Kreisteilung von $2 \times 180^\circ$, gehärtete und geschliffene prismatische Messbasis zum Messen auf Wellen und Flächen, Mikrometerskalierung
1 Teilstrich = 1 Arcmin

*Libellenempfindlichkeit:
0.3 mm/m (1 Arcmin)*

**Rahmen-Winkel Wasserwaage
Nr. 79**



Mit Feineinstellung, mit zwei prismatischen und zwei flachen Messbasen, Teilung von $2 \times 180^\circ$, Nonius für Ablesung in 3 Arcmin.

Libellenempfindlichkeit: 0,3 mm/m

**CLINORAPID
Nr. 45**



Die kugelgelagerte Pendelscheibe mit Wirbelstromdämpfung richtet sich nach Freigabe der Arretierung schnell nach der Schwerkraft aus. Die Neigung kann bis zur erneuten Freigabe der Arretierung auf der grosszügigen Kreisskala (± 180 Grad) mit 10 Min. Nonius abgelesen werden. Präzise geschliffene Messbasis aus gehärtetem Stahl mit eingearbeitetem Prisma.

**Transporteur-Wasserwaage
Nr. 62**



Zum Messen von Neigungen, Teilung $2 \times 180^\circ$, ohne Nonius, prismatische Basis aus Guss.

Libellenempfindlichkeit: 2 mm/m

5.4 PRÄZISIONS-SCHLAUCHWASSERWAAGE

**Präzisions-Schlauchwasserwaage
Nr. 77**



Basierend auf dem Prinzip der kommunizierenden Gefässe, zum Messen von 2 oder mehreren entfernten Punkten, die nicht unmittelbar miteinander verbunden sind, mit Holzetui. Tiefenmikrometer als Zubehör lieferbar.

*Abmessungen:
H (Total) = 250 mm
Ø Basis = 100 mm*

6 ELEKTRONISCHE HAND-NEIGUNGSMESSGERÄTE

Wir unterscheiden zwischen folgenden Messsystemen:

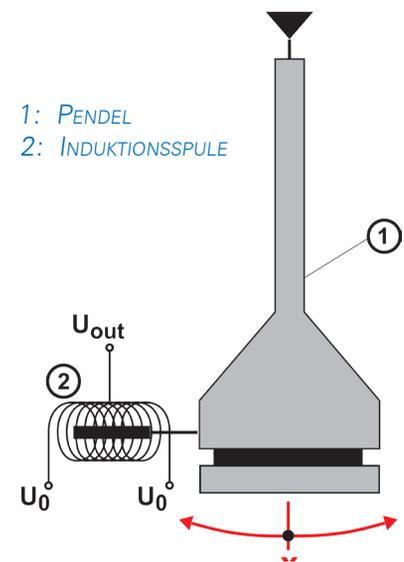
- **INDUKTIVE MESSSYSTEME**
(z.B. für das Handmessgerät nivelSWISS)
- **KAPAZITIVE MESSSYSTEME**
(z.B. für die Handmessgeräte der BlueSYSTEM-Familie und für die ZEROTRONIC-Sensoren)

6.1 HANDMESSGERÄTE MIT INDUKTIVEM MESSSYSTEME / NIVELSWISS UND NIVELSWISS-D

6.1.1 DAS INDUKTIVE MESSPRINZIP

Induktive Messgrössenaufnehmer arbeiten nach dem links gezeigten Prinzip. Sehr verbreitet sind Differenzspulenaufnehmer. Je nach Neigung des Messgerätes, bzw. nach Position des Ferritkerns in Relation zur Induktionsspule, wächst die Induktivität der einen Spulenhälfte, während sich die der anderen Hälfte verringert. Der als Halbbrücke geschaltete Messgrössenaufnehmer verstimmt auf diese Weise die vorher abgeglichene Vollbrücke.

- Positiv:** Ausgezeichnete Nullpunkt-Stabilität
- Negativ:** Schlagempfindlichkeit



6.1.2 NIVELSWISS CLASSIC

Das nivelSWISS (vormals Niveltronic) ist ein Präzisions-Neigungsmessinstrument für das Vermessen von Werkzeugmaschinen. Die Technologie des NivelSWISS hat sich während über 40 Jahren im Maschinenbau bewährt und das Instrument ist auch heute noch sehr beliebt dank seiner ausgezeichneten Stabilität und guten Ablesbarkeit. Dank seiner hervorragenden Nullpunkt-Stabilität ist das NivelSWISS sehr gut geeignet für ausgedehnte Geometriemessungen und Einstellarbeiten an grossen Führungssystemen.

Das induktive Messsystem findet im nivelSWISS (vormals Niveltronic) Verwendung. Das Gerät war bei seiner Markteinführung 1970 das erste elektronische Handmessgerät mit eingebauter Analoganzeige.

Das Instrument besteht aus drei wesentlichen Elementen, nämlich dem hochempfindlichen, feinmechanischen Pendel, der analogen Auswertelektronik und dem stabilen Graugussgehäuse. Der Messwert wird induktiv über ein Pendel generiert. Das Gerät ist nicht geeignet für den Einsatz in unmittelbarer Nähe von elektromagnetischen Feldern und ist aufgrund seiner Konstruktion sehr schlagempfindlich.

Die Anzeige mittels Galvanometer ist für diese Anwendung besonders geeignet, weil die Erkennung von Trends im Vordergrund steht. Beim Nivellieren von extrem grossen Maschinenbetten wird die exzellente Stabilität des Nullpunktes geschätzt.



Das nivelSWISS ist ein batteriebetriebener, elektronischer Neigungsmesser mit analoger Anzeige. Die Ablesung erfolgt auf einem eingebauten Galvanometer. Das Gerät verfügt über eine hervorragende Stabilität des Nullpunktes, weshalb dieses speziell für lange dauernde Geometriemessungen und Einstellarbeiten an grossen Führungssystemen geeignet ist.

Es sind 2 Bauformen lieferbar:

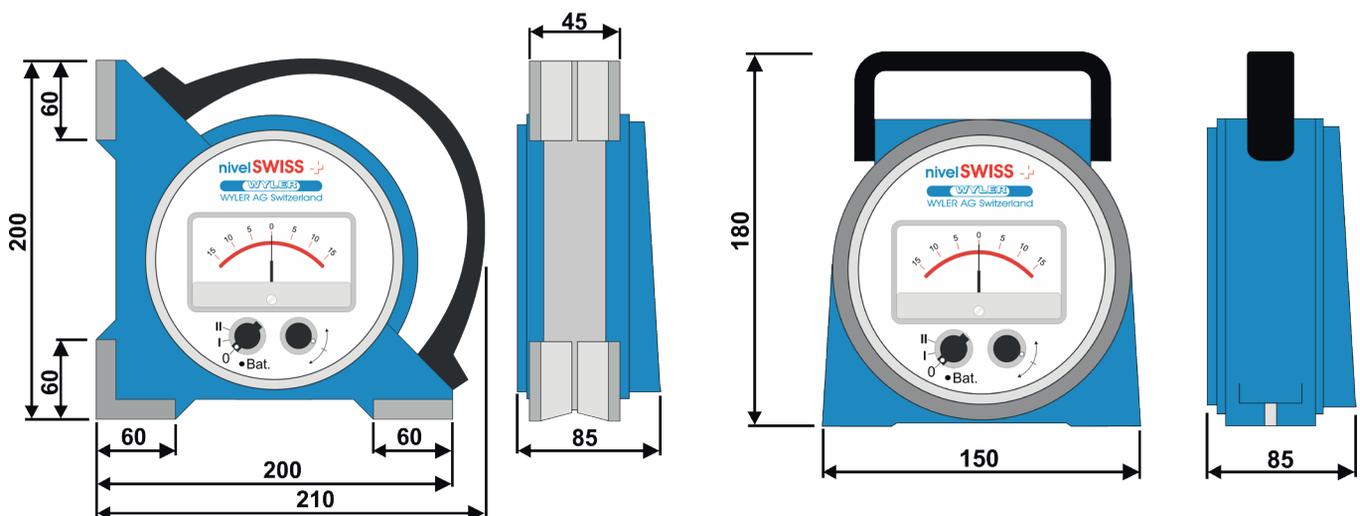
nivelSWISS HORIZONTALMODELL

Massiver Graugusskörper mit flacher Messbasis. Die Messbasis ist derart gestaltet, dass das Gerät auf Sondermessbasen (z.B. Hartgestein-Messbasen) oder an Sondermessvorrichtungen montiert werden kann. Besonders geeignet zum Ausrichten von horizontalen Maschinenbetten und zur Kontrolle der Ebenheit von Maschinentischen und Führungsflächen.



nivelSWISS WINKELMODELL

Massiver Graugusskörper mit zwei rechtwinklig zueinander angeordneten, prismatischen Messbasen, geeignet für Messungen an horizontalen und vertikalen Flächen und Wellen (Ø 20 ... 120 mm). In aufwendiger Handarbeit durch feines Schaben der einzelnen Messflächen wird die geforderte Präzision erzeugt. Das nivelSWISS eignet sich besonders gut für die Einstell- und Kontrollvorgänge an rechtwinkligen Geometrieelementen von Werkzeugmaschinen.



*Äussere Abmessungen des nivelSWISS
mit Horizontal- und Winkelbasis*

TECHNISCHE DATEN nivelSWISS classic

	Bereich I	Bereich II
Messbereich	$\pm 0.750 \text{ mm/m}$ $\pm 150 \text{ Arcsec}$	$\pm 0.150 \text{ mm/m}$ $\pm 30 \text{ Arcsec}$
Empfindlichkeit	0.050 mm/m 10 Arcsec	0.010 mm/m 2 Arcsec
Messzeit, Anzeige verfügbar nach	< 3 Sec	
Wiederholbarkeit	1 $\mu\text{m/m}$	
bis 1/2 F.S. (DIN 2276)	max. 1% des MW / min. 0.001 mm/m	
von 1/2 F.S. bis F.S. (DIN 2276)	max. 1% von (2*MW - 0.5*F.S.)	
Fehlergrenze (DIN 2276/2)	$M_W \leq 0.5 M_E$ / max. 1 % M_W	
M_E = Messbereichsendwert M_W = Messwert	$M_W > 0.5 M_E$ / max. 0.01 (2 M_W - 0.5 M_E)	

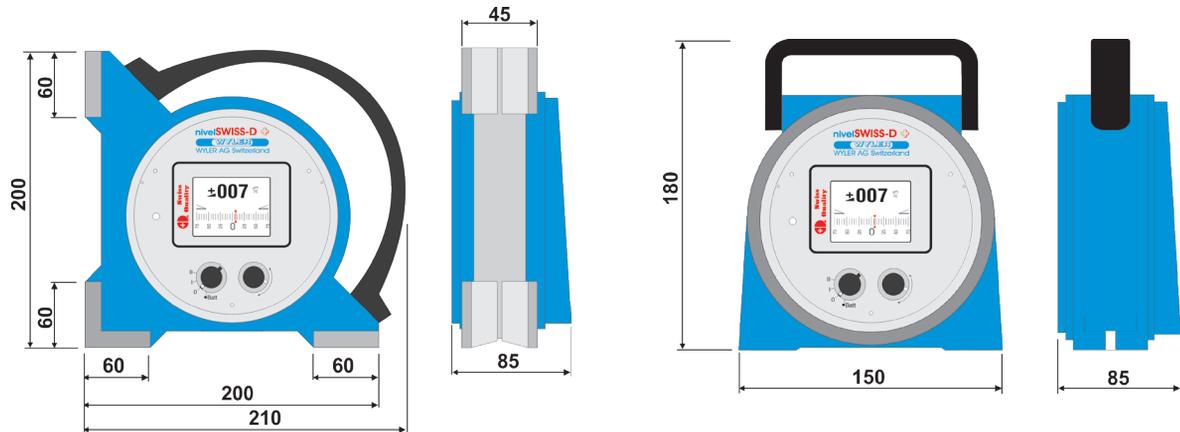
6.1.3 NIVELSWISS-D (MIT DIGITALER ANZEIGE)

Das nivelSWISS (vormals Niveltronic) ist ein Präzisions-Neigungsmessinstrument für das Vermessen von Werkzeugmaschinen. Die Technologie des NivelSWISS hat sich während über 40 Jahren im Maschinenbau bewährt und das Instrument ist auch heute noch sehr beliebt dank seiner ausgezeichneten Stabilität und guten Ablesbarkeit. Es wurde in den letzten Jahren mehrmals optimiert und ist neu auch mit **digitaler Anzeige** erhältlich (NivelSWISS-D). Dank seiner hervorragenden Nullpunkt-Stabilität ist das NivelSWISS sehr gut geeignet für ausgedehnte Geometriemessungen und Einstellarbeiten an grossen Führungssystemen. In der Maschinenindustrie ist das nivelSWISS (Niveltronic) ein Begriff:

- Stabiler Gusskörper (induktiver Messgrössenaufnehmer).
- Griff, welcher gut in der Hand liegt und damit die genaue Messung an vertikalen Flächen unterstützt.
- Bewährtes Messsystem.
- Dank der digitalen Anzeige des Messwertes wird die hohe Genauigkeit des Messsystems voll ausgeschöpft. Zudem ermöglicht die digitale, beleuchtete Anzeige eine sehr gute Lesbarkeit auch bei schwierigen Lichtverhältnissen.
- Das Display des nivelSWISS-D kann geneigt werden, um eine optimale Lesbarkeit auch von oben sicherzustellen.
- Einfache Integration in WYLER-Messsysteme: mittels eines USB-Kabels kann das nivelSWISS-D direkt an einen PC/Laptop angeschlossen werden. Dabei wird das Instrument vom USB-Port mit Spannung versorgt. Dank der digitalen Messdaten-Übertragung können die Messwerte anschliessend sehr einfach mit LEVELSOFT Pro oder MT-SOFT ausgewertet werden.
- Das Einlesen der Messwerte in die Software kann mittels eines Infrarot-Zappers ausgelöst werden.



Das nivelSWISS-D ist somit eine ideale Symbiose aus dem bewährten Messsystem des nivelSWISS und der einfachen Handhabung der digitalen WYLER-Messsysteme.



Äussere Abmessungen des nivelSWISS-D
mit Horizontal- und Winkelbasis

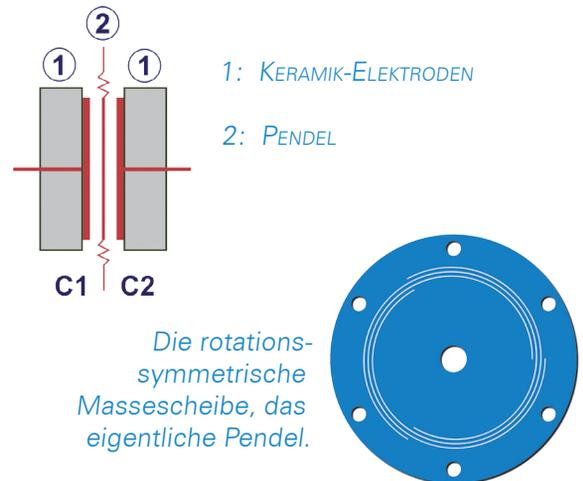
TECHNISCHE DATEN nivelSWISS-D

	Bereich I	Bereich II
Messbereich	$\pm 0.750 \text{ mm/m}$ $\pm 150 \text{ arcsec}$	$\pm 0.150 \text{ mm/m}$ $\pm 30 \text{ arcsec}$
Skalenteilungswert (Empfindlichkeit)	0.050 mm/m 10 arcsec	0.010 mm/m 2 arcsec
Einstelldauer (DIN2276/2)	<5 Sek (DIN 2256)	
Wiederholbarkeit	$5 \mu\text{m/m}$	$1 \mu\text{m/m}$
Fehlergrenze (DIN 2276/2)	$M_W \leq 0.5 M_E / \text{max. } 1 \% M_W$	
M_E = Messbereichsendwert M_W = Messwert	$M_W > 0.5 M_E / \text{max. } 0.01 (2 M_W - 0.5 M_E)$	

6.2 HANDMESSGERÄTE MIT KAPAZITIVEM MESSSYSTEM

6.2.1 DAS KAPAZITIVE MESSPRINZIP

Die elektronischen Neigungsmesser mit einem kapazitiven Messsystem nutzen die Pendeleigenschaften einer reibungsfrei aufgehängten Massescheibe, mit einem Gewicht von weniger als 1 Gramm, zur Messwertbildung. Ein Differentialkondensator, gebildet durch zwei Elektroden aus temperaturunempfindlichen Materialien und der im dichten und elektrisch abgeschirmten Zwischenraum aufgehängten Massescheibe, wird zweiphasig mit Wechselspannung (4.8 kHz) gespeist und liefert das an der Massescheibe ausgekoppelte Neigungssignal. Durch den rotations-symmetrischen Aufbau der Messzelle sind Querneigungseinflüsse vernachlässigbar, und sogar Überkopfmessungen möglich. Die abgeschirmte Messzelle, das kapazitive Messprinzip, sowie die eingesetzten Werkstoffe schliessen Einflüsse durch Magnetismus und elektrische Felder aus.



Durch die völlig reibungsfreie Aufhängung dieser Massescheibe sowie die Gasdämpfung innerhalb des Pendelsystems werden extreme Genauigkeiten hinsichtlich Repetition und Hysterese, verbunden mit einer kurzen Einstelldauer (Einlesen des Messwertes), erreicht.

Vorteile des kapazitiven Messsystems:

- Abschirmung gegenüber magnetischen und elektrischen Einflüssen
- Sehr resistent gegen starke Beschleunigungen und Schläge, da die Auslenkung des Pendels auf maximal 0.3 mm beschränkt ist
- Ausgezeichnete Rotationssymmetrie, bedingt durch die Form der Membrane

Das kapazitive Messsystem kommt bei allen neueren WYLER-Handmessgeräten, wie auch bei den Neigungsmesssensoren, zum Einsatz. Die verschiedenen Messsysteme unterscheiden sich lediglich in der Auswertung der Messsignale: Wir unterscheiden zwischen **analogen und digitalen Auswerteverfahren**.

6.2.1.1 DAS ANALOGE AUSWERTEVERFAHREN

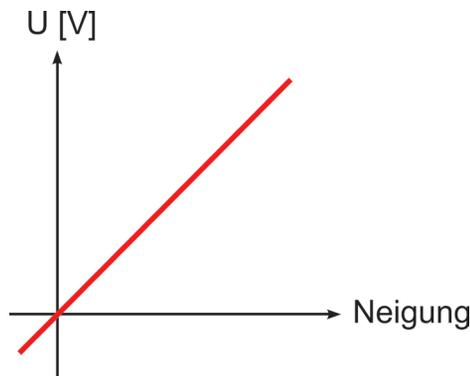
Das analoge Auswerteverfahren wird bei Handmessgeräten wie dem BlueLEVEL eingesetzt.

Vorteile des **analogen Auswerteverfahrens**:

- Das analoge Messprinzip ist optimiert für das Vermessen von Geradheiten, Ebenheiten usw. mit Handmessgeräten, da dieses Messprinzip sehr rasch einen stabilen Wert zur Verfügung stellt und damit präzise Messwerte und einen effizienten Messprozess ermöglicht.
- Sehr unempfindlich gegenüber tieffrequenten Störungen, wie sie teilweise bei Werkzeugmaschinen auftreten können.



Analoges Messsystem



Messgrösse des Systems:
Spannung

Am Ausgang des Messgerätes:
Gleichspannung in mV/Einheit
und/oder
digital nach A/D-Wandlung

Einheit: Radiant [Rad]

6.2.1.2 DAS DIGITALE AUSWERTEVERFAHREN

Das **digitale Auswerteverfahren** wird bei allen Neigungssensoren, sowie bei den Handmessgeräten mit grösserem Messbereich, wie dem Clinotronic Plus, dem CLINO 2000 oder dem BlueCLINO verwendet.

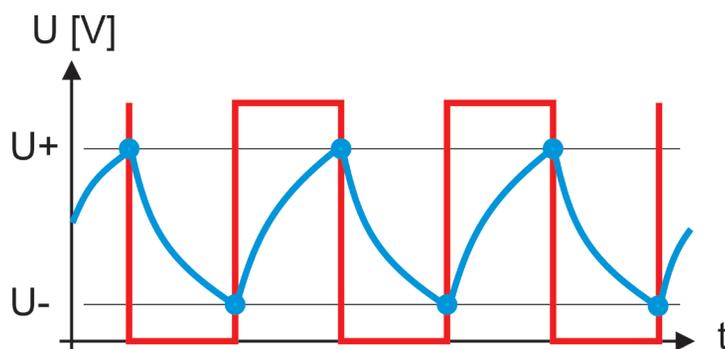
Vorteile des digitalen Auswerteverfahren:

- Dank der Messfrequenz von bis ca. 20 Messungen pro Sekunde (beim ZEROTRONIC) können dynamische Prozesse sehr präzise erfasst werden*)
- Messfrequenz und Messwert-Integration lassen sich in einem breiten Spektrum festlegen und damit flexibel an die Messaufgabe anpassen
- Mehrere Sensoren können synchronisiert werden, womit die Filterung von externen Störungen ermöglicht wird.



*) Die Dynamik ist begrenzt durch die Anforderung an die Genauigkeit: rasche Neigungsänderungen können die Messgenauigkeit beeinflussen, da externe Beschleunigung als Neigungsänderung interpretiert werden können. Es ist sehr wichtig, die Messaufgabe genau zu analysieren und die Messparameter für den Sensor den Messbedingungen anzupassen.

Digitales Messsystem



Messgrösse des Systems:
Quotient von f_1 und f_2

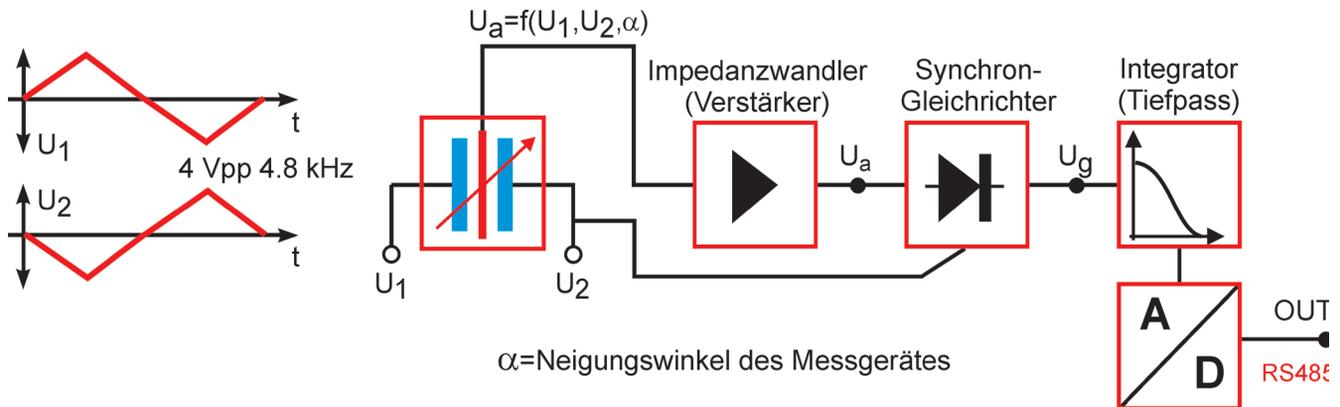
Am Ausgang des Messgerätes:
digital

Einheit: Radiant [Rad]

6.2.2 HANDMESSGERÄTE MIT ANALOGEM AUSWERTEVERFAHREN

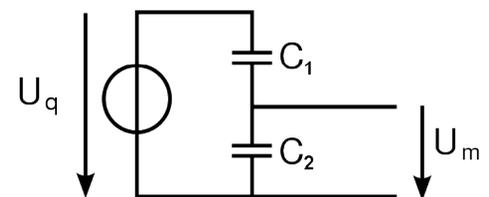
Das nachfolgende Schaltbild zeigt die Eingangsspannung U_1 , bzw. U_2 , mit einer Frequenz von 4,8 kHz und einer Amplitude von 4 Vpp (pp: peak to peak). Das Ausgangssignal wird verstärkt (Amplifier) und anschließend gleichgerichtet (Rectifier). Danach wird das Signal „geglättet“ (Integrator) und steht als Gleichspannung ± 2000 mV (1 mV / Einheit) am Ausgang zur Verfügung.

Gleichzeitig oder alternativ wird das analoge Signal einem A/D-Wandler zugeführt und steht am RS 485- bzw. RS 232-Ausgang als digitaler Wert im WyBus-Format mit der Einheit Radiant [Rad] zur Verfügung.



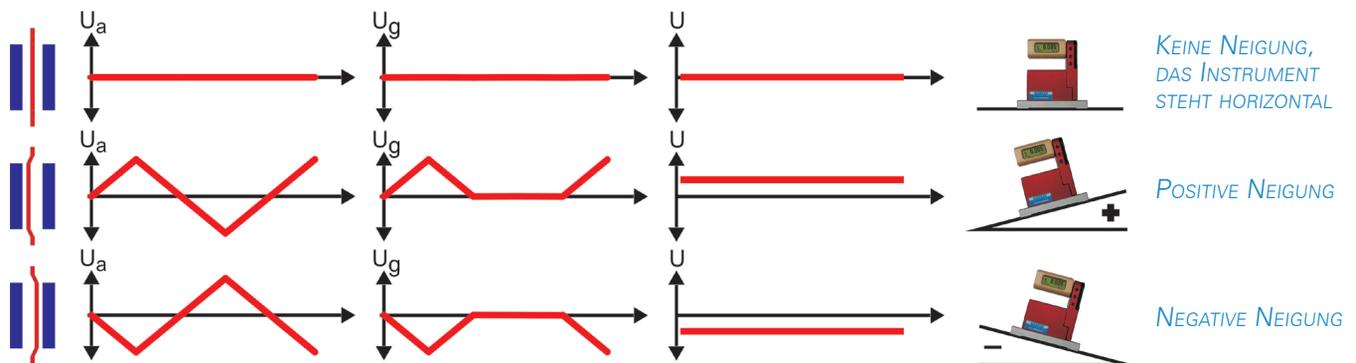
Schaltbild eines Messgerätes mit kapazitivem Messsystem (BlueLEVEL + BlueLEVEL BASIC)

Die beiden Kapazitäten C_1 und C_2 , gebildet durch die beiden Elektroden und die Massescheibe, bilden einen kapazitiven Spannungsteiler. In Abhängigkeit der Lage des Pendels (Auslenkung) ändert sich die Spannung U_m .

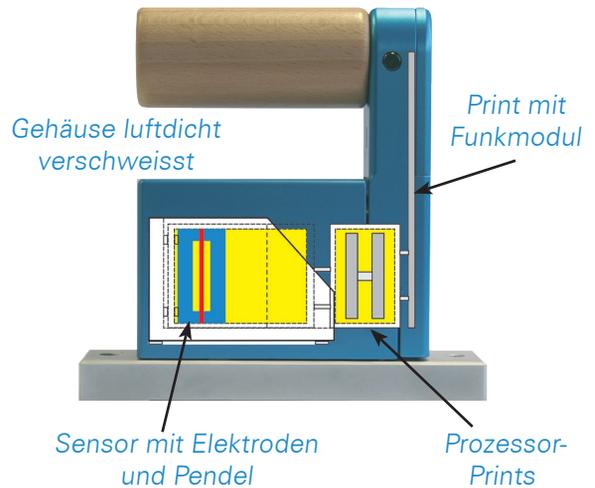


Die entsprechende Formel lautet:
$$U_m = U_q \left(\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right)$$

Das nachfolgende Bild zeigt die Funktion des analogen Messsystems und den Zusammenhang zwischen der Auslenkung des Pendels (Massescheibe) und dem **analogen Ausgangssignal**:



Für den Einsatz bei ausserordentlichen Bedingungen, wie hohe Luftfeuchtigkeit und extreme Temperatur, wurde die so genannte **SEALTEC-Technologie** entwickelt. Die Sensoren der Messgeräte werden mit einem speziellen Gasmischung geflutet und luftdicht mit Laser verschweisst.



Das nebenstehende Bild zeigt ein BlueLEVEL mit Ansicht des Pendelaufbaus und des Prints mit Funkmodul.

Die Auslenkung der Membrane folgt einer Sinus-Funktion. Bei kleinen Neigungen bis ca. ± 1 Grad befinden wir uns im linearen Bereich der Sinuskurve (siehe Abbildung rechts). Die Grössenordnung der Auslenkung ist natürlich vom Material (Elastizitätsmodul), von der Dicke der Membrane, der Länge und dem Luftspalt der Spirale abhängig.

Bei grösseren Neigungen verläuft die Kurve entsprechend der Sinus-Funktion und ist nicht mehr linear. Dementsprechend müssen Geräte mit grösserem Messbereich über mehrere sogenannte Kalibrierpunkte kalibriert werden. Digitale Messgeräte und Sensoren werden für alle Messbereiche mit Kalibrierpunkten kalibriert.

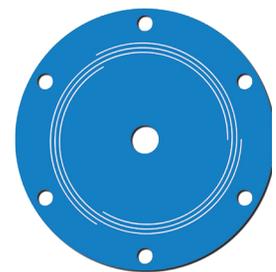
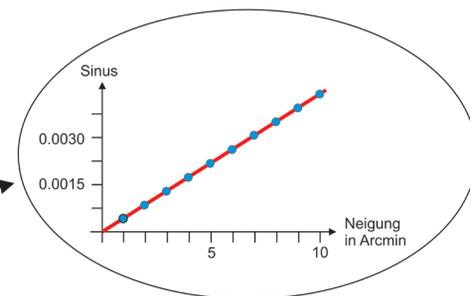
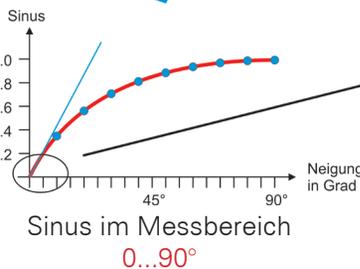
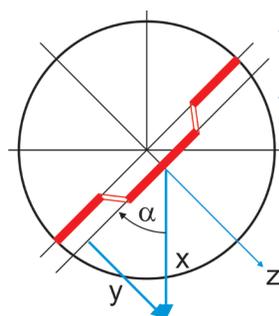
Bei Messgeräten mit kleinerem Messbereich, z.B. ± 1 Grad, muss die Membrane empfindlicher auf kleinste Neigungsänderungen reagieren, um eine optimale Auflösung zu erzielen. Diese Empfindlichkeit wird in diesem Fall erzielt durch eine dünne Membrane mit einer langen Spiralfeder. Bei grösseren Messbereichen wird eine dickere Membrane und eine kürzere Spirallänge gewählt.

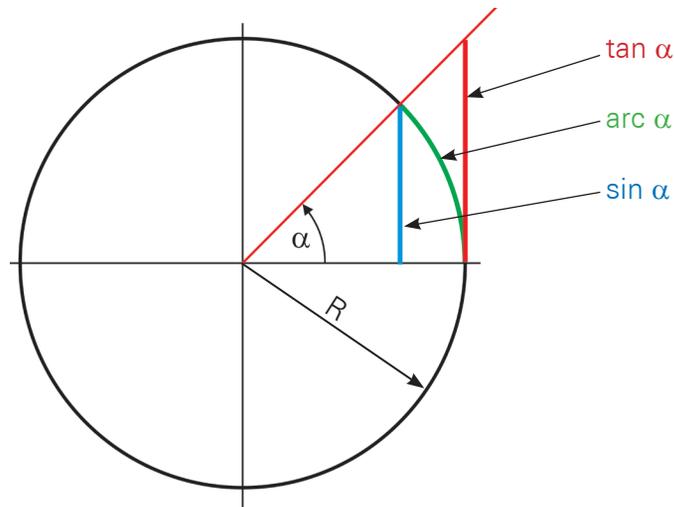
Bei Messgeräten mit kleinerem Messbereich, z.B. ± 1 Grad, muss die Membrane empfindlicher auf kleinste Neigungsänderungen reagieren, um eine optimale Auflösung zu erzielen. Diese Empfindlichkeit wird in diesem Fall erzielt durch eine dünne Membrane mit einer langen Spiralfeder. Bei grösseren Messbereichen wird eine dickere Membrane und eine kürzere Spirallänge gewählt.

Variablen in Abhängigkeit des Messbereiches:

- Dicke der Membrane von 50 ... 100 μm
- Winkel der Spirale (Länge) von 300 ... 630°

Auslenkung der Membrane bei einem Messgerät mit einem Messbereich von ± 10 Grad:
Bei einer Neigung von 1 $\mu\text{m}/\text{m}$: ca. **10 nm**



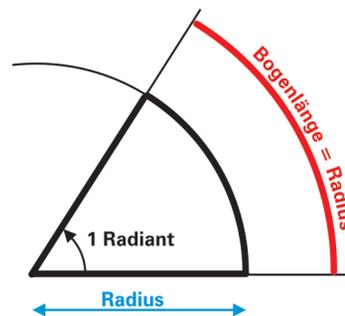


	sin α	tan α	arc α
$\alpha = 0.5^\circ$	0.0087266	0.0087269	0.0087266
$\alpha = 45^\circ$	0.70711	1	0.78540

Wie man obiger Aufstellung entnehmen kann, sind die Werte für $\sin \alpha$, $\tan \alpha$ und $\text{arc } \alpha$ bis zu einem Winkel (einer Neigung) von 0.5° bis sechs Stellen nach dem Komma identisch. Sobald der Winkel (die Neigung) grösser wird, divergieren die Werte kontinuierlich.

$$1 \text{ Rad} = \frac{360^\circ}{2 \times \pi} = 57.30 \text{ Grad}$$

Wichtig:
 $1 \mu\text{Rad} = 1 \mu\text{m/m}$
 gilt nur im Bereich von sehr kleinen Neigungen (Winkel)



Das Internationale Einheitensystem, abgekürzt SI (von frz. *Système international d'unités*)

Zahl, bzw. Mass	Potenz	Einheit	SI-Vorsatz
0,000 000 000 000 000 001	10^{-18}	Trillionstel	Atto
0,000 000 000 000 001	10^{-15}	Billiardstel	Femto
0,000 000 000 001	10^{-12}	Billionstel	Piko
0,000 000 001	10^{-9}	Milliardstel	Nano
0,000 001	10^{-6}	Millionstel	Mikro
0,001	10^{-3}	Tausendstel	Milli
0,01	10^{-2}	Hundertstel	Zenti
0,1	10^{-1}	Zehntel	Dezi
1	10^0	Eins	
10	10^1	Zehn	Deka
100	10^2	Hundert	Hekto
1 000	10^3	Tausend	Kilo
1 000 000	10^6	Million	Mega
1 000 000 000	10^9	Milliarde	Giga
1 000 000 000 000	10^{12}	Billion	Tera
1 000 000 000 000 000	10^{15}	Billiarde	Peta
1 000 000 000 000 000 000	10^{18}	Trillion	Exa

6.2.2.1 DAS BLUESYSTEM SIGMA / BLUELEVEL MIT BLUEMETER SIGMA

Das BlueLEVEL ist ein hochpräzises und trotzdem robustes Instrument zur Vermessung von Geometrien, sei es an Werkzeugmaschinen oder an Objekten wie Mess- und Kontrollplatten. Wir können Ihnen für jede noch so spezielle Messaufgabe die richtige Empfindlichkeit und die richtige Messbasis anbieten: horizontal, vertikal, unterschiedliche Längen, flach, prismatisch, Grauguss, Stahl oder Aluminium, geschabt oder geläppt, gehärtet, mit Magneten oder mit Zusatzbasis aus Granit.



BlueLEVEL mit Winkelbasis

Die BlueLEVEL zeichnen sich aus durch

- höchste Präzision und Reproduzierbarkeit
- Werkstatttauglichkeit, sowie handliche und einfache Bedienung
- Grosse, sehr gut lesbare LCD-Anzeige, welche von beiden Seiten her abgelesen werden kann, da der Handgriff drehbar ist.
- Kompatibilität mit wylerPROFESSIONAL und wylerSPEC zur Protokollierung von Geometrien in Verbindung mit einem BlueMETER SIGMA
- ein kompaktes, ansprechendes Design, welches funktionell für Präzisionsmessungen optimiert wurde
- Drahtlose Datenübertragung gemäss dem international anerkannten Bluetooth®-Standard (Option)
- Zur Auswahl stehen 2 Empfindlichkeiten:
 - BlueLEVEL 1 $\mu\text{m/m}$: Messbereich von $\pm 20 \text{ mm/m}$
 - BlueLEVEL 5 $\mu\text{m/m}$: Messbereich von $\pm 100 \text{ mm/m}$

Das BlueLEVEL und BlueLEVEL BASIC in Kombination mit dem BlueMETER, bzw. BlueMETER BASIC sind speziell für den Einsatz von Präzisionsmessungen kleiner Neigungen geeignet. Dazu gehören insbesondere die Ebenheitsmessung von Mess- und Kontrollplatten oder die Vermessung der Geometrieigenschaften an Maschinen aller Art. Die neue Sensorzelle, ausgerüstet mit High-Tech Elektronik und keramischem Trägermaterial, erlaubt die perfekte Anwendung auch unter äusserst schwierigen Umgebungsbedingungen mit hoher Luftfeuchte in rauher Werkstattumgebung. Das BlueSYSTEM ist konzeptionell optimiert für die drahtlose Übermittlung der Messdaten.

Das neue BlueSYSTEM ist eine konsequente Weiterentwicklung der bekannten und bewährten Messgeräte MINILEVEL NT und LEVELTRONIC NT. Ein BlueSYSTEM besteht normalerweise aus einem oder zwei Messgeräten BlueLEVEL und einem Anzeigegerät BlueMETER. Je nach Anwendung ist das BlueMETER zusätzlich mit einem PC mit entsprechender Software verbunden, mit welcher die Messwerte online ausgewertet und dargestellt werden können.

Das BlueLEVEL kann als einzelnes Messgerät, z.B. für das Ausrichten von Objekten oder die Vermessung von Geraden von Führungsbahnen, verwendet werden. Es kann aber auch als Teil eines sogenannten Monteursets verwendet werden.

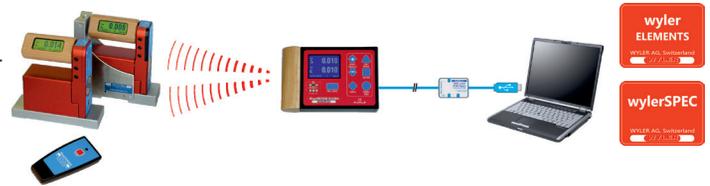
Das Set, auch MONTEURSET genannt, besteht im Normalfall aus einem oder zwei BlueLEVEL und einem BlueMETER und ist das ideale Messsystem für die Vermessung von Ebenheiten, sowie von Maschinen und anderen Anlagen unter werkstattüblichen Bedingungen. Das MONTEURSET ist universell einsetzbar für Justierarbeiten und Rotationsanalysen.



Ein Monteurset bestehend aus zwei BlueLEVEL und einem BlueMETER SIGMA

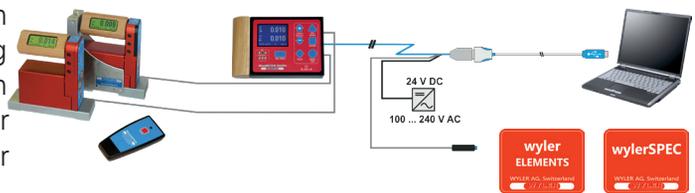
Das MONTEURSET ist auf die Bedürfnisse von Spezialisten abgestimmt, welche sich mit der Geometrie von Maschinenbau-Komponenten beschäftigen. Ein MONTEURSET bietet eine enorme Einsatzerweiterung durch die verfügbare Differenz-, bzw. Referenzmessung.

Das nebenstehende Bild zeigt ein Monteurset, welches mit drahtloser Kommunikation zwischen den Messgeräten und dem BlueMETER ausgerüstet ist. Das BlueMETER dient gleichzeitig als Schnittstelle zum PC/Laptop.



Set mit BlueLEVEL und BlueMETER SIGMA mit Datenübertragung per Funk

Das untere Bild zeigt ein Monteurset mit kabelgebundener Kommunikation zwischen den Messgeräten und dem BlueMETER.



Set mit BlueLEVEL und BlueMETER SIGMA verbunden über Kabel

Bei jedem Set, das mit Funk ausgerüstet ist, kann die Kommunikation auch über Kabelverbindung erfolgen. Dies kann dann von Vorteil sein, wenn sich der Benutzer in einer Umgebung befindet, in der der Einsatz von Funksystemen nicht möglich oder verboten ist.

Anmerkung zum Funkbetrieb:

Warum muss ein BlueMETER als Schnittstelle zum PC/Laptop eingesetzt werden, obwohl heute jeder PC/Laptop über Bluetooth verfügt?

Begründung für den Einsatz eines Interfaces:

- Es gibt verschiedene Leistungsklassen von Bluetooth, die sich direkt auf die Übertragungsdistanz auswirken. Die von WYLER verwendete Klasse garantiert eine Übertragung von bis zu 100 Metern.
- Mit dem Bluetooth-Modul eines PC/Laptop kann immer nur ein Gerät angesteuert werden. Wir benötigen ein Modul mit Multipoint-Fähigkeiten.
- Das Einrichten der Bluetooth-Software auf einem PC/Laptop ist sehr aufwändig.
- Das BlueMETER kann beim Einsatz ohne Software auch als reines Anzeigergerät verwendet werden. Das ist dann von grossem Vorteil, wenn die Messstelle nicht zugänglich ist.

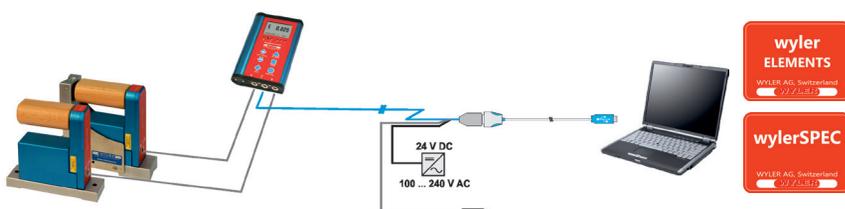
6.2.2.2 DAS BLUESYSTEM BASIC MIT BLUEMETER BASIC

Das BlueSYSTEM BASIC ist Teil der neuen BlueSYSTEM-Familie, der neuesten Generation von elektronischen Neigungsmessgeräten und -systemen. Das BlueLEVEL BASIC differenziert sich wie folgt vom BlueLEVEL:

Das BlueLEVEL hat eine integrierte Anzeige in jedem Instrument, womit die Messgeräte auch einzeln verwendet werden können. Dagegen benötigt das BlueLEVEL BASIC immer ein BlueMETER BASIC zur Anzeige der Messwerte. Zudem ist der Messbereich des BlueLEVEL doppelt so gross wie jener des BlueLEVEL BASIC.



Ein Monteurset BlueSYSTEM BASIC, bestehend aus zwei BlueLEVEL BASIC und einem BlueMETER BASIC



Set mit BlueLEVEL BASIC und BlueMETER BASIC mit Datenübertragung per Kabel

Die Handmessgeräte der BlueSYSTEM-Reihe sind in den unterschiedlichsten Konfigurationen erhältlich. Die nachfolgenden Bilder zeigen eine kleine Auswahl der verschiedenen Versionen.



BlueLEVEL mit flacher Messbasis



BlueLEVEL mit Winkelbasis mit flachen und prismatischen Auflagen



BlueLEVEL mit flacher Messbasis und Handgriff aus Aluminium für die Anwendung in Clean-Räumen



BlueLEVEL mit flexibler Messbasis für Schrittweiten von 90 bis 240 mm



BlueLEVEL mit prismatischer Messbasis für das Vermessen grosser Wellen

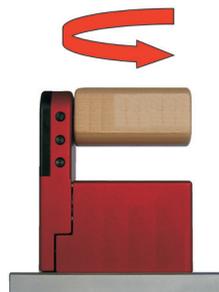


BlueLEVEL mit Winkelbasis mit flachen und prismatischen Auflagen und einem Handgriff vom nivelSWISS



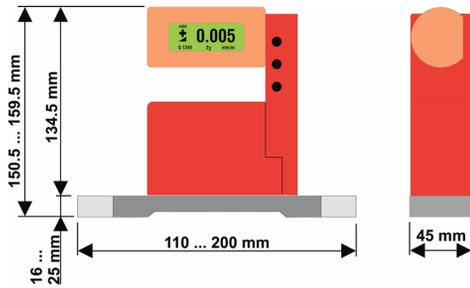
BlueMETER SIGMA

Eine Besonderheit des BlueLEVELs ist die **Spiegelung der Anzeige** auf dem Display. Diese kann je nach Position des Messgerätes beliebig gedreht werden, um dem Betrachter das Ablesen bequemer zu gestalten. Gilt nicht für BlueSYSTEM BASIC, da diese Geräte über kein Display verfügen.

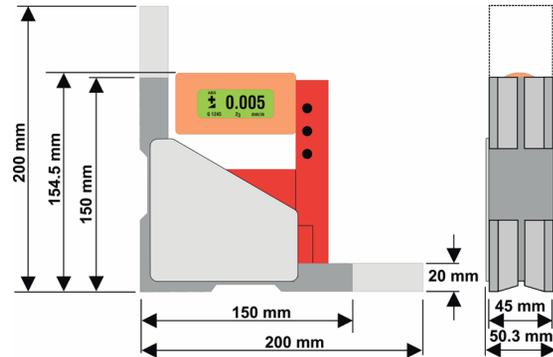


Die Messung kann über einen sogenannten Infrarot-Zapper berührungslos am Messgerät oder am BlueMETER ausgelöst werden. Gilt auch für BlueSYSTEM BASIC.

Selbstverständlich variieren bei den Messbasen zusätzlich noch das verwendete Material (Grauguss verchromt, gehärteter Stahl verchromt und Aluminium altefiert) sowie die Abmessungen, d.h. Höhe und Länge der Messbasen.

