



Barbara Wachter, BSc

Untersuchungen zur Messgenauigkeit und Weiterentwicklung der IDM-Sonde

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften - Geotechnik und Wasserbau

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Roman Marte

Institut für Bodenmechanik und Grundbau

Mitbetreuer

Dipl.-Ing. BSc Georg Ausweger

Graz, Januar 2016

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....
(Unterschrift)

Statutory declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,

.....
(signature)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Roman Marte für die Betreuung dieses interessanten Themas und sein großes Entgegenkommen, welches mir eine Bearbeitung der Masterarbeit in Tirol ermöglichte. Weiters möchte ich mich von universitärer Seite bei Herrn Dipl.-Ing. BSc Georg Ausweger für die Einführung in diese Thematik und seine Unterstützung bedanken. Ebenfalls möchte ich mich an dieser Stelle bei Herrn Dr. sc. MSc Markus Schwager für seine Hilfe und die zur Verfügung gestellte Dissertation bedanken. Zudem gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Christian Dold für die große Hilfe bei der Durchführung der Messungen.

Besonderer Dank gebührt meiner gesamten Familie, insbesondere meinen Eltern, meiner Schwester Verena sowie meinen Patenkindern Dominik, Selina und Jana, welche mich während des ganzen Studiums hinweg unterstützt und mir eine angenehme Studienzeit ermöglicht haben.

Weiters möchte ich all meinen Freunden die mir während meiner Masterarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen danken. In erster Linie gilt mein herzlichster Dank meinen Studienfreunden Exenberger Ida, Plank Lisa und Andreas Triendl, durch denen die Studienzeit zu einem besonders schönen Abschnitt meines Lebens wurde.

Kurzfassung

Vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit dem Inklinodeformeter, kurz IDM, welches ein von der ETH Zürich im Zuge der Dissertation 'Development, analysis and applications of an 'inclinodeformeter' device for earth pressure measurements' von Herrn Markus Schwager neu entwickeltes Messgerät zur Bestimmung von horizontalen Erddruckänderungen ist. Erddruckänderungen führen zu Querschnittsverformungen des Inklinometerrohres. Folgende Verformungen werden mithilfe des IDM-Messgerätes gemessen. Aus den Messdaten können im Anschluss die dazugehörigen Spannungsänderungen im umliegenden Boden des Inklinometers rückgerechnet werden, indem das entsprechende Randwertproblem gelöst wird. Das Ergebnis der IDM-Methode liefert ein Profil der horizontalen Erddruckänderung entlang des Inklinometerrohres.

Die Bestimmung von Erddrücken stellt nach wie vor eine große Unsicherheit in der Geotechnik dar. Durch eine verlässliche Bestimmung dieser Größe könnten bei geotechnischen Problemstellungen größere Sicherheiten erlangt werden. Weiters würden verlässliche Erddruckmessungen erheblich zur Unterstützung von Entscheidungen bei geotechnischen Problemstellungen beitragen.

Im Zuge dieser Arbeit wurden Untersuchungen zur Messgenauigkeit der IDM-Messsonde durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden in kürzester Zeit eine Vielzahl an Messungen an einem Kriechhang in Ginau, Wagrain, Salzburg durchgeführt und anschließend ausgewertet. Weiters wurde eine detaillierte Fehleranalyse an der Formel zur Erddruckrückrechnung durchgeführt. Diese Analyse dient zur Veranschaulichung welche Größen einen maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis der horizontalen Erddruckänderungen haben.

Weiters beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Weiterentwicklung des Inklinodeformeters. Zu der Weiterentwicklung zählt vor allem die Erweiterung des Standard-4-Nut-Inklinometerrohres auf ein 8-Nut-Inklinometerrohr. Durch die Erweiterung wird eine Verdoppelung der Anzahl an Messungen erreicht und somit kann eine exaktere Beschreibung des verformten Rohres sowie der zugehörigen Hauptspannungsrichtung erfolgen. Die größte Abweichung der Ergebnisse für horizontale Erddruckänderungen würde bei einem Winkel von 45° zur Hauptspannungsrichtung auftreten. Durch die exaktere Bestimmung der Hauptspannungsrichtung würde sich eine Verbesserung dieser Problematik ergeben und man würde konsequenterweise realistischere Werte erhalten.

Abstract

The present master thesis deals with the inclinometer, in short IDM. The inclinometer is a novel device for measuring changes in lateral earth pressure, which was developed by Markus Schwager in the course of his dissertation 'Development, analysis and applications of an 'inclinometer' device for earth pressure measurements' at the ETH Zürich. A change in earth pressures leads to changes in the shape of the inclinometer pipe. These deformations can be measured with the IDM-measurement device. The pressure increment can be back-calculated from the measurement data and the solution of a boundary value problem. The result of the IDM-method provides a profile of changes of lateral earth pressure along the inclinometer pipe.

Determination of earth pressures is still a great uncertainty in geo-engineering. Reliable informations about earth pressures can lead to higher certainty for problems in geotechnical engineering. Reliable earth pressure measurements could significantly contribute to support decisions in geotechnical engineering.

In the course of this master thesis studies on measurement accuracy of the measuring device, the IDM-probe, were implemented. For this purpose a plurality of measurements were carried out in a short period at a creeping landslide in Ginau, Wagrain, Salzburg. Afterwards the measurement data were analysed. Furthermore a detailed error analysis of the back-calculation equation was implemented. These analysis is used to demonstrate which values have a significant influence over the result of lateral earth pressures.

Present study deals with the further development of the inclinometer. The further development includes the expansion of the standard inclinometer pipe with four channels to an inclinometer pipe with eight channels. As a result of the expansion a duplication of the number of measurements is reached. Therefore an accurate description of the deformed pipe and the major stress direction can be reached. The maximum difference of the results for change in lateral earth pressures would occur at an angle of 45° to the major stress direction. An improvement of these problem would be the result if the major stress direction are better determined. Consequently, this would lead to more realistic values.

Inhalt

1	Einleitung und Motivation	1
1.1	Motivation.....	1
1.2	Aufgabenstellung	2
1.3	Aufbau der Arbeit	2
2	Grundlagen	4
2.1	Zusammenfassung.....	4
2.2	Einleitung	4
2.3	Konzept eines Inklinodeformeters	4
2.4	Beschreibung des Messgerätes	6
2.4.1	Design der Messsonde	6
2.4.2	Design des Positioniersystems.....	9
2.4.3	Elektrisches Design des Messgerätes.....	12
2.5	Beschreibung der Vorgehensweise	13
2.5.1	Herstellung des Bohrloches	15
2.5.2	Installation des Rohres.....	15
2.5.3	Messung der Rohrdurchmesser	15
2.5.4	Korrektur der Messwerte	16
2.5.5	Ovalisierungswert.....	17
2.5.6	Benötigte Messreihen	19
2.5.7	Änderung des Ovalisierungswertes.....	20
2.5.8	Korrektur der Änderung des Ovalisierungswertes	20
2.5.9	Mittlere Änderung des Ovalisierungswertes	21
2.5.10	Abgeschätzte Steifigkeit.....	22
2.5.11	Abgeleitete Erddruckänderung.....	23
3	Dokumentation Programmcode.....	26
3.1	Zusammenfassung.....	26
3.2	Einleitung	26
3.3	Programmcode IDM_Deformations	26

3.3.1	Eingabewerte Auswertung	27
3.3.2	Eingabewerte Bohrloch	27
3.3.3	Geometrie	28
3.3.4	Messdaten einlesen	28
3.3.5	Querneigungskorrektur	28
3.3.6	Filter	29
3.3.7	Messwerte mitteln	29
3.3.8	Werte in Matrix schreiben.....	29
3.3.9	Abbildungen	29
3.3.10	Resultate abspeichern	31
3.4	Programmcode Kor	31
3.5	Programmcode IDM_Pressures	32
3.5.1	Eingabeparameter.....	32
3.5.2	Resultate aus IDM_Deformations einlesen.....	33
3.5.3	Unterfunktionen.....	33
3.5.4	Abbildungen	35
3.5.5	Resultate abspeichern	35
4	Statistik	36
4.1	Zusammenfassung.....	36
4.2	Grundlagen Statistik.....	36
4.2.1	Messfehler und -abweichungen.....	36
4.2.2	Mittelwert und Standardabweichung.....	37
4.3	Messstand, Messreihen und variierte Größen	38
4.4	Messdurchführung	39
4.4.1	Einzelne Messkomponenten	39
4.4.2	Messaufbau	40
4.5	Auswertung der Messdaten.....	45
4.6	Darstellung der Ergebnisse	52
4.6.1	Darstellung der Standardabweichungen.....	52

4.6.2	Darstellung der Verteilungsdichten.....	56
4.7	Interpretation der Ergebnisse	60
4.8	Fehleranalyse mittels Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß	61
4.8.1	Diskussion des Fehleranteiles des E-Moduls des Bodens.....	63
4.8.2	Diskussion des Fehleranteiles des E-Moduls des Rohres	63
4.8.3	Diskussion des Fehleranteiles des Verhältnisses zwischen den Hauptdruckänderungen.....	64
4.8.4	Diskussion des Fehleranteiles des Winkels zwischen der Richtung der Hauptspannungserhöhung und der Nebenachse des äquivalenten Ovals.....	64
4.8.5	Diskussion des Fehleranteiles der Änderung des Ovalisierungswertes..	65
4.8.6	Diskussion des Fehleranteils sämtlicher Einzelabweichungen	65
5	Weiterentwicklung IDM-Sonde	67
5.1	Vorgehensweise.....	68
5.2	Ergebnis.....	79
5.3	1. Korrektur Vorgehensweise	80
5.4	Ergebnis 1. Korrektur	82
5.5	2. Korrektur Vorgehensweise	82
5.6	Ergebnis 2. Korrektur	86
5.7	3. Korrektur Vorgehensweise	86
5.8	Ergebnis 3. Korrektur	89
6	Conclusio	90
	Literatur.....	92
	Anhang.....	93
	Programmcodes mit Kommentaren (grün)	93
	Programmcode IDM_Deformations	93
	Programmcode Kor	99
	IDM_Pressures	99
	Auswertung Messdaten - Inklinometerrohr 115.....	103
	Stufe 1	103
	Stufe 2	105

Stufe 3	108
Stufe 4	112
Auswertung Messdaten - Inklinometerrohr 215.....	119
Stufe 1	119
Stufe 2	122
Stufe 3	126
Stufe 4	132
Darstellung - äquivalente Ovale	143
Stufe 2	143
Stufe 2 (2. Folgemessung - Inklinometer 115).....	147
Stufe 4	149
Stufe 4 (2. Folgemessung - Inklinometer 115).....	164

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Darstellung Konzept IDM	5
Abb. 2: IDM-Messsonde	7
Abb. 3: Mechanisches Design der IDM-Messsonde	8
Abb. 4: Mechanisches Design der IDM-Messsonde dargestellt ohne Frontplatte	9
Abb. 5: Mechanisches Design des Positioniersystems	10
Abb. 6: Positioniersystem	11
Abb. 7: Eigenschaften des Positioniersystems	12
Abb. 8: Übersicht des elektrischen Designs des Messgerätes.....	13
Abb. 9: Flussdiagramm der IDM-Methode	14
Abb. 10: Gemessene Innendurchmesser	15
Abb. 11: Fehler aufgrund der Geometrie der Sonde	17
Abb. 12: Äquivalentes Oval	18
Abb. 13: Mittlere Änderung des Ovalisierungswertes	22
Abb. 14: Mechanische Nachbildung des Burger Modells zur Beschreibung der Rohrsteifigkeit	23
Abb. 15: Abbildung dD.fig.....	30
Abb. 16: Abbildung DdD.fig	30
Abb. 17: Abbildung DdD_averaged.fig	31
Abb. 18: Abbildung ds.fig.....	35
Abb. 19: Messrichtungen A, B, C und D	39
Abb. 20 Aufsatzrohr.....	39
Abb. 21 Winde.....	39
Abb. 22 Sonde	39
Abb. 23 Kabelrolle	40
Abb. 24 Konverter	40
Abb. 25 Laptop mit Programm Labview /Schraubenschlüssel	40
Abb. 26 Freigelegtes Inklinometerrohr.....	40
Abb. 27 Aufgesetztes Aufsatzrohr	40
Abb. 28 Montierte Winde.....	41
Abb. 29 Oberes Rad zeigt in Messrichtung	41
Abb. 30 Aufgestellte Kabelrolle	41
Abb. 31 Verbindung Kabelrolle/Winde - Konverter	42
Abb. 32 Verb. Computer - Konverter	42
Abb. 33 Verb. Kabelrolle - Sonde	42
Abb. 34 Verbindungen Konverter und Computer	42

Abb. 35 Verbindungen Kabelrolle	42
Abb. 36 Verbindung Kabelrolle - Konverter	42
Abb. 37 Verbindung Winde.....	42
Abb. 38 Einführung Sonde	42
Abb. 39 Aufgewickeltes Kabel auf Winde	42
Abb. 40 Temperierung der Sonde	42
Abb. 41 Sonde in Startposition	43
Abb. 42 Markierungen Startposition	43
Abb. 43 Messaufbau	43
Abb. 44 Messungsbeginn	44
Abb. 45 Programm während Messung	44
Abb. 46 Programm am Ende der Messung.....	44
Abb. 47 Messungsende.....	44
Abb. 48: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 1.....	46
Abb. 49: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 2.....	47
Abb. 50: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 3.....	48
Abb. 51: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 4.....	49
Abb. 52: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 3d-Säulendiagramm	52
Abb. 53: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Säulendiagramm	53
Abb. 54: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Liniendiagramm	53
Abb. 55: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 3d-Säulendiagramm	54
Abb. 56: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Säulendiagramm	54
Abb. 57: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Liniendiagramm	55
Abb. 58: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Liniendiagramm - Auswertung über Tiefe	55
Abb. 59: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 1	56
Abb. 60: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 2	57
Abb. 61: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 3	57
Abb. 62: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 4	58
Abb. 63: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 1	58
Abb. 64: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 2	59

Abb. 65: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 3.....	59
Abb. 66: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 4.....	60
Abb. 67: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung E_s	63
Abb. 68: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung E_p	63
Abb. 69: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung K_0	64
Abb. 70: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung δ	64
Abb. 71: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung $\Delta\Omega$	65
Abb. 72: Mittlerer Fehler zufolge sämtlichen Einzelabweichungen.....	66
Abb. 73: Äquivalentes Oval.....	67
Abb. 74: Auswertung der Messdaten.....	69
Abb. 75: Stufe 4, Pos. 2,85 m.....	78
Abb. 76: Stufe 4, Pos. 7,05 m.....	78
Abb. 77: Stufe 4, Pos. 17,85 m.....	78
Abb. 78: Stufe 2, Pos. 7,50 m.....	78
Abb. 79: Stufe 2, Pos. 22,50 m.....	78
Abb. 80: Legende.....	78
Abb. 81: Stufe 4, Pos. 2,85 m.....	81
Abb. 82: Stufe 4, Pos. 7,05 m.....	81
Abb. 83: Stufe 4, Pos. 17,85 m.....	81
Abb. 84: Stufe 2, Pos. 7,50 m.....	81
Abb. 85: Stufe 4, Pos. 2,85 m.....	85
Abb. 86: Stufe 4, Pos. 7,05 m.....	85
Abb. 87: Stufe 4, Pos. 17,85 m.....	85
Abb. 88: Stufe 2, Pos. 7,50 m.....	85
Abb. 89: Stufe 2, Pos. 9,30 m.....	85
Abb. 90: Stufe 2, Pos. 22,50 m.....	85
Abb. 91: Stufe 2, Pos. 24,65 m.....	86
Abb. 92: Legende.....	86
Abb. 93: Stufe 4, Pos. 2,75 m.....	87
Abb. 94: Stufe 4, Pos. 5,75 m.....	87
Abb. 95: Stufe 4, Pos. 9,35 m.....	88
Abb. 96: Stufe 4, Pos. 12,35 m.....	88
Abb. 97: Stufe 2, Pos. 4,10 m.....	88
Abb. 98: Stufe 2, Pos. 5,90 m.....	88
Abb. 99: Stufe 2, Pos. 15,27 m.....	88
Abb. 100: Legende.....	88

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 1	46
Tab. 2: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 2	47
Tab. 3: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 3	48
Tab. 4: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 4, Inklinometer 115	50
Tab. 5: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 4, Inklinometer 215	50
Tab. 6: Datenmenge an gemittelten Durchmessern.....	51
Tab. 7: gemittelte Messdaten der Messrichtung A0, Stufe 1, Inklinometer 115.....	51
Tab. 8: Übersicht angenommener Werte zur Rückrechnung	62
Tab. 9: Gemittelte Innendurchmesser der Stufe 4	70
Tab. 10: Gemittelte Innendurchmesser der Stufe 2	71
Tab. 11: Ergebnisse der Messrichtungen A0, A180, C0 und C180 als 0-Richtung	76
Tab. 12: Ergebnisse der Messrichtungen B0, B180, D0 und D180 als 0-Richtung	77
Tab. 13: Differenzradien der Stufe 2.....	80
Tab. 14: Ergebnisse der Messrichtungen A0 und A180 als 0-Richtung	84
Tab. 15: Differenzradien der Stufe 2.....	87

Formelzeichen und Abkürzungen

Große Buchstaben

A	[mm]	Amplitude des äquivalenten Ovals
A_1	[-]	Korrekturkoeffizient
A_2	[-]	Korrekturkoeffizient
A_3	[-]	Korrekturkoeffizient
C_1	[-]	Korrekturkoeffizient
C_2	[-]	Korrekturkoeffizient
C_3	[-]	Korrekturkoeffizient
D	[mm]	Innendurchmesser des Rohres
D_A	[mm]	Innendurchmesser des Rohres in Messrichtung A
D_B	[mm]	Innendurchmesser des Rohres in Messrichtung B
D_C	[mm]	Innendurchmesser des Rohres in Messrichtung C
D_D	[mm]	Innendurchmesser des Rohres in Messrichtung D
E_P	[MPa]	E-Modul des Rohres
E_S	[MPa]	E-Modul des Bodens
E_0	[MPa]	E-Modul der Feder in Reihenschaltung
E_1	[MPa]	E-Modul der Feder in Parallelschaltung
I	[mm ³]	umlaufendes Querschnitts-Trägheitsmoment des Rohres
I_{red}	[mm ³]	reduziertes umlaufendes Querschnitts-Trägheitsmoment des Rohres
K_0	[-]	Verhältnis zwischen den Hauptdruckänderungen in der Ebene
MA	[mm]	Hauptachsenlänge
MI	[mm]	Nebenachsenlänge
R	[mm]	Außenradius des Rohres
R_m	[mm]	mittlerer Radius des Rohres
X	[mm]	Abstand zur Bestimmung der Lage des Rotationszentrums des Hebels
Y	[mm]	Basislänge des Hebels

Kleine Buchstaben

d	[mm]	Durchmesser der Räder der Messsonde
h	[mm]	Rohrstärke
h_{red}^X	[mm]	reduzierte Rohrstärke
m	[-]	Anzahl an Einzelgrößen
n	[-]	Anzahl der Realisationen

r	[mm]	Radius des äquivalenten Ovals
r_{av}	[mm]	durchschnittlicher Radius des äquivalenten Ovals
r_0	[mm]	Radius Nullmessung
r_1	[mm]	Radius Folgemessung
Δr	[mm]	Differenzradius
Δr_{av}	[mm]	durchschnittlicher Differenzradius des äquivalenten Ovals
$\Delta r_{gerechnet}^{A0}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung A0
$\Delta r_{gemessen}^{A0}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung A0
$\Delta r_{gerechnet}^{A180}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung A180
$\Delta r_{gemessen}^{A180}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung A180
$\Delta r_{gerechnet}^{B0}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung B0
$\Delta r_{gemessen}^{B0}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung B0
$\Delta r_{gerechnet}^{B180}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung B180
$\Delta r_{gemessen}^{B180}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung B180
$\Delta r_{gerechnet}^{C0}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung C0
$\Delta r_{gemessen}^{C0}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung C0
$\Delta r_{gerechnet}^{C180}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung C180
$\Delta r_{gemessen}^{C180}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung C180
$\Delta r_{gerechnet}^{D0}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung D0
$\Delta r_{gemessen}^{D0}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung D0
$\Delta r_{gerechnet}^{D180}$	[mm]	berechneter Differenzradius in Messrichtung D180
$\Delta r_{gemessen}^{D180}$	[mm]	gemessener Differenzradius in Messrichtung D180
s_{Ep}	[MPa]	Einzelabweichung des E-Moduls des Rohres
s_{Es}	[MPa]	Einzelabweichung des E-Moduls des Bodens
s_{K0}	[-]	Einzelabweichung des Verhältnisses zwischen den Hauptdruckänderungen
s_{δ}	[°]	Einzelabweichung des Winkels zwischen der Richtung der Hauptspannungserhöhung und der Nebenachse des äq. Ovals
$s_{\Delta\sigma}$	[MPa]	mittlerer Fehler der horizontalen Erddruckänderungen
$s_{\Delta\Omega}$	[-]	Einzelabweichung der Änderung des Ovalisierungswertes
s_{x_j}	[-]	Abweichung der jeweiligen Einzelgröße
t	[d]	Zeitschritt
u	[mm]	Horizontalverschiebung des Rohres
x_i	[mm]	Messwert der i-ten Realisation
\bar{x}	[mm]	Mittelwert von n-Realisationen

z [m] Tiefenkoordinate des Rohres

Griechische Buchstaben

α_L	[°]	Neigung des Hebels
α_P	[°]	Neigung der Sonde
β	[°]	Neigung aus der Ebene
β_0	[°]	Neigung aus der Ebene einer vertikalen Messsonde
δ	[°]	Winkel zwischen der Richtung der Hauptspannungserhöhung und der Richtung der Nebenachse des äquivalenten Ovals
δ^X	[°]	Winkel zwischen der Krümmungsrichtung und der Richtung der Nebenachse des äquivalenten Ovals
η_0	[MPa*d]	Viskosität des Dämpfers in Serie
η_1	[MPa*d]	Viskosität des Dämpfers in Parallelschaltung
ν_P	[-]	Poissonzahl des Rohrmaterials
ν_S	[-]	Poissonzahl des Bodens
ρ	[rad]	Rotation des äquivalenten Ovals
σ	[mm]	Standardabweichung
σ	[MPa]	horizontaler Erddruck
φ	[rad]	Polarwinkel des äquivalenten Ovals
χ_0	[1/mm]	Krümmung der Referenzmessung
χ_1	[1/mm]	Krümmung der Folgemessung
Δ	[°]	Korrekturterm hinsichtlich Neigung aus der Ebene
Δ_0	[°]	Korrekturterm hinsichtlich Neigung aus der Ebene einer vertikalen Messsonde
$\Delta\sigma$	[MPa]	horizontale Erddruckänderung
$\Delta\sigma_1$	[MPa]	größte Erddruckänderung in Horizontalebene
$\Delta\sigma_2$	[MPa]	kleinste Erddruckänderung in Horizontalebene
$\Delta\Omega$	[-]	Änderung des Ovalisierungswertes
$\Delta\Omega^X$	[-]	Änderung des Ovalisierungswertes aufgrund Längsbiegung
Ω	[-]	Ovalisierungswert
Ω_0	[-]	Referenzovalisierungswert
Ω_1	[-]	Ovalisierungswert der Folgemessung

Abkürzungen

IDM	Inklinodeformeter
Pos.	Position
ST	Stufe

1 Einleitung und Motivation

1.1 Motivation

Die Bestimmung der horizontalen Erddrücke, welche auf Bauwerke einwirken, gehören zu den Schlüsselfaktoren für eine Vielzahl an geotechnischen Problemstellungen. Trotzdem stellen Erddruckmessungen bis heute eine große Herausforderung in der Geotechnik dar. Vor allem im Fall von Kriechhängen und Baugruben kommen Erddruckmessungen zur Überprüfung von Designannahmen sowie zur Überwachung von Bauwerken eine große Bedeutung zu.

Herkömmliche Methoden zur Erddruckmessung erfolgen zum Beispiel mittels Erddruckmessdosen. Im Bereich von Kriechhängen und Baugruben sind es überwiegend anpressbare Erddruckmessdosen. Die Ergebnisse von Erddruckmessungen mittels Erddruckmessdosen werden durch viele Faktoren beeinflusst, was zu erheblichen Fehlern der Messwerte führen kann. Dadurch können Messungen mit Erddruckmessdosen im Allgemeinen mit keiner zufriedenstellenden Verlässlichkeit ausgeführt werden. Anpressbare Erddruckmessdosen liefern genauere Messwerte als Erddruckmessdosen, die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse ist jedoch immer noch nicht ausreichend. Weiters ermöglichen Erddruckmessdosen lediglich eine Bestimmung des Erddruckes an einem Punkt. Gefordert wird allerdings eine Bestimmung des Erddruckes zum Beispiel entlang des Tiefenprofils. Wenn dies mithilfe von Erddruckmessdosen umgesetzt wird, führt dies zu einer sehr kostenintensiven Variante.

Herkömmliche geotechnische Überwachungsmethoden liefern im Bereich der Erddruckbestimmung nach wie vor eher beschränkte Möglichkeiten. Durch das Inklinodeformeter wurde ein Messgerät entwickelt, welches eine verlässlichere Bestimmung von Erddruckänderungen ermöglichen soll. Dadurch sollen ein noch besseres Verständnis und erweiterte Informationen zum Verhalten von Erddrücken gewonnen werden. Dies kann zu einer besseren Beurteilung der Verlässlichkeit und Effizienz von grundbaulichen Strukturen führen. Aus diesem Wissen können Planer und Konstrukteure, welche für verlässliche und kosteneffiziente Konstruktionen Sorge tragen müssen, profitieren. Die zusätzlichen Informationen ermöglichen eine Präzisierung der Sicherheitsbeurteilung von geotechnischen Bauwerken und können somit Behörden in Belange von Entscheidungen zur Sicherheit unterstützen.

Das Inklinodeformeter bringt außerdem den Vorteil mit sich, dass keine zusätzlichen Installationen in den Hängen notwendig sind. Die Grundlage der IDM-Methode beruht nämlich auf den bereits weit verbreitet genutzten Inklinometermessungen bzw. der hierfür installierten Inklinometerrohren. Auch bereits abgescherte Rohre können für Inklinodeformetermessungen verwendet werden. Die Nutzung von Inklinometerrohren verhindert einerseits lange und aufwendige Vorlaufzeiten von Messungen und andererseits bietet es eine kostengünstige und verlässliche Variante zur Messung von Erddruckänderungen.

1.2 Aufgabenstellung

Die Masterarbeit beschäftigt sich mit dem Inklinodeformeter, kurz IDM, welches ein von der ETH Zürich im Zuge der Dissertation 'Development, analysis and applications of an 'inclinodeformeter' device for earth pressure measurements' von Herrn Markus Schwager neu entwickeltes Messgerät zur Bestimmung von horizontalen Erddruckänderungen ist.

Die Aufgabenstellung zu Beginn der Arbeit war die Einarbeitung in die Thematik des Inklinodeformeters. Anschließend sollte ein Überblick über die Grundlagen des IDMs zu Papier gebracht werden sowie die Programmcodes in Matlab, welche zur Umsetzung verwendet werden, beschrieben und kommentiert werden.

Im Zuge dieser Arbeit sollten Untersuchungen zur Messgenauigkeit der IDM-Messsonde durchgeführt werden. Dazu war es notwendig eine Vielzahl an Messungen an einem Kriechhang in Ginau, Wagrain, Salzburg durchzuführen und auszuwerten. Weiters sollte eine Fehleranalyse an der Formel zur Erddruckrückrechnung durchgeführt werden, um zu veranschaulichen welche Größen einen maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis der horizontalen Erddruckänderungen haben.

Weiters sollte eine Möglichkeit zur Weiterentwicklung der IDM-Methode untersucht werden. Aufgrund dessen wurde die Erweiterung des Standard-4-Nut-Inklinometerrohres auf ein 8-Nut-Inklinometerrohr betrachtet. Dies sollte zur exakteren Beschreibung des verformten Rohres sowie der zugehörigen Hauptspannungsrichtung führen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Nachfolgend wird die Gliederung dieser Arbeit kurz vorgestellt. Im ersten Kapitel findet eine kurze Einführung in die Thematik statt und es werden ein paar Gedanken zur Motivation und Aufgabenstellung der Arbeit erläutert.

Kapitel 2 enthält die Grundlagen des Inklinodeformeters auf welchem die Arbeit basiert. In Anlehnung an den Anhang der Dissertation von Herrn Schwager erfolgt eine Beschreibung des Messgerätes sowie der Methode zur Interpretation der Messwerte in Bezug auf horizontale Erddrücke.

In Kapitel 3 werden die drei Programmcodes in Matlab, welche zur Umsetzung der Auswertung der Messdaten bis hin zu den rückgerechneten horizontalen Erddruckänderungen verwendet werden, beschrieben.

Im vierten Kapitel befinden sich einige grundlegende Informationen zum Thema Statistik, eine Beschreibung zu den durchgeführten Messungen, deren Auswertungen und den daraus resultierenden Ergebnissen. Anhand der Ergebnisse ist es möglich auf eine Messgenauigkeit der IDM-Messsonde zu schließen. Des weiteren enthält Kapitel 4 eine Fehleranalyse der Gleichung zur Bestimmung der Erddruckänderungen, welche Auskunft über die Fehlerfortpflanzung im Zuge dieser Berechnung gibt.

Kapitel 5 beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung der IDM-Methode. Zu der Weiterentwicklung zählt vor allem die Erweiterung des Standard-4-Nut-Inklinometerrohres auf ein 8-Nut-Inklinometerrohr. Eine exaktere Beschreibung des verformten Rohres sowie der zugehörigen Hauptspannungsrichtung wird durch die Erweiterung mittels Erhöhung der Anzahl an Messungen erreicht. Im Zuge des fünften Kapitels wird die Vorgehensweise mit vier versuchten Varianten und zugehörigen Ergebnissen beschrieben.

Das letzte Kapitel gibt eine kurze Zusammenfassung der Arbeit sowie einen Ausblick für die Zukunft des Inklinodeformeters.

Der Anhang am Ende der Arbeit enthält die Programmcodes mit Kommentaren sowie sämtliche Auswertungen der Messdaten und die Abbildungen der ausgewerteten äquivalenten Ovale zur versuchten Weiterentwicklung der IDM-Methode.

2 Grundlagen

2.1 Zusammenfassung

Das Inklinodeformeter, kurz IDM, ist ein von der ETH Zürich im Zuge der Dissertation von Herrn Markus Schwager neu entwickeltes Messgerät, welches die Bestimmung von horizontalen Erddruckänderungen ermöglicht. Im folgenden Kapitel befindet sich in Anlehnung an den Anhang der Dissertation von Herrn Schwager eine Beschreibung des Messgerätes sowie der Methode zur Interpretation der Messwerte in Bezug auf horizontale Erddrücke.

Die Beschreibung des Messgerätes liefert einen Überblick über das Design der Sonde und des Positioniersystems sowie über das elektrische Design. Die Vorgehensweise zur Interpretation der Messwerte wird in 11 Schritten beschrieben. Diese Beschreibung bietet einen Leitfaden für spätere Anwendungen in der Praxis für geotechnische Überwachungen. Die Methode zur Interpretation der Messwerte wird dabei für die am häufigsten verwendeten Annahmen, welche im Rahmen von der IDM-Methode getroffen werden, beschrieben. Für spezielle Anwendungen muss die Methode möglicherweise modifiziert werden.

2.2 Einleitung

Das Inklinodeformeter wurde zur Bestimmung von horizontalen Erddruckänderungen für geotechnische Überwachungsmethoden eingeführt. Erddruckänderungen führen zu Querschnittsverformungen des Inklinometerrohres. Die auftretenden Rohrverformungen werden mithilfe der IDM-Messsonde bestimmt. Aus den ermittelten Daten können im Anschluss die dazugehörigen Spannungsänderungen im umliegenden Boden des Inklinometers rückgerechnet werden, indem das entsprechende Randwertproblem gelöst wird. Die theoretische Auflösung der IDM-Methode zur Bestimmung von horizontalen Erddruckänderungen liegt laut Dr. Schwager im Bereich von 0,1 bis 0,7 kPa in Abhängigkeit der Boden- und Groutsteifigkeit. Die praktische "Genauigkeit" der rückgerechneten Erddruckänderungen liegt laut unseren Untersuchungen bei rund 5 kPa, also einen um ca. 10 erhöhten Faktor.

2.3 Konzept eines Inklinodeformeters

Die IDM-Methode basiert auf gemessenen Änderungen beim Durchmesser von Inklinometerrohren, welche eine Rückrechnung auf horizontale Erddruckänderungen ermöglicht. Das Ergebnis dieser Methode liefert ein Profil der horizontalen Erddruckänderungen entlang des Inklinometers.

Inklinometerrohre werden zur Messung von Bodenverschiebungen mithilfe von Standardinklinometersonden sehr weit verbreitet genutzt. Ergebnis dieser Messung stellt ein Profil mit dem Verschiebungsvektor $u(z)$ entlang des Inklinometerrohres dar.

Die Kurve $\Delta\sigma(z)$ wie in Abbildung 1 ersichtlich stimmt mit der prinzipiellen Spannungsänderung überein, welche mittels der IDM-Methode rückgerechnet werden kann. Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass diese Kurve die gleiche Richtung wie der horizontale Verschiebungsvektor aufweist. Ebenfalls lässt sich aus der Änderung der Normalspannung die Spannungserhöhung in anderen Richtungen ableiten.

Die IDM-Methode besteht aus einem Gerät zur Messung der Inklinometerrohrdurchmesser, der IDM-Sonde, und einer Methode zur Interpretation der Messungen hinsichtlich der horizontalen Erddrücken. Prinzipiell könnte die IDM-Methode bei jeglicher Art von Rohren verwendet werden, allerdings ist die IDM-Sonde derzeit nur bei Inklinometerrohren aufgrund deren spezifischen Design anwendbar. Durch eine generelle Formulierung der IDM-Methode ist sie allerdings nicht von einem bestimmten Messverfahren zur Bestimmung des Rohrdurchmessers abhängig.

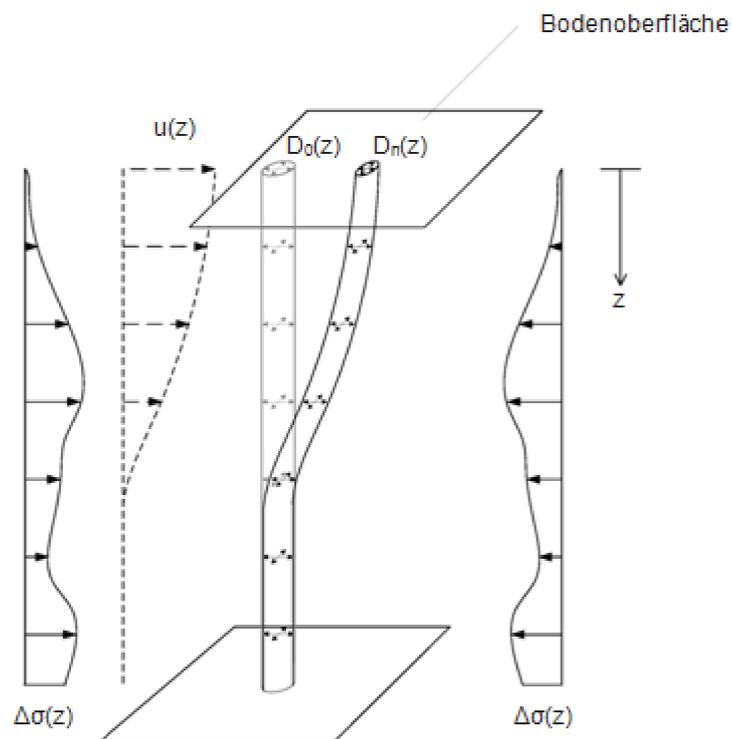


Abb. 1: Darstellung Konzept IDM

$u(z)$ Horizontalverschiebung des Rohres (konventionelles Inklinometer - gemessen)

$D(z)$ Innendurchmesser des Rohres (Inklinodeformeter IDM - gemessen)

$\Delta\sigma(z)$ horizontale Erddruckänderung (Inklinodeformeter IDM - rückgerechnet)

2.4 Beschreibung des Messgerätes

Das IDM-Messgerät führt eine Messung des inneren Durchmessers im Querschnitt eines Inklinometerrohres an einer festgelegten Längsposition durch. Das Messgerät besteht aus einer Messsonde und einem Positioniersystem.

2.4.1 Design der Messsonde

Die Messsonde besteht aus einem Metallgehäuse, drei Rädern, fünf Sensoren, zwei miteinander verbundenen Hebeln samt Aufhängern und Federn.

Die Sonde wird auf den drei Rädern entlang der Nuten des Inklinometerrohres hinuntergeführt. Wobei zwei der Räder, das obere und untere, in der selben Nut des Rohres verlaufen. Diese zwei Räder sind fest an der Sonde fixiert. Das mittlere Rad ist mittels Hebeln samt Federn mit der Sonde verbunden, um dieses Rad auf die gegenüberliegende Nut drücken zu können. Durch diesen Mechanismus führt eine Änderung des Durchmessers zu einer Positionsänderung des mittleren Rades in Bezug auf die Messsonde.

Die Messsonde ist mit fünf Sensoren ausgestattet. Drei der Sensoren sind Neigungssensoren, weiters werden die Temperatur der Sonde und der Wasserdruck gemessen.

Zur Bestimmung des Durchmessers befinden sich zwei Neigungssensoren auf der Messsonde. Sie befinden sich einerseits an der Spitze der Sonde und andererseits auf dem Hebel des mittleren Rades. Gemessen werden dadurch die Neigung der Sonde α_P und die Neigung des Hebels α_L . Der innere Durchmesser D des Rohres ist eine Funktion aus den jeweiligen Neigungen.

Die Basislänge des Hebels Y ist durch den Abstand zwischen Rotationszentrum des Hebels und Rotationszentrum des mittleren Rades gegeben. Weiters befindet sich das Rotationszentrum des Hebels mit einem Abstand X zur Verbindungslinie zwischen Rotationszentrum des oberen und unteren Rades. Der innere Durchmesser D wird aus der Geometrie d , X und Y sowie den zwei gemessenen Neigungen α_L und α_P mit nachfolgender Gleichung 1 bestimmt.

$$D = d + X + Y \sin(\alpha_L - \alpha_P) \quad (1)$$

- D Innendurchmesser des Inklinometerrohres
 d Durchmesser der Räder der Messsonde
 X Abstand zur Bestimmung der Lage des Rotationszentrum des Hebels
 Y Basislänge des Hebels
 α_L Neigung des Hebels
 α_P Neigung der Sonde

Zusätzlich zu den zwei Neigungssensoren in der Ebene gibt es einen weiteren Neigungssensor zur Messung der Neigung β der Messsonde rechtwinklig aus der Ebene. Dieser wird für die Korrektur der Messungen hinsichtlich der Neigung der Sonde aus der Ebene benötigt.

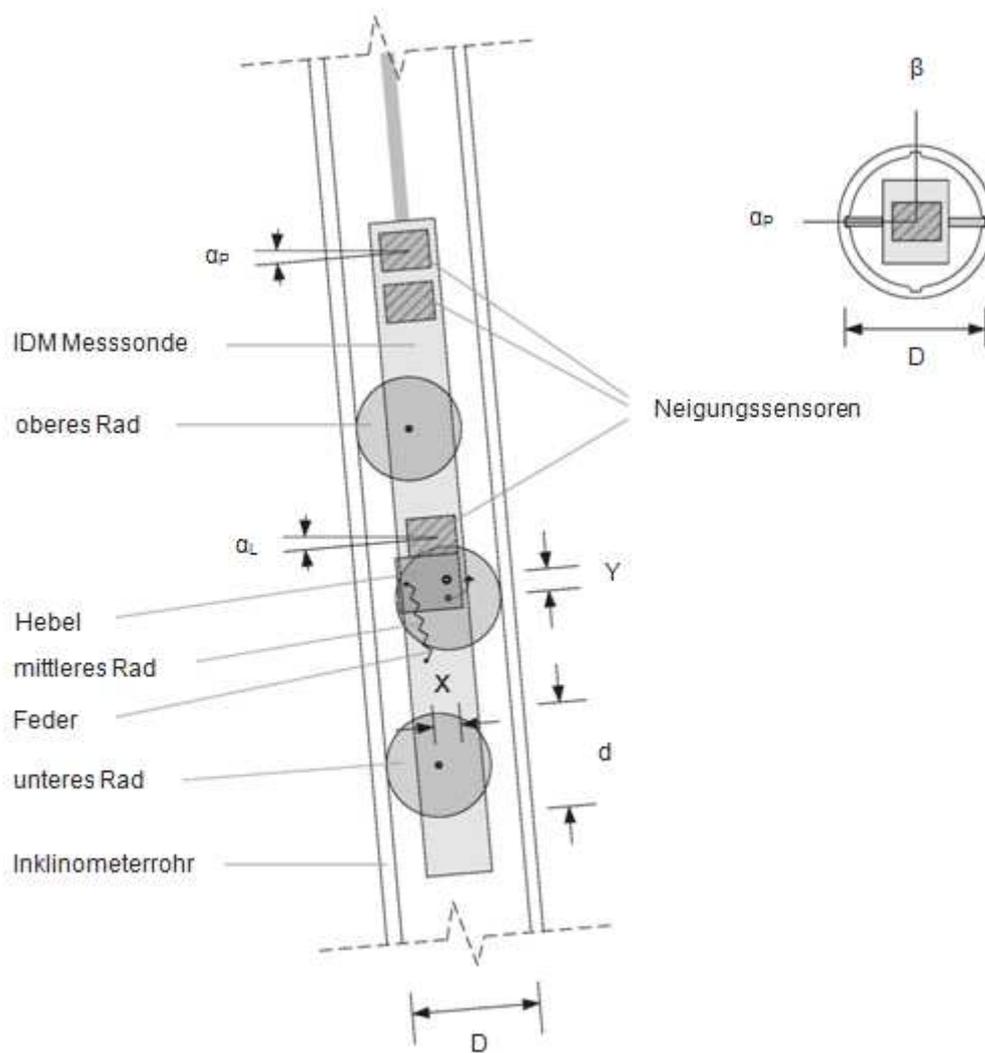


Abb. 2: IDM-Messsonde

Weiters befindet sich über dem oberen Rad eine Druckzelle zur Messung des Wasserdrucks im Inklinometerrohr. Zusätzlich wird die Temperatur der Messsonde kontinuierlich gemessen, um eine Korrektur des Temperatureinflusses zu ermöglichen.