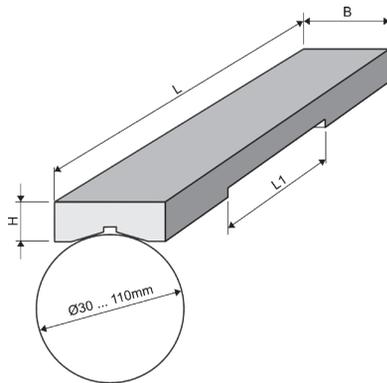


BlueLEVEL mit horizontaler Messbasis



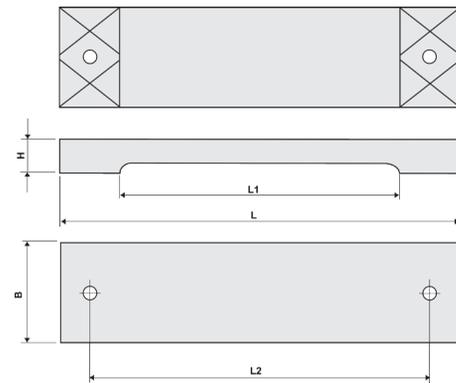
BlueLEVEL mit Winkelbasis (nur in Grauguss)

Massbilder der verschiedenen Ausführungen von Messbasen für BlueLEVEL and BlueLEVEL BASIC



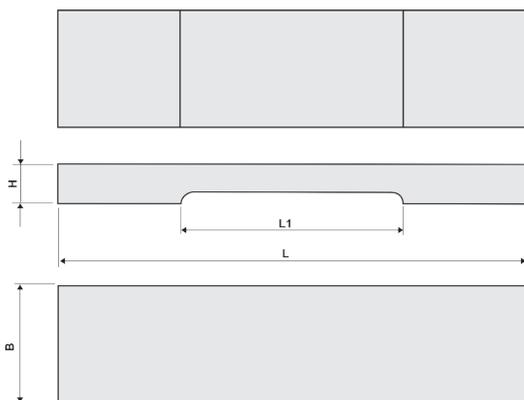
in [mm]

L	B	L1	H	Gewicht	
				Grauguss	Aluminium
110	45	40	15	0.436 kg	0.150 kg
150	45	50	19	0.790 kg	0.260 kg
200	45	80	24	1.300 kg	0.430 kg



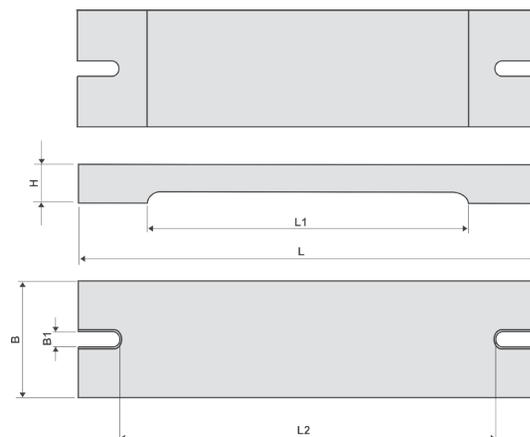
in [mm]

L	L1	L2	B	H	Gewicht	
					Stahl gehärtet	Aluminium
110	68	---	45	16	0.575 kg	0.192 kg
150	100	130	45	16	0.776 kg	0.258 kg
200	140	170	45	20	1.350 kg	0.450 kg



in [mm]

L	L1	B	H	Gewicht	
				Grauguss	Aluminium
110	40	45	16	0.600 kg	0.200 kg
150	50	45	20	0.760 kg	0.251 kg
200	80	45	24	1.250 kg	0.413 kg

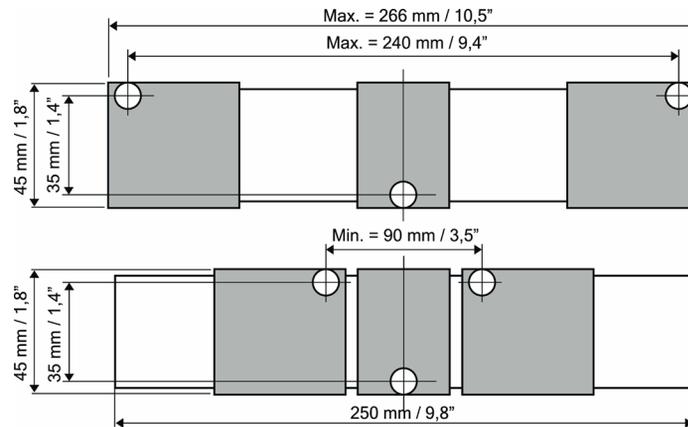


in [mm]

L	L1	L2	B	B1	H	Gewicht	
						Grauguss	Aluminium
150	100	113	45	7	16	0.760 kg	0.253 kg
200	140	162	45	7	20	1.250 kg	0.417 kg



Inch - scale/Massstab



mm - scale/Massstab

TECHNISCHE DATEN FLEXBASIS

Abmessungen

Basislänge /-breite	9.8" x 1.8"	250 mm x 45 mm
Schrittlänge verstellbar / Standard	3.5" ... 9.4"	90 mm ... 240 mm
Erweiterter Bereich / Schrittlängen	2.75" ... 10.6"	70 mm ... 270 mm
Abmessungen der 3-Punkt Hartmetall-Auflagen	Durchmesser = ~ 3/8 inch Abstand quer = 1.4 inch	Durchmesser = 10 mm Abstand quer = 35 mm

TECHNISCHE DATEN DER FUNKSYSTEME BLUESYSTEM (FALLS VORHANDEN)

SENDER / EMPFÄNGER	Frequency	ISM-Band / 2,4000 - 2,4835 GHz
	Modulation	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
	Used Net-structure	Point to point / Point to multi-point
	RF Output power	max. +17 dBm / Class 1
	Sensitive level Receiver	-80 dBm

BlueSYSTEM mit Bluetooth® wireless technology

TECHNISCHE DATEN BLUESYSTEM

Empfindlichkeit	1 $\mu\text{m/m}$ 0.2 Arcsec	5 $\mu\text{m/m}$ 1 Arcsec
Anzeigebereich	± 20 mm/m	± 100 mm/m
Fehlergrenze <0.5 Full-scale (DIN 2276)	max. 1% des aktuellen Messwertes + mind. 1 Digit	
Fehlergrenze >0.5 Full-scale (DIN 2276)	max. 1% von (2 x aktueller Messwert - 0.5 x Messbereichsendwert)	
Messzeit, Anzeige verfügbar	innerhalb von 3 Sekunden	
Digitalausgang	RS232 / RS485, asynchron, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps	

TECHNISCHE DATEN BLUESYSTEM BASIC

Empfindlichkeit	1 $\mu\text{m/m}$ 0.2 Arcsec	5 $\mu\text{m/m}$ 1 Arcsec
Anzeigebereich	± 10 mm/m	± 50 mm/m
Fehlergrenze <0.5 Full-scale (DIN 2276)	max. 1% des aktuellen Messwertes + mind. 1 Digit	
Fehlergrenze >0.5 Full-scale (DIN 2276)	max. 1% von (2 x aktueller Messwert - 0.5 x Messbereichsendwert)	
Alle übrigen Spezifikationen sind identisch mit dem BlueSYSTEM		

Die wichtigsten Features der **Gerätreihe BlueSYSTEM** sind:

- ein **kompaktes, ansprechendes Design**, welches funktionell für die Präzisionsmessung optimiert wurde.
- **Drahtlose Datenübertragung** gemäss dem international anerkannten **Bluetooth®Standard**.
- **Grosse, sehr gut lesbare LCD-Anzeige**, welche von beiden Seiten her abgelesen werden kann, da der Handgriff drehbar ist.
- Jedes Gerät hat eine **eigene eindeutige Geräteadresse**, welche im Display angezeigt wird. Dadurch ist der Betrieb von mehreren Systemen im gleichen Raum möglich ohne sich gegenseitig zu stören.
- Da jedes Gerät einen IR-Empfänger (Infrarot-Empfänger) bereits eingebaut hat, **kann die Messung an jedem beliebigen Gerät ausgelöst werden**. Die IR-Funktion verfügt über einen **individuellen Code** für jedes System.
- Zur Auswahl stehen **2 Empfindlichkeiten**:
 - BlueLEVEL **0.001 mm/m**: Messbereich von ± 20 mm/m
 - BlueLEVEL **0.005 mm/m**: Messbereich von ± 100 mm/m
- Alle Geräte mit **RS232/RS485-Schnittstelle**.
- Betrieb mit **handelsüblichen 1.5 V - Batterien**, Typ „C“
- **CE-kompatibel**



BlueSYSTEM, bestehend aus BlueLEVEL, BlueMETER SIGMA und IR-Zapper



BlueSYSTEM BASIC, bestehend aus BlueLEVEL BASIC, BlueMETER BASIC und IR-Zapper

Die wichtigsten Features der **Gerätreihe BlueSYSTEM BASIC** sind wie beim BlueSYSTEM, mit **folgenden Abweichungen**:

- Keine Anzeige im Handgriff
- Zur Auswahl stehen 2 Empfindlichkeiten:
 - BlueLEVEL **0.001 mm/m**: Messbereich von ± 10 mm/m
 - BlueLEVEL **0.005 mm/m**: Messbereich von ± 50 mm/m

Standard-Inhalt eines MONTEURSETS BlueSYSTEM oder BlueSYSTEM BASIC:

- 1 BlueLEVEL oder BlueLEVEL BASIC "Horizontalmodell"
BlueLEVEL oder BlueLEVEL BASIC mit horizontaler Messbasis aus gehärtetem Stahl, 150 mm lang, flache Ausführung, mit Staubnuten versehen. Empfindlichkeit: **0.001 mm/m**
- 1 BlueLEVEL oder BlueLEVEL BASIC "Winkelmodell"
BlueLEVEL oder BlueLEVEL BASIC mit Winkelbasis aus Grauguss, handgeschabte Messflächen, prismatische Bauform, Schenkellänge 150 mm, geeignet für Messungen an vertikalen und an horizontalen Flächen und Wellen, Empfindlichkeit: **0.001 mm/m**
- 1 BlueMETER/BlueMETER SIGMA oder BlueMETER BASIC
- Komplettes System für die Messauslösung per Infrarot (bei BlueSYSTEM BASIC optional)
- 2 Messkabel je 2.5 m lang

6.2.2.3 Zweiachsiges Hand-NEIGUNGSMESSGERÄT BLUELEVEL-2D MIT DIGITALER MESSAUSWERTUNG

Bei der Justierung und Vermessung von Werkzeugmaschinen müssen sehr oft **2 Achsen gleichzeitig** gemessen werden. Das neue, hochpräzise, zweiachsige Neigungsmessgerät BlueLEVEL-2D eignet sich hier perfekt: Das Instrument beinhaltet auf kleinstem Raum je einen Neigungssensor in X- und einen in Y-Richtung, kombiniert mit einer graphischen und farbigen 2D-Anzeige. Dank seiner Präzision und Kompaktheit eignet sich das BlueLEVEL-2D ideal für das Ausrichten von Maschinen und Maschinenteilen. Es kann sowohl als eigenständiges Messgerät als auch in Kombination mit einer WYLER Auswertesoftware verwendet werden.



Das BlueLEVEL-2D zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Robustes Gehäuse aus Leichtmetall (Aluminium)
- Hochpräzise Auflageflächen mit drei Hartmetalleinsätze Ø 20 mm mit je einem Gewinde M4
- Grosse und sehr gut lesbare, farbige Digitalanzeige
- Es stehen verschiedene Anzeige-Methoden zur Verfügung
- Alle gängigen Masseinheiten können angezeigt werden
- Das Instrument ist kompatibel mit der gesamten Reihe digitaler Sensoren der WYLER AG
- Betrieb mit handelsüblichen 1.5 V Batterien, Akkus, oder mit Stecker-Netzgerät
- Einfache Nullpunkteinstellung mittels integrierter Software und Umschlagsmessung
- Erfüllt die strengen CE-/FCC Normen (Immunität / Emission elektromagnetische Einflüsse)
- Optionen:
 - Externe Stromversorgung 24 V
 - Funkbetrieb, basierend auf der Bluetooth-Technologie
 - Kabel, um das Instrument an einen PC anzuschliessen
 - Software zur Erfassung der Messdaten
 - Verschiedene Messbasen zum Aufschrauben sind auf Wunsch möglich: z.B. prismatisch



Graphische 2D-Anzeige

Die 2D-Anzeige erlaubt es, die Lage eines Objektes im Raum, respektive dessen Lageänderung, graphisch und damit einfach verständlich darzustellen. Somit wird die Ausrichtung z.B.

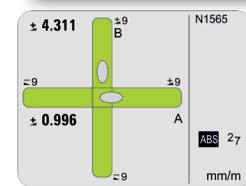
- einer Maschine
- einer Messplatte usw.

wesentlich vereinfacht.

Am BlueLEVEL-2D können Parameter wie

- Masseinheiten
- Messbereichsanzeige
- Anzeigeart im Display
- Filter-Einstellung

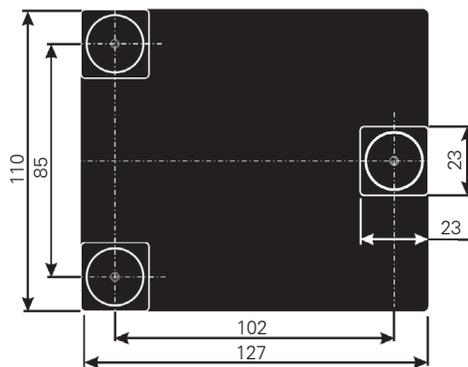
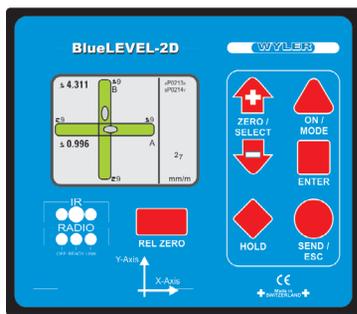
eingestellt und geändert werden.



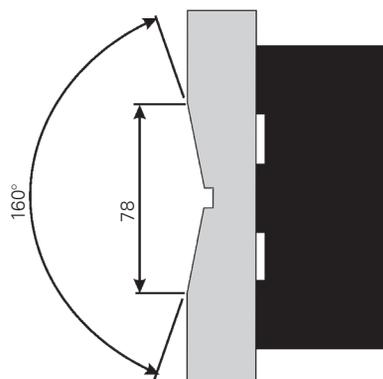
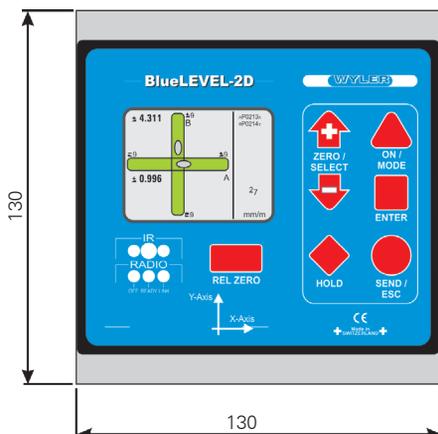
Über eine RS232-Schnittstelle ist es möglich, die Messwerte an einen PC/LAPTOP oder ein anderes Ausgabegerät sowie an die WYLER-Messprogramme wylerSPEC, wylerELEMENTS, wylerPROFESSIONAL, wylerCHART, wylerINSERT und wylerDYNAM weiterzuleiten.

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN BEIDE AXSEN	BlueLEVEL-2D	
Ziffernschrittwert (Empfindlichkeit)	0.001 mm/m 0.2 arcsec	0.005 mm/m 1 arcsec
Messbereich	±20 mm/m	
Fehlergrenze (DIN 2276/2)	$M_W < 0.5 M_E$ max. 1% M_W / min. 1 digit	
M_E = Messbereichsendwert M_W = Messwert	$M_W > 0.5 M_E$ max. 0.01 (2 M_W - 0.5 M_E)	
Temperaturkoeffizient / °C (Ø 10 °C) (DIN 2276/2)	$M_W \leq 0.1 M_E$ max. 0.002 mm/m max. 0.01 mm/m	
M_E = Messbereichsendwert	$M_W > 0.1 M_E$ max. 0.02 mm/m max. 0.1 mm/m	
Twistfehler der Sensoren X <-> Y	max. 0.010 mm/m max. 0.050 mm/m	
Einstelldauer (DIN 2276/2)	< 5 sec	
Digitalausgang	RS232 / RS485, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps	
Batterien - Grösse C Alternative (wiederaufladbar)	2 x 1.5 V Alkaline, 2 x 1.2 V NiMH	
Externe Stromversorgung	+ 5 V DC (USB) 24 V DC	
Betriebstemperatur	0 ... + 40 °C	
Funkübertragung (Bluetooth®) Frequenz	ISM Band / 2,4000 ... 2,4835 GHz	
CE-Konformität: Erfüllt die Standards für Emission und Störfestigkeit		

ABMESSUNGEN DES BLUELEVEL-2D



3 Hartmetalleinsätze Ø 20 mm
mit je 1 Gewinde M4



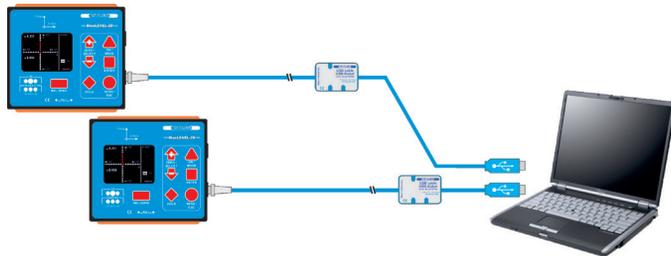
Prismatische Basis aus Grauguss für
Wellen von Ø 80 ... 370 mm

Prismatische Basis aus Aluminium
harteloxiert für Wellen von Ø 80 ... 370 mm

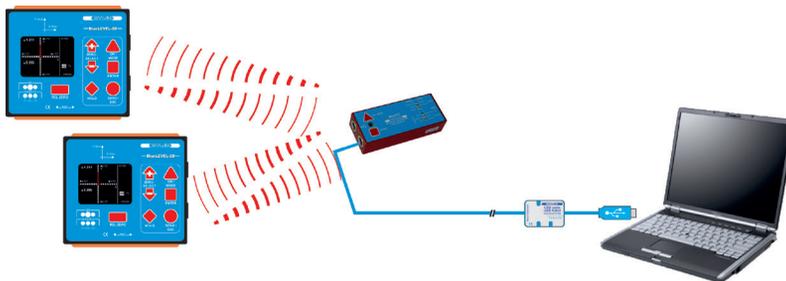
KONFIGURATIONSMÖGLICHKEITEN MIT DEM BLUELEVEL-2D (BEISPIELE)



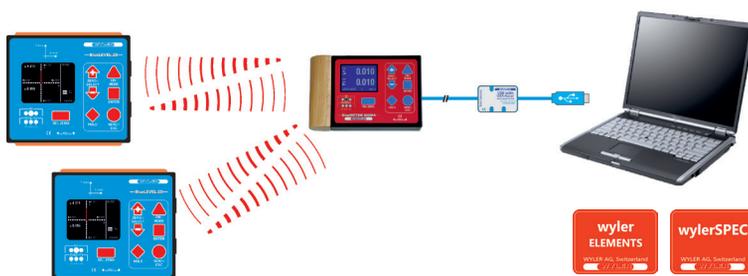
Das BlueLEVEL-2D kann mittels einem BlueMETER SIGMA ausgelesen werden.



Zwei BlueLEVEL-2D über USB-Kabel mit einem Laptop verbunden. Dies erlaubt eine simultane Differentialmessung in 2 Richtungen. Gleichzeitig werden die Instrumente ab den USB-Ports mit Spannung versorgt.



Zwei BlueLEVEL-2D über Bluetooth verbunden mit einem BlueTC und einem Laptop.



Zwei BlueLEVEL-2D über Bluetooth verbunden mit einem BlueMETER SIGMA und einem Laptop. Das BlueMETER SIGMA wird ab dem USB-Port mit Spannung versorgt.



Ein BlueLEVEL-2D und zwei BlueLEVEL über Bluetooth mit einem BlueMETER SIGMA und einem Laptop verbunden. Das BlueMETER SIGMA wird ab dem USB-Port mit Spannung versorgt.





Die App liest die Daten von **EINEM** BlueLEVEL-2D, wenn Sie einen Wert aus der Distanz ablesen müssen, und Sie keine direkte Ablesemöglichkeit vom Display haben, wie z.B.

- beim Ausrichten von grösseren Maschinenteilen, Maschinen und Objekten
- Analyse von Nick- und Rollbewegungen

Link: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wylerag.application.blueLevel2D>



Darstellungsarten

- Zahlen für die X- und Y-Achse
- Libellen oder Nadeln (Skalierung zoombar) für die X- und Y-Achse
- Dosenlibelle (Skalierung zoombar) mit Polarkoordinatendarstellung
- LED Kreuz (Skalierung zoombar) für die X- und Y-Achse

mm/m
° / ' / ''
"/10"
"/12"

Einheiten

Funktionen

- REL NULL SETZEN DER ACHSWERTE
- REAKTIVIEREN DES IM GERÄT GESPEICHERTEN ABS OFFSET KORREKTURWERTES

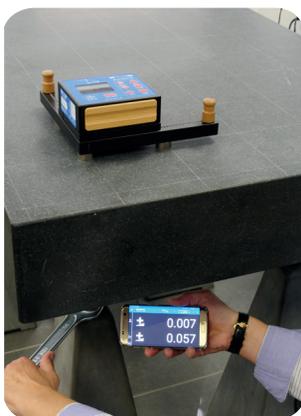


Anforderungen

- Android Geräte mit Android 3.0 oder höher
- BlueLEVEL-2D mit integriertem Bluetooth
- Das BlueLEVEL-2D App ist kostenfrei

Outdoor Smartphone

- mit vorinstallierter BlueLEVEL-2D-APP
- Art. Nr. 016-006-001



6.3 MESSSOFTWARE

6.3.1 MESSSOFTWARE WYLERSPEC

Die Software **wylerSPEC** zeichnet sich aus durch:

- intuitive Bedienung
- einfache Interpretation der Resultate
- Anpassung an Ihre Messaufgaben
- modularer Aufbau
- effizient – dank gleichzeitiger Messung mehrerer Freiheitsgrade kann Zeit gespart werden
- Integration von Laser-Interferometern und Autokollimatoren

Effiziente Vermessung von Werkzeugmaschinen:

- für steigende Qualitätsanforderungen
- für hochpräzise Maschinen

WYLER AG liefert seit über 30 Jahren Software, um genau diese Aufgabe einfach, rasch und präzise lösen zu können.



Die Software **wylerSPEC** löst unsere Softwarepakete LEVELSOFT PRO und MT-SOFT ab. Dank intuitiver Bedienung und aussagekräftiger Darstellung der Ergebnisse ist es noch einfacher die Maschine exakt aufzustellen, zu justieren und zu vermessen.

Die Integration von **Laser-Interferometern** und **Autokollimatoren** ermöglicht es, alle gewünschten Parameter einer Maschine mit einer einzigen Software zu erfassen.



**wylerSPEC – die ideale Software,
um eine Werkzeugmaschine zu beurteilen**

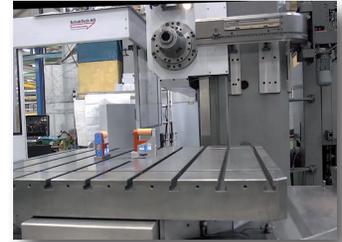
Maschinenbetten
Führungsbahnen



Spindel
Rotierende Axen



Rollen, Nicken
und Gieren

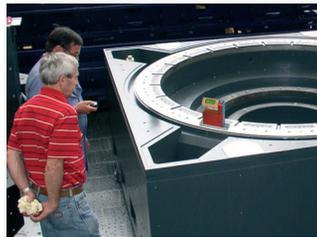


wylerSPEC

Geradheit
Parallelität
Ebenheit



Kreisförmige Auflagen



Koplanarität
Gesamtebenheit
von Flächen



Universell:

wylerSPEC erlaubt es, Messwerte nicht nur von WYLER Neigungsmessgeräten einzulesen, sondern auch mittels Laser-Interferometern und Autokollimatoren.



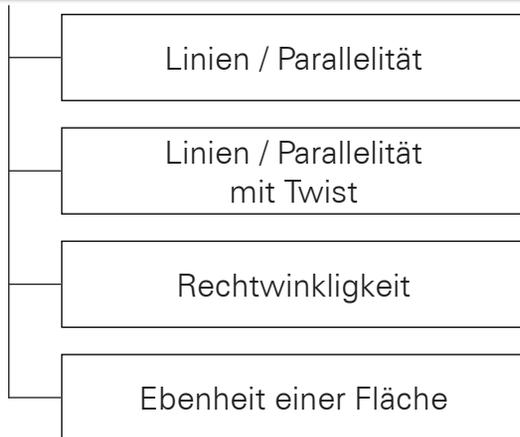
Fingerprint:

wylerSPEC eignet sich hervorragend, um regelmässig einen Fingerprint Ihrer Maschinen zu erstellen. Etwaige Fehler werden rechtzeitig gefunden und eliminiert.



wylerSPEC

Module wylerELEMENTS



Grau hinterlegte Funktionen sind per Ausgabedatum dieses Handbuches noch nicht verfügbar.

Module wylerPROFESSIONAL



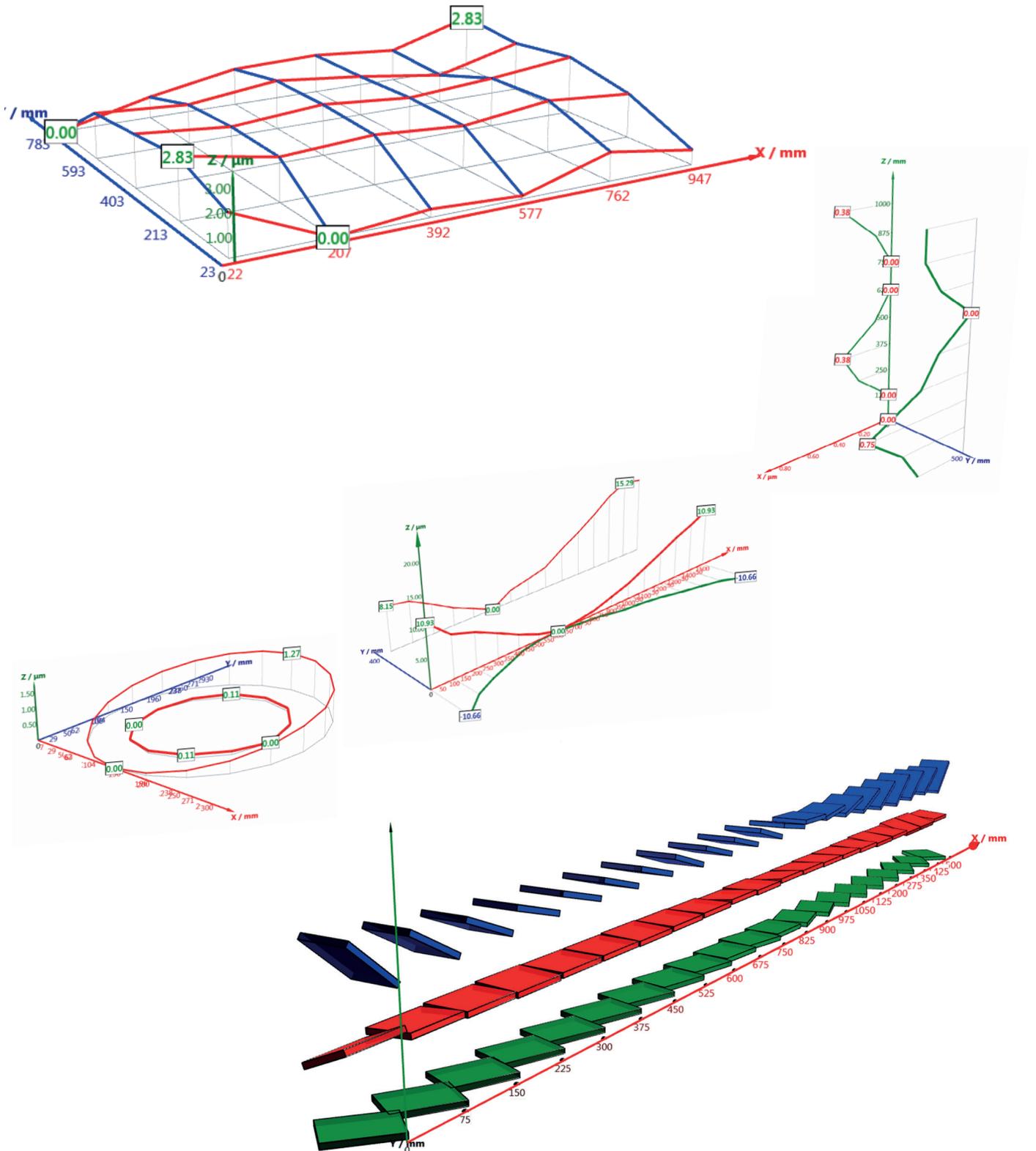
wylerSPEC passt sich den Bedürfnissen des Benutzers an: Man wählt jene Module aus, welche es braucht, um die Messaufgaben durchzuführen. Die einzelnen Module sind in **anwendungsoptimierten Paketen** zusammengefasst.

Klare und selbsterklärende Messergebnisse

Bewertungs-Parameter können nach der Messung verändert werden:

- Wahl der Referenz
- Wahl der Ausrichtmethoden Absolut, Endpunkt, Regression und ISO 1101

Freies Drehen der Darstellung im Raum

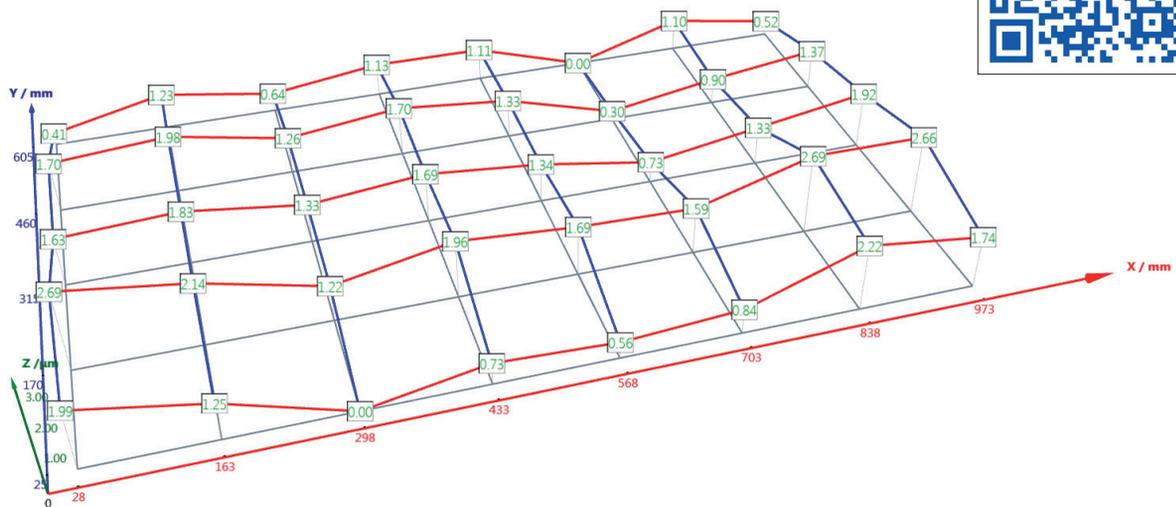


**Ebenheitsmessung mit BlueLEVEL-2D und wylersPEC –
bis zu 50% Einsparung**



Die Software wylersPEC erlaubt es, die volle Funktionalität des BlueLEVEL-2D auszunutzen: Die Messwerte in X- und Y-Richtung werden gleichzeitig ausgelesen.

Damit ist es möglich den Zeitaufwand für die Vermessung einer Kontroll- und Messplatte um bis zu 50% zu verkürzen.



Das perfekte Duo für die Ebenheitsmessung:
Das zweiachsige Neigungsmessgerät BlueLEVEL-2D und die Messbasis **varioBASE-2D** zur gleichzeitigen Messung der Längs- und Querachse im Grid.

6.3.2 Module wylerELEMENTS

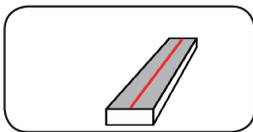
Geometrie

WYLERSPEC

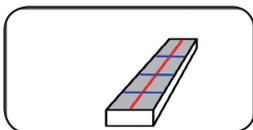
Das Basispaket wylerELEMENTS umfasst die Messung und Dokumentation geometrischer Figuren, welche standardmässig mit unserem BlueSYSTEM SIGMA gemessen werden.



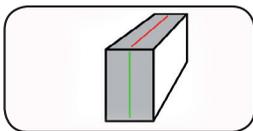
MODULE 1 - LINIE



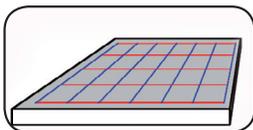
MODULE 2 - LINIE MIT TWIST



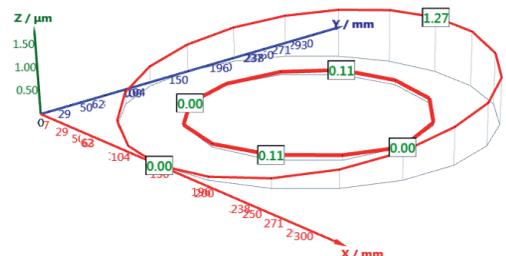
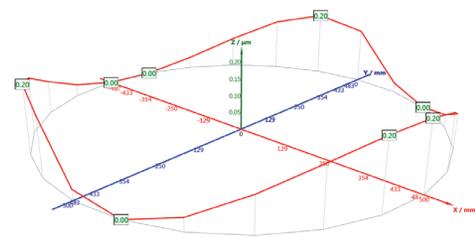
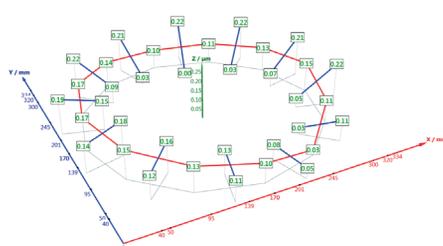
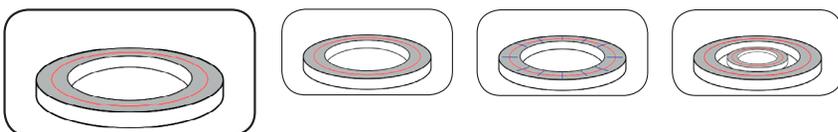
MODULE 3 - RECHTWINKLIGKEIT



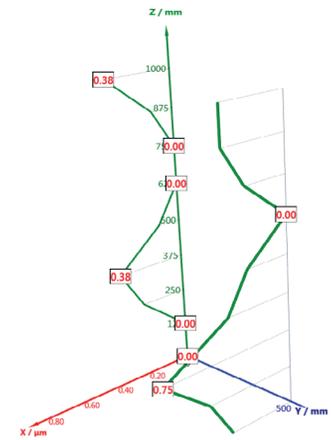
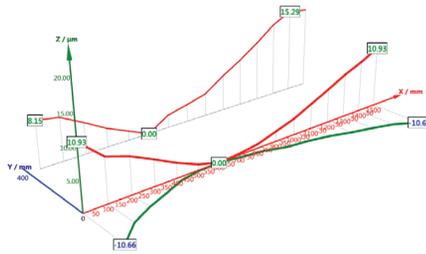
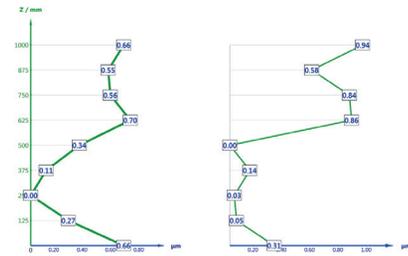
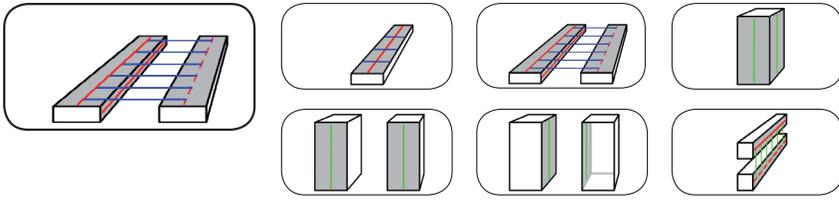
MODULE 4 - EBENHEIT



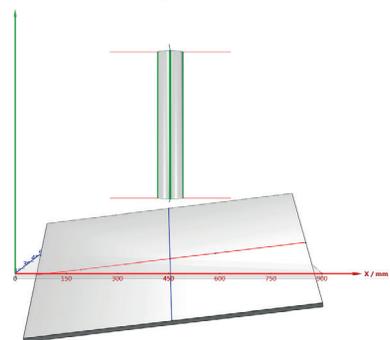
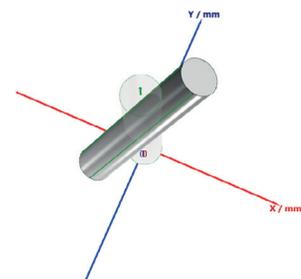
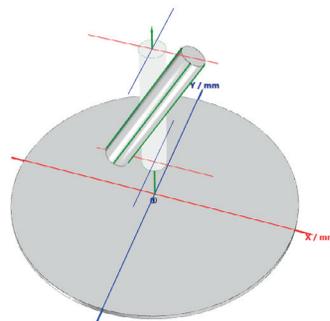
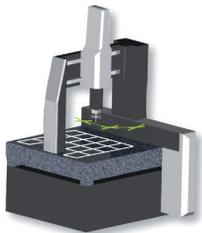
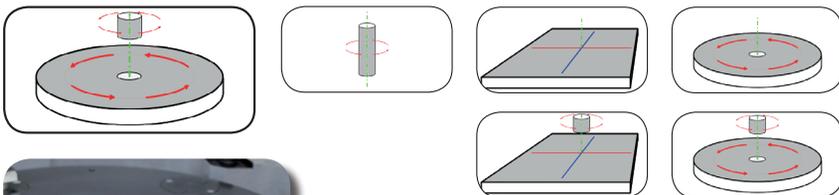
MODULE 5 - KREISE



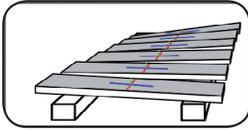
MODULE 6 - FÜHRUNGSBAHNEN



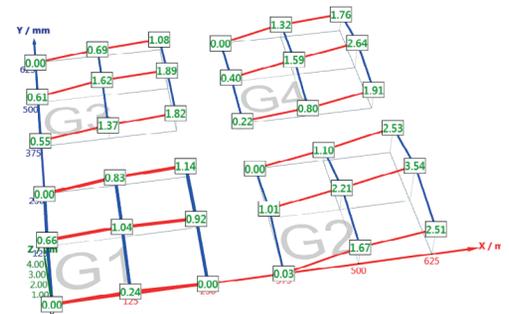
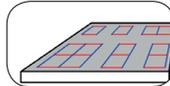
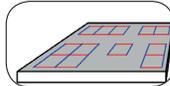
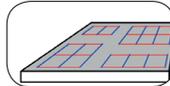
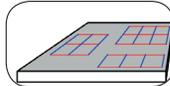
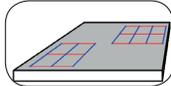
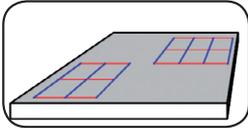
MODULE 7 - SPINDEL



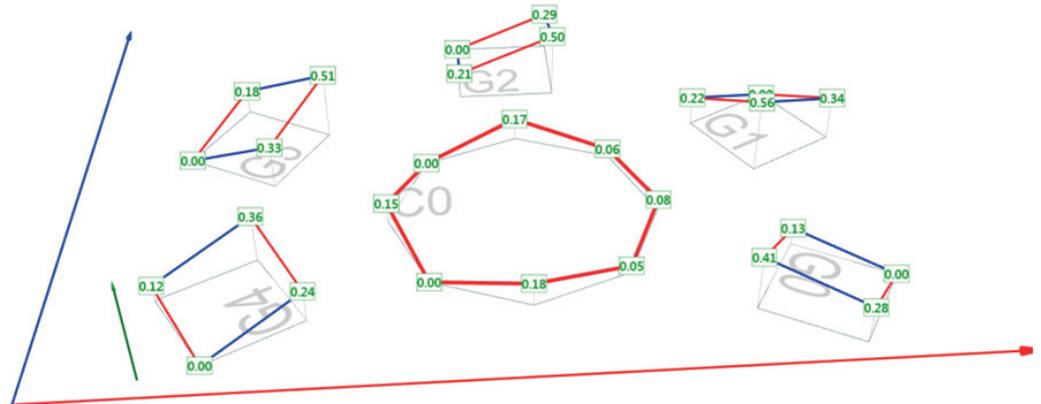
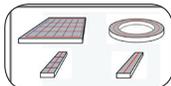
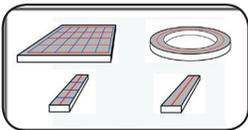
MODULE 8 - ROTATION



MODULE 9 - KOPLANARITÄT VON FLÄCHEN



MODULE 10 – EIGENE MESSFIGUREN

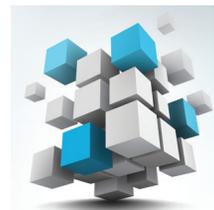


MODULE 11 – TRENDANALYSE

Zwei Messungen können übereinander gelegt werden um diese zu vergleichen

Analyse einer Reihe von Messungen:

Auch um eine Trendanalyse zu erstellen, können die Ergebnisse von einer Reihe von Messungen übereinandergelegt verglichen werden, um eventuelle Formänderungen über die Zeit an einem Maschinenteil erkennen zu können



	Licence	P/N Art. Nr.	Module Modul												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
wylerSPEC	Erst-Lizenz	024-SPEC													
wylerSPEC L2	Zweit-Lizenz	024-SPEC-L2												TREND	
wylerSPEC Up (any MT-SOFT)	Software Upgrade	024-SPEC-UP													
wylerSPEC Up-F (wylerPROFESSIONAL)	Function upgrade	024-SPEC-UP-F												TREND	

Lieferumfang:

Software zum Download von unserer Homepage www.wylerag.com

USB-Dongle als Lizenz-Schlüssel (für neue Lizenzen, wo nötig)

System-Anforderungen:

Microsoft Windows WIN 7 / WIN 8 / WIN 10

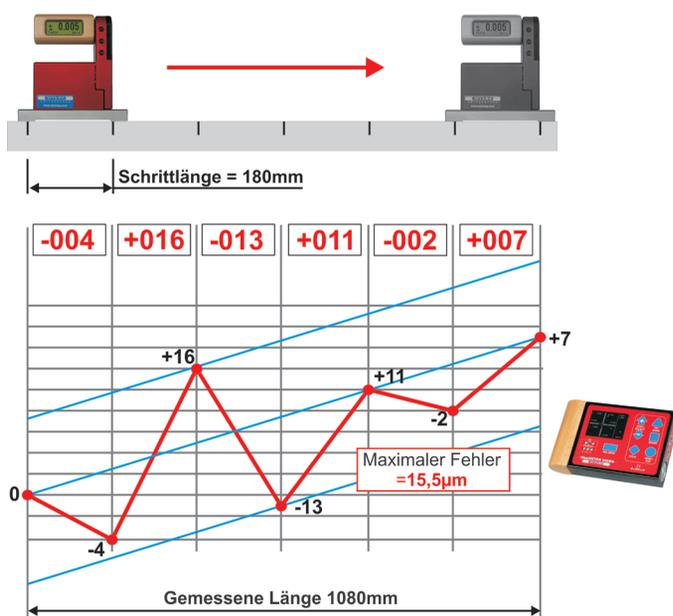
Optimiert für eine Auflösung von 1920 x 1080 Pixel

6.4 WORAUF IST BEI EINER MESSUNG ZU ACHTEN?

- Temperatur-Einflüsse:
Ein **Temperatur-Unterschied von 1 °C** zwischen Ober- und Unterseite einer Messplatte aus Hartgestein führt bereits zu einer **Durchbiegung von ca. 6 bis 7 µm** auf eine Plattenlänge von 1000 mm.
- Wahl der Messbasis:
Für die Vermessung einer Oberfläche:
Optimale Messbasis: Gehärtete Stahlbasis mit Staubnuten

Länge der Messbasis	Optimaler Messschritt	Empfohlener Messschritt
110 mm	90 mm	85 ... 105 mm
150 mm	126 mm	120 ... 145 mm
200 mm	170 mm	160 ... 190 mm
SPEZIAL BASIS (Flexible Messbasis)		

6.4.1 ANHAND EINER LINIENMESSUNG VON HAND WERDEN DIE BEGRIFFE ETWAS NÄHER ERLÄUTERT



$$\text{Maximaler Fehler (Geradheit)} = \frac{15.5 \mu\text{m} \times 180 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} = 2.79 \mu\text{m}$$

An einem Messbalken mit einer Länge von 1080 mm soll die Geradheit ermittelt werden. Das Messgerät BlueLEVEL hat eine Basislänge von 200 mm. Gemäss obiger Auflistung wird eine Schrittlänge von 180 mm gewählt. Die gewählte Schrittlänge wird am Messbalken mit einem feinen Strich angezeichnet.

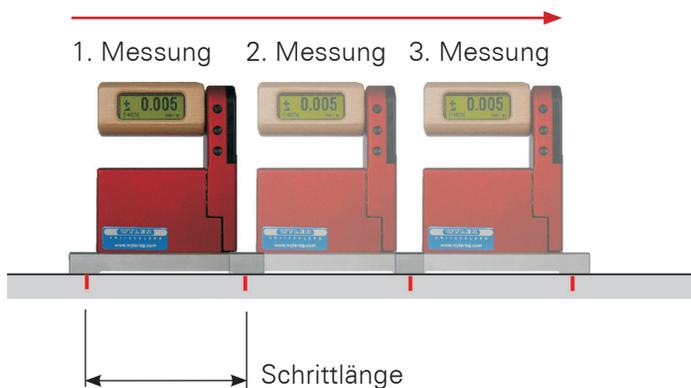
Bei der Messung ist nun wichtig, dass

- die Temperaturen des Messobjektes und des Messgerätes identisch sind
- die einzelnen Messungen immer **überlappen**, d.h. der Beginn einer Messung erfolgt immer am Endpunkt der vorangegangenen Messung
- das Messgerät in Richtung des Kabelanschlusses des Messgerätes geführt wird
- man nach dem Verschieben des Messgerätes etwa 5-8 Sekunden wartet, damit sich das Messgerät „einpendeln“ kann

Die so ermittelten Messwerte werden in eine entsprechende Grafik eingezeichnet, die einzelnen Messpunkte miteinander verbunden und zwischen dem Startpunkt (0) und dem letzten Messpunkt (+7) zeichnen wir eine Gerade ein. Zu dieser Verbindungsline wird durch die von der Linie am weitesten entfernten Messpunkte je eine Parallele eingezeichnet. Der vertikale Abstand zwischen diesen Parallelen entspricht der Geradheit der gemessenen Linie. In unserem Beispiel sind dies vermeintlich 15.5 µm. Warum vermeintlich?

Der Einfachheit halber haben wir die Messwerte des Messgerätes, das eine Einheit von x µm/m anzeigt, in die Grafik übernommen. Eigentlich hätten wir jeden Messpunkt auf die Schrittlänge von 180 mm reduzieren müssen. Wir holen dies nun nach, indem wir das Zwischenresultat von 15.5 µm auf 180 mm umrechnen und erhalten demnach eine **effektive Geradheit von 2.79 µm**. Bei der Vermessung der Geradheit mit der Software ist dies kein Thema, da die Messwerte direkt auf die Schrittlänge umgerechnet werden.

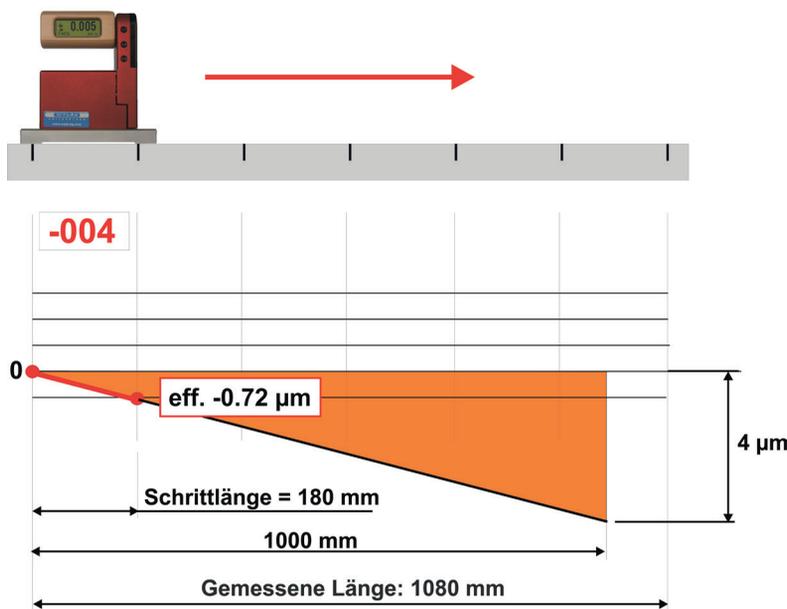
6.4.2 ANMERKUNGEN ZUR SCHRITTLÄNGE UND ÜBERLAPPUNG DER MESSUNGEN



Die einzelnen Messungen müssen **immer überlappend** sein, d.h. der Ausgangspunkt der neuen Messung entspricht genau dem Endpunkt der vorangegangenen Messung.

Die Messung erfolgt immer in Richtung des Kabelanschlusses am Messgerät!

ANMERKUNGEN ZUR ANZEIGE AM MESSGERÄT UND DEM EFFEKTIVEN MESSWERT



Das Messgerät zeigt bei der ersten Messung am Display (siehe Abbildung links) $-4 \mu\text{m/m}$ an. Dies entspricht einer Höhendifferenz von $-4 \mu\text{m}$ bezogen auf eine Basislänge von 1000 mm .

Bezogen auf die Schrittlänge von 180 mm beträgt die Höhendifferenz entsprechend nur $-0.72 \mu\text{m}$.

Bei der Messung mit einer Software wird der am Messgerät angezeigte Wert direkt auf die Schrittlänge umgerechnet und auch angezeigt.

MÖGLICHE URSACHEN VON MESSFEHLERN SIND:

- Temperaturdifferenz zwischen Messbasis und Messobjekt
- Lageänderung des Messobjektes während der Messung resp. Vibrationen
- unsorgfältige Messung
- verschmutzte Messflächen
- Anzeige am Messinstrument nicht stabilisiert vor Betätigung der Fernauslösung
- keine resp. ungenügende Überlappung beim Messen
- unpräzise Positionierung auf dem Messraster
- verzogene bzw. abgenutzte Messbasis
- „kurzweilige“ buckelartige Oberflächenfehler, welche durch die Messbasis nicht richtig erfasst werden können, resp. keine eindeutige Auflage ermöglichen (Wackeln der Messbasis → schlechte Repetition)

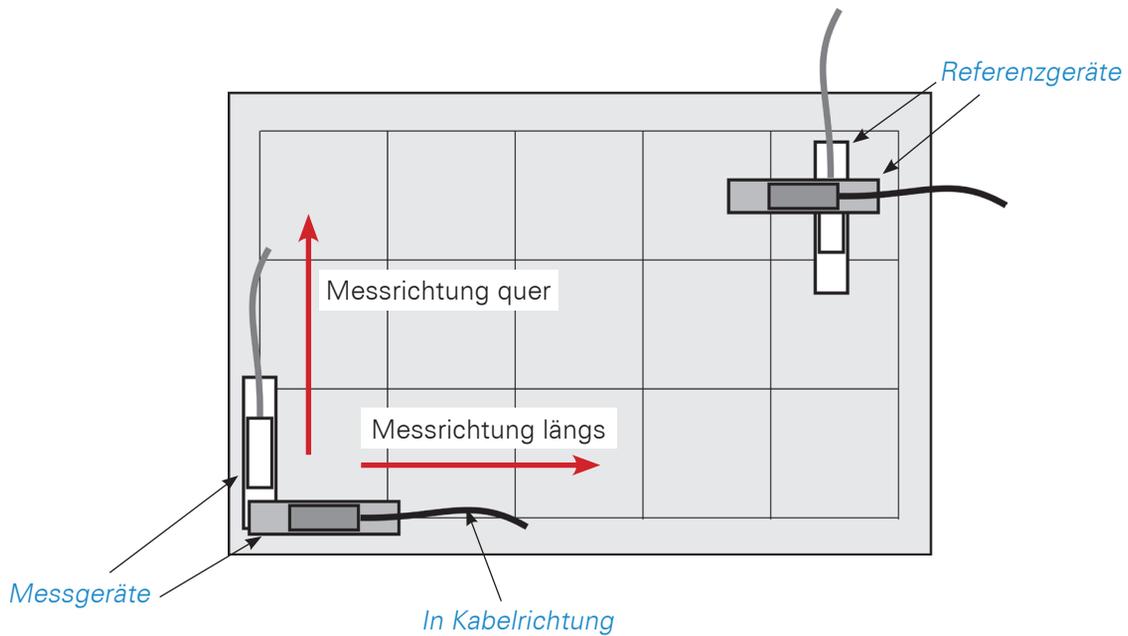
Wenn diese Kriterien, bzw. Voraussetzungen nicht eingehalten werden können, wirkt sich dies auf die Messunsicherheit aus. **Je genauer eine Messung sein soll, umso mehr Zeit muss der Vorbereitung und der Messung eingeräumt werden!**

6.4.3 EBENHEITSMESSUNG / WEITERE GRUNDLAGEN ZUR MESSUNG VON NEIGUNGEN

MESSRICHTUNG

Wichtig bei einer Messung sind:

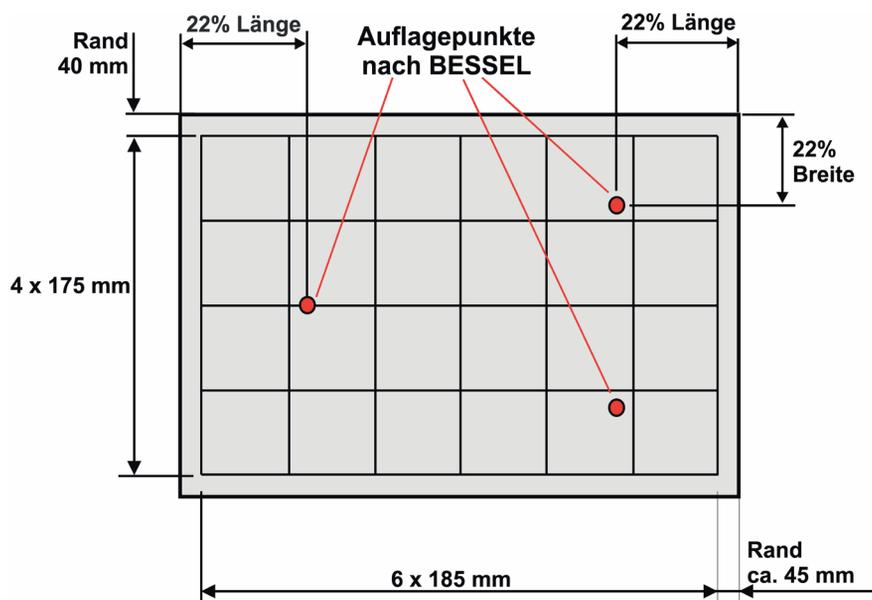
- Messgeräte immer in Kabelrichtung von links nach rechts, bzw. von vorne nach hinten verschieben
- Messgeräte immer am Griff halten (Wärme!!!)



DIE AUFLAGEPUNKTE EINER MESSPLATTE NACH BESSEL (BESSELSCHEN PUNKTE)

Friedrich Wilhelm Bessel (* 22. Juli 1784 in Minden, Westfalen; † 17. März 1846 in Königsberg, Ostpreußen) war einer der bekanntesten deutschen Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts. Er hat eine Formel zur Bestimmung der kleinsten Durchbiegung von Linealen und Platten entwickelt.

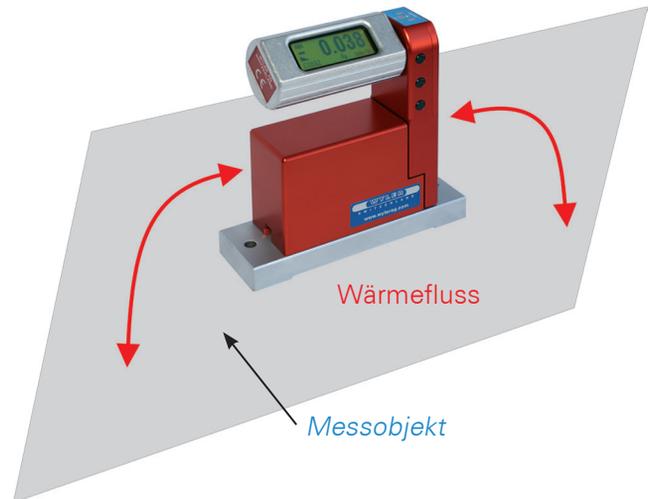
Vereinfacht kann gesagt werden, dass sich eine Mess- und Kontrollplatte, die auf drei Stützpunkten gelagert wird, dann am wenigsten durchbiegt, wenn die Stützen jeweils um 22% der Länge, bzw. Breite zurückgesetzt werden.



6.4.4 AUSWIRKUNGEN DER TEMPERATURDIFFERENZ VON MESSGERÄT ZU MESSOBJEKT:

Temperaturdifferenzen, sei es am Messobjekt selbst oder zwischen Messobjekt und Messbasis, spielen für die Beurteilung der Ebenheit einer Fläche oder der Geradheit (Linienmessung) einer Führung oder eines Lineals eine wichtige Rolle. Im Folgenden sollen daher einige wichtige Zusammenhänge näher betrachtet werden.

Eine Temperaturdifferenz zwischen Messbasis und Messobjekt bewirkt einen Wärmefluss. Die Grösse dieses Wärmeflusses wird durch die Berührungsfläche, die Temperaturdifferenz, das Material von Messbasis und Messobjekt sowie durch den Querschnitt und die Länge der Messbasis bestimmt. In der Messbasis stellt sich eine Temperaturschichtung ein, welche eine Krümmung und Verwindung der Messbasis bewirkt. Dadurch, dass sich die Berührungspunkte dauernd ändern und sich dadurch der Temperaturfluss und die Wärmeverteilung verändern, ist die Messbasis sozusagen „dauernd in Bewegung“.



Diese, teilweise schnellen Bewegungen sind an der unruhigen Messgerätauzeige feststellbar. Auch die temperaturbedingten Längen- und Dickenänderungen der Messbasen liegen in einer Grössenordnung, welche die Messgenauigkeit während dem Temperaturausgleich beeinflussen können! (ungleicher Temperaturverlauf)

Konsequenz:

- Vor der Durchführung von Ebenheitsmessungen muss die Temperatur von Messbasis und Messobjekt kontrolliert werden!
- Die Akklimatisationszeit der Messbasis beträgt je nach Temperaturunterschied und Material von Basis und Messobjekt eine ½ bis 2 Stunden.

Einfluss von Temperaturdifferenzen am Messobjekt:

Der Einfluss der Temperaturdifferenzen am Messobjekt soll am Beispiel einer Kontrollplatte aus DIABAS betrachtet werden. Ausser den im Folgenden beschriebenen temperaturbedingten Verformungen des Messobjektes, müssen bei einer Ebenheitsmessung auch die vorgängig beschriebenen Probleme beachtet werden. Die Formel ist nur für stabile Verhältnisse gültig und beschränkt sich auf den Temperaturunterschied zwischen Unter- und Oberseite der Mess- und Kontrollplatte.

Abweichung von der Ebenheit (X):

$$X = \frac{D_T \cdot a \cdot L^2}{8 \cdot B} \text{ in [m]}$$

- D_T : Temperaturunterschied zwischen Unter- und Oberseite einer Platte in Grad Kelvin
- a : Ausdehnungskoeffizient von Hartgestein in (m) pro Grad Kelvin ($5.6 \cdot 10^{-6}$ [m/°K])
- L : Länge der Platte [m]
- B : Plattendicke [m]

6.4.5 SCHLISSFEBLERKORREKTUR NACH PHILIPS UND AUSRICHTMETHODEN NACH ISO 1101 / PHILIPS-KORREKTUR

Einleitung zur Schliessfehlerkorrektur nach „PHILIPS“

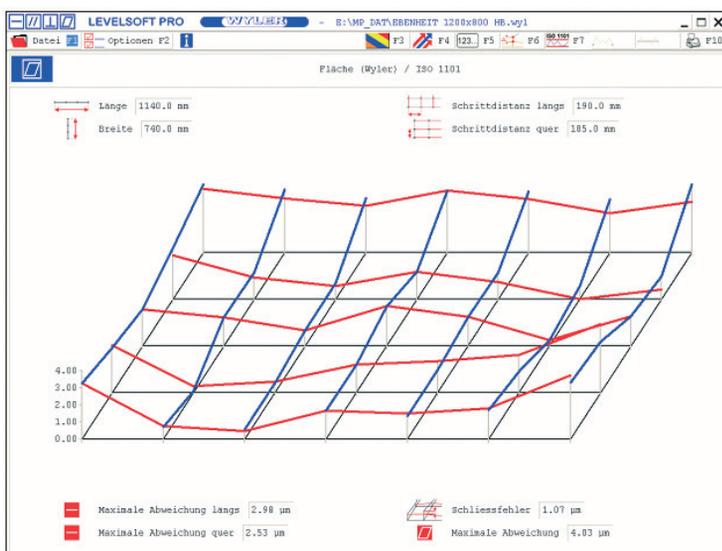
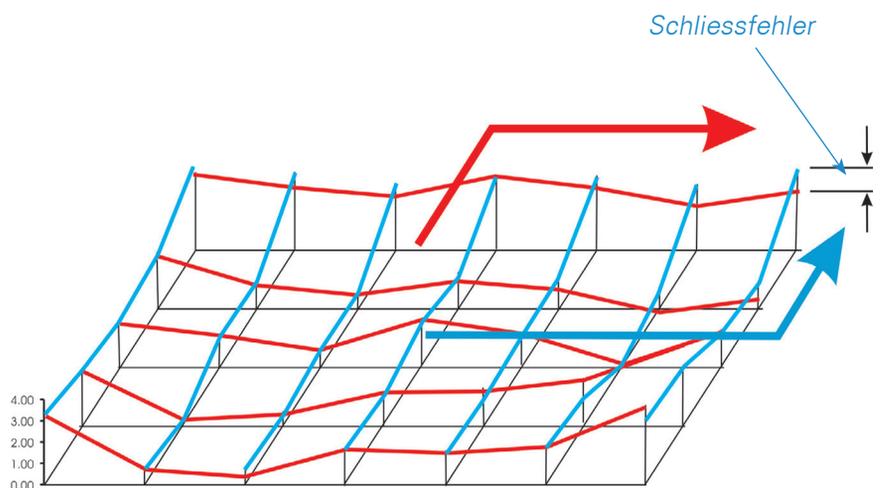
Die Schliessfehlerkorrektur nach „PHILIPS“ findet nur bei der Ebenheitsmessung nach dem Prinzip WYLER / Netzwerk Anwendung. Nach dem Abschluss der Messung kann das Messresultat (Ebenheit einer Fläche)

- ohne Schliessfehlerkorrektur
 - mit Schliessfehlerkorrektur
- dargestellt werden.

In der Version ohne Schliessfehlerkorrektur werden alle Schliessfehler numerisch und grafisch dargestellt. Der so genannte Schliessfehler ist ein Hinweis auf die Qualität der Messung.

Erläuterung zur Definition „SCHLISSFEBLER“

Der SCHLISSFEBLER entspricht der GRÖSSTEN ABWEICHUNG eines Messpunktes im überbestimmten Netzwerk (Messraster), wenn deren Berechnung auf verschiedenen Pfaden erfolgt (siehe Abbildung rechts)

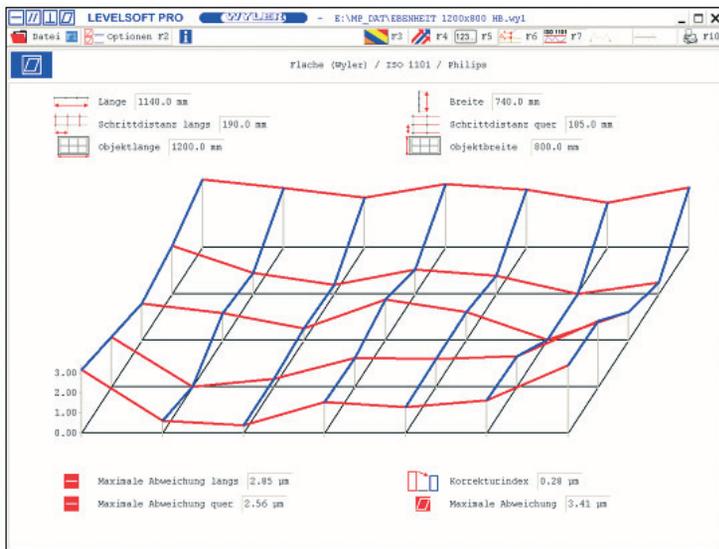


Darstellung einer Ebenheitsmessung ohne Schliessfehlerkorrektur nach „PHILIPS“

Die Schliessfehlerkorrektur nach „PHILIPS“ ist ein mathematischer Prozess, welcher Messfehler mit sich linear fortplanzendem Charakter erfolgreich korrigiert und den Schliessfehler eliminiert.

Der nach der Philips-Korrektur ausgewiesene Korrektur-Index ist das Mass für den „Erfolg“ der mathematischen Korrektur (Die Standardabweichung aller Schliessfehlerkorrekturen entspricht dem Korrektur-Index).

Je grösser der ausgewiesene Korrektur-Index ist, umso grösser ist die Messunsicherheit



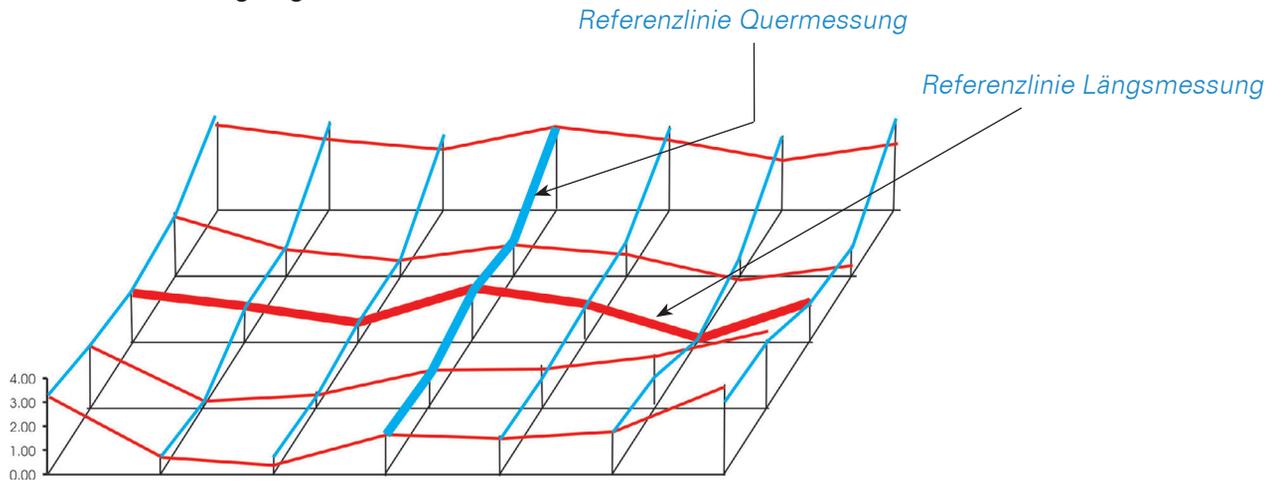
Darstellung einer Ebenheitsmessung mit Schliessfehlerkorrektur nach „PHILIPS“

Hinweis zur Schliessfehlerkorrektur:

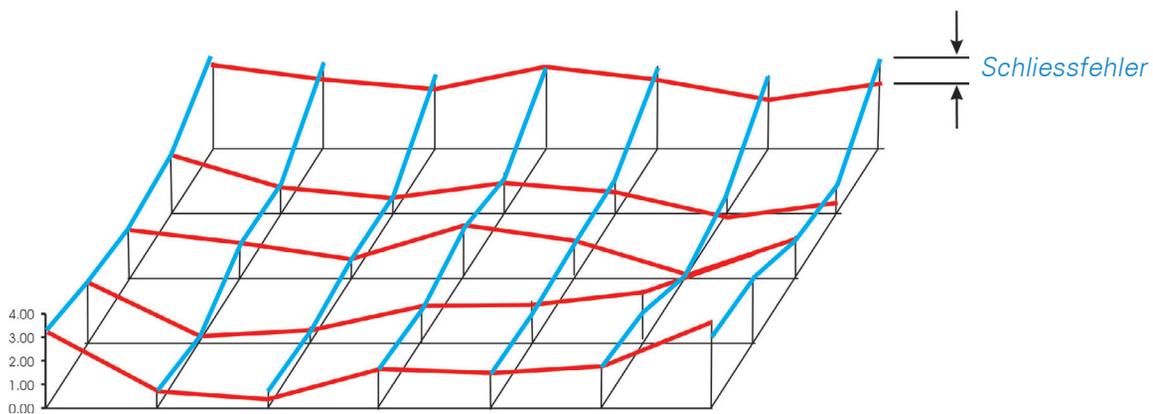
- Nach Abschluss der Messung sollte unbedingt die Darstellung im Profil ohne Schliessfehlerkorrektur konsultiert werden. Der Schliessfehler ist ein wichtiger Hinweis auf die Qualität der durchgeführten Messung, bzw. die Messunsicherheit
- Der Schliessfehler sollte **im Normalfall 20 bis 25% des maximalen Fehlers** nicht übersteigen: Ausnahme: Wenn der maximale Fehler <4 µm beträgt, darf der prozentuale Anteil des Schliessfehlers grösser sein
- In obigem Beispiel ist ein Schliessfehler von 26% (1.07 µm bezogen auf 4.03 µm) noch akzeptabel, da der gesamte Fehler mit 4.03 µm relativ klein ist

**6.4.6 DETAILIERTE ERLÄUTERUNGEN ZUR SCHLIESSFEHLERKORREKTUR
AUSRICHTUNG NACH ISO1101**

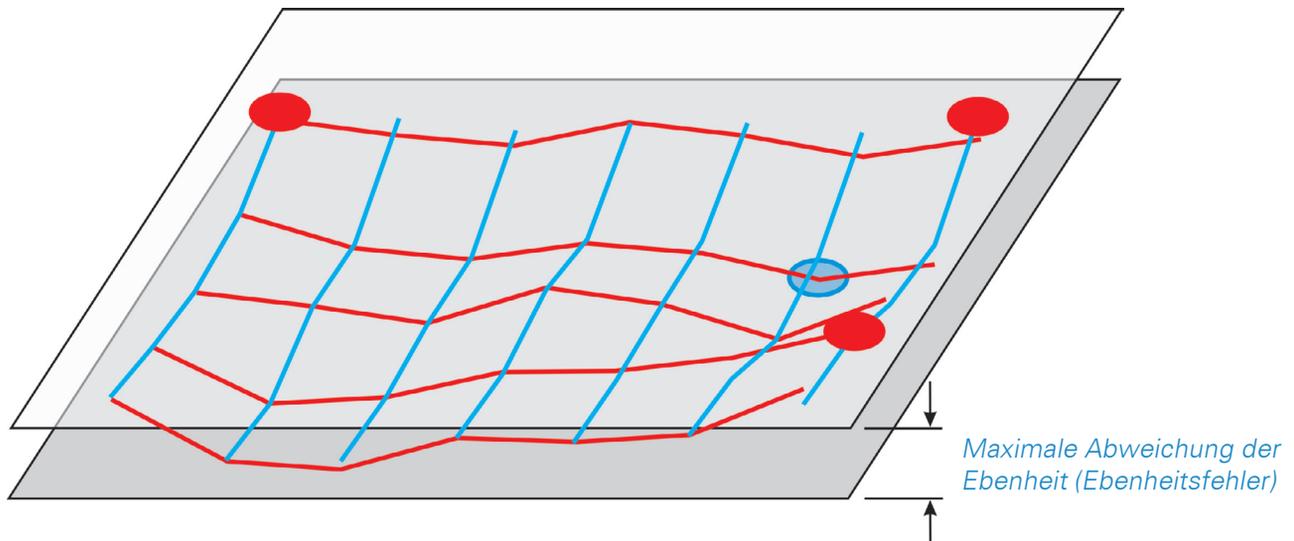
- Die beiden mittleren Linien der Längs- und der Quermessung bilden die Referenzlinien. Bei einer geraden Anzahl von Linien gilt die Längs- oder Querlinie als Referenz, die näher an der ersten Längs-, bzw. Quermessung liegt



- Die beiden Referenzlinien werden so gelegt, dass sie im Schnittpunkt dasselbe Niveau (Höhe) aufweisen
- Die übrigen Längs- und Querlinien werden so gelegt, dass sie im Schnittpunkt mit der entsprechenden Referenzlinie auf demselben Niveau liegen. Die Neigungen der einzelnen Messschritte müssen bei den Längs- und Querlinien unverändert bleiben
- Die grösste Abweichung der Schnittpunkte von Längs- und Querlinien entspricht dem Schliessfehler der Messung



- Zwei virtuelle Ebenen, die den höchsten und den tiefsten Punkt des Netzwerkes berühren, werden parallel zueinander so lange im Raum gedreht, bis der minimalste Abstand der beiden Ebenen gefunden wird. Dieser Abstand entspricht dem Ebenheitsfehler nach ISO 1101.



Hinweis:

Die beiden virtuellen Ebenen berühren das Netzwerk an vier Punkten. Es gibt grundsätzlich folgende drei Möglichkeiten:

- Möglichkeit 1:
Berührung an drei Punkten oben und einem Punkt unten (Der einzelne Punkt muss innerhalb des Dreiecks zu liegen kommen, das durch die übrigen drei Punkte gebildet wird)
- Möglichkeit 2:
Berührung an drei Punkten unten und einem Punkt oben (Der einzelne Punkt muss innerhalb des Dreiecks zu liegen kommen, das durch die übrigen drei Punkte gebildet wird)
- Möglichkeit 3:
Berührung an je zwei Punkten oben und unten (Die Verbindungslinien der oberen und der unteren Punkte müssen sich kreuzen)

Diese Merkmale sollten beim Ergebnis überprüft werden. Nur in diesen drei Fällen ist die Ausrichtung nach **ISO1101** ordnungsgemäss erfolgt.

SCHLISSFehlerkorrektur nach PHILIPS

Das Ziel der Schliessfehlerkorrektur nach PHILIPS ist die Ermittlung, bzw. Korrektur der Abweichungen an allen Schnittpunkten, ohne die Referenzlinien längs und quer.

Ablauf:

Ausgehend vom Schnittpunkt der beiden Referenzlinien längs und quer werden die einzelnen Schnittpunkte von innen nach aussen bis zu den äussersten Begrenzungen bearbeitet. An jedem Schnittpunkt wird die Differenz der Schnittpunkte längs und quer eliminiert, indem der höher liegende Schnittpunkt zur Hälfte gesenkt und der tiefer liegende Schnittpunkt zur Hälfte angehoben wird. Die ausserhalb des zu bearbeitenden Schnittpunktes liegenden Messpunkte der jeweiligen Linie werden gleichzeitig um den gleichen Betrag angehoben, bzw. abgesenkt, sodass die Relationen innerhalb der jeweiligen Linie gleich bleiben.

Reihenfolge der Bearbeitung der einzelnen Rechtecke von A ... D (von innen nach aussen)

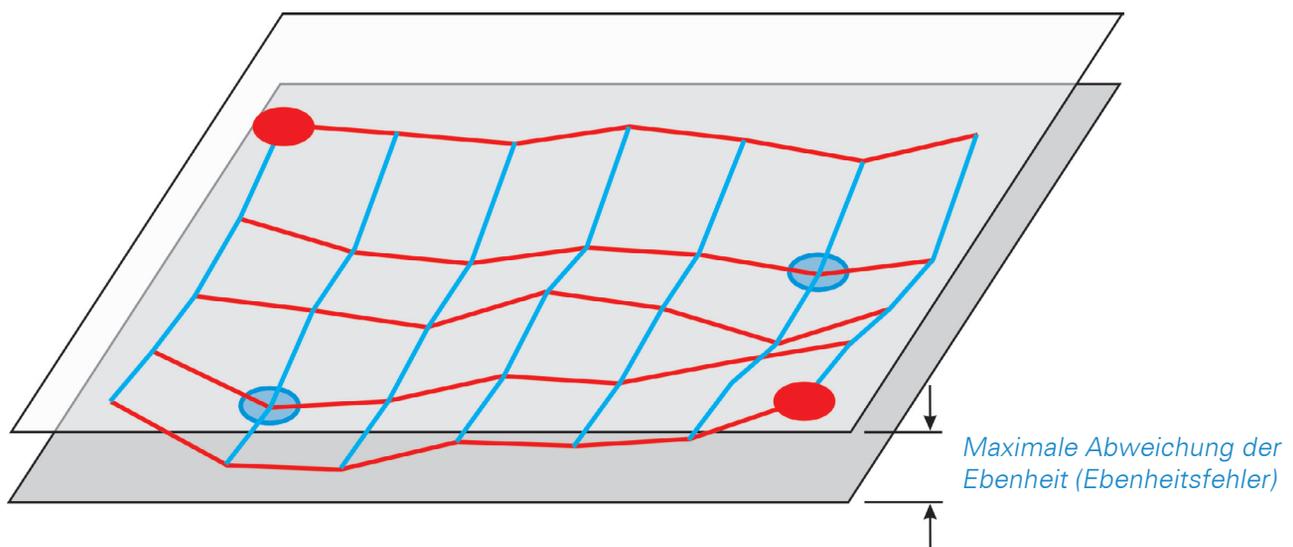
Über alle durchgeführten Korrekturen wird die Standardabweichung berechnet und als Korrekturindex ausgewiesen.

D	C	B	B	C	D
C	B	A	A	B	C
C	B	A	A	B	C
D	C	B	B	C	D

Hinweis:

- Unsorgfältig durchgeführte Messungen ergeben unverhältnismässige Korrekturen. Entsprechend wird der Korrekturindex sehr hoch ausfallen
- Sorgfältig durchgeführte Messungen ergeben gleichmässige und minimale Korrekturen. Entsprechend wird der Korrekturindex sehr tief ausfallen
- Ein Hinweis für die erfolgte Schliessfehlerkorrektur ist der Korrektur-Index, der in der Grafik entsprechend ausgewiesen wird

Die Bestimmung des Ebenheitsfehlers erfolgt nach dem gleichen Verfahren wie oben beschrieben. Zwei virtuelle Ebenen, die den höchsten und den tiefsten Punkt des Netzwerkes berühren, werden parallel zueinander so lange im Raum gedreht, bis der minimalste Abstand der beiden Ebenen gefunden wird. Dieser Abstand entspricht dem Ebenheitsfehler nach ISO 1101.



Hinweis:

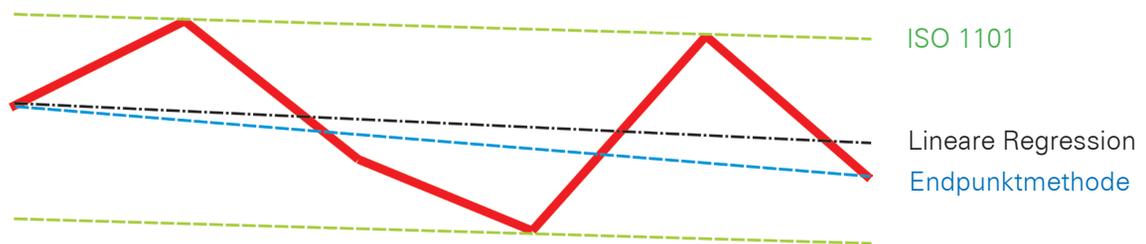
Die maximale Abweichung der Ebenheit (Ebenheitsfehler) wird kleiner. Es kann durchaus sein, dass durch die Schliessfehlerkorrektur eine Verschiebung der Berührungspunkte des Netzwerkes mit den virtuellen Ebenen erfolgt. In diesem Beispiel haben wir neu je zwei Berührungspunkte oben und unten.

6.4.7 DIE AUSRICHTMETHODEN VON MESSUNGEN

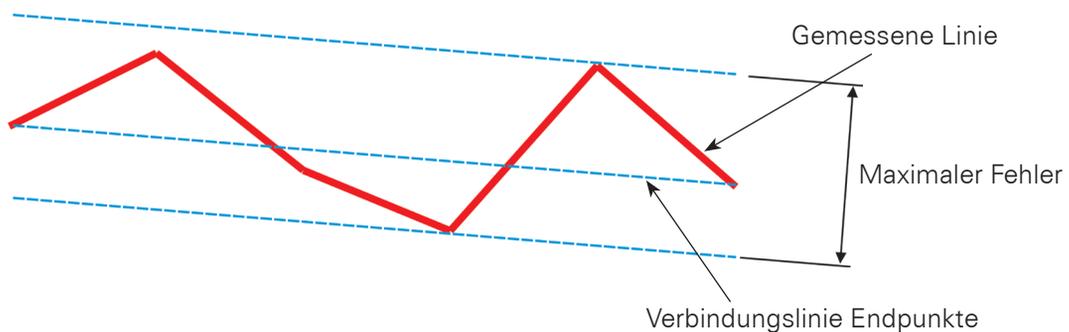
Die Messfiguren werden in der WYLER Software LEVELSOFT nach folgenden Methoden ausgerichtet:

- Ausrichtung nach „Endpunkten“
- Ausrichtung nach „ISO 1101“
- Ausrichtung mittels „linearer Regression“

Nachfolgend sind die drei verschiedenen Methoden anhand einer Linienmessung beschrieben und mit entsprechenden Grafiken dokumentiert.

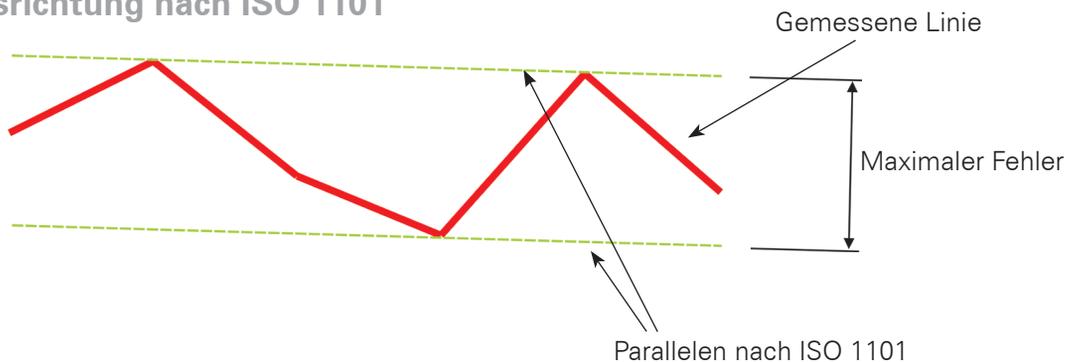


6.4.7.1 Ausrichtung nach der Endpunkt-Methode



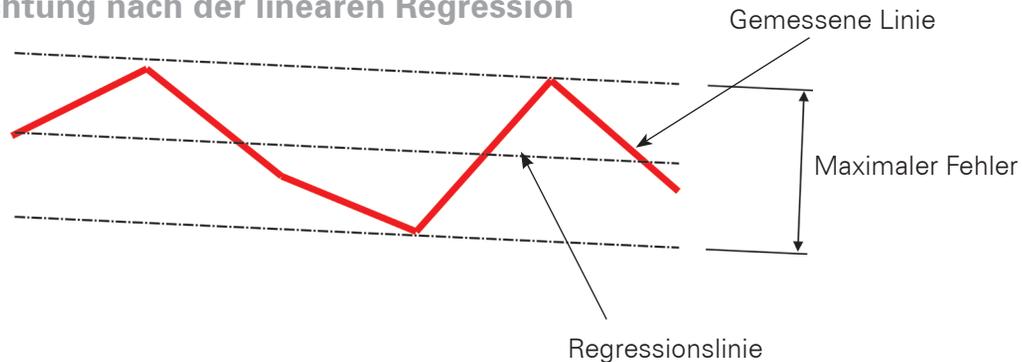
Bei der Methode „Endpunkte“ werden der erste und der letzte Messpunkt miteinander verbunden. Die dadurch entstandene Verbindungslinie wird **parallel** durch den höchsten und den tiefsten Punkt verschoben. Der **Abstand** der beiden parallelen Linien entspricht dem kleinsten maximalen Fehler der Linie nach der Methode der „Endpunkte“.

6.4.7.2 Ausrichtung nach ISO 1101



Bei der Methode nach „ISO1101“ werden die beiden parallelen Linien solange ausgerichtet, bis der kleinstmögliche Abstand der beiden Begrenzungslinien gefunden ist. Der **Abstand** der beiden parallelen Begrenzungslinien entspricht dem kleinsten maximalen Fehler der Linie nach der Methode „ISO 1101“.

6.4.7.3 Ausrichtung nach der linearen Regression



Beim Verfahren „lineare Regression“ wird durch eine Reihe von Messpunkten eine Gerade nach der **Methode der kleinsten Quadrate** geführt. Die durch die lineare Regression ermittelte Linie wird **parallel** durch den höchsten und den tiefsten Punkt verschoben. Der **Abstand** der beiden parallelen Linien entspricht dem kleinsten maximalen Fehler der Linie nach der Methode der „linearen Regression“.

6.4.8 MESSRICHTUNG UND EINZEL-, BZW. REFERENZMESSUNG

Mit der Referenz-, bzw. Differenzmessung sollen Lageänderungen und niederfrequente Vibrationen des Messobjektes während der Messung kompensiert werden. Diese Kompensation funktioniert jedoch nur einwandfrei, sofern das Messobjekt genügend Eigensteifigkeit besitzt und die Auflagen dem 3-Punkt-System entsprechen, bzw. angenähert sind. Ebenfalls muss die Auflage des Referenzgerätes stabil mit dem übrigen Teil verbunden und eben sein (wackeln des Referenzgerätes!). Falls die Auflagen bei Lageänderungen und Vibrationen „ein Eigenleben führen“ ist keine Kompensation möglich, da die Messung verfälscht wird.



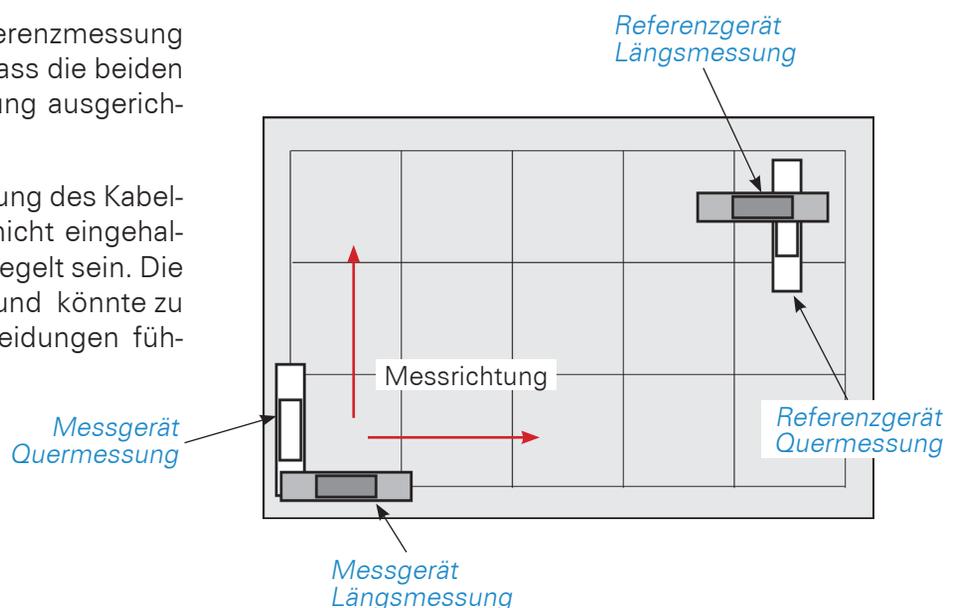
Ebenheitsmessung mit einem Mess- und einem Referenzgerät

Achtung:

Die Maschinenbetten mit einer Vielzahl von Auflagen, wie z.B. lange Fräs- und Schleifmaschinen, folgen allfälligen Formänderungen des Untergrundes (z.B. durch Belastung) mehr oder weniger. Dadurch würde ein Referenzgerät auf dem Maschinenbett einen falschen Messwert liefern. In solchen Anwendungsfällen ist deshalb von einer Differenzmessung abzusehen.

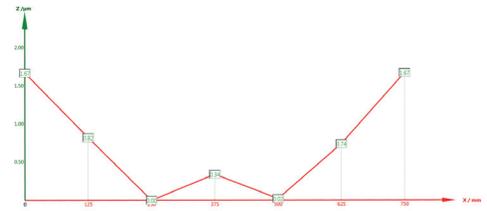
Bei der Referenz-, bzw. Differenzmessung muss darauf geachtet werden, dass die beiden Geräte immer in dieselbe Richtung ausgerichtet sind.

Gemessen wird immer in Richtung des Kabelanschlusses. Wird diese Regel nicht eingehalten, kann das Ergebnis z.B. gespiegelt sein. Die ganze Messung ist damit falsch und könnte zu falschen Schlüssen und Entscheidungen führen!



LINIENMESSUNG - SOFTWARE WYLERELEMENTS

Für die Vermessung der Geradheit einer Linie, z.B. einer einfachen Führungsbahn, sind nur wenige Eingaben notwendig:

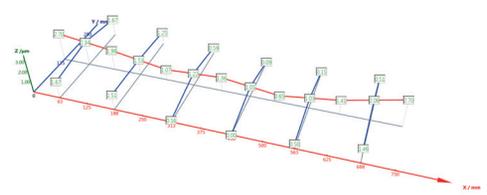


- Schrittlänge (abgestimmt mit der Basislänge des Messgerätes)
- Anzahl Messungen (abgestimmt auf die Länge des zu messenden Objektes)

Ausrichtung möglich nach **Endpunkten**, nach **ISO 1101** oder **linearer Regression**.

LINIENMESSUNG MIT TWIST - SOFTWARE WYLERPROFESSIONAL

Für die Vermessung der Geradheit einer Linie mit Twist, z.B. einer einfachen Führungsbahn mit Quermessungen (Twist), sind nur wenige Eingaben notwendig:

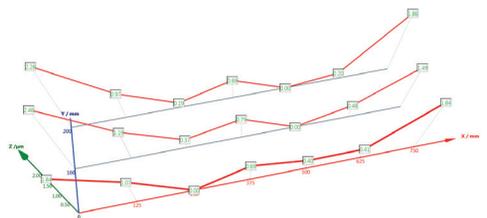


- Schrittlänge längs (abgestimmt mit der Basislänge des Messgerätes)
- Schrittdistanz quer (abgestimmt mit der Basislänge des Messgerätes)
- Anzahl Messungen längs (abgestimmt auf die Länge des zu messenden Objektes)
- Anzahl Messungen quer (abgestimmt auf die Breite des zu messenden Objektes)

Ausrichtung möglich nach **Endpunkten**, nach **ISO 1101** oder **linearer Regression**.

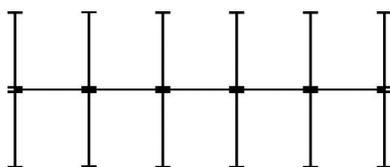
PARALLELEN MIT ZWEI ODER DREI PARALLELEN - SOFTWARE WYLERPROFESSIONAL

Für die Vermessung der Geradheit und der Lage von zwei oder drei Parallelen, z.B. von Führungsbahnen, sind nur wenige Eingaben notwendig:

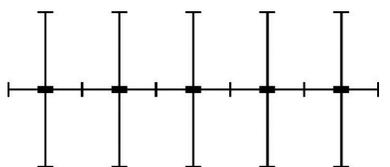


- Anzahl Parallelen
- Schrittdistanz und Anzahl Messungen für alle Parallelen

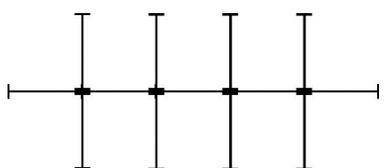
Ausrichtung nur nach **Endpunkten** und **linearer Regression** möglich.



TWIST ANFANGS MESSUNG



TWIST MITTE MESSUNG



TWIST ENDE MESSUNG

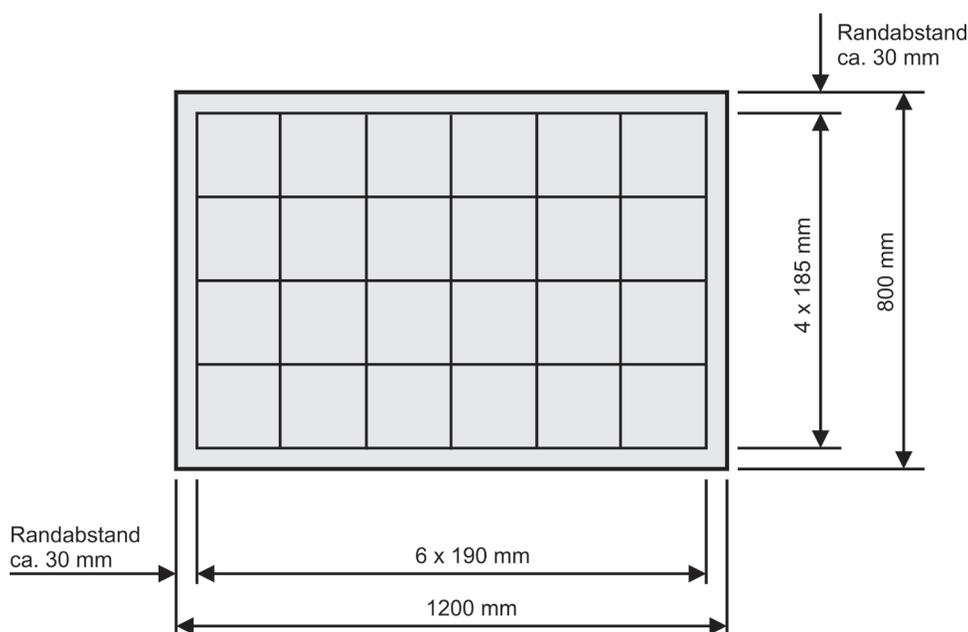
FÜR DIE VERMESSUNG VON EBENHEITEN SIND FOLGENDE MÖGLICHKEITEN GEGEBEN:

- Ebenheit Fläche / Rechteck
- Ebenheit mit Raster nach WYLER-Norm
- Partielle Ebenheit mit Raster nach WYLER-Norm
- Ebenheit nach U-Jack
- Ebenheit nach U-Jack mit Raster-Vorschlag



Für die Messungen sind folgende Vorarbeiten zu treffen:

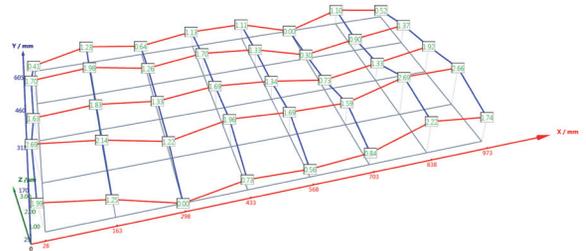
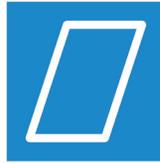
- Das Messobjekt soll möglichst horizontal ausgerichtet werden (innerhalb ca. 50 $\mu\text{m}/\text{m}$). Insbesondere muss darauf geachtet werden, dass die zu messende Fläche auch quer zur Messrichtung horizontaliert wird, da sonst Messfehler entstehen, wenn das Messgerät nicht präzise in Messrichtung aufgestellt ist
- Das Messobjekt wird nun in einzelne Messstrecken eingeteilt. Wichtig ist bei der Einteilung, dass die einzelnen Messstrecken sich überlappen. Das Mass der Überlappung soll so gewählt werden, dass eine Einteilung der Messstrecke in gleich grosse Teile möglich ist
- Die ideale Überlappung (= mittlerer Abstand zwischen den Messflächen) beträgt bei der 150 mm Basis z.B. 126 mm. Als Richtlinie gilt: je schlechter die Qualität der Oberfläche (Welligkeit, Rauheit), desto idealer sollte die Überlappung sein, um unzulässige Messfehler zu vermeiden. Bei der Einteilung der Messstrecke ist darauf zu achten, dass die Messflächen des Messgerätes an den Enden des Messobjektes vollflächig zum Aufliegen kommen und nicht etwa überstehen, da sonst ebenfalls unzulässige Messfehler entstehen
- Die einzelnen Streckenabschnitte werden auf dem Messobjekt markiert. Dabei sollte möglichst ein Stift verwendet werden, der nicht aufträgt. Dies ist vor allem bei hochpräzisen Messungen wichtig



Die Abbildung oben zeigt den Raster, der auf eine Mess- und Kontrollplatte mit den Abmessungen 800 x 1200 mm und ein Messgerät mit einer Basislänge von 200 mm aufgezeichnet wurde.

EBENHEIT FLÄCHE NACH DEM PRINZIP WYLER - SOFTWARE WYLERSPEC

Für die Vermessung von Ebenheiten von Flächen, z.B. Mess- und Kontrollplatten, Maschinentischen, usw. ist die Ebenheitsmessung nach WYLER ideal. Dazu sind verschiedene Vorbereitungen notwendig:



Notwendige Eingaben:

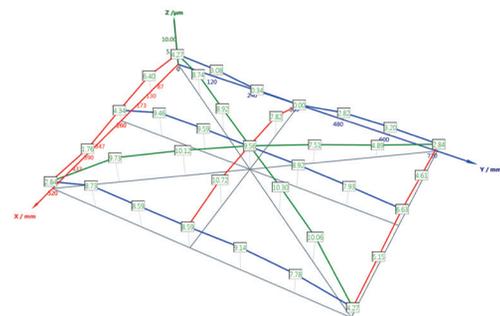
- Schrittdistanz längs und quer
- Anzahl Längs- und Querlinien
- Messdichte längs und quer

Das Raster kann auch über einen „Raster-Vorschlag“ ermittelt werden.

Ausrichtung nur nach ISO 1101 möglich.

EBENHEIT FLÄCHE U-JACK - SOFTWARE WYLERSPEC

Für die Vermessung von Ebenheiten von Flächen, z.B. Mess- und Kontrollplatten, Maschinentischen, usw. kann auch die U-Jack-Methode angewendet werden. Dazu sind verschiedene Vorbereitungen notwendig:



Notwendige Eingaben:

- Schrittdistanz längs, quer und diagonal
- Anzahl Messungen längs, quer und diagonal
- Es ist ratsam, sich das Raster über den „Raster-Vorschlag“ anzeigen zu lassen.

Ausrichtung nur nach GGG-P-463c möglich.

DIE FLEXIBLE MESSBASIS VON WYLER / WYLER FLEXBASIS

Für die Vermessung von Ebenen nach der U-Jack-Methode ist ein Messgerät mit einer flexiblen Messbasis entwickelt worden, welche die genaue Einstellung der vorgegebenen Schrittlänge ermöglicht.