Die Messsonde kann für verschiedene Arten von Inklinometerrohren mit unterschiedlichen Innendurchmessern verwendet werden. Für diesen Zweck können die Lager des Hebels in zwei verschiedenen Positionen fixiert werden. Der Hebel rotiert in dem Lager, welches im Aufhänger eingebaut ist. Diese Aufhänger werden an dem Rest der Messsonde mit Schrauben fixiert. Diese können in zwei verschiedenen Positionen fixiert werden, um das Rotationszentrum des Hebels zu bewegen. Dieser Mechanismus erlaubt die Verwendung der Messsonde für unterschiedliche Arten von Inklinometerrohren.

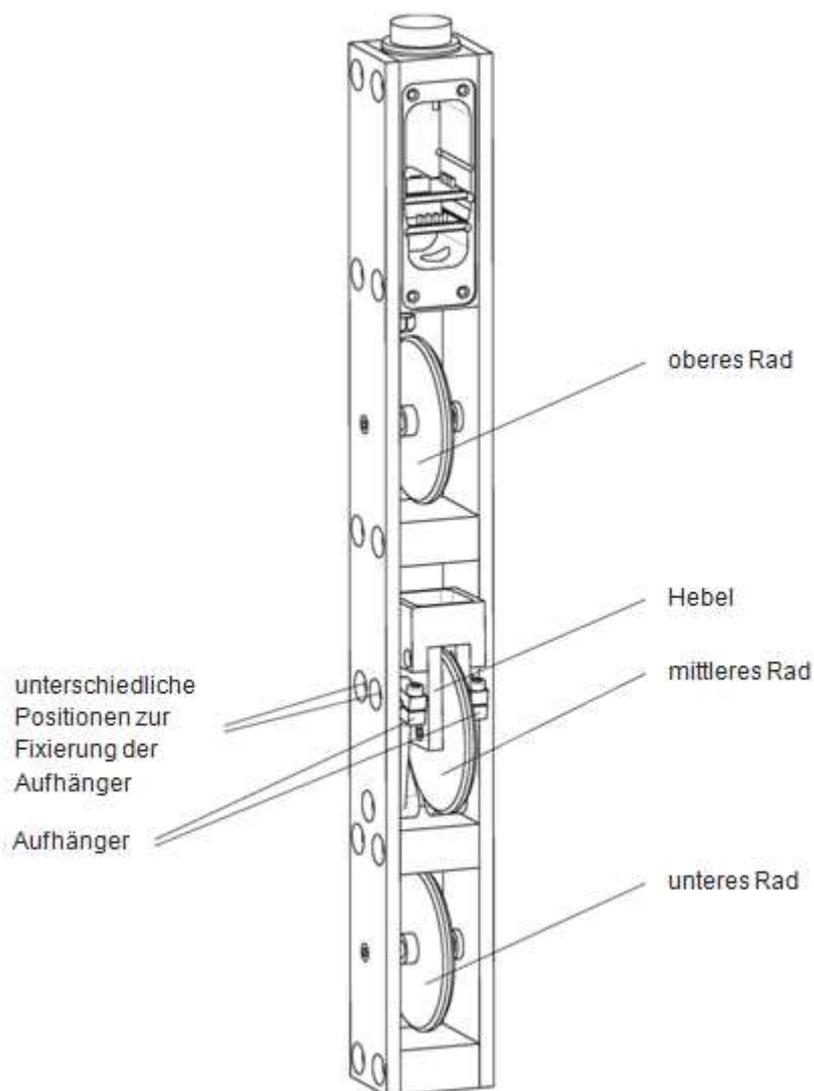


Abb. 3: Mechanisches Design der IDM-Messsonde

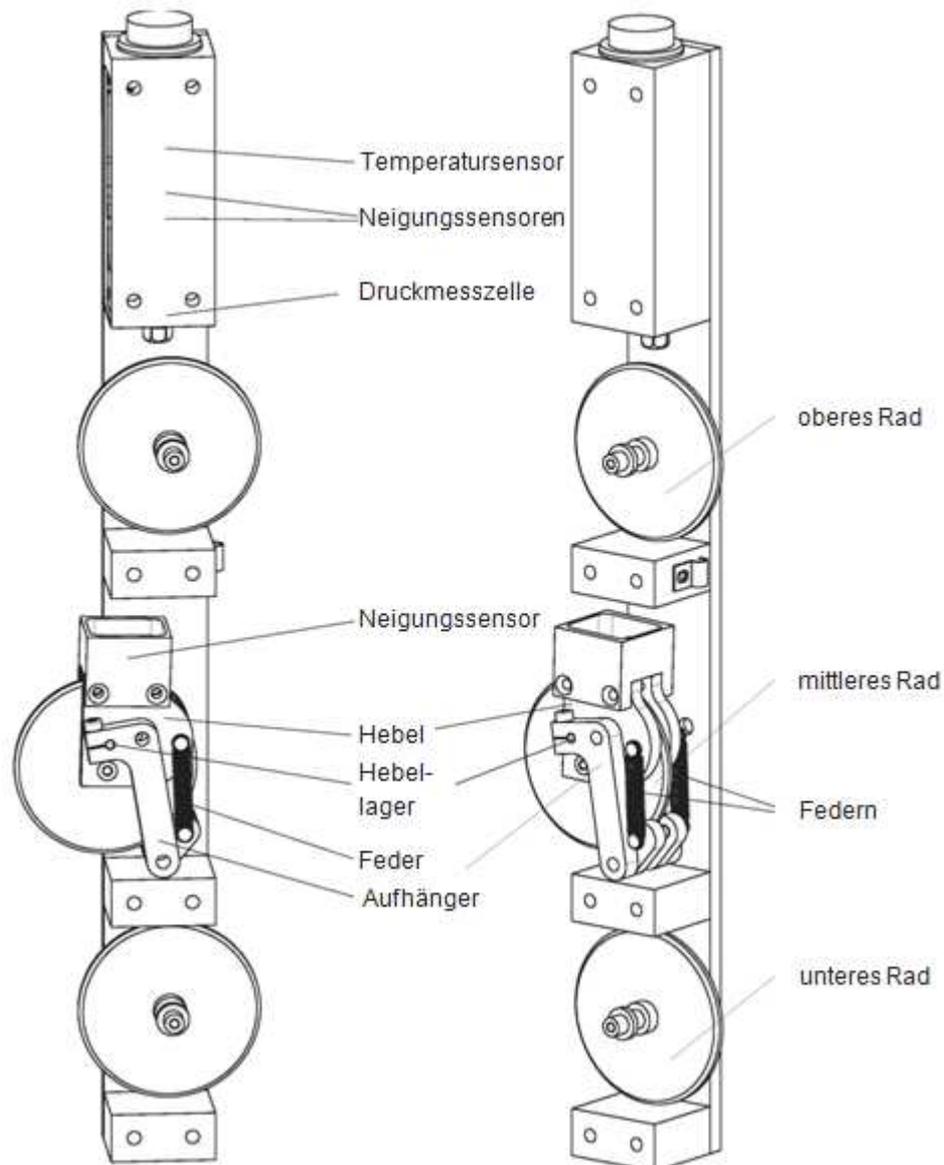


Abb. 4: Mechanisches Design der IDM-Messsonde dargestellt ohne Frontplatte

2.4.2 Design des Positioniersystems

Auf dem Inklinometerrohr wird ein Verbindungsrohrstück fixiert, um das vorhandene Rohr über die Bodenoberfläche zu verlängern. Auf dem sogenannten Aufsatzrohr wird anschließend eine Winde befestigt. Das Kabel, worauf die Messsonde hängt, wird um das Windenrad gewickelt. Dieses Rad ist mit einem Rotationssensor ausgestattet, welches schrittweise die Rotation des Rades misst. Dadurch wird die Längsposition der Sonde im Rohr bestimmt. Sobald die Sonde am Boden des Rohres angekommen ist, sind alle Messungen der Sonde für die übereinstimmende Längsposition gespeichert.

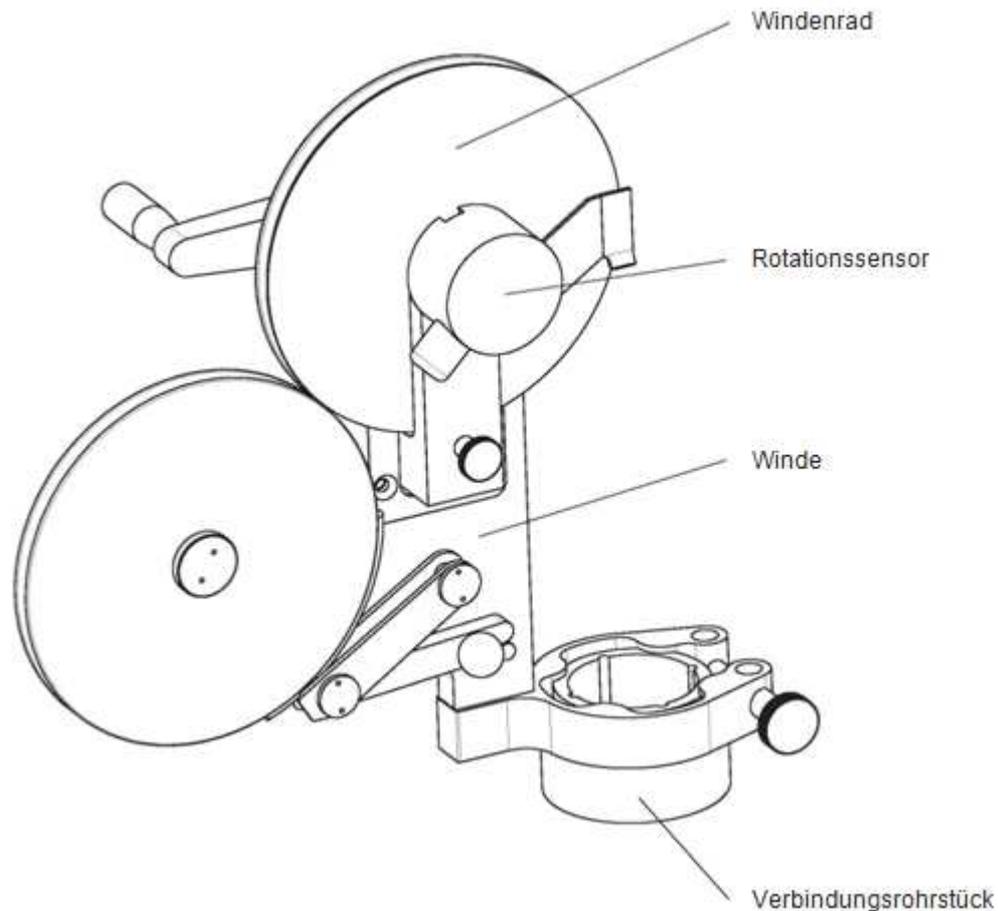


Abb. 5: Mechanisches Design des Positioniersystems

Um Messungen miteinander vergleichen zu können, sind verlässliche und präzise Messungen der Positionen maßgebend. Dies erreicht man durch die übereinstimmenden Markierungen auf Kabel und Winde, welche die exakte Startposition der Sonde anzeigen. Die Position der Sonde wird relativ zur Startposition erfasst. Die Änderung der Position wird über die Rotation des Windenrades gemessen. Um eine hohe Präzision zu erreichen, muss das "Schlupfen" des Kabels vermieden werden. Dies wird erreicht indem man das Kabel zwischen dem Windenrad und einem weiteren Rad presst. Das Rotationszentrum des Windenrades ist vertikal nicht fixiert. Daher wird die Belastung des Kabels auf das Windenrad zur Anpressung genützt. Der Anpressdruck, im Bereich wo das Kabel angedrückt wird, steigt mit der Länge des gewickelten Kabels. Dieser Aufbau sorgt für die automatische Steigerung der erforderlichen Reibungskraft.

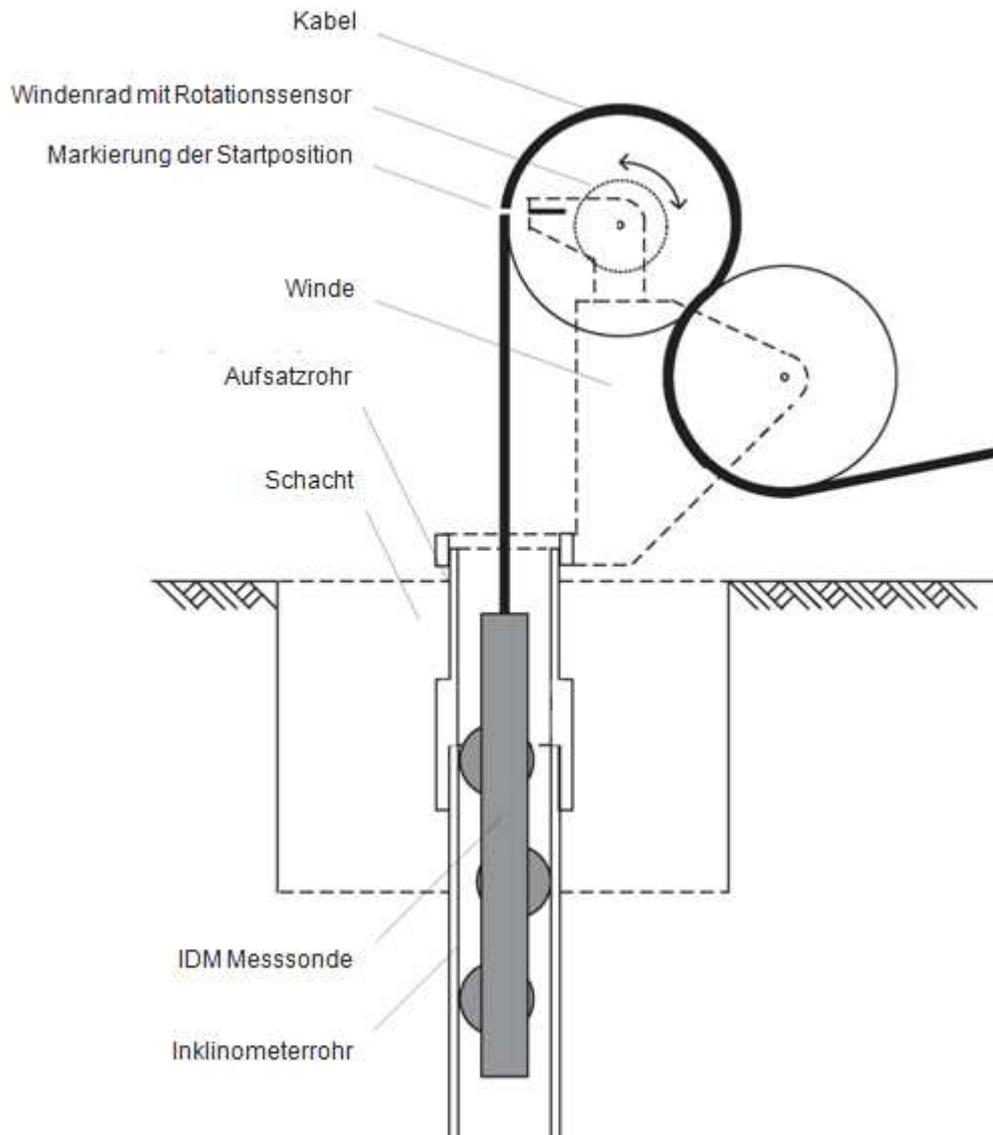


Abb. 6: Positioniersystem

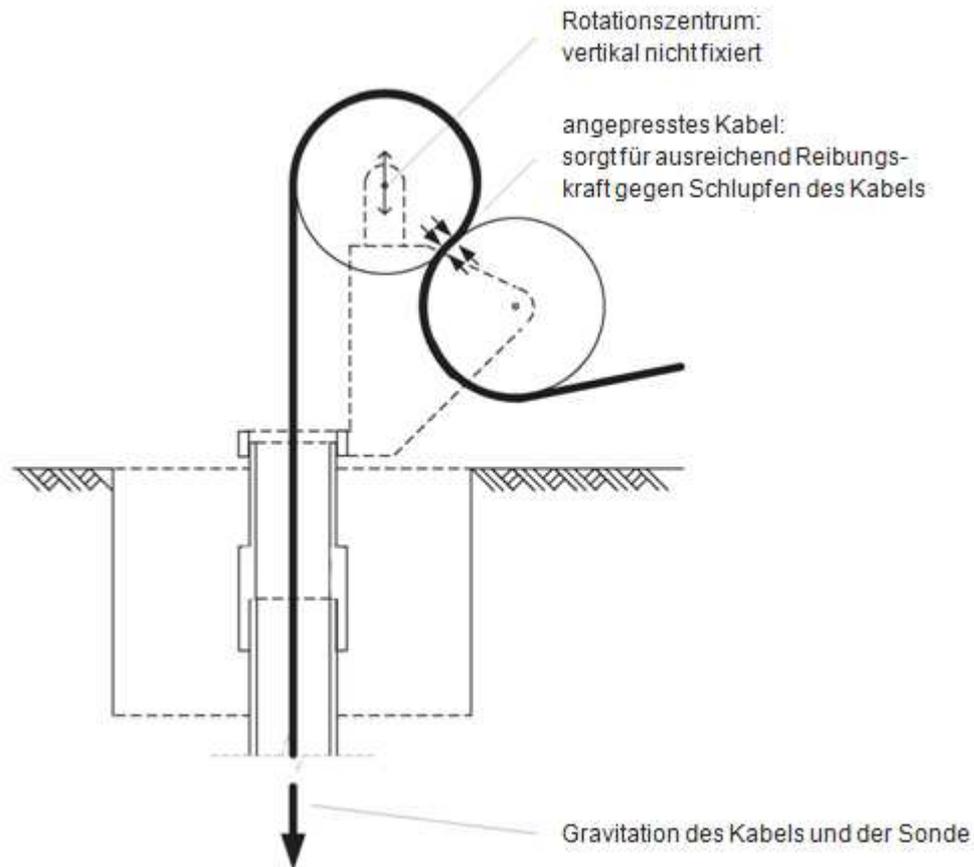


Abb. 7: Eigenschaften des Positioniersystems

2.4.3 Elektrisches Design des Messgerätes

Die fünf Sensoren der Messsonde, also die drei Neigungssensoren, der Temperatursensor und die Druckzelle, übertragen Analogsignale entlang des Kabels auf welchem die Sonde hängt. Weiters befinden sich Schleifringe auf der Kabelrolle um eine elektrische Signalübertragung des Kabels über die Rolle zu ermöglichen. Der Rotationssensor der Winde überträgt ebenfalls Signale mit einer Frequenz von 40 Messwerten pro cm Tiefe an den Konverter und dient als Auslöser zur Signalumwandlung.

Die Analogsignale werden mittels Konverter in Digitalsignale umgewandelt und auf dem Computer gespeichert. Hier befinden sich sämtliche Messdaten, welche bereits mit der Längsposition übereinstimmen. Für die Stromversorgung des gesamten Messgerätes ist ebenfalls der Computer zuständig.

Eine Übersicht über das elektrische Design des Messgerätes wird in Abbildung 8 dargestellt.

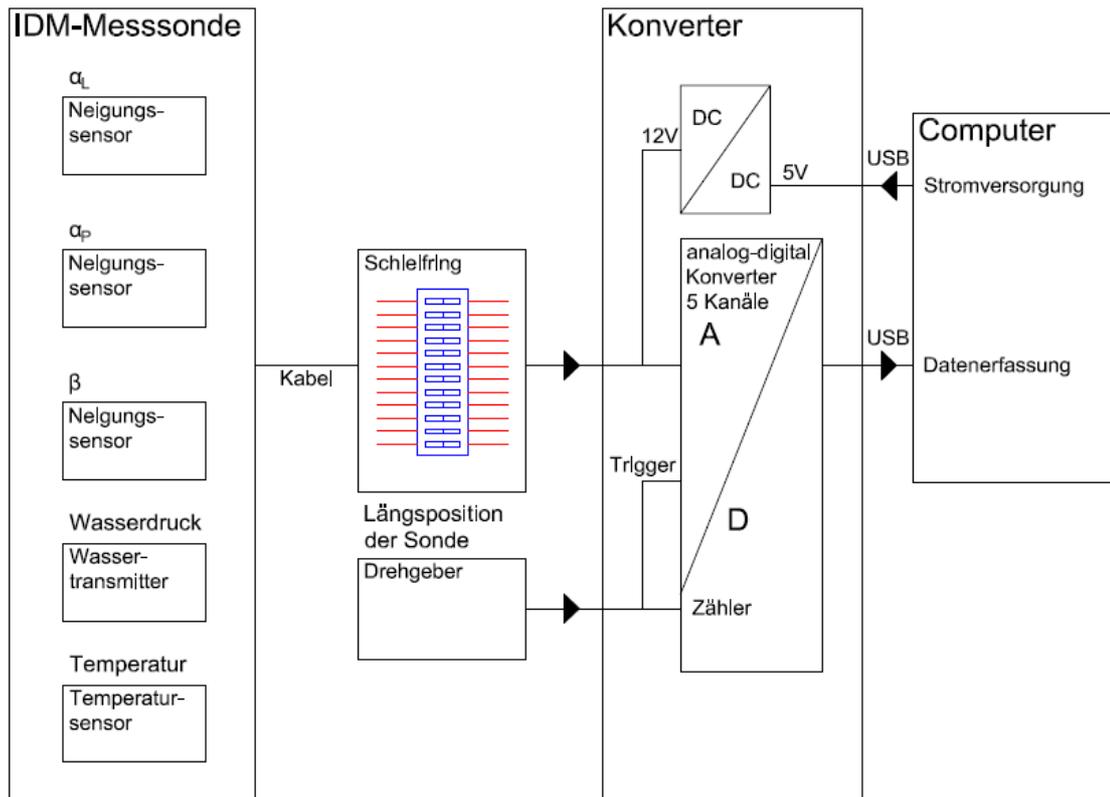


Abb. 8: Übersicht des elektrischen Designs des Messgerätes

2.5 Beschreibung der Vorgehensweise

Die Vorgehensweise der IDM-Methode kann wie in nachfolgendem Flussdiagramm ersichtlich in elf Stufen eingeteilt werden. Diese Beschreibung zeigt die Schritte der Bohrlochherstellung über die IDM-Messungen bis hin zu den rückgerechneten horizontalen Erddruckänderungen.

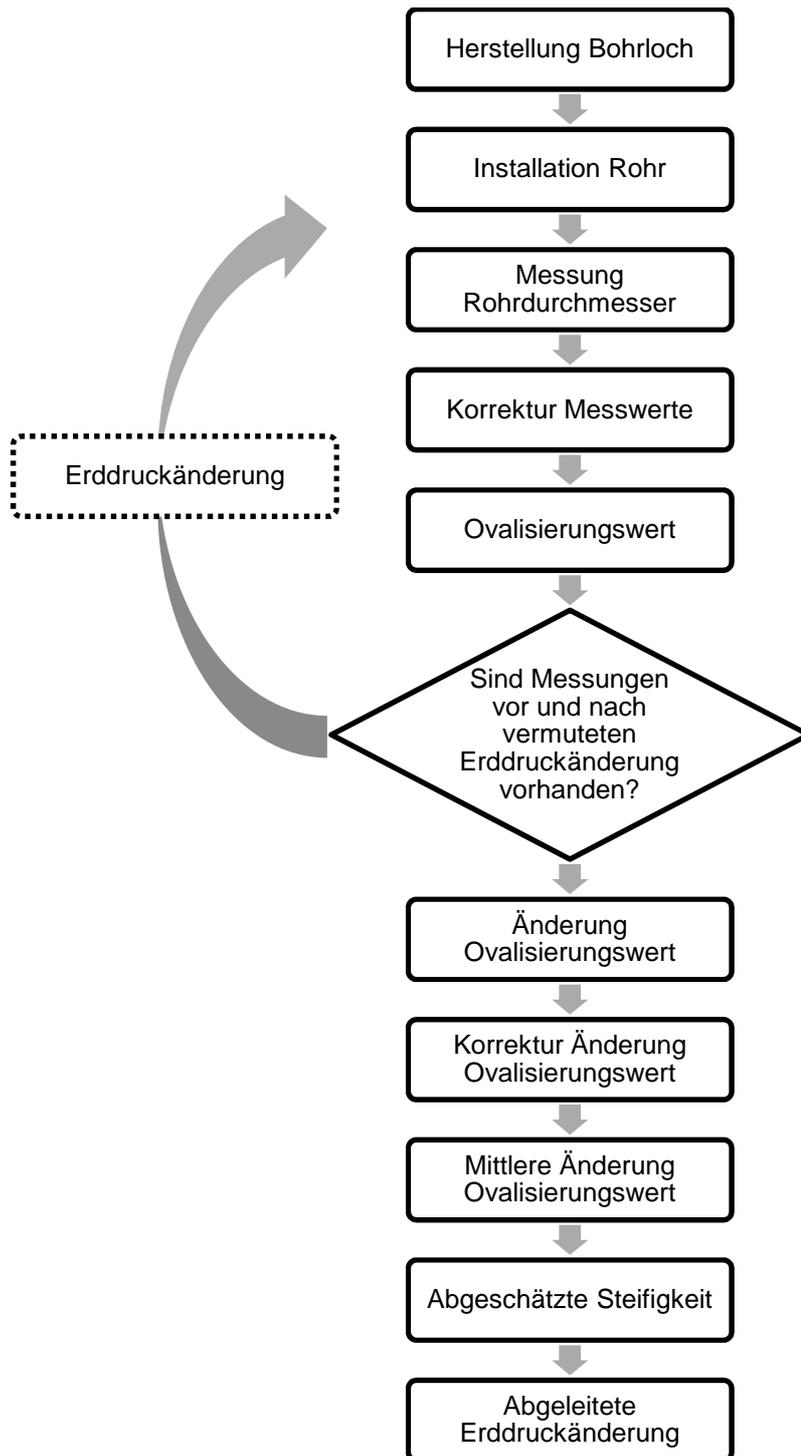


Abb. 9: Flussdiagramm der IDM-Methode

2.5.1 Herstellung des Bohrloches

Erster Schritt der IDM-Methode bildet die Herstellung eines vertikalen Bohrloches in den Untergrund. Bei bereits vorhandenen Inklinometerrohren kann gleich auf Schritt 3 übergegangen werden.

2.5.2 Installation des Rohres

Im Anschluss wird in das Bohrloch ein Inklinometerrohr eingebaut. Ein Inklinometerrohr besteht standardmäßig aus einem Kunststoffrohr mit vier innenliegenden Nuten. Die Nuten befinden sich immer um 90° gedreht voneinander. Das heißt es gibt zwei sich rechtwinklig zueinander liegenden Paare mit je einer gegenüberliegenden Nut.

Ein Inklinometerrohr besteht aus sogenannten drei Meter langen Rohrelementen, welche miteinander verbunden werden. Am unteren Ende des Bohrloches ist das Rohr geschlossen. Das oberste Rohrelement eines Inklinometers wird Rohrstück genannt, welches auf die notwendige Länge zugeschnitten wird. Dieses wird mit einem Schließdeckel versehen, welches jederzeit von dem Inklinometer gelöst werden kann um Messungen durchführen zu können.

Der Ringspalt zwischen Boden und Inklinometerrohr, also der leere Bereich rund um das Rohr, wird im Anschluss mit einem Grout verfüllt.

2.5.3 Messung der Rohrdurchmesser

Im Falle eines Standardinklinometerrohres werden die zwei rechtwinklig zueinander liegenden Innendurchmesser mittels IDM-Sonde gemessen. Diese Messungen werden in Querrichtung entlang des Rohres an verschiedenen Längspositionen durchgeführt.

Durch die Messung an einer Vielzahl an Längspositionen erhält man ein Profil entlang des Inklinometerrohres. Des weiteren schafft dies die Möglichkeit zur Sammlung einer größeren Datenbasis zur Datenverdichtung.

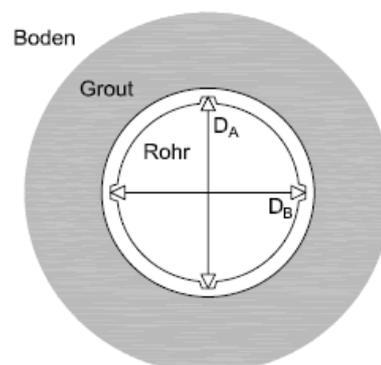


Abb. 10: Gemessene Innendurchmesser

2.5.4 Korrektur der Messwerte

Durch die Einflüsse der IDM-Messsonde ergeben sich zwei Fehler, welche bei jeder einzelnen Durchmessermessung korrigiert werden müssen. Der erste Fehler bildet die Problematik, dass die Neigungssensoren nicht unabhängig von der Neigung aus der Ebene sind. Der zweite Fehler wird aus dem Grund verursacht, dass der durch die drei Räder gemessene Durchmesser bei einer bestimmten Distanz nicht gleich dem wahren Durchmesser an einem einzelnen Querschnitt des Rohres entspricht.

- **Fehler 1:**

Die Neigungssensoren auf der IDM-Sonde sind nicht unabhängig von der Neigung aus der Ebene. Es ist ausreichend den Term $(\alpha_L - \alpha_P)$, also die Differenz zwischen den gemessenen Neigungen des Hebels und der Sonde, in der Formel 1 zu korrigieren um den Fehler zu beheben. Hierfür wird der Korrekturterm Δ von der Differenz $(\alpha_L - \alpha_P)$ subtrahiert. Dieser Term hängt von der Neigung der Sonde aus der Ebene β , der Neigung des Hebels α_L , der Neigung der Sonde α_P und den Korrekturkoeffizienten A_1 , A_2 , A_3 , C_1 , C_2 und C_3 ab. Die sechs Korrekturkoeffizienten wurden durch Laborkalibrierungen bestimmt. Der Korrekturterm kann mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\Delta = (A_1\alpha_L + A_2\alpha_P + A_3)\beta^2 + (C_1\alpha_L + C_2\alpha_P + C_3)\beta \quad (2)$$

Es wird davon ausgegangen, dass die zwei Sensoren in der Ebene im Falle einer ständig vertikalen Sonde wahre Werte ermitteln. Der Sensor aus der Ebene kann jedoch nicht in einer vollkommen geraden Position in die Sonde eingebaut werden. Daher wird eine gemessene Neigung aus der Ebene β_0 eingeführt. Mit diesem Wert erhält man den Korrekturterm Δ_0 .

$$\Delta_0 = (A_1\alpha_L + A_2\alpha_P + A_3)\beta_0^2 + (C_1\alpha_L + C_2\alpha_P + C_3)\beta_0 \quad (3)$$

Die Gleichung zur Bestimmung des korrigierten Innendurchmessers sieht wie folgt aus:

$$D = d + X + Y \sin(\alpha_L - \alpha_P - (\Delta - \Delta_0)) \quad (4)$$

- **Fehler 2:**

Die Messung des Innendurchmessers erfolgt über die Messung der Distanz vom mittleren Rades bis hin zur Sonde. Die Sonde wird dabei durch das obere und untere Rad in der gegenüberliegenden Nut geführt. Bei der Messung geht man von einer geraden Linie zwischen dem oberen und unteren Rad aus, welches jedoch nur für ein gerades Rohr gilt. Das mechanische Design der Sonde beinhaltet eine lineare

Interpolation der Längsform des Rohres zwischen oberem und unterem Rad. Im Falle eines gekrümmten Rohres muss der Fehler durch die Geometrie der Sonde jedoch korrigiert werden. Hierzu wird anstatt der linearen Interpolation die wahre gekrümmte Längsform des Rohres zwischen dem oberen und unteren Rad einbezogen. Die Differenz zwischen diesen beiden Werten muss an der Längsposition des mittleren Rades zu dem gemessenen Durchmesser addiert werden.

Die tatsächlich gekrümmte Längsform des Rohres kann mittels der Standard-inklinometersonde ermittelt werden. Alternativ könnte auch die IDM-Messsonde verwendet werden um die Längsform des Rohres zu bestimmen.

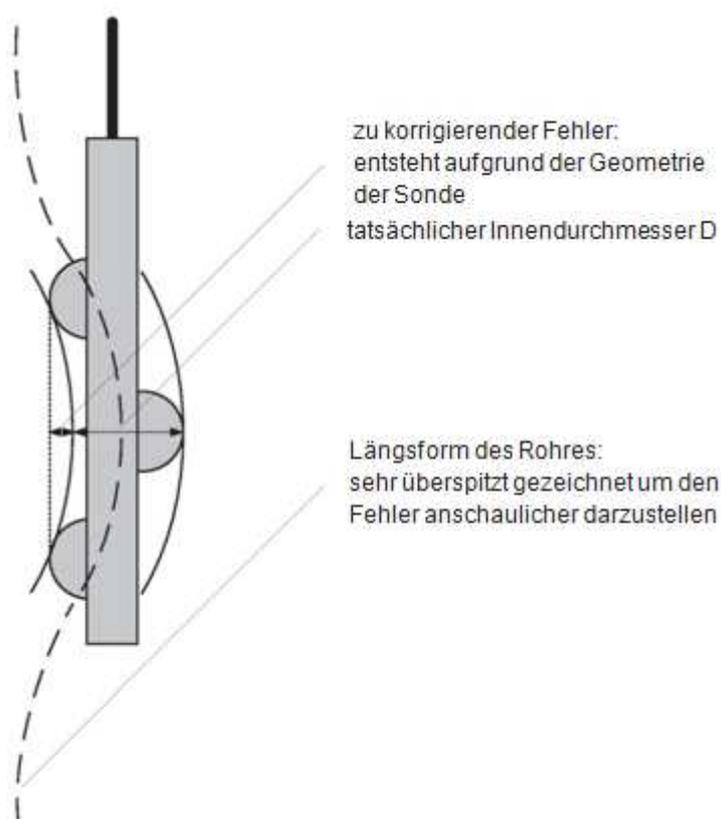


Abb. 11: Fehler aufgrund der Geometrie der Sonde

2.5.5 Ovalisierungswert

Die Form des Rohres kann als ein Oval beschrieben werden. Das Oval wird durch eine Hauptachsenlänge MA und eine Nebenachsenlänge MI bestimmt. Aus diesen beiden Werten kann der Ovalisierungswert Ω bestimmt werden. Dieser ist definiert als Subtraktion der kleinen Achsenlänge MI von der großen Achsenlänge MA und anschließender Normalisierung der Differenz der Achsen durch die Division mit dem

Außenradius des Rohres R . Der Außenradius wird durch den Nennwert des Rohrherstellers festgelegt.

$$\Omega = \frac{MA - MI}{R} \quad (5)$$

Das zur Beschreibung der Form des Rohres notwendige Oval, im folgenden als äquivalentes Oval bezeichnet, wird durch eine geeignete Vielzahl an Innendurchmessern gefunden. Mit diesem äquivalenten Oval erhält man die notwendige Haupt- und Nebenachsenlänge um im Anschluss den Ovalisierungswert zu bestimmen. Den theoretischen Betrachtungen schuldend ist das äquivalente Oval beschrieben durch einen durchschnittlichen Radius r_{av} , einer Amplitude A und einer Rotation des Ovals ρ . Das Oval ist durch die Polarkoordinaten r und φ gegeben und kann mit folgender Gleichung bestimmt werden.

$$r(\varphi) = r_{av} + A \cos(2(\varphi + \rho)) \quad (6)$$

Die drei unbekannt Parameter des äquivalenten Ovals r_{av} , A und ρ können durch eine Vielzahl an gemessenen Innendurchmessern bestimmt werden. Im Falle des Standardinklinometers sind lediglich zwei Messungen des Innendurchmessers vorhanden. Daher wird die Annahme getroffen, dass die Rotation des Ovals null beträgt.

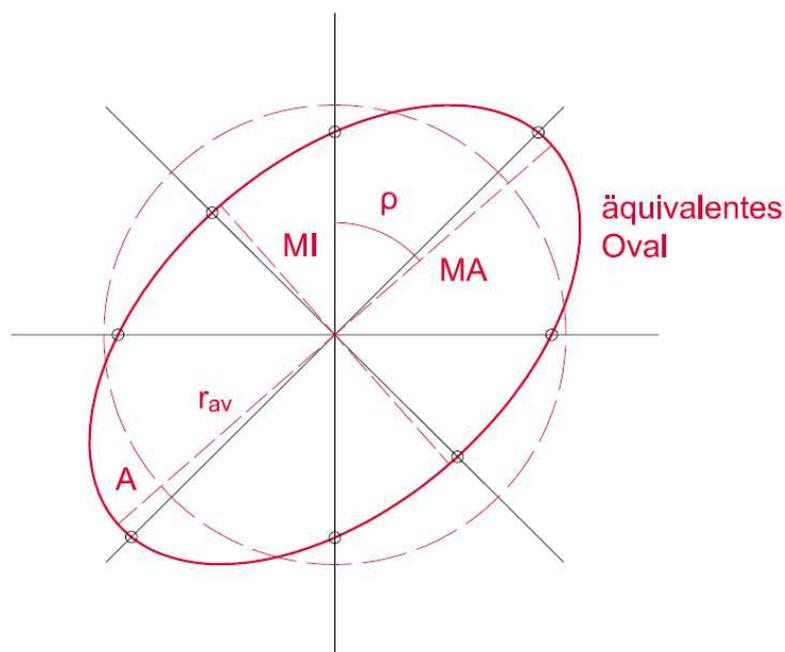


Abb. 12: Äquivalentes Oval

Die Hauptachsenlänge MA und die Nebenachsenlänge MI kann durch die drei Parameter des äquivalenten Ovals mit nachfolgenden Gleichungen ermittelt werden.

$$MA = 2(r_{av} + A) \quad (7)$$

$$MI = 2(r_{av} - A) \quad (8)$$

Wenn man Gleichung 7 und 8 in 5 einsetzt sieht man, dass der Ovalisierungswert von den Parametern des äquivalenten Ovals abgeleitet werden kann.

$$\Omega = \frac{4A}{R} \quad (9)$$

Im Falle eines Standardinklinometerrohres und zwei gemessenen Durchmessern, welche rechtwinklig zueinander liegen, kann die Rotation des äquivalenten Ovals wie bereits erwähnt nicht bestimmt werden. Daher kann der Ovalisierungswert konsequenterweise durch die Subtraktion des kleineren Innendurchmessers von dem größeren Innendurchmessers und der Normalisierung durch den Außenradius bestimmt werden.

Der Ovalisierungswert kann für alle Längspositionen bei welchen Messwerte vorhanden sind berechnet werden.

Durch die Definition des Ovalisierungswertes als eine normalisierte Differenz zwischen der Haupt- und Nebenachsenlänge besteht eine Reduzierung durch Einflüsse von Fehlern. Diese könnten beispielsweise Einflüsse durch die Langzeitstabilität der Messsonde oder Einflüsse unter realen Einsatzbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Wasserdrücken sein.

2.5.6 Benötigte Messreihen

Zu Beginn einer Messperiode wird ein Referenzsatz an Messungen der Innendurchmesser durchgeführt. Mit diesen Messwerten erhält man den Referenzovalisierungswert Ω_0 .

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich der Druck im Boden mit der Zeit verändert. Erneute Messungen nach der angenommenen Druckänderung geben Auskunft über den aktuellen Ovalisierungswert Ω und mittels dem Referenzovalisierungswert Ω_0 kann die Druckänderung im Boden durch Rückrechnung bestimmt werden.

Solange der Beobachtungszeitraum noch nicht abgeschlossen ist können immer weitere Messreihen durchgeführt werden.

2.5.7 Änderung des Ovalisierungswertes

Die Rohrform des Inklinometers verändert sich mit der Zeit. Die Änderung dieser Form wird mittels der Änderung des Ovalisierungswertes beschrieben. Die Änderung des Ovalisierungswertes $\Delta\Omega$ über den Beobachtungszeitraum erhält man durch Subtraktion des Referenzovalisierungswertes von dem nachfolgendem Ovalisierungswert.

$$\Delta\Omega = \Omega_1 - \Omega_0 \quad (10)$$

Die Änderung des Ovalisierungswertes sollte bei allen Längspositionen bestimmt werden bei welchen Werte der Referenzovalisierung und Ovalisierung vorhanden sind.