Merkmale der flexiblen Messbasis:

- In der Basis ist ein Massstab in [mm] und [inch] integriert, welcher die Einstellung der Schrittlänge erleichtert
- Gut sichtbare Markierungslinien erlauben die korrekte Positionierung der Basis während dem Messvorgang
- Für geübte Anwender lassen sich die Feststellplatten zur Erweiterung des Schrittlängenbereichs auf einfache Weise umplatzieren



Technische Daten der Flexbasis:

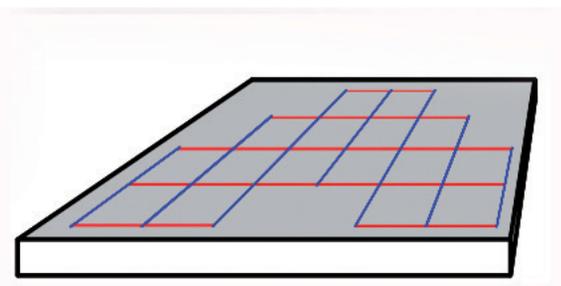
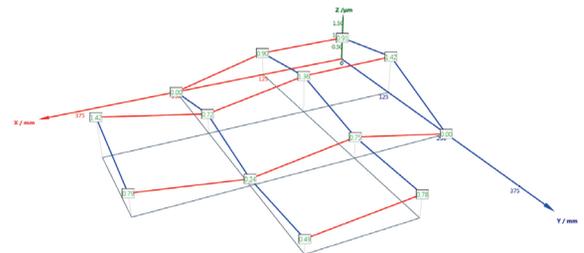
- Basislänge und -breite: 250 x 45 mm
- Standard-Schrittlänge verstellbar von 90 (100) mm bis 240 mm
- Erweiterter Schrittlängen-Verstellbereich von 70 mm bis 270 mm
- Dimension der Dreipunkt-Hartmetall-Auflagen Durchmesser = 10 mm / Abstand quer = 35 mm

EBENHEITSMESSUNG VON PARTIELLEN FLÄCHEN - SOFTWARE WYLERSPEC

Es kommt in der Praxis immer wieder vor, dass die Messflächen nicht komplett vermessen werden können. Entweder ist eine Messvorrichtung auf der Platte fix montiert oder die Platte weist Aussparungen auf die nicht vermessen werden können, bzw. sollen.



Dazu eignet sich die Messfigur „partielle Flächen“. Das Rasterbild kann wie bei der normalen Messfigur „Ebenheit WYLER“ eingegeben werden. Anschliessend können diejenigen Linien, die nicht vermessen werden sollen, mit der Maus am Bildschirm weggeklickt werden.

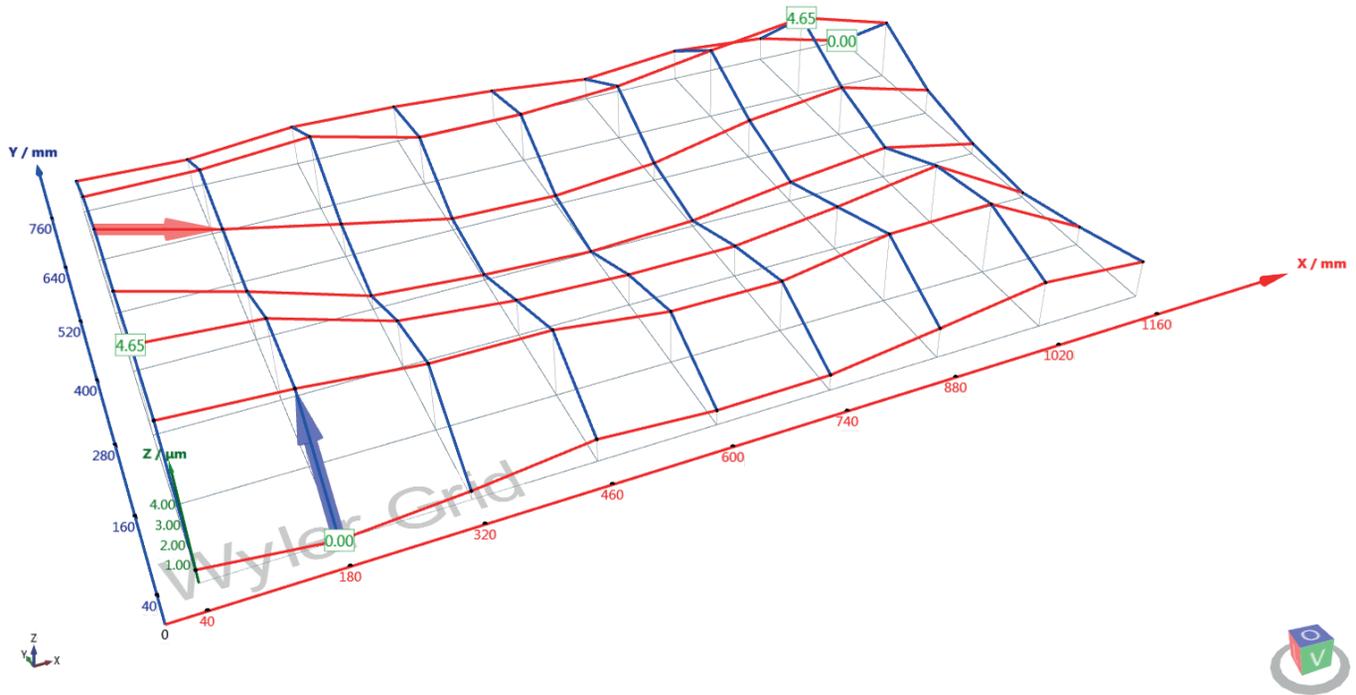


Notwendige Eingaben:

- Schrittdistanz längs und quer
- Anzahl Messungen längs- und quer
- Entfernen der überflüssigen Messlinien

Ausrichtung nur nach **ISO 1101** möglich.

Nach Abschluss der Messung kann diese in verschiedenen Arten dargestellt werden. Selbstverständlich lassen sich auch diverse **Protokolle** in den **unterschiedlichsten Sprachen** mit einem **kundenspezifischen Logo** ausdrucken.



Klassischer Ausdruck mit Angabe des Schliessfehlers, der maximalen Abweichung der Ebenheit, der maximalen Abweichung der Geradheit der Längs- und Querlinien sowie den **Messwerten der einzelnen Messpunkte**.

6.4.9 NORMEN FÜR DIE EBENHEIT VON MESS- UND KONTROLLPLATTEN

Qualität des gemessenen Objektes:



Formeln für die Qualitäten nach den verschiedenen Normen:

- **DIN 876**

- Qualität 00 $< 2 \times (1 + L/1000) \mu\text{m}$ (L: Längere Kantenlänge in mm)
- Qualität 0 $< 4 \times (1 + L/1000) \mu\text{m}$ (L: Längere Kantenlänge in mm)
- Qualität 1 $< 10 \times (1 + L/1000) \mu\text{m}$ (L: Längere Kantenlänge in mm)
- Qualität 2 $< 20 \times (1 + L/1000) \mu\text{m}$ (L: Längere Kantenlänge in mm)

- **JIS**

- Qualität 00 $< L \times 0.0015 + 1.25 \mu\text{m}$ (L: Diagonale der Platte in mm)
- Qualität 0 $< L \times 0.003 + 2.50 \mu\text{m}$ (L: Diagonale der Platte in mm)
- Qualität 1 $< L \times 0.006 + 5 \mu\text{m}$ (L: Diagonale der Platte in mm)
- Qualität 2 $< L \times 0.012 + 10 \mu\text{m}$ (L: Diagonale der Platte in mm)

- **GGG-P-463c**

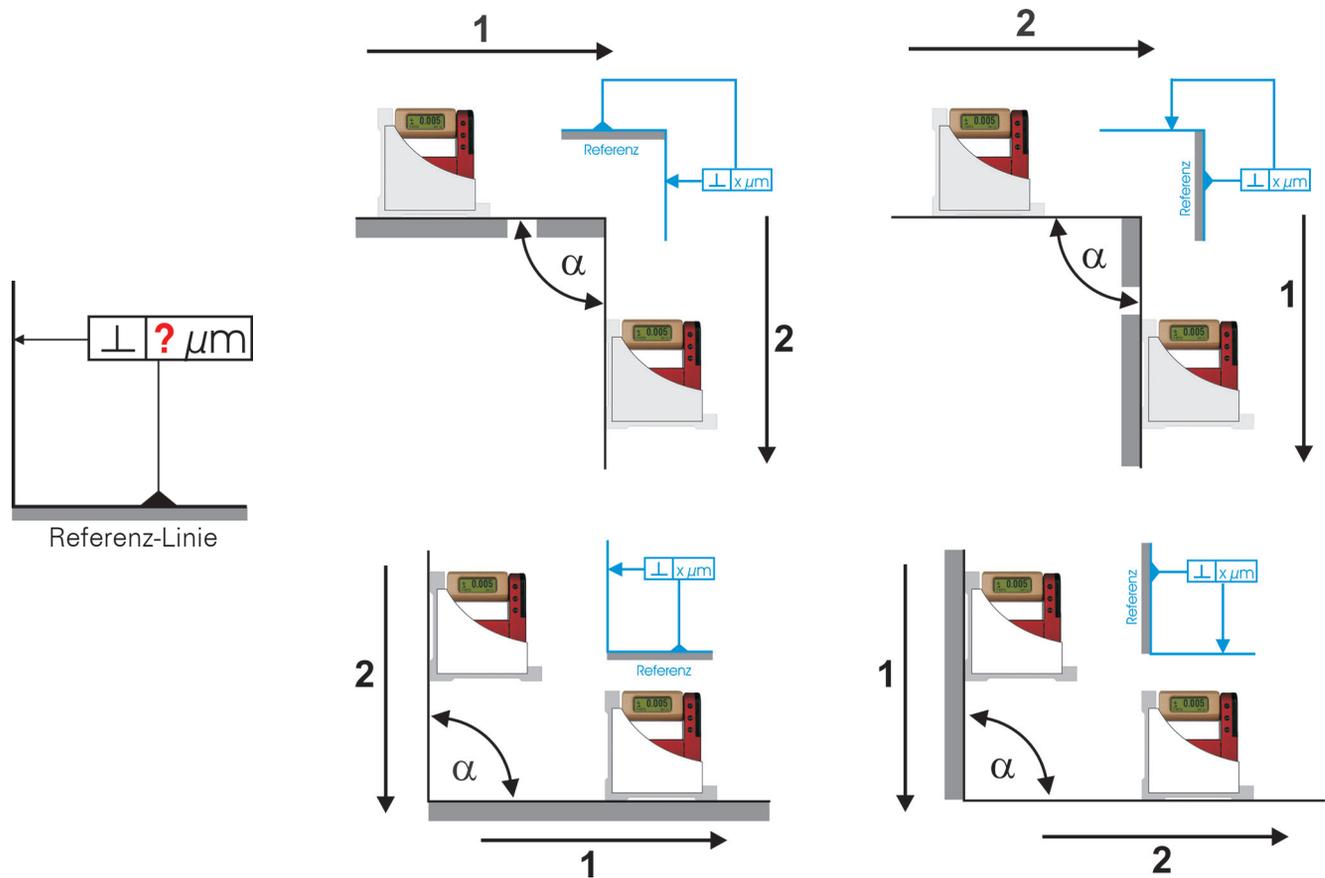
- Qualität AA $< 40 + (D/25)$ D: Diagonale in inch
Ausgabe in x.xxx inch
- Qualität A $< [40 + (D/25)] \times 2$ D: Diagonale in inch
Ausgabe in x.xxx inch
- Qualität B $< [40 + (D/25)] \times 4$ D: Diagonale in inch
Ausgabe in x.xxx inch

- **BS 817**

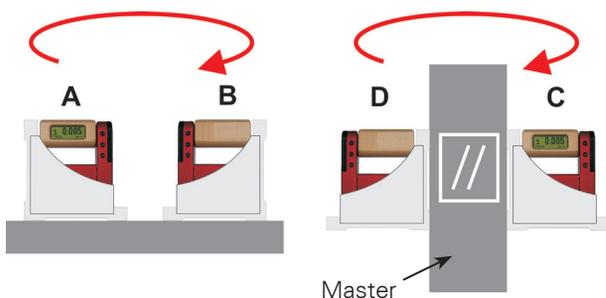
Plattenlänge in [mm]	Grade 0 in [μm]	Grade 1 in [μm]	Grade 2 in [μm]	Grade 3 in [μm]
180	3.0	Grade „0“ x 2	Grade „0“ x 4	Grade „0“ x 8
250	3.5	dito	dito	dito
400	4.0	dito	dito	dito
630	4.5	dito	dito	dito
1000	5.5	dito	dito	dito
1600	7.5	dito	dito	dito
2000	8.5	dito	dito	dito
2500	10.0	dito	dito	dito

6.4.10 VERMESSUNG VON RECHTWINKLIGEN OBJEKTEN

Folgende Varianten sind möglich, wobei zu berücksichtigen ist, bei welcher Fläche es sich um die Referenzlinie (schattiert) handelt:



Vor Beginn der Messung muss mittels Umschlagsmessung der Winkelfehler der Messbasis des Gerätes ermittelt werden.



Ablauf zur Ermittlung des Winkelfehlers des Messgerätes:

1. Umschlagsmessung auf einer horizontal ausgerichteten Messplatte.
2. Umschlagsmessung an einem Master, einem Quader aus Hartgestein mit zwei parallelen Flächen in der Qualität 000.

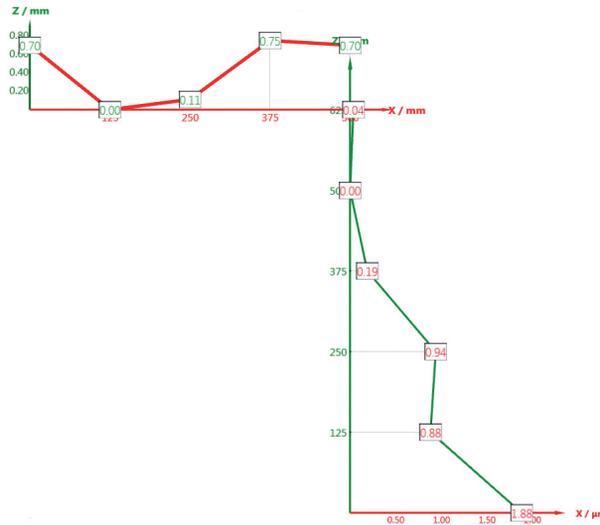
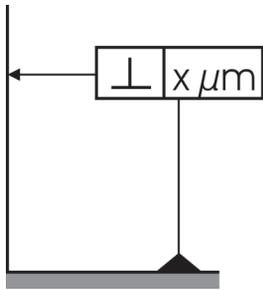
$$\text{Korrekturfaktor} = \frac{C + D}{2} - \frac{A + B}{2}$$

Hinweis:

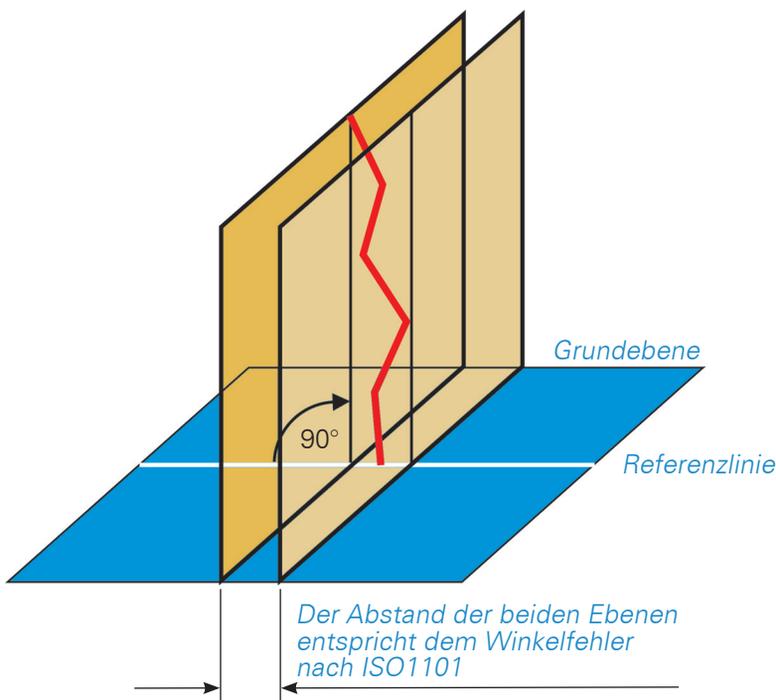
Auf der Homepage www.wylerag.com finden Sie unter „Produkte / Software / SW MT-SOFT“ ein Video mit einer detaillierten Anleitung!

Sollte die Möglichkeit einer Umschlagsmessung an einem sogenannten Master nicht vorhanden sein, so gibt es folgende Alternativen für die Eingabe des Winkelfehlers:

- Sofern ein Zertifikat oder Kalibrierschein vorliegt, kann der Wert dort entnommen werden
- Man vertraut der Messbasis und gibt im Messprogramm den Korrekturwert „0“ ein.



WIE WIRD EIN RECHTER WINKEL GEMESSEN UND INTERPRETIERT?



Die Referenzlinie (horizontal) und die Messlinie (vertikal) werden mit einem Neigungsmessgerät gemessen. Die Linien werden nach einer der Ausrichtmethoden ausgerichtet (in unserem Beispiel links nach ISO 1101).

Der Abstand der beiden vertikalen Ebenen, die senkrecht zur Referenzlinie stehen, entspricht dem Winkelfehler des gemessenen Objektes. Je nach Ausrichtmethode kann der Winkelfehler unterschiedlich gross sein.



Alle Linien, d.h. Messlinie und Referenzlinie, können nach allen Ausrichtmethoden wie

- Endpunktmethode
- ISO 1101
- linearer Regression

ausgerichtet und beurteilt werden.

Je Ausrichtmethode der Referenzlinie werden die Abweichungen der gemessenen Linie wiederum in allen drei Ausrichtmethoden angegeben.

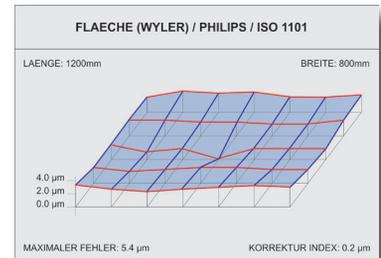
6.4.11 RELATIV- UND ABSOLUTMESSUNGEN / LANGZEITÜBERWACHUNGEN

Bevor wir uns mit der Software wylerSPEC näher beschäftigen, müssen wir die Begriffe Relativ- und Absolutmessung etwas genauer betrachten.

Aus Sicht der Anwendungen unterscheiden wir grundsätzlich drei Bereiche:

- **RELATIVMESSUNGEN**

Relativmessungen werden dann eingesetzt, wenn die Lage des gemessenen Objektes nicht relevant ist. Bei der Vermessung der Ebenheit einer Mess- und Kontrollplatte aus Hartgestein ist nicht die Lage der Plattenmassgebend, sondern die Form und Struktur der Oberfläche. **Entscheidend ist die Differenz der Neigung von einer Messung zur nächsten Messung.**



- **ABSOLUTMESSUNGEN**

Absolutmessungen werden dann eingesetzt, wenn die Lage des gemessenen Objektes relevant ist. Beispielsweise bei der Aufstellung und Inbetriebnahme einer Werkzeugmaschine kann es sehr wichtig sein, dass diese absolut horizontal steht. **Entscheidend ist die Lage der Messobjekte, bzw. der Messpunkte, im Raum.**



- **LANGZEITÜBERWACHUNGEN**

Bei Langzeitüberwachungen wird oft die Absolutmessung eingesetzt, weil sich spezielle Neigungsmesser auf diese Weise selbst korrigieren können (z.B. Messgeräte mit integrierter Umschlagsmessung). Somit werden unvermeidbare Fehler, verursacht durch sich ändernde Bedingungen, wie die Temperatur (Tag/Nacht oder Sommer/ Winter), ausgeschlossen. Solche Neigungsmesser führen selbstständig, periodische Umschlagsmessungen durch und korrigieren Nullpunktabweichungen der internen Sensoren.



6.4.11.1 RELATIVMESSUNGEN

Bei der Vermessung der Ebenheit eines Objektes, z.B. einer Mess- und Kontrollplatte, muss dieses zwar „ins Wasser gelegt“ werden, für die Messung ist jedoch die Differenz zwischen den einzelnen Messschritten entscheidend. Mit anderen Worten ausgedrückt, bei dieser Anwendung werden die Messwerte nicht absolut gemessen. Die Messungen können mit der Software wylerSPEC anschliessend analysiert und nach den unterschiedlichen Ausrichtmethoden wie

- I. Endpunktmethode
- II. lineare Regression
- III. ISO 1101 (bei Ebenheitsmessungen nur ISO 1101)

ausgerichtet werden. Für diese Art von Anwendungen sind die Handmessgeräte BlueSYSTEM SIGMA besonders gut geeignet. Die Datenübermittlung ist drahtlos. Das BlueMETER SIGMA kann an einen PC oder Laptop angeschlossen werden.

Nachstehend ist eine schematische Darstellung einer typischen Messkonfiguration mit zwei BlueLEVELS und einem BlueMETER mit Anschluss an einen PC oder Laptop zu sehen.

Für die Auswertung der Messergebnisse eignet sich die Software wylerSPEC sehr gut.



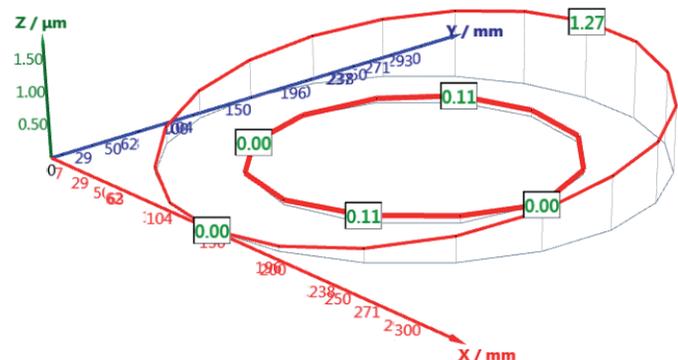
Die Messwerte werden drahtlos von den Messgeräten auf das BlueMETER übermittelt. Als Funksystem für die drahtlose Übermittlung der Messdaten wird die Bluetooth®-wireless-technology eingesetzt.

6.4.11.2 ABSOLUTMESSUNGEN

Bei der Überwachung von Gebäuden und Staudämmen ist es notwendig, die Werte absolut zu messen. Bei der Vermessung von **Maschinengeometrien mit der Software wylerSOFT**, bei denen anschliessend unterschiedliche Messaufgaben, bzw. Maschinenelemente, miteinander verglichen werden müssen, ist ebenfalls eine Absolutmessung notwendig. Nur so können z.B. Baugruppen wie ein horizontaler Aufspanntisch mit einer vertikalen Spindel derselben Maschine miteinander verglichen und analysiert werden.

Für Absolutmessungen sind unterschiedliche

Vermessung eines Rundtisches mit zwei Führungsbahnen



Neigungsmessgeräte und Neigungssensoren einsetzbar.

I. Die Handmessgeräte der Familie **BlueSYSTEM SIGMA** sind für die **Vermessung von Maschinengeometrien** ausgezeichnet geeignet. Dank der sogenannten Umschlagsmessung, ein integraler Bestandteil der Software wylerSPEC, kann die Nullpunktabweichung der Geräte vorab ermittelt und eliminiert werden.



II. Besonders gut für **Langzeitüberwachungen** eignen sich die **Neigungssensoren ZEROTRONIC** in reiner Digitaltechnik. Diese Sensoren zeichnen sich durch eine sehr gute Linearität und Langzeitstabilität aus.



7. Neigungssensoren

Neben den normalen Neigungsmessgeräten werden heute vermehrt hochpräzise Neigungssensoren verlangt, um Maschinengeometrien zu vermessen oder um Objekte wie Häuser, Brücken oder Staudämme über längere Zeiträume zu überwachen. Hierzu bietet die WYLER AG zwei verschiedene Sensoren an:

Die analogen Sensoren **LEVELMATIC 31** und **LEVELMATIC C**, welche eine sehr einfache Einbindung in ein Messsystem erlauben, da am Ausgang des Sensors ein analoges Spannungs- / Stromausgangssignal anliegt.

Die Familie der digitalen **ZEROTRONIC**-Sensoren mit kapazitivem Messsystem und rein digitaler Signalauswertung, welche sich dadurch auszeichnen, dass die Messwerte dank des digitalen Bussystems auch über grosse Distanzen verlustfrei übertragen werden können. Zudem erlaubt das spezielle Messkonzept, innerhalb gewisser Grenzen, auch „dynamische“ Messungen.

Die Familie der digitalen ZEROTRONIC-Sensoren

Die Sensoren der **ZEROTRONIC-Familie** verfügen über ein kapazitives Messsystem mit rein digitaler Signalauswertung und eine digitale Datenübertragung. Dieser digitale Aufbau ermöglicht es, Temperatureinflüsse zu kompensieren und die Messdaten ohne Verluste über lange Distanzen zu übertragen.

Die Kombination dieser Eigenschaften erlaubt es, höchsten Anforderungen bezüglich Präzision, Auflösung und Temperaturstabilität zu genügen.



ZEROTRONIC-Sensoren

Analoge Sensoren LEVELMATIC 31 und LEVELMATIC C

Bei den **LEVELMATIC**-Sensoren handelt es sich um analoge Sensoren mit analogem Spannungs- / Stromausgangssignal. Der Sensor wurde speziell für den Einbau in Maschinen aller Art entwickelt. Die wetterbeständige, abgedichtete Ausführung mit dem schockresistenten Sensor erlaubt Winkelmessungen unter schwersten Bedingungen. Der Sensor ist einfach zu handhaben und erfordert wenig Instruktionen.

LEVELMATIC 31



LEVELMATIC C

7.1 NEIGUNGSMESSENSENSOREN MIT DIGITALEM AUSGANGSSIGNAL

7.1.1 ZEROTRONIC-SENSOR

Überall dort wo Neigungen, und vor allem Neigungsänderungen, gemessen werden sollen, sind die WYLER ZEROTRONIC-Neigungssensoren in ihrem Element: Es gibt kaum eine Anwendung in der Neigungsmesstechnik, die wir nicht schon zusammen mit einem unserer Kunden und mit unseren Neigungssensoren erfolgreich gelöst haben: Vermessen und Überwachen von Werkzeugmaschinen; Einstellen von Referenzen für Radar-Anlagen; Kalibrierung von Fertigungs-Robotern; Überwachen von Präzisions-Robotern in der Halbleiter-Industrie; Einstellen von Hochgeschwindigkeits-Druckmaschinen; Vermessen von Plattformen auf Schiffen oder in Flugzeugen; Überwachen von Bauteilen aller Arten wie Brücken oder Gebäuden, usw. Dank ihrer robusten Bauweise, ihrer hohen Unempfindlichkeit gegen elektromagnetische Einflüsse und des grossen Temperaturbereichs können die ZEROTRONIC-Sensoren auch für anspruchsvollste Anwendungen eingesetzt werden.



Die Sensoren der ZEROTRONIC-Familie zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Hohe Auflösung und grosse Genauigkeit
- Gute Temperaturstabilität
- Messbereiche von ± 0.5 bis ± 60 Grad
- Synchroner Messwerterfassung mehrerer Sensoren
- Unempfindlich gegen Schockeinwirkungen
- Unempfindlich gegen elektromagnetische Felder

Innerhalb der ZEROTRONIC-Familie stehen 2 Sensor-Typen zur Verfügung, welche leicht unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweisen:

- **ZEROTRONIC Typ 3**
- **ZEROTRONIC Typ C**

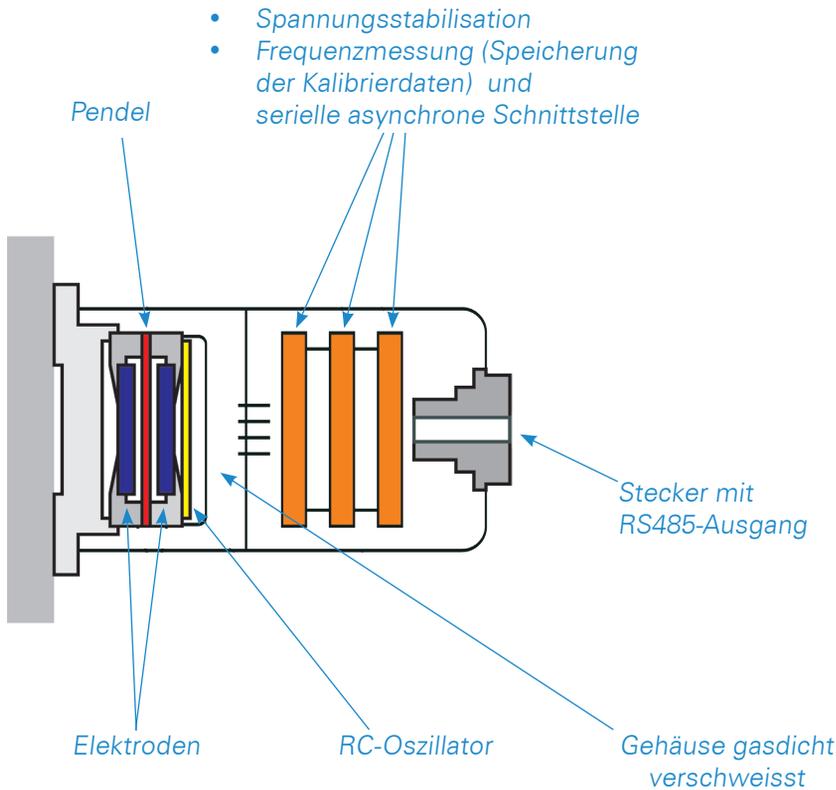
Gemeinsame Eigenschaften der beiden Sensor-Typen:

- Die Dimensionen und die elektrischen Eigenschaften sind identisch
- Das Messelement basiert auf einem Pendel, welches zwischen zwei Elektroden frei schwingen kann. Abhängig von der Neigung des Systems, verändert das Pendel seine Position. Damit verändert sich auch die Kapazität zwischen dem Pendel und den Elektroden. Diese Veränderung wird digital ausgewertet
- Die eigentliche Messzelle ist hermetisch abgedichtet und damit geschützt gegen Feuchtigkeit
- Kalibrierung über den gesamten Messbereich mit Referenzpunkten, welche im EEPROM des Sensors gespeichert werden
- Sensoren sind mit einem Temperatur-Sensor ausgerüstet und temperaturkalibriert. Damit können Temperatureinflüsse sehr gut kompensiert werden



Unterschiede in den Eigenschaften der beiden Sensor-Typen:

- Das Pendel vom ZEROTRONIC Typ 3 ist grösser, womit bei kleinen Neigungen ein deutlich besseres Signal-Rausch-Verhältnis erreicht werden kann. Der ZEROTRONIC Typ 3 ist somit für Präzisions-Mess-Aufgaben besser geeignet
- Die Masse des Pendels des ZEROTRONIC Typ C ist kleiner, womit dieser Sensor stabiler ist, wenn er über längere Zeit in einer geneigten Lage verbleibt
- Die Option für einen analogen Output ist nur beim ZEROTRONIC Typ 3 vorhanden



- Spannungsstabilisation
- Frequenzmessung (Speicherung der Kalibrierdaten) und serielle asynchrone Schnittstelle

Aufbau ZEROTRONIC-Sensor:

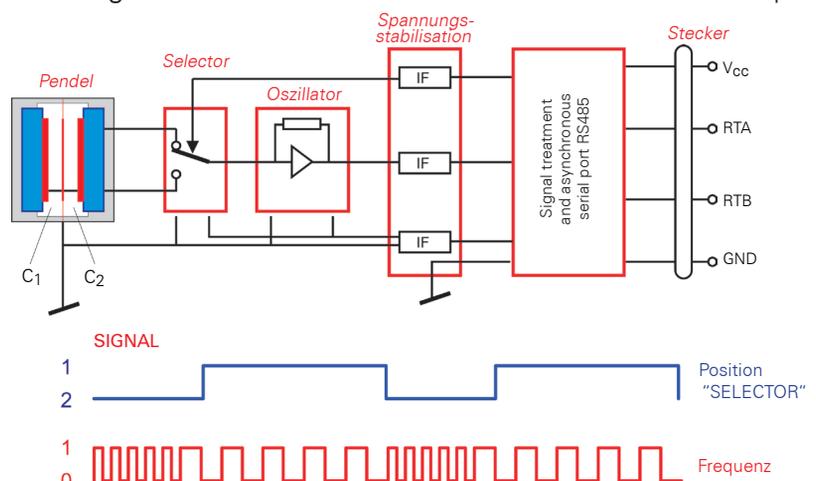
- Sensor mit Pendel an Archimedes-Spiralfeder
- Oszillator
- Spannungsstabilisation
- Frequenzmessung (Speicherung der Kalibrierdaten) und serielle asynchrone Schnittstelle
- Gehäuse mit Befestigungsfuss

7.1.1.1 FUNKTIONS- UND MESSPRINZIP DES ZEROTRONIC-SENSORS

Das an drei Archimedes-Spiralen aufgehängte Pendel ist zwischen zwei Elektroden gelagert. Je nach Lage des Messgerätes wird das Pendel aus seiner Grundstellung ausgelenkt und verändert dadurch die Kapazität zwischen dem Pendel einerseits, und den beiden Elektroden andererseits. Diese Kapazitäten werden von einem RC-Oszillator in Frequenzen umgeformt. Die Frequenzen, bzw. die Differenz oder das Verhältnis der beiden Frequenzen, bilden das primäre Signal für den Neigungswinkel (Das Messprinzip sowie der Aufbau ist in den meisten Ländern patentrechtlich geschützt).

Die mechanische **Dämpfung des Pendels** erfolgt idealerweise durch Gase; bei WYLER wird Stickstoff verwendet. Die Viskositätsänderung von Gasen im Temperaturbereich von -40 °C bis +70 °C ist minimal, so dass die Dämpfung, im Gegensatz zu Flüssigkeiten, praktisch temperaturunabhängig ist. Die Optimierung der Dämpfung wird durch das Verhältnis der Pendelfläche zur Grösse der Schlitze der Archimedes-Spirale sichergestellt. Die mathematische Dämpfung erfolgt durch die Integration über Zeitintervalle und ist mit der Messzeit fast beliebig steuer- und verstellbar.

Entsprechend der jeweils aktiven Elektrode erzeugt ein RC-Oszillator eine der Elektroden-Pendel-Kapazität entsprechende Frequenz im Bereich von 250'000 bis 350'000 Hz. Durch eine alternierende Zuschaltung der beiden Elektroden an den Oszillator über einen Selector wird sichergestellt, dass durch den Einsatz von nur einem Oszillator die Temperatur einen relativ geringen Einfluss hat. Diese Konfiguration zeigte sich hinsichtlich Langzeitstabilität gegenüber herkömmlichen Methoden als ideal. Durch die Anordnung des Oszillators in unmittelbarer Nähe der Elektroden, tragen die sehr kurzen und stabilen Verbindungen zu den ausgezeichneten Eigenschaften bei.



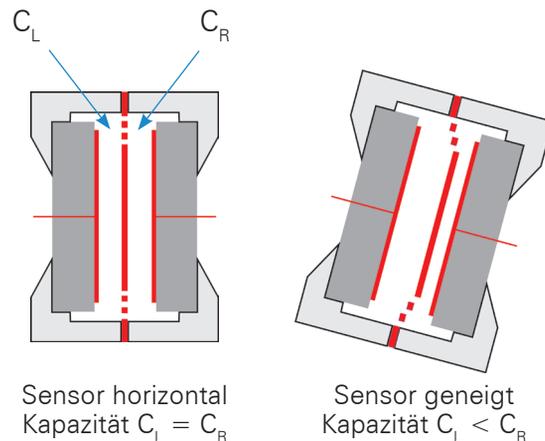
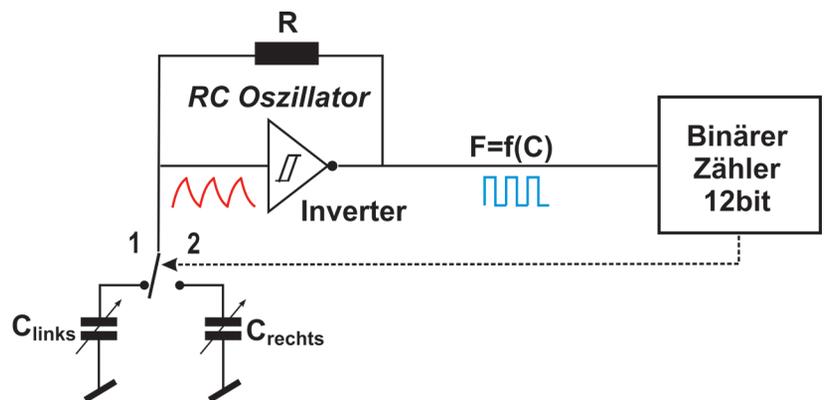
Der **Frequenz-Hub von ca. 100'000 Hz** ist dafür verantwortlich, dass auch bei hohen Messraten (Anzahl Messungen pro Sekunde) eine sehr gute Auflösung erzielt werden kann. Bisher stand üblicherweise am Ausgang eine Spannung von ± 2 Volt zur Verfügung. Der daraus resultierende Messbereich von ± 2000 Einheiten war speziell für grössere Winkelbereiche hinsichtlich Auflösung nicht ausreichend. Dank der Möglichkeit, die Sensoren mittels Stützpunktverfahren zu kalibrieren, lässt die Linearität auch bei grösseren Messbereichen keine Wünsche mehr offen.

Die hohe Stabilität und Genauigkeit der ZEROTRONIC-Sensoren basiert unter anderem darauf, dass nur ein einziger Oszillator verwendet wird, welcher über einen SELECTOR abwechselnd auf die beiden Elektroden geschaltet wird. Damit lassen sich Temperatureinflüsse minimieren und die Langzeitstabilität optimieren.

Die Frequenzunterschiede der beiden Schwingkreise werden digital ermittelt und daraus die Neigung berechnet. Dank diesem Konzept resultiert ein optimales Signal-Rausch-Verhältnis womit sich die Neigung sehr genau bestimmen lässt.

7.1.1.2 WIE FUNKTIONIERT DER RC-OSZILLATOR ZUSAMMEN MIT DEM PENDELSYSTEM?

Die beiden Elektrodenseiten, bestehend aus Elektrode und Membrane, sind abwechselungsweise Teil des RC-Oszillators, der je nach Neigung des Sensors, bzw. Auslenkung der Membrane, eine Frequenz im Bereich von 250'000 bis 350'000 Hz erzeugt.



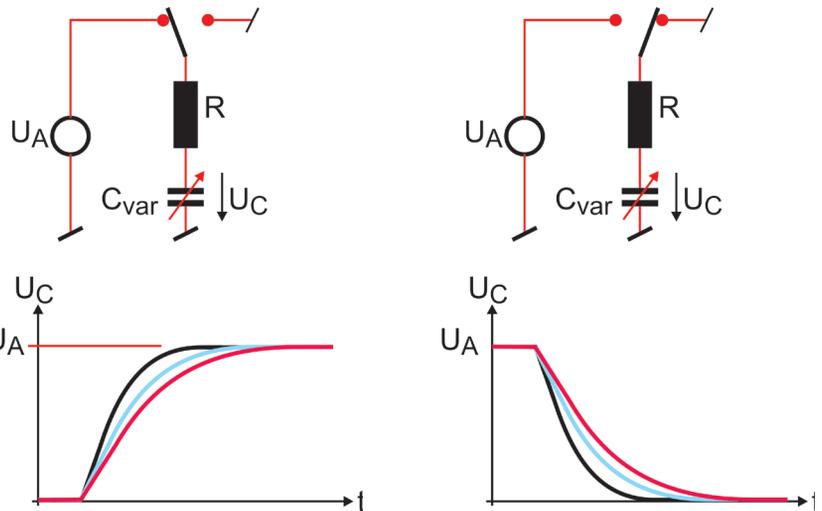
Die Frequenzänderung entsteht durch die Änderung der Kapazitäten links und rechts, die durch die Auslenkung der Membrane begründet ist. Wird die Distanz zwischen Membrane und Elektrode kleiner, so steigt die Kapazität umgekehrt proportional zur Distanz an und umgekehrt.

$$C = \frac{\epsilon_r \times \epsilon_0 \times A}{X}$$

- A: Fläche der Elektrode
- X: Abstand Elektrode zu Membrane
- ϵ : Dielektrizitätszahl

Wird eine Spannung U_A an einen Kondensator angelegt, so wird dieser solange geladen, bis $U_A = U_C$.

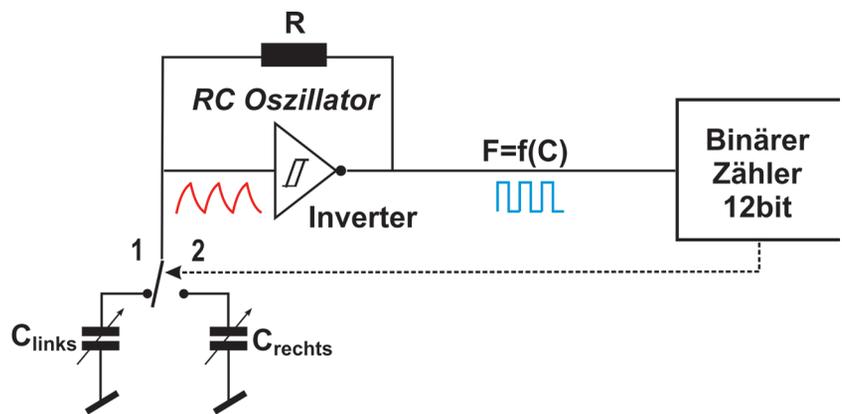
Die Lade- sowie die Entladezeit ist abhängig von der Grösse der Kapazität des Kondensators.



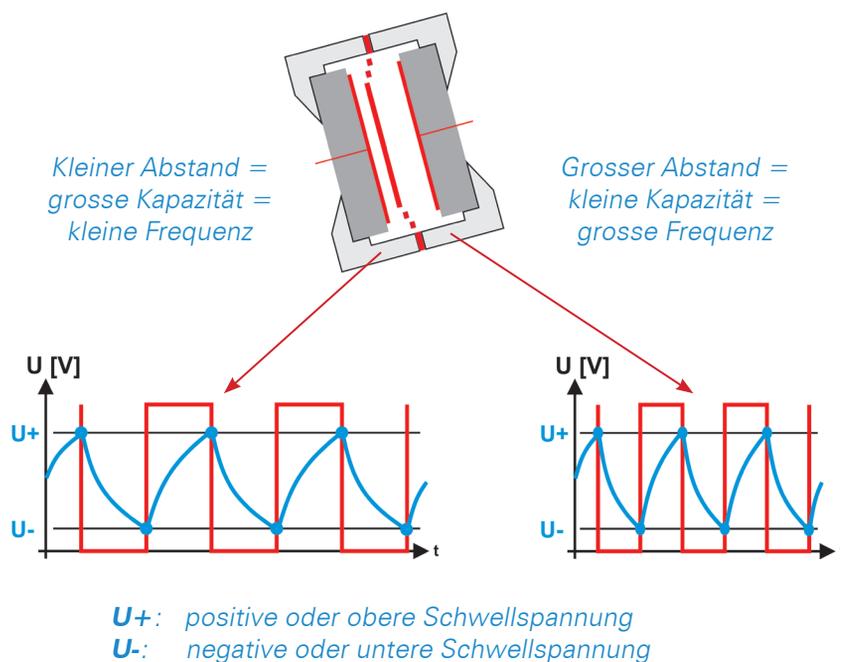
schwarze Kurve: kleine Kapazität
rote Kurve: grosse Kapazität

Beim Laden, bzw. Entladen des Kondensators wird beim Erreichen der oberen, bzw. der unteren Schwellspannung der Entlade-, bzw. Ladevorgang eingeleitet.

Dadurch wird eine Rechteck-Frequenz sichtbar, die über einen sogenannten Inverter erzeugt wird. Jeder Lade- und Entladevorgang entspricht der Periodendauer der Frequenz F . Über einen binären 12 bit-Zähler wird die Umschaltung von der linken zur rechten Elektroden-seite eingeleitet und umgekehrt.



Die Abbildung rechts zeigt den Zusammenhang zwischen der Neigung des Sensors, dem entsprechenden Abstand zwischen Elektrode und Membrane, sowie der daraus resultierenden Frequenz sehr übersichtlich.



NEIGUNG DES SENSORS - AUSLENKUNG DER MEMBRANE - VERLAUF DER FREQUENZ



Keine Neigung
Kapazität links = Kapazität rechts

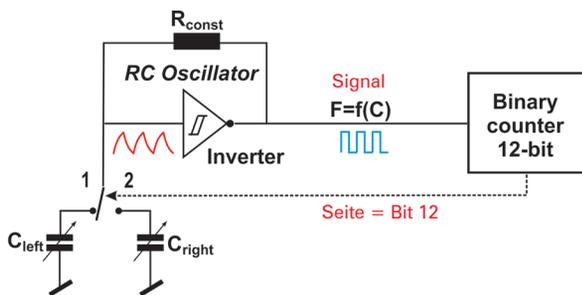


Positive Neigung
Kapazität links > Kapazität rechts

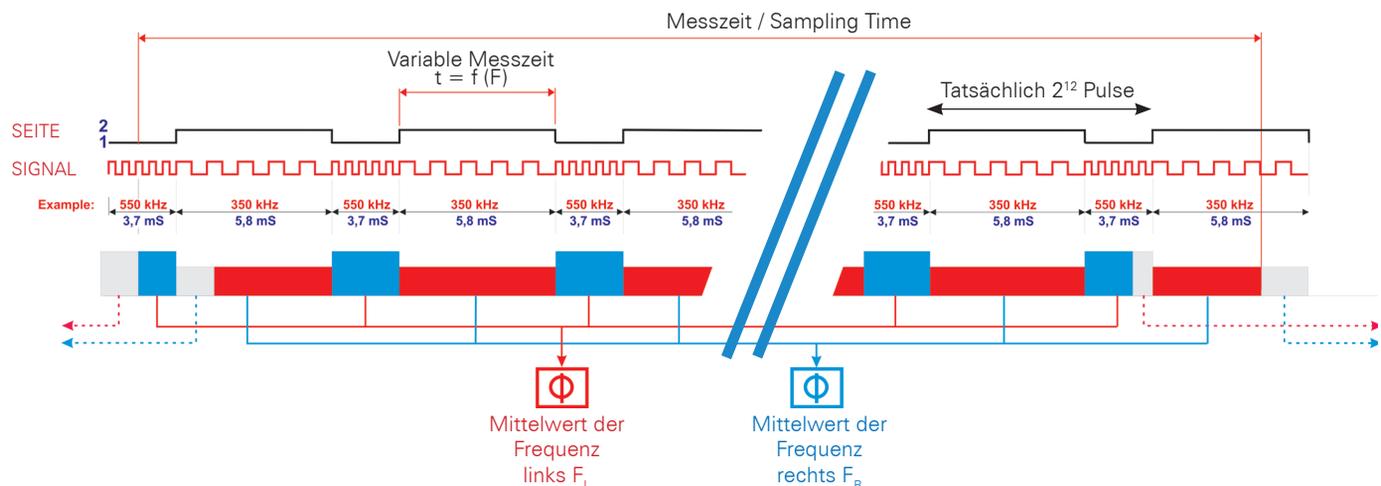


Negative Neigung
Kapazität links < Kapazität rechts

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN MESSZEIT (SAMPLING TIME) UND VARIABLER MESSZEIT DES SENSORS



„Bit 12“ bildet das Seiten-Signal. Pro Seite werden deshalb nur 2^{11} Pulse gezählt.



$$\text{Neigung} = f(F) = \frac{\phi \text{ Frequenz links } F_L}{\phi \text{ Frequenz rechts } F_R}$$

Zeiten gemäss obiger Darstellung

Linke Seite S1:
 $F = 550'000 \text{ Hz: } t_1 = \frac{1}{550'000 \text{ Hz}} \times \frac{4096}{2} = 3,7 \text{ ms}$

Rechte Seite S2:
 $F = 350'000 \text{ Hz: } t_2 = \frac{1}{350'000 \text{ Hz}} \times \frac{4096}{2} = 5,8 \text{ ms}$

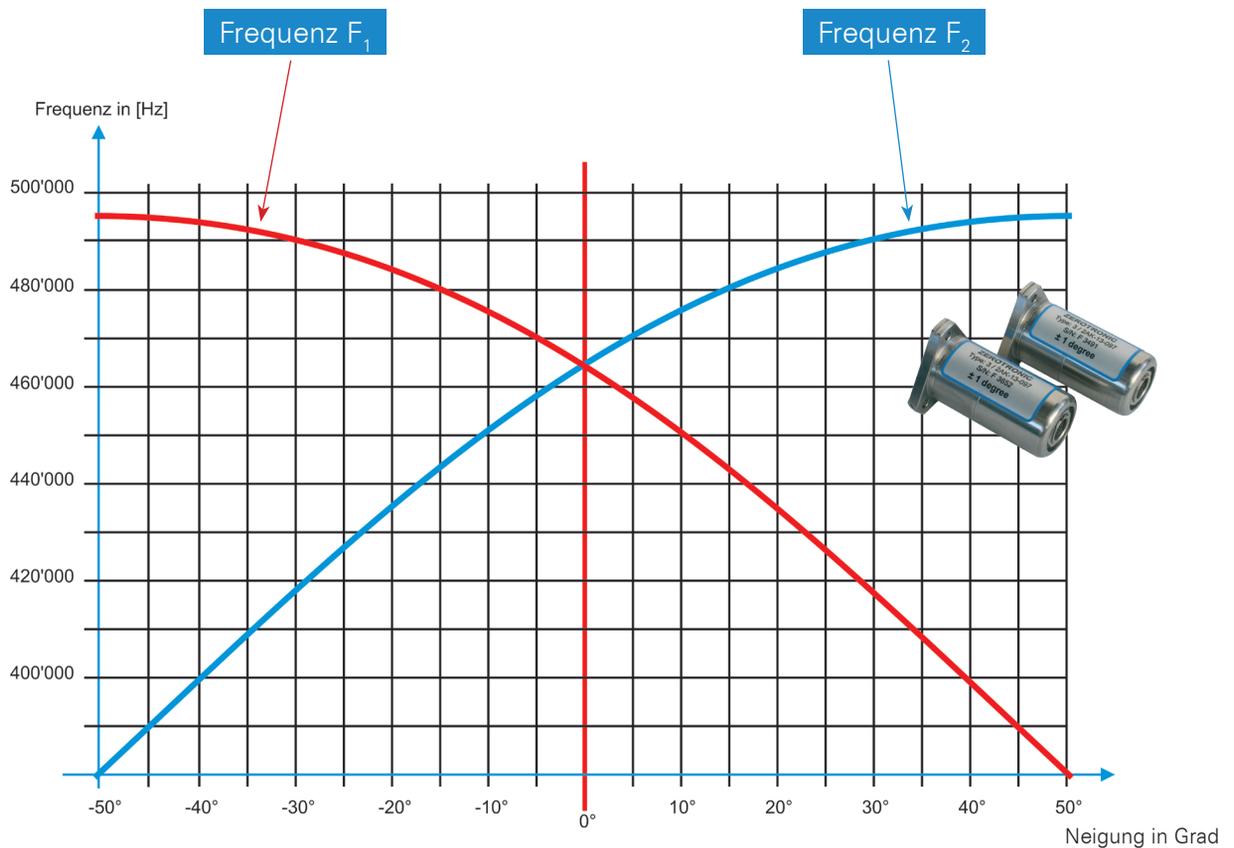
Messzeit / Sampling Time:

$$t_{\max} = 8 \text{ Sekunden}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ ms (abhängig von der Baudrate)}$$

7.1.1.3 KALIBRIERUNG DER SENSOREN

TYPISCHER FREQUENZVERLAUF BEI EINEM DIGITALEN SENSOR



ABLAUF EINER KALIBRIERUNG VON DIGITALEN SENSOREN

Jeder einzelne Sensor wird individuell kalibriert über den ganzen Messbereich und den ganzen Temperaturbereich, über den der Sensor eingesetzt wird. Die Kalibrierwerte werden als Referenzpunkte im EEPROM des Sensors abgespeichert.