2.5.8 Korrektur der Änderung des Ovalisierungswertes

Eine Änderung des Ovalisierungswertes ist nicht nur Folge von Erddruckänderungen, sondern kann auch durch Längskrümmungen des Rohres hervorgerufen werden. Der Querschnitt eines der Länge nach gekrümmten Rohres verändert sich zu einem Oval. Diese Rohrkrümmungen können durch Bodenverschiebungen hervorgerufen werden, welche jedoch nicht in Bezug zur Druckänderung stehen. In diesem Fall muss der Ovalisierungswert korrigiert werden. Dies geschieht indem man die Änderungen des Ovalisierungswertes aufgrund Längsbiegung des Rohres $\Delta\Omega^x$ von den gemessenen Änderungen des Ovalisierungswertes $\Delta\Omega$ subtrahiert.

Die maximal mögliche Änderung des Ovalisierungswertes aufgrund Längsbiegung $\Delta\Omega^x$ kann mit nachfolgender Gleichung bestimmt werden. Diese hängt von der Krümmung der Referenzmessung χ_0 , der Krümmung der Folgemessung χ_1 , dem Außenradius R , der Rohrstärke h , der Poissonzahl der Rohrmaterials ν_p und dem Winkel δ^x zwischen der Krümmungsrichtung und der Richtung der Nebenachse des äquivalenten Ovals ab.

$$\Delta\Omega^x = 4 \frac{(\chi_1^2 - \chi_0^2) \left(R - \frac{h}{2}\right)^5}{Rh^2} (1 - \nu_p^2) \cos(2\delta^x) \quad (11)$$

Die Krümmung des Rohres der Referenzmessung χ_0 und der Nachfolgemessung χ_1 kann durch die numerische Differenzierung der Längsform des Rohres gefunden werden. Möglicherweise kann sie auch durch das Hinzufügen der Krümmungskomponenten bestimmt werden, welche man in zwei Richtungen erhält. Die Krümmungsrichtung lässt sich eventuell durch die Kombination der Richtungen der zwei Komponenten bestimmen.

Die wahre gekrümmte Längsform des Rohres kann mittels der Standardinklinometer-sonde ermittelt werden. Alternativ könnte auch die IDM-Messsonde verwendet werden um die Längsform des Rohres zu bestimmen.

Im Falle eines Inklinometerrohres muss die Rohrstärke h aufgrund der Einflüsse der Nuten reduziert werden. Die reduzierte Stärke h_{red}^X wurde mittels numerischer Simulationen mit realem Querschnitt, also inklusiver Nuten, kalibriert. Die obige Gleichung kann dennoch als Annäherung eingesetzt werden.

Die Änderung des Ovalisierungswertes aufgrund Längsbiegung des Rohres $\Delta\Omega^X$ ist möglicherweise noch nicht vollständig entwickelt. Im Falle, dass die Sektionslänge der starken Krümmung kürzer als die benötigte Länge für die Übergangszone ist, werden kleinere Rohrdeformationen erhalten. Dennoch kann obige Gleichung als obere Grenze für diesen Wert angenommen werden.

2.5.9 Mittlere Änderung des Ovalisierungswertes

Die Änderung des Ovalisierungswertes $\Delta\Omega$ kann an jeder Längsposition des Rohres ermittelt werden bei welchen Werte der Referenzovalisierung und Ovalisierung vorhanden sind. Üblicherweise sind eine Vielzahl an Messdaten vorhanden, um ein Profil entlang des Rohres bilden zu können. Die große Menge an Messdaten bietet die Möglichkeit zur Datenreduktion, dabei werden die Daten über eine bestimmte Sektion entlang des Rohres gemittelt um ein geglättetes Profil zu erhalten.

Die Länge zur Mittelwertbildung sollte dabei den mehrfachen Radumfang der Messsonde betragen um den Einfluss von Rauschen bei Radfrequenz zu reduzieren. Die Länge hängt von der benötigten räumlichen Auflösung ab, welche im Falle von sehr kleinen Deformationen herabzusetzen ist.

Wenn sich das Rohr aus mehreren Verbindungselementen zusammensetzt, ist die Rohrsektion im Verbindungsbereich in welchen die Messsonde beeinflusst wird zu vernachlässigen. Daher ist ein Bereich an jeder Verbindungsstelle mit mindestens der Länge der Sonde zu ignorieren.

Wenn man die vorgeschlagenen Beschränkungen betrachtet um sehr kleine Deformationen zu erhalten, sollte die Änderung des Ovalisierungswertes in jedem Verbindungselement gemittelt werden und somit nur durch einen Wert repräsentiert werden. Im Falle der Reduktion der Sektionslänge zur Mittelwertbildung erhöht sich die räumliche Auflösung und es können mehrere Werte in einem Verbindungselement erhalten werden.

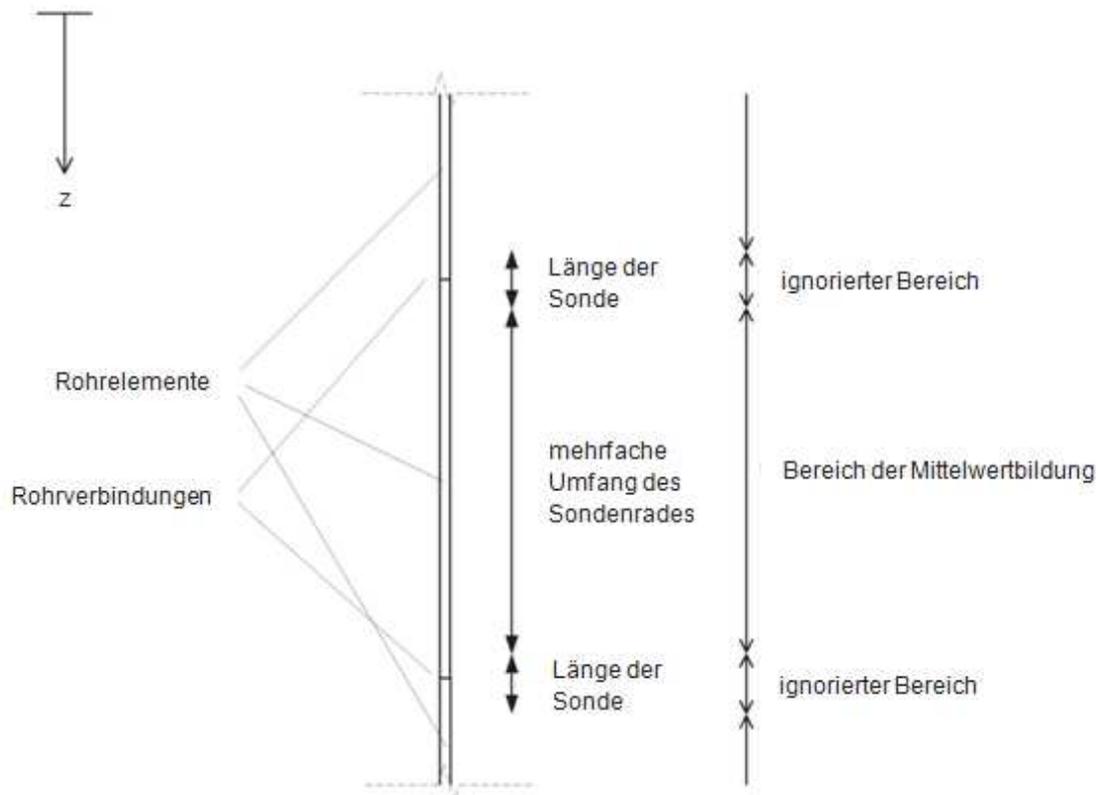


Abb. 13: Mittlere Änderung des Ovalisierungswertes

2.5.10 Abgeschätzte Steifigkeit

Die Änderung der Ovalisierung steht mit der Druckerhöhung über die erhöhte Steifigkeit der involvierten Materialien (Rohrmaterial, Grout und Boden) in Bezug. Die erhöhte Steifigkeit der Materialien lässt sich durch die Konstanten der Elastizitätstheorie (E-Modul, Poissonzahl) ausdrücken, wobei von einer gleichen Steifigkeit bei Boden und Grout ausgegangen wird. Die Steifigkeit des Bodens erhält man über standardmäßige Baugrunderkundungen, welche mittels In-situ- oder Labortests bestimmt werden.

Die Steifigkeit des Rohrmaterials wurde basierend auf Labortests beurteilt. Das Rohrmaterial weist ein zeitabhängiges Verhalten auf, welches mit einbezogen werden muss. Die Steifigkeit des Rohres für den Zeitschritt zwischen den Messreihen erhält man durch das viskoelastische Model, das Burger Model. Die analytische Lösung der mit der Zeit auftretenden Dehnungen wird durch Annahme der Spannungszustände mit der Zeit (Kriechzustand oder konstanter Spannungszustand) abgeleitet. Werden die Ausdrücke der Spannung durch die Ausdrücke der Dehnung am Ende des Zeitschrittes dividiert, liefert das Ergebnis eine äquivalente spannungsunabhängige durchschnittliche Steifigkeit über den Zeitschritt.

Der E-Modul des Rohres E_p ist von dem Zeitschritt t und den Modelparametern des Burger Modells abhängig. Zu den Modelparametern zählen der E-Modul der Feder in Reihenschaltung E_0 , der E-Modul der Feder in Parallelschaltung E_1 , die Viskosität des Dämpfers in Serie η_0 und die Viskosität des Dämpfers in Parallelschaltung η_1 .

Der E-Modul des Rohres E_p unter Annahme eines konstanten Spannungszustandes wird mit folgender Gleichung bestimmt:

$$E_p = \frac{1}{\left(\frac{1}{E_0} + \frac{1}{E_1} - \frac{\eta_1}{t E_1^2} \left(1 - e^{-\frac{E_1 t}{\eta_1}}\right) + \frac{1}{2\eta_0} t\right)} \quad (12)$$

Unter Annahme eines Kriechzustandes kommt folgende Gleichung zur Anwendung:

$$E_p = \frac{1}{\left(\frac{1}{E_0} + \frac{1}{E_1} \left(1 - e^{-\frac{E_1 t}{\eta_1}}\right) + \frac{1}{\eta_0} t\right)} \quad (13)$$

Die Parameter E_0 , E_1 , η_0 und η_1 des Burger Modells sind durch mit dem Rohrmaterial ausgeführten Labortests bestimmt worden.

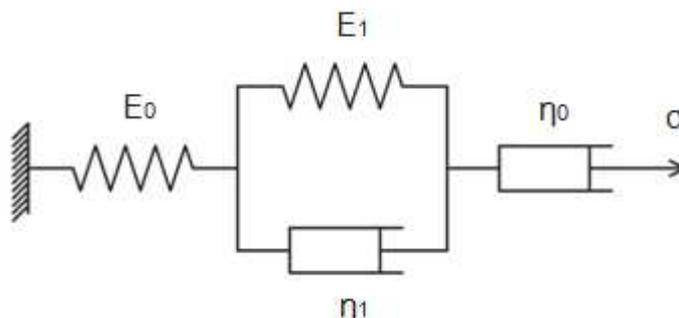


Abb. 14: Mechanische Nachbildung des Burger Modells zur Beschreibung der Rohrsteifigkeit

2.5.11 Abgeleitete Erddruckänderung

Die Erddruckänderungen mit der Tiefe $\Delta\sigma_1$ werden durch Lösung des entsprechenden Randwertproblems eines horizontalen Querschnitts an jeder vorbestimmten Längsposition rückgerechnet. Die Änderung des Druckes an jeder Position erhält man aus der Änderung in den statischen Randbedingungen, welche in Bezug auf die gemessenen Rohrdeformationen angewandt werden müssen.

Durch Anwendung der analytischen Lösung kann die Änderung in horizontalen Erddrücken im umgebenden Boden von der Änderung des Ovalisierungswertes auf Basis der Elastizitätstheorie abgeleitet werden. Das Randwertproblem wird für einen

Rohrquerschnitt unter Annahme eines allgemeinen ebenen Spannungszustandes infolge eines konstanten Überlagerungsdruckes gelöst.

Die horizontale Erddruckänderung $\Delta\sigma_1$ wird als die Hauptspannungserhöhung in einer unendlichen horizontalen Ebene definiert. Die Änderung des Druckes $\Delta\sigma_1$ ist proportional von der Änderung des Ovalisierungswertes $\Delta\Omega$ abhängig. Ebenfalls ist die Änderung des Druckes $\Delta\sigma_1(z)$ von der Steifigkeit des Rohres und des Bodens (E-Modul des Rohres E_p und des Bodens E_s , Poissonzahl des Bodens ν_s), der Geometrie (mittlerer Radius des Rohres R_m , umlaufendes Querschnitts-Trägheitsmoment des Rohres I), dem Winkel δ zwischen der Richtung der Hauptspannungserhöhung und der Richtung der Nebenachse des äquivalenten Ovals und dem Spannungsverhältnis K_0 zwischen den Spannungserhöhungen in einer unendlichen horizontalen Ebene abhängig.

$$\Delta\sigma_1 = \frac{(E_s + \alpha E_p)}{8(1 - K_0) \cos(2\delta)} \Delta\Omega \quad (14)$$

mit

$$\alpha = \frac{3(5 - \nu_s)I}{R_m^3} \quad (15)$$

Das Spannungsverhältnis K_0 ist definiert durch folgende Gleichung:

$$K_0 = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_1} \quad (16)$$

Für viele Anwendungen wie beispielsweise bei einem Kriechhang können begrenzte Randbedingungen in Richtung der kleinsten Spannungserhöhung angenommen werden. Aus diesem Grund wird das Spannungsverhältnis K_0 bei einem ebenen Spannungszustand gleich der Poissonzahl des Bodens ν_s .

Der Winkel δ ist von der Direktion der Hauptspannungserhöhung in der Ebene abhängig. Sofern diese Richtung nicht bekannt ist, kann sie basierend auf folgender Annahmen erhalten werden:

Es kann angenommen werden, dass die Hauptspannungserhöhung in Richtung der horizontalen Verschiebung des Bodens $u(z)$ liegt. Die horizontale Verschiebung des Bodens $u(z)$ kann mithilfe von Standardinklinometersonden gemessen werden.

Alternativ könnte auch die IDM-Messsonde verwendet werden um die horizontalen Verschiebungen des Bodens zu bestimmen.

Im Falle von mehr als zwei vorhandenen Messungen des Innendurchmessers kann die Richtung der Hauptspannungserhöhung aufgrund der deformierten Form des Rohres ermittelt werden. Es kann angenommen werden, dass die Hauptspannungsrichtung mit der Nebenachse des äquivalenten Ovals übereinstimmt.

Im Falle eines Inklinometerrohres muss das umlaufende Querschnitts-Trägheitsmoment des Rohres I durch den Einfluss der Nuten reduziert werden. Das reduzierte umlaufende Querschnitts-Trägheitsmoment des Rohres I_{red} wurde mittels numerischer Simulationen mit realem Querschnitt, also inklusiver Nuten, kalibriert. Die Lösung für die Änderung des Druckes $\Delta\sigma_1$ kann dennoch als Annäherung angewendet werden.

3 Dokumentation Programmcode

3.1 Zusammenfassung

Die Rückrechnung der horizontalen Erddruckänderungen aus den Messwerten der IDM-Messsonde erfolgt mithilfe von Programmcodes, welche mit dem Programm Matlab verwirklicht wurden. Diese gliedern sich in die drei Programmcodes IDM_Deformations, IDM_Pressures und Kor.

Im folgenden Kapitel befindet sich eine Beschreibung der drei Programmcodes sowie einige Auszüge daraus. Die kompletten Programmcodes mit Kommentaren befinden sich im Anhang.

3.2 Einleitung

Die Vorgehensweise der IDM-Methode, wie bereits unter Punkt 2.5 beschrieben, kann in elf Stufen eingeteilt werden. Die Stufen Korrektur der Messwerte bis hin zu der abgeleiteten Erddruckänderung werden mithilfe von Programmcodes umgesetzt.

3.3 Programmcode IDM_Deformations

Der Programmcode IDM_Deformations dient zur Mittelung der Messdaten über die Tiefe, Differenzbildung zwischen Null- und Folgemessung sowie zur anschließenden Veranschaulichung und Abspeicherung dieser Daten.

Der Code gliedert sich in die Bereiche:

- Eingabewerte Auswertung
- Eingabewerte Bohrloch
- Geometrie
- Messdaten einlesen
- Querneigungskorrektur
- Filter
- Messwerte mitteln
- Werte in Matrix schreiben

- Abbildungen
- Resultate abspeichern

3.3.1 Eingabewerte Auswertung

Beim Bereich Eingabewerte Auswertung können einige Werte zur Auswertung der Messdaten definiert werden. Darunter fallen:

- die Spannweite und der Grad für den Savitzky-Golay-Filter für ungemittelte Darstellung der Messwerte
- der Bereich an Messdaten, welcher vor und nach einer Rohrverbindung sowie am Rohranfang ignoriert wird
- der Prozentwert an Messwerten, welche als Ausreißer ausgeschlossen werden
- die Anzahl an Messwerten, welche am Rohrende vernachlässigt werden
- die Eingabe bis auf welche Tiefe ausgewertet wird
- die Eingabe ob eine übliche Auswertung oder eine Auswertung um die Messungen bezüglich Neigung Sonde bzw. Rad zu überprüfen ausgeführt wird

3.3.2 Eingabewerte Bohrloch

In diesem Bereich werden einige Angaben zum Inklinometerrohr sowie zur Messung getätigt. Hierzu zählen:

- die Bezeichnung der Bohrung bzw. des Inklinometerrohres
- die Anzahl an Messungen
- die Daten der Messungen
- die Richtung der Messung, also Null- oder Umschlagsrichtung
- die Länge des Rohrstücks
- der Ort im Computer, wo die Messdaten abgespeichert sind

Die Bezeichnung der Messdaten muss wie folgt aussehen:

- BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_A000.dat
- BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_B000.dat
- BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_A180.dat
- BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_B180.dat

3.3.3 Geometrie

Der Bereich Geometrie definiert die Werte d , X und Y , welche für die Berechnung des Innendurchmessers D notwendig sind. Diese Werte hängen von dem Durchmesser des Inklinometerrohres, welches verwendet wurde, ab. Im Programmcode sind die Werte für die Rohre mit einem Durchmesser von 71 mm und 84 mm vorhanden. Weiters wird die Anzahl an Messungen pro Meter Rohr definiert.

3.3.4 Messdaten einlesen

In diesem Bereich werden die Messdaten aus dem zuvor definierten Ort und der Messung eingelesen. Nachstehend befindet sich exemplarisch ein Auszug des Programmcodes zur Messdateneinlesung der Messrichtung A0.

```
[tA URA USA UQA TempA DruckA zA_readin NSA NQA NRA DA] = textread ('C:\TU  
Graz\Masterarbeit\MA_Geotechnik\IDM',Ort,'\', Inklinometer,'_',Messdaten(i,:),'_A',  
Typ(i,:),'.dat'],'%f %f %f','headerlines',2);
```

Anschließend wird der relative Abstand zA aus den Messwerten zA_readin zwischen den Erst- und Nachfolgewerten bestimmt. Weiters werden unter diesem Bereich die Tiefe des Bohrloches, die Anzahl an Rohrelementen sowie die Anzahl an Messwerten bis zur Tiefe des Bohrloches bzw. abzüglich der vernachlässigten Werte am Rohrende bestimmt.

Es werden außerdem die Anzahl an Messwerten an den Punkten Start, Erster Stoß, Letzter Stoß und Ende bestimmt.

3.3.5 Querneigungskorrektur

Der Bereich Querneigungskorrektur dient zur Korrektur des Einflusses der Querneigung, wie unter Punkt 2.5.4 beschrieben. Je nach Angabe im Bereich Eingabewerte Auswertung erfolgt eine übliche Auswertung mit Querneigungskorrektur mittels dem weiteren Programmcode Kor, wie unter Punkt 3.4 beschrieben, oder eine Auswertung um die Messungen bezüglich Neigung Sonde oder Rad zu überprüfen.

3.3.6 Filter

In diesem Bereich werden die nun eingelesenen und korrigierten Messdaten mittels dem Savitzky-Golay-Filter unter den angegebenen Werten im Bereich Eingabewerte Auswertung "geglättet". Dies geschieht sowohl für den Durchmesser als auch für die Tiefenposition.

3.3.7 Messwerte mitteln

Der Bereich Messwerte mitteln dient zur Mittelung der Messwerte auf je einen Wert pro Rohrelement und einen Wert für das Rohrstück. Dies geschieht wiederum sowohl für den Durchmesser als auch für die Tiefenposition. Nachstehend befindet sich exemplarisch ein Auszug des Programmcodes zur Mittelung der Messwerte für den Durchmesser in Messrichtung A.

```
DAAV(StartA:ErsterStossA)=trimmean(DAkor((StartA+IgnoreM):(ErsterStossA-IgnoreM1)),Percent);  
for j=1:1:Anzahl3m;  
DAAV((ErsterStossA+(j-1)*3*Meter):(ErsterStossA+j*3*Meter))=trimmean(DAkor  
((ErsterStossA+(j-1)*3*Meter+IgnoreM):(ErsterStossA+j*3*Meter-IgnoreM)),Percent);  
end  
DAAV(LetzterStossA:EndeA)=trimmean(DAkor((LetzterStossA+IgnoreM):(EndeA-IgnoreM)),Percent);
```

3.3.8 Werte in Matrix schreiben

In dem Bereich Werte in Matrix schreiben erfolgt die Übertragung der zuvor ermittelten gemittelten Messwerte in eine Matrix. Es wird eine Matrix für die Messdaten, den Differenzdurchmesser zwischen A- und B-Messrichtung sowie für die genauen Tiefenpositionen (Rohrelementanfang und -ende, Anfang und Ende des Bereichs zur Mittelung, Mittelpunkt des Rohrelementes) definiert.

3.3.9 Abbildungen

Der Bereich Abbildungen dient zur Veranschaulichung der Ergebnisse. Es werden drei verschiedene Abbildungen erstellt. Die erste Abbildung zeigt die Differenzdurchmesser zwischen A- und B-Messrichtung mit zugehöriger Tiefenposition der Null- und Folgemessungen. Die zweite Abbildung enthält die Differenz zwischen Null- und Folgemessungen der Differenzdurchmesser zwischen A- und B-Messrichtung mit zugehöriger Tiefenposition. Die dritte Abbildung stellt selbe Werte wie unter der zweiten Abbildung dar, jedoch werden die Werte gemittelt. Die Abbildungen werden unter den Bezeichnungen dD.fig, DdD.fig und DdD_averaged.fig gespeichert.

Nachfolgende Abbildungen 15 bis 17 zeigen die drei verschiedenen Abbildungsarten.

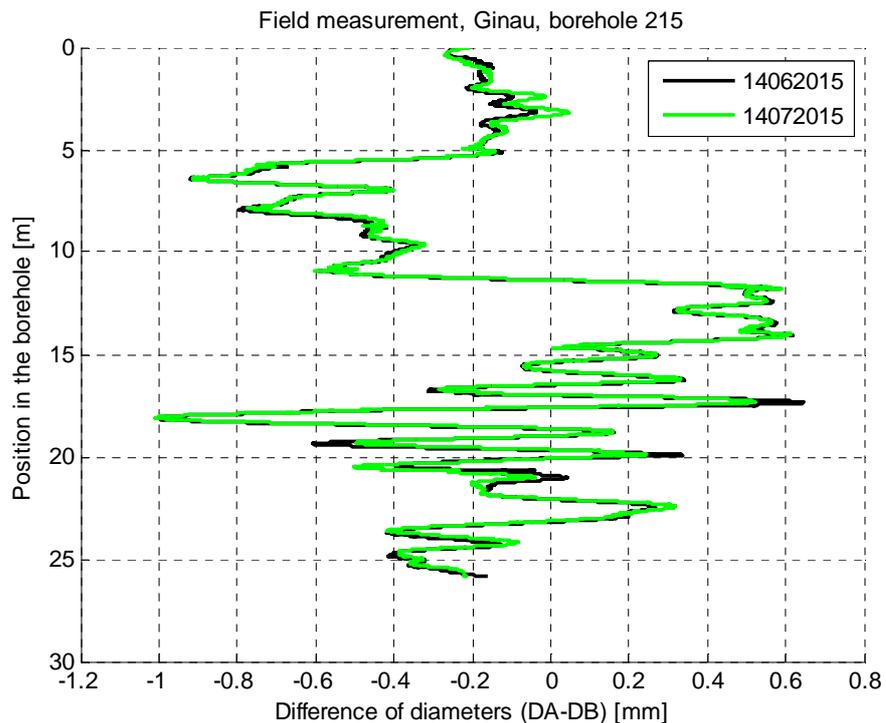


Abb. 15: Abbildung dD.fig

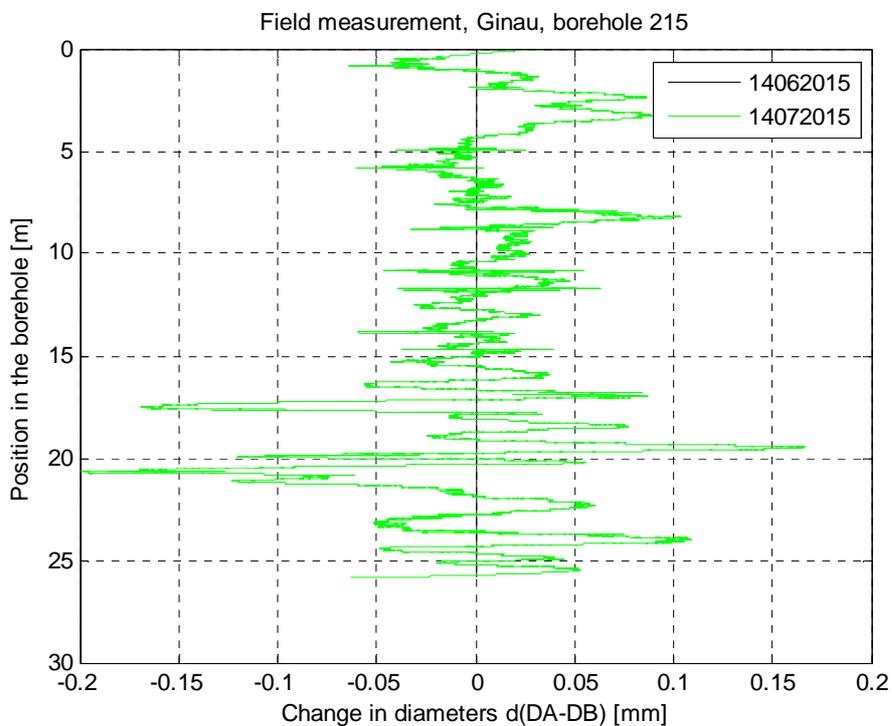


Abb. 16: Abbildung DdD.fig

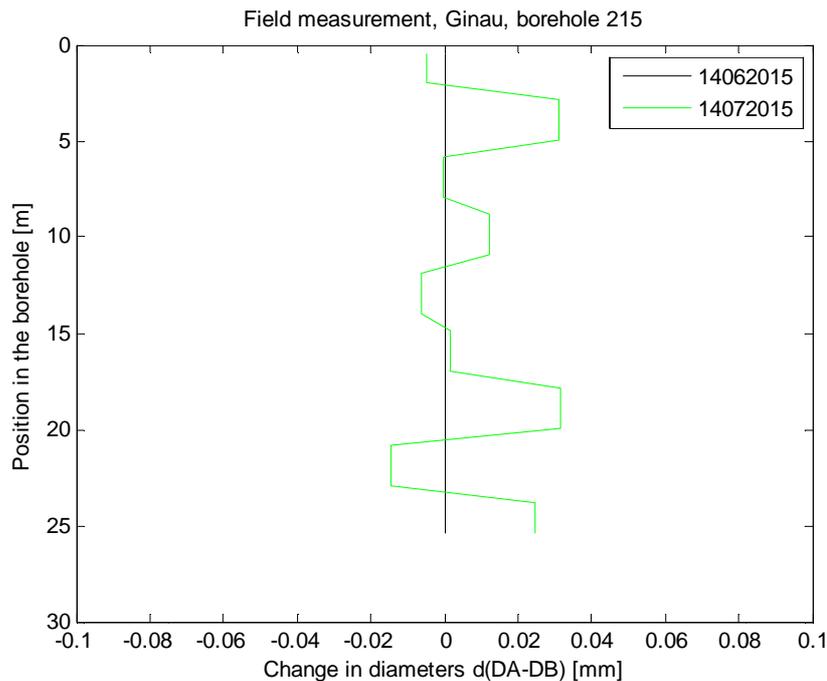


Abb. 17: Abbildung DdD_averaged.fig

3.3.10 Resultate abspeichern

Unter diesem Bereich werden die Resultate der Messdaten, der Differenz zwischen Null- und Folgemessung der Differenzdurchmesser zwischen A- und B-Messrichtung und der zugehörigen Tiefenpositionen abgespeichert. Diese werden unter den Bezeichnungen Dates.dat, Deformations.dat und Position.dat mit zugehöriger Inklinometerbezeichnung und Ort gespeichert.

3.4 Programmcode Kor

Der Programmcode Kor dient zur Korrektur des Einflusses der Querneigung. Zu Beginn werden die sechs benötigten Korrekturkoeffizienten A_1 , A_2 , A_3 , C_1 , C_2 und C_3 , welche durch Laborkalibriermessungen bestimmt worden sind, definiert. Diese sind:

- $A_1 = -0,0001585921$
- $A_2 = 0,0001507314937$
- $A_3 = 3,746651009E-006$
- $C_1 = -0,0002042935516$
- $C_2 = 0,0002858638645$
- $C_3 = -0,001690189367$

Weiters wird die Neigung aus der Ebene einer vertikalen Messsonde β_0 definiert. Im Anschluss können der Korrekturterm hinsichtlich Neigung aus der Ebene Δ , der Korrekturterm hinsichtlich Neigung aus der Ebene einer vertikalen Messsonde Δ_0 und der daraus resultierende korrigierte Innendurchmesser bestimmt werden.

Wie bereits unter Punkt 3.3.5 erwähnt wird folgender Programmcode innerhalb des Programmcodes IDM_Deformations aufgerufen und verwendet.

3.5 Programmcode IDM_Pressures

Der Programmcode IDM_Pressures dient zur Rückrechnung des horizontalen Erddruckes mithilfe der zuvor ermittelten Werten des Programmcodes IDM_Deformations sowie zur anschließenden Veranschaulichung und Abspeicherung der Ergebnisse.

Der Code gliedert sich in die Bereiche:

- Eingabeparameter (Modell-, Material- und bohrlochspezifische Parameter)
- Resultate aus IDM_Deformations einlesen
- Unterfunktionen (Geometrie, Es, Ep, ds)
- Abbildungen
- Resultate abspeichern

3.5.1 Eingabeparameter

Beim Bereich Eingabeparameter können einige Werte zu Modell-, Material- und bohrlochspezifischen Parametern definiert werden. Darunter fallen

- die Angabe ob ein ebener Dehnungs- oder Spannungszustand als Randbedingung in z-Richtung vorliegt
- die Angabe ob ein Kriechen oder eine konstante Belastungsgeschwindigkeit vorliegt
- die Parameter des Burger Modells für das Rohr
 - $E_0 = 2200 \text{ MPa}$
 - $E_1 = 21120 \text{ MPa}$

- $\eta_0 = 3000000 \text{ MPa}\cdot\text{d}$
- $\eta_1 = 50000 \text{ MPa}\cdot\text{d}$
- die Poissonzahl des Bodens und des Rohres
 - $\nu_p = 0,34$
 - $\nu_s = 0,25$
- die Bezeichnung des Ortes
- die Bezeichnung der Bohrung bzw. des Inklinometerrohres
- den Rotationswinkel des Rohres δ
- den Rohrtyp
- den Zeitpunkt der Messungen mit der Angabe in Tagen
- die Steifigkeiten der einzelnen Schichten

3.5.2 Resultate aus IDM_Deformations einlesen

Dieser Bereich liest die Daten, welche unter IDM_Deformations abgespeichert wurden, ein. Nachstehend befindet sich ein Auszug des Programmcodes zur Einlesung der Daten.

```
Dates=textread(['C:\TU Graz\Masterarbeit\MA_Geotechnik\IDM',Inklinometer,'_',Ort,
'_Dates.dat'], '%s');
Deformation=dlmread(['C:\TU Graz\Masterarbeit\MA_Geotechnik\IDM',Inklinometer,'_',
Ort,'_Deformation.dat']);
Position=dlmread(['C:\TU Graz\Masterarbeit\MA_Geotechnik\IDM',Inklinometer,'_',Ort,
'_Position.dat']);
```

3.5.3 Unterfunktionen

Der Bereich Unterfunktionen gliedert sich in die Funktionen geom, Es, Ep und ds.

- **Funktion geom**

Unter dieser Funktion werden je nach Rohrtyp die Werte Außenradius des Rohres R , mittlerer Radius des Rohres R_m und reduzierte Rohrstärke h_{red} definiert. Des weiteren wird das reduzierte umlaufende Querschnitts-Trägheitsmoment des Rohres I_{red} berechnet.

- **Funktion Es**

Unter dieser Funktion wird der E-Modul des Bodens an einer definierten Tiefenposition aus der Steifigkeit der einzelnen Bodenschichten errechnet.

- **Funktion Ep**

Unter dieser Funktion erfolgt die Ermittlung des E-Moduls des Rohres entweder für Kriechen oder für eine konstante Belastungsgeschwindigkeit. Zur Berechnung wird das Burger Modell mit zugehörigen Parametern verwendet. Nachstehend befindet sich exemplarisch ein Auszug des Programmcodes zur Ermittlung des E-Moduls für Kriechen.

```
function [Ep]=EPipe>LoadingMode,time,E0,E1,n0,n1,m)
    switch LoadingMode
        case 'Creep'
            for j=1:1:m;
                Ep(j)=1/(1/E0+1/E1*(1-exp(-E1/n1*time(j)))+time(j)/n0);
            end
        end
    end
end
```

- **Funktion ds**

Unter dieser Funktion werden je nach Randbedingung (ebener Dehnungs- oder Spannungszustand) die horizontalen Erddruckänderungen rückgerechnet. Nachstehend befindet sich exemplarisch ein Auszug des Programmcodes zur Rückrechnung der horizontalen Erddruckänderung unter der Randbedingung des ebenen Spannungszustandes.

```
function [ds]=Pressure(BC,dDm,geom,Ep,Es,np,ns,teta)
    switch BC
        case 'PS'
            alpha=3*Ep*geom(4)*(5-ns)/(geom(2)^3*Es);
            K0=ns;
            dD=dDm/cosd(2*teta);
            ds=dD*(1+alpha)/(1-K0)*Es/(8*geom(1))*1000;
        end
    end
end
```

3.5.4 Abbildungen

Der Bereich Abbildungen dient zur Veranschaulichung der Ergebnisse. Die Abbildung zeigt die horizontalen Erddruckänderungen in kPa mit zugehörigen Tiefenpositionen. Die Abbildung wird unter der Bezeichnung ds.fig gespeichert. Nachfolgende Abbildung 18 zeigt exemplarisch eine Darstellung der horizontalen Erddruckänderungen.

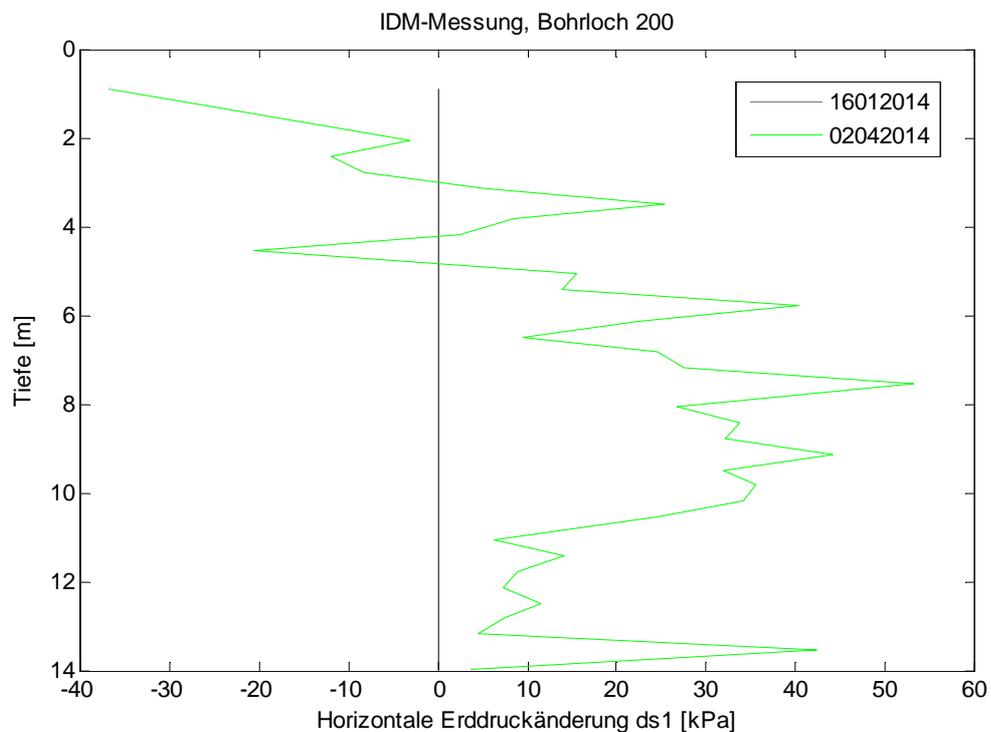


Abb. 18: Abbildung ds.fig

3.5.5 Resultate abspeichern

Unter diesem Bereich werden die Resultate der horizontalen Erddruckänderungen abgespeichert. Diese werden unter der Bezeichnung Pressures.dat mit zugehöriger Inklinometerbezeichnung und Ort gespeichert.

4 Statistik

4.1 Zusammenfassung

Die mittels IDM-Messsonde ermittelten bzw. abgeleiteten Messergebnisse werden mittels statistischen Auswertungen auf deren Streuung und Genauigkeit überprüft. Zu diesem Zweck wurden innerhalb eines Zeitraums von 2 Tagen, in denen davon ausgegangen werden kann dass sich der Hang nicht bewegt hat, mehrere Wiederholungsmessungen durchgeführt.

Im folgenden Kapitel befinden sich einige grundlegende Informationen zum Thema Statistik, eine Beschreibung zu den durchgeführten Messungen, deren Auswertungen und den daraus resultierenden Ergebnissen. Des weiteren erfolgt eine Sensitivitätsanalyse mit der Gleichung zur Bestimmung der Erddruckänderung. Diese gibt Auskunft über die Fehlerfortpflanzung im Zuge dieser Berechnung und es erfolgt eine Diskussion der einzelnen Fehleranteile.

4.2 Grundlagen Statistik

4.2.1 Messfehler und -abweichungen

In der Messtechnik werden mittels eines Messgerätes physikalische Größen erfasst. In unserem Fall bedeutet dies, dass die IDM-Messsonde den Innendurchmesser des Inklinometerrohres ermittelt. In der Praxis tritt bei Messungen immer eine Abweichung von dem wahren Wert auf. Diese Messabweichung wird auch als Messfehler bezeichnet. Eines der Ziele der Messtechnik liegt in der Reduktion von Messabweichungen bzw. Messfehlern. Aus diesem Grund ist es sehr wichtig die unterschiedlichen Abweichungs- bzw. Fehlerarten zu klassifizieren. Diese können in die drei Gruppen der groben Messfehler, der systematischen oder regelmäßigen Messabweichungen und der zufälligen oder unregelmäßigen Messabweichungen eingeteilt werden.

- **Grobe Messfehler**

Grobe Messfehler sind Fehler, welche durch ein Versehen oder einen äußeren Einfluss entstehen. Da grobe Fehler hauptsächlich durch Unachtsamkeit entstehen sind sie in der Regel vermeidbare Fehler. Ein Beispiel für grobe Fehler wäre zum Beispiel wenn die Markierungsposition der Winde mit dem Kabel nicht übereinstimmt. Die Gruppe der groben Messfehler liegt über der Genauigkeit des verwendeten Messgerätes. Grobe Fehler können nicht durch eine Mittelung kompensiert werden, da sie zu einer Verzerrung des Ergebnisses führen würde.

- **Systematische oder regelmäßige Messabweichungen**

Die Fehlergruppe der systematischen oder regelmäßigen Fehler verursacht eine Abweichung in eine einseitige Richtung. Das heißt Messwerte mit systematischen Fehlern führen zu stets erhöhten oder verringerten Werten. Typische Beispiele sind falsch justierte Messgeräte oder Fehler beim Ablesen. Diese Gruppe von Messabweichungen kann nur bei bekannter Ursache oder in vielen praktischen Fällen durch Umschlagsmessungen vermieden werden. Systematische oder regelmäßige Messabweichungen können durch Wiederholungsmessungen unter gleichen Bedingungen nicht erkannt und ohne Umschlagsmessung auch nicht kompensiert werden.

- **Zufällige oder unregelmäßige Messabweichungen**

Zufällige oder unregelmäßige Messabweichungen sind Abweichungen, welche nach Betrag und Vorzeichen streuen. Sie entstehen durch die Unvollkommenheit der Messgeräte und der menschlichen Sinne sowie durch äußere Einflüsse. Diese Abweichungen können nicht vermieden werden. Jedoch kann diese Gruppe von Messabweichungen durch eine steigende Anzahl an Messwiederholungen und anschließender Mittelwertbildung dem wahren Wert angenähert werden.

Nachfolgende Punkte der Statistik beschäftigen sich ausschließlich mit der Gruppe der zufälligen oder unregelmäßigen Messabweichungen. Es wird davon ausgegangen, dass bei den Messungen keine groben Messfehler gemacht werden und systematische oder regelmäßige Fehler zumindest vernachlässigbar klein sind.

4.2.2 Mittelwert und Standardabweichung

Wie im obigen Punkt beschrieben, ist eine Vielzahl an Messwiederholungen notwendig um zufällige oder unregelmäßige Messabweichungen zu minimieren. Das heißt sämtliche Messwerte der häufig durchgeführten Messungen einer Messgröße müssen zu einem Mittelwert beziehungsweise arithmetischen Mittel \bar{x} berechnet werden. Nachfolgende Formel 17 zeigt die Bestimmung des Mittelwertes beziehungsweise arithmetischen Mittels von n-Messungen.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (17)$$

x_i	Messwert der i-ten Realisation
\bar{x}	Mittelwert von n Realisationen
n	Anzahl der Realisationen

Dieser Wert wird in der Messtechnik beziehungsweise Statistik auch als der "wahre" Wert oder als Erwartungswert bezeichnet. Dieser ist auch Grundlage für die weitere Berechnung der Standardabweichung. Die Standardabweichung σ stellt die mittlere Abweichung eines Messwertes um ihren Erwartungswert \bar{x} dar. Das heißt sie zeigt die Streuung der Messwerte um den Mittelwert auf. Die Standardabweichung kann mit nachfolgender Gleichung 18 berechnet werden.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (18)$$

- σ Standardabweichung
- x_i Messwert der i-ten Realisation
- \bar{x} Mittelwert von n Realisationen
- n Anzahl der Realisationen

4.3 Messstand, Messreihen und variierte Größen

Die statistischen Messungen wurden bei dem Kriechhang in Ginau, Wagrain, Salzburg durchgeführt. Dort wurden im Juni 2015 zwei unterschiedlich lange Inklinometerrohre zur Beobachtung eingebaut. Die Rohre entsprechen 8-Nut-Rohren aus Kunststoff, einer Sonderanfertigung der Firma Stump, und einem Außendurchmesser von 84 mm.

Inklinometerrohr 115 entspricht einer Länge von 17 m und wurde mit ca. 0° Neigung zur Vertikalen eingebaut. Inklinometerrohr 215 ist 26,4 m lang und wurde ebenfalls mit ca. 0° Neigung zur Vertikalen eingebaut.

Die Messungen wurden mit der institutseigenen IDM-Sonde der Technischen Universität Graz durchgeführt.

Die Messungen wurden bei beiden Rohren wie in Abbildung 19 ersichtlich in den Richtungen A, B, C und D sowie jeweils zugehöriger Umschlagsrichtung durchgeführt. Das ergibt eine 8 malige Messung des Rohres pro Messreihe. Für Inklinometerrohr 115 wurden sechs und für Inklinometerrohr 215 sieben Wiederholungsmessungen durchgeführt. Insgesamt ergeben sich daraus 104 Messungen.

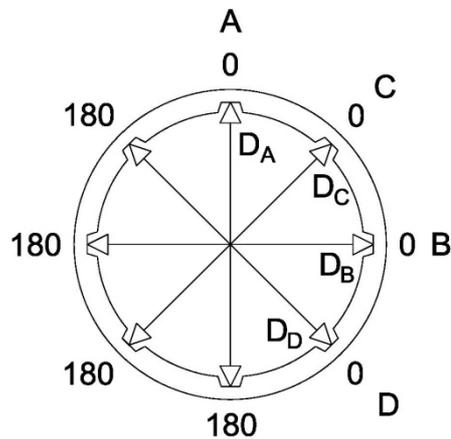


Abb. 19: Messrichtungen A, B, C und D

Außerdem wurden einige Größen bei den Messungen variiert, um eventuelle Einflüsse erkennen zu können. Zu den variierten Größen zählen:

- unterschiedliche Geschwindigkeit beim Ziehen der Sonde
- verschiedene Personen, welche die Messungen durchführen
- Messung mit bzw. ohne vorheriger Temperierung der Sonde
- neuer Messaufbau (unterschiedliche Positionierung des Rohraufsatzes)

4.4 Messdurchführung

4.4.1 Einzelne Messkomponenten

Aufsatzrohr



Abb. 20 Aufsatzrohr

Winde



Abb. 21 Winde

Sonde



Abb. 22 Sonde

Kabelrolle



Abb. 23 Kabelrolle

Konverter



Abb. 24 Konverter

Laptop mit Programm Labview / Schraubenschlüssel



Abb. 25 Laptop mit Programm Labview / Schraubenschlüssel

4.4.2 Messaufbau

Zu Beginn des Messaufbaus ist das bereits eingebaute Inklinometerrohr wie in Abb. 26 freizulegen. Anschließend setzt man das Aufsatzrohr, wie in Abb. 27 gezeigt, auf das Inklinometerrohr. Es ist darauf zu achten, dass sämtliche Nuten durchgängig verlaufen. Nun wird der Aufsatz mittels Schraubenschlüssel ordentlich fixiert.



Abb. 26 Freigelegtes Inklinometerrohr



Abb. 27 Aufgesetztes Aufsatzrohr

Nächster Schritt stellt die Montage der Winde auf das Aufsatzrohr dar. Diese soll satt auf dem Aufsatzrohr aufliegen und muss fest angedreht werden. Das obere Rad der Winde zeigt wie in Abbildung 28 und 29 ersichtlich in Messrichtung A.



Abb. 28 Montierte Winde



Abb. 29 Oberes Rad zeigt in Messrichtung

Anschließend ist die Kabelrolle so aufzustellen, dass sie fest und gerade am Boden aufliegt und das Kabel von unten zur Sonde führt. Das bedeutet, dass die Kabelrolle, wie in Abb. 30 gezeigt, hinter dem unteren Rad der Winde aufgestellt werden muss, um eine spätere kontinuierliche und reibungslose Drehung zu gewährleisten.



Abb. 30 Aufgestellte Kabelrolle

Im nächsten Schritt müssen sämtliche Verbindungen aufgebaut werden. Diese sind

- Computer - Konverter (wie in Abb. 32 und 34)
- Konverter - Winde (wie in Abb. 31 und 37)
- Konverter - Kabelrolle (Kabel wie in Abb. 36 ersichtlich um das Rohr legen, damit es während der Messung nicht im Weg ist)
- Sonde - Kabelrolle (diese Verbindung muss mittels Schraubenschlüssel festgedreht werden, um einen Wassereintritt zu verhindern, Abb. 33 und 35)



Abb. 31 Verbindung Kabelrolle/Winde - Konverter



Abb. 32 Verb. Computer - Konverter



Abb. 33 Verb. Kabelrolle - Sonde



Abb. 34 Verbindungen Konverter und Computer



Abb. 35 Verbindungen Kabelrolle



Abb. 36 Verbindung Kabelrolle - Konverter



Abb. 37 Verbindung Winde

Nächster Punkt ist die Einführung der Sonde. Wichtig dabei ist, dass die Rollen, wie in Abb. 38 gezeigt, in der Nut liegen. Weiters muss das Kabel wie in Abb. 39 auf die Winde gewickelt werden. Die Sonde wird im Anschluss soweit nach unten geführt, bis sie im Wasser hängt (sofern Wasser im Messrohr ansteht) um die Sonde zu temperieren. Außerdem ist die Winde zu blockieren, damit die Sonde auf dieser Position fixiert ist.



Abb. 38 Einführung Sonde



Abb. 39 Aufgewickeltes Kabel auf Winde



Abb. 40 Temperierung der Sonde

Während die Sonde temperiert wird, ist der Computer und anschließend das Programm Labview zu starten. Wichtig vor dem Start des Programmes ist die korrekte Verbindung zum Konverter (rotes Licht leuchtet) und zum Computer (USB muss erkannt sein).

Nun ist die Sonde in Startposition zu bringen und die Winde an diesem Punkt zu blockieren. Die Startposition ist, wie in Abb. 42 ersichtlich, an der Winde sowie am Kabel markiert.

An dieser Stelle ist der Messaufbau komplett abgeschlossen und sollte, wie in Abbildung 43 gezeigt, ausschauen.



Abb. 41 Sonde in Startposition



Abb. 42 Markierungen Startposition



Abb. 43 Messaufbau

Als nächstes ladet man im Programm unter *File* → *Change SET UP File* → *Set up Files* das aktuelle Setup-File. Nun erstellt man unter *File* → *New Project* ein neues Projekt mit folgender Bezeichnung *Inklinometerbezeichnung [beispielsweise 115]_Datum der Messung [ddmmyyyy]_Messrichtung [A|B|C|D]Messtyp [000|180]*. Eine mögliche Bezeichnung sieht wie folgt aus *115_13072015_A000*. Im Anschluss kontrolliert man die Optionen für Data acquisition unter *Tools* → *Setup Test Acquisition*. Diese müssen folgendermaßen eingestellt sein:

- distance sample
- average = 1
- save time = 0

Auf dem Bildschirm unter Standard Diagram Types soll pos-Durchmesser eingestellt sein, um den Durchmesser während der Messung beobachten zu können. Dies ermöglicht eine sofortige Kontrolle über die richtige Positionierung der Sonde innerhalb des Inklinometerrohrs.

Jetzt kann die Messung unter *Operate* → *Run Test* gestartet werden. Dies muss wie in Abb. 44 gezeigt mit *START TEST* bestätigt werden. Die Blockierung der Winde nun lösen und langsam und kontinuierlich die Sonde nach unten drehen. Wenn man den Boden erreicht hat die Sonde wieder mit der Kabelrolle nach oben ziehen. Die Sonde

auf negativer Position wie in Abb. 46 ersichtlich mittels Winde blockieren und die Messung unter *Operate* → *Stop Test* beenden. Dies muss wiederum wie in Abb. 47 gezeigt mit *OK* bestätigt werden. Während der laufenden Messung erscheint, wie in Abb. 45 gezeigt, die Aufschrift *TEST ACTIV* und die Abbildung sämtlicher gemessener Daten.



Abb. 44 Messungsbeginn

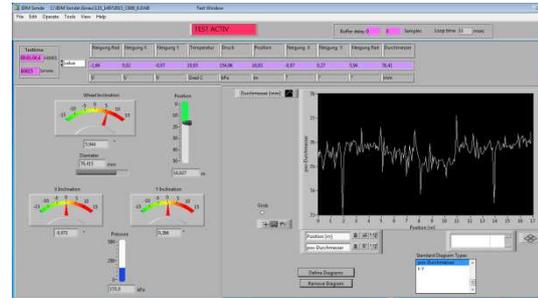


Abb. 45 Programm während Messung

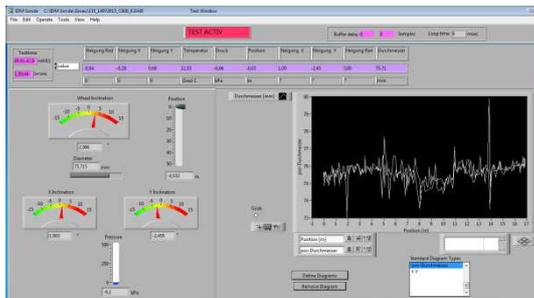


Abb. 46 Programm am Ende der Messung



Abb. 47 Messungsende

Nach Beendigung der ersten Messung die Sonde in Umschlagsrichtung einführen und auf Startposition bringen. Anschließend alle Punkte ab "Sonde in Startposition bringen" wie zuvor beschrieben wiederholen und eine neue Messung durchführen.

Nach Messung der Umschlagsrichtung muss die Winde auf die Messrichtung B gedreht werden. Als nächstes Sonde wieder Richtung 0 einführen, auf Startposition bringen, alle Punkte im Programm wiederholen und Messung durchführen. Danach Messung wie zuvor beschrieben in Umschlagsrichtung durchführen.

Nächster Schritt ist die Drehung des Aufsatzrohres auf Messrichtung C. Dies ist notwendig, da der Aufsatz lediglich als 4-Nut-Rohr ausgeführt ist. Anschließend sämtliche Schritte von vorher wiederholen.

Nach Beendigung sämtlicher Messungen alles wieder Schritt für Schritt abbauen und gut verstauen. Im Programmordner sollten nun acht verschiedenen Dateien mit je vier verschiedenen Dateitypen vorhanden sein.

4.5 Auswertung der Messdaten

Erster Schritt der Auswertung der Messdaten bildet, wie bereits in Punkt 4.2.2 angeführt, die Mittelwertbildung.

Bei der Mittelwertbildung wurde wie folgt vorgegangen:

- **Mittelwertbildung der Messdaten über die Tiefe**

Um später einen Eindruck darüber zu gewinnen, welcher Bereich für die Mittelwertbildung entlang des Inklinometerrohres ausreichend ist, wurden vier verschiedene Stufen definiert.

Bei jeder Stufe werden bei der Mittelung der Messwerte in jedem Rohrelement des Inklinometers und auch beim Rohrstück ein Bereich an Messwerten ignoriert. Diese Bereiche befinden sich am oberen und unteren Ende des Inklinometers sowie bei jedem Verbindungsstoß der 3 m langen Rohrschüsse. Dies ist notwendig um eine negative Beeinflussung der Messsonde in diesem Bereich auszuschließen. Bei Stufe 1 beträgt dieser Bereich 0,44 m und bei Stufe 2 bis 4 jeweils 0,3 m. Außerdem werden sowohl beim Rohrstück als auch beim letzten Rohrelement jeweils nur ein Mittelwert gebildet. Jedes weitere Rohrelement wird anschließend je nach Stufe in unterschiedliche Bereiche eingeteilt.

- Stufe 1

Bei Stufe 1 wird in jedem Rohrelement ein Mittelwert gebildet. Das bedeutet jeder gemittelte Durchmesser umschließt einen Bereich von 2,12 m. Nachfolgende Abbildung 48 zeigt die Einteilung der Stufe 1.

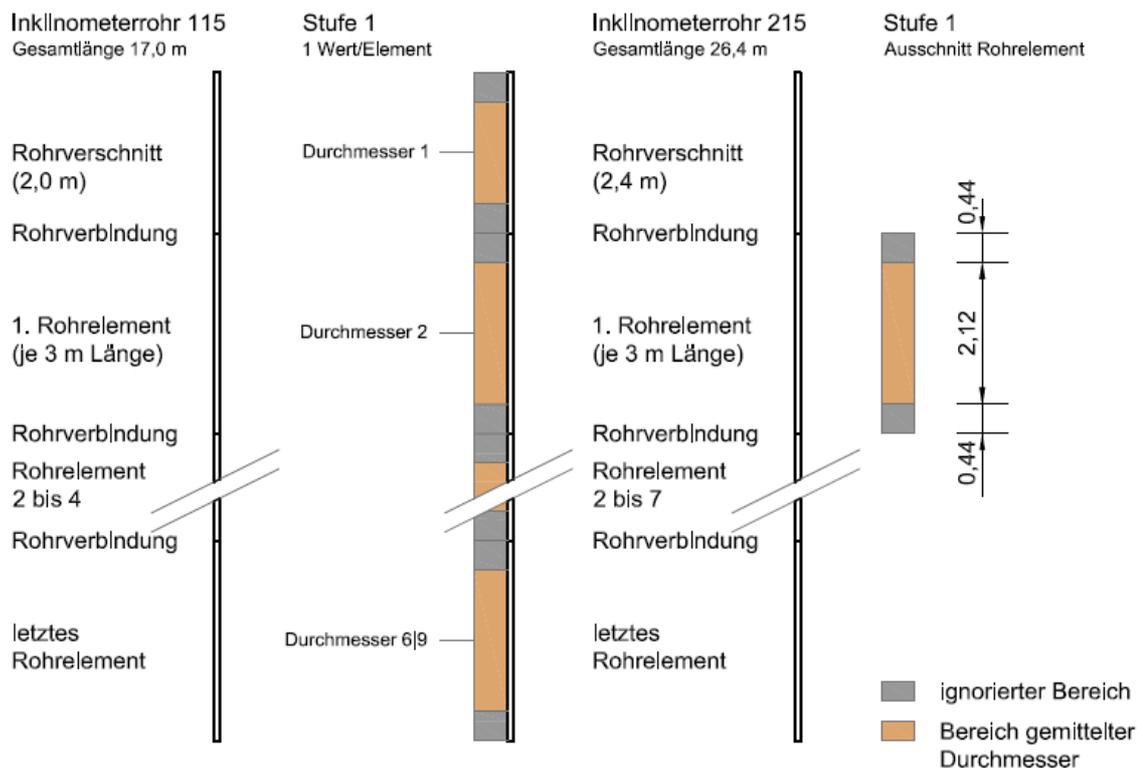


Abb. 48: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 1

In untenstehender Tabelle 1 befinden sich die zugehörigen Tiefenpositionen der jeweiligen gemittelten Durchmesser.

Tab. 1: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 1

Inklinometerrohr 115		Inklinometerrohr 215	
Stufe 1	Position [m]	Stufe 1	Position [m]
Durchmesser 1	1,00	Durchmesser 1	1,20
Durchmesser 2	3,50	Durchmesser 2	3,90
Durchmesser 3	6,50	Durchmesser 3	6,90
Durchmesser 4	9,50	Durchmesser 4	9,90
Durchmesser 5	12,50	Durchmesser 5	12,90
Durchmesser 6	15,27	Durchmesser 6	15,90
		Durchmesser 7	18,90
		Durchmesser 8	21,90
		Durchmesser 9	24,65

- Stufe 2

Bei Stufe 2 erfolgt die Unterteilung in zwei gleich große Bereiche mit je einer Länge von 1,2 m. Die Einteilung der Stufe 2 ist in nachfolgender Abbildung 49 ersichtlich.

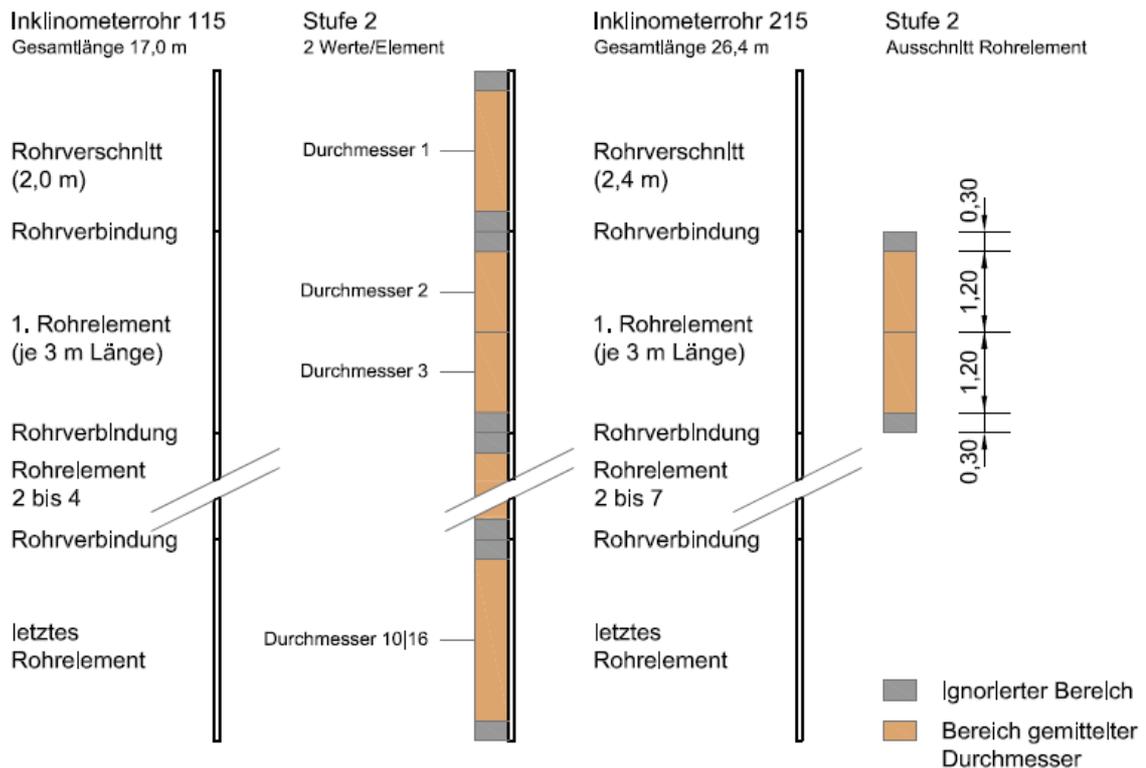


Abb. 49: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 2

Die zugehörigen Tiefenpositionen der jeweiligen gemittelten Durchmesser können aus untenstehender Tabelle 2 entnommen werden.

Tab. 2: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 2

Inklinometerrohr 115	
Stufe 2	Position [m]
Durchmesser 1	1,00
Durchmesser 2	2,90
Durchmesser 3	4,10
Durchmesser 4	5,90
Durchmesser 5	7,10
Durchmesser 6	8,90
Durchmesser 7	10,10
Durchmesser 8	11,90
Durchmesser 9	13,10
Durchmesser 10	15,27

Inklinometerrohr 215	
Stufe 2	Position [m]
Durchmesser 1	1,20
Durchmesser 2	3,30
Durchmesser 3	4,50
Durchmesser 4	6,30
Durchmesser 5	7,50
Durchmesser 6	9,30
Durchmesser 7	10,50
Durchmesser 8	12,30
Durchmesser 9	13,50
Durchmesser 10	15,30
Durchmesser 11	16,50
Durchmesser 12	18,30
Durchmesser 13	19,50
Durchmesser 14	21,30
Durchmesser 15	22,50
Durchmesser 16	24,65

- Stufe 3

Stufe 3 wird in vier gleich große Bereiche unterteilt. Das bedeutet jeder Bereich weist eine Länge von 0,6 m auf. Nachfolgende Abbildung 50 zeigt die Einteilung der Stufe 3.

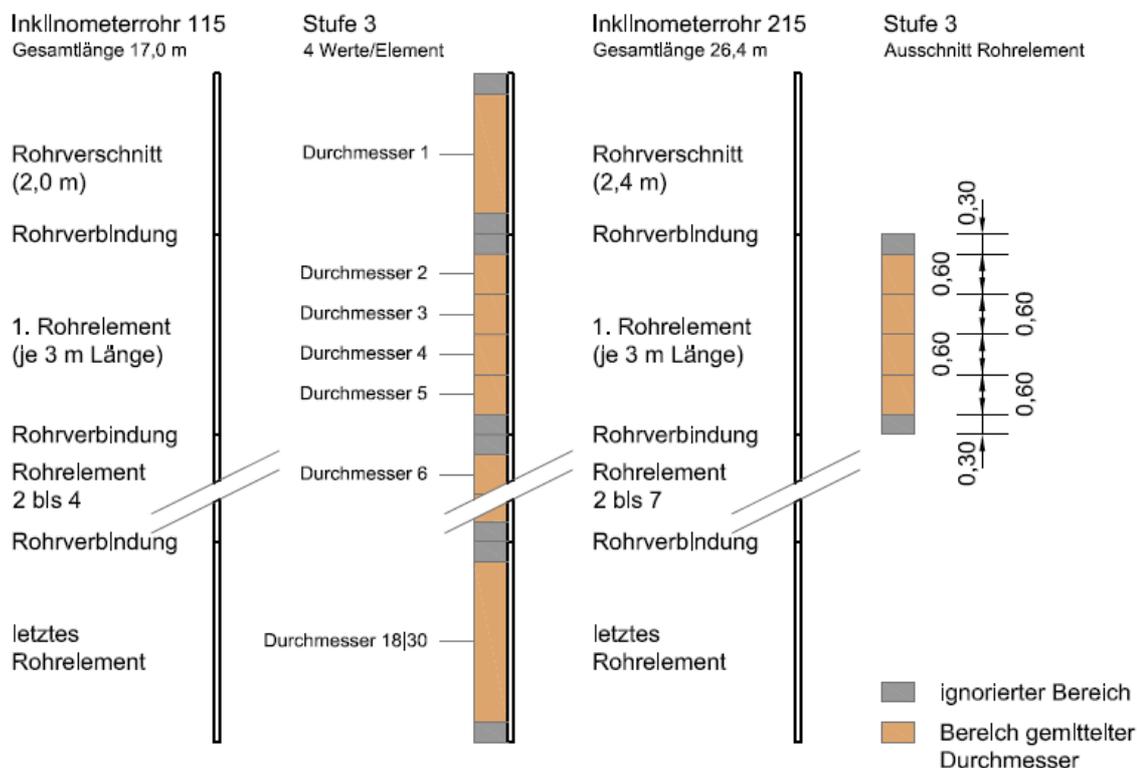


Abb. 50: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 3

In untenstehender Tabelle 3 befinden sich die zugehörigen Tiefenpositionen der jeweiligen gemittelten Durchmesser.

Tab. 3: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 3

Inklinometerrohr 115	
Stufe 3	Position [m]
Durchmesser 1	1,00
Durchmesser 2	2,60
Durchmesser 3	3,20
Durchmesser 4	3,80
Durchmesser 5	4,40
Durchmesser 6	5,60
Durchmesser 7	6,20
Durchmesser 8	6,80
Durchmesser 9	7,40
Durchmesser 10	8,60

Inklinometerrohr 215			
Stufe 3	Position [m]	Stufe 3	Position [m]
Durchmesser 1	1,20	Durchmesser 16	13,20
Durchmesser 2	3,00	Durchmesser 17	13,80
Durchmesser 3	3,60	Durchmesser 18	15,00
Durchmesser 4	4,20	Durchmesser 19	15,60
Durchmesser 5	4,80	Durchmesser 20	16,20
Durchmesser 6	6,00	Durchmesser 21	16,80
Durchmesser 7	6,60	Durchmesser 22	18,00
Durchmesser 8	7,20	Durchmesser 23	18,60
Durchmesser 9	7,80	Durchmesser 24	19,20
Durchmesser 10	9,00	Durchmesser 25	19,80

Durchmesser 11	9,20
Durchmesser 12	9,80
Durchmesser 13	10,40
Durchmesser 14	11,60
Durchmesser 15	12,20
Durchmesser 16	12,80
Durchmesser 17	13,40
Durchmesser 18	15,27

Durchmesser 11	9,60	Durchmesser 26	21,00
Durchmesser 12	10,20	Durchmesser 27	21,60
Durchmesser 13	10,80	Durchmesser 28	22,20
Durchmesser 14	12,00	Durchmesser 29	22,80
Durchmesser 15	12,60	Durchmesser 30	24,65

- Stufe 4

Stufe 4 bedeutet eine Unterteilung in acht gleich große Bereiche, das heißt jeder gemittelte Durchmesser umschließt einen Bereich von 0,3 m. Die Einteilung der Stufe 4 ist in nachfolgender Abbildung 51 ersichtlich.

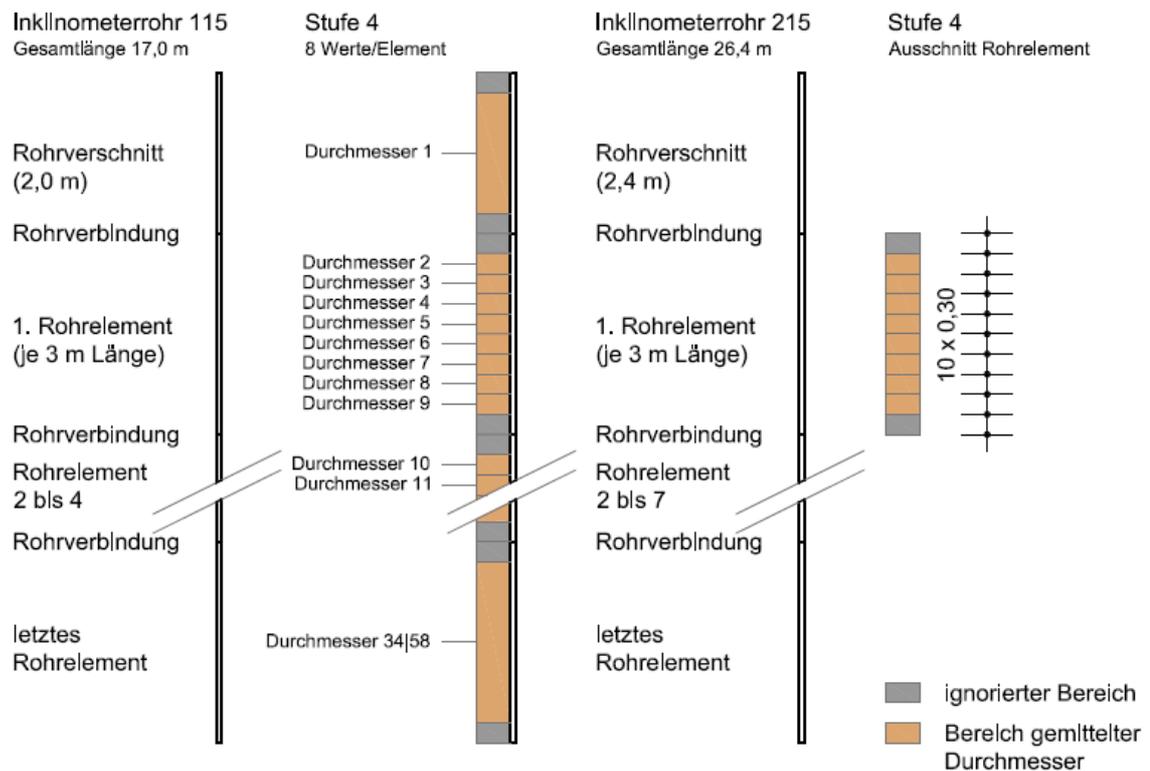


Abb. 51: Einteilung der Bereiche zur Mittelwertbildung Stufe 4

Die zugehörigen Tiefenpositionen der jeweiligen gemittelten Durchmesser können untenstehenden Tabellen 4 und 5 entnommen werden.

Tab. 4: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 4, Inklinometer 115

Inklinometerrohr 115			
Stufe 4	Position [m]	Stufe 4	Position [m]
Durchmesser 1	1,00	Durchmesser 18	8,45
Durchmesser 2	2,45	Durchmesser 19	8,75
Durchmesser 3	2,75	Durchmesser 20	9,05
Durchmesser 4	3,05	Durchmesser 21	9,35
Durchmesser 5	3,35	Durchmesser 22	9,65
Durchmesser 6	3,65	Durchmesser 23	9,95
Durchmesser 7	3,95	Durchmesser 24	10,25
Durchmesser 8	4,25	Durchmesser 25	10,55
Durchmesser 9	4,55	Durchmesser 26	11,45
Durchmesser 10	5,45	Durchmesser 27	11,75
Durchmesser 11	5,75	Durchmesser 28	12,05
Durchmesser 12	6,05	Durchmesser 29	12,35
Durchmesser 13	6,35	Durchmesser 30	12,65
Durchmesser 14	6,65	Durchmesser 31	12,95
Durchmesser 15	6,95	Durchmesser 32	13,25
Durchmesser 16	7,25	Durchmesser 33	13,55
Durchmesser 17	7,55	Durchmesser 34	15,27

Tab. 5: Durchmesser - Tiefenposition der Stufe 4, Inklinometer 215

Inklinometerrohr 215					
Stufe 4	Position [m]	Stufe 4	Position [m]	Stufe 4	Position [m]
Durchmesser 1	1,20	Durchmesser 21	9,75	Durchmesser 41	16,95
Durchmesser 2	2,85	Durchmesser 22	10,05	Durchmesser 42	17,85
Durchmesser 3	3,15	Durchmesser 23	10,35	Durchmesser 43	18,15
Durchmesser 4	3,45	Durchmesser 24	10,65	Durchmesser 44	18,45
Durchmesser 5	3,75	Durchmesser 25	10,95	Durchmesser 45	18,75
Durchmesser 6	4,05	Durchmesser 26	11,85	Durchmesser 46	19,05
Durchmesser 7	4,35	Durchmesser 27	12,15	Durchmesser 47	19,35
Durchmesser 8	4,65	Durchmesser 28	12,45	Durchmesser 48	19,65
Durchmesser 9	4,95	Durchmesser 29	12,75	Durchmesser 49	19,95
Durchmesser 10	5,85	Durchmesser 30	13,05	Durchmesser 50	20,85
Durchmesser 11	6,15	Durchmesser 31	13,35	Durchmesser 51	21,15
Durchmesser 12	6,45	Durchmesser 32	13,65	Durchmesser 52	21,45
Durchmesser 13	6,75	Durchmesser 33	13,95	Durchmesser 53	21,75
Durchmesser 14	7,05	Durchmesser 34	14,85	Durchmesser 54	22,05
Durchmesser 15	7,35	Durchmesser 35	15,15	Durchmesser 55	22,35
Durchmesser 16	7,65	Durchmesser 36	15,45	Durchmesser 56	22,65
Durchmesser 17	7,95	Durchmesser 37	15,75	Durchmesser 57	22,95
Durchmesser 18	8,85	Durchmesser 38	16,05	Durchmesser 58	24,65
Durchmesser 19	9,15	Durchmesser 39	16,35		
Durchmesser 20	9,45	Durchmesser 40	16,65		

Die Mittelung der Messdaten über die Tiefe wird für jede Messrichtung sowie zugehöriger Umschlagsrichtung durchgeführt. Nachfolgender Tabelle 6 kann die Datenmenge an gemittelten Innendurchmessern der jeweiligen Inklinometerrohre und zugehöriger Stufe entnommen werden.

Tab. 6: Datenmenge an gemittelten Durchmessern

Datenmenge			
Stufe	Anzahl Ø pro Messrichtung und -reihe	Anzahl Ø pro Messreihe	Gesamtanzahl Ø
Inklinometerrohr 115			
Stufe 1	6	48	288
Stufe 2	10	80	480
Stufe 3	18	144	864
Stufe 4	34	272	1632
Inklinometerrohr 215			
Stufe 1	9	72	504
Stufe 2	16	128	896
Stufe 3	30	240	1680
Stufe 4	58	464	3248

- **Mittelwertbildung der Messdaten über die Messreihen**

Anschließend werden die nun über die Tiefe gemittelten Innendurchmesser über die Messreihen wiederum für Stufe 1 bis 4 gemittelt. Dies sind sechs Messreihen bei Inklinometerrohr 115 und sieben Messreihen bei Inklinometerrohr 215. Nachfolgende Tabelle 7 zeigt exemplarisch die gemittelten Durchmesser für Messrichtung A0 der Stufe 1 des Inklinometerrohres 115.

Tab. 7: gemittelte Messdaten der Messrichtung A0, Stufe 1, Inklinometer 115

Stufe 1	Übersicht Messdaten - Inklinometer 115						
	d [mm]						
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	Mittelwert
Messrichtung A - 0							
1,00	76,0240	76,0278	76,0214	76,0271	76,0398	76,0389	76,0298
3,50	76,0348	76,0379	76,0383	76,0441	76,0502	76,0537	76,0432
6,50	75,8983	75,9018	75,9023	75,9030	75,9136	75,9171	75,9060
9,50	75,2901	75,2923	75,2914	75,2934	75,3047	75,3042	75,2960
12,50	75,6875	75,6908	75,6902	75,6917	75,7008	75,6976	75,6931
15,27	75,5726	75,5612	75,5776	75,5800	75,5899	75,5908	75,5787

Nächster Schritt der Datenaufbereitung liegt, wie bereits in Punkt 4.2.2 angeführt, in der Berechnung der Standardabweichung des ermittelten Durchmessers aus den vorhandenen Daten. Zur Berechnung der Standardabweichung wurden die sich für die verschiedenen Tiefenpositionen ergebende Werte als von der Tiefe unabhängig angenommen. Die Standardabweichung des Durchmessers wurde wiederum für Inklinometerrohr 115 und 215 mit den jeweiligen Stufen 1 bis 4 berechnet.

Sämtliche ausgewertete Messdaten, das heißt alle Mittelwertbildungen und Standardabweichungen, befinden sich im Anhang.

4.6 Darstellung der Ergebnisse

Zur besseren Veranschaulichung der Ergebnisse der Auswertung wurden Abbildungen erstellt. Diese beinhalten die Ergebnisse der Standardabweichungen des Durchmessers und der Verteilungsdichten. Dabei wurden vor allem die vier Stufen der Mittelung und die acht unterschiedlichen Messrichtungen miteinander verglichen.

4.6.1 Darstellung der Standardabweichungen

Die Standardabweichungen werden in Form eines zwei- und dreidimensionalen Säulendiagramms sowie einem zweidimensionalen Liniendiagramm dargestellt.

- **Inklinometerrohr 115**

Die Ergebnisse der Standardabweichung des gemessenen Durchmessers des Inklinometerrohres 115 sind in unterstehenden Abbildungen 52 bis 54 ersichtlich.

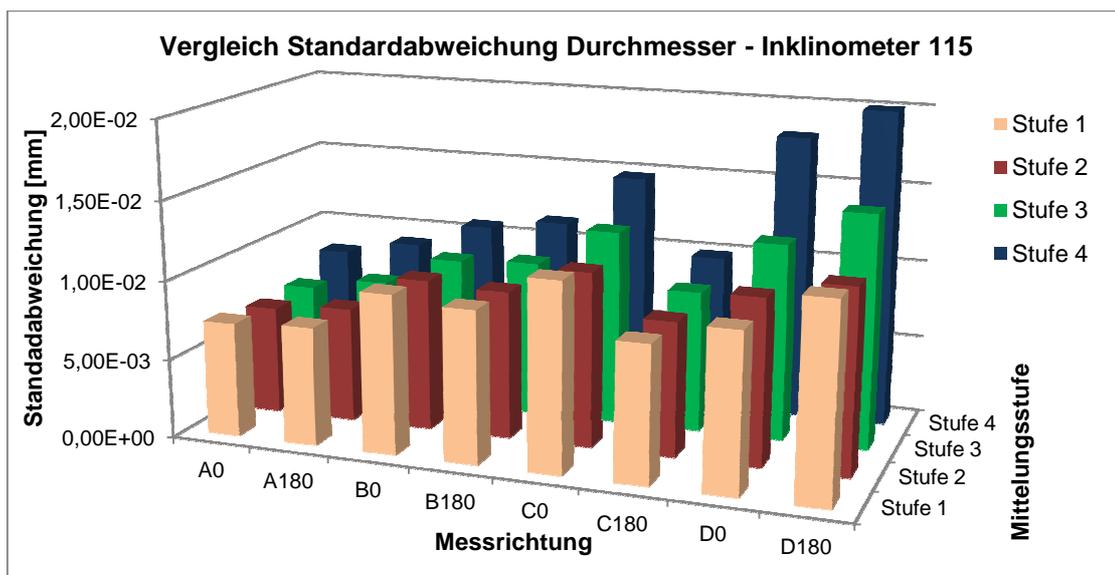


Abb. 52: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 3d-Säulendiagramm

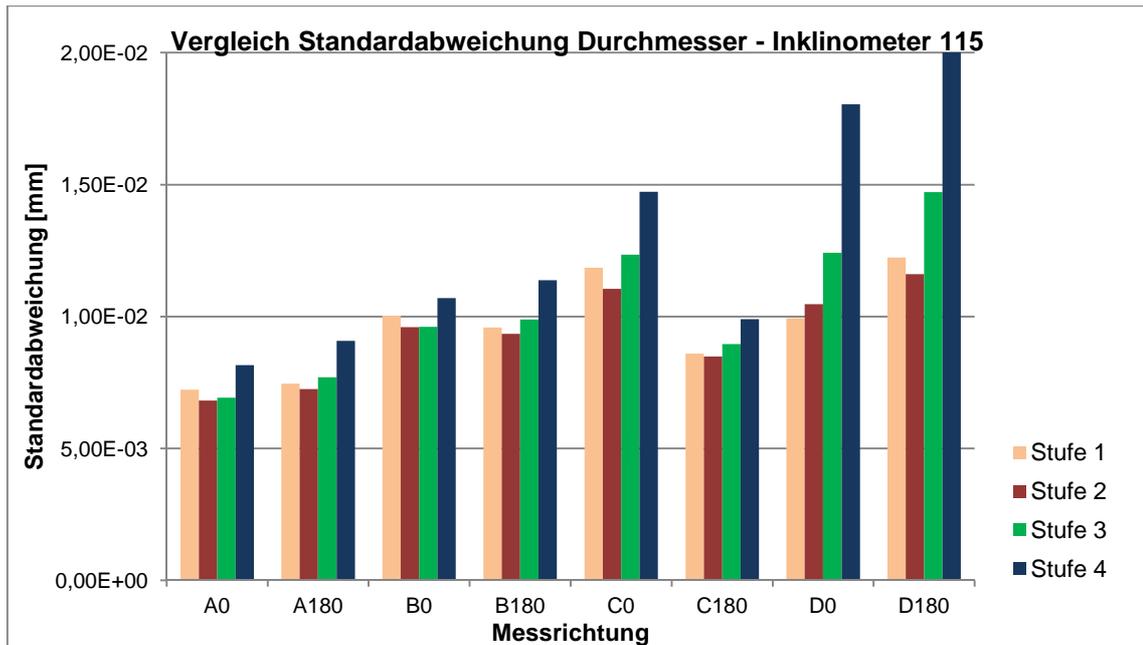


Abb. 53: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Säulendiagramm

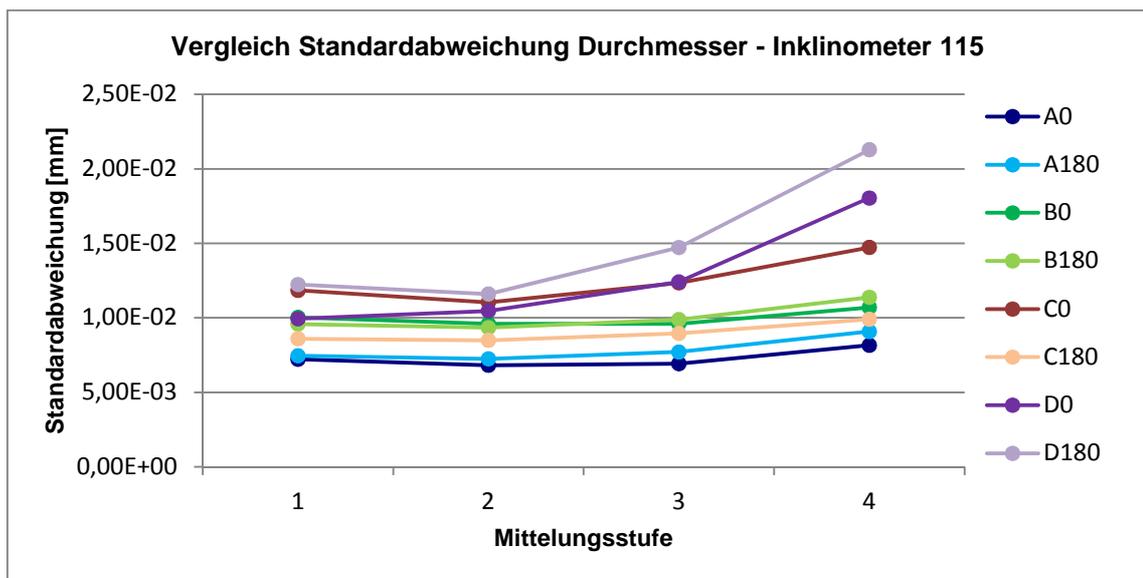


Abb. 54: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Liniendiagramm

Die Standardabweichungen der Durchmesser-Messungen aller Stufen und Messrichtungen liegen bei Inklinometerrohr 115, wie in den Abbildungen ersichtlich, in einem Bereich von 5 bis 20 Mikrometer.