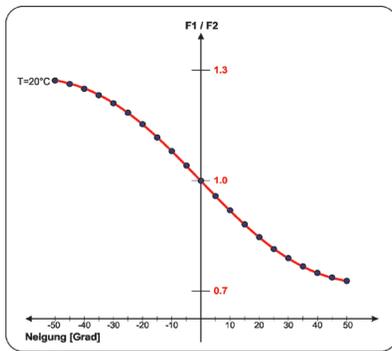
Es stehen zwei verschiedene Temperatur-Kalibrierungen zur Auswahl:

Die **Standard Temperatur-Kalibrierung** ist optimal für Sensoren, welche in einem Labor oder einer Werkstatt eingesetzt werden: Temperaturen um 20 °C und nur langsame Temperatur-Änderungen.

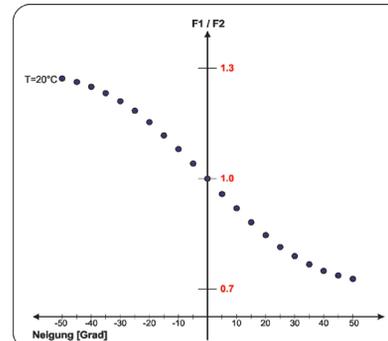
Die **HTR-Kalibrierung (High temperature range)** ist optimiert für jene Sensoren, welche draussen eingesetzt werden. Diese Sensoren werden bei mehreren Temperaturen kalibriert, wodurch sichergestellt wird, dass die Sensoren über den ganzen Temperaturbereich des Sensors von -40 °C bis +85 °C optimal funktionieren. Dank der erweiterten und aufwendigeren Temperatur-Kalibrierung weisen die HTR-Sensoren einen wesentlich kleineren Temperatur-Koeffizienten aus: Dieser beträgt nur 1/5 des Wertes bei einer Standard Temperatur-Kalibrierung (siehe auch → technische Spezifikationen).

Die Sensoren werden auf einer hochpräzisen Kalibrieranlage wie folgt kalibriert:

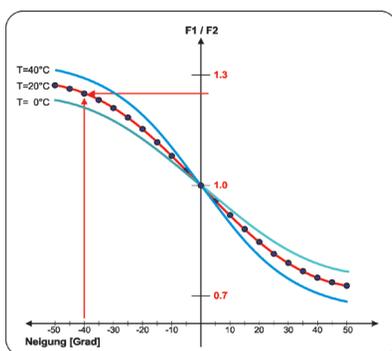
1. Schritt: Grundkalibrierung bei 20 °C mit sogenannten Stützpunkten, die je nach Messbereich unterschiedlich sind.
2. Schritt: Neben der Grundkalibrierung werden weitere Kalibrierungen bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt.
3. Schritt: Die Kalibrierung wird hinsichtlich Abweichungen der Kalibrierpunkte von den Sollwerten überprüft.



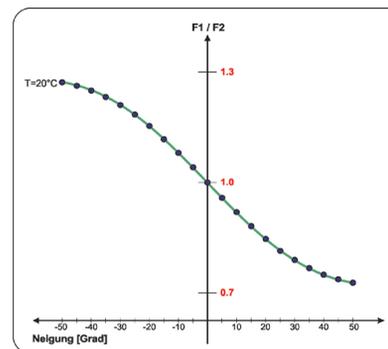
*Anzahl Stützpunkte:
abhängig vom Messbereich des Sensors*



*Die Kalibrierpunkte werden im Sensor
gespeichert*



*Es folgt die Kalibrierung bei
weiteren Temperaturen*



*Die Werte zwischen den Kalibrierpunkten
werden mittels Interpolation ermittelt*

DYNAMISCHE EIGENSCHAFTEN DER ZEROTRONIC-SENSOREN

Neigungssensoren sind eigentlich hochempfindliche Beschleunigungssensoren mit welchen die Abweichung zur Gravitation gemessen wird. Jede nicht-konstante Bewegung erzeugt ihrerseits Beschleunigungen, welche auf einen Neigungssensor einwirken: Je stärker diese externen Beschleunigungskomponenten, desto kleiner die resultierende Genauigkeit der Neigungsmessung.

Neigungsmessung an sich bewegenden Objekten ist grundsätzlich möglich, wenn diese physikalischen Parameter berücksichtigt werden.

Beispiele von Anwendungen, welche **gut funktionieren**:

- Roll-Messungen an einer Werkzeugmaschine, welche gleichförmig entlang einer Achse verschoben wird.
- Neigungsmessung auf einem Schiff, welches im ruhigen Hafenwasser liegt.
- Neigungsmessung an einem Container, welcher angehoben wird.

Durch Anpassung von Messgeschwindigkeit und Integrationszeit kann die Genauigkeit optimiert werden.

Beispiele von Anwendungen, welche **nicht funktionieren**:

- Neigungsmessung an einem fahrenden Zug in der Kurve (Coriolis-Beschleunigung ist zu gross)
- Neigungsmessungen an einem Schiff auf hoher See (Beschleunigungen durch Seegang sind zu hoch)

7.1.1.4 Wichtigste Spezifikationen der ZEROTRONIC-Sensoren

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN	ZEROTRONIC 3			
Messbereich	±0.5°	±1°	±10°	±30°
Fehlergrenze innerhalb von 24 Stunden ($T_A = 20^\circ\text{C}$)				
• NULLPUNKT (Drift)	0.070% M_E = 1.26 arcsec	0.050% M_E = 1.8 arcsec	0.015% M_E = 5.4 arcsec	0.010% M_E = 10.8 arcsec
Fehlergrenze innerhalb von 6 Monaten ($T_A = 20^\circ\text{C}$)				
• NULLPUNKT (Drift)	0.170% M_E = 3.06 arcsec	0.140% M_E = 5.04 arcsec	0.055% M_E = 19.8 arcsec	0.030% M_E = 32.4 arcsec
• VERSTÄRKUNG	0.250% M_W	0.250% M_W	0.060% M_W	0.050% M_W
• Sockelbetrag	+ 1 arcsec	+ 1.5 arcsec	+ 3.6 arcsec	+ 5.4 arcsec
Temperaturkoeffizient / °C (Ø10°C) (-40°C ≤ T_A ≤ 85°C)				
• NULLPUNKT (Drift)	0.060% M_E = 1.08 arcsec	0.040% M_E = 1.44 arcsec	0.008% M_E = 2.88 arcsec	0.005% M_E = 5.40 arcsec
• VERSTÄRKUNG	0.200% M_W	0.200% M_W	0.030% M_W	0.020% M_W
• Sockelbetrag, wenn $T_A < 10^\circ\text{C}$ or $T_A > 30^\circ\text{C}$	+ 2 arcsec	+ 3 arcsec	+ 6 arcsec	+ 6.5 arcsec

M_E = Messbereichsendwert (hauptsächlich Drift bezogen)

M_W = Messwert (hauptsächlich auf Verstärkung bezogen)

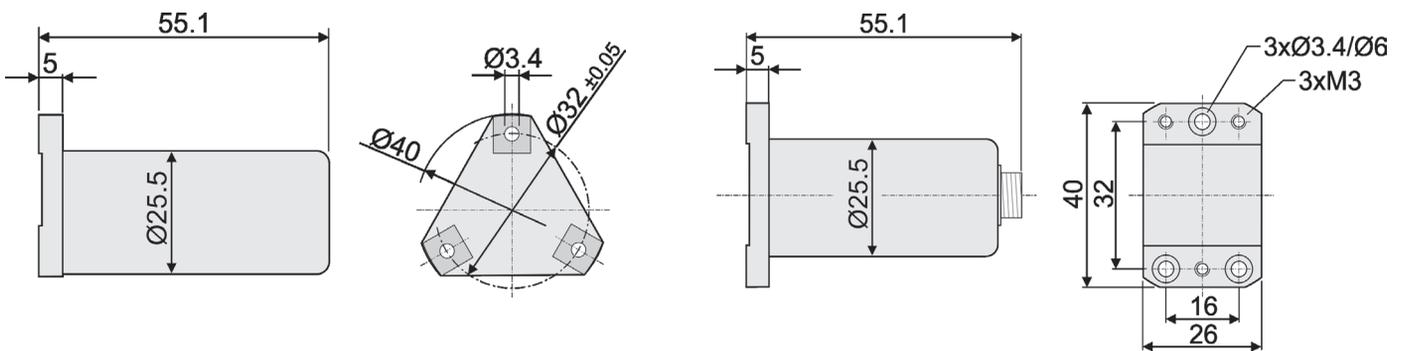
T_A = Umgebungstemperatur

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN	ZEROTRONIC C			
Messbereich	±10°	±30°	±45°	±60°
Fehlergrenze innerhalb von 24 Stunden ($T_A = 20^\circ\text{C}$)				
• NULLPUNKT (Drift)	0.015% M_E = 5.4 arcsec	0.008% M_E = 8.64 arcsec	0.005% M_E = 8.1 arcsec	0.005% M_E = 10.8 arcsec
Fehlergrenze innerhalb von 6 Monaten ($T_A = 20^\circ\text{C}$)				
• NULLPUNKT (Drift)	0.085% M_E = 30.6 arcsec	0.050% M_E = 54.0 arcsec	0.040% M_E = 64.8 arcsec	0.035% M_E = 75.6 arcsec
• VERSTÄRKUNG	0.080% M_W	0.030% M_W	0.030% M_W	0.027% M_W
• Sockelbetrag	+ 4 arcsec	+ 6 arcsec	+ 10 arcsec	+ 12 arcsec
Temperaturkoeffizient / °C (Ø10°C) (-40°C ≤ T_A ≤ 85°C)				
• NULLPUNKT (Drift)	0.011% M_E = 3.96 arcsec	0.005% M_E = 5.4 arcsec	0.008% M_E = 8.1 arcsec	0.005% M_E = 8.64 arcsec
• VERSTÄRKUNG	0.015% M_W	0.020% M_W	0.025% M_W	0.030% M_W
• Sockelbetrag, wenn $T_A < 10^\circ\text{C}$ or $T_A > 30^\circ\text{C}$	+ 6.5 arcsec	+ 7 arcsec	+ 11 arcsec	+ 14 arcsec

TECHNISCHE DATEN ZEROTRONIC-SENSOR

ZEROTRONIC-Sensor Typ 3 ZEROTRONIC-Sensor Typ C

Leistungsaufnahme ZEROTRONIC-Sensoren		ca. 70 mW	ca. 100 mW
Speisung	Sensor	5 V ±10%	5V ±10%
Digitaler Ausgang		RS 485 / asynchr. , 7 DataBits, 2 StopBits, no parity	
	Baudrate (automatic adjustment)	2'400 ... 115'000	9'600 ... 57'600
Analogausgang PWM		0.5 V ... 2.5 V ... 4.5 V @ 5 V Supply	-----
Betriebstemperatur		-40 °C bis +85 °C	
Lagertemperatur		-55 °C bis +95 °C	
Netto-Gewicht Sensor		118 g	100 g
Schockbeständigkeit		40g (11ms) / 2000g (1ms) / IEC 60068-2-27	



Kundenspezifische Lösung mit ZEROTRONIC-Sensoren in speziellen Aufnahmen, mit BlueTC's zur Übermittlung der Messdaten über Funk

7.1.1.5 KUNDENSPEZIFISCHE ANWENDUNGEN MIT ZEROTRONIC-SENSOREN



Die ZEROTRONIC-Sensoren sind sehr kompakt gebaut. Trotzdem ist es oft notwendig den Sensor in noch eingeschränkteren Platzverhältnissen einzubauen. Dank des **modularen Aufbaus** können spezielle Lösungen definiert werden.

Das Beispiel links zeigt eine Messsonde mit zwei ZEROTRONIC-Sensoren, die übereinander in einer zylindrischen Form eingebettet sind. Dabei sind die Mechanik- und die Elektrikeinheit voneinander getrennt und übereinander angeordnet. Der eine Sensor ist für die Messwerterfassung in X-Richtung, der andere Sensor für die Y-Richtung ausgelegt.

Beide Sensoren werden über ein gemeinsames elektrisches Interface gespeist und mit dem RS485 Bus verbunden.

Ein weiteres Beispiel zeigt einen ZEROTRONIC-Sensor, der in eine spezielle Halterung eingebaut und auf einer Standardbasis WYLER montiert ist. Bei dieser Anwendung wird der Sensor wie ein Handmessgerät eingesetzt.

Die Messdaten können über ein BlueMETER SIGMA ausgelesen werden oder mit den Software-Produkten

- **wylerSPEC**
- **wylerCHART**
- **wylerDYNAM**

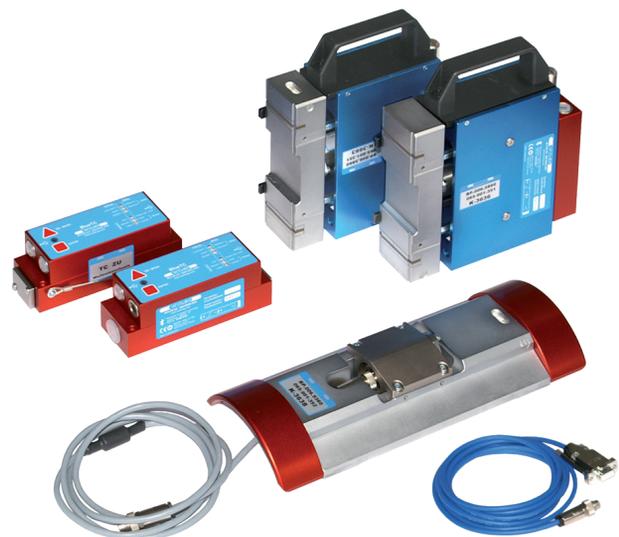
auf einem PC/Laptop weiter verarbeitet werden.



Wenn der 2D-Sensor unter kritischen Umgebungsbedingungen funktionieren soll, kann ein Gehäuse, wie auf nebenstehendem Bild, benutzt werden. Erfüllt speziell hohe EMV Anforderungen. Lieferbar mit galvanisch getrennter Speisung.

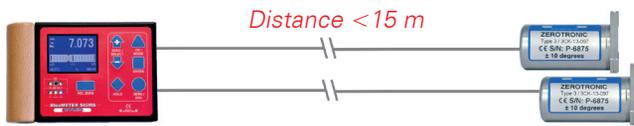
Eine Stärke der Firma WYLER AG

Kundenspezifische Lösung mit ZEROTRONIC-Sensoren in speziellen Aufnahmen, mit BlueTC's zur Übermittlung der Messdaten über Funk.

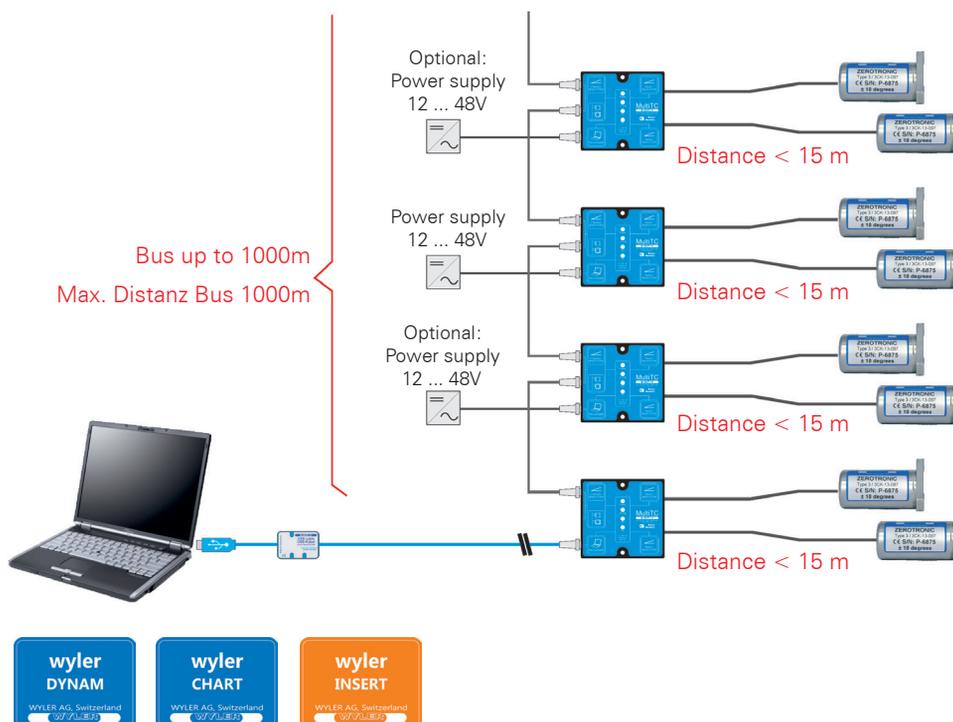
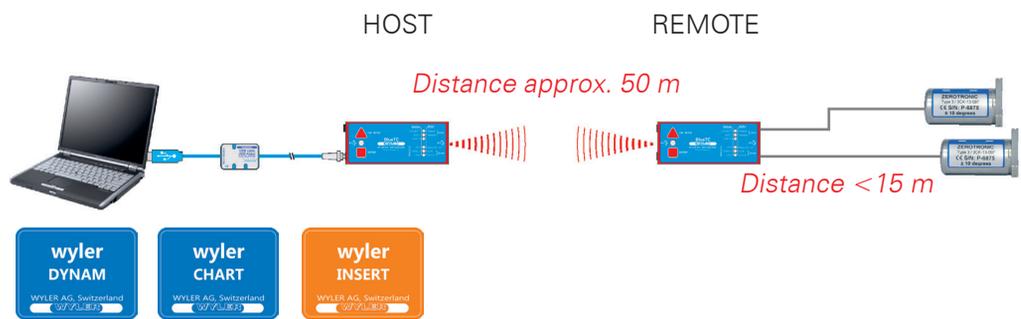
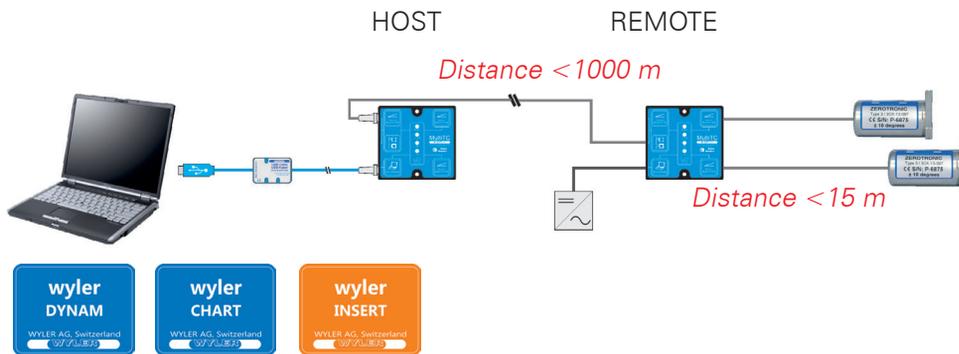


Die Beispiele zeigen, dass der **ZEROTRONIC-Sensor** sehr **flexibel und individuell** eingesetzt werden kann. Unsere Ingenieure sind gerne bereit, Sie auch bei solchen speziellen Anwendungen zu beraten und Ihnen eine auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittene Lösung zu offerieren.

7.1.1.6 STANDARD-KONFIGURATIONEN FÜR ZEROTRONIC-SENSOREN



ZEROTRONIC-Sensoren direkt an ein BlueMETER SIGMA angeschlossen.



7.1.2 MULTI TC (TRANSCEIVER/CONVERTER)

Der MultiTC ist ein Interface, um WYLER-Sensoren (ZEROTRONIC oder ZEROMATIC) mit einem Laptop verbinden zu können.

- Der MultiTC erlaubt es, auf einfache Art angeschlossene Sensoren zu speisen; entweder über den USB-Port des Laptops oder über ein separates 24 V-Netzgerät.
- Über eine RS232- oder eine USB-Schnittstelle ist es möglich, mit Hilfe des MultiTC, die Messwerte der Sensoren an einen Laptop mit einem der WYLER-Messprogramme wylerSPEC, wylerCHART oder wylerDYNAM weiterzuleiten.
- Der MultiTC ist kaskadierbar, das heisst, es können mehrere MultiTCs hintereinandergeschaltet werden, womit auch weitläufige Systeme mit mehreren Sensoren einfach konfiguriert werden können.
- Mit Baudraten von bis zu 57'600 bps ermöglicht der MultiTC eine schnelle Datenerfassung.
- Dank vier LEDs kann der Status der Kommunikation und der Stromversorgung einfach überwacht werden.

TECHNISCHE DATEN MULTI TC	
Externe Stromversorgung	+ 5 V DC, max. 450 mW (USB) oder 12-48 V DC (externe Stromversorgung)
Format der Übertragung	RS232 / RS485, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 57'600 bps
Dimensionen	L x W x H 68 x 64 x 23mm
Betriebstemperatur	0 ... + 40 °C
Lagertemperatur	0 ... + 70 °C
Netto-Gewicht	190 gr

Vorteile gegenüber dem BlueMETER SIGMA:

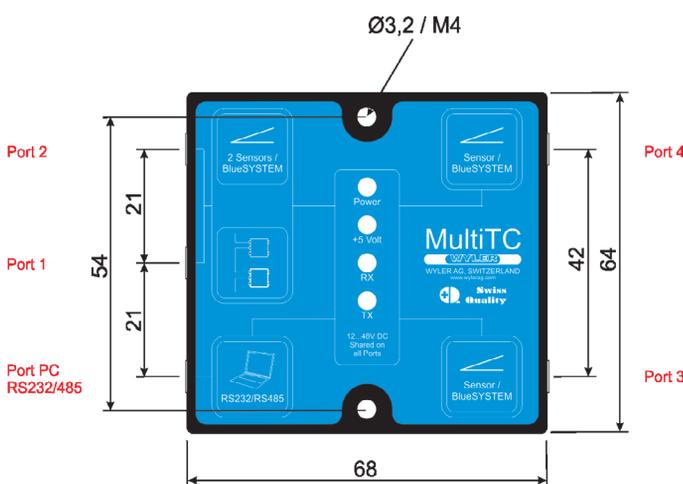
- Einfache Konfiguration
- Kostengünstig

Nachteile gegenüber dem BlueMETER SIGMA:

- Keine Anzeige der Messwerte von Messgerät [A] und Messgerät [B]
- Umadressierung der Messgeräte nicht möglich
- Ein PC mit der Software **wylerSPEC**, **wylerCHART** oder **wylerDYNAM** muss verfügbar sein

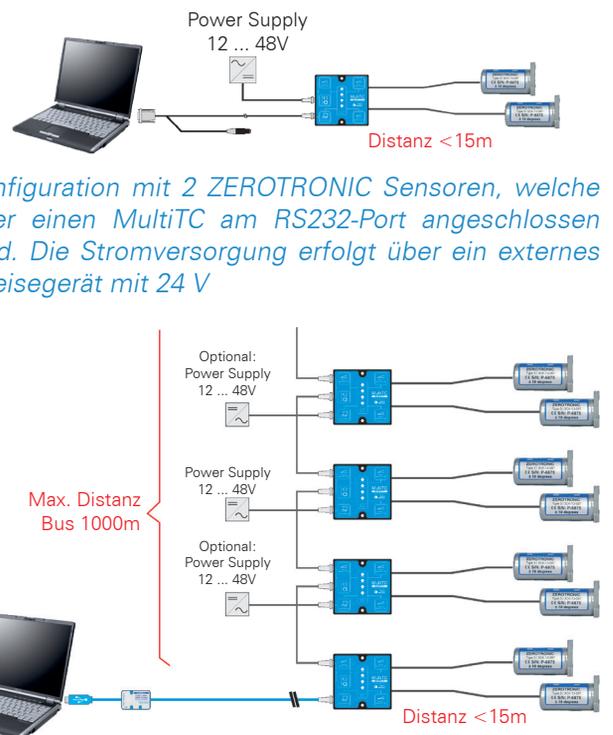


ABMESSUNGEN DES MULTI TC



Konfiguration mit 8 ZEROTRONIC-Sensoren, welche mittels vier MultiTC an einen RS232- oder einen USB-Port angeschlossen sind. Die Stromversorgung erfolgt mittels einer oder mehreren 24V-Stromversorgungen.

MÖGLICHE KONFIGURATIONEN MULTI TC



7.1.3 BlueTC (TRANSCEIVER/CONVERTER)



Der BlueTC mit Datenübertragung per Funk. Über eine RS232/485-Schnittstelle ist es möglich, die Messwerte an einen PC/LAPTOP oder ein anderes Ausgabegerät sowie an die WYLER-Messprogramme wylerSPEC oder an eine andere Messsoftware wie wylerCHART oder wylerDYNAM weiterzuleiten.

Vorteile gegenüber dem BlueMETER SIGMA im Verbund mit den Messgeräten BlueLEVEL:

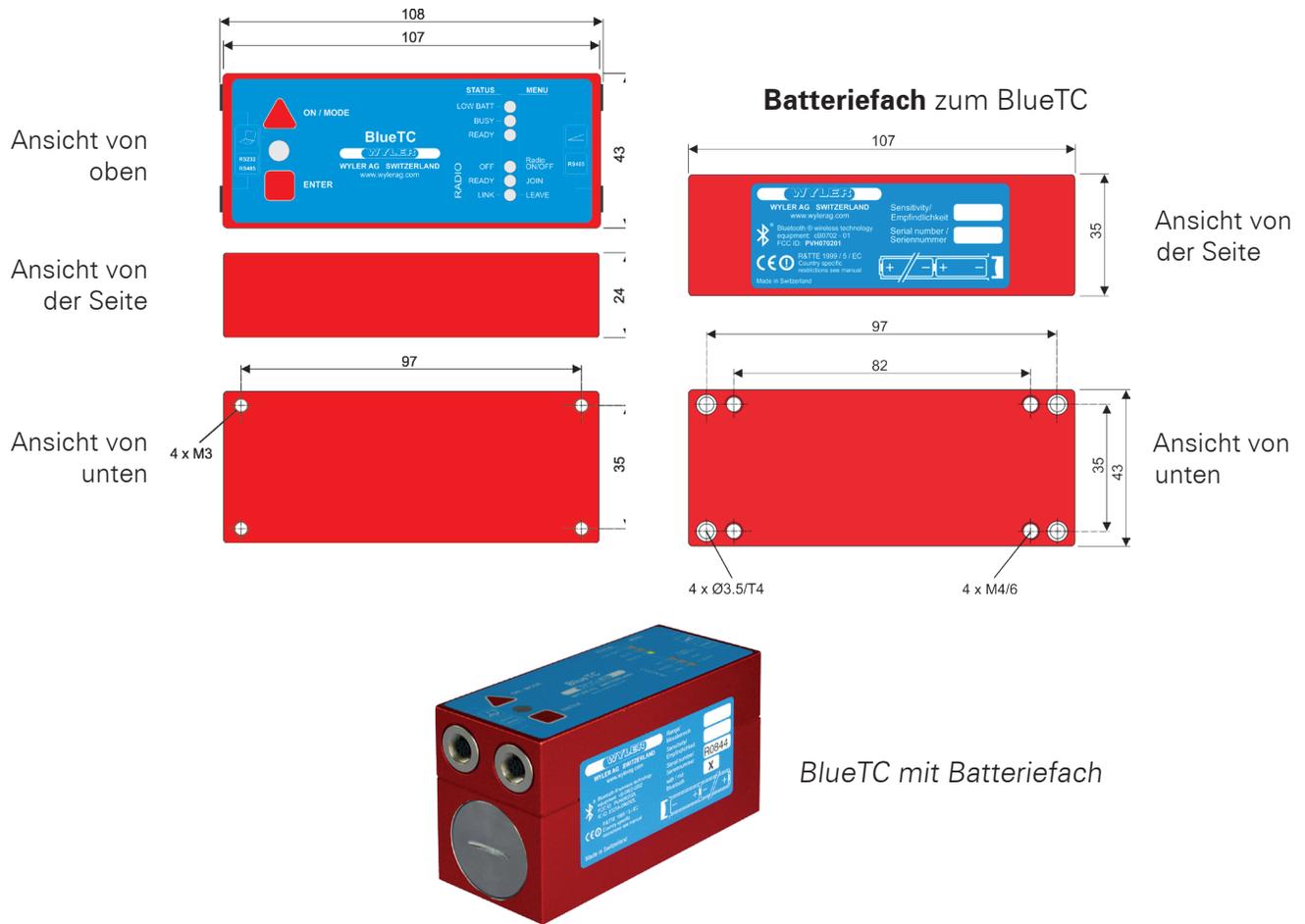
- Einfache Konfiguration; BlueTC dient lediglich als Interface zwischen den Messgeräten und dem PC / Laptop
- Kosten (Version mit drahtloser Übermittlung der Daten)

Nachteile gegenüber dem BlueMETER SIGMA im Verbund mit den Messgeräten BlueLEVEL:

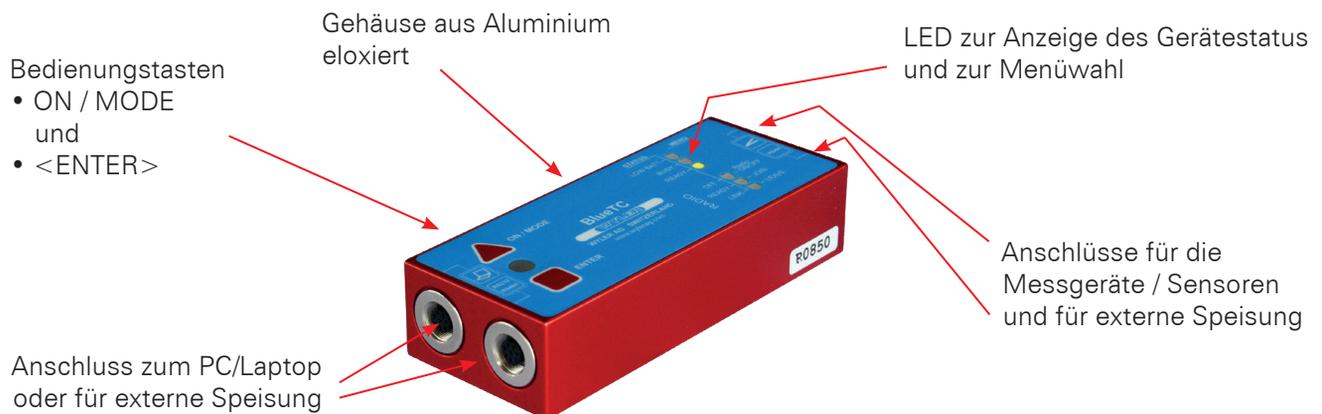
- Keine Anzeige der Messwerte von Messgerät [A] und Messgerät [B]
- Menüführung etwas weniger umfangreich und übersichtlich, da kein Display verfügbar ist

TECHNISCHE DATEN		BlueTC
Externe Stromversorgung	+ 5 V DC, max. 450 mW (Pin 3) 8 ... 28 V DC (Pin 1)	
Übertragungsformat	RS232 / RS485, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 Baud	
Betriebstemperatur	0 ... +40 °C	
Lagertemperatur	-20 ... +70 °C	
Abmessungen ohne Batterie-Pack	Länge	108 mm
	Breite	43 mm
	Höhe	24 mm
Abmessungen inkl. Batterie-Pack	Länge	108 mm
	Breite	43 mm
	Höhe	59 mm

ABMESSUNGEN DES BLUETC UND DES BATTERIEFACHS



DER BLUETC IM ÜBERBLICK



7.1.4 ZEROTRONIC-SENSOR MIT ANALOGEM AUSGANGSSIGNAL (STROMSCHLAUFE)

Der ZEROTRONIC-Sensor hat einen digitalen Ausgang. Um diesen Sensor trotzdem in eine analoge Messauswertung einbinden zu können, stellen wir ein separates Interface mit Stromschleife (4-20 mA) zur Verfügung. Dieses Interface ist jedoch nur mit dem ZEROTRONIC TYP 3 kompatibel.

Die Neigung kann auch mittels Stromschleife auf eine Standard-AD-Wandlertarte (PC-seitig) übertragen werden (nur für ZEROTRONIC Typ 3).

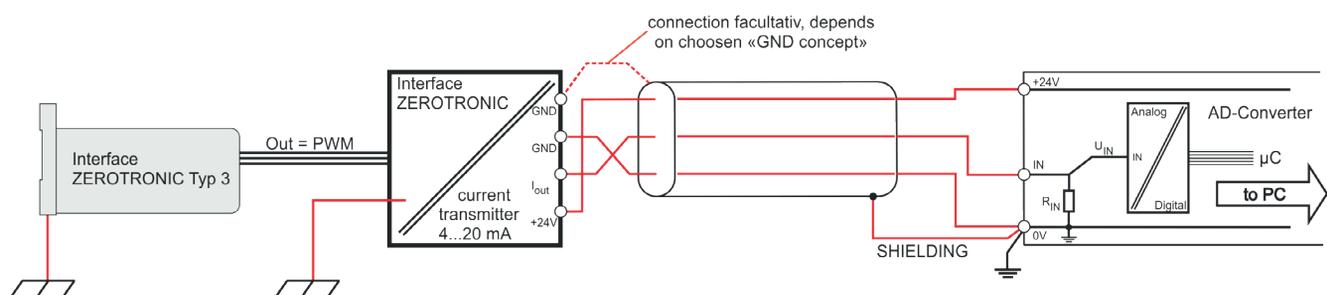
Stromschleife 4...20 mA für ZEROTRONIC 3



SPEZIFIKATIONEN	Current Transmitter for ZEROTRONIC 3 Stromschleife für ZEROTRONIC 3		
Messzeit (einstellbar durch den Benutzer)	7.5 msec	75 msec	750 msec
Genauigkeit (abhängig von der gewählten Messzeit)	LOW TIEF	MEDIUM MITTEL	HIGH HOCH
Stromausgang + Anzeigebereich Null - Anzeigebereich		20 mA 12 mA 4 mA	
Nullpunkt bei 20°C	nominal 12.0 mA, ±4 ‰		
Gain von -45°C ... +85°C	max. +1.0 nA/°C		
Gain-Spanne (-M _E ... +M _E) von -45°C ... +85°C	nominal 16.0mA, ±5 ‰		
Messbereich (ZEROTRONIC)	± 1°	± 10°	± 30°
Anzeigebereich(ZEROTRONIC)	± 2°	± 10.5°	± 33°
Ausgang Strom /°	4 mA	0.7619 mA	0.2424 mA
Stromversorgung	18 ... 36 V DC 50 mA at/bei 24 V		

M_E = Messbereichsendwert

Connection to current interface



7.1.5 SPEZIALANWENDUNGEN MIT ZEROTRONIC-SENSOREN



Die ZEROTRONIC-Sensoren sind sehr kompakt gebaut. Trotzdem ist es oft notwendig den Sensor in noch eingeschränkteren Platzverhältnissen einzubauen. Dank des **modularen Aufbaus** können spezielle Lösungen definiert werden.

Das Beispiel links zeigt eine Messsonde mit zwei ZEROTRONIC-Sensoren, die übereinander in einer zylindrischen Form eingebettet sind. Dabei sind die Mechanik- und die Elektrikeinheit voneinander getrennt und übereinander angeordnet. Der eine Sensor ist für die Messwerterfassung in X-Richtung, der andere Sensor für die Y-Richtung ausgelegt.

Beide Sensoren werden über eine gemeinsame elektrische Schnittstelle gespiesen und mit dem RS 485 Bus verbunden.

*Zwei ZEROTRONIC-Module in Serie geschaltet.
Ein Sensor misst die X-, der andere Sensor die Y-Achse.*

Aussendurchmesser des Stahlzylinders < Ø 35 mm

Ein weiteres Beispiel zeigt einen ZEROTRONIC-Sensor, der in eine spezielle Halterung eingebaut und auf einer Standardbasis WYLER montiert ist. Bei dieser Anwendung wird der Sensor wie ein Handmessgerät eingesetzt. Die Messdaten können über ein LEVELMETER 2000 oder ein BlueMETER, resp. ein BlueMETER BASIC ausgelesen werden oder mit den Software-Produkten

- DYNAM
- LEVELSOFT PRO
- MT-SOFT
- LabEXCEL

auf einem PC/Laptop weiter verarbeitet werden.



Das nebenstehende Beispiel zeigt einen 2D-Sensoraufbau mit einer Aufnahme für die Befestigung an einer vertikalen Spindel einer Werkzeugmaschine. Die Messvorrichtung eignet sich für Rotationsanalysen „STAMPFEN“ und „ROLLEN“ in einem Durchgang (Es können gleichzeitig die X- und Y-Achse der Spindel gemessen werden).

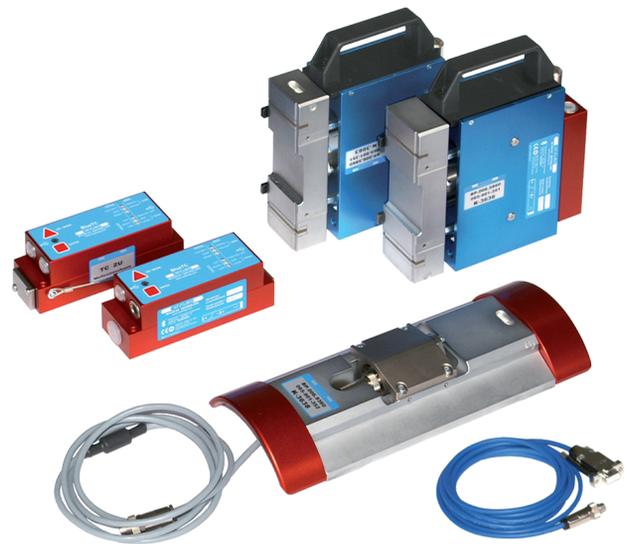
Wenn der 2D-Sensor unter **kritischen Umgebungsbedingungen** funktionieren soll, kann ein Gehäuse, wie auf nebenstehendem Bild, benutzt werden.





Dieses Bild zeigt einen 2D-Sensor in einem speziellen Gehäuse mit schaltbaren Magneten. Das Gerät eignet sich zum Messen der Rotation „Stampfen“ und „Rollen“ bei engen Platzverhältnissen. Es kann auch an vertikalen Flächen befestigt werden.

Kundenspezifische Lösung mit ZEROTRONIC-Sensoren in speziellen Aufnahmen, mit BlueTC's zur Übermittlung der Messdaten über Funk.



Für kritische Umgebungsbedingungen kann es angebracht sein, alle System-Komponenten mit einem höheren IP-Schutz auszurüsten.



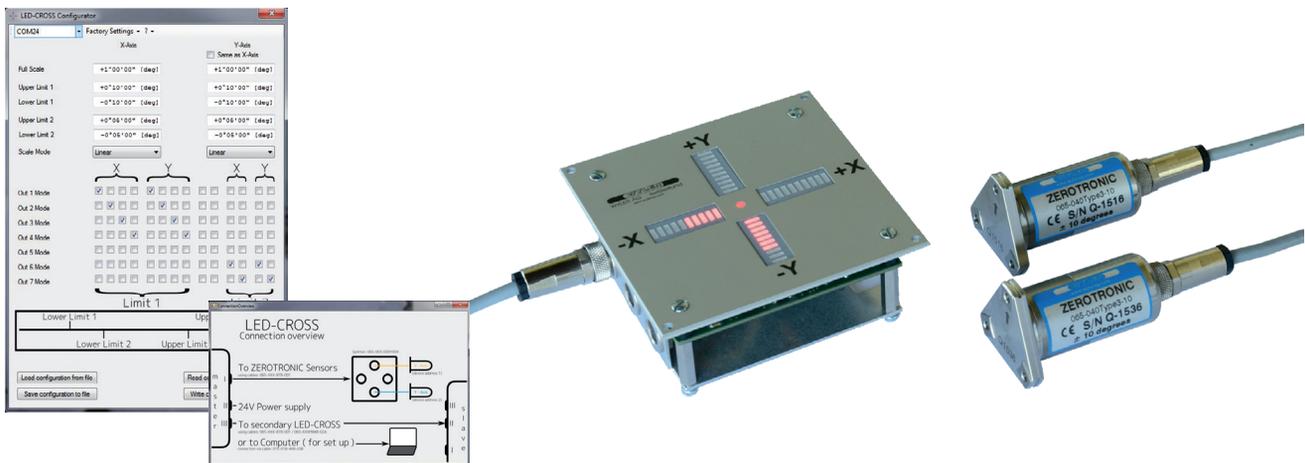
Die Beispiele zeigen, dass der **ZEROTRONIC-Sensor** sehr **flexibel und individuell** eingesetzt werden kann. Unsere Ingenieure sind gerne bereit, Sie auch bei solchen speziellen Anwendungen zu beraten und Ihnen eine auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittene Lösung zu offerieren.

7.1.6 ZWEIDIMENSIONALES LED-KREUZ MIT ZEROTRONIC-SENSOREN

Das **2-dimensionale LED-KREUZ** eignet sich hervorragend für die optische Anzeige der Neigung einer Plattform.

Typische Anwendungen sind:

- Überwachung eines Krans für Güter, welche neigungsempfindlich sind
- Als optische Unterstützung beim Ausrichten von Objekten oder einer Plattform mittels Hydraulik
- Überwachung von Arbeitsplattformen: Verhinderung des Umkippens dank programmierbaren Alarmpunkten



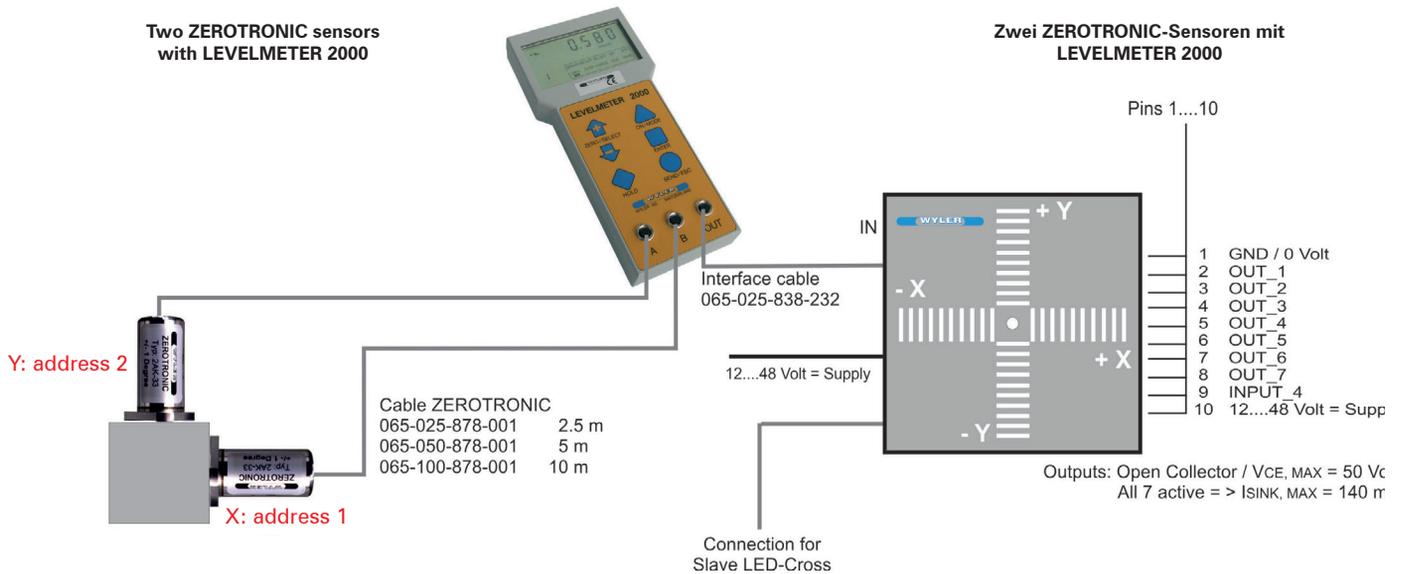
Das Gerät hat folgende Eigenschaften:

- Eingänge für 2 ZEROTRONIC-Sensoren; typischerweise werden 10° Sensoren verwendet
- Auflösung von 10 LED pro Richtung (20 LED pro Achse). Logarithmische Auflösung erlaubt exaktes Ablesen um den Nullpunkt herum
- 4 Alarmpunkte können gesetzt werden
- Die 7 Alarm-Ausgänge (Open-Collector-Ausgänge) sind universell programmierbar. Funktionen können logisch verknüpft werden
- Die Funktion des Gerätes wie auch die Kabel sind überwacht und können einem Alarmausgang zugewiesen werden. Das Gerät ist als Einbaugerät konstruiert. Passende Gehäuse sind ebenfalls lieferbar
- Anschluss für ein weiteres LED-Kreuz mit Slave-Funktion

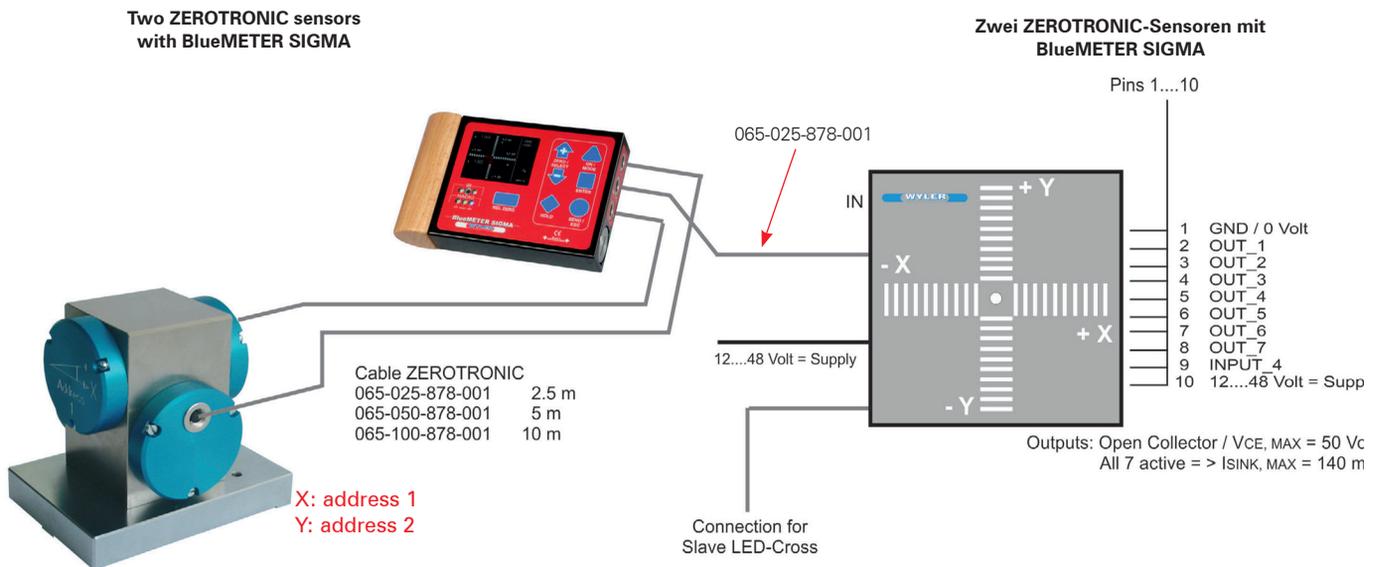
TECHNISCHE DATEN	LED CROSS
Anzeigewiederholgeschwindigkeit	2 - 3 Hz
Externe Stromversorgung	12 ... 48 V DC (200 mA / 24 V DC)
Betriebstemperatur	- 20 °C ... + 85 °C
Kommunikationsprotokoll für X- und Y-Sensoren	According to our „WYBUS“ specification / Gemäss der Spezifikation des „WYBUS“: RS485, asynchr., 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps
Netto-Gewicht	171 g
Abmessungen der Platte	96 x 96 mm
Höhe ca.	40 mm
Loch-Ø / mittiger Lochabstand	Ø 3 mm / 89 x 89 mm

KONFIGURATIONEN LED CROSS / LED-KREUZ

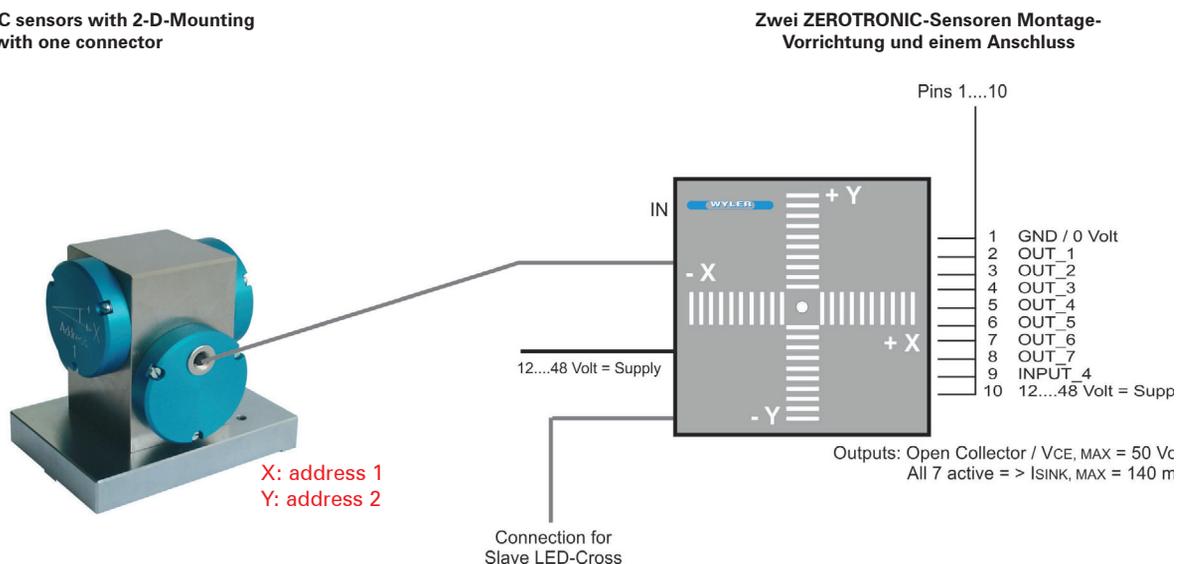
Two ZEROTRONIC sensors
with LEVELMETER 2000



Two ZEROTRONIC sensors
with BlueMETER SIGMA



Two ZEROTRONIC sensors with 2-D-Mounting
block with one connector



Zwei ZEROTRONIC-Sensoren Montage-
Vorrichtung und einem Anschluss

7.1.7 ZWEI-DIMENSIONALE NEIGUNGSMESSENSOREN ZEROMATIC

Die zwei-dimensionalen Sensoren ZEROMATIC 2/1 und 2/2 eignen sich perfekt für die Überwachung von kleinsten Änderungen des Neigungswinkels über längere Zeiträume. Die extrem hohe Genauigkeit wird erreicht durch Messen und Kompensieren jeglicher Drifts des absoluten Nullpunktes durch regelmässige, automatische Umschlagsmessungen.