- **Inklinometerrohr 215**

Die Ergebnisse der Standardabweichung des gemessenen Durchmessers des Inklinometerrohres 215 sind in unterstehenden Abbildungen 55 bis 57 ersichtlich.

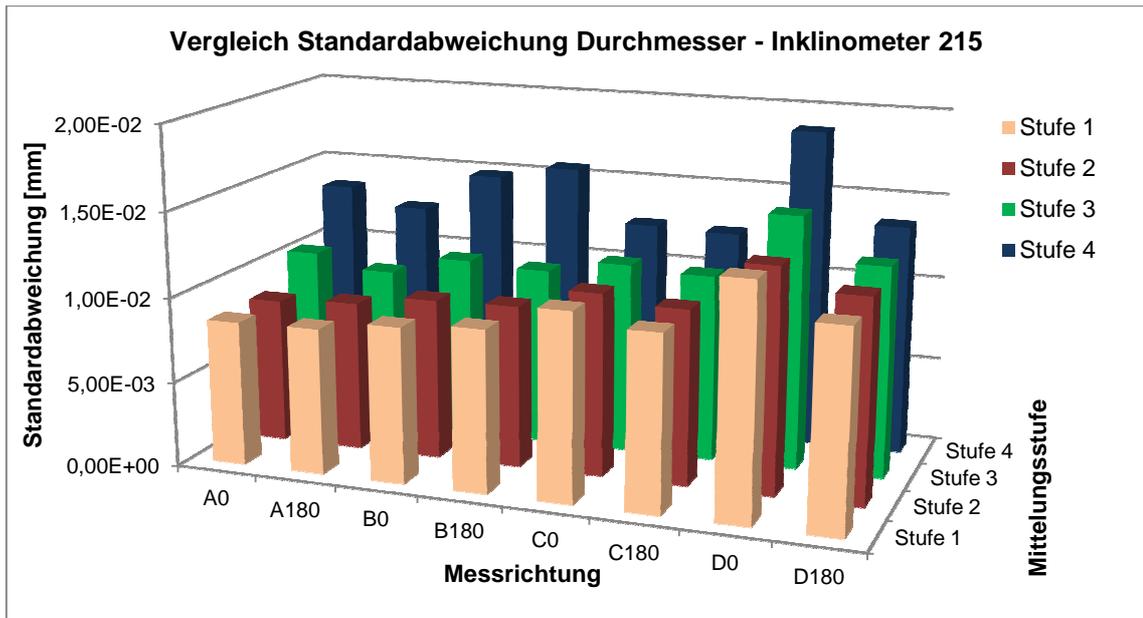


Abb. 55: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 3d-Säulendiagramm

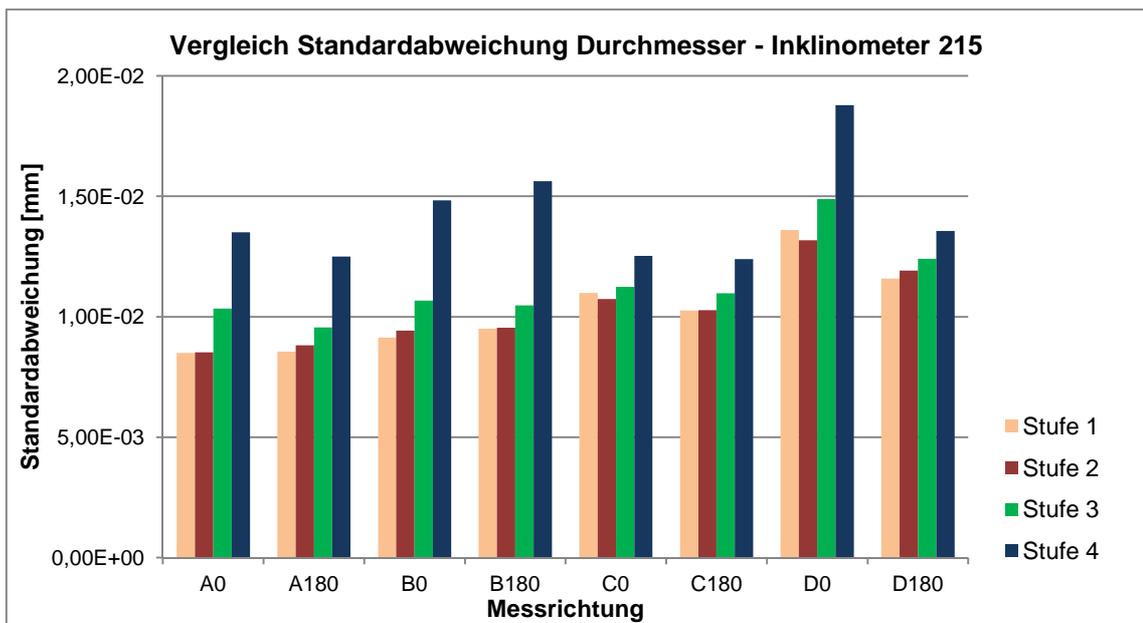


Abb. 56: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Säulendiagramm

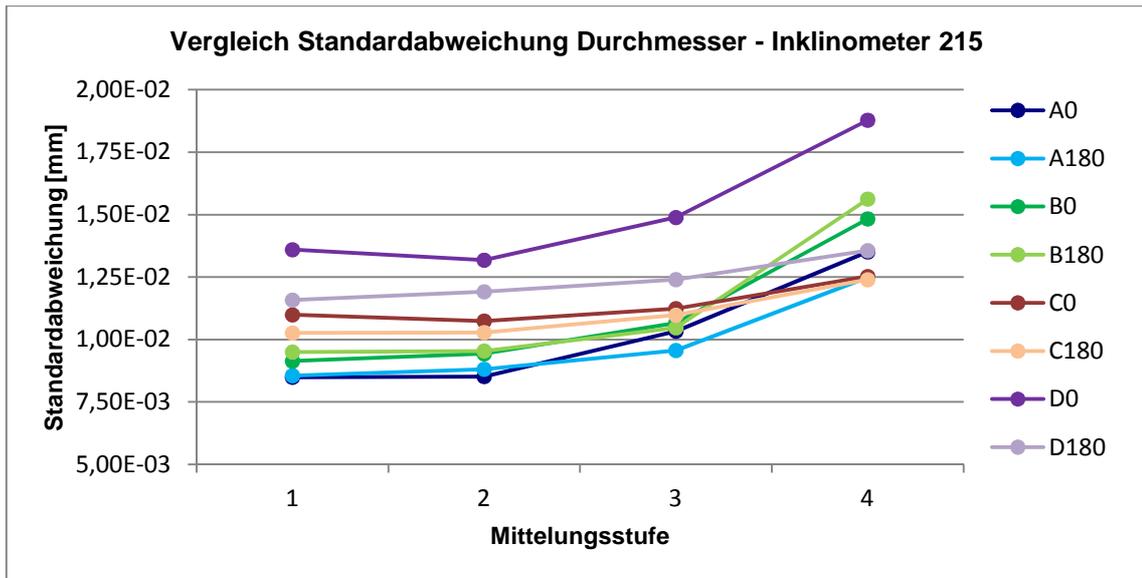


Abb. 57: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Liniendiagramm

Die Standardabweichungen der Durchmesser-Messungen aller Stufen und Messrichtungen liegen bei Inklinometerrohr 215, wie in den Abbildungen ersichtlich, in einem Bereich von 5 bis 20 Mikrometer.

Die Ergebnisse der Standardabweichung des Rohrdurchmessers ausgewertet für Stufe 4 über die Tiefenpositionen des Inklinometerrohres 215 sind in unterstehender Abbildung 58 ersichtlich.

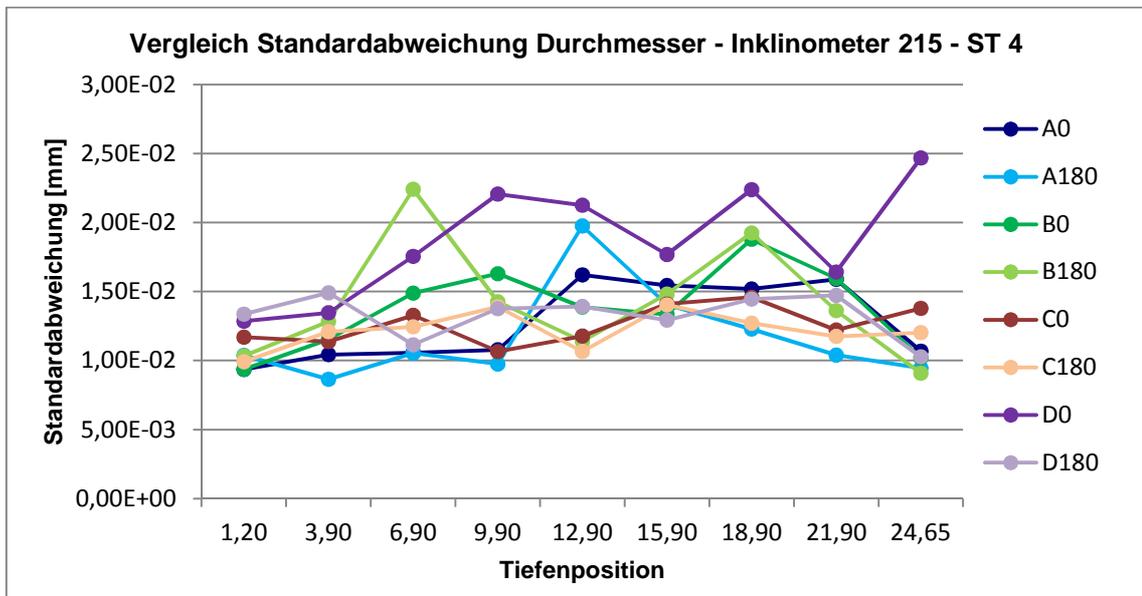


Abb. 58: Vergleich Standardabweichung des Rohrdurchmessers - 2d-Liniendiagramm - Auswertung über Tiefe

Die Standardabweichungen der Durchmesser-Messungen aller Messrichtungen der Stufe 4 ausgewertet über die Tiefe liegen bei Inklinometerrohr 215, wie in der Abbildung ersichtlich, in einem Bereich von 5 bis 25 Mikrometer.

4.6.2 Darstellung der Verteilungsdichten

Die Verteilungsdichten der Differenzen ($x_i - \bar{x}$) werden in Form von Histogrammen dargestellt. Anhand dieser Abbildungen können Aussagen über die Streuung der Messwerte getroffen werden.

- **Inklinometerrohr 115**

Die Histogramme der Stufe 1 bis 4 des Inklinometerrohres 115 können nachfolgenden Abbildungen 59 bis 62 entnommen werden.

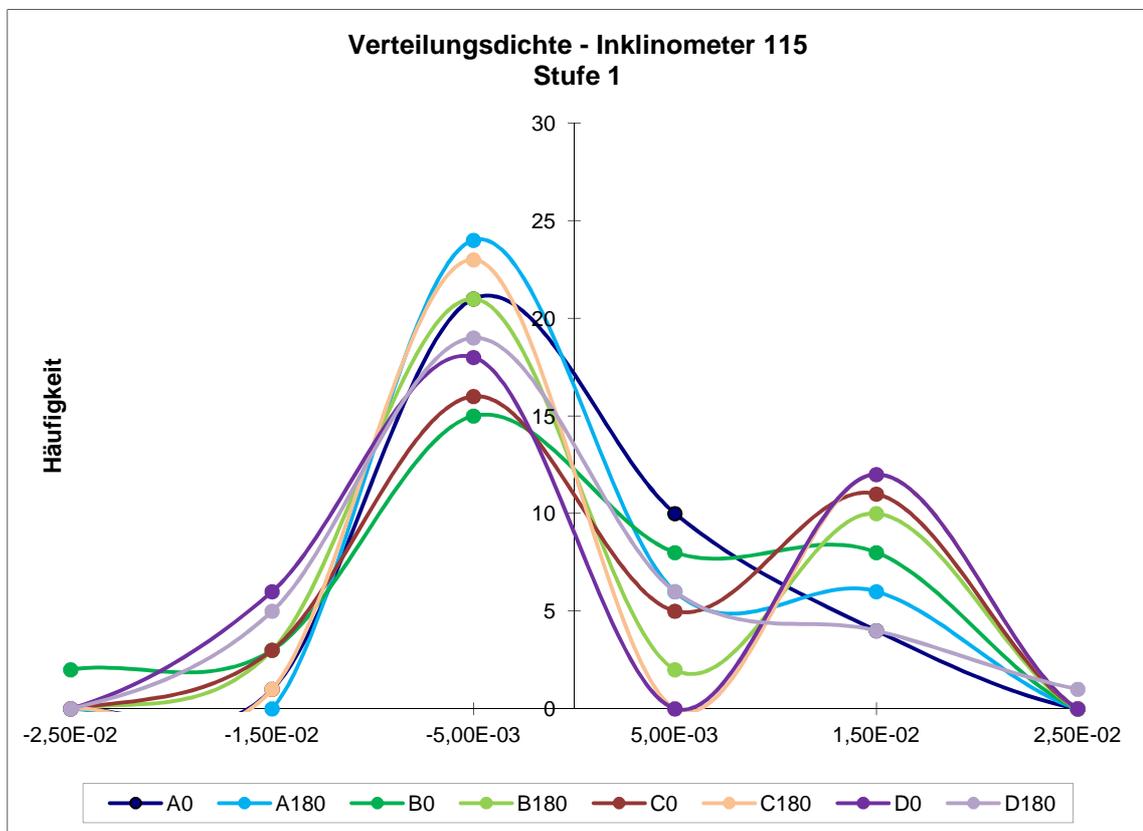


Abb. 59: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 1

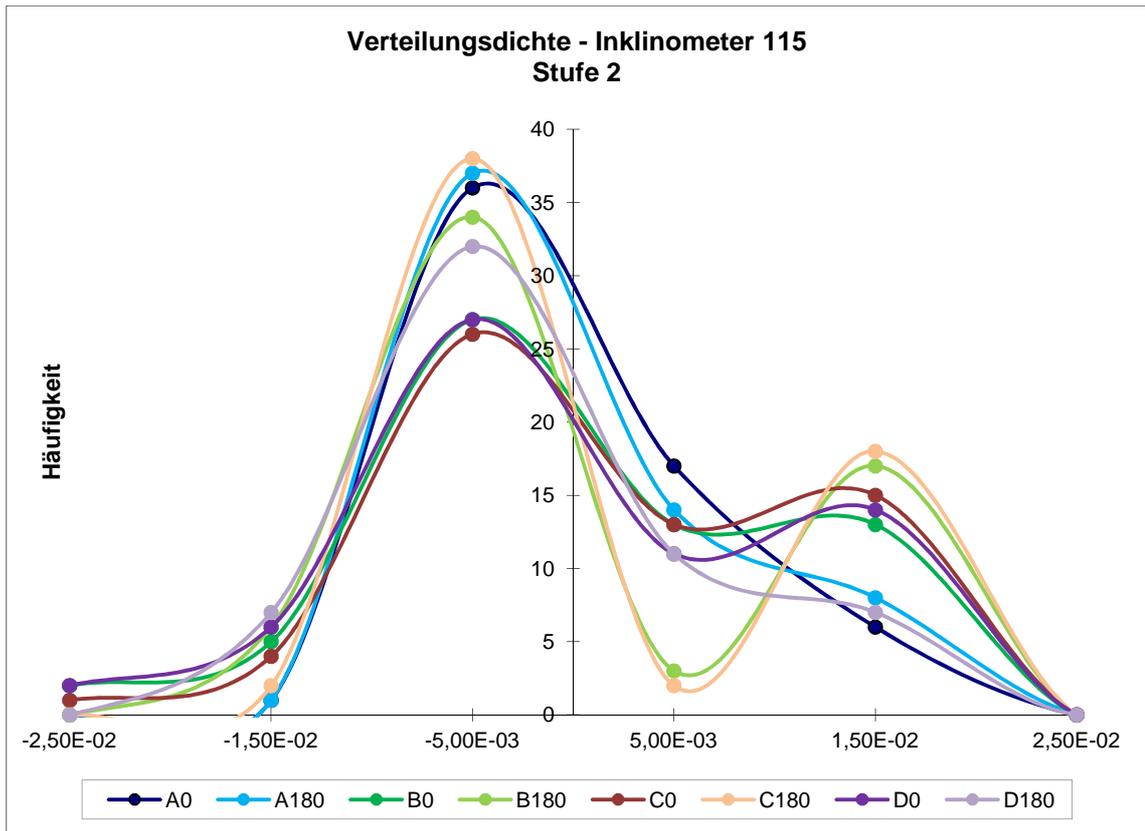


Abb. 60: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 2

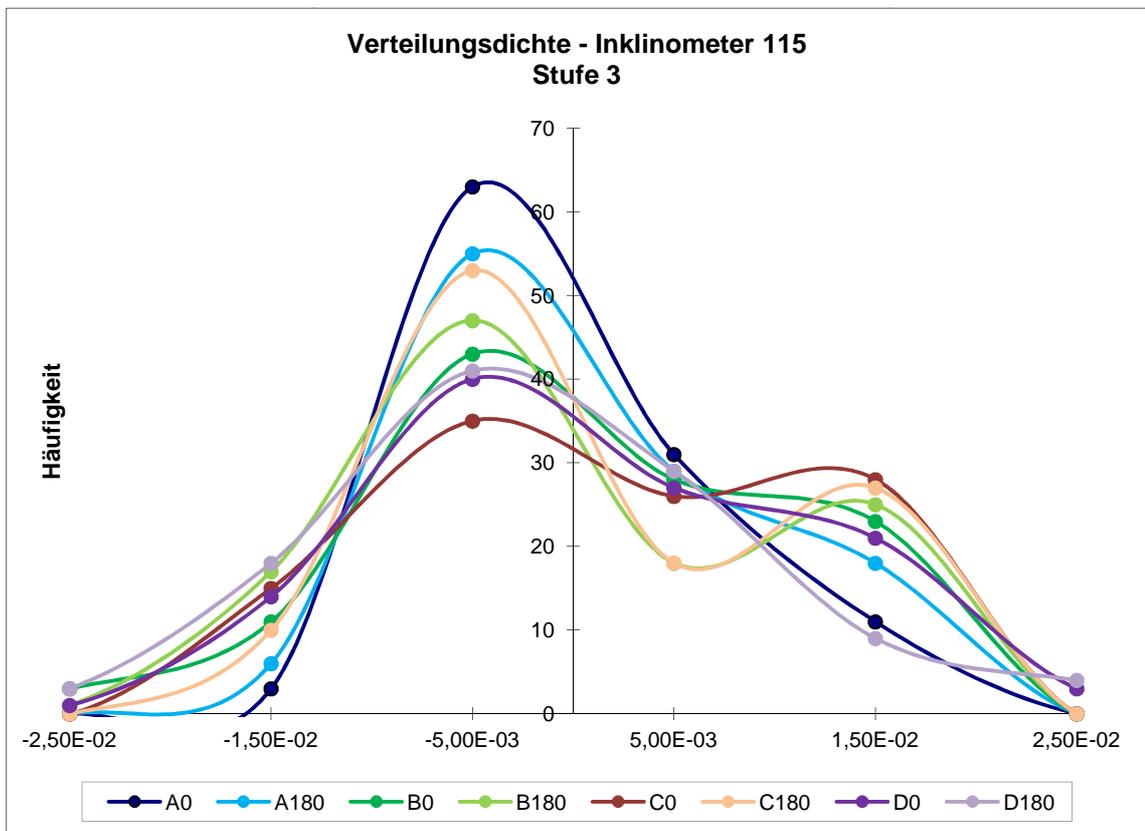


Abb. 61: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 3

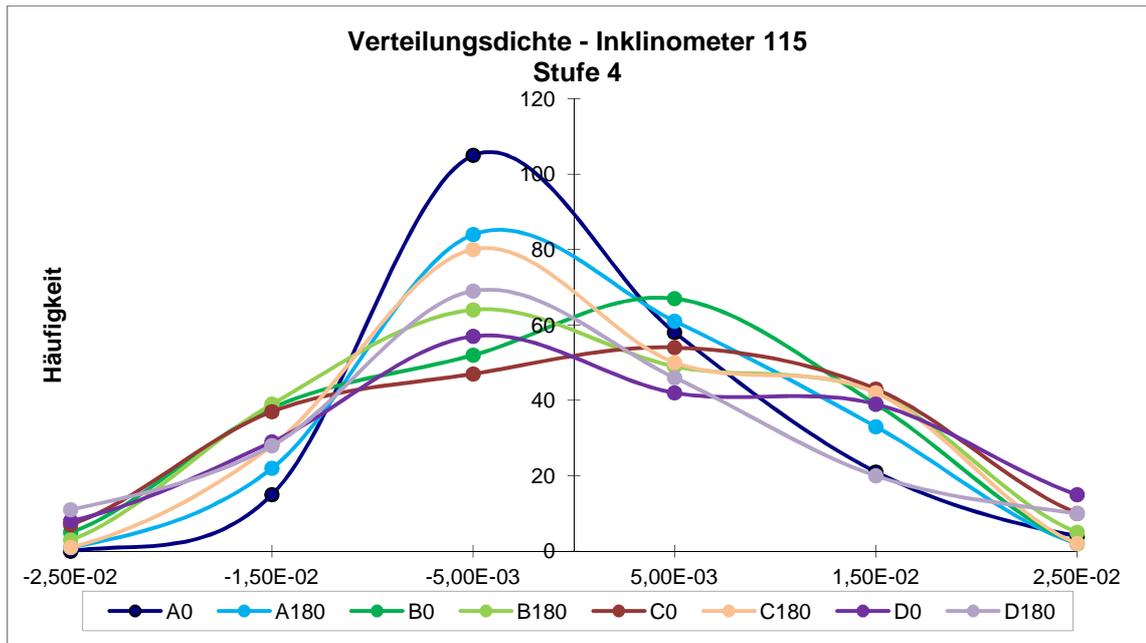


Abb. 62: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 4

Die Einhüllende des Histogrammes nähert sich, wie in obigen Abbildungen 59 bis 62 zu erkennen, mit zunehmende Stufe (Datenmenge) einer Glockenkurve an.

- **Inclinometerrohr 215**

Die Histogramme der Stufe 1 bis 4 des Inclinometerrohres 215 können nachfolgenden Abbildungen 63 bis 66 entnommen werden.

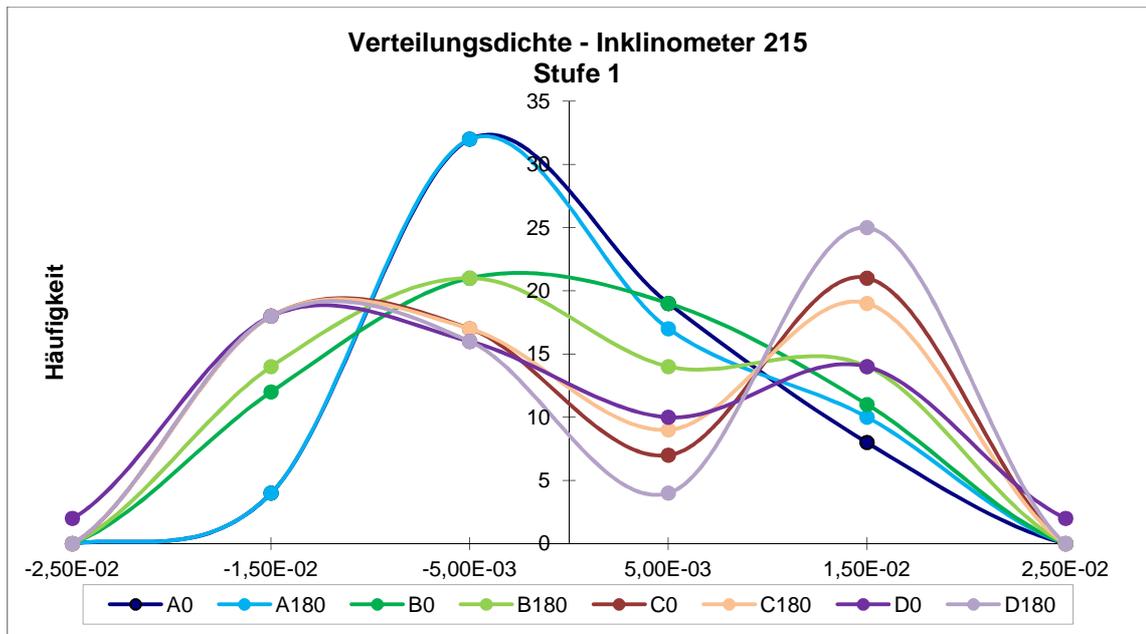


Abb. 63: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 1

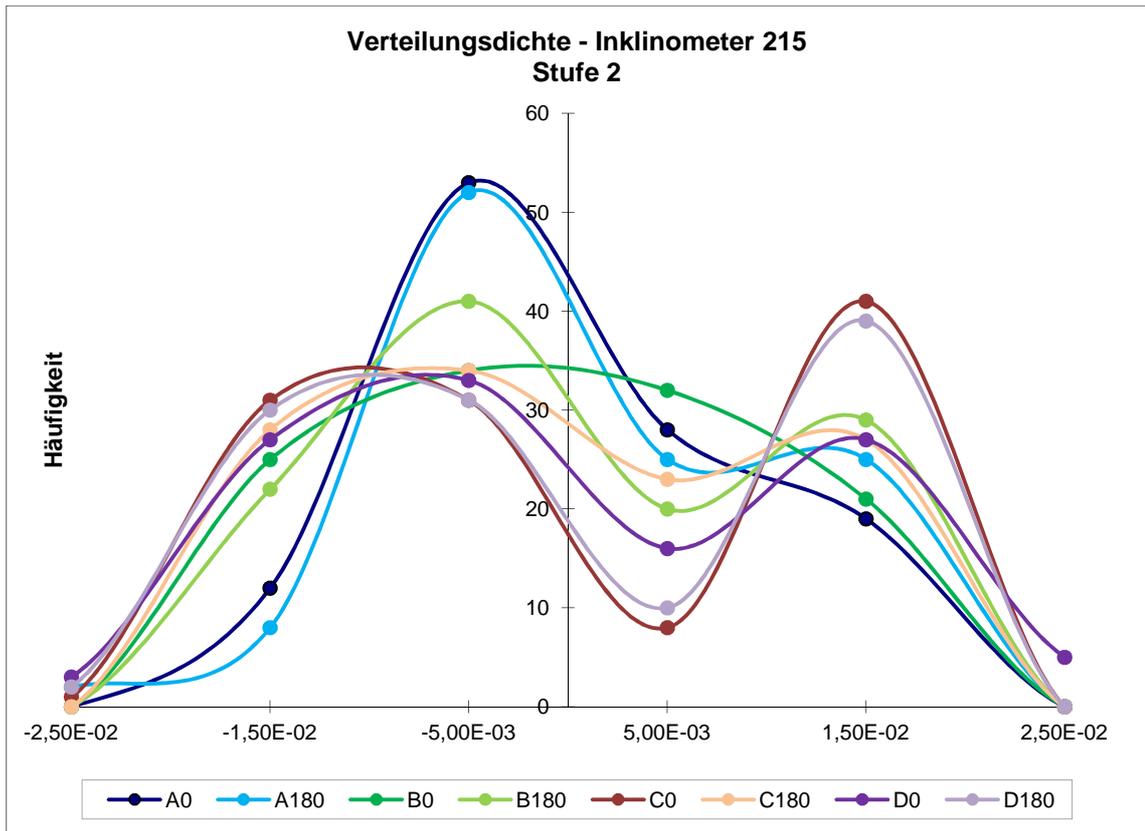


Abb. 64: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 2

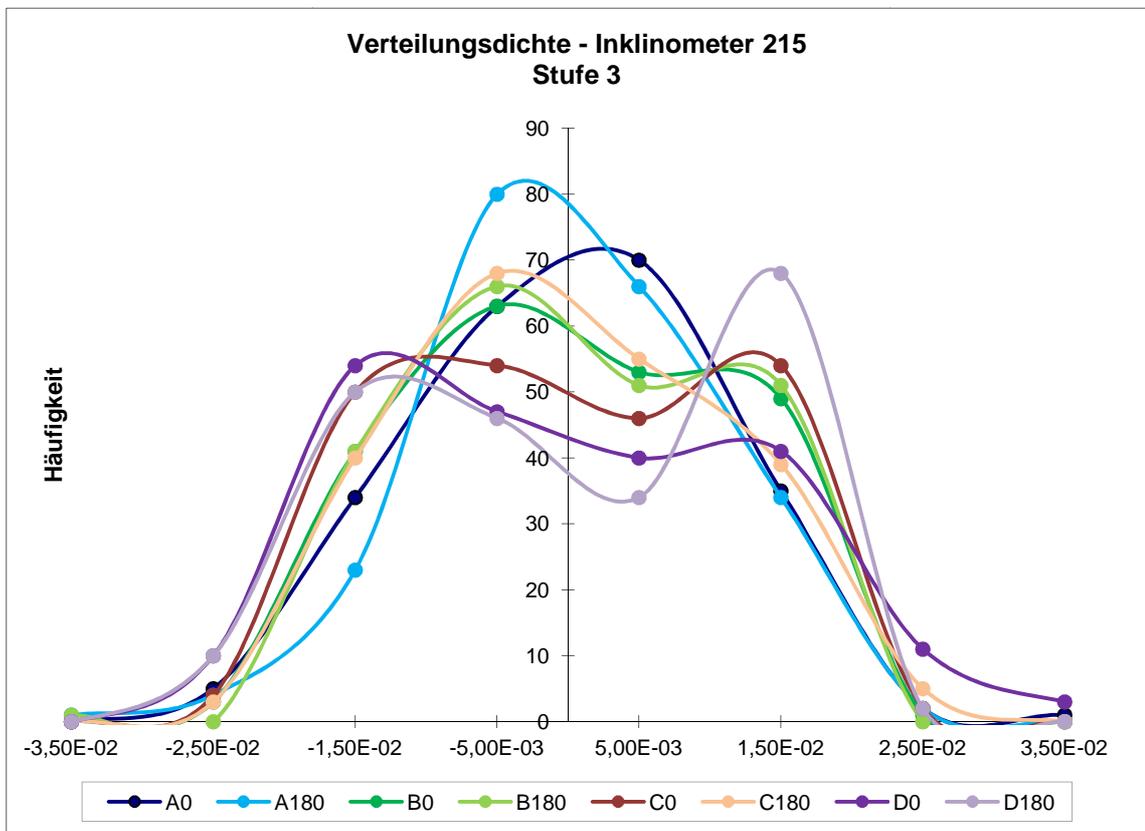


Abb. 65: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 3

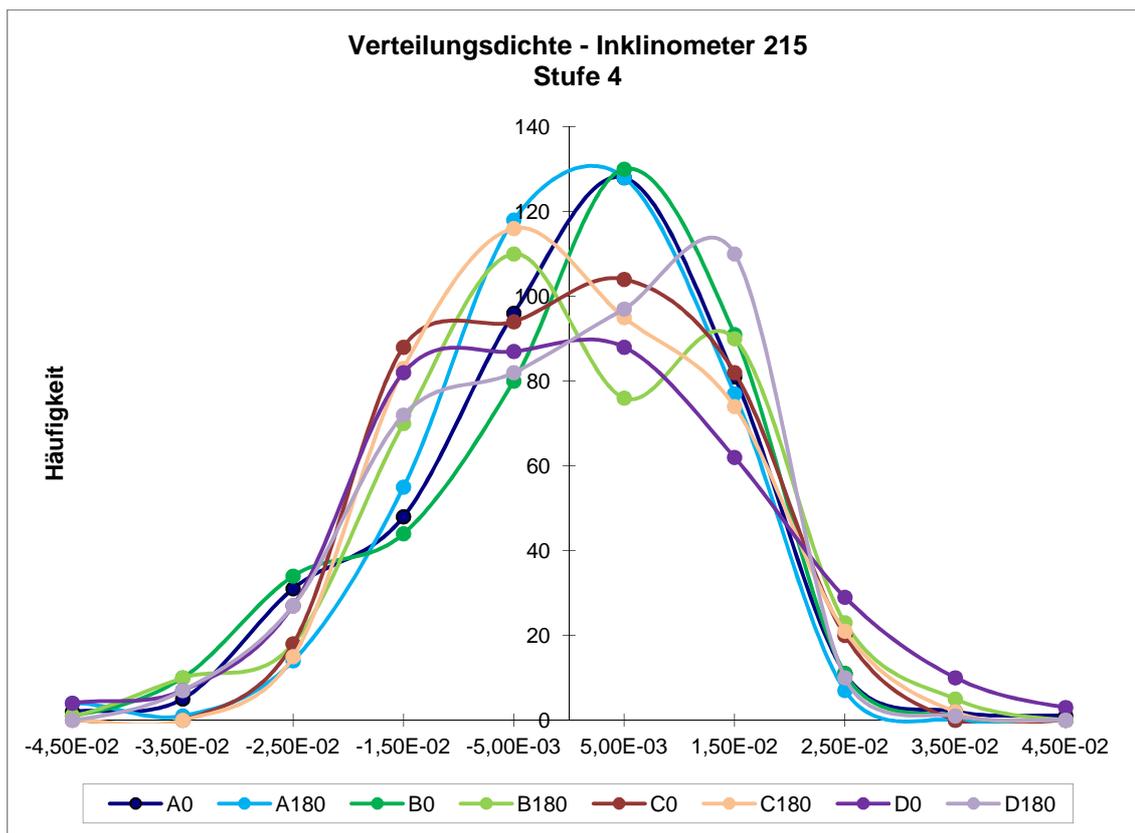


Abb. 66: Verteilungsdichte der Durchmesser-Differenzen ($x_i - \bar{x}$) - Stufe 4

Die Einhüllende des Histogrammes nähert sich, wie in obigen Abbildungen 63 bis 66 zu erkennen, mit zunehmende Stufe (Datenmenge) einer Glockenkurve an.

4.7 Interpretation der Ergebnisse

Die Standardabweichungen der Messwerte stimmen bei der Auswertung der Inklinometerrohre 115 und 215, wie in obigen Abbildungen ersichtlich, sehr gut überein. Die Standardabweichungen aller Stufen und Messrichtungen liegen in einem Bereich von 5 bis 20 Mikrometer. Bei Betrachtung der Stufen 1 bis 3 liegen die Ergebnisse in einem Bereich von 5 bis 15 Mikrometer. Je höher die Mittelungsstufe, desto größere Standardabweichungen ergeben sich. Weiters erhöhen sich die Standardabweichungen von Messrichtung A über Messrichtung B und Messrichtung C zu Messrichtung D. Für diese Erhöhung ist leider kein Grund bekannt, sämtliche Messrichtungen wurden in gleicher Weise ausgeführt.

Bei Betrachtung über die Tiefe liegt die Standardabweichung in einem Bereich von 5 bis 25 Mikrometer. Die Betrachtung über die Tiefe wurde durchgeführt, um eine Aussage über die Abhängigkeit der Messtiefe auf die Messergebnisse zu überprüfen. Wie in Abbildung 58 ersichtlich, gibt es zumindest bis zur Endtiefe der in dieser Studie

untersuchten Inklinometerrohren keine eindeutige Verbindung zwischen Tiefenposition und Standardabweichung. Das bedeutet es gibt keine Verschlechterungen der Messergebnisse mit fortschreitender Tiefe bis zu ca. 26 m.

Die Einhüllende der Histogramme nähert sich, sowohl bei Inklinometerrohr 115 als auch bei Inklinometerrohr 215, mit zunehmender Stufe und der somit verbundenen erhöhten Datenmenge einer Glockenkurve an. Der "Doppelhöcker", wie in den ersten Stufen in den obigen Abbildungen ersichtlich, verschwindet damit mit zunehmender Datenmenge.

4.8 Fehleranalyse mittels Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß

Zur Rückrechnung der horizontalen Erddruckänderungen wird nachfolgende Formel 19 verwendet.

$$\Delta\sigma_1 = \frac{(E_s + \alpha E_p)}{8(1 - K_0) \cos(2\delta)} \Delta\Omega \quad (19)$$

Diese Formel wird im Hinblick auf den mittleren Fehler $s_{\Delta\sigma_1}$ untersucht. Jede einzelne Größe die zur Rückrechnung benötigt wird weist eine gewisse Abweichung auf. Aus diesem Grund weicht auch das Endergebnis der Rückrechnung der Erddruckänderung von seinem wahren Wert ab. Die Abweichung dieses Wertes geschieht aufgrund der Übertragung der Einzelfehler der Größen. Dieser Vorgang wird auch als Fehlerfortpflanzung bezeichnet. Um die Abweichung des Endergebnisses, den mittleren Fehler $s_{\Delta\sigma_1}$, zu bestimmen wird nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß vorgegangen. Der mittlere Fehler $s_{\Delta\sigma_1}$ kann mit nachfolgender Gleichung 20 bzw. 21 berechnet werden.

$$s_{\Delta\sigma_1} = \pm \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial \Delta\sigma_1(X_j)}{\partial X_j} \right)^2 * (s_{X_j})^2} \quad (20)$$

$s_{\Delta\sigma_1}$	mittlerer Fehler
$\frac{\partial \Delta\sigma_1(X_j)}{\partial X_j}$	partielle Ableitung der Einzelgröße
s_{X_j}	Einzelabweichung
m	Anzahl an Einzelgrößen

$$s_{\Delta\sigma_1} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial E_S}\right)^2 * (s_{E_S})^2 + \left(\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial E_P}\right)^2 * (s_{E_P})^2 + \left(\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial K_0}\right)^2 * (s_{K_0})^2 + \left(\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial \delta}\right)^2 * (s_{\delta})^2 + \left(\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial \Delta\Omega}\right)^2 * (s_{\Delta\Omega})^2} \quad (21)$$

Die partiellen Ableitungen der Einzelgrößen können nachfolgenden Gleichungen 22 bis 26 entnommen werden.

$$\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial E_S} = \frac{1}{8(1 - K_0) \cos(2\delta)} \Delta\Omega \quad (22)$$

$$\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial E_P} = \frac{\alpha}{8(1 - K_0) \cos(2\delta)} \Delta\Omega \quad (23)$$

$$\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial K_0} = \frac{(E_S + \alpha E_P)}{8(1 - K_0)^2 \cos(2\delta)} \Delta\Omega \quad (24)$$

$$\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial \delta} = \frac{2 \sin(2\delta) (E_S + \alpha E_P)}{8(1 - K_0) \cos(2\delta)^2} \Delta\Omega \quad (25)$$

$$\frac{\partial\Delta\sigma_1}{\partial \Delta\Omega} = \frac{(E_S + \alpha E_P)}{8(1 - K_0) \cos(2\delta)} \quad (26)$$

Die Auswertung der Fehleranalyse erfolgt mithilfe obiger Gleichungen mittels dem Programm Excel.

Die Einzelgrößen der Rückrechnung sowie deren Abweichung werden mit den Werten, wie in nachfolgender Tabelle 8 ersichtlich sind, angenommen.

Tab. 8: Übersicht angenommener Werte zur Rückrechnung

Einzelgrößen		Abweichung der Einzelgrößen	
E-Modul des Bodens E_S [MPa]	30	s_{E_S} [MPa]	5
E-Modul des Rohres E_P [MPa]	2200	s_{E_P} [MPa]	65
Verhältnis zwischen den Hauptdruckänderungen in der Ebene K_0 [-]	0,25	s_{K_0} [-]	0,025
Winkel zwischen der Richtung der Hauptspannungserhöhung und der Richtung der Nebenachse des äquivalenten Ovals δ [°]	0	s_{δ} [°]	5
Änderung des Ovalisierungswertes $\Delta\Omega$ [-]	0,0002	$s_{\Delta\Omega}$ [-]	0,015

4.8.1 Diskussion des Fehleranteiles des E-Moduls des Bodens

In der untenstehenden Abbildung 67 ist der unterschiedliche mittlere Fehler $s_{\Delta\sigma 1}$ unter Einbeziehung des Fehleranteiles des E-Moduls des Bodens s_{E_s} sowie der Einzelgröße E_s in einem Bereich von ± 5 MPa dargestellt. Sämtliche anderen Fehlergrößen wurden mit konstanten Werten, welche in obiger Tabelle angeführt sind, angenommen.

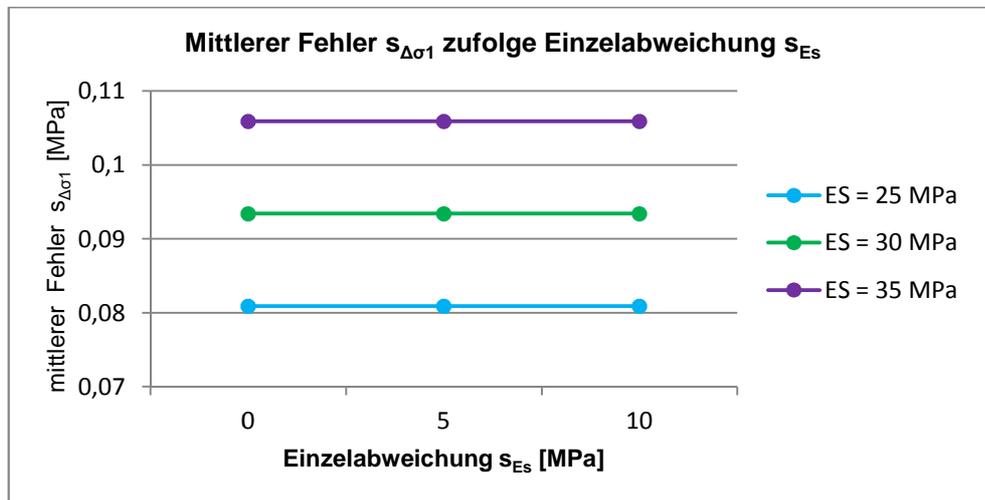


Abb. 67: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung E_s

4.8.2 Diskussion des Fehleranteiles des E-Moduls des Rohres

Dieser Punkt enthält die Variation des Fehleranteiles des E-Moduls des Rohres s_{E_p} in einem Bereich von ± 15 MPa. Die Einzelgröße E_p wird mit den Werten 2200 MPa nach 0 Tagen, 1953,5 MPa nach 30 Tagen und 1603,7 MPa nach 365 Tagen angenommen. Untenstehende Abbildungen 68 zeigt die unterschiedlichen mittleren Fehler $s_{\Delta\sigma 1}$ bei gleichzeitiger Konstanthaltung der anderen Fehlergrößen.

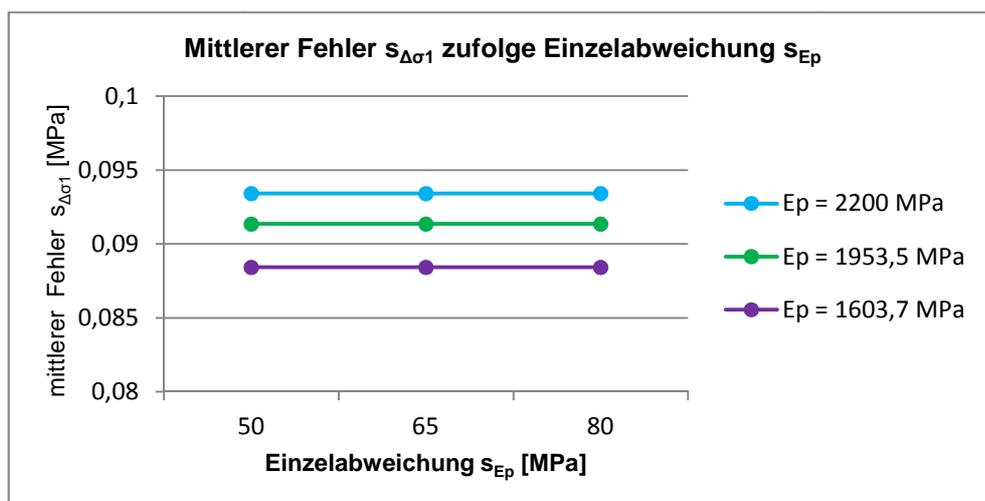


Abb. 68: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung E_p

4.8.3 Diskussion des Fehleranteiles des Verhältnisses zwischen den Hauptdruckänderungen

In der untenstehenden Abbildung 69 ist der unterschiedliche mittlere Fehler $s_{\Delta\sigma_1}$ unter Einbeziehung des Fehleranteiles des Verhältnisses zwischen den Hauptdruckänderungen s_{K_0} in einem Bereich von $\pm 0,01$ dargestellt. Sämtliche anderen Fehlergrößen wurden mit konstanten Werten, welche in obiger Tabelle angeführt sind, angenommen. Die Einzelgröße K_0 wird mit den Werten 0,25, 0,60 und 0,65 angenommen.

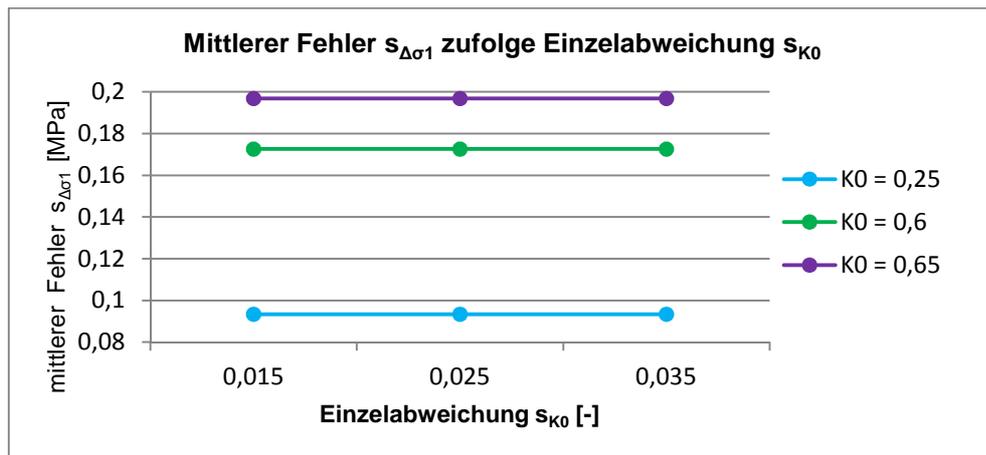


Abb. 69: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung K_0

4.8.4 Diskussion des Fehleranteiles des Winkels zwischen der Richtung der Hauptspannungserhöhung und der Nebenachse des äquivalenten Ovals

Dieser Punkt enthält die Variation des Fehleranteiles des Winkels zwischen der Richtung der Hauptspannungserhöhung und der Richtung der Nebenachse des äquivalenten Ovals s_{δ} und der Einzelgröße δ in einem Bereich von $\pm 5^\circ$. Untenstehende Abbildung 70 zeigt die unterschiedlichen mittleren Fehler $s_{\Delta\sigma_1}$ bei gleichzeitiger Konstanthaltung der anderen Fehlergrößen.

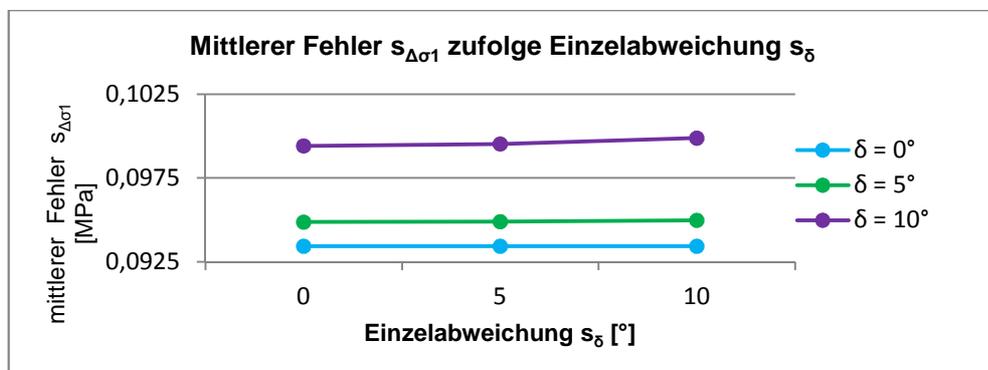


Abb. 70: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung δ

4.8.5 Diskussion des Fehleranteiles der Änderung des Ovalisierungswertes

Untenstehende Abbildung 71 zeigt die unterschiedlichen mittleren Fehler $s_{\Delta\sigma 1}$ unter Einbeziehung des Fehleranteiles der Änderung des Ovalisierungswertes $s_{\Delta\Omega}$ in einem Bereich von ± 5 Mikrometer. Sämtliche anderen Fehlergrößen wurden mit konstanten Werten, welche in obiger Tabelle angeführt sind, angenommen. Die Einzelgröße $\Delta\Omega$ wird mit den Werten 0,0020, 0,0002 und 0,0006 angenommen.

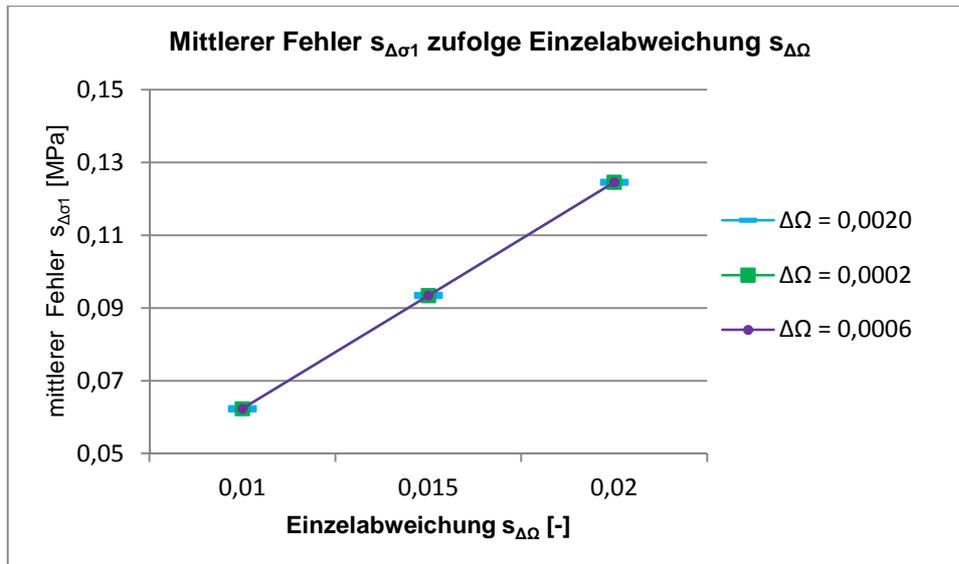


Abb. 71: Mittlerer Fehler zufolge der Einzelabweichung $\Delta\Omega$

4.8.6 Diskussion des Fehleranteils sämtlicher Einzelabweichungen

Die Abweichung der Einzelgröße $s_{\Delta\Omega}$ wurde bei vorherigen Betrachtungen mit 0,015 angenommen. Dies entspricht der laut unseren Untersuchungen resultierenden Messgenauigkeit der IDM-Messsonde. Die wahre Abweichung muss jedoch noch um den Außenradius R normalisiert werden. Aus diesem Grund wird für eine realistische Betrachtung des Fehleranteils sämtlicher Einzelabweichungen dieser Wert mit 0,0007 angenommen.

Untenstehende Abbildung 72 zeigt die unterschiedlichen mittleren Fehler $s_{\Delta\sigma 1}$ unter Einbeziehung sämtlicher Einzelgrößen und -abweichungen in einem Bereich von ± 10 Prozent.

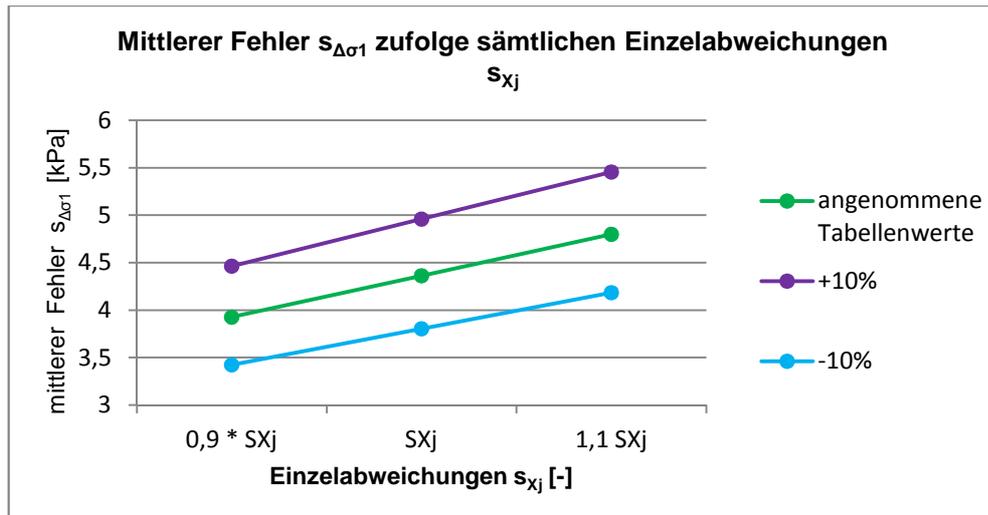


Abb. 72: Mittlerer Fehler zufolge sämtlichen Einzelabweichungen

Der mittlere Fehler $s_{\Delta\sigma 1}$ liegt, wie in obiger Abbildung 72 ersichtlich, in einem Bereich von 3 bis 5,5 kPa.

5 Weiterentwicklung IDM-Sonde

Die IDM-Methode beschreibt die Form des Inklinometerrohres mittels eines Ovals. Dieses Oval wird durch eine Hauptachsenlänge MA und eine Nebenachsenlänge MI beschrieben. Aus diesen beiden Werten wird der für die spätere Rückrechnung benötigte Ovalisierungswert Ω bestimmt. Diesen Wert erhält man wie bereits in Kapitel 2.4.5 beschrieben durch die Subtraktion der kleinen Achsenlänge von der großen Achsenlänge und anschließender Normalisierung der Differenz durch die Division mit dem Außenradius des Rohres R .

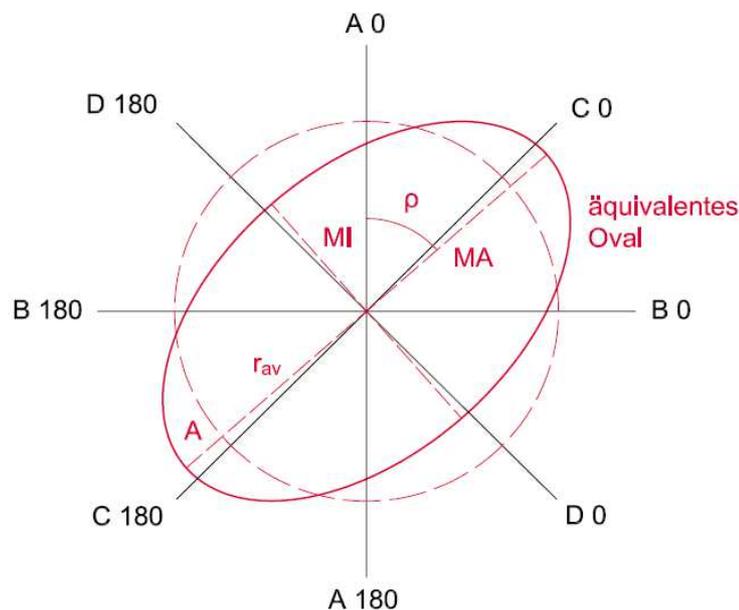


Abb. 73: Äquivalentes Oval

Das benötigte Oval wird, wie in Abbildung 73 ersichtlich, beschrieben durch einen durchschnittlichen Radius r_{av} , einer Amplitude A und einer Rotation des Ovals ρ . Dieses sogenannte äquivalente Oval ist durch die Polarkoordinaten r und φ gegeben und wird mit nachfolgender Gleichung 27 bestimmt.

$$r(\varphi) = r_{av} + A \cos(2(\varphi + \rho)) \quad (27)$$

- r Radius des äquivalenten Ovals
- φ Polarwinkel des äquivalenten Ovals
- r_{av} durchschnittlicher Radius
- A Amplitude
- ρ Rotation des Ovals

Der Ovalisierungswert Ω wurde bisher durch die Subtraktion des kleineren Innendurchmessers von dem größeren Innendurchmessers und der Normalisierung durch den Außenradius des Rohres bestimmt. Dies ist der Fall des Standard-inklinometerrohres mit vier Nuten und zwei rechtwinklig zueinander gemessenen Innendurchmessern.

Durch die Weiterentwicklung des 4-Nut-Inklinometerrohres auf ein 8-Nut-Inklinometerrohr wird eine Verdoppelung der Anzahl an Messungen erreicht. Durch eine Erhöhung der Messungen auf acht Ergebnisse pro Tiefenstufe kann das äquivalente Oval nun besser bestimmt werden. Dadurch sollte sich eine exaktere Beschreibung der Ovalisierung sowie der zugehörigen Hauptspannungsrichtung ergeben. Durch die Vielzahl an Messungen liegt nun ein überbestimmtes System zur Lösung der drei unbekannt Parameter in der Formel 1 vor. Dies wird dazu verwendet um zu überprüfen ob sämtliche mögliche Lösungen für das äquivalente Oval innerhalb eines gewissen Streuungsbereiches liegen.

Weiters sollte der Winkel der Hauptspannungsrichtung Auskunft darüber geben, ob die Messrichtungen AB oder CD näher an der Hauptspannungsrichtung liegen. Dies ist aus diesem Grunde wichtig, da die größte Abweichung der Ergebnisse bei einem Winkel von 45° zur Hauptspannungsrichtung auftreten würden. Durch die Abfrage welche Messrichtungen näher an der Hauptspannungsrichtung liegen, würde sich diese Problematik wesentlich verbessern, da sich nun lediglich eine maximale Abweichung von $22,5^\circ$ ergibt. Durch diese Abfrage würde man konsequenterweise realistischere Werte erhalten.

5.1 Vorgehensweise

Als Datenbasis werden die Messungen welche auch für die Statistik verwendet wurden herangezogen. Als Daten zur Überprüfung unserer Erweiterung wurde die Messreihe 5 des Inklinometerrohres 215 ausgewählt. Diese wurden wie in Abbildung 74 ersichtlich für die Stufe 4 sowie für die Stufe 2 ausgewertet.

Auswertung Messdaten

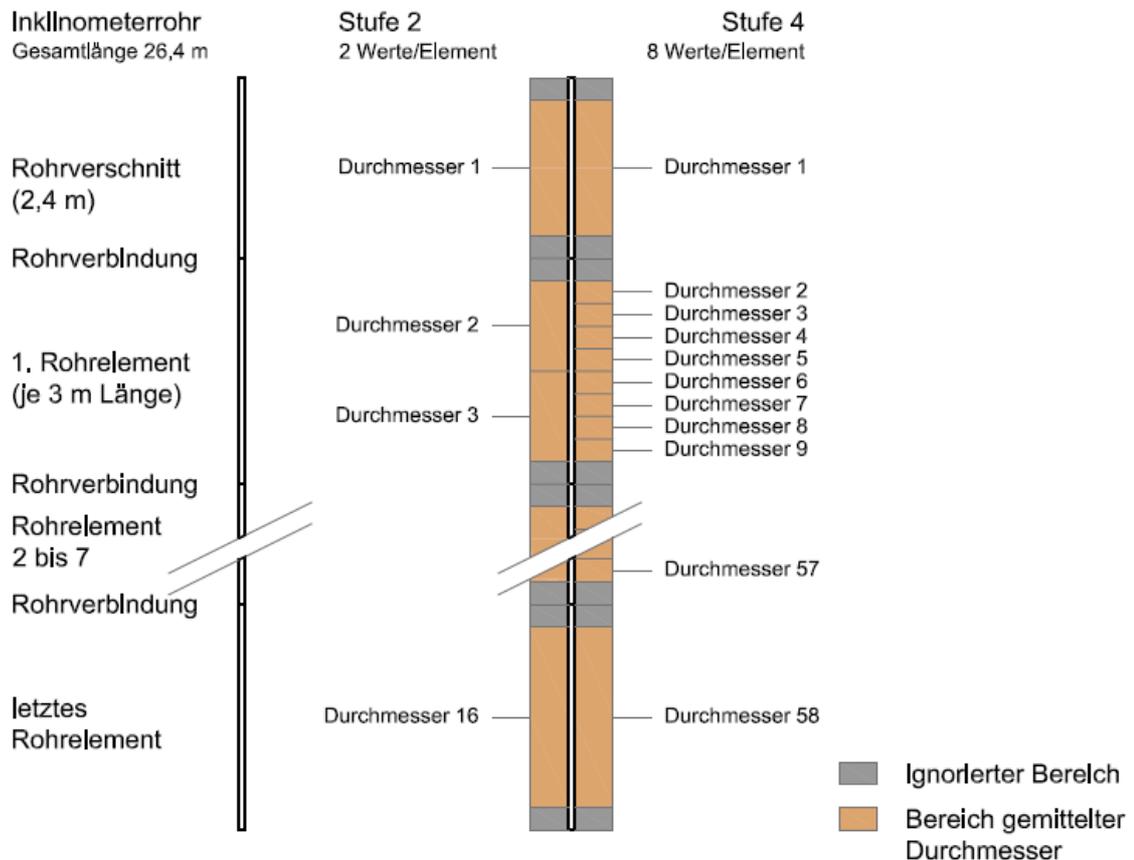


Abb. 74: Auswertung der Messdaten

Bei der Mittelung der Durchmesser werden in jedem Rohrelement und auch bei dem Rohrverschnitt ein Bereich von 0,3 m oben und unten ignoriert. Weiters werden sowohl beim Rohrverschnitt als auch beim letzten Rohrelement je nur ein Mittelwert gebildet. Jedes weitere Rohrelement wird anschließend je nach Stufe in unterschiedliche Bereiche eingeteilt. Stufe 4 bedeutet eine Unterteilung in acht gleich große Bereiche, das heißt jeder gemittelte Durchmesser umschließt einen Bereich von 0,3 m. Bei der Stufe 2 erfolgt die Unterteilung in zwei gleich große Bereiche mit je einer Länge von 1,2 m. Die Mittelung wird für jede Messrichtung sowie zugehöriger Umschlagsrichtung durchgeführt. Daher erhält man für Stufe 4 eine Datenmenge pro Richtung von 58 Werten an gemittelten Innendurchmessern sowie 464 Werte insgesamt. Bei Stufe 2 ergibt sich pro Messrichtung eine Anzahl von 16 Werten und eine Gesamtanzahl von 128 gemittelten Durchmessern. Diese Werte finden sie in den nachfolgenden Tabellen 9 und 10.

Tab. 9: Gemittelte Innendurchmesser der Stufe 4

MR 5	Stufe 4							
	Durchmesser [mm]							
	A		B		C		D	
Position [m]	0	180	0	180	0	180	0	180
1,20	75,8364	75,8762	76,0288	76,0505	75,9639	75,9843	75,6737	75,6705
2,85	75,6540	75,6313	75,7249	75,7654	75,7303	75,7158	76,0405	76,0979
3,15	75,7203	75,6317	75,6804	75,6927	75,6100	75,5601	76,1364	76,2257
3,45	75,6412	75,5607	75,7123	75,7944	75,6244	75,6352	76,0761	76,2042
3,75	75,6126	75,5652	75,7731	75,8635	75,7261	75,7291	76,0048	76,1169
4,05	75,6595	75,5903	75,7442	75,7902	75,8186	75,7910	75,9528	76,0263
4,35	75,6043	75,5400	75,7658	75,8005	75,8074	75,7939	75,9845	76,0525
4,65	75,5809	75,5384	75,7665	75,7832	75,8171	75,7996	75,9768	76,0289
4,95	75,5793	75,5270	75,7618	75,7821	75,8317	75,7861	75,9573	76,0241
5,85	75,5294	75,5468	76,3021	76,2844	76,1134	76,0867	75,4251	75,4011
6,15	75,5186	75,5347	76,3074	76,2904	76,0880	76,0613	75,4086	75,3677
6,45	75,4736	75,4982	76,3423	76,3064	76,0292	76,0461	75,4338	75,3836
6,75	75,6140	75,6420	76,2105	76,1791	75,9576	75,9691	75,5239	75,4817
7,05	75,6867	75,7146	76,1234	76,1230	75,8860	75,8719	75,5544	75,5392
7,35	75,5954	75,5841	76,2772	76,2858	76,0074	76,0022	75,5107	75,4966
7,65	75,6159	75,6027	76,3100	76,2627	75,9332	75,8989	75,6017	75,5869
7,95	75,6192	75,5773	76,3343	76,3321	76,0105	75,9593	75,6013	75,6314
8,85	75,5070	75,5157	75,9388	76,0503	75,9380	75,9873	75,8402	75,9025
9,15	75,4657	75,4450	75,9436	76,0362	75,8496	75,8653	75,9162	75,9908
9,45	75,5191	75,5156	75,8709	75,9228	75,8700	75,9006	75,8837	75,9145
9,75	75,5103	75,5243	75,8555	75,9121	75,8910	75,9730	75,8256	75,8380
10,05	75,5214	75,5364	75,9274	75,9896	75,9409	75,9532	75,8393	75,8862
10,35	75,4879	75,4918	75,8957	75,9395	75,8520	75,8816	75,9167	75,9163
10,65	75,4681	75,4539	76,0123	76,0320	75,8505	75,8586	75,9732	75,9987
10,95	75,4883	75,4778	76,0106	76,0428	75,8034	75,8217	76,0221	76,0314
11,85	76,1357	76,1289	75,6140	75,5616	75,4667	75,4780	76,1449	76,0745
12,15	76,0563	76,0965	75,5742	75,5722	75,5972	75,6041	75,9601	75,9604
12,45	76,1066	76,1485	75,5359	75,5670	75,6147	75,6297	75,9551	75,9591
12,75	75,9818	75,9863	75,6809	75,6989	75,6034	75,6449	75,9383	75,9363
13,05	76,0930	76,1034	75,6417	75,6250	75,6085	75,6197	75,9406	75,9278
13,35	76,1599	76,1813	75,6077	75,5691	75,6061	75,5535	76,0061	75,9830
13,65	76,1766	76,1657	75,6469	75,5479	75,5934	75,5302	76,0842	76,0085
13,95	76,1591	76,1942	75,6321	75,5378	75,5761	75,5636	76,0923	75,9891
14,85	75,7499	75,6545	75,5673	75,5735	76,3793	76,3508	75,3644	75,4374
15,15	75,7382	75,7344	75,5463	75,5364	76,2733	76,2497	75,5146	75,5127
15,45	75,6166	75,6391	75,6588	75,7102	76,1474	76,1690	75,5503	75,5883
15,75	75,6269	75,7223	75,6285	75,6307	76,0490	76,0988	75,7249	75,6410
16,05	75,7674	76,0166	75,5289	75,4291	76,1891	76,3551	75,6142	75,3945

16,35	75,7156	76,0172	75,5027	75,4594	76,3579	76,5270	75,3935	75,1761
16,65	75,4474	75,7615	75,7151	75,8034	76,1924	76,4250	75,5821	75,4203
16,95	75,6189	75,6955	75,6175	75,8426	75,9563	76,2139	75,7355	75,8241
17,85	75,4919	75,5769	76,2146	76,1549	75,9805	75,9690	75,6228	75,5108
18,15	75,3898	75,5582	76,3855	76,0719	76,1292	76,0704	75,5984	75,2619
18,45	75,8187	75,7360	76,1833	75,7231	76,1781	75,7959	75,7147	75,4460
18,75	76,1127	75,8229	76,0022	75,6449	76,1026	75,6217	75,6861	75,6239
19,05	75,9445	75,5855	76,0359	76,0096	75,9403	75,6516	75,6367	75,8779
19,35	75,6656	75,2677	76,1766	76,3860	75,8132	75,6911	75,5650	76,0084
19,65	75,9089	75,5998	75,8715	76,3029	75,7130	75,7743	75,5771	76,0876
19,95	75,8568	75,9721	75,7240	76,1982	75,7391	76,1137	75,5686	75,8327
20,85	76,0239	76,0953	76,0696	75,5502	75,9853	75,6666	76,2066	75,7827
21,15	75,9441	75,8800	76,1112	75,6663	75,9137	75,5556	76,2845	75,9773
21,45	75,8586	75,9437	76,0389	75,7486	75,8103	75,6837	76,2527	75,9974
21,75	75,7400	75,9762	75,9135	75,8151	75,7231	75,7587	76,1974	75,9789
22,05	75,8417	75,9497	75,8290	75,8078	75,6848	75,7610	76,1237	75,9943
22,35	76,0290	75,9413	75,7274	75,8087	75,8016	75,8022	75,9195	76,0337
22,65	75,9819	75,9154	75,7643	75,8863	75,7861	75,8221	75,9487	76,1112
22,95	75,9179	75,8437	75,7870	75,8701	75,8178	75,7926	75,9588	76,0650
24,65	75,5185	75,5120	75,7959	75,8089	75,9421	75,9356	75,8626	75,8790

Tab. 10: Gemittelte Innendurchmesser der Stufe 2

MR 5	d [mm]							
	A		B		C		D	
	0	180	0	180	0	180	0	180
Position [m]								
1,20	75,8364	75,8762	76,0288	76,0505	75,9639	75,9843	75,6737	75,6705
3,30	75,6571	75,5973	75,7227	75,7791	75,6727	75,6601	76,0644	76,1612
4,50	75,6060	75,5492	75,7595	75,7889	75,8186	75,7927	75,9679	76,0329
6,30	75,5341	75,5552	76,2905	76,2651	76,0470	76,0409	75,4478	75,4084
7,50	75,6293	75,6196	76,2612	76,2509	75,9593	75,9331	75,5670	75,5635
9,30	75,5009	75,5002	75,9022	75,9803	75,8872	75,9315	75,8664	75,9115
10,50	75,4915	75,4899	75,9614	76,0010	75,8617	75,8786	75,9381	75,9583
12,30	76,0701	76,0900	75,6012	75,5999	75,5705	75,5891	75,9996	75,9825
13,50	76,1470	76,1612	75,6321	75,5699	75,5960	75,5668	76,0307	75,9772
15,30	75,6830	75,6876	75,6002	75,6127	76,2123	76,2171	75,5385	75,5448
16,50	75,6374	75,8727	75,5909	75,6335	76,1738	76,3803	75,5815	75,4539
18,30	75,7033	75,6735	76,1966	75,8984	76,0976	75,8645	75,6555	75,4607
19,50	75,8440	75,6064	75,9520	76,2240	75,8014	75,8078	75,5870	75,9515
21,30	75,8916	75,9738	76,0332	75,6951	75,8582	75,6660	76,2353	75,9340
22,50	75,9427	75,9127	75,7770	75,8433	75,7726	75,7945	75,9878	76,0510
24,65	75,5185	75,5120	75,7959	75,8089	75,9421	75,9356	75,8626	75,8790

Nächster Schritt liegt in der Bestimmung des Ovalisierungswertes aus den vorliegenden Messwerten. Dafür benötigen wir das äquivalente Oval mit Haupt- und Nebenachse mit den zugehörigen Parametern.

Anhand der Formel 27 können die drei Parameter durchschnittlicher Radius r_{av} , Amplitude A und Rotation des Ovals ρ des äquivalenten Ovals bestimmt werden. Da in unserem Fall acht Messungen pro Tiefenposition zur Verfügung stehen, haben wir ein überbestimmtes System vorliegen. Dies ermöglicht uns eine Überprüfung ob sämtliche Auswertungen ähnliche Ovale aufzeigen. Vor allem wird großer Wert auf die Übereinstimmung der Ausrichtung der Hauptachsen gelegt.

Für die Bestimmung der drei unbekannt Parameter wurde in folgender Reihenfolge vorgegangen. Es wurden jeweils vier Messwerte zur Berechnung herangezogen. Im ersten Fall wären dies die Werte der Messrichtungen A0, C0, B0 und D0. Von diesen Messwerten wurden je drei der Messrichtungen verwendet und die Parameter durch Lösung der Gleichungen bestimmt. In diesem Fall gibt es folgende Konstellationen zur Bestimmung der Parameter:

- A0-C0-B0
- C0-B0-D0
- A0-B0-D0
- A0-C0-D0

Im Anschluss wird der Mittelwert der vier gelösten Parameter r_{av} , A und ρ gebildet.

Diese Berechnung wurde mehrfach durchgeführt, um zu überprüfen ob auch sämtliche Messwerte zu dieser Lösung führen würden. Die nächsten Berechnungen wurden immer mit den um 45° im Uhrzeiger gedrehten Messwerten durchgeführt, wobei die erste Messrichtung immer mit dem Winkel $\varphi=0$ angenommen wurde. Das bedeutet:

- Fall 1: A0 (0-Richtung), C0, B0, D0
- Fall 2: C0 (0-Richtung), B0, D0, A180
- Fall 3: B0 (0-Richtung), D0, A180, C180
- Fall4: D0 (0-Richtung), A180, C180, B180

Des Weiteren wurden sämtliche Berechnungen auch um 180° gedreht durchgeführt. Dies ergibt eine Anzahl an acht erhaltenen äquivalenten Ovalen pro Tiefenposition der Stufe 2 und 4.

Um die Bearbeitung der Berechnung zu beschleunigen und zu erleichtern wurde ein Programmcode in Matlab erstellt. Ein Ausschnitt daraus wird nachfolgend dargestellt.

```
function x=mysolve
%%%%Messdaten einlesen%%%%
['C:\Programmcode_Mittelwertbildung_Stufe1-4\Ginau\Messdaten_Stufe2.txt']
[dA0 dA180 dB0 dB180 dC0 dC180 dD0 dD180] = textread(['C:\Programmcode_Mittel-
wertbildung_Stufe1-4\Ginau\Messdaten_Stufe2.txt'],'%f %f %f %f %f %f %f %f');
[mA,x]=size(dA0);
%%%%Bestimmung der Radien%%%%
r0 = dA0/2;
r45 = dC0/2;
r90 = dB0/2;
r135 = dD0/2;
r180 = dA180/2;
r225 = dC180/2;
r270 = dB180/2;
r315 = dD180/2;
%%%%Lösung der Tiefenposition 1%%%%
options = optimset('MaxFunEvals',1e10,'MaxIter',1e10);
ABC0 = fsolve(@myf1_1,[0;0;0],options);
BCD0 = fsolve(@myf2_1,[0;0;0],options);
ABD0 = fsolve(@myf3_1,[0;0;0],options);
ACD0 = fsolve(@myf4_1,[0;0;0],options);
function y1 = myf1_1(ABC0)
    rav = ABC0(1);
    A = ABC0(2);
    rho = ABC0(3);
    y1 = zeros(3,1);
    y1(1) = rav+A*cos(2*(rho+0))-r0(1);
    y1(2) = rav+A*cos(2*(rho+pi/4))-r45(1);
    y1(3) = rav+A*cos(2*(rho+pi/2))-r90(1);
end
```

```
function y2 = myf2_1(BCD0)
    rav = BCD0(1);
    A = BCD0(2);
    rho = BCD0(3);
    y2 = zeros(3,1);
    y2(1) = rav+A*cos(2*(rho+pi/4))-r45(1);
    y2(2) = rav+A*cos(2*(rho+pi/2))-r90(1);
    y2(3) = rav+A*cos(2*(rho+3*pi/4))-r135(1);
```

end

```
function y3 = myf3_1(ABD0)
    rav = ABD0(1);
    A = ABD0(2);
    rho = ABD0(3);
    y3 = zeros(3,1);
    y3(1) = rav+A*cos(2*(rho+0))-r0(1);
    y3(2) = rav+A*cos(2*(rho+pi/2))-r90(1);
    y3(3) = rav+A*cos(2*(rho+3*pi/4))-r135(1);
```

end

```
function y4 = myf4_1(ACD0)
    rav = ACD0(1);
    A = ACD0(2);
    rho = ACD0(3);
    y4 = zeros(3,1);
    y4(1) = rav+A*cos(2*(rho+0))-r0(1);
    y4(2) = rav+A*cos(2*(rho+pi/4))-r45(1);
    y4(3) = rav+A*cos(2*(rho+3*pi/4))-r135(1);
```

end

```
function y5 = myf5_1(ABC180)
    rav = ABC180(1);
    A = ABC180(2);
    rho = ABC180(3);
    y5 = zeros(3,1);
    y5(1) = rav+A*cos(2*(rho+pi))-r180(1);
    y5(2) = rav+A*cos(2*(rho+5*pi/4))-r225(1);
    y5(3) = rav+A*cos(2*(rho+3*pi/2))-r270(1);
```

end

```
function y6 = myf6_1(BCD180)
```

```

rav = BCD180(1);
A = BCD180(2);
rho = BCD180(3);
y6 = zeros(3,1);
y6(1) = rav+A*cos(2*(rho+5*pi/4))-r225(1);
y6(2) = rav+A*cos(2*(rho+3*pi/2))-r270(1);
y6(3) = rav+A*cos(2*(rho+7*pi/4))-r315(1);
end
function y7 = myf7_1(ABD180)
rav = ABD180(1);
A = ABD180(2);
rho = ABD180(3);
y7 = zeros(3,1);
y7(1) = rav+A*cos(2*(rho+pi))-r180(1);
y7(2) = rav+A*cos(2*(rho+3*pi/2))-r270(1);
y7(3) = rav+A*cos(2*(rho+7*pi/4))-r315(1);
end
function y8 = myf8_1(ACD180)
rav = ACD180(1);
A = ACD180(2);
rho = ACD180(3);
y8 = zeros(3,1);
y8(1) = rav+A*cos(2*(rho+pi))-r180(1);
y8(2) = rav+A*cos(2*(rho+5*pi/4))-r225(1);
y8(3) = rav+A*cos(2*(rho+7*pi/4))-r315(1);
end
%%%%Parameter mitteln%%%%
rav0(1)=(ABC0(1)+BCD0(1)+ABD0(1)+ACD0(1))/4;
A0(1)=(ABC0(2)+BCD0(2)+ABD0(2)+ACD0(2))/4;
rho0(1)=(ABC0(3)+BCD0(3)+ABD0(3)+ACD0(3))/4;
rav180(1)=(ABC180(1)+BCD180(1)+ABD180(1)+ACD180(1))/4;
A180(1)=(ABC180(2)+BCD180(2)+ABD180(2)+ACD180(2))/4;
rho180(1)=(ABC180(3)+BCD180(3)+ABD180(3)+ACD180(3))/4;
%%%%Resultate abspeichern%%%%
M=[rav0;A0;theta0;rav180;A180;theta180];
dlmwrite(['Unbekannte_Teil1.dat'],M,'delimiter','\t','precision',6);
end

```

Anschließend wurden die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengefasst und miteinander verglichen. Um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können, wurde die Rotation des Ovals ρ auf die Richtung A0 als 0 Wert angepasst. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Stufe 2 in der Tabelle 11 und 12 dargestellt.