Der **ZEROMATIC 2/1 hat einen Neigungssensor**. Jede Umschlagsmessung ergibt einen Satz von Messwerten der Neigung in X- und Y-Richtung. Danach kann der Sensor für eine Achsrichtung kontinuierlich Messwerte erfassen.

Der **ZEROMATIC 2/2 hat zwei Neigungssensoren**. Er erlaubt deshalb die kontinuierliche Messung der Neigung in X- und Y-Richtung. Nach definierten Zeit-Intervallen wird mittels einer automatischen Umschlagsmessung ein all-fälliger Offset wieder kompensiert.



ZEROMATIC 2/1 und ZEROMATIC 2/2

Typische Anwendungen sind:

- Überwachung von kritischen Maschinen
- Überwachung von Gebäuden, Brücken oder Dämmen
- Definieren eines absoluten Nullpunktes z.B. für Radars

Die Messgeräte haben folgende Eigenschaften:

- Hochpräzise Mechanik für die automatische Umschlagsmessung
- Messbereich $\pm 1^\circ$
- Anzeigebereich $\pm 5^\circ$
- Robustes, präzise bearbeitetes Aluminium-Gehäuse zur Abschirmung äusserer Einflüsse
- Interne Sensoren mit HTR-Kompensation
- LEDs, welche den Modus des Gerätes anzeigen
- Datenübertragung an PC/Laptop
- Optionaler Anschluss an eine externe Anzeigeeinheit BlueMETER SIGMA

TECHNISCHE DATEN		ZEROMATIC
	Messbereich	$\pm 1^\circ$
	Anzeigebereich	$\pm 5^\circ$
Fehlergrenze	Nullpunktstabilität	± 1 arcsec
Fehlergrenze	Linearität	0.5 % M_W
	Temperaturkoeffizient / $^\circ\text{C}$ $M_E =$ Messbereichsendwert	0.08 % M_E
	Betriebstemperatur	- 10 $^\circ\text{C}$ - + 60 $^\circ\text{C}$
	Dauer einer Umschlagsmessung	< 2 minutes < 2 Minuten
	Zeitintervall zwischen zwei Umschlagsmessungen, durch den Anwender zu definieren	> 2 min
	Speisespannung	24 V $\pm 10\%$ DC

7.1.7.1 DAS FUNKTIONSPRINZIP DES ZEROMATIC

**ABLAUF DER UMSCHLAGSMESSUNG / KONTINUIERLICHE MESSUNG / MESSACHSEN
UMSCHLAGSMESSUNG / ERMITTLUNG DES NULL-OFFSET (NULLPUNKTABWEICHUNG)**

ZEROMATIC 2/1:

Je nachdem wie viele Messwerte je Zeiteinheit gewünscht werden, wird das Umschlagsintervall programmiert; es wird im ZEROMATIC gespeichert. Ebenso kann nach Belieben eine Umschlagsmessung per Software-Kommando ausgelöst werden, welche nach dem Abschluss derselben je eine absolute Neigung in beiden Achsen ausgibt. Diese beiden Messwerte bleiben bis zur nächsten Umschlagsmessung erhalten.

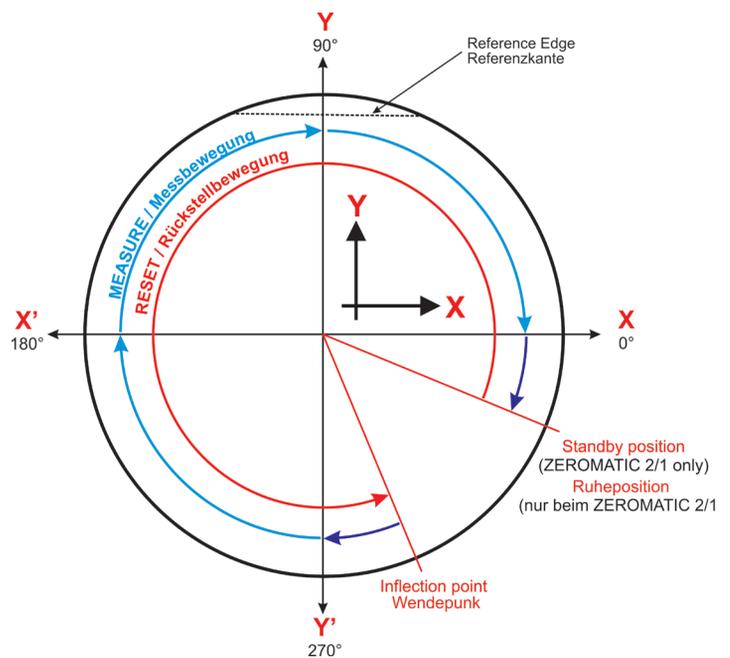
ZEROMATIC 2/2:

Die Häufigkeit der Kompensation einer allfälligen Nullpunktabweichung durch eine „Umschlagsmessung“ hängt von der Stabilität der Umgebungsbedingungen ab. So kann das Umschlagsintervall von einigen Minuten (ab 2 Minuten) bis zu Stunden gewählt und per Software oder BlueMETER programmiert werden. Der Wert des Umschlagsintervall wird nichtflüchtig im ZEROMATIC gespeichert. Ebenso wie beim 2/1 kann auch nach Belieben eine Umschlagsmessung per Software-Kommando ausgelöst werden. Während der Umschlagsmessung ist im ZEROMATIC 2/2 die kontinuierliche Messung unterbrochen.

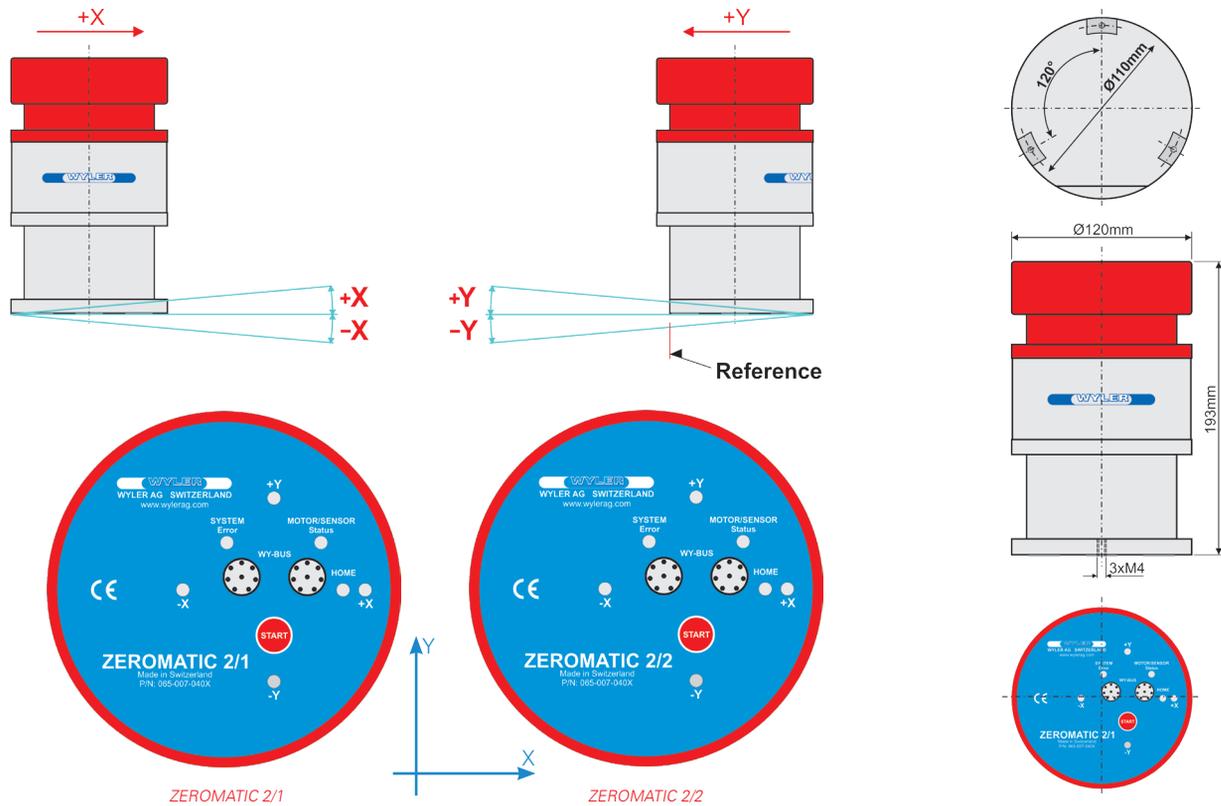
Beim Start der „Umschlagsmessung“ sucht der Rotor zuerst die „Ruheposition“. Dann dreht er zurück bis zum Wendepunkt und fährt retour in die Mess-Positionen:

ZEROMATIC 2/1:
270°/ 180° / 90°/ 0°. Der Rotor dreht nach der „0°-Messung“ in die „Ruheposition“ und verbleibt dort bis zur nächsten „Umschlagsmessung“.

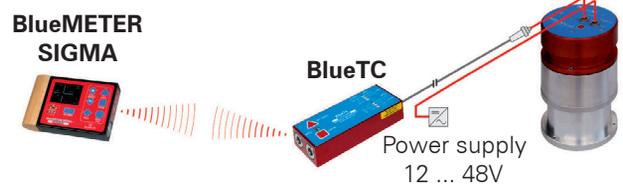
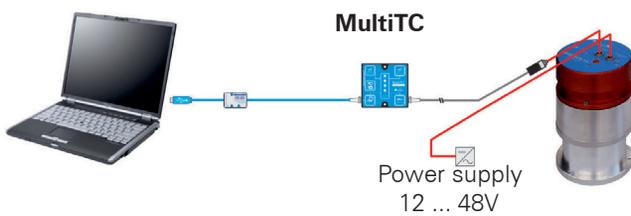
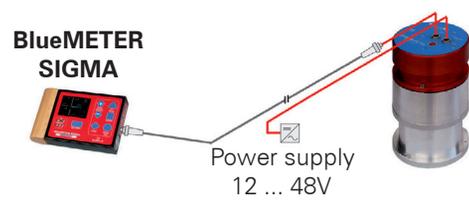
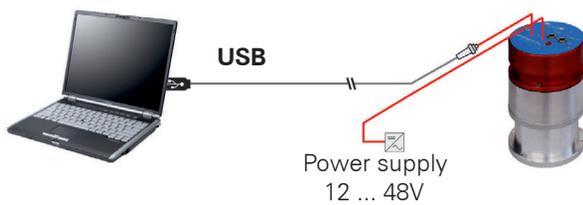
ZEROMATIC 2/2:
180°/ 0°. Der Rotor verharrt in der „0°-Stellung“ . Die beiden Sensoren messen kontinuierlich.

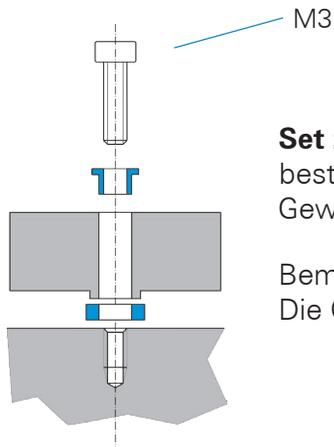


7.1.7.2 Massbilder des ZEROMATIC-Sensors 2/1 und 2/2



KONFIGURATIONEN





Set zur Isolation des ZEROMATIC-Sensors

bestehend aus geläpften Keramikscheiben, Isolierscheiben, Schrauben mit Gewinde M3 und U-Scheiben

Bemerkung:

Die Gewinde M4 müssen auf $\varnothing 4,0$ mm aufgebohrt werden.



EMPFEHLUNGEN ZUM EINBAU DES ZEROMATIC

Werden Messungen in Gebäuden ausgeführt, so wird in der Regel eine Montagebasis (Rechteck- oder Winkelprofil) benötigt. Mit den ZEROMATIC-Messgeräten können höchst präzise Neigungsmessungen ausgeführt werden. Um diese Präzision zu erreichen, muss die Montage unter folgenden Aspekten erfolgen:

TEMPERATUR

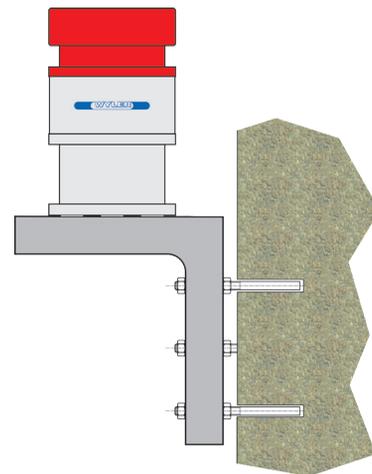
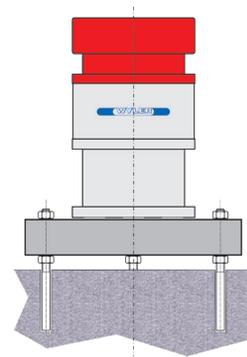
Temperaturwechsel können die Messwerte erheblich verfälschen. Der ZEROMATIC soll rundum derselben Temperatur ausgesetzt sein.

MECHANISCHE VERSPANNUNGEN

Mechanische Verspannungen zwischen den drei Auflageflächen des ZEROMATIC und der Montagebasis, sowie den Verankerungen sind verantwortlich für unstabile Werte.

DREIPUNKTAUFLAGE / KONSTRUKTION

Auch die Konstruktion des „Unterbaus“ (Montagebasis sowie Verankerung) basiert auf dem Prinzip der Dreipunktauflage.

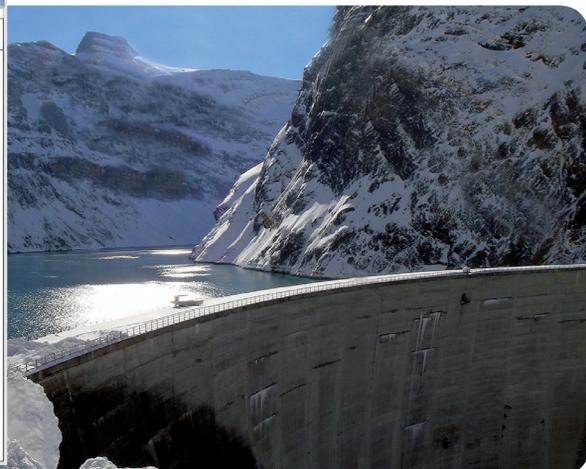
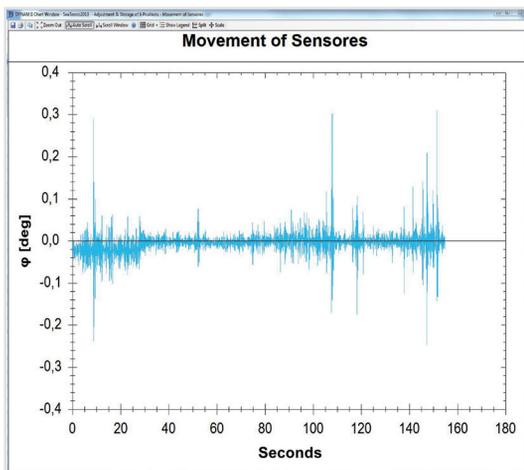
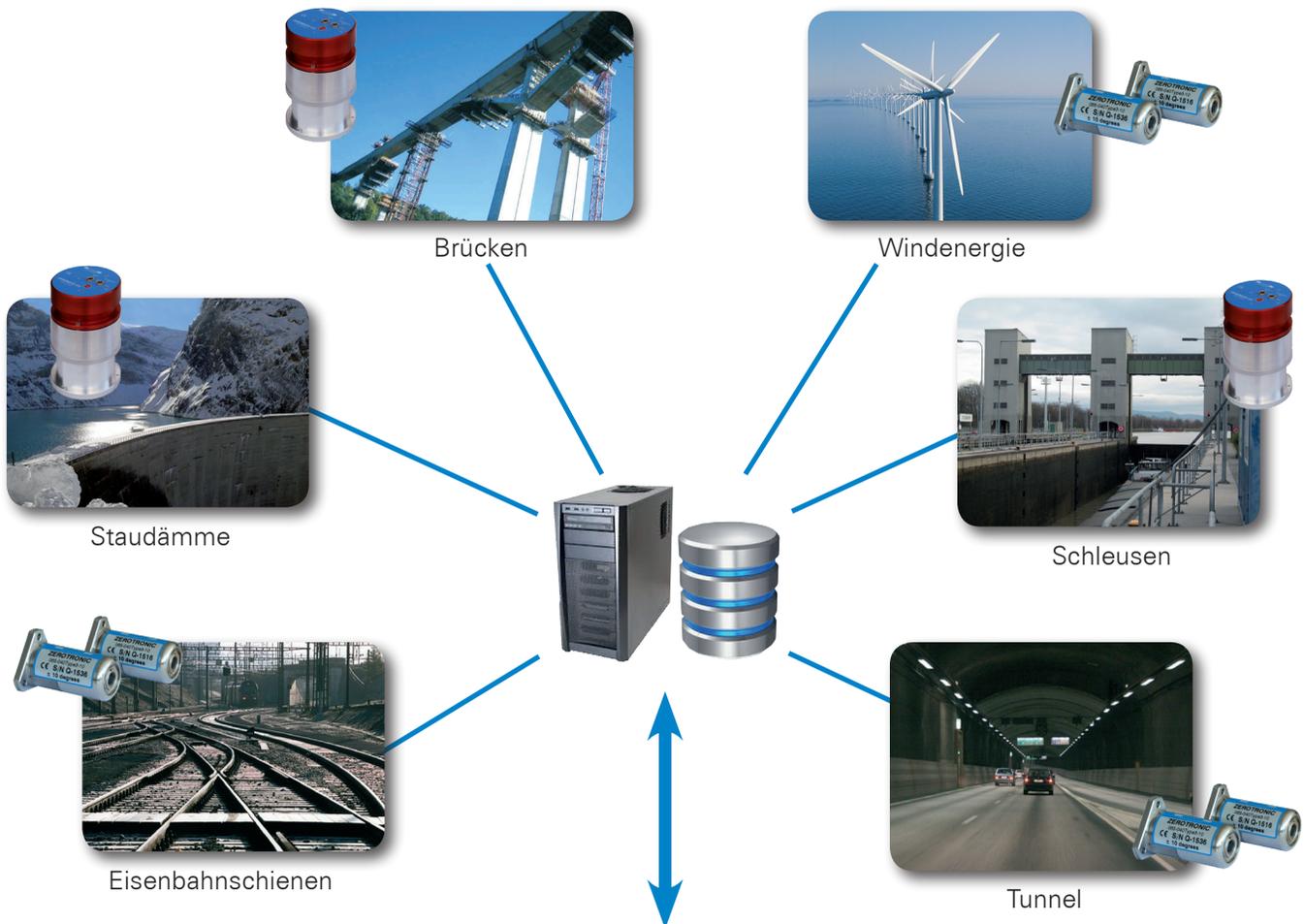


Schutzhaube IP67 wylerSOLID
für ZEROMATIC inklusive
Feuchtigkeits-Absorber

7.2 LANGZEITMESSUNGEN / -ÜBERWACHUNGEN MIT ZEROTRONIC-SENSOREN

Für komplexere Anwendungen kann eines der vielen auf dem Markt erhältlichen Geo-Monitoring Systeme benutzt werden. Viele dieser Systeme haben bereits ein Interface für WYLER-Sensoren oder ein solches Interface kann leicht programmiert werden.

Diese Systeme eignen sich ausgezeichnet für die Kurz- oder Langzeitüberwachung von Objekten, wenn mehrere Parameter wie z.B. Temperatur, Ausdehnung, Neigung oder andere automatisch erfasst, analysiert und graphisch dargestellt werden müssen. Typische Objekte sind Staudämme, Brücken, Gebäude, Tunnels oder z.B. Windenergieanlagen. Die erfassten Daten können entweder lokal oder dezentral analysiert und graphisch dargestellt werden.

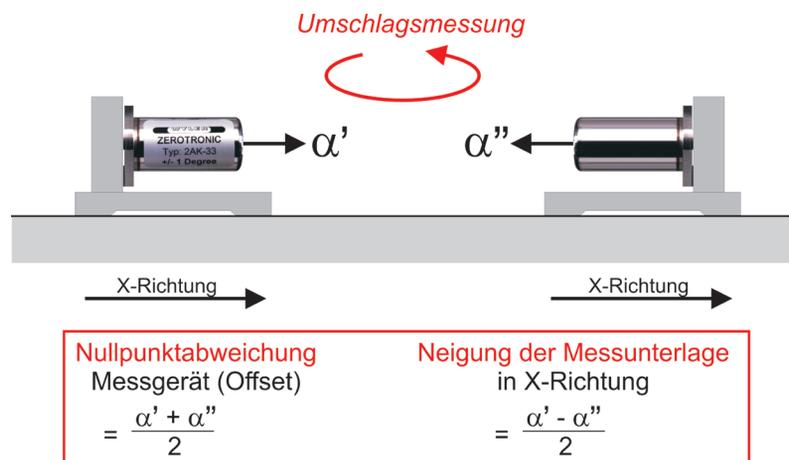


Webbased illustration of monitoring instruments

**7.3 LANGZEITMESSUNGEN / -ÜBERWACHUNGEN MIT ZEROMATIC-SENSOREN
(LANGZEITSTABIILITÄT DANK PERIODISCHEN UMSCHLAGMESSUNGEN)**

Dank einer Umschlagsmessung, bzw. der dadurch ermittelten Nullpunktabweichung, kann der Sensor neu „kalibriert“ werden. Aus dieser Erkenntnis wurde der so genannte automatische Umschlagmesskopf ZEROMATIC entwickelt. Dabei wird die durch die Umschlagsmessung ermittelte Nullpunktabweichung bei den folgenden Messungen berücksichtigt.

Die grösste Herausforderung in der Entwicklungsphase bildete die dazu notwendige Mechanik hinsichtlich Repetitionsgenauigkeit und Zuverlässigkeit. Das Herzstück des Messgerätes bilden zwei digitale Neigungssensoren, die in zwei Achsen X und Y laufend einen Neigungswinkel ausgeben.



Die Fehlergrenze des gesamten Systems liegt bei einem Messgerät mit einem Messbereich von ± 1 Grad bei **weniger als ± 1 Arcsec** über mehrere Monate. Das neue Neigungsmessgerät hat in einer ausgiebigen Testreihe bei unterschiedlichsten Bedingungen seine Feuertaufe mit Bravour bestanden.

Die Messgeräte ZEROMATIC 2/1 und 2/2 eignen sich hervorragend für Langzeitüberwachungen von Objekten wie Gebäude, Brücken, Dämme, usw. Das Prinzip basiert auf der soeben beschriebenen Umschlagsmessung zur Ermittlung des Nullpunktfehlers. Der Zeitpunkt für eine solche Umschlagsmessung kann durch den Benutzer definiert werden.



Der Unterschied zwischen den beiden Instrumenten ist folgender:

- **ZEROMATIC 2/1**, mit 1 ZEROTRONIC-Sensor
Jede Umschlagsmessung ergibt **einen Satz von Messwerten der Neigung in X- und Y-Richtung**. Danach kontinuierliche Messung in der gewählten Messrichtung.
- **ZEROMATIC 2/2**, mit 2 ZEROTRONIC-Sensoren
Erlaubt die **kontinuierliche Messung der Neigung in X- und Y-Richtung**. Nach definierten Zeit-Intervallen wird mittels einer automatischen Umschlagsmessung ein allfälliger Offset wieder kompensiert.

7.4 DATALOGGER, AUF WYLER-MESSINSTRUMENTE OPTIMAL ABGESTIMMT

Um dem steigenden Bedarf nach Langzeitmessungen zu entsprechen, offeriert WYLER AG einen auf die WYLER-Messinstrumente optimal angepassten Datalogger. Dank hoher Autonomie und integrierter Bluetooth- und GSM-Technik können auch komplexe Überwachungsaufgaben gelöst werden:

- Langzeitüberwachung an Staudämmen, Brücken oder Gebäuden:
 - Kontinuierliches Erfassen von Messwerten von verschiedenen WYLER-Sensoren
 - Diese Werte können z.B. einmal täglich über GSM ins Büro übertragen werden
- Überwachen von Objekten, deren korrekte Neigung sichergestellt sein muss
 - Prozesstechnik
 - Schleusen
- Überwachen von Maschinen
 - Überwachen von Maschinen, welche 24 h pro Tag laufen
 - Überwachen von Maschinen während der Inbetriebnahme
 - Fehlererfassung an Maschinen

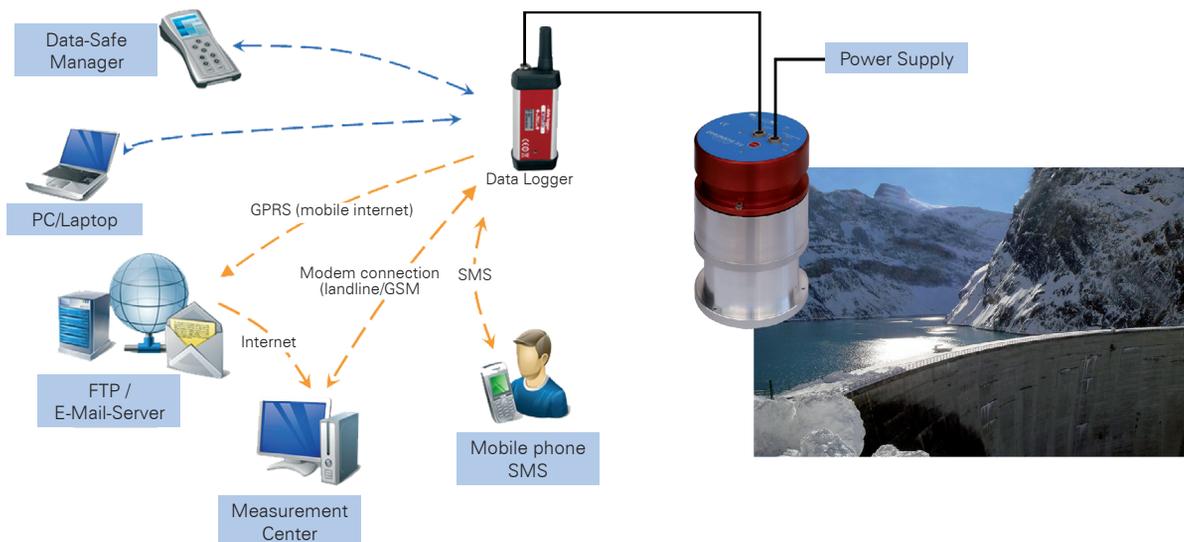


Eigenschaften:

- Geringer Stromverbrauch; ideal für Langzeitmessungen
- Versand von SMS-Mitteilungen; z.B. bei Grenzwertüberschreitungen
- Grosser Temperaturbereich von -40 bis +85 °C
- Kleines und robustes Gehäuse mit IP 66

Mögliche Konfiguration:

Überwachung einer Staumauer mit Datenübermittlung über GSM:

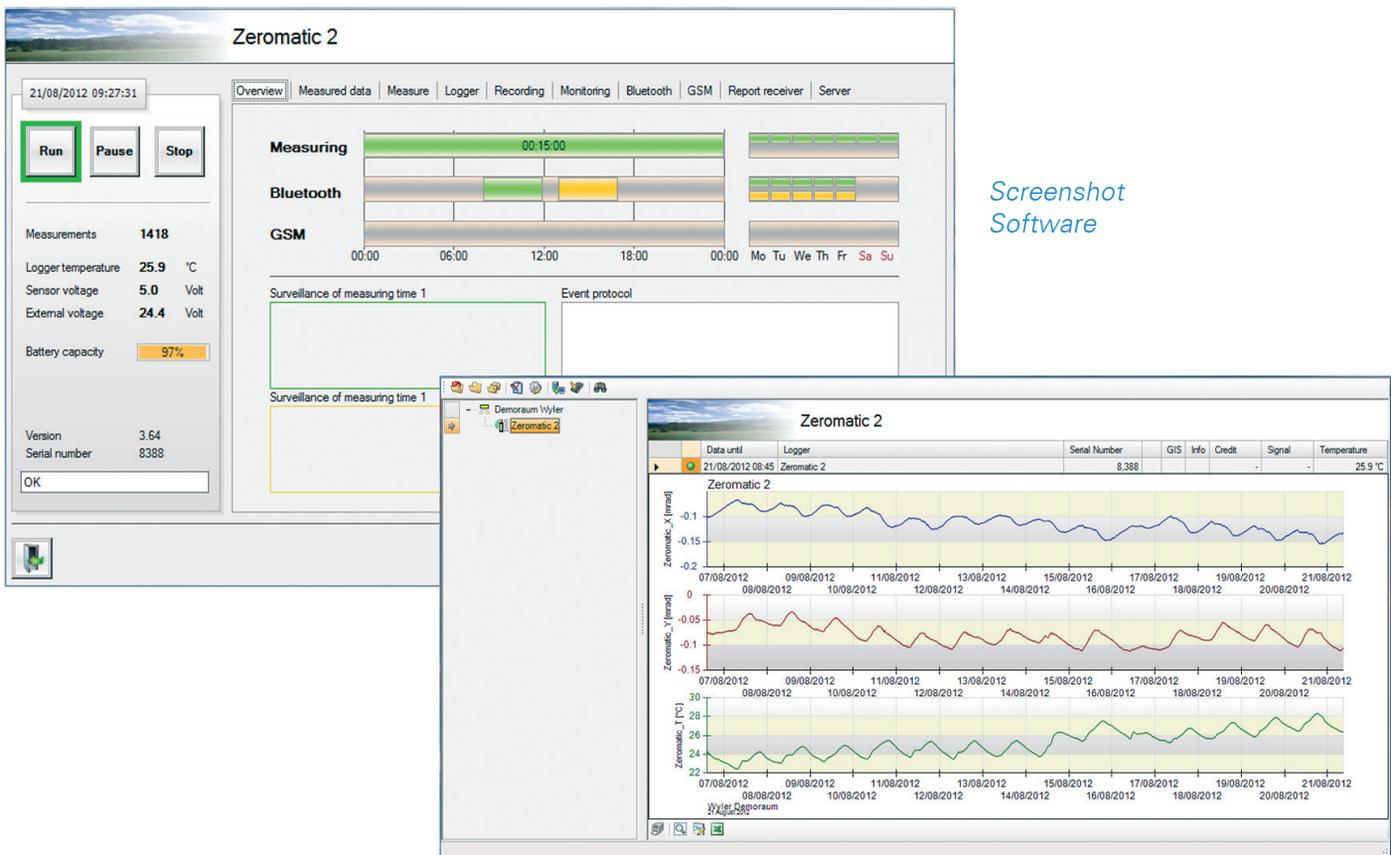


Daten-Auswertung:

Der Datalogger wird mit einer Setup- und Auswertesoftware geliefert, welche es ermöglicht, die verschiedenen Parameter für die Datenerfassung einfach und präzise einzustellen.

Optionen:

Das Bluetooth-Modul ist Standard, hingegen ist das GSM-Modul optional.



TECHNISCHE DATEN WYLER DATA LOGGER

Datenspeicher	Max. 80'000 Werte
Messintervall	Max.: 1 Hz; Min: 1 Messung pro Tag
Betriebstemperatur	With / mit GSM: - 20..+ 70 °C
Dimensionen	Ø x L : 39 x 103 / 139 mm
Gewicht	160g
GSM-Modul	Funktioniert mit SIM-Karte <ul style="list-style-type: none"> • PIN muss ausgeschaltet sein • Datentransfer muss freigeschaltet sein
Fernabfrage über GSM	Bis zu 3 Zeitfenster können pro Tag definiert werden
Bluetooth	Bis zu 2 Zeitfenster können pro Tag definiert werden
IP	66

7.5 ANALOGE NEIGUNGSSENSOREN LEVELMATIC 31 UND LEVELMATIC C



LEVELMATIC 31



LEVELMATIC C

Bei den Sensoren LEVELMATIC 31 und LEVELMATIC C handelt es sich um analoge Sensoren mit analogem Ausgangssignal. Die Sensoren wurden speziell für den Einbau in Maschinen aller Art entwickelt. Die wetterbeständige, abgedichtete Ausführung mit dem schockresistenten Sensor erlaubt Neigungsmessungen unter schwersten Bedingungen, wobei zwischen dem LEVELMATIC und dem Anzeigegerät Distanzen von <5 m möglich sind. Der Sensor ist einfach zu handhaben und erfordert wenig Instruktionen.

Die LEVELMATIC-Sensoren haben sich im Markt im Zusammenhang mit präzisen analogen Messungen für anspruchsvolle Anwendungen als der Massstab etabliert.

Der Sensor der LEVELMATIC-Familie zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Hohe Auflösung und grosse Genauigkeit
- Gute Temperaturstabilität
- Messbereiche ± 2 mRad bis ± 20 mRad, bzw. $\pm 15^\circ$ und $\pm 30^\circ$
- Unempfindlich gegen Schockeinwirkungen
- Unempfindlich gegen elektromagnetische Felder
- Einfache Handhabung

LEVELMATIC 31 und LEVELMATIC C

Gemeinsame Eigenschaften der beiden Sensor-Typen:

- Das Messelement basiert bei beiden Typen auf einem Pendel, welches zwischen zwei Elektroden frei schwingen kann. Abhängig von der Neigung des Systems verändert das Pendel seine Position. Damit verändert sich auch die Kapazität zwischen Pendel und Elektroden.
- Die eigentliche Messzelle ist hermetisch abgedichtet und damit geschützt gegen Feuchtigkeit
- Der Messwert wird als Spannung ausgegeben und kann daher mit handelsüblichen, elektrischen Messgeräten ausgewertet werden.

Unterschiede in den Eigenschaften der beiden Sensor-Typen:

- Das Pendel vom LEVELMATIC 31 ist grösser, womit bei kleinen Neigungen ein deutlich besseres Signal-Rausch-Verhältnis erreicht werden kann. Der LEVELMATIC 31 ist somit für Präzisions-Messaufgaben besser geeignet.
- Die Masse des Pendels des LEVELMATIC C ist kleiner, womit dieser Sensor stabiler ist, wenn der Sensor über längere Zeit in einer geneigten Lage verbleibt.
- Der Messbereich des LEVELMATIC C ist grösser.
- Beim LEVELMATIC C kann der Messwert zusätzlich auch als Strom (4..20 mA) ausgegeben werden

Die nachfolgende Liste sollte helfen, die Differenzierung und die korrekte Anwendung der beiden Sensortypen zu erleichtern:

LEVELMATIC 31

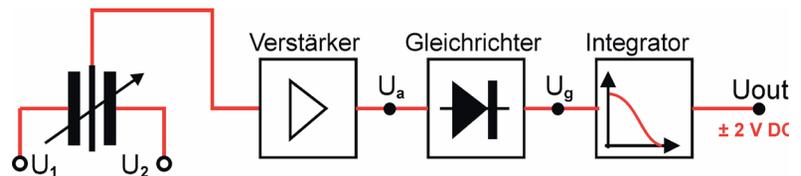
- Hohe Auflösung, hohe Genauigkeit für Neigungen bis ± 20 mRad (ca. 1.15°)
- Sehr gutes Signal- Rausch- Verhältnis
- Sehr gute Wiederholbarkeit
- Sehr gute Linearität
- Gute Temperatur-Stabilität
- Bei maximalem Anzeigewert eine Ausgangsspannung von ± 2000 mV

LEVELMATIC C

- Hohe Genauigkeit für Neigungen bis $\pm 30^\circ$
- Die Eingangsspannung kann zwischen ± 12 V und ± 18 V DC flexibel gewählt werden
- Sehr gute Wiederholbarkeit
- Sehr gute Langzeitstabilität in geneigter Lage
- Sehr gute Linearität
- Sehr gute Temperatur-Stabilität
- Bei maximalem Anzeigewert eine Ausgangsspannung von ± 1 V, ± 2.5 V, oder ± 5 V und ein Ausgangsstrom von 4..20 mA

7.5.1 MESSPRINZIP DER LEVELMATIC-SENSOREN

Der Sensor LEVELMATIC nutzt die Pendeleigenschaften einer reibungsfrei aufgehängten Massescheibe zur Messwertbildung. Ein Differentialkondensator, gebildet durch zwei Elektroden aus temperaturunempfindlichen Materialien und der im dichten und elektrisch abgeschirmten Zwischenraum aufgehängten Massescheibe, wird zweiphasig mit Wechselspannung (2.9 kHz) gespeist, und liefert das an der Massescheibe ausgekoppelte Neigungssignal. Durch den rotationssymmetrischen Aufbau der Messzelle sind Querneigungseinflüsse vernachlässigbar, und sogar Überkopfmessungen möglich. Die abgeschirmte Mess-zelle, das kapazitive Messprinzip sowie die eingesetzten Werkstoffe schliessen Einflüsse durch elektrische Felder aus. Durch die völlig reibungsfreie Aufhängung dieser Massescheibe werden extreme Genauigkeiten hinsichtlich Repetition und Hysterese erreicht, verbunden mit einer kurzen Einstell-dauer (Einlesung des Messwertes).



Anwendungen:

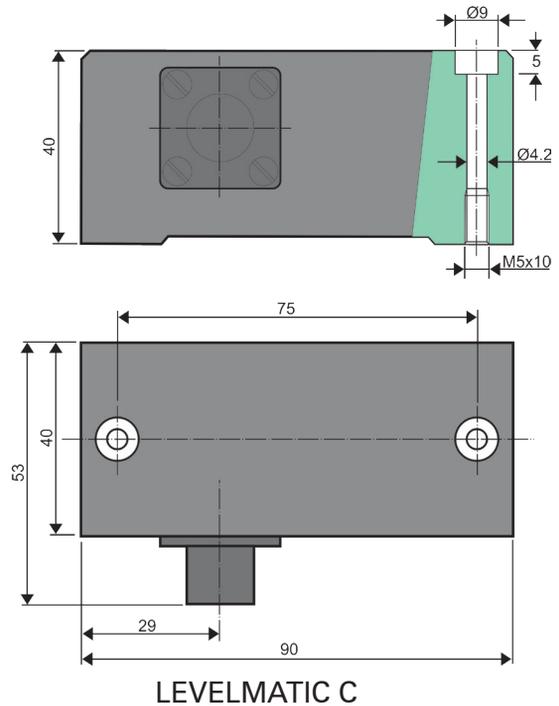
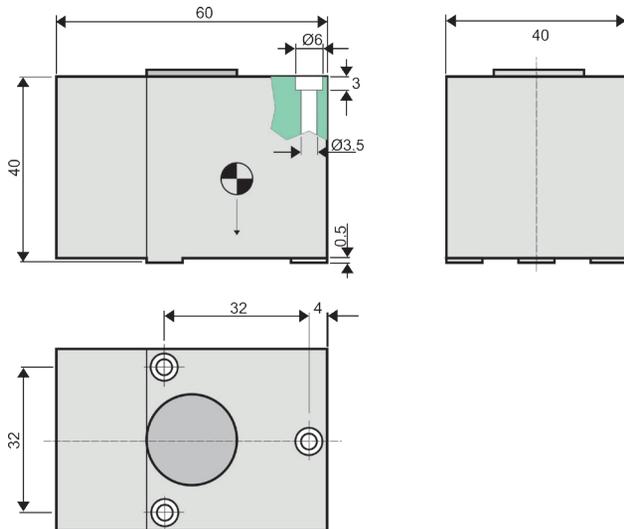
- Nivellierung von Plattformen
- Schwankungs- und Neigungsbewegungen an Gebäuden, Brücken, usw.
- Überwachung an Werkzeug- und Bearbeitungsmaschinen
- Ausrichtung von Maschinen
- usw.

Hinweis:

Die Sensoren LEVELMATIC werden sukzessive durch die digitalen Neigungssensoren ZEROTRONIC ersetzt. Neben der höheren Genauigkeit sind die ZEROTRONIC-Sensoren kompakter gebaut und liefern ein digitales Ausgangssignal, das über diverse SW-Programme weiter verarbeitet werden kann.

Abmessungen

LEVELMATIC 31



TECHNISCHE DATEN LEVELMATIC 31

Empfindlichkeit, 1 mVolt =	1 μ Rad	2,5 μ Rad	5 μ Rad	10 μ Rad	25 μ Rad
Messbereich	± 2 mRad	± 5 mRad	± 10 mRad	± 20 mRad	± 50 mRad
Speisespannung	± 5 V DC $\pm 1\%$, stabilisiert				
Ausgangsspannung	± 2000 mV DC an 100 kOhm				
Repetition	< 0,025% Full-scale				
Linearität	$\pm 0,5\%$ Full-scale				
Arbeitstemperaturbereich	0 ... 60 °C				
Temperatur-Koeffizient	Nullpunkt:		$\pm 0,05\%$ Full-scale / per Grad Celsius		
	Empfindlichkeit:		$\pm 0,05\%$ Read-out / per Grad Celsius		

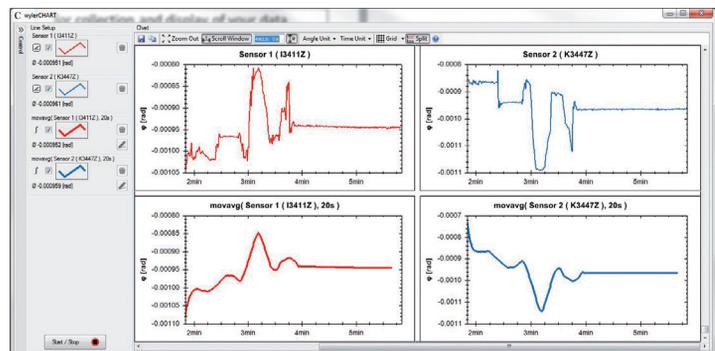
TECHNISCHE DATEN LEVELMATIC C

Messbereich	LEVELMATIC C / $\pm 15^\circ$			LEVELMATIC C / $\pm 30^\circ$		
	$\pm 15^\circ$	$\pm 15^\circ$	$\pm 15^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 30^\circ$
Ausgangsspannung / V	± 1 V	± 2.5 V	± 5 V	± 1 V	± 2.5 V	± 5 V
	at/an 100 k Ω	at/an 100 k Ω	at/an 100 k Ω	at/an 100 k Ω	at/an 100 k Ω	at/an 100 k Ω
Empfindlichkeit/mV	0.015°	0.006°	0.003°	0.030°	0.012°	0.006°
Ausgangsstrom / mA	4 ... 20 mA			4 ... 20 mA		
Ausgangsstrom/Grad / mA	0.533 mA			0.267 mA		
Wiederholgenauigkeit	<0.075 % M_E			<0.08 % M_E		
Linearität	± 0.4 % M_E			± 0.2 % M_E		
Temperatur-Koeffizient/ °C ($\Delta 10^\circ$ C)	Zero / Nullpunkt: ± 0.03 % M_E			Zero / Nullpunkt: ± 0.02 % M_E		
	Gain max.: -1 ... 1[%] (-40 °C ... + 85 °C)			Gain max.: -1 ... 1[%] (-40 °C ... + 85 °C)		
Einstelldauer	within 0.8 seconds / innerhalb von 0.8 Sekunden					

7.6 SOFTWARE WYLERSOFT FÜR ÜBERWACHUNGS-AUFGABEN

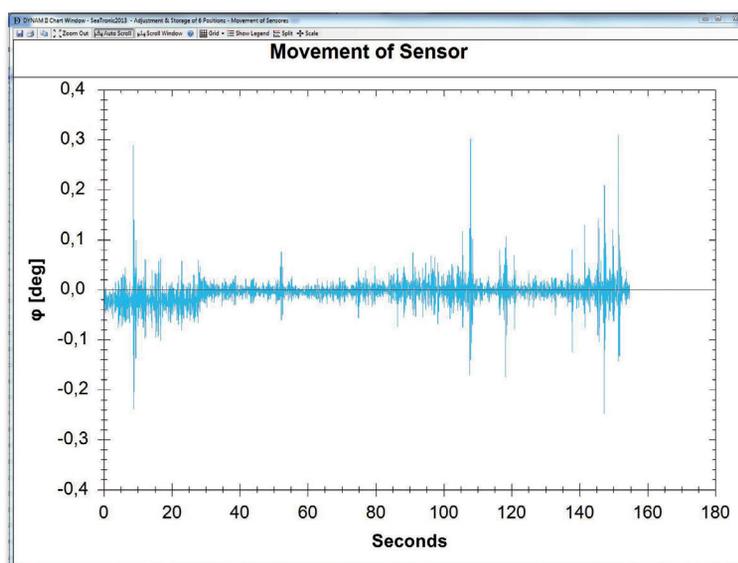
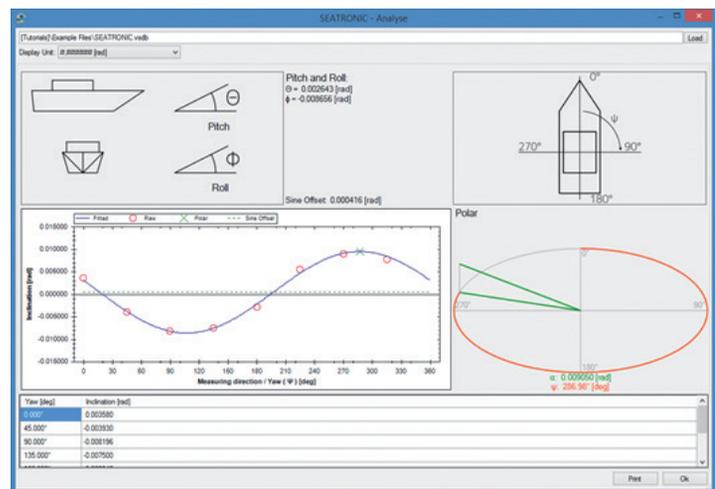
7.6.1 MESSSOFTWARE WYLERCHART

wylerCHART ist eine vorkonfigurierte kleinere Version von wylerDYNAM. Es ist entwickelt für kleinere Überwachungsaufgaben, welche meist mit unseren ZEROTRONIC-Sensoren durchgeführt werden.