Tab. 11: Ergebnisse der Messrichtungen A0, A180, C0 und C180 als 0-Richtung

A0 = 0-Richtung			A180 = 0-Richtung		
r_{av0}	A0	ρ_0 [rad]	r_{av180}	A180	ρ_{180} [rad]
37,9378	-0,0608	0,8709	37,9477	-0,0630	-2,2486
37,8896	0,0369	0,1698	37,8997	-0,0869	-0,1585
37,9061	-0,0854	-0,0091	37,9115	-0,1102	-0,0203
37,9149	-0,0988	-0,0570	37,9087	-0,0936	-0,0282
37,9271	-0,0745	-2,4656	37,9209	-0,0736	-0,9062
37,8946	-0,1171	0,0594	37,9154	-0,1354	0,0307
37,9066	-0,1337	-0,1075	37,9160	-0,1429	-0,0946
37,9052	0,1599	0,3706	37,9077	0,1585	0,3383
37,9257	0,0730	-0,0420	37,9094	0,1830	-0,4817
37,8792	-0,0518	-0,7079	37,8828	-0,0518	-0,7155
37,8730	0,0789	-1,8700	37,9176	0,1298	-0,2649
37,9566	-0,1677	0,3654	37,8621	-0,0737	0,1299
37,8980	-0,0652	0,0138	37,9487	-0,1590	-0,1143
38,0023	-0,0579	0,5761	37,9086	0,0974	0,3829
37,9350	0,0683	0,4573	37,9502	0,0361	0,2592
37,8899	-0,1046	-0,0142	37,8919	-0,1088	-0,0133
C0 = 0-Richtung			C180 = 0-Richtung		
r_{av0}	A0	ρ_{0_kor} [rad]	r_{av180}	A180	ρ_{180_kor} [rad]
37,9428	0,0972	4,4275	37,9427	0,1047	5,1877
37,8821	-0,1155	4,5984	37,9072	-0,1464	5,6547
37,8929	-0,0746	3,1429	37,9089	-0,0845	6,2560
37,9176	0,2456	5,8406	37,9061	0,2499	5,8550
37,9259	0,1187	10,0967	37,9221	0,1166	5,3813
37,8945	-0,0420	1,6302	37,9155	-0,0436	6,3139
37,9064	0,0368	6,9612	37,9162	-0,0706	8,9373
37,9077	-0,1640	4,2873	37,9052	-0,1543	5,0608
37,9275	-0,1738	4,2710	37,9076	-0,1797	5,0217
37,8798	0,1881	4,7932	37,8822	0,1874	6,3497
37,9024	0,1723	4,9392	37,8881	-0,0197	5,5002
37,9529	0,1725	5,0633	37,8659	0,1233	5,2558
37,8684	0,1063	4,9930	37,9784	-0,0650	5,6682
38,0126	-0,0967	5,5761	37,8983	-0,0831	5,1815
37,9313	-0,0649	5,2159	37,9539	-0,0696	5,3127
37,8891	-0,0262	5,0906	37,8927	-0,0299	1,1650

Tab. 12: Ergebnisse der Messrichtungen B0, B180, D0 und D180 als 0-Richtung

B0 = 0-Richtung			B180 = 0-Richtung		
r_{av0}	A0	$\rho0_kor$ [rad]	r_{av180}	A180	$\rho180_kor$ [rad]
37,9454	0,0578	6,4186	37,9402	0,0662	6,3465
37,8806	0,0699	4,5748	37,9088	0,0749	4,4910
37,8671	0,0724	4,6513	37,8876	0,0696	4,5912
37,9168	0,0948	4,6601	37,9068	0,0975	4,6792
37,9226	0,0745	3,8010	37,9254	0,0736	4,6083
37,9000	0,1248	4,9271	37,9100	0,1320	4,6811
37,9085	0,1348	4,6199	37,9141	0,1419	4,6034
37,9100	-0,1606	5,0617	37,9029	-0,1577	5,0722
37,9239	-0,1794	4,2871	37,9113	-0,1748	5,0044
37,8804	0,0514	4,0075	37,8816	0,0521	3,9937
37,9282	-0,1268	4,5042	37,8623	0,0444	-8,6365
37,9238	0,1548	4,9211	37,8950	0,1667	3,7784
37,8691	0,1068	4,9990	37,9776	0,1181	2,1247
37,9885	-0,0118	-5,4457	37,9224	-0,0570	3,8159
37,9340	-0,0614	5,1899	37,9512	-0,0742	5,3263
37,8883	0,1059	4,6980	37,8936	0,1076	4,6989
D0 = 0-Richtung			D180 = 0-Richtung		
r_{av0}	A0	$\rho0_kor$ [rad]	r_{av180}	A180	$\rho180_kor$ [rad]
37,9481	-0,1031	3,6406	37,9374	-0,0982	3,6217
37,8876	0,1293	0,2546	37,9017	0,1473	4,0897
37,8861	0,0786	3,9379	37,8975	0,0969	0,7801
37,9136	-0,2390	1,1341	37,9100	-0,2565	4,2784
37,9213	-0,1159	5,3748	37,9267	-0,1193	3,8197
37,9098	0,0346	2,4376	37,9002	-0,0461	7,6749
37,9134	-0,0363	5,4294	37,9091	0,0688	4,9644
37,9098	0,1608	2,7048	37,9030	0,1575	3,5021
37,9161	0,1894	1,1181	37,9190	0,1644	3,4610
37,8820	-0,1882	4,7801	37,8800	-0,1874	4,7926
37,9335	-0,0915	3,6903	37,8570	-0,1933	4,7479
37,8865	-0,0773	3,5160	37,9323	-0,2110	3,5956
37,9031	-0,1006	3,7304	37,9436	0,0469	4,2391
37,9463	0,1639	3,6972	37,9646	0,0288	4,0303
37,9423	0,0516	3,7546	37,9429	0,0831	3,6575
37,8899	0,0287	2,7299	37,8919	0,0274	2,7386

Um einen besseren Überblick über die Ergebnisse zu erhalten wurde für jede Tiefenposition der Stufe 2 und 4 eine Abbildung erstellt, welche alle acht erhaltenen Ovale beinhaltet. Zur besseren Veranschaulichung der Ovale wurden die Amplituden um einen Faktor 100 erhöht. Nachfolgende Abbildung 75 bis 79 zeigen die Ergebnisse der Stufe 2 und 4 an ausgewählten Tiefenpositionen.

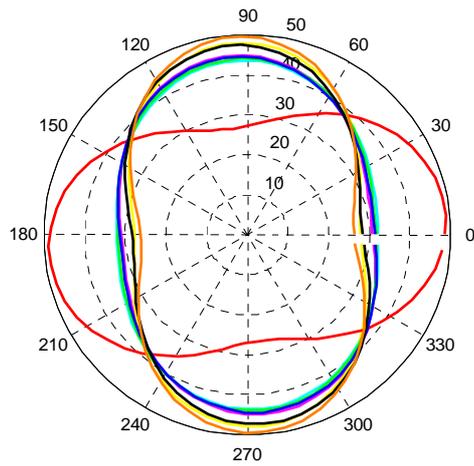


Abb. 75: Stufe 4, Pos. 2,85 m

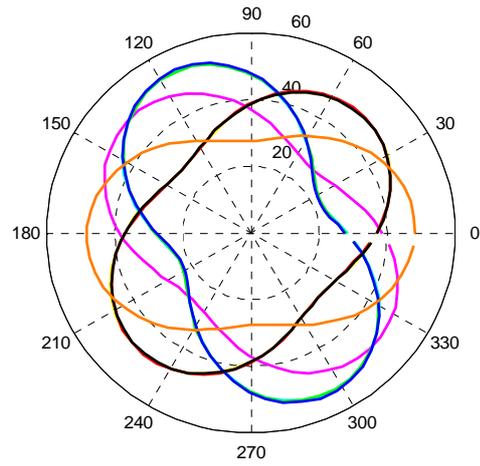


Abb. 76: Stufe 4, Pos. 7,05 m

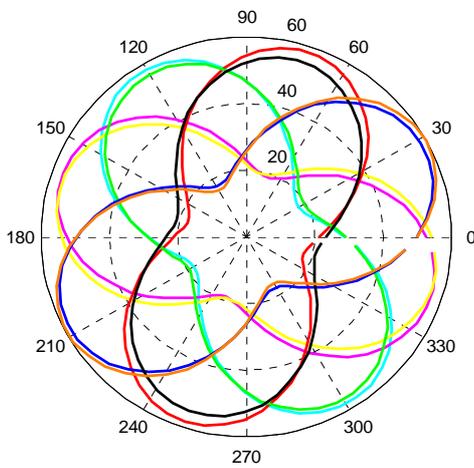


Abb. 77: Stufe 4, Pos. 17,85 m

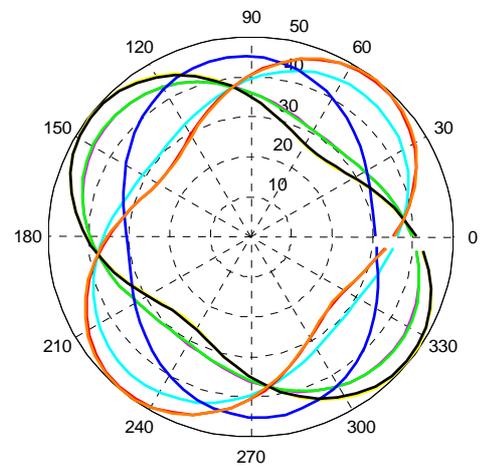


Abb. 78: Stufe 2, Pos. 7,50 m

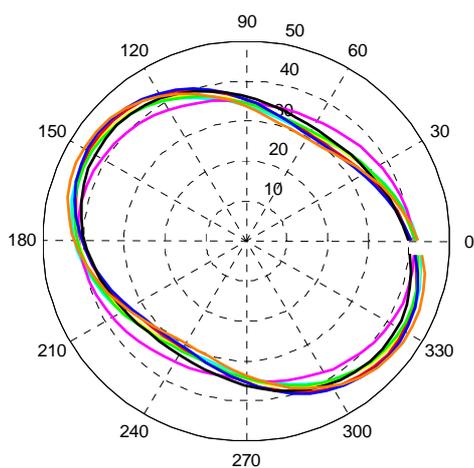


Abb. 79: Stufe 2, Pos. 22,50 m

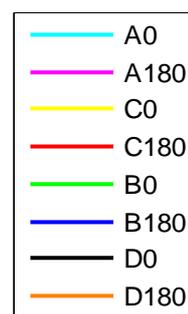


Abb. 80: Legende

5.2 Ergebnis

Wie in den obigen Abbildungen ersichtlich zeigen die Resultate widersprüchliche Ergebnisse. Je nachdem von welchen Messwerten ausgegangen wurde, das heißt welche Messrichtung als 0-Richtung angenommen wurde, zeigen die Hauptachsen des Ovals in verschiedene Richtungen. Es ist allerdings unter den Ergebnissen zu beobachten, dass die ermittelten Ovale für eine Messrichtung samt Umschlagsrichtung des Öfteren übereinstimmen. Jedoch bei Abweichung der Messrichtung kann auf kein schlüssiges Muster geschlossen werden. Dadurch ist es nicht möglich wie gehofft ein eindeutiges äquivalentes Oval zu bestimmen.

Ziel der Erweiterung des Inklinometerrohres auf ein 8-Nut-Rohr war es, die Richtung der Hauptachse des verformten Rohres und somit die zugehörige Hauptspannungsrichtung zu bestimmen. Wenn die Hauptspannungsrichtung bekannt ist, ist es möglich zu entscheiden, ob die Messrichtungen AB oder CD realistischere Werte ergeben.

Das erhaltene Ergebnis weist aber leider nicht wie gehofft Ovale innerhalb eines gewissen Streuungsbereiches auf, sondern kennzeichnet sich teilweise durch komplett unterschiedliche Richtungen der Ovale. Aus diesem Grund ist eine Entscheidung zwischen den Messrichtungen AB und CD anhand jetziger Ergebnisse noch nicht möglich.

Mögliche Ursachen hierfür könnten folgende Punkte darstellen:

- falsche Annahme des verformten Rohres:

Im Falle einer Verformung des Rohres als "Wellenlinie" anstatt wie gedacht als Oval wären solche Ergebnisse denkbar.

Laut Herrn Schwager, dem Entwickler der IDM-Methode, wurde in Feldmessungen festgestellt, dass die initiale Form des Inklinometerrohres nicht kreisförmig ist. Es kann vermutet werden, dass die initiale Form des Rohrquerschnittes auf Grund der Herstellung oder auf Grund von Kriechverformungen bei der Lagerung der Rohre entsteht. Weiters ist sie von Rohrelement zu Rohrelement verschieden und das Verformungsbild des Rohres erscheint recht zufällig zu sein.

- Mittelung der Parameter r_{av} , A und ρ :
Durch die Mittelung der drei Parameter könnten verfälschte Ergebnisse auftreten.

5.3 1. Korrektur Vorgehensweise

Aufgrund der Information, dass die initiale Form des Inklinometerrohres keinen Kreis darstellt, ist verständlich, dass das verformte Rohr der Nachfolgemessung kein Oval sein kann. Jedoch gilt die Annahme der IDM-Methode weiterhin, welcher zugrunde liegt, dass das Rohr auf Grund einer Veränderung des horizontalen Erddrucks unabhängig von seiner initialen Form eine ovale Formänderung erfährt. Aus obigem Grund ist eine Korrektur der Vorgehensweise wie bisher notwendig. Die Bestimmung des Ovals bzw. des Ovalisierungswertes erfolgt nicht mehr mit den Messwerten der Nachfolgemessung, sondern wird aus der Differenz der Messwerte zwischen Nachfolge- und Nullmessung bestimmt. Dadurch wird nur mehr die Formänderung zwischen Null- und Nachfolgemessung betrachtet, welche ein Oval darstellt. Das äquivalente Oval wird nun mit nachfolgender Gleichung 28 bestimmt.

$$\Delta r(\varphi) = \Delta r_{av} + A \cos(2(\varphi + \rho)) \quad (28)$$

mit

$$\Delta r = r_1 - r_0 \quad (29)$$

Δr Differenzradius

r_1 Radius Folgemessung

r_0 Radius Nullmessung

Die Differenz zwischen Null- und Nachfolgemessung wurde für die Stufe 2 und 4 bestimmt. In nachfolgender Tabelle 13 befinden sich die Ergebnisse der Differenzradien der Stufe 2

Tab. 13: Differenzradien der Stufe 2

MR 5	Differenz r_1-r_0							
	Δr [mm]							
	A		B		C		D	
Position [m]	0	180	0	180	0	180	0	180
1,20	0,00075	0,01130	0,00360	0,00145	0,01765	0,01045	0,00875	0,00770
3,30	0,02560	0,02620	-0,00125	-0,00220	0,02850	0,02515	0,00290	0,00565
4,50	0,01140	0,01265	0,00955	0,01290	0,01610	0,01780	0,01500	0,01850
6,30	0,00995	0,00895	0,01395	0,01110	0,01425	0,01335	0,01575	0,01500
7,50	0,01240	0,01060	0,00675	0,01405	0,01850	0,01900	0,00810	0,01085
9,30	0,01335	0,01220	0,00430	0,00270	0,01000	0,01165	0,01400	0,01445
10,50	0,01255	0,01055	0,01060	0,00985	0,01325	0,01390	0,01375	0,01315
12,30	0,01150	0,00630	0,01180	0,01535	0,01415	0,01610	0,01330	0,01525

13,50	0,01295	0,01355	0,01405	0,01110	0,01680	0,01395	0,02130	0,01900
15,30	0,01160	0,01750	0,01175	0,01160	0,01090	0,01370	0,03015	0,02250
16,50	0,01725	0,01145	0,01225	0,02000	0,01260	0,01405	0,02085	0,02930
18,30	0,02665	0,02085	0,01740	0,01810	0,02390	0,01940	0,02475	0,03215
19,50	0,02640	0,04935	0,01440	0,02445	0,01260	0,03205	0,04495	0,03150
21,30	0,00530	0,01585	0,02865	0,03370	0,00210	0,01280	0,04410	0,03755
22,50	0,02030	0,01385	0,01405	0,01780	0,01640	0,01045	0,02380	0,03465
24,65	0,01900	0,02035	0,00495	0,00380	0,01315	0,01060	0,01990	0,01385

Anhand dieser Werte werden nun wie in Punkt 5.1 beschrieben die drei Parameter durchschnittlicher Radius r_{av} , Amplitude A und Rotation des Ovals ρ des äquivalenten Ovals bestimmt. Wiederum wurden Abbildungen mit den erhaltenen äquivalenten Ovalen für jede Tiefenposition der Stufe 2 und 4 erstellt, jedoch in diesem Fall ohne Erhöhung der Amplitude A . Nachfolgende Abbildungen 81 bis 84 zeigen die Ergebnisse der Stufe 2 und 4 an ausgewählten Tiefenpositionen.

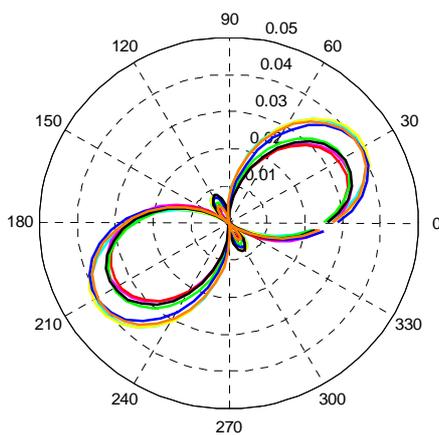


Abb. 81: Stufe 4, Pos. 2,85 m

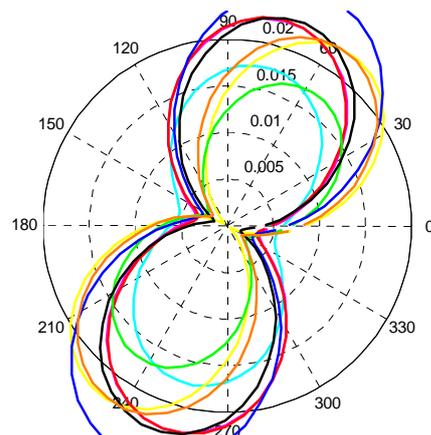


Abb. 82: Stufe 4, Pos. 7,05 m

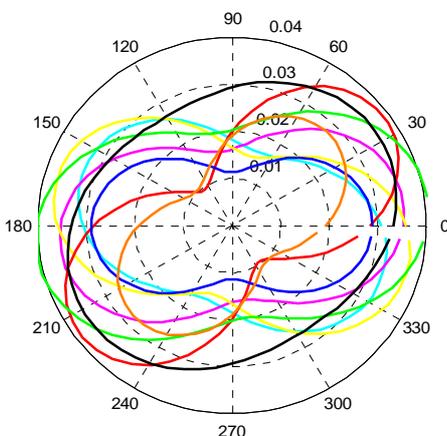


Abb. 83: Stufe 4, Pos. 17,85 m

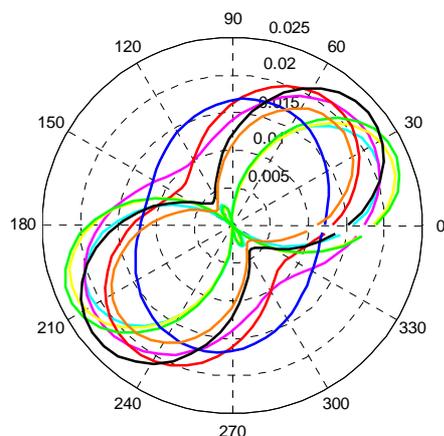


Abb. 84: Stufe 2, Pos. 7,50 m

5.4 Ergebnis 1. Korrektur

Wie in den obigen Abbildungen ersichtlich zeigen die Resultate bessere Ergebnisse wie zuvor, jedoch gibt es immer noch einige Tiefenpositionen mit widersprüchlichen Ergebnissen. Mögliche Ursache hierfür könnten verfälschte Ergebnisse durch die Mittelung der drei Parameter r_{av} , A und ρ , wie bereits unter Punkt 5.2 beschrieben, sein. Eine weitere mögliche Ursache könnte nun die zu geringe Rohrformänderung zwischen Null- und Folgemessung sein. Der durchschnittliche Wert des Differenzradius Δr liegt bei 0,016 mm und liegt daher im Bereich der zuvor bestimmten Genauigkeit des Messgerätes von 0,01 - 0,02 mm.

5.5 2. Korrektur Vorgehensweise

Durch das überbestimmte System (mit vier Gleichungen und drei Unbekannten) und infolge der Auswertung durch exakte Lösung von je drei der Gleichungen und einer anschließender Mittelung der Parameter r_{av} , A und ρ könnten verfälschte Ergebnisse auftreten. Aus diesem Grund ist eine weitere Korrektur der Vorgehensweise wie bisher notwendig.

Die Bestimmung der drei unbekannt Parameter r_{av} , A und ρ des äquivalenten Ovals erfolgt nun nicht mehr durch Mittelung der Parameter, sondern über die Anpassung des Ovals an den vier vorhandenen Messpunkten. Dies geschieht nach der Methode der kleinsten Quadrate mit nachfolgender Gleichung 30 bzw. 31.

$$y = (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{A0} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{A0})^2 + (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{B0} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{B0})^2 \quad (30)$$

$$+ (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{C0} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{C0})^2 + (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{D0} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{D0})^2 \stackrel{!}{=} \text{Minimum}$$

$$y = (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{A180} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{A180})^2 + (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{B180} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{B180})^2 \quad (31)$$

$$+ (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{C180} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{C180})^2 + (\Delta r_{\text{gerechnet}}^{D180} - \Delta r_{\text{gemessen}}^{D180})^2 \stackrel{!}{=} \text{Minimum}$$

Zu diesem Zweck wurde wiederum ein Programmcode in Matlab erstellt. Ein Ausschnitt daraus wird nachfolgend dargestellt.

```

function x=mysolve_par_oval_kor
%%%%%Messdaten einlesen%%%%%%%%
['C:\Programmcode_Mittelwertbildung_Stufe1-4\Ginau\Messdaten_Stufe2.txt']
[dA0 dA180 dB0 dB180 dC0 dC180 dD0 dD180] =
textread(['C:\Programmcode_Mittelwertbildung_Stufe1-4\Ginau\Messdaten_Stufe2.txt'],
' %f %f %f %f %f %f %f %f ');
[mA,x]=size(dA0);
%%%%%Bestimmung der Differenzradien%%%%%%%%
r0 = dA0/2;
r45 = dC0/2;
r90 = dB0/2;
r135 = dD0/2;
r180 = dA180/2;
r225 = dC180/2;
r270 = dB180/2;
r315 = dD180/2;
%%%%%Lösung der Tiefenposition 1%%%%%%%%%
options = optimset('MaxFunEvals',1e10,'MaxIter',1e10);
x0_1=fminsearch(@myObjective0_1,[0,0,0],options);
x180_1=fminsearch(@myObjective180_1,[0,0,0],options);
    function y = myObjective0_1(par)
        y = (par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+0))-r0(1))^2
            +(par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+pi/4))-r45(1))^2
            +(par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+pi/2))-r90(1))^2
            +(par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+3*pi/4))-r135(1))^2;
    end
    function y = myObjective180_1(par)
        y = (par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+0))-r180(1))^2
            +(par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+pi/4))-r225(1))^2
            +(par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+pi/2))-r270(1))^2
            +(par(1)+par(2)*cos(2*(par(3)+3*pi/4))-r315(1))^2;
    end
%%%%%Lösungen der Tiefenpositionen zu einer Variable zusammenfügen%%%%%%%%
par0=[x0_1;x0_2;x0_3;x0_4;x0_5;x0_6;x0_7;x0_8;x0_9;x0_10;...;x0_16];
par180=[x180_1;x180_2;x180_3;x180_4;x180_5;x180_6;x180_7;...;x180_16];

```

```
%%%Resultate abspeichern%%%
```

```
M=[par0];
dlmwrite(['Parameter0_Oval.dat'],M,'delimiter','\t','precision',6);
M=[par180];
dlmwrite(['Parameter180_Oval.dat'],M,'delimiter','\t','precision',6);
end
```

Wie im Programmcode ersichtlich wurde die Berechnung nun nicht mehr wie bisher für acht Messrichtungen als Nullrichtung ausgeführt, sondern lediglich für die Messrichtungen A0 und A180 als Nullrichtung. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Stufe 2 in der Tabelle 14 dargestellt.

Tab. 14: Ergebnisse der Messrichtungen A0 und A180 als 0-Richtung

A0 = 0-Richtung			A180 = 0-Richtung		
r_{av0}	A0	ρ_0 [rad]	r_{av180}	A180	ρ_{180} [rad]
0,00768706	-0,00467247	0,63054100	0,00774503	0,00496263	-0,00584352
0,01396210	0,01355980	-0,00546258	0,01370030	0,01722660	-0,30083100
0,01302210	0,00110525	-0,00500036	0,01545930	-0,00016058	-0,02262750
0,01348660	-0,00201744	-0,00247419	0,01208670	-0,00107408	-0,00036068
0,01147340	0,00287155	-0,00462298	0,01362510	-0,00442499	0,58514800
0,01044200	0,00450892	-0,00467885	0,01027350	0,00469516	-0,00525013
0,01257530	0,00095934	-0,00470673	0,01182340	0,00034819	-0,00443531
0,01268030	-0,00016407	-0,01251460	0,01323670	-0,00454751	-0,00743727
0,01628460	-0,00051549	0,00378598	0,01437500	0,00168389	-0,00562069
0,01612580	-0,00036762	-0,01631500	0,01634800	0,00290926	-0,00609988
0,01571850	0,00243636	-0,00611199	0,01869950	-0,00873991	-0,52990100
0,02320420	0,00464209	-0,01049030	0,02263170	0,00127819	-0,00712109
0,02458790	0,01725410	0,60776000	0,03434870	0,01243570	-0,01927160
0,02003760	-0,02402580	-0,53166000	0,02497540	-0,01525750	-0,47294800
0,01863760	0,00484289	0,43469700	0,01922530	-0,00208183	-0,00557790
0,01424900	0,00698388	-0,00328055	0,01216010	0,00822104	-0,00661700

Um einen besseren Überblick über die Ergebnisse zu erhalten wurden wiederum für jede Tiefenposition der Stufe 2 und 4 eine Abbildung erstellt, welche die nun zwei erhaltenen Ovale beinhaltet. Nachfolgende Abbildungen 85 bis 91 zeigen die Ergebnisse der Stufe 2 und 4 an ausgewählten Tiefenpositionen. Um einen Vergleich mit vorherigen Ergebnissen zu ermöglichen wurden immer dieselben Positionen ausgewählt. Sämtliche Abbildungen der äquivalenten Ovale befinden sich im Anhang.

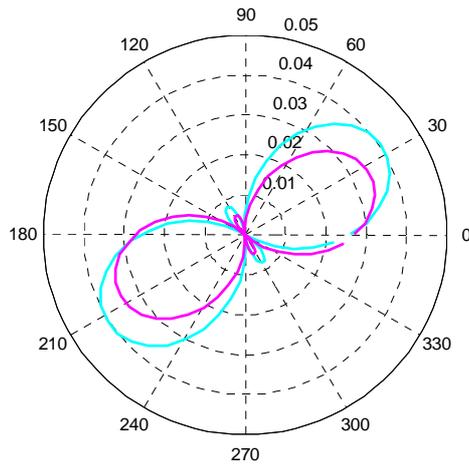


Abb. 85: Stufe 4, Pos. 2,85 m

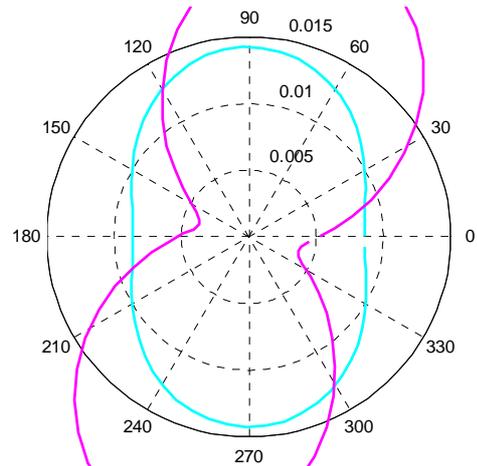


Abb. 86: Stufe 4, Pos. 7,05 m

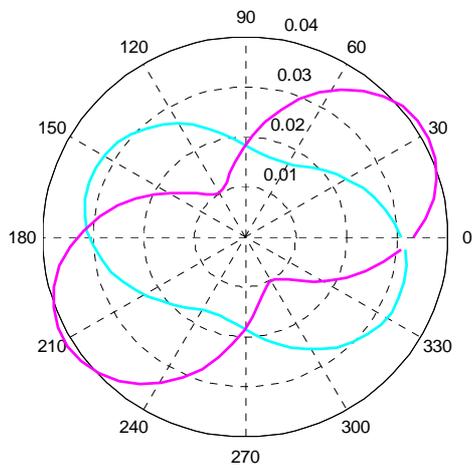


Abb. 87: Stufe 4, Pos. 17,85 m

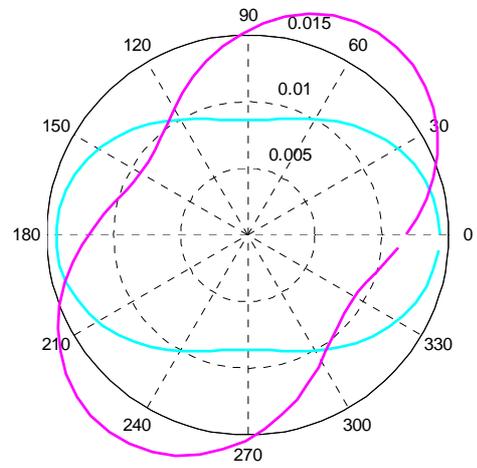


Abb. 88: Stufe 2, Pos. 7,50 m

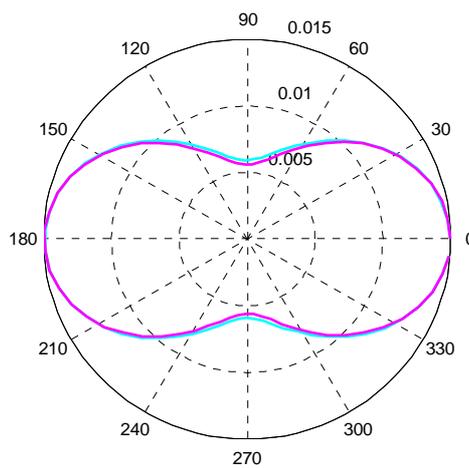


Abb. 89: Stufe 2, Pos. 9,30 m

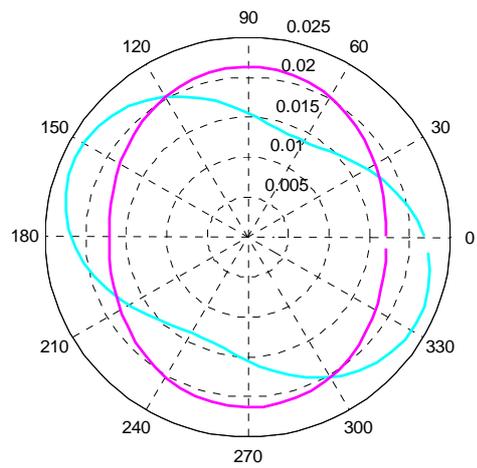


Abb. 90: Stufe 2, Pos. 22,50 m

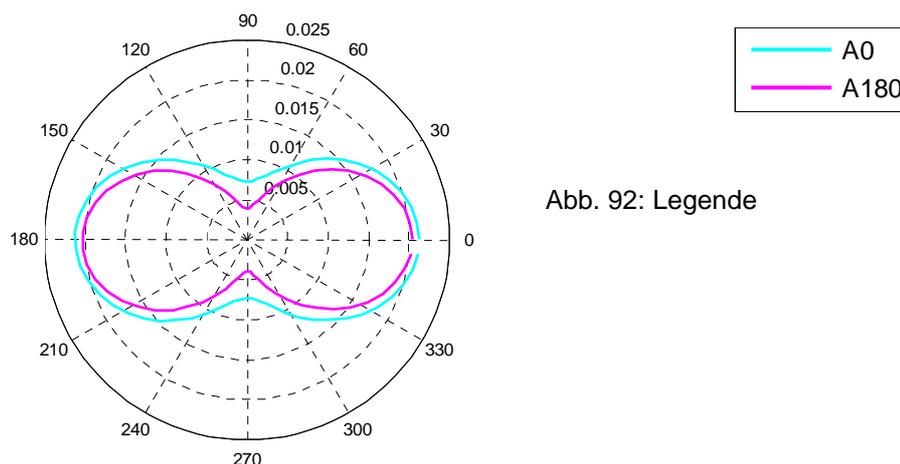


Abb. 92: Legende

Abb. 91: Stufe 2, Pos. 24,65 m

5.6 Ergebnis 2. Korrektur

Wie in den obigen Abbildungen ersichtlich zeigen die Resultate nach wie vor bessere Ergebnisse als vor den Korrekturen, jedoch gibt es immer noch einige Tiefenpositionen mit widersprüchlichen Ergebnissen. Mögliche Ursache könnte, wie bereits unter Punkt 5.4 beschrieben, die zu geringe Rohrformänderung zwischen Null- und Folgemessung sein.

5.7 3. Korrektur Vorgehensweise

Durch die geringen Verformungen des Inklinometerrohres zwischen Null- und erster Folgemessung wurde im November 2015 eine zweite Folgemessung vorgenommen. Diese wurde im Gegensatz zu den ersten beiden Messungen jedoch nur für Inklinometerrohr 115 durchgeführt. Aus diesem Grund werden die Auswertungen nun für die Stufe 4 sowie für die Stufe 2 des Inklinometers 115 anstelle des Inklinometers 215 durchgeführt. Die Auswertungen der äquivalenten Ovale samt den drei unbekanntem Parametern r_{av} , A und ρ erfolgt analog zu Punkt 5.5.

Die Differenzradien zwischen Null- und zweiten Folgemessung wurden für die Stufe 2 und 4 bestimmt. Nachfolgende Tabelle 15 zeigt die Differenzradien der Stufe 2.

Tab. 15: Differenzradien der Stufe 2

Position [m]	Differenz r_1-r_0							
	Δr [mm]							
	A		B		C		D	
	0	180	0	180	0	180	0	180
1,00	-0,1751	-0,1679	-0,2155	-0,1807	-0,1860	-0,1679	-0,1857	-0,1708
2,90	-0,1689	-0,1476	-0,1695	-0,1674	-0,1725	-0,1523	-0,1608	-0,1708
4,10	-0,1790	-0,1394	-0,1742	-0,1716	-0,1846	-0,1534	-0,1555	-0,1813
5,90	-0,1763	-0,1700	-0,1777	-0,1788	-0,1746	-0,1703	-0,1801	-0,1813
7,10	-0,1784	-0,1590	-0,1829	-0,1726	-0,1816	-0,1563	-0,1692	-0,1782
8,90	-0,1793	-0,1542	-0,1604	-0,2003	-0,1700	-0,1751	-0,1493	-0,1918
10,10	-0,1664	-0,1690	-0,1616	-0,1898	-0,1655	-0,1815	-0,1616	-0,1782
11,90	-0,1675	-0,1902	-0,1780	-0,1746	-0,1677	-0,1753	-0,1806	-0,1730
13,10	-0,1651	-0,1867	-0,1641	-0,1891	-0,1603	-0,1936	-0,1728	-0,1784
15,27	-0,1860	-0,1634	-0,1565	-0,1679	-0,1982	-0,1594	-0,1751	-0,1732

Anhand dieser Werte werden nun die drei Parameter durchschnittlicher Radius r_{av} , Amplitude A und Rotation des Ovals ρ des äquivalenten Ovals bestimmt.

Die Ergebnisse der äquivalenten Ovale wurden wiederum für jede Tiefenposition der Stufe 2 und 4 in einer Abbildung dargestellt. Nachfolgende Abbildungen 93 bis 99 zeigen die Ergebnisse der Stufe 2 und 4 an ausgewählten Tiefenpositionen. Sämtliche Abbildungen der äquivalenten Ovale befinden sich im Anhang.

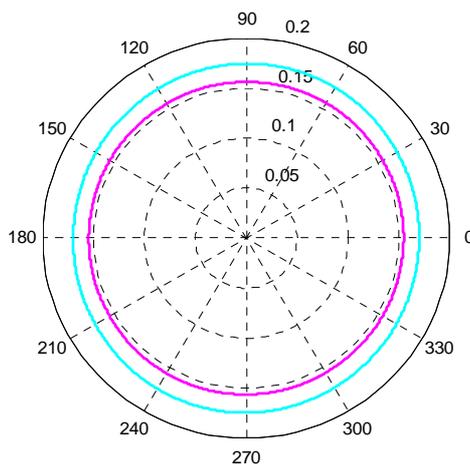


Abb. 93: Stufe 4, Pos. 2,75 m

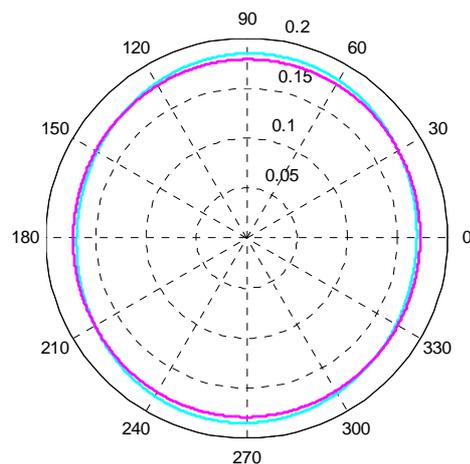


Abb. 94: Stufe 4, Pos. 5,75 m

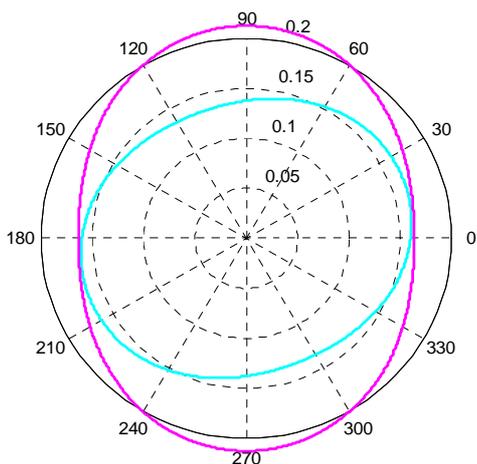


Abb. 95: Stufe 4, Pos. 9,35 m

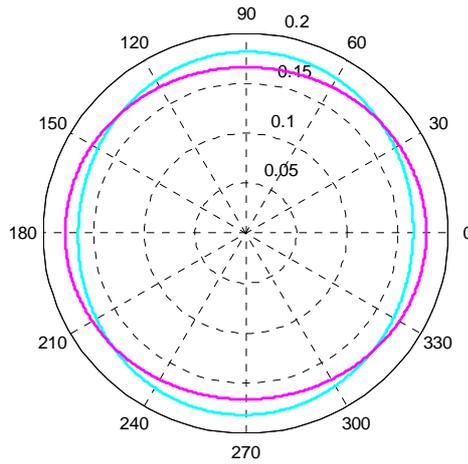


Abb. 96: Stufe 4, Pos. 12,35 m

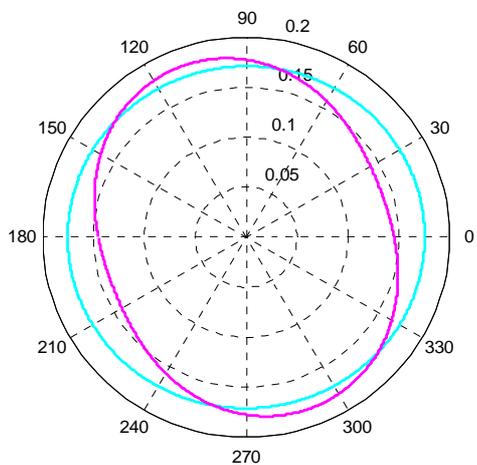


Abb. 97: Stufe 2, Pos. 4,10 m

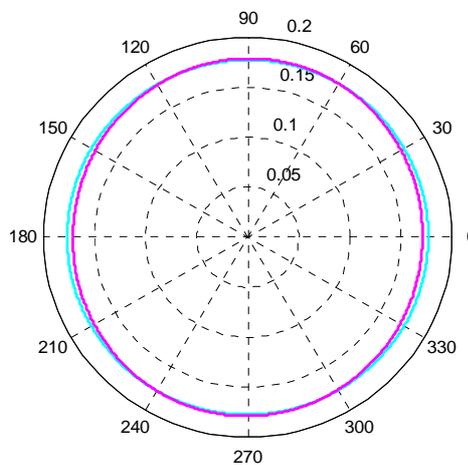


Abb. 98: Stufe 2, Pos. 5,90 m

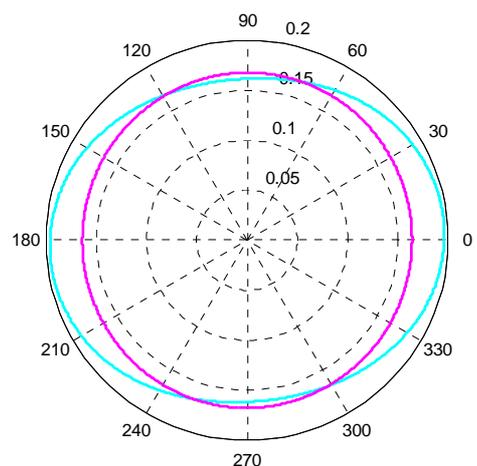


Abb. 99: Stufe 2, Pos. 15,27 m



Abb. 100: Legende

5.8 Ergebnis 3. Korrektur

Wie in den obigen Abbildungen ersichtlich sind die Resultate der äquivalenten Ovale im Vergleich zur ersten Folgemessung besser geworden. Allerdings kann nach wie vor noch keine aussagekräftige Bestimmung der Richtung des äquivalenten Ovals erfolgen, da die Rotation des Ovals ρ teilweise zu weit auseinander liegt.

Der durchschnittliche Wert des Differenzradius liegt bei 0,17 mm (vorher 0,016 mm), das heißt die Genauigkeit des Messgerätes von 0,01-0,02 mm müsste jetzt im Vergleich zu vorher eigentlich ausreichen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Differenzradien aber im Vergleich zur Messgenauigkeit der IDM-Messsonde dennoch zu klein sind, um über die vorhandene Formel zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten.

Dies führt zu dem Schluss, dass eine bestimmte Größenordnung der Rohrformänderungen bzw. Differenzradien notwendig ist, um die Richtung des äquivalenten Ovals eindeutig bestimmen zu können.

6 Conclusio

In der vorliegenden Arbeit wurden Untersuchungen zur Messgenauigkeit und eine mögliche Weiterentwicklung der IDM-Methode aufgezeigt und diskutiert.