7.6.2 MESSSOFTWARE WYLERDYNAM

wylerDYNAM ist die frei konfigurierbare Version von wylerCHART. Es enthält wylerCHART und spezielle Applikationen wie „Seatronic“. Es ist entwickelt für alle Arten von Überwachungsaufgaben, welche meist mit unseren ZEROTRONIC-Sensoren durchgeführt werden.



7.6.3 MESSSOFTWARE WYLERINSERT

wylerINSERT ist ein mächtiges, einfach zu verwendendes Hilfsmittel, um Neigungswerte aus WYLER BlueSystem-Geräten auszulesen und in ein beliebiges Programm an der aktuellen Position des Cursors so einzufügen, wie wenn die Werte eingetippt worden wären. Es kann so konfiguriert werden, dass es nach jedem eingefügten Messwert noch Tastenbefehle wie {TAB}, {ENTER} oder eine Kombination davon sendet. Auf diese Weise ist es möglich den Cursor in das nächste Eingabefeld zu positionieren.

Sobald die Messung gestartet wird versteckt sich der wylerINSERT-Dialog als Icon in der Statusleiste, um die Eingabe in das gewünschte Programm wie Excel oder Word freizugeben. Mit einem Doppelklick auf das wylerINSERT-Icon erscheint der wylerINSERT-Dialog wieder auf dem Bildschirm, um zum Beispiel die Messung zu stoppen und wylerINSERT zu beenden. wylerINSERT funktioniert ausschliesslich mit WYLER BlueSystem-Geräten unter Verwendung eines IR IR-Auslösers (Zapper).



7.6.4 WYLER SOFTWARE-ENTWICKLUNGSKIT

Für Kunden, die eine eigene Auswerte-Software für WYLER-Geräte entwickeln wollen, stellt WYLER AG mehrere Software-Beispiele zur Verfügung, welche zeigen, wie man ein WYLER-Gerät oder einen WYLER-Sensor entweder direkt oder über eine von WYLER entwickelte Schnittstellen-Software ansprechen kann. Diese Beispiele sollten es dem erfahrenen Programmierer erlauben, seine eigene Auswerte-Software erfolgreich zu entwickeln.



WYLER Schnittstellen-Software für Microsoft Windows Umgebung

Die von WYLER entwickelte Software-Schnittstelle ermöglicht es, alle WYLER-Geräte und -sensoren einheitlich einzubinden. Sie besteht aus drei Funktionsblöcken:

1. COM-Schnittstellen-Verwaltung

- Namentliche Auflistung der COM-Schnittstellen
- Selektion der zu verwendenden COM-Schnittstellen

2. Geräte- und Sensor-Verwaltung

- Namentliche Auflistung der Geräte und Sensoren
- Selektion der zu messenden Sensoren mit deren Namen

3. Einlesen der Messwerte

- Einstellen der Messparameter
- Einstellen der Messgeschwindigkeit
- Wahl der Messwerte (Winkel, Temperatur)
- Einlesen der Messwerte im Hintergrund
- Abholen der im Hintergrund gemessenen Messwerte zu einem beliebigen Zeitpunkt

Software-Schnittstellen stehen für folgende Programmierumgebungen zur Verfügung:

- Visual C++ 6.0
- C#
- Visual Studio 2008
- LabVIEW™ ab Version 8.6.1

Systemvoraussetzungen für WYLER Software-Schnittstelle:

[Microsoft .NET, Framework 2.0](#)



*Freischaltung (Lizenz) der
Software mittels USB-Dongle*

8. Handmessgeräte mit digitalem Ausgangssignal

8.1 Hand-NEIGUNGSMESSGERÄT CLINOTRONIC PLUS

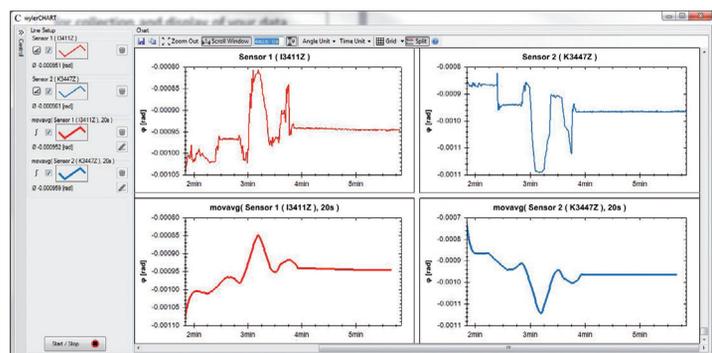
Das Clinotronic PLUS verfügt über einen Messbereich von ± 45 Grad. Vier präzise bearbeitete Messbasen am Gehäuseumfang erlauben Neigungsmessungen in jedem beliebigen Quadranten. Die Neigungsanzeige erfolgt, wählbar mittels Tasten, in jeder gebräuchlichen Masseinheit. Auch die Neigung, bezogen auf eine relative Basis wählbarer Länge, kann angezeigt werden. Nullabgleich sowie relatives Nullen geschieht ebenfalls auf Tastendruck.



Die serielle Schnittstelle RS485 erlaubt den Anschluss an diverse WYLER - Geräte wie TC, LEVELMETER 2000, oder direkt an einen PC. Das Clinotronic PLUS berechnet jeden Messwert mittels Interpolation von gespeicherten Kalibrierwerten. Im Bedarfsfall erlaubt das integrierte Kalibrierprogramm eine Neukalibrierung. Das Clinotronic PLUS mit einem Messbereich von $\pm 45^\circ$ muss dazu mit geeigneten Mitteln im Bereich von ± 50 Grad in 5-Grad Schritten möglichst genau geneigt werden.

Das Messprinzip beruht auf einer Differential-Kapazitäts-Messung, welche eine ausgezeichnete Wiederholungsgenauigkeit, Hysterese und Einschalteigenschaften erlaubt. Zusammen mit einem komplexen Auswertalgorithmus ergibt dies die Grundlage zu einem hochwertigen Handmessgerät. Die aktuelle Ausführung des bewährten Handmess-instrumentes weist eine ganze Anzahl bestechender Vorteile auf. Die wichtigsten davon sind:

- Aluminiumgehäuse, harteloxiert, mit grösseren Wandstärken zur besseren Stabilität
- Erfüllt die strengen CE-Normen (Immunität gegenüber elektromagnetischen Einflüssen)
- Der Einsatz von handelsüblichen 1.5 V-Batterien gewährleistet weltweite, kostengünstige Versorgung
- Diverse Anschlussmöglichkeiten an PC
- Alle bewährten Funktionen werden beibehalten:
 - Einfache Nullpunktkalibrierung
 - Messwertanzeige in allen Masseinheiten
 - Absolut- und Relativmessung
- Als Option sind eingebaute Magnete oder Gewinde zur Befestigung möglich



Die dazugehörige Software
wylrCHART

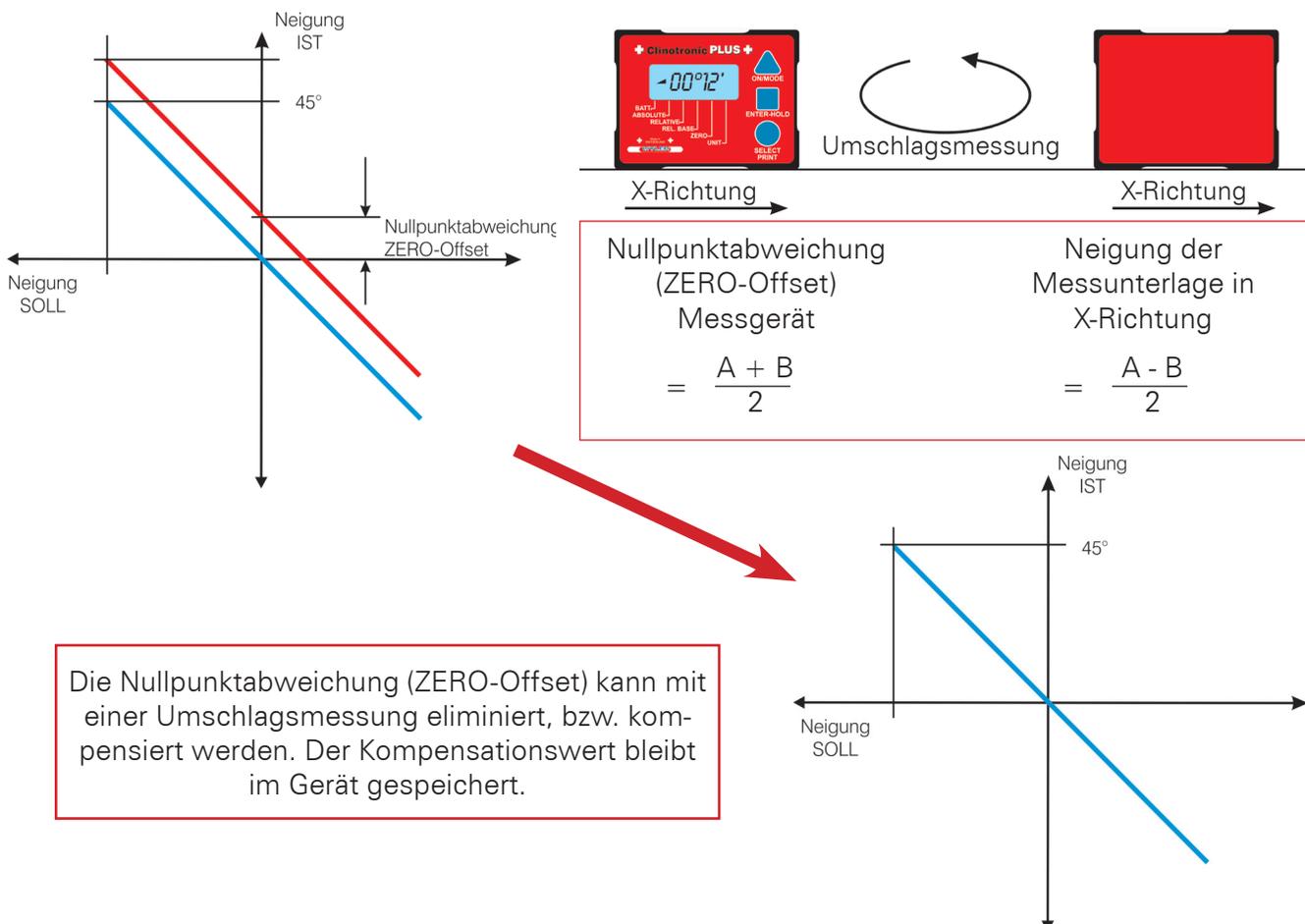
TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN CLINOTRONIC PLUS

Messbereich	±45°		
Zifferschritt看wert (Empfindlichkeit) abhängig von ausgewählter Masseinheit	5 arcsec		
Im Bereich von ...	0 ... 10°	10 ... 30°	30 ... 45°
gilt die Fehlergrenze	<1 arcmin + 1 digit	<1.5 arcmin + 1 digit	<2 arcmin + 1 digit
Einstelldauer (DIN 2276/2)	< 5 sec		
Digitalausgang	RS485, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps		
Batterie - Grösse AA	1 x 1.5 V Alkaline		
Alternative (wiederaufladbar)	1 x 1.2 V NiMH		
CE-Konformität	Erfüllt die Standards für Emission und Störfestigkeit		

Korrektur Nullpunktabweichung

(ZERO-Offset) beim Handmessgerät Clinotronic PLUS

Jedes Messgerät hat mit zunehmender Gebrauchsdauer eine sogenannte Drift, sowie einen ZERO-Offset. Dieser „Fehler“ kann bei einem Clinotronic PLUS über eine Umschlagsmessung kompensiert werden. Wenn zusätzlich zur Nullpunktabweichung auch die Linearität abweicht, ist nur noch eine Neukalibrierung möglich.



NEUKALIBRIERUNG DES MESSGERÄTES

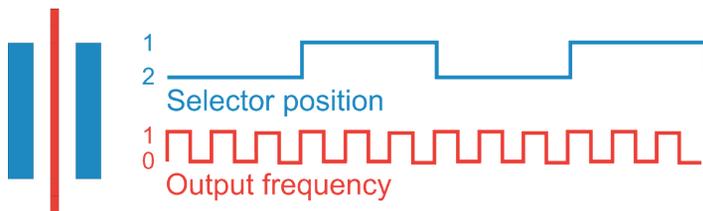
Falls die Nullpunkt-Kompensation nicht mehr ausreichend ist, kann das Messgerät dank der eingebauten Kalibriersoftware und mit dem CLINOMASTER auf einfachste Art nachkalibriert werden. Mit dem CLINOMASTER kann die Rückführbarkeit sichergestellt werden.

Anmerkung:

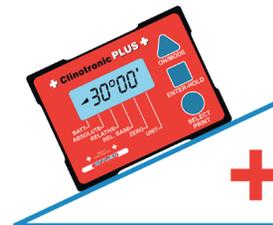
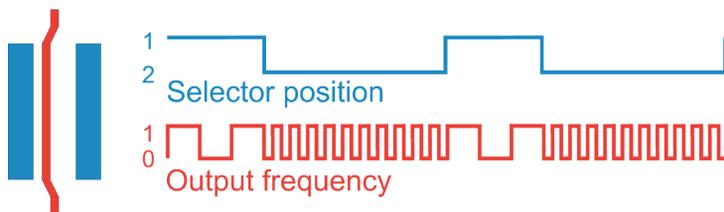
Ein Messwert ist rückführbar, wenn das Ergebnis einer Messung mit einem anerkannten Standard („Normal“) für die betreffende Messgröße verglichen werden kann.



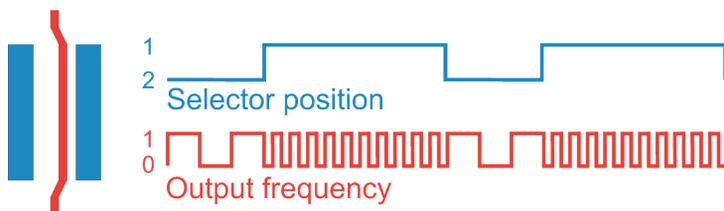
NEIGUNG DES MESSGERÄTES - AUSLENKUNG DER MEMBRANE - VERLAUF DER FREQUENZ



Keine Neigung
Membrane in der Null-Lage



Positive Neigung
Membrane schwenkt nach links aus

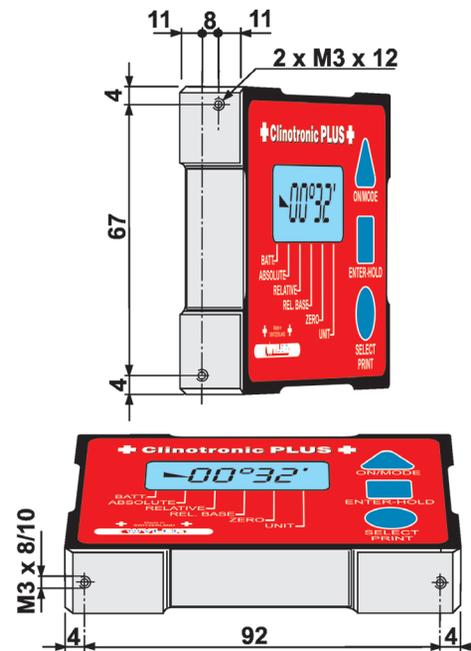
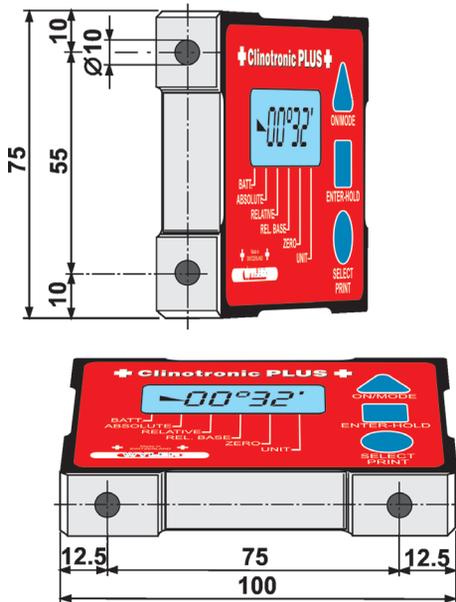
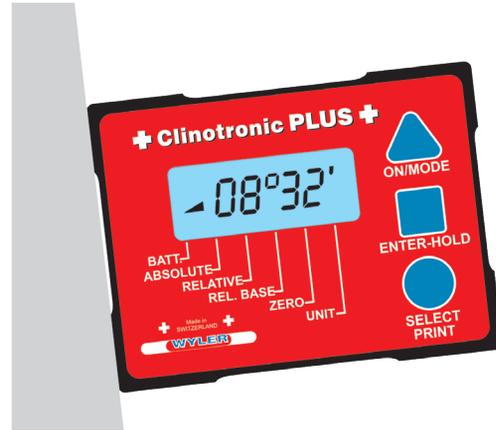


Negative Neigung
Membrane schwenkt nach rechts aus

Folgende **Masseinheiten** können beim Clinotronic PLUS angewählt werden:

mm/m (2 Dec)	00.00 mm/m	Milliradian (2 Dec)	00.00 mrad	Grad / Arcmin	00° 00'	mm / rel.Basis	00.00 mm/m
Zoll / 10 Zoll	.00 00 "/10"	Milliradian	00 00 mrad	Arcmin / Arcsec	00' 00"	mm / rel.Basis	.00 00 mm/m
Zoll / 12 Zoll	.00 00 "/12"	Grad (2 Dec)	00.00°	GON Neugrad (2 Dec)	00.00 gon	Zoll / rel.Basis	.00 00 "/10"
Artillerie- Promille	00 00	Grad (4 Dec)	.00 00°	GON Neugrad (4 Dec)	.00 00 gon		

BEISPIELE FÜR SPEZIALAUSFÜHRUNGEN CLINOTRONIC PLUS



Linke Abbildung:
Clinotronic PLUS mit
Magneiteinsätzen links und unten

Rechte Abbildung:
Clinotronic PLUS Gewinde M3
links und unten

8.2 Hand-NEIGUNGSMESSGERÄT CLINOTRONIC S

Das Clinotronic S baut auf dem Erfolg des Clinotronic PLUS auf. Es behält all jene Eigenschaften, für welche das Clinotronic PLUS bekannt war, wie seine Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Einfachheit – und ergänzt diese mit neuesten Technologien:

- **Drahtlose Datenübertragung**
- **Hervorragendes Display**
- **Einfache Bedienung**
- **Anpassung an die lokale Gravität**

Clinotronic S



DRAHTLOSE DATENÜBERTRAGUNG:

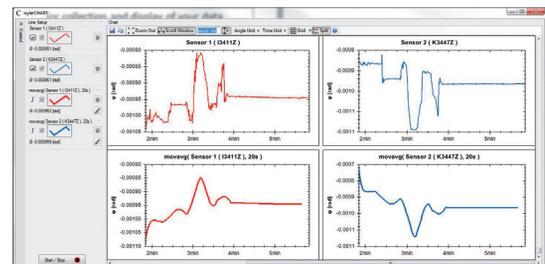
Das Clinotronic S kann drahtlos mit einer Android™ - oder iOS™ - Einheit verbunden werden, welche dann als Fernanzeige dient. Diese neue Funktion erlaubt es, den Anwendungsbereich des Instruments erheblich zu erweitern.



DAS MESSPRINZIP EINES DIGITALEN NEIGUNGSMESSGERÄTES

Das **Messprinzip** beruht auf einer Differential-Kapazitäts-Messung, welche eine ausgezeichnete Wiederholungsgenauigkeit, Hysterese und Einschalteigenschaften erlaubt. Zusammen mit einem komplexen Auswertalgorithmus ergibt dies die Grundlage zu einem hochwertigen Handmessgerät. Die aktuelle Ausführung dieses Handmessinstrumentes weist eine ganze Anzahl bestechender Vorteile auf. Die wichtigsten davon sind:

- Aluminiumgehäuse, harteloxiert, mit grösseren Wandstärken zur besseren Stabilität. Erfüllt die strengen CE-Normen (Immunität gegenüber elektromagnetischen Einflüssen)
- Der Einsatz von handelsüblichen 1.5 V-Batterien gewährleistet weltweite, kostengünstige Versorgung
- Diverse Anschlussmöglichkeiten an PC, auch über drahtlose Datenübertragung
- Alle bewährten Funktionen werden beibehalten:
 - Einfache Nullpunktkalibrierung
 - Messwertanzeige in allen Masseinheiten
 - Absolut- und Relativmessung
- Als Option sind eingebaute Magnete oder Gewinde zur Befestigung möglich



Die dazugehörige Software
wylerCHART

Hervorragendes Display

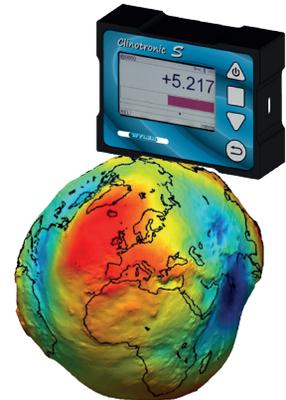
Das grosse und farbige Display ist hintergrundbeleuchtet und hat einen sehr guten Kontrast. Es bietet damit eine ausgezeichnete Lesbarkeit auch unter schwierigen Verhältnissen, z.B. in einer Werkstatt oder unter einer Maschine.

Einfache Bedienung

Die Bedienung wurde komplett überarbeitet und erlaubt eine sehr intuitive Handhabung.

Anpassung an die lokale Gravität

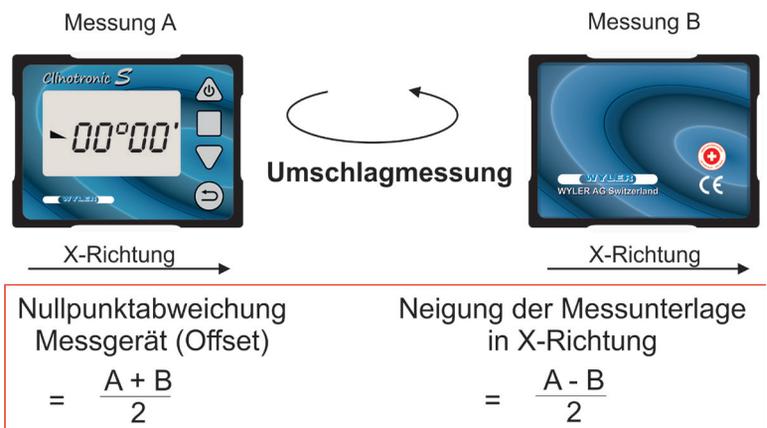
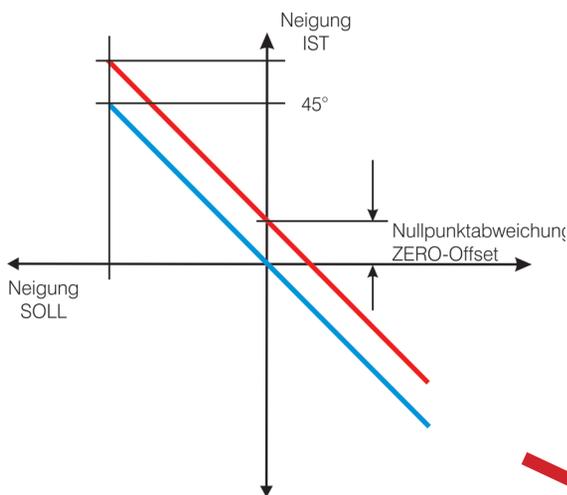
Um die hohe Genauigkeit des Instruments optimal ausnutzen zu können, kann das Clinotronic S an die lokale Gravität angepasst werden.



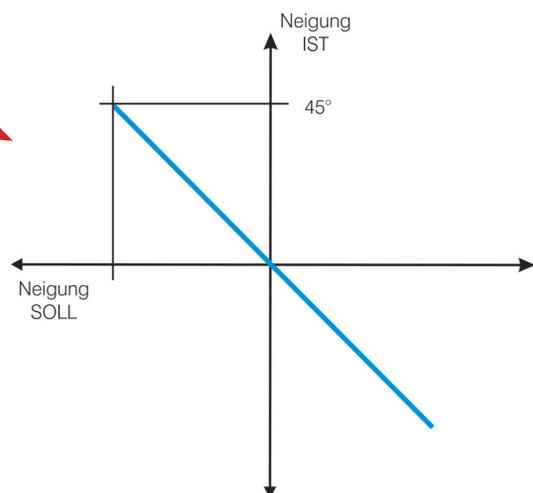
Korrektur Nullpunktabweichung

(ZERO-Offset) beim Handmessgerät Clinotronic S

Jedes Messgerät hat mit zunehmender Gebrauchsdauer eine sogenannte Drift, sowie einen ZERO-Offset. Dieser „Fehler“ kann bei einem Clinotronic S über eine Umschlagsmessung kompensiert werden. Wenn zusätzlich zur Nullpunktabweichung auch die Linearität abweicht, ist nur noch eine Neukalibrierung möglich.



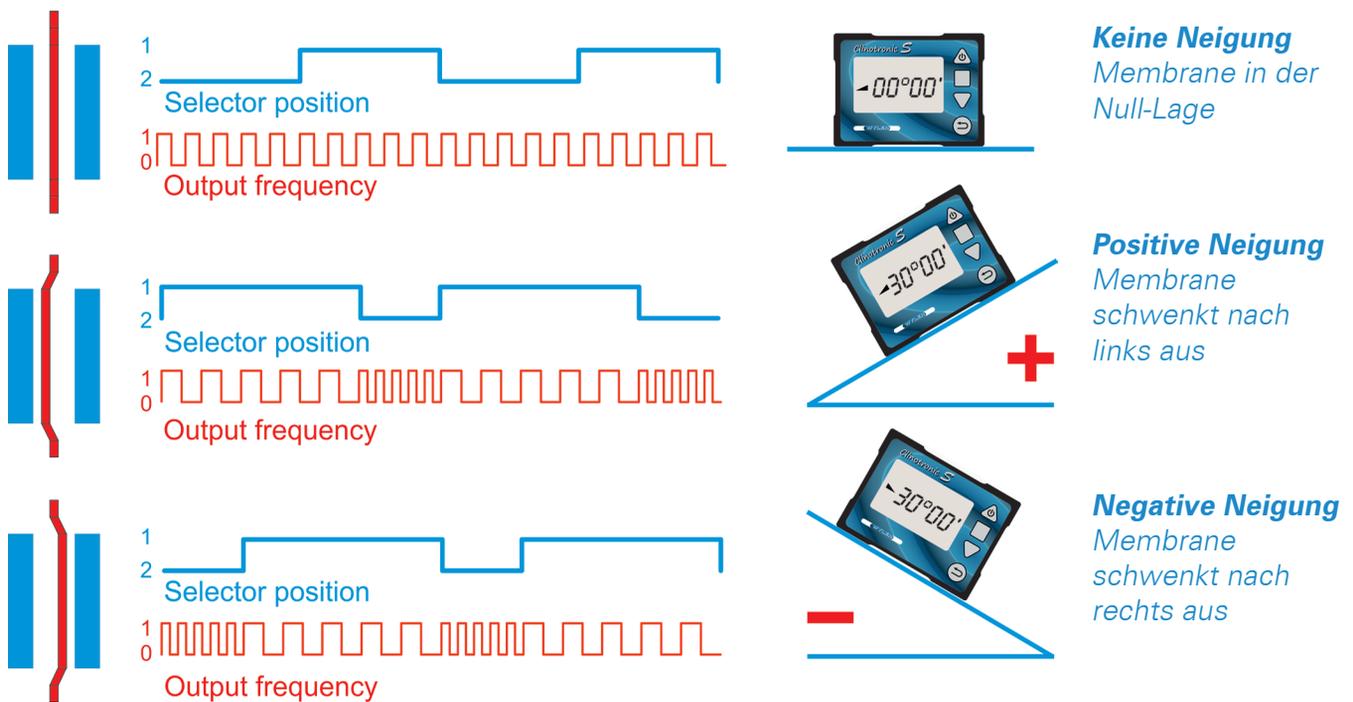
Die Nullpunktabweichung (ZERO-Offset) kann mit einer Umschlagsmessung eliminiert, bzw. kompensiert werden. Der Kompensationswert bleibt im Gerät gespeichert.



TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN CLINOTRONIC S

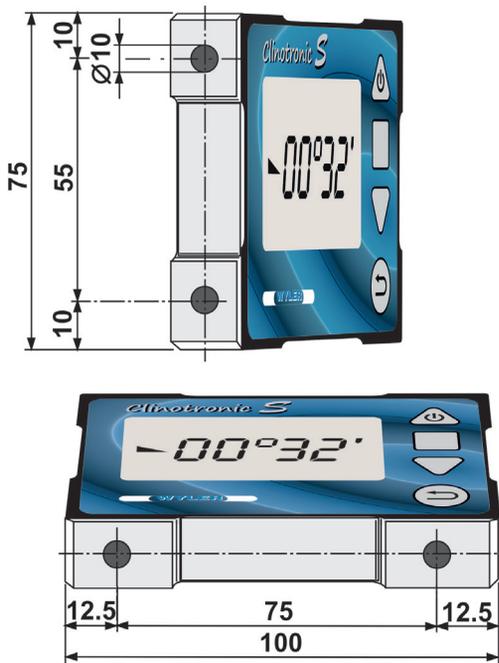
Messbereich	±45°
Auflösung	5 arcsec
Fehlergrenzen M _w = Messwert	10 arcsec + 0.03% M _w
Stromversorgung / Batterie	Akkumulator: aufladbar / Externe Stromversorgung: 5V über USB-C
Abmessungen (L x B x H)	100 x 75 x 30mm
Gewicht	ca. 400g (abhängig von den Einsätzen)

NEIGUNG DES MESSGERÄTES - AUSLENKUNG DER MEMBRANE - VERLAUF DER FREQUENZ

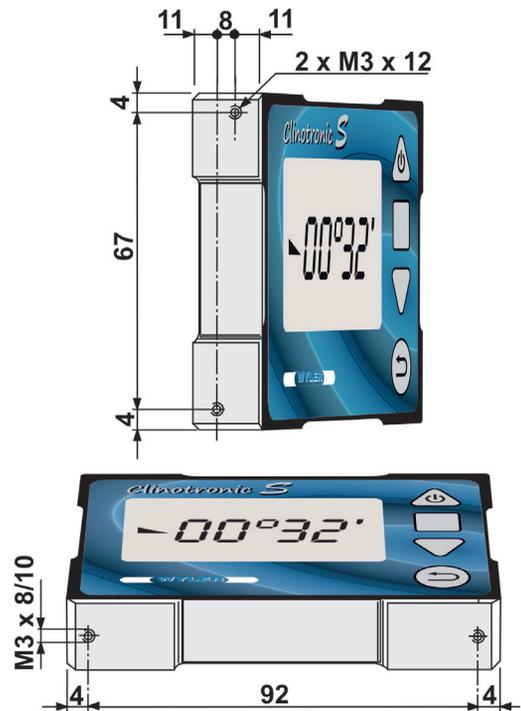


Folgende **Masseinheiten** können beim Clinotronic PLUS angewählt werden:

mm/m (2 Dec)	00.00 mm/m	Milliradian (2 Dec)	00.00 mrad	Grad / Arcmin	00° 00'	mm / rel.Basis	00.00 mm/m
Zoll / 10 Zoll	.00 00 "/10"	Milliradian	00 00 mrad	Arcmin / Arcsec	00' 00"	mm / rel.Basis	.00 00 mm/m
Zoll / 12 Zoll	.00 00 "/12"	Grad (2 Dec)	00.00°	GON Neugrad (2 Dec)	00.00 gon	Zoll / rel.Basis	.00 00 "/10"
Artillerie- Promille	00 00	Grad (4 Dec)	.00 00°	GON Neugrad (4 Dec)	.00 00 gon		



Linke Abbildung:
Clinotronic S mit
Magneteinsätzen links und unten



Rechte Abbildung:
Clinotronic S Gewinde M3
links und unten

8.3 HAND-NEIGUNGSMESSGERÄT CLINO 2000

Das CLINO 2000 ist ein Präzisions-Handmessgerät, welches höchsten Anforderungen genügt.

Das CLINO 2000 wurde als Einzelmessgerät entwickelt; zusammen mit einem zweiten Instrument kann es aber auch für Referenzmessungen benutzt werden. Zudem kann es über die eingebaute RS 232-Schnittstelle mit einem PC/Laptop verbunden werden.

Die primären Messwerte werden mit der im CLINO 2000 gespeicherten Referenzkurve verglichen. Dies erlaubt ein sehr genaues Berechnen der Neigung.

Das Spitzengerät unter den Neigungsmessern mit grossem Messbereich bietet eine Reihe von Vorzügen, die den Fachmann begeistern.



Dazu gehören vor allem:

- Grösste Präzision über den gesamten Messbereich von $\pm 10^\circ / \pm 30^\circ / \pm 45^\circ / \pm 60^\circ$, mit integrierter Temperatur-Kompensation
- Einfache Nullpunkteinstellung mittels integrierter Software und Umschlagsmessung
- Kalibriermöglichkeit auf einfachste Art dank eingebauter Softwareunterstützung und mitgelieferter Kalibrierhilfe (nur beim CLINO 2000 $\pm 45^\circ$)
- Grosse Digitalanzeige mit der Möglichkeit, alle gängigen Masseinheiten einzustellen
- Anschlussmöglichkeit von Zweitgeräten zur Differenzmessung, oder von ZEROTRONIC-Sensoren über die serielle Schnittstelle
- Robustes, rostgeschütztes Gehäuse mit prismatischen Basen
- Eingebaute Libelle zum erleichterten Ausrichten der vertikalen Nebenachse zur Vermeidung von „Twistfehlern“
- Das Instrument ist kompatibel mit der gesamten Reihe digitaler Sensoren von WYLER AG
- Betrieb mit handelsüblichen 1.5 V Batterien, Akkus oder mit Steckernetzgerät
- Erfüllt die strengen CE-Normen (Immunität gegenüber elektromagnetischen Einflüssen)
- Als Option sind Magneteinsätze lieferbar

Folgende **Masseinheiten** können beim CLINO 2000 angewählt werden:

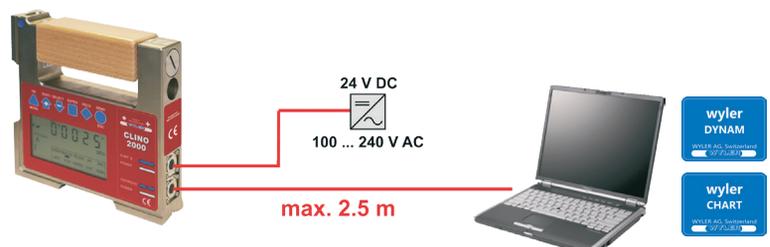
mm/m (2 Dec)	xxxx.xx mm/m	mm/ relative Basis	xxx.xx mm/REL	Grad/Arcmin/Arcsec	xx° xx' xx"	GON / Neugrad (3 Dec)	xx.xxx gon
Zoll / 10 Zoll	xx.xxxx"/10"	Zoll/ relative Basis	xx.xxxx"/ REL	Arcmin / Arcsec	xxx' xx"	per mille	xxx.xx‰
Zoll / 12 Zoll	xx.xxxx"/12"	Grad/Arcmin	xxx° xx'	Grad (3 Dec)	xx.xxx°	artillery per mille	xxx.xx
Milliradian (2 Dec)	xxxx.xx mRad						

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN CLINO 2000

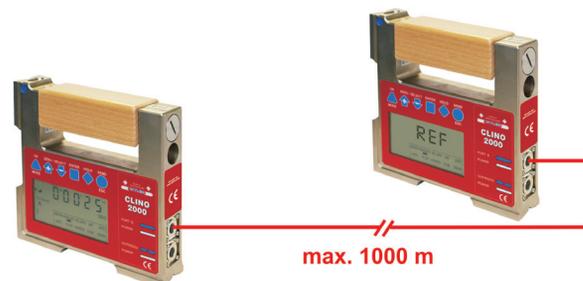
Messbereich	±45 degrees
Ziffernschrittwert (Empfindlichkeit)	5 arcsec
Einstelldauer (DIN 2276/2)	<5 Sekunden
Fehlergrenze innerhalb 6 Monaten / Gain (20 °C) M_W = Messwert	< 10 arcsec + 0.03% M_W
Schnell-Kalibrierung	Korrektur der Verstärkung (Linearität) mit einfacher 3-Punkt-Methode und eingebauter Software
Fehlergrenze nach einer Kurzkalibrierung M_W = Messwert	< 10 arcsec + 0.03% M_W max. 30 arcsec
Anschlüsse	RS232 / RS485, asynchr., 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps
Externe Stromversorgung	+ 12 ... + 48 V DC / 200 - 500 mW
CE-Konformität	Erfüllt Standards für Emmission und Störfestigkeit



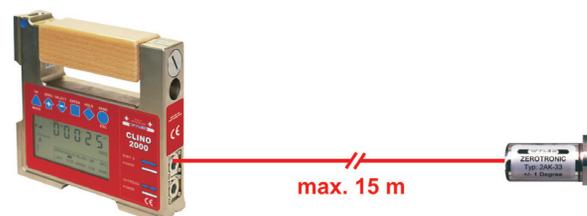
Mögliche Konfigurationen mit dem Handmessgerät CLINO 2000



CLINO 2000 mit Anschluss an PC / RS232



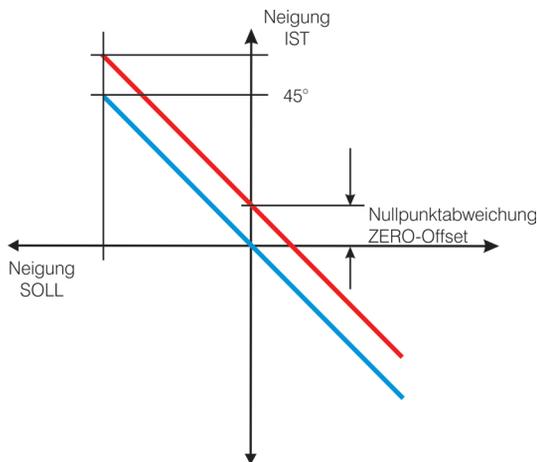
Zwei CLINO 2000 miteinander verbunden; ein Instrument als Messgerät, das andere als Referenzgerät



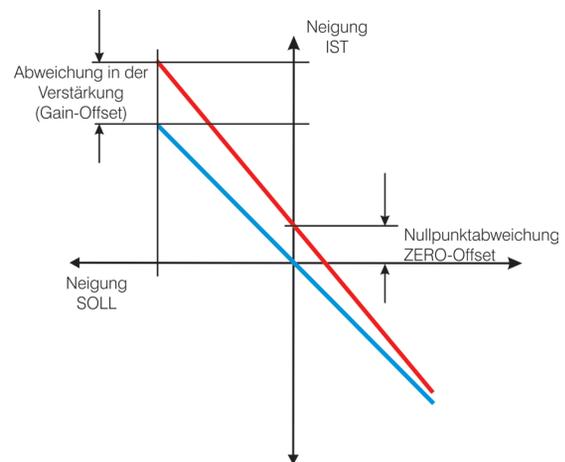
CLINO 2000 mit ZEROTRONIC-Sensor / max. 15 m

**KORREKTUR NULLPUNKT- UND GAIN-ABWEICHUNG (ZERO-OFFSET UND GAIN-OFFSET) BEIM
HANDMESSGERÄT CLINO 2000**

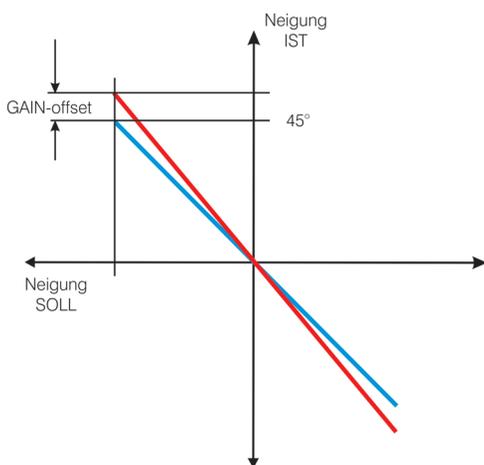
Jedes Messgerät hat mit zunehmender Gebrauchsdauer einen sogenannten Drift sowie einen ZERO-Offset. Dieser „Fehler“ kann bei einem CLINO 2000 über eine Umschlagsmessung kompensiert werden. Wenn zusätzlich zur Nullpunktabweichung auch die Linearität abweicht, ist beim Messgerät CLINO 2000 $\pm 45^\circ$ eine mehrmalige Stiftkalibrierung möglich. Die Geräte mit einem Messbereich $\pm 10^\circ$, $\pm 30^\circ$ und $\pm 60^\circ$ verfügen über keine Stiftkalibrierung und müssen demnach neu kalibriert werden (Werkskalibrierung).



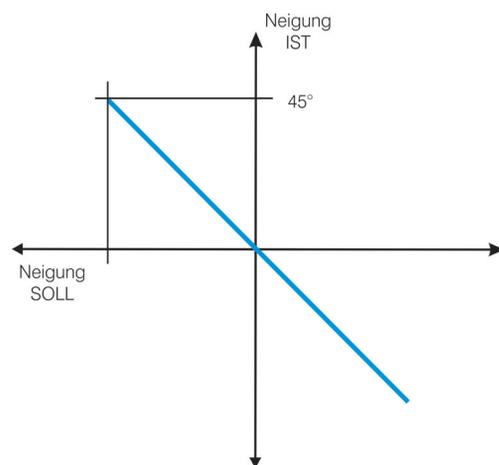
Die Nullpunktabweichung kann mit einer einfachen Umschlagsmessung kompensiert werden.



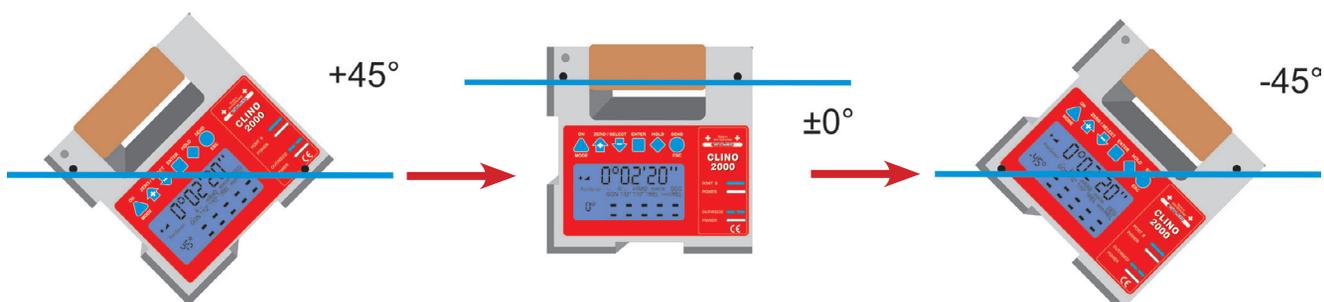
Wenn zusätzlich zur Nullpunktabweichung ein sogenannter Gain-Fehler festgestellt wird, kann der Nullpunktfehler mit einer Umschlagsmessung kompensiert werden - der Gain-Fehler bleibt jedoch bestehen.



Der Gain-Fehler bleibt bestehen. Dieser kann über eine in der Software abgespeicherte Stiftkalibrierung ebenfalls kompensiert werden.



Nach der Stiftkalibrierung ist das Gerät wieder bereit für genaue Messungen.



Ablauf einer Stiftkalibrierung mit dem Handmessgerät CLINO 2000 $\pm 45^\circ$.

8.4 HAND-NEIGUNGSMESSGERÄT BLUECLINO

Das Messgerät BlueCLINO basiert auf dem bewährten Messgerät CLINO2000 und zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Mit Datenübertragung per Funk
- Grosse und sehr gut lesbare, farbige Digitalanzeige
- Verschiedene Farb-Profile können ausgewählt werden
- Es stehen verschiedene Anzeige-Methoden zur Verfügung; unter anderem Bar-Graphiken oder Richtwaagen
- Alle gängigen Masseinheiten können angezeigt werden
- Grösste Präzision über den gesamten Messbereich von $\pm 10^\circ$ oder $\pm 60^\circ$, mit integrierter Temperatur-Kompensation
- Einfache Nullpunkteinstellung mittels integrierter Software und Umschlagsmessung
- Robustes, rostgeschütztes Gehäuse mit prismatischen Basen aus Aluminium harteloxiert oder Grauguss vernickelt
- Die Auflage rechts kann ebenfalls als Messbasis verwendet werden
- Eingebaute Libelle zum erleichterten Ausrichten der vertikalen Nebenachse zur Vermeidung von „Twistfehlern“
- Das Instrument ist kompatibel mit der gesamten Reihe digitaler Sensoren von WYLER AG
- Betrieb mit handelsüblichen 1.5 V Batterien, Akkus, oder mit Stecker-Netzgerät
- Erfüllt die strengen CE-Normen (Immunität gegenüber elektromagnetischen Einflüssen)
- Das Instrument kann an die lokale Erdbeschleunigung angepasst werden
- Optionen:
 - Kalibriermöglichkeit auf einfachste Art dank eingebauter Softwareunterstützung und mitgelieferter Kalibrierhilfe
 - Magneteinsätze in linker vertikaler und unterer horizontaler Messabsis möglich
 - Oben kann eine vierte, resp. zusätzliche Messbasis angebracht werden



Nachfolgend ist eine Auswahl von Anzeigemöglichkeiten aufgezeigt:



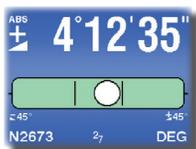
Anzeige numerisch plus Balken-anzeige



Anzeige numerisch plus drei Balken



Anzeige numerisch plus LED-Anzeige



Anzeige numerisch plus einfache Libelle



Anzeige numerisch plus Libelle



Anzeige numerisch plus Nadel

Die Anzeige am Display kann durch den Benutzer nach seinen Vorstellungen verändert werden. Auch der Hintergrund kann in den unterschiedlichsten Farben dargestellt werden.

Das Messgerät BlueCLINO ist in zwei Versionen verfügbar:



BlueCLINO mit Grauguss-Gehäuse vernickelt und mit prismatischen Messbasen



BlueCLINO mit Aluminium-Gehäuse harteloxiert und mit prismatischen Messbasen

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN BLUECLINO

Messbereich	$\pm 10^\circ$	$\pm 60^\circ$
Ziffernschrittweite (Empfindlichkeit)	2 arcsec	5 arcsec
Fehlergrenze innerhalb 6 Monate Linearität (Verstärkung), TA = 20 °C M_w = Messwert	$< 3.6 \text{ arcsec} + 0.06 \% M_w$	$< 12 \text{ arcsec} + 0.027 \% M_w$
Temperaturkoeffizient (DIN 2276/2) / °C (Ø 10 °C) M_w = Messwert	max. 0.03 % M_w	
Einstelldauer (DIN 2276/2)	< 5 sec	
Digitalausgang	RS232 / RS485, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps	
Batterien - Grösse C Alternative (wiederaufladbar)	2 x 1.5 V Alkaline 2 x 1.2 V NiMH	
Externe Stromversorgung	+5V DC / +24 V DC	
Funkmodul Frequenz	Bluetooth ISM Band / 2.4000 ... 2.4835 GHz	
Zwei prismatische Messbasen, links und unten, für Wellen mit einer flachen Messbasis, rechts	Ø 19 ... 108 mm	
CE-Konformität Erfüllt die Standards für Emission und Störfestigkeit		

Folgende **Masseinheiten** können beim BlueCLINO angewählt werden:

mm/m (2 Dec)	xxxx.xx mm/m	mm/ relative Basis	xxx.xx mm/REL	Grad (3 Dec)	xxx.xxx°	Arcmin / Arcsec	xxxx' xx''
mm/m (3 Dec)	xxxx.xxx mm/m	mm/ relative Basis	xxx.xxx mm/REL	Grad/Arcmin	xxx° xx'	Arcsec	xxxxxx''
Zoll / 10 Zoll	xx.xxxx''/10''	Inch/ relative Basis	xx.xxxx'' / REL	Grad/Arcmin/Arcsec	xx° xx' xx''	Arcsec	xxxxxx.x''
Zoll / 12 Zoll	xx.xxxx''/12''	Artillerie- Promille	xxx.xx	GON / Neugrad (3 Dec)	xx.xxx gon		
Milliradian (2 Dec)	xxxx.xx mRad	Promille	xxx.xx‰				

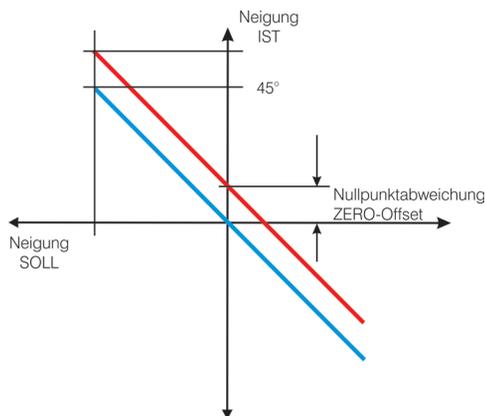


Massbild BlueCLINO

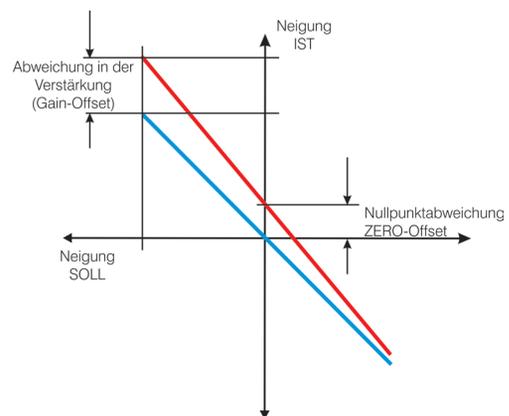
Kalibriermöglichkeit auf einfachste Art dank eingebauter Softwareunterstützung und optionaler Kalibrierhilfe mit zwei Kalibrierstiften.

KORREKTUR NULLPUNKT- UND GAIN-ABWEICHUNG (ZERO-OFFSET UND GAIN-OFFSET) BEIM HANDMESSGERÄT BLUECLINO

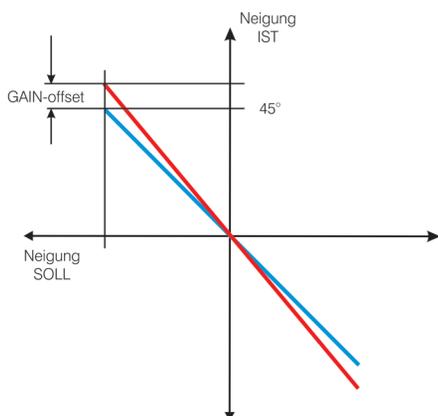
Jedes Messgerät hat mit zunehmender Gebrauchsdauer einen sogenannten Drift sowie einen ZERO-Offset. Dieser „Fehler“ kann bei einem BlueCLINO über eine Umschlagsmessung kompensiert werden. Wenn zusätzlich zur Nullpunktabweichung auch die Linearität abweicht, ist beim Messgerät BlueCLINO eine **mehrmalige Stiftkalibrierung** (Option) möglich. Bei den Geräten ohne Stiftkalibrierung ist nur noch eine Neukalibrierung möglich (Werkskalibrierung).



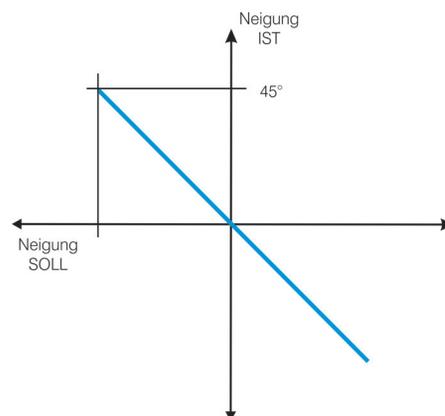
Die Nullpunktabweichung kann mit einer einfachen Umschlagsmessung kompensiert werden.



Wenn zusätzlich zur Nullpunktabweichung ein sogenannter Gain-Fehler festgestellt wird, kann der Nullpunktfehler mit einer Umschlagsmessung kompensiert werden - der Gain-Fehler bleibt jedoch bestehen.



Der Gain-Fehler bleibt bestehen. Dieser kann über eine in der Software abgespeicherte Stiftkalibrierung ebenfalls kompensiert werden.



Nach der Stiftkalibrierung ist das Gerät wieder bereit für genaue Messungen.

8.5 NEIGUNGSMESSGERÄT BLUECLINO *High Precision*

Das BlueCLINO *High Precision* basiert auf dem erfolgreichen Standard BlueCLINO, welches einen Messbereich von $\pm 60^\circ$ hat. Der grosse Messbereich des Standard BlueCLINO eröffnet neue, interessante Anwendungen wie das Ausrichten von Antennen oder im Strassen- und Eisenbahnbau. Wenn es jedoch um das genaue Ausrichten von Maschinenteilen geht, stösst das Standard BlueCLINO an seine Grenzen. Genau hier setzt das BlueCLINO *High Precision* ein: mit einem Messbereich von $\pm 20\text{mm/m}$ (ca. $\pm 1^\circ$) und geschabten Basen (links und unten), bringt dieses Instrument die hohe Genauigkeit für kleine Neigungen, welche im Präzisions-Maschinenbau gefordert ist.

Damit verbindet das BlueCLINO *High Precision* die Genauigkeit eines BlueLEVEL mit Winkelbasis mit der Flexibilität des Handmessgerätes BlueCLINO. Das BlueCLINO *High Precision* eignet sich somit für folgende Anwendungen:

- Vermessen und Einstellen von vertikalen Führungsbahnen
- Vermessen und Einstellen von horizontalen oder vertikalen Maschinenteilen
- Vergleich von parallelen vertikalen Führungsbahnen. Dabei ist im Speziellen der direkte Vergleich einer „linken“ und einer „rechten“ Seite interessant. Dies ist dank der präzisions-geschliffenen Auflage an der rechten Gehäuse-Seite möglich
- Rechtwinkligkeitsmessungen
- Das Messgerät BlueCLINO *High Precision* gehört zur BlueSYSTEM SIGMA-Familie und kann einfach integriert werden



Das BlueCLINO *High Precision* zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

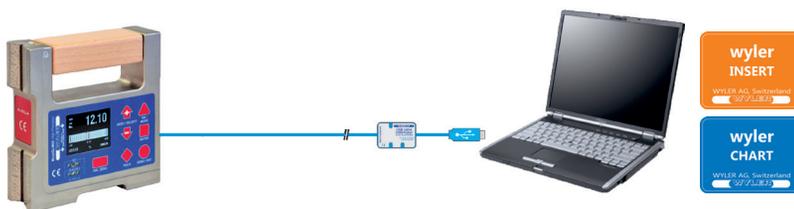
- Grosse und sehr gut lesbare, farbige Digitalanzeige
- Verschiedene Farb-Profile können ausgewählt werden
- Es stehen verschiedene Anzeige-Methoden zur Verfügung; unter anderem Bar-Graphiken oder Richtwaagen
- Alle gängigen Masseinheiten können angezeigt werden
- Messbereich von $\pm 1^\circ$ (entspricht ca. $\pm 18 \text{ mm/m}$)
- Grösste Präzision dank integrierter Temperatur-Kompensation
- Einfache Nullpunkteinstellung mittels integrierter Software und Umschlagmessung
- Robustes, rostgeschütztes Gehäuse aus Grauguss vernickelt mit prismatischen und geschabten Basen links und unten
- Auflage rechts präzisions-geschliffen
- Eingebaute Libelle zum erleichterten Ausrichten der vertikalen Nebenachse zur Vermeidung von „Twistfehlern“
- Das BlueCLINO *High Precision* ist kompatibel mit der gesamten Reihe digitaler Instrumente und Sensoren der WYLER AG
- Betrieb mit handelsüblichen 1.5 V Batterien, Akkus, oder mit Stecker-Netzgerät
- Erfüllt die strengen CE Normen (Immunität gegenüber elektromagnetischen Einflüssen)
- Das Instrument kann an die lokale Erdbeschleunigung angepasst werden

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN BLUECLINO High Precision

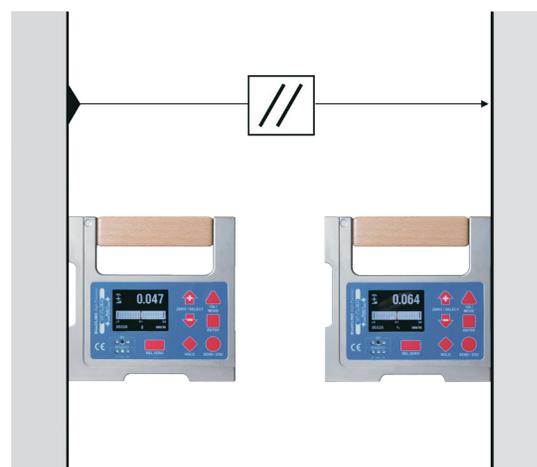
Messbereich	± 20 mm/m
Zifferschrittwert (Empfindlichkeit)	0.005 mm/m 1 arcsec
Fehlergrenze (DIN 2276/2)	$M_W \leq 0.5 M_E$ max. 1 % M_W min. 1 digit
M_E = Messbereichsendwert M_W = Messwert	$M_W > 0.5 M_E$ max. 0.01 (2 M_W - 0.5 M_E)
Temperaturkoeffizient (DIN 2276/2) // °C (Ø 10 °C)	max. 0.1 % M_E
M_E = Messbereichsendwert	
Einstelldauer (DIN 2276/2)	< 5 sec
Digitalausgang	RS232 / RS485, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps
Externe Stromversorgung	+5V DC / +24 V DC
Netto-Gewicht, inklusive Batterien	3450 g
Abmessungen L x B x H	150 x 150 x 40 mm
Zwei prismatische Messbasen, links und unten, für Wellen mit ... eine flache Messbasis, rechts	Ø 19 ... 108 mm
CE-Konformität: Erfüllt die Standards für Emission und Störfestigkeit	



BlueCLINO HP verbunden mit einem BlueMETER SIGMA



BlueCLINO HP verbunden mit einem PC



Einfacher Vergleich einer „linken“ mit einer „rechten“ vertikalen Führungsbahn

BlueCLINO High Precision

APP



Die App liest die Daten von E I N E M BlueCLINO High Precision, wenn Sie einen Wert aus der Distanz ablesen müssen, und Sie keine direkte Ablesemöglichkeit vom Display haben., wie z.B.

- beim Ausrichten von grösseren Maschinenteilen, Maschinen und Objekten
- Analyse von Nick- oder Rollbewegungen



Darstellungsarten

- Zahlen
- Libellen oder Nadeln (Skalierung zoombar)
- LED Linie (Skalierung zoombar)

mm/m
° ' "
"/10"
"/12"

Einheiten

Funktionen

- REL null setzen der Achswerte
- Reaktivieren des im Gerät gespeicherten ABS Offset Korrekturwertes



Anforderungen

- Android Geräte mit Android 3.0 oder höher
- BlueCLINO High Precision mit integriertem Bluetooth
- Das BlueCLINO, bzw. BlueCLINO HP App ist kostenfrei



Outdoor Smartphone mit vorinstallierter BlueCLINO High Precision-APP

9 ANZEIGEGERÄTE UND INTERFACES

9.1 BLUEMETER SIGMA

Das BlueMETER Sigma ist die Weiterentwicklung des bekannten BlueMETER und wurde als intelligentes Anzeigegerät für die elektronischen Neigungsmesser

- BlueLEVEL
- BlueCLINO und BlueCLINO *High Precision*
- MINILEVEL NT und LEVELTRONIC NT (nur über Kabel)
- Clinotronic Plus
- ZEROMATIC
- und die
- ZEROTRONIC-Sensoren



BlueMETER SIGMA

entwickelt. Neben der ausgezeichneten Messgenauigkeit zeichnen sich die Messgeräte BlueLEVEL, BlueCLINO, Clinotronic Plus und die ZEROTRONIC-Sensoren dadurch aus, dass die Messsignale in digitaler Form erfasst werden und deshalb über grosse Distanzen ohne Einbusse der Messgenauigkeit übermittelt werden können.

Das BlueMETER Sigma dient einerseits als

- **Anzeigegerät**,
- andererseits aber auch
- als **Interface** zwischen Messgerät und PC

Die Weiterentwicklung gegenüber dem BlueMETER besteht in folgenden neuen Funktionen und Eigenschaften:

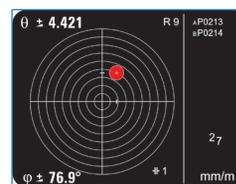
- Grosse und sehr gut lesbare, farbige Digitalanzeige
 - Verschiedene Farb-Profile können ausgewählt werden
 - Es stehen verschiedene Anzeige-Methoden zur Verfügung: Hierbei bietet die neue, graphische 2D-Anzeige sehr interessante Einsatzmöglichkeiten!
- Es können die Werte von bis zu 4 Instrumenten gleichzeitig angezeigt werden. Dabei kann ausgewählt werden, welches der angeschlossenen Instrumente als A, B, C oder D angezeigt wird.
- Zudem stehen folgende Optionen zur Verfügung:
 - Anzeige der Differenz zweier Instrumente (A-B)
 - Anzeige der Differenz von 4 Instrumenten (A-B und C-D). Hierbei ist es wiederum möglich, diese Werte als 2D-Graphik anzuzeigen: A-B in X-Richtung und C-D in Y-Richtung.
- Der Anschluss der Kabel zu den Instrumenten ist neu auf der rechten Seite, wodurch es möglich wird, das Gerät im optimalen Ablesewinkel aufzustellen. Das BlueMETER Sigma hat hierzu auf der Rückseite eine ausklappbare Stütze.

Graphische 2D-Anzeige

Die 2D-Anzeige erlaubt es, die Lage eines Objektes im Raum, respektive dessen Lageänderung, graphisch und damit einfach verständlich zustellen. Somit wird die Ausrichtung z.B.

- einer Maschine
 - eines Fahrzeuges
 - eines Containers an einem Kran
 - einer Messplatte
- usw.

wesentlich vereinfacht.



Am BlueMETER Sigma können Parameter wie

- Masseinheiten
- Filter-Einstellung
- Relative Basislänge
- Physische Adresse der ZEROTRONIC-Sensoren

eingestellt und geändert werden.

Über eine RS232-Schnittstelle ist es möglich, die Messwerte über einen PC/LAPTOP an die WYLER-Software wylerINSERT, wylerCHART, wylerDYNAM und wylerSPEC zu übermitteln.

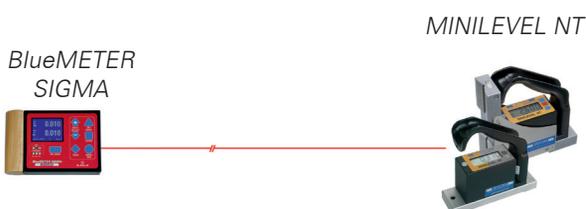
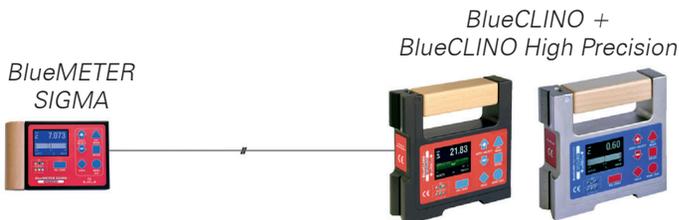
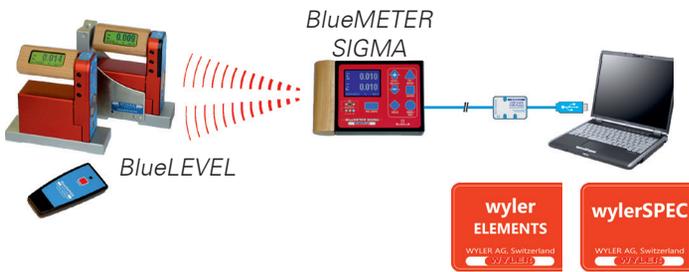
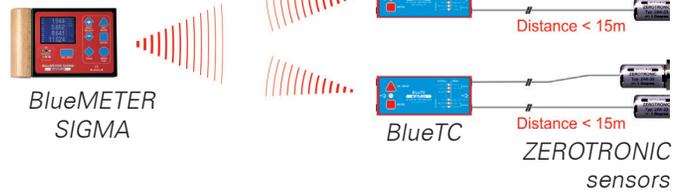
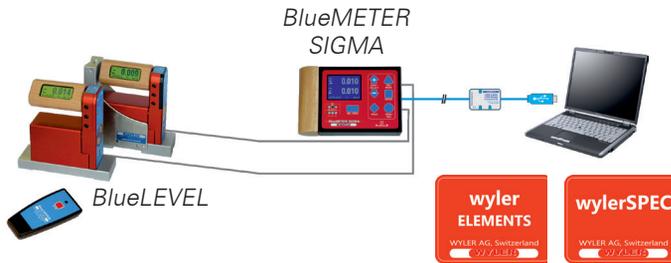
Weitere Funktionen / Eigenschaften des BlueMETER Sigma sind:

- Komplett neues Design in einem Aluminium-Gehäuse, mit modernster Technologie
- Funk mit Bluetooth® wireless technology (Option): einem weltweit anerkannter STANDARD
- Anzeige des Messwertes in den unterschiedlichsten Einheiten, wie
 - $\mu\text{m}/\text{m}$ bzw. mm/m mit 3 Dezimalstellen
 - Zoll/10 Zoll
 - Milliradian
 - Grad/Arcmin/Arcsec
 - $\text{mm}/\text{relative Basislänge}$
 - usw.
- Absolutmessungen
- Relativmessungen (Relatives Null)
- Ermittlung und Abspeicherung des ZERO-Offsets von angeschlossenen Geräten / Sensoren
- Batterieanzeige im Display
- Betrieb mit handelsüblichen 1.5 V - Batterien, Typ „C“
- CE-kompatibel

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN BLUEMETER SIGMA

Batterien, Grösse C / als Option mit Akkus	1,5 V
Externe Stromversorgung	+24 V DC
Digitalausgang	RS232, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 bps
Abmessungen	Länge 150 mm Breite 96 mm Höhe 34/40 mm
Netto-Gewicht	
• mit Batterien	835 g
• ohne Batterien	684 g

KONFIGURATIONEN BlueMETER SIGMA



**9.2 BLUETC MIT/OHNE DATENÜBERTRAGUNG PER FUNK FÜR
BLUELEVEL / BLUELEVEL BASIC / ZEROTRONIC-SENSOREN**

Über eine RS232/485-Schnittstelle ist es möglich, die Messwerte an einen PC/LAPTOP oder ein anderes Ausgabegerät sowie an die WYLER-Messprogramme wylerSPEC oder an eine andere Messsoftware wie wylerCHART oder wylerDYNAM weiterzuleiten.

Vorteile gegenüber dem BlueMETER SIGMA im Verbund mit den Messgeräten BlueLEVEL:

- Einfache Konfiguration; BlueTC dient lediglich als Interface zwischen den Messgeräten und dem PC / Laptop
- Kosten (Version mit drahtloser Übermittlung der Daten)

Nachteile gegenüber dem BlueMETER SIGMA im Verbund mit den Messgeräten BlueLEVEL:

- Keine Anzeige der Messwerte von Messgerät [A] und Messgerät [B]
- Menüführung etwas weniger umfangreich und übersichtlich, da kein Display verfügbar ist



BlueTC

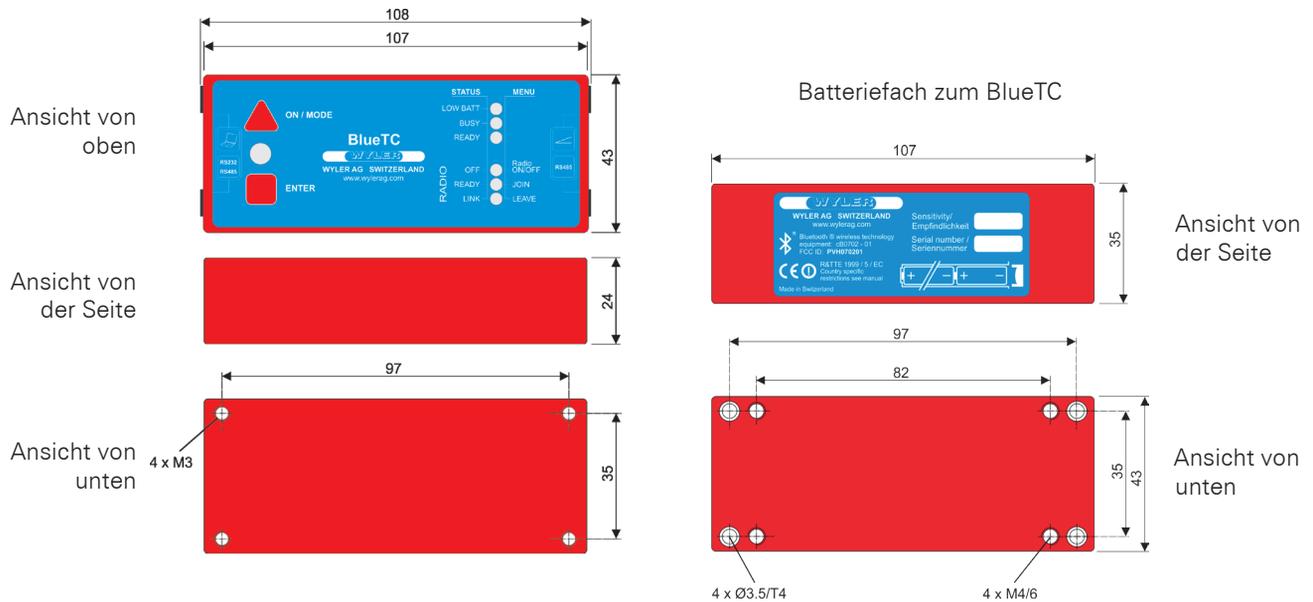
TECHNISCHE DATEN BLUETC

Externe Stromversorgung	+ 5 V DC, max. 450 mW (Pin 3) 8 ... 28 V DC (Pin 1)	
Übertragungsformat	RS232 / RS485, asynchronous, 7 DataBits, 2 StopBits, no parity, 9600 Baud	
Abmessungen ohne Batterie-Pack	Länge Breite Höhe	108 mm 43 mm 24 mm
Abmessungen inkl. Batterie-Pack	Länge Breite Höhe	108 mm 43 mm 59 mm



BlueTC mit Batteriefach

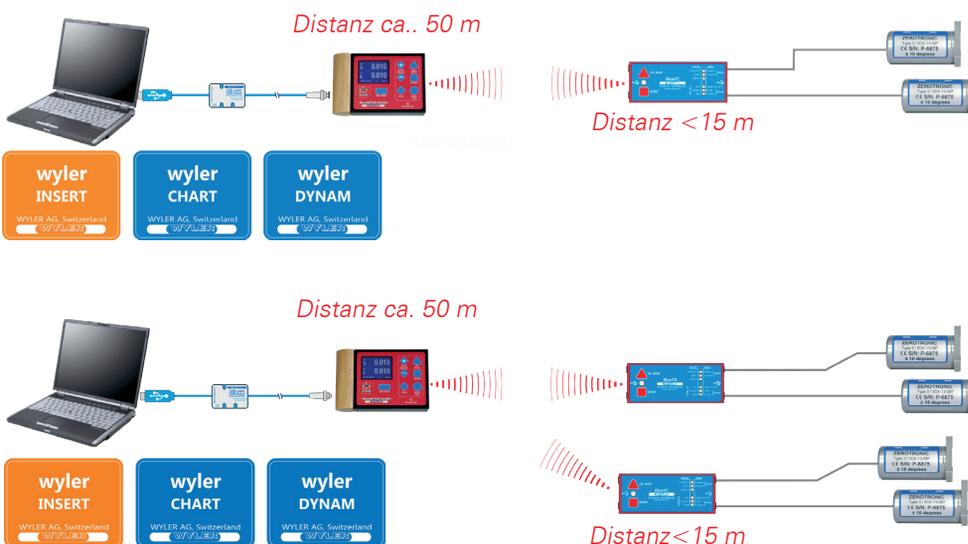
ABMESSUNGEN DES BLUETC UND DES BATTERIEFACHS



BlueTC mit Batteriefach

Nur Batterien Grösse „C“

KONFIGURATIONS-MÖGLICHKEITEN MIT DEM BLUETC



Konfiguration mit max. zwei BlueTCs, verbunden mit max. vier ZEROTRONIC-Sensoren. Das BlueMETER SIGMA dient als Interface zum PC oder Laptop.

Abhängig von der Konfiguration können bis zu vier Sensoren gleichzeitig ausgelesen werden.

ANHANG

EINFLUSS DER ERDANZIEHUNGSKRAFT AUF DIE GEMESSENE NEIGUNG

Die Gravitationskraft bleibt über den Erdball verteilt weitgehend konstant. Auf dieser Annahme beruht auch das Messprinzip der WYLER-Sensoren. Tatsächlich aber variiert die Gravitationskraft bis zu 0,5%. Die WYLER-Sensoren zählen zu den präzisesten Neigungssensoren. Um ihre volle Genauigkeit nutzen zu können, muss die lokale Schwerkraft berücksichtigt und die gemessenen Werte sollten entsprechend interpretiert werden.

Die elektronischen Sensoren beruhen auf einem kapazitiven Messsystem, wie in Abb. 1 dargestellt. Eine reibungsfrei aufgehängte Massescheibe befindet sich zwischen zwei Elektroden. Die Massescheibe und die Elektroden bilden einen Differentialkondensator. Rotationssymmetrische Federn halten die Scheibe in der Mitte. Wird der Sensor geneigt, zieht die Gravitationskraft die Massescheibe zur unteren Seite, womit der Abstand zu einer Elektrode abnimmt, während auf der anderen Seite der Abstand zur oberen Elektrode zunimmt. Dies führt zu einer Erhöhung der Kapazität auf der unteren und zu einer Abnahme auf der oberen Seite. Aus diesen Änderungen berechnet die Elektronik im Sensor den Neigungswinkel.

Das Gleichgewicht zwischen der Rückstellkraft der Massescheibe und der Gravitationskraft kann wie folgt beschrieben werden:

$$cx = mg \sin (\alpha) \tag{1}$$

wobei

- x Auslenkung der Massescheibe
- c Federkonstante
- m Masse der Massescheibe
- g Gravitation
- α Neigungswinkel

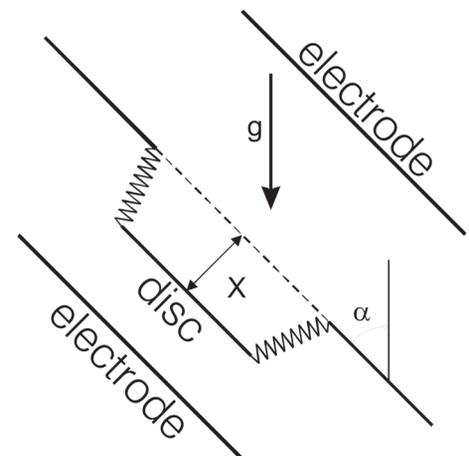


Fig. 1 Schematische Darstellung des kapazitiven Messprinzips

Das Messprinzip beruht darauf, dass die Schwerkraft an jedem Ort konstant bleibt. Auf der Erdoberfläche variiert die Erdanziehungskraft jedoch um bis zu 0.5%. Da sich die Erde dreht und ihre Form keine gleichförmige Kugel ist, ändert die Stärke der Erdanziehung mit dem Breitengrad und der Meereshöhe, sowie der lokalen Topographie und der Geologie. Die Internationale Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) definierte eine Schwerkraft-Formel, welche international anerkannt ist. Sie beruht auf einem Referenz-Ellipsoid und damit auf einer mathematisch definierten Fläche. Damit lässt sich die Schwerkraft ausreichend genau beschreiben:

$$g(\phi, h) = 9.780327 \left(1 + 0.0053024 \sin^2(\phi) - 0.000058 \sin^2(2\phi) \right) - 3.086 \times 10^{-6} h \tag{2}$$

wobei

- ϕ Breitengrad
- h Höhe über Meer

Tabelle 1 zeigt die Erdbeschleunigung in verschiedenen Städten. Den tiefsten Wert findet man in Mexiko City (9.779 m/s) und die höchsten in Oslo (Norwegen) und Helsinki (Finnland) (9.819 m/s).

Amsterdam	9.813	Istanbul	9.808	Paris	9.809
Athen	9.807	Havanna	9.788	Rio de Janeiro	9.788
Auckland	9.799	Helsinki	9.819	Rom	9.803
Bangkok	9.783	Kuwait	9.793	San Francisco	9.800
Brüssel	9.811	Lissabon	9.801	Singapur	9.781
Buenos Aires	9.797	London	9.812	Stockholm	9.818
Calcutta	9.788	Los Angeles	9.796	Sydney	9.797
Kapstadt	9.796	Madrid	9.800	Taipeh	9.790
Chicago	9.803	Manila	9.784	Tokio	9.798
Kopenhagen	9.815	Mexiko Stadt	9.779	Vancouver	9.809
Nikosia	9.797	New York	9.802	Washington	9.801
Jakarta	9.781	Oslo	9.819	Wellington	9.803
Frankfurt	9.810	Ottawa	9.806	Zürich	9.807

Da die Schwerkraft mit dem Breitengrad und der Meereshöhe ändert, stimmt die gemessene Neigung nur an der Stelle, wo das Messgerät kalibriert wurde, d. h. nur bei WYLER AG in Winterthur, Schweiz. In Singapur zum Beispiel, wo die Gravitationskraft kleiner ist, wird der angezeigte Winkel tiefer liegen.

Mit Hilfe von Formel (1) kann die Verschiebung der Disc berechnet werden:

$$x_m = \frac{1}{c} m g_m \sin(\alpha_{eff}) \quad (3)$$

wobei

- x_m Auslenkung der Massescheibe am Messort
- g_m Gravitation am Messort
- α_{eff} tatsächlicher Winkel

Die Elektronik berechnet die Neigungswinkel entsprechend dem Ort, wo der Sensor kalibriert wurde. Deshalb kann dieselbe Formel aufgelöst nach dem Neigungswinkel verwendet werden:

$$\alpha_m = \arcsin\left(\frac{c x_m}{m g_c}\right) \quad (4)$$

wobei

- g_c Gravitation am Ort der Kalibrierung
- α_m angezeigter Neigungswinkel am Messort

Aus der Kombination von Formel (3) und (4) kann der Neigungswinkel berechnet werden, welchen der Sensor an einem Ort mit einer anderen Schwerkraft zeigen würde. Mit einer kurzen Umformung lässt sich schliesslich ausgehend vom angezeigten Winkel der effektive Neigungswinkel bestimmen:

$$\alpha_{eff} = \arcsin\left(\frac{g_c}{g_m} \sin(\alpha_m)\right) \quad (5)$$

Das Diagramm in Abbildung 2 zeigt die Abweichung des gemessenen Neigungswinkels vom effektiven in Funktion des effektiven Neigungswinkels und der Gravitation. Mit zunehmender Neigung nimmt auch die Abweichung zu. In Singapur, wo die Schwerkraft mit 9.781 m/s^2 zu den tiefsten zählt, beträgt die Abweichung bei einer Neigung von 45° bereits 0.1525° . In horizontaler Lage tritt keine Abweichung auf.

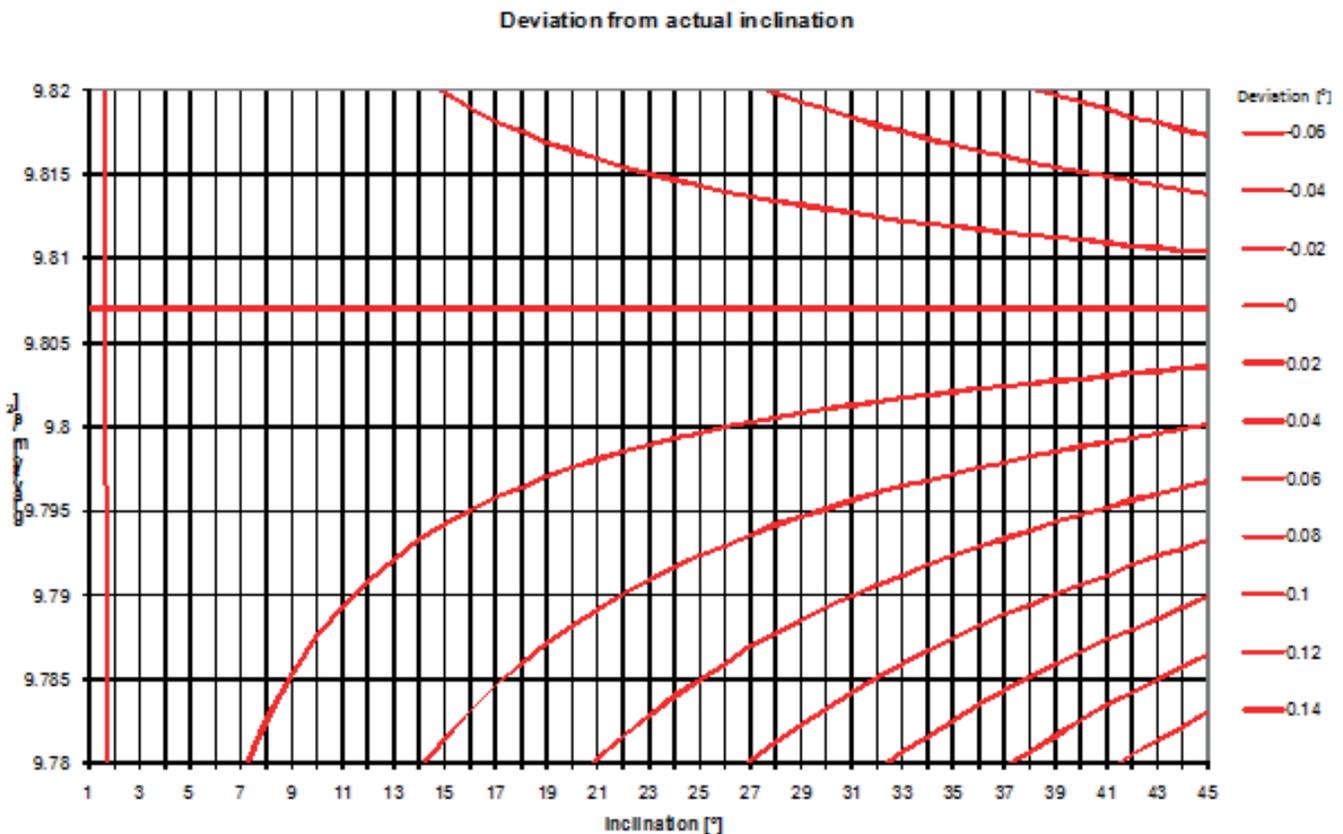


Fig. 2 Abweichung des gemessenen Neigungswinkels von der effektiven Neigung in Funktion des Neigungswinkels und der Gravitation.

Der Neigungswinkel wird immer bezüglich der Richtung der lokalen Schwerkraft gemessen. Ausgenommen beim Äquator oder den Polen zeigt die Schwerkraft jedoch nirgends genau ins Zentrum der Erde, vielmehr steht sie senkrecht auf der Oberfläche des Geoids. Das Geoid ist eine Bezugsfläche im Schwerfeld der Erde zur Vermessung und Beschreibung der Erdfigur. Dieser Unterschied in der Richtung wird als Lotabweichung bezeichnet. Aufgrund der abgeflachten Form der Erde, zeigt die Schwerkraft ein wenig in Richtung des gegenüberliegenden Pols. Etwa die Hälfte der Lotabweichung lässt sich mit der Zentrifugalkraft erklären, während die andere Hälfte durch die zusätzliche Masse um den Äquator hervorgerufen wird. Weitere Abweichungen entstehen durch Berge und geologische Unregelmäßigkeiten im Untergrund und belaufen sich auf bis zu $10''$ in flachen Bereichen oder $20-50''$ in alpinem Gelände.

Am Messort kann der angezeigte Neigungswinkel korrigiert werden, wenn die lokale Gravitation berücksichtigt wird. Da im Voraus nicht bekannt ist, wo die Sensoren eingesetzt werden, ist es nicht möglich diese so zu kalibrieren, dass sie eine veränderte Schwerkraft kompensieren. Mit der Korrekturformel erhält der Kunde jedoch die Möglichkeit, die genauest möglichen Resultate zu gewinnen. WYLER AG hat ein Programm entwickelt, welches erlaubt, die Kalibrierung der lokalen Gravitation anzupassen.

Index

A

Abmessungen des MultiTC 54 / 99
Absolute Messungen 18
Anhang 7 / 143
Anzeige am Messgerät und dem effektiven Messwert 67
Anzeigemöglichkeiten 132
Artillerie-Promille 11
Auflagepunkte einer Messplatte nach Bessel 68
Ausführungen von Messbasen 50
Ausgabe der Messwerte 12
Ausrichtmethoden von Messungen 5 / 75
Ausrichtungen 28
Ausrichtung mittels linearer Regression 75
Ausrichtung nach Endpunkten 75
Ausrichtung nach ISO 1101 75
Auswirkung und Kompensation der Gravitationskraft 15
Auswirkung und Kompensation der Gravitationskraft bei Neigungsmessgeräten 3 / 15
Autokollimator 24

B

Besselschen Punkte 68
Beziehung zwischen den wichtigsten Einheiten in der Neigungsmesstechnik 3 / 13
Beziehung zwischen den wichtigsten Einheiten (SI) 3 / 12
BlueCLINO 7 / 132 / 135
BlueCLINO High Precision 7 / 135
BlueLEVEL 5 / 47
BlueLEVEL-2D 5 / 53
BlueMETER 5 / 47
BlueMETER BASIC 5 / 48
BlueMETER SIGMA 7 / 138
BlueSYSTEM 5 / 47
BlueSYSTEM BASIC 5 / 48
BlueTC 54 / 99
BlueTC mit/ohne Datenübertragung per Funk 7 / 141
BlueTC (Transceiver/Converter) 6 / 100

C

CLINO 2000 7 / 129
Clinometer 4 / 27 / 37
Clinotronic PLUS 121
CLINOTRONIC PLUS 5 / 7 / 53 / 121 / 125
Clinotronic S 125

D

Dämpfung des Pendels 89
Das absolute NULL 3 / 13

Das BlueSYSTEM / BlueLEVEL mit BlueMETER 5 / 47
Das Internationale Einheitensystem, abgekürzt SI (von frz. Système international d'unités) 46
DATALOGGER auf WYLER-Messinstrumente optimal abgestimmt 6 / 113
Digitale Neigungsmess-Sensoren 6 / 88
Dosenlibellen 4 / 35
Drahtlose Datenübertragung 47
Druckindustrie 29
Dynamische Eigenschaften der ZEROTRONIC-Sensoren 94

E

Ebenheitsmessung 68
Ebenheitsmessung an der kreisförmigen Auflage eines Rundtisches 30
Ebenheitsmessung von partiellen Flächen 80
Einfluss der Erdanziehungskraft auf die gemessene Neigung 7 / 143
Einführung in die Neigungsmesstechnik 3
Einsatzgebiete von Präzisions-Wasserwaagen, Neigungsmessgeräten und -Systemen 4 / 29
Einstellung Twist 4 / 34
Einzel-, bzw. Referenzmessung 5 / 76
Elektrolyt-Libellen 3 / 23
Elektronische Handmessgeräte 4 / 27
Elektronische Neigungsmessgeräte und Sensoren 4 / 38
Elektronische Neigungsmess-Sensoren mit Anzeigegerät BlueMETER 27
Elektronische Neigungsmess-Sensoren mit kapazitivem Messgeber 27
Elektronische Neigungsmess-Sensor mit integrierter Umschlagsmessung 27
Elektronisches Neigungsmessgerät mit induktivem Messgeber 27
Elektronisches Neigungsmessgerät mit kapazitivem Messgeber 27
Elektronisches Neigungsmessgerät mit kapazitivem Messgeber und einem externen
Anzeigeinstrument 27
Entry page for WYLER software 62
Entwicklungs-Kit 6 / 120
Erläuterungen zur Schliessfehlerkorrektur 5 / 72

F

Fehlergrenze 14
Flexbasis 80
FLEXBASIS 51
Funktionsprinzip des ZEROMATIC 6 / 108
Funktionsprinzip des ZEROTRONIC-Sensors / MESSPRINZIP 6 / 89

G

Geschichte der Neigungsmessung 3 / 9
Gravitationskraft 15
Grundlagen zur Messung von Neigungen 68

H

Hand-Neigungsmessgerät Clinotronic S 125
Horizontal-Wasserwaagen 27

I

Induktive Messsysteme / nivelSWISS 4 / 38
Infrarot-Zapper 49
Inklinations-Wasserwaagen 27
Isaac Newton 9

J

Justieren von Ständer und Walzen 29

K

Kalibrierung der Sensoren 93
Kapazitive Messsysteme 5 / 42
Konfigurationsmöglichkeiten mit dem BlueLEVEL-2D 55
Kontinuierliche Überwachung eines Objektes, welches hohen Temperaturschwankungen
ausgesetzt ist 30
Korrektur-Index 70
Korrektur Nullpunktabweichung 126
Korrektur Nullpunkt-Abweichung 122 / 126
Korrektur Nullpunkt- und Gain-Abweichung (ZERO-Offset und GAIN-Offset) beim
Handmessgerät BlueCLINO 134
Korrektur Nullpunkt- und Gain-Abweichung (ZERO-Offset und GAIN-Offset) beim
Handmessgerät CLINO 2000 131
Krängungsmessungen an Frachtschiffen 31
Kundenspezifische Lösung 104

L

LabEXCEL 6 / 118 / 119
Länge der Messbasen 3 / 17
Langzeitüberwachungen 85
Langzeitüberwachungen von Objekten mit absoluten Messwerten 18
Laser Interferometer 3 / 23
LED-KREUZ 105
Linearität nach DIN 2276 14
Linienmessung von Hand 5 / 66

M

Masseinheiten in der Neigungsmesstechnik 3 / 11
Master 83
Messbasen 50
Messbereichsendwert 14
Messen - Kalibrieren Ebenheitsmessung / Winkel 30
Messfehler 67
Messrichtung 68
Messsoftware 5 / 57
Mess-Software 5 / 57
Mess-Software LabEXCEL (LabView-Anwendung) 6 / 118
Messsoftware wylerSOFT 57
Mess-Systeme und Applikations-Software im Überblick 3 / 21 / 22 / 23 / 24 / 25 / 26
Messunsicherheit 16

Messunsicherheit von Messsystemen 16
Mikroradian 11
Milliradian 11
mm bezogen auf die relative Basis 11
mm pro m 11
MONTEUR-SET 47
MultiTC (Transceiver/Converter) 6 / 99

N

Neigung des Sensors - Auslenkung der Membrane - Verlauf der Frequenz 92 / 123 / 127
Neigungsmessgerät CLINO 2000 7 / 129
Neigungsmessgerät Clinotronic S 125
Neigungsmess-Sensoren mit digitaler Messauswertung 4 / 27
Neukalibrierung des Messgerätes 123
nivelSWISS-D 41
nivelSWISS HORIZONTALMODELL 50-H 39
nivelSWISS WINKELMODELL 50-W 39
Normen für die Ebenheit von Mess- und Kontrollplatten 82
NULLPUNKTABWEICHUNG 13

O

Opto-elektronisches Prinzip 4 / 24 / 25 / 26

P

Possible configurations with BlueLEVEL-2D 55
Präzisions-Schlauchwasserwaage 4 / 37
Präzisions-Wasserwaagen 4 / 27 / 33
Präzisions-Wasserwaagen und Dosenlibellen 4 / 35
Produktegruppen im Bereich der Neigungsmessung 3 / 4 / 21 / 22 / 23 / 24 / 25 / 26 / 27
Promille 11

Q

Qualitätssicherung und Kalibrierlabor SCS WYLER AG 3 / 19

R

Radian 11
Rahmen-Wasserwaagen 27
Relative Messungen 18
Relative NEIGUNG 10
Relativmessungen 85
RELATIVMESSUNGEN 5 / 85
Relativmessungen - Absolutmessungen - Langzeitüberwachungen 3 / 18 / 19
Relativ- und Absolutmessungen 5 / 85
Richt-Laser 23
Röhrenlibellen 33
Rotierende Axen 58

S

Schaben einer Wasserwaage 33
Schaltbild eines Messgerätes mit kapazitivem Messsystem 44
Schliessfehlerkorrektur und Ausrichtmethoden nach Philips 5 / 70
Schrittlänge und Überlappung der Messungen 5 / 67
SCS-Zertifikat 19
SDK 26
SEALTEC-Technologie 45
Sextant 9 / 24
Software-Beispiele 26
Solarpanels 32
Spezialanwendungen mit ZEROTRONIC-Sensoren 6 / 103
Spezifikationen Clinotronic S 127
Spiegelung der Anzeige 49
Standardabmessungen prismatischer Basen 35
Standard-Konfigurationen für ZEROTRONIC-Sensoren 6 / 98
Staudämme 30
Stiftkalibrierung 131
Störeinflüsse auf Neigungsmesssysteme 3 / 16

T

TECHNISCHE DATEN MultiTC 99
Temperaturdifferenz von Messgerät zu Messobjekt 5 / 69
Theodolit 3 / 24
Trigonometrische Beziehung 11
Twist 4 / 34
Typischer Frequenzverlauf bei einem digitalen Sensor 93

U

Überlappung der Messungen 5 / 67
Überwachungen 28
Überwachung von brückendeformationen 29
U-Jack 79
Umschlagmessung 13
Ursachen von Messfehlern 67

V

Vermessung einer Schleifmaschine mit flachen Führungsbahnen 31
Vermessungen 28
Vermessung von rechtwinkligen Objekten 5 / 83
Vertrauensniveau 20
Vorwort 8

W

Was ist eine Neigung? 3 / 10
Was ist eine positive, was eine negative Neigung? 3 / 13
Was ist ein „mm/m“? 3 / 12
Was ist ein „Radiant“? 3 / 12

Werkzeugmaschinen / Spindelausrichtung 29
Wie funktioniert der RC-Oszillator zusammen mit dem Pendelsystem? 90
Wie wird ein rechter Winkel gemessen und interpretiert? 84
Winkelfehler der Messbasis des Gerätes 83
Wo kommen Präzisions-Wasserwaagen, Neigungsmessgeräte und -Systeme zum Einsatz? 4 / 28
Worauf ist bei einer Messung zu achten? 5 / 66
wylerCHART 26 / 118
wylerDYNAM 26 / 118
wylerELEMENTS 25 / 62
wylerINSERT 26 / 119
wylerPROFESSIONAL 25 / 62
wylerSOFT für Überwachungsaufgaben 118
WYLER Software Development Kit 6 / 118 / 119
WYLER Software-Entwicklungskit 120
wylerSPEC 25 / 57 / 58
WYLER SW Entwicklungs-Kit 6 / 120

Z

ZEROMATIC 27
ZERO-Offset 126
ZERO- OFFSET 13
ZEROTRONIC-Sensoren 27
ZEROTRONIC Sensoren in starken Magnetfeldern 32
ZEROTRONIC Typ 3 88
ZEROTRONIC Typ C 88
ZERTIFIKATE 19
ZERTRONIC-Sensor 6 / 88 / 102 / 115
Zoll bezogen auf die relative Basis 11
Zoll pro 10 Zoll 11
Zoll pro 12 Zoll 11
Zusammenhang zwischen Messzeit (Sampling Time) und variabler Messzeit des Sensors 92
Zusammenhang zwischen z.B. Grad/Minuten und $\mu\text{m}/\text{m}$ 3 / 11
Zwei-dimensionalen Neigungsmesssensoren ZEROMATIC 2/1 und 2/2 107



Quality

Service
+ Partnership

Innovation
+ Competence

Qualität

Service
+ Partnerschaft

Innovation
+ Kompetenz

WYLER AG
Neigungsmesssysteme

Im Hölderli 13
CH - 8405 Winterthur (Switzerland)
+41(0) 52 233 66 66

☎ +41(0) 52 233 20 53
✉ [wyl@wyl@wyl.com](mailto:wyl@wyl@wyl@wyl.com)
🌐 www.wyl@wyl.com