Zu Beginn wurde ein Überblick über die Grundlagen der IDM-Methode dargestellt sowie die Programmcodes in Matlab, welche zur Umsetzung verwendet werden, beschrieben und kommentiert.

Im Zuge dieser Arbeit wurden Untersuchungen zur Messgenauigkeit der IDM-Messsonde durchgeführt. Dafür wurden eine Vielzahl an Messungen an einem Kriechhang in Ginau, Wagrain, Salzburg durchgeführt und ausgewertet. Die unter optimalen (theoretischen) Bedingungen erreichbare Genauigkeit der Messungen liegen laut Dr. Schwager im Bereich von ± 2 Mikrometer. Die praktische "Genauigkeit" der Messwerte liegt laut den Untersuchungen dieser Arbeit in einem Bereich von ca. 5 bis 20 Mikrometer. Weiters wurde festgestellt, dass es zumindest bis zur Endtiefe der in dieser Studie untersuchten Inklinometerrohren (rund 26 m) keine Verschlechterung der Messergebnisse mit fortschreitender Tiefe gibt.

In einem nächsten Schritt wurde die Formel zur Rückrechnung der horizontalen Erddruckänderungen nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß im Hinblick auf den mittleren Fehler $s_{\Delta\sigma_1}$ untersucht. Diese Untersuchungen führten zu dem Schluss, dass die Abweichung der Änderung des Ovalisierungswertes $s_{\Delta\Omega}$ den größten Einfluss auf das Endergebnis haben. Laut Dr. Schwager liegt die Auflösung der IDM-Methode zur Bestimmung von horizontalen Erddruckänderungen (unter anderem auf Basis der oben angeführten theoretischen Messgenauigkeit) in einem Bereich von 0,1 bis 0,7 kPa. Die praktischen Untersuchungen, der in dieser Arbeit untersuchten Inklinometer, zeigen Ergebnisse in einem Bereich von rund ± 5 kPa, also einen um ca. 10 erhöhten Faktor.

Ein großer Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung der IDM-Methode durch die Erweiterung des Standard-4-Nut-Inklinometerrohres auf ein 8-Nut-Inklinometerrohr. Dies soll zu einer exakteren Beschreibung der Ovalisierung sowie der zugehörigen Hauptspannungsrichtung verhelfen.

Im Zuge der Bearbeitung der Weiterentwicklung waren drei Korrekturen der Vorgehensweise notwendig. Sämtliche Ergebnisse der verschiedenen Varianten wurden, um einen besseren Überblick zu erhalten, mithilfe von Abbildungen für jede Tiefenposition dargestellt. In den Abbildungen ist ersichtlich, dass sich die Resultate

der äquivalenten Ovale von der ersten Vorgehensweise bis zum Letztstand erheblich verbessert haben.

Letzte Variante wurde mit Daten aus einer im November 2015 durchgeführten zweiten Folgemessung durchgeführt. Dies war aufgrund der geringen Rohrformänderungen des Inklinometerrohres zwischen Null- und erster Folgemessung notwendig. Die Resultate der äquivalenten Ovale sind im Vergleich zur ersten Folgemessung besser geworden. Allerdings kann nach wie vor noch keine aussagekräftige Bestimmung der Richtung des äquivalenten Ovals erfolgen, da die Rotation des Ovals ρ teilweise zu weit auseinander liegt. Der durchschnittliche Wert des Differenzradius Δr liegt über dem Bereich der Messgenauigkeit der IDM-Messsonde und müsste jetzt im Vergleich zu vorher eigentlich ausreichen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Differenzradien im Vergleich zur Messgenauigkeit der IDM-Messsonde dennoch zu klein sind, um über die vorhandene Formel zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten. Dies führt zu dem Schluss, dass eine bestimmte Größenordnung der Rohrformänderungen bzw. Differenzradien notwendig ist, um die Richtung des äquivalenten Ovals eindeutig bestimmen zu können.

Obige Schlussfolgerung kann mittels Durchführung und anschließender Auswertung weiterer Folgemessungen mit größeren Rohrformänderungen überprüft werden. Sollten auch größere Formänderungen des Inklinometerrohres nicht zu dem gewünschten Ergebnis führen, wären andere Annahmen zur Formänderung des Rohres in Zukunft denkbar.

Literatur

Marte, R.; Semprich S. (1998)

Untersuchungen zur Meßgenauigkeit von Inclinometermessungen. Bautechnik, Volume 75, Issue 3, 155-167.

Puzrin, A.M.; Schwager, M.V.; Schmid, A. & Bleiker, E. (2013)

Method and device for measuring pressure exerted by earth material. European Patent Application EP 13002910.1.

Schwager, M.V. (2013)

Development, analysis and applications of an 'inclinodeformeter' device for earth pressure measurements. Ph.D. Thesis, ETH Zürich.

Stegbauer, C. (2002)

Genauigkeitsanalyse des geotechnischen Messsystems Horizontalinklinometer-sonde. Diplomarbeit, OTH Regensburg.

Taylor, J.R. (1988)

Fehleranalyse. Eine Einführung in die Untersuchung von Unsicherheiten in physikalischen Messungen. Weinheim (Deutschland), Basel (Schweiz).

Anhang

Programmcodes mit Kommentaren (grün)

Programmcode IDM_Deformations

```

function IDM_Deformations;
% Mittelung der Messdaten über die Tiefe, Differenzbildung zwischen A- und B-
% Messrichtung, Differenzbildung zwischen Null- und Folgemessung, anschließende
% Abspeicherung der Ergebnisse sowie Erstellung der drei Abbildungen
% (Differenzdurchmesser dA-dB, Differenz Null- und Folgemessungen Δ(dA-dB),
% gemittelte Differenz Null- und Folgemessungen Δ(dA-dB))

%%%%%%%%% Eingabewerte Auswertung %%%%%%%%%%%%%%
% Definition einiger Werte zur Auswertung der Messdaten
span=3000;          % Spanweite des gleitenden Mittelwertes für Savitzky-Golay-
                    % Filter für ungemittelte Darstellung der Messwerte
degree=2;          % Polynomgrad für Savitzky-Golay-Filter für ungemittelte Dar-
                    % stellung der Messwerte
Ignore=0.4444      % Bereich in Meter, welcher vor und nach jedem Stoß (Verbind-
                    % ung Rohrelement) für die Mittelwertbildung vernachlässigt wird
Ignore1=0.4444     % Bereich in Meter, welcher vor dem ersten Stoß und nach
                    % dem Rohranfang für die Mittelwertbildung vernachlässigt wird
Percent=0          % Prozent der Messwerte, welche als Ausreißer ausgeschlossen
                    % werden
TiefeBohrloch=0;  % TiefeBohrloch=0: Auswertung bis auf zmax
                    % TiefeBohrloch=z: bis auf Tiefe z
Cutoff=1200;      % Anzahl an Messwerten, welche am Rohrende vernachlässigt
                    % werden
check='no'        % 'no': übliche Auswertung
                    % 'NS'/NR': Auswertung um die Messungen bezüglich Neigung
                    % Sonde oder Rad zu überprüfen

%%%%%%%%% Eingabewerte Bohrloch %%%%%%%%%%%%%%
% Definition einiger Angaben zum Inclinometerrohr bzw. zur Messung
% Messdaten müssen im Ordner \ORT wie folgt abgelegt sein:

                    BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_A000.dat
                    BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_B000.dat
                    BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_A180.dat
                    BEZEICHNUNG_ddmmyyyy_B180.dat

Inclinometer='200' % Bezeichnung der Bohrung bzw. des Inclinometerrohres
AnzahlMessungen=3; % Anzahl an auszuwertenden Messungen
Messdaten=['16012014';'02042014';'16042015'] % Datum der Messungen
Typ=['000';'000';'000'] % Messrichtung '000' oder '180'

```



```

end
if TiefeBohrloch==0
[TiefeBohrloch,Depth]=max(zA);    % Bestimmung der Anzahl an Messwerten bei
                                   TiefeBohrloch im Falle TiefeBohrloch gleich zmax
TiefeBohrloch
end
DepthCut=floor((Depth-Cutoff)/2)*2 % Anzahl an Messwerten bei TiefeBohrloch ab-
                                   züglich der vernachlässigten Werte am Rohrende
Anzahl3m=floor((TiefeBohrloch-roundn(1200/Meter,3)-Rohrverschnitt)/3)
% Anzahl an Rohrelementen (ohne letztes Rohrelement und Rohrstück)
[a,b]=size(NRA)

% Definition der Anzahl an Messwerten an den Punkten Start, erster Stoß, letzter Stoß
und Ende in Messrichtung A und B
StartA=1;
StartB=1;
ErsterStoßA=round(Rohrverschnitt*Meter);
ErsterStoßB=round(Rohrverschnitt*Meter);
LetzterStoßA=round(ErsterStoßA+Anzahl3m*3*Meter);
LetzterStoßB=round(ErsterStoßA+Anzahl3m*3*Meter);
EndeA=DepthCut;
EndeB=DepthCut;

%%%%%Querneigungskorrektur%%%%%
switch check
case {'NS'}    % Überprüfung Messungen bezüglich Neigung Sonde
  DAKor=NSA;
  DBkor=NSB;
case {'NR'}    % Überprüfung Messungen bezüglich Neigung Rad
  DAKor=NRA;
  DBkor=NRB;
otherwise      % übliche Auswertung mit Querneigungskorrektur (Programm-
               code Kor)
  DAKor=Kor(USA,URA,UQA,G);
  DBkor=Kor(USB,URB,UQB,G);
end

%%%%%Filter%%%%%
% Glättung der Messdaten mittels Savitzky-Golay-Filter für Durchmesser und
Tiefenposition
DAA(1:DepthCut)=smooth(DAKor(1:DepthCut),span,'sgolay',degree);
DBB(1:DepthCut)=smooth(DBkor(1:DepthCut),span,'sgolay',degree);
zAA(1:DepthCut)=zA(1:DepthCut);
zBB(1:DepthCut)=zB(1:DepthCut);

%%%%%Messwerte mitteln%%%%%
% Mittelung der Messwerte für Durchmesser und Tiefenposition auf einen Wert pro
Rohrelement und Rohrstück in Messrichtung A und B

```

```

IgnoreM1=floor(Meter*Ignore1);
IgnoreM=floor(Meter*Ignore);
% Rohrstück
DAAV(StartA:ErsterStossA)=trimmean(DAkor((StartA+IgnoreM1):(ErsterStossA-IgnoreM1)),Percent);
DBAV(StartB:ErsterStossB)=trimmean(DBkor((StartB+IgnoreM1):(ErsterStossB-IgnoreM1)),Percent);
zAAV(StartA:ErsterStossA)=zA(StartA:ErsterStossA);
zBAV(StartB:ErsterStossB)=zB(StartB:ErsterStossB);

% für alle außer dem letzten Rohrelement
for j=1:1:Anzahl3m;           % for-Schleife von 1 bis Anzahl an Rohrelementen
DAAV((ErsterStossA+(j-1)*3*Meter):(ErsterStossA+j*3*Meter))=trimmean(DAkor((ErsterStossA+(j-1)*3*Meter+IgnoreM):(ErsterStossA+j*3*Meter-IgnoreM)),Percent);
DBAV((ErsterStossB+(j-1)*3*Meter):(ErsterStossB+j*3*Meter))=trimmean(DBkor((ErsterStossB+(j-1)*3*Meter+IgnoreM):(ErsterStossB+j*3*Meter-IgnoreM)),Percent);
zAAV((ErsterStossA+(j-1)*3*Meter):(ErsterStossA+j*3*Meter))=zA((ErsterStossA+(j-1)*3*Meter):(ErsterStossA+j*3*Meter));
zBAV((ErsterStossB+(j-1)*3*Meter):(ErsterStossB+j*3*Meter))=zB((ErsterStossB+(j-1)*3*Meter):(ErsterStossB+j*3*Meter));
end

% letztes Rohrelement
DAAV(LetzterStossA:EndeA)=trimmean(DAkor((LetzterStossA+IgnoreM):(EndeA-IgnoreM)),Percent);
DBAV(LetzterStossB:EndeB)=trimmean(DBkor((LetzterStossB+IgnoreM):(EndeB-IgnoreM)),Percent);
zAAV(LetzterStossA:EndeA)=zA(LetzterStossA:EndeA);
zBAV(LetzterStossB:EndeB)=zB(LetzterStossB:EndeB);

%%%%%Werte in Matrix schreiben%%%%%%%%
% Übertragung der zuvor ermittelten gemittelten Messwerte in Matrix
% Rohrstück
Datum(w+1)=eval(Messdaten(i,:));
Diameter(w+1)=DAAV(StartA)-DBAV(StartB);           % Differenzdurchmesser zw.
                                                    A- und B-Messrichtung

Abschnitt1(w+1)=zAAV(StartA);                       % Rohrelementanfang
Abschnitt2(w+1)=zAAV(ErsterStossA);                 % Rohrelementende
Abschnitt(w+1)=(Abschnitt1(w+1)+Abschnitt2(w+1))/2; % Mittelpunkt Rohrelement
Abschnittgenau1(w+1)=zA(StartA+IgnoreM1);           % Anfang Bereich Mittelung
Abschnittgenau2(w+1)=zA(ErsterStossA-IgnoreM1);     % Ende Bereich Mittelung

% für alle außer dem letzten Rohrelement
for j=1:1:Anzahl3m;           % for-Schleife von 1 bis Anzahl an Rohrelementen
Datum(w+1+j)=eval(Messdaten(i,:));
Diameter(w+1+j)=DAAV(ErsterStossA+(j-1)*3*Meter)-DBAV(ErsterStossB+(j-1)*3*Meter);
Abschnitt1(w+1+j)=zAAV(ErsterStossA+(j-1)*3*Meter);

```

```

Abschnitt2(w+1+j)=zAAV(ErsterStossA+(j)*3*Meter);
Abschnitt(w+1+j)=(Abschnitt1(w+1+j)+Abschnitt2(w+1+j))/2;
Abschnittgenau1(w+1+j)=zA(ErsterStossA+(j-1)*3*Meter+IgnoreM);
Abschnittgenau2(w+1+j)=zA(ErsterStossA+j*3*Meter-IgnoreM);
end

% letztes Rohrelement
Datum(w+1+j+1)=eval(Messdaten(i,:));
Diameter(w+1+j+1)=DAAV(LetzterStossA)-DBAV(LetzterStossB);
Abschnitt1(w+1+j+1)=zAAV(LetzterStossA);
Abschnitt2(w+1+j+1)=zAAV(EndeA);
Abschnitt(w+1+j+1)=(Abschnitt1(w+1+j+1)+Abschnitt2(w+1+j+1))/2;
Abschnittgenau1(w+1+j+1)=zA(LetzterStossA+IgnoreM);
Abschnittgenau2(w+1+j+1)=zA(EndeA-IgnoreM);

w=w+1+j+1;          % Anzahl an Rohrelement plus Rohrstück (Größe der Matrix)

%%%%Abbildungen%%%%
% Erstellung der drei Abbildungen dD.fig, DdD.fig und DdD_averaged.fig
% Erste Abbildung - Differenzdurchmesser zwischen A- und B-Messrichtung DA-DB
% aller Messungen
colour=['k';'g';'c';'b';'m';'r';'k';'y'];
if i==1
    figure('Name',[Inklinometer,'_',Typ(n,),'_dD'],'NumberTitle','off')
end
plot((DAA-DBB),zAA,colour(i),'LineWidth',2)
title(['Field measurement, ',Ort,', borehole ',Inklinometer]) % Überschrift der Abbildung
xlabel('Difference of diameters (DA-DB) [mm]') % Beschriftung der x-Achse
ylabel('Position in the borehole [m]') % Beschriftung der y-Achse
axis ij
hold on
legendenvektor(i,:)=[Messdaten(i,:);
DAADBB(i,:)=DAA-DBB;
end
grid
box
legend(legendenvektor(:,:)) % Legende
saveas(gcf,[Inklinometer,'_',Typ(n,),'_dD.fig']) % Speicherung der Abbildung

% Mittelung für zweite Abbildung
[a,b]=size(Diameter)
Periode=b/n
for i=1:1:n;
for x=1:1:Periode
dDADB(x*2-1,i)=Diameter(x+(i-1)*Periode)-Diameter(x);
dDADB(x*2,i)=Diameter(x+(i-1)*Periode)-Diameter(x);
Pos(x*2-1,i)=Abschnittgenau1(x+(i-1)*Periode);
Pos(x*2,i)=Abschnittgenau2(x+(i-1)*Periode);

```

```

end
end
% Zweite Abbildung - gemittelte Differenz der Null- und Folgemessungen der
Differenzdurchmesser zwischen A- und B-Messrichtung  $\Delta(DA-DB)$ 
figure('Name',[Inklinometer,'_',Typ(n,),'_DdD_averaged'],'NumberTitle','off')
for i=1:1:n
plot(dDADB(:,i),Pos(:,i),[colour(i),'-'])
hold on;
end
axis ij
title(['Field measurement, ',Ort,', borehole ',Inklinometer]) % Überschrift der Abbildung
xlabel('Change in diameters d(DA-DB) [mm]') % Beschriftung der x-Achse
ylabel('Position in the borehole [m]') % Beschriftung der y-Achse
axis ij
legend(legendenvektor(:,:)); % Legende
xlim([-0.1 0.1]) % Begrenzung der x-Achse
saveas(gcf,[Inklinometer,'_',Typ(n,),'_DdD_averaged.fig']) % Speicherung der
Abbildung

% Dritte Abbildung - Differenz der Null- und Folgemessungen der Differenz-
durchmesser zwischen A- und B-Messrichtung  $\Delta(DA-DB)$ 
figure('Name',[Inklinometer,'_',Typ(n,),'_DdD'],'NumberTitle','off')
for i=1:1:n
plot(DAADBB(i,:)-DAADBB(1,:),zAA,[colour(i),'-'])
hold on;
end
axis ij
title(['Field measurement, ',Ort,', borehole ',Inklinometer]) % Überschrift der Abbildung
xlabel('Change in diameters d(DA-DB) [mm]') % Beschriftung der x-Achse
ylabel('Position in the borehole [m]') % Beschriftung der y-Achse
axis ij
legend(legendenvektor(:,:)); % Legende
grid
xlim([-0.2 0.2]) % Begrenzung der x-Achse
saveas(gcf,[Inklinometer,'_',Typ(n,),'_DdD.fig']) % Speicherung der Abbildung

%%%%Resultate abspeichern%%%%
% Ergebnisse werden unter Dates.dat, Deformations.dat und Position.dat mit
zugehöriger Inklinometerbezeichnung und Ort abgespeichert
M=[Messdaten];
dlmwrite([Inklinometer,'_',Ort,'_Dates.dat'], M, 'delimiter', ',', 'precision', 6);
M=[dDADB];
dlmwrite([Inklinometer,'_',Ort,'_Deformation.dat'], M, 'delimiter', '\t', 'precision', 6);
M=[Pos];
dlmwrite([Inklinometer,'_',Ort,'_Position.dat'], M, 'delimiter', '\t', 'precision', 6);
end

```

Programmcode Kor

```

function Dkor=Kor(US,UR,UQ,G);
% Korrektur des Einflusses der Querneigung
%Korrekturkoeffizienten
A1=-0.0001585921;
A2=0.0001507314937;
A3=3.746651009e-006;
C1=-0.0002042935516;
C2=0.0002858638645;
C3=-0.001690189367;

NQ0=-0.43           % Neigung aus der Ebene einer vertikalen Messsonde  $\beta_0$ 
Sensitivity=16;

NS=asind(-US/Sensitivity); % Neigung der Sonde  $\alpha_P$ 
NR=asind(-UR/Sensitivity); % Neigung des Hebels  $\alpha_L$ 
NQ=asind(-UQ/Sensitivity); % Neigung aus der Ebene  $\beta$ 

CF=1.0
% Differenzterm ( $\alpha_L - \alpha_P$ )
NDif=NR-NS;
% Korrekturterm hinsichtlich Neigung aus der Ebene einer vertikalen Messsonde  $\Delta_0$ 
NDifKor0=(A1*NR+A2*NS+A3).*(NQ0^2)+(C1*NR+C2*NS+C3).*NQ0;
% Korrekturterm hinsichtlich Neigung aus der Ebene  $\Delta$ 
NDifKor=(A1*NR+A2*NS+A3).*(NQ.*NQ)+(C1*NR+C2*NS+C3).*NQ;

% korrigierte Innendurchmesser
Dkor=(G(1)+G(2)+sind(NDif-(NDifKor-NDifKor0))*G(3))/CF;
end

```

IDM_Pressures

```

function IDM_Pressures;
% Rückrechnung der horizontalen Erddrücken, anschließende Abspeicherung der
Ergebnisse sowie Erstellung einer Abbildung
%%%%%%%%% Eingabeparameter %%%%%%%%%%
%%% Modellparameter %%%
BC='PS'           % 'PE': Randbedingung ebener Dehnungszustand
                  % 'PS': Randbedingung ebener Spannungszustand
LoadingMode='CRate' % 'Creep': Kriechen
                  % 'CRate': konstante Belastungsgeschwindigkeit

%%% Materialparameter %%%
E0=2200           % [MPa] Parameter des Burgers Modell fürs Rohr
E1=21120          % [MPa] Parameter des Burgers Modell fürs Rohr
n0=3000000        % [MPa*d] Parameter des Burgers Modell fürs Rohr
n1=50000          % [MPa*d] Parameter des Burgers Modell fürs Rohr

```

```

np=0.34          % [-] Poissonzahl Rohr
ns=0.25          % [-] Poissonzahl Boden
%%% Bohrlochspezifische Parameter %%%
Ort='Laaerberg'  % Bezeichnung des Ortes
Inklinometer='200' % Bezeichnung der Bohrung
teta=0           % [°] Rotationswinkel des Rohres
Pipe=71;         % Rohrtyp 71 oder 84
time=[0.00001;50;370] % Zeitpunkt der Messungen in Tagen
                    t0 Zeitpunkt der Nullmessung
                    t1 Zeitpunkt der ersten Folgemessung, t2, usw.

Esz=[            % Steifigkeit der einzelnen Schichten
12.2, 150 ;      % [m], [MPa]: von OKT bis zur Tiefe z1, E-Modul des Bodens E1
16, 40 ;         % [m], [MPa]: von Tiefe z1 bis Tiefe z2, E-Modul des Bodens E2
]

%%% Resultate aus IDM_Deformations einlesen %%%
% Einlesung der Daten, welche unter IDM_Deformations abgespeichert wurden
Dates=textread(['C:\TU Graz\Masterarbeit\MA_Geotechnik\IDM',Inklinometer,'_',Ort,
'_Dates.dat'], '%s');
Deformation=dlmread(['C:\TU Graz\Masterarbeit\MA_Geotechnik\IDM',Inklinometer,'_',
Ort,'_Deformation.dat']);
Position=dlmread(['C:\TU Graz\Masterarbeit\MA_Geotechnik\IDM',Inklinometer,'_',Ort,
'_Position.dat']);

[n,m]=size(Deformation);

% Ausführung der Unterfunktionen
geom=Geometry(Pipe)
Ep=EPipe>LoadingMode,time,E0,E1,n0,n1,m)
Es=Match(Position,Esz,n,m)
for j=1:1:m;
    for i=1:1:n;
        ds(i,j)=Pressure(BC,Deformation(i,j),geom,Ep(j),Es(i,j),np,ns,teta);
    end
end
ds

%%% Abbildungen %%%
% Erstellung der Abbildung ds.fig
if ((m~=1)|(n~=1));
colour=['k';'g';'c';'b';'m';'r';'k';'y';'k';'g';'c';'b';'m';'r';'k';'y';'k';'y'];
figure('Name',[Inklinometer,'_ds'],'NumberTitle','off')
for j=1:1:m
axis ij
plot(-ds(:,j),Position(:,j),[colour(j),'-'])
legendvektor(j,:)= [Dates(j,:)];
hold on;
end

```

```

title(['IDM-Messung, Bohrloch ',Inklinometer])           % Überschrift der Abbildung
xlabel('Horizontale Erddruckänderung ds1 [kPa]')         % Beschriftung der x-Achse
ylabel('Tiefe [m]')                                     % Beschriftung der y-Achse
legend(legendenvektor(:,:));                            % Legende
xlim([-10 10])                                         % Begrenzung der x-Achse
saveas(gcf,[Inklinometer,'_ds.fig'])                   % Speicherung der Abbildung
end

%% Resultate abspeichern %%
% Ergebnisse werden unter Pressuer.dat mit zugehöriger Inklinometerbezeichnung
% und Ort abgespeichert
dlmwrite([Inklinometer,'_',Ort,'_Pressure.dat'], -ds, 'delimiter', '\t', 'precision', 6);

%% Unterfunktionen %%
% Funktion geom definiert unter Einbeziehung des Rohrtyps die Werte R, Rm, hred und
% lred
function [geom]=Geometry(Pipe)
    switch Pipe
        case 84
            geom=[42;38.925;5.5]; % R, Rm=R-h/2, hred
        case 71
            geom=[35.35;32.275;5.25]; % R, Rm=R-h/2, hred
        otherwise
            geom=[0;0;0];
    end
    geom(4)=geom(3)^3/12;
end

% Funktion Es ermittelt den E-Modul des Bodens an einer definierten Tiefenposition
% aus der Steifigkeit der einzelnen Bodenschichten
function [Es]=Match(Position,Esz,n,m)
for j=1:1:m;
for i=1:2:n-1;
    i1=1;
    i2=1;
    while (Position(i,j)>Esz(i1,1));
        i1=i1+1;
    end
    while (Position(i+1,j)>Esz(i2,1));
        i2=i2+1;
    end
    if i2<=i1+1;
        Es(i,j)=((Esz(i1,1)-Position(i,j))*Esz(i1,2)+(Position(i+1,j)-Esz(i1,1))*Esz(i2,2))/
        (Position(i+1,j)-Position(i,j));
        Es(i+1,j)=Es(i);
    end
    if i2==i1+2;

```

$$Es(i,j)=((Esz(i1,1)-Position(i,j))*Esz(i1,2)+(Esz(i1+1,1)-Esz(i1,1))*Esz(i1+1,2)+$$

$$(Position(i+1,j)-Esz(i1+1,1))*Esz(i2,2))/(Position(i+1,j)-Position(i,j));$$

$$Es(i+1,j)=Es(i);$$

end

end

end

end

% Funktion Ep ermittelt den E-Modul des Rohres mithilfe des Burger Modells entweder für Kriechen oder für eine konstante Belastungsgeschwindigkeit.

```
function [Ep]=EPipe>LoadingMode,time,E0,E1,n0,n1,m
```

```
    switch LoadingMode
```

```
        case 'CRate' % Belastungsmodus konstante Belastungsgeschwindigkeit
```

```
        for j=1:1:m;
```

```
            Ep(j)=1/(1/E0+1/E1-n1/E1^2/time(j))*(1-exp(-E1/n1*time(j))+time(j)/(2*n0));
```

```
        end
```

```
        case 'Creep' % Belastungsmodus Kriechen
```

```
        for j=1:1:m;
```

```
            Ep(j)=1/(1/E0+1/E1*(1-exp(-E1/n1*time(j)))+time(j)/n0);
```

```
        end
```

```
        otherwise
```

```
            Ep=0;
```

```
    end
```

end

% Funktion ds dient zur Rückrechnung der horizontalen Erddrücken je nach Randbedingung

```
function [ds]=Pressure>BC,dDm,geom,Ep,Es,np,ns,teta
```

```
    switch BC
```

```
        case 'PS' % Randbedingung ebener Spannungszustand
```

```
        alpha=3*Ep*geom(4)*(5-ns)/(geom(2)^3*Es);
```

```
        K0=ns;
```

```
        dD=dDm/cosd(2*teta);
```

```
        ds=dD*(1+alpha)/(1-K0)*Es/(8*geom(1))*1000;
```

```
        case 'PE' % Randbedingung ebener Dehnungszustand
```

```
        alpha=3*Ep*geom(4)*(1+ns)*(5-6*ns)/(geom(2)^3*Es*(1-np^2));
```

```
        K0=ns/(1-ns);
```

```
        dD=dDm/cosd(2*teta);
```

```
        ds=dD*(1+alpha)/(1-K0)/(1-ns^2)*Es/(8*geom(1))*1000;
```

```
        otherwise
```

```
            ds=0;
```

```
    end
```

end

end

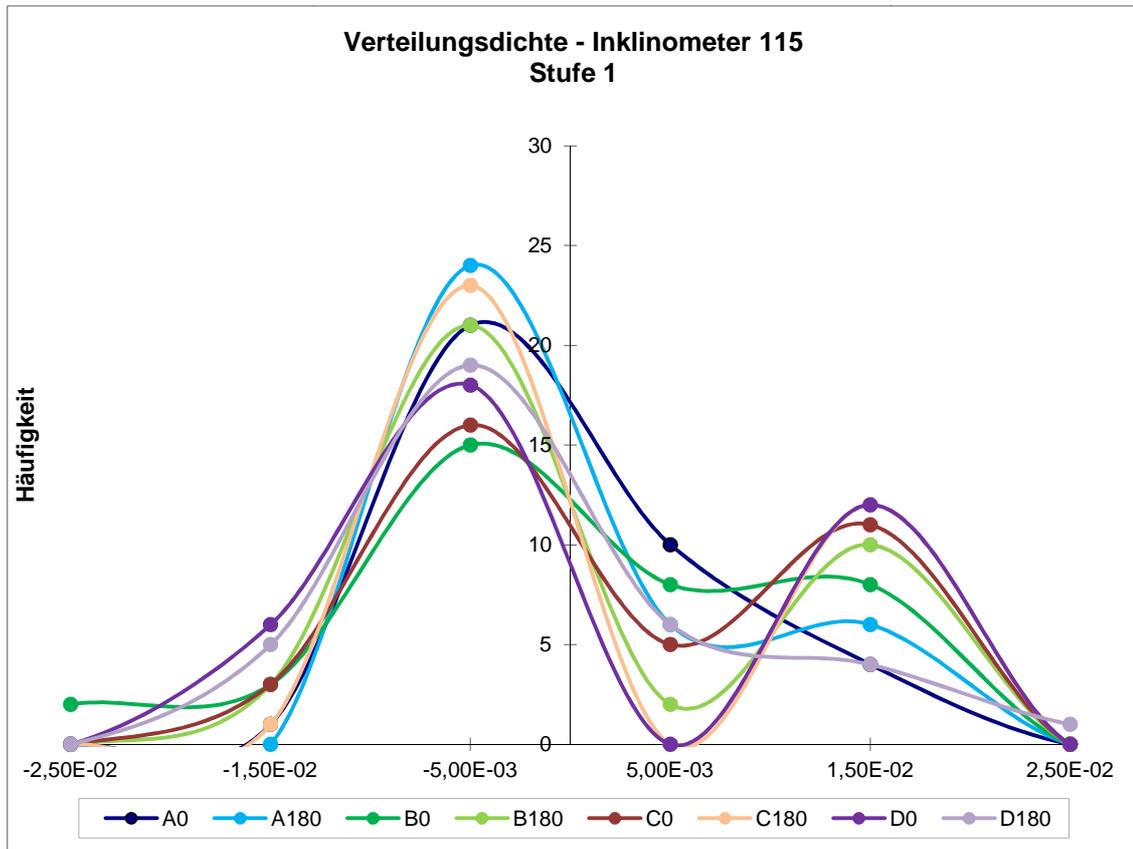
Auswertung Messdaten - Inklinometerrohr 115

Stufe 1

Stufe 1	Übersicht Messdaten - Inklinometer 115						
	d [mm]						
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	Mittelwert
Messrichtung A - 0							
1,00	76,0240	76,0278	76,0214	76,0271	76,0398	76,0389	76,0298
3,50	76,0348	76,0379	76,0383	76,0441	76,0502	76,0537	76,0432
6,50	75,8983	75,9018	75,9023	75,9030	75,9136	75,9171	75,9060
9,50	75,2901	75,2923	75,2914	75,2934	75,3047	75,3042	75,2960
12,50	75,6875	75,6908	75,6902	75,6917	75,7008	75,6976	75,6931
15,27	75,5726	75,5612	75,5776	75,5800	75,5899	75,5908	75,5787
Messrichtung A - 180							
1,00	76,0275	76,0308	76,0247	76,0258	76,0409	76,0461	76,0326
3,50	76,0036	76,0081	76,0114	76,0124	76,0203	76,0239	76,0133
6,50	75,8809	75,8839	75,8859	75,8865	75,8971	75,8984	75,8888
9,50	75,2841	75,2874	75,2893	75,2915	75,3020	75,3033	75,2929
12,50	75,7115	75,7142	75,7155	75,7164	75,7281	75,7298	75,7193
15,27	75,5670	75,5701	75,5700	75,5736	75,5861	75,5877	75,5758
Messrichtung B - 0							
1,00	75,5520	75,5675	75,5699	75,5754	75,5876	75,5907	75,5739
3,50	75,6563	75,6599	75,6616	75,6650	75,6753	75,6771	75,6659
6,50	75,4232	75,4275	75,4308	75,4319	75,4441	75,4434	75,4335
9,50	76,0589	76,0610	76,0698	76,0704	76,0781	76,0813	76,0699
12,50	75,6331	75,6352	75,6379	75,6395	75,6500	75,6518	75,6413
15,27	76,0568	76,0459	76,0691	76,0717	76,0854	76,0805	76,0682
Messrichtung B - 180							
1,00	75,5406	75,5435	75,5435	75,5497	75,5709	75,5689	75,5529
3,50	75,6513	75,6532	75,6574	75,6577	75,6707	75,6726	75,6605
6,50	75,4201	75,4236	75,4228	75,4255	75,4377	75,4366	75,4277
9,50	76,0921	76,0936	76,0976	76,0959	76,1109	76,1126	76,1005
12,50	75,6412	75,6438	75,6453	75,6463	75,6622	75,6620	75,6501
15,27	76,0357	76,0379	76,0481	76,0465	76,0636	76,0646	76,0494
Messrichtung C - 0							
1,00	75,4904	75,4982	75,4964	75,5025	75,5116	75,5158	75,5025
3,50	75,8479	75,8337	75,8346	75,8396	75,8511	75,8546	75,8436
6,50	75,6751	75,6787	75,6770	75,6808	75,6945	75,6950	75,6835
9,50	75,0557	75,0684	75,0686	75,0714	75,0848	75,0847	75,0723
12,50	75,7200	75,7240	75,7264	75,7300	75,7421	75,7438	75,7311
15,27	75,9262	75,8726	75,9087	75,9157	75,9332	75,9315	75,9147
Messrichtung C - 180							
1,00	75,4807	75,4833	75,4834	75,4886	75,5024	75,5028	75,4902
3,50	75,8098	75,8142	75,8116	75,8165	75,8305	75,8305	75,8189
6,50	75,6647	75,6660	75,6673	75,6694	75,6837	75,6836	75,6725
9,50	75,0783	75,0794	75,0839	75,0834	75,0965	75,0975	75,0865

12,50	75,7498	75,7511	75,7511	75,7565	75,7680	75,7695	75,7577
15,27	75,8726	75,8746	75,8826	75,8802	75,8955	75,8964	75,8837
Messrichtung D - 0							
1,00	76,3329	76,3399	76,3267	76,3419	76,3596	76,3630	76,3440
3,50	75,6034	75,6068	75,6117	75,6107	75,6247	75,6261	75,6139
6,50	76,2025	76,2047	76,1955	76,2056	76,2229	76,2201	76,2086
9,50	75,7082	75,7095	75,7043	75,7130	75,7273	75,7283	75,7151
12,50	75,8679	75,8710	75,8669	75,8717	75,8864	75,8878	75,8753
15,27	75,9328	75,9421	75,9394	75,9414	75,9557	75,9561	75,9446
Messrichtung D - 180							
1,00	76,3196	76,3154	76,3016	76,3109	76,3396	76,3331	76,3200
3,50	75,6275	75,6253	75,6293	75,6295	75,6428	75,6341	75,6314
6,50	76,2074	76,2087	76,2006	76,2074	76,2231	76,2392	76,2144
9,50	75,7412	75,7393	75,7378	75,7415	75,7532	75,7505	75,7439
12,50	75,8719	75,8708	75,8692	75,8713	75,8867	75,8832	75,8755
15,27	75,9287	75,9268	75,9233	75,9303	75,9484	75,9825	75,9400

Stufe 1	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inklinometer 115							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	7,22E-03	7,45E-03	1,00E-02	9,59E-03	1,18E-02	8,60E-03	9,94E-03	1,22E-02

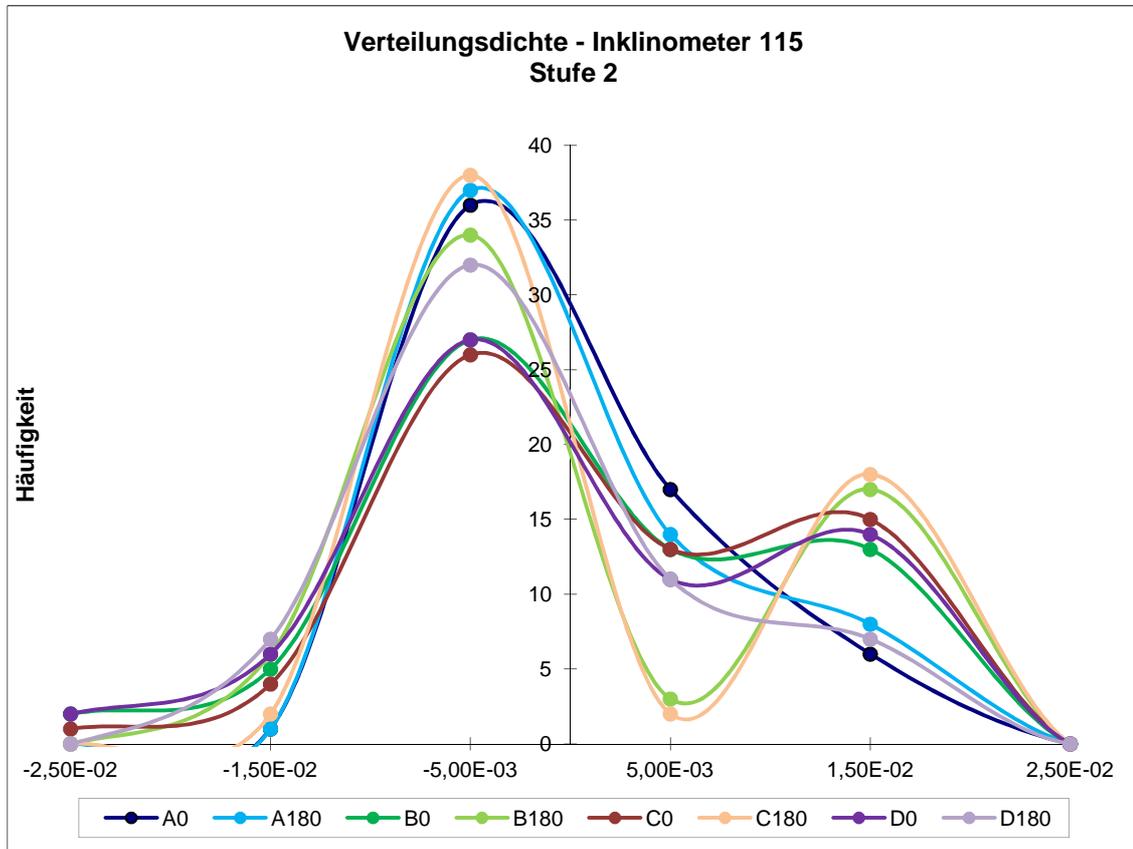


Stufe 2

Stufe 2	Übersicht Messdaten - Inklinometer 115						
	d [mm]						
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	Mittelwert
Messrichtung A - 0							
1,00	76,0396	76,0423	76,0410	76,0440	76,0561	76,0586	76,0469
2,90	76,0859	76,0890	76,0918	76,0940	76,0964	76,1029	76,0933
4,10	75,9917	75,9951	75,9951	76,0013	76,0111	76,0110	76,0009
5,90	75,8260	75,8298	75,8298	75,8281	75,8417	75,8406	75,8327
7,10	75,9472	75,9496	75,9505	75,9534	75,9609	75,9621	75,9540
8,90	75,3341	75,3368	75,3343	75,3360	75,3469	75,3477	75,3393
10,10	75,2513	75,2535	75,2536	75,2555	75,2661	75,2659	75,2577
11,90	75,6358	75,6383	75,6397	75,6392	75,6446	75,6419	75,6399
13,10	75,7471	75,7505	75,7487	75,7524	75,7625	75,7648	75,7543
15,27	75,5738	75,5621	75,5797	75,5819	75,5925	75,5939	75,5807
Messrichtung A - 180							
1,00	76,0339	76,0377	76,0329	76,0332	76,0468	76,0547	76,0399
2,90	76,0639	76,0708	76,0707	76,0753	76,0813	76,0856	76,0746
4,10	75,9523	75,9566	75,9601	75,9631	75,9677	75,9670	75,9611
5,90	75,8188	75,8211	75,8233	75,8252	75,8342	75,8360	75,8264
7,10	75,9236	75,9292	75,9295	75,9304	75,9426	75,9447	75,9333
8,90	75,3129	75,3145	75,3155	75,3177	75,3294	75,3294	75,3199
10,10	75,2619	75,2644	75,2643	75,2678	75,2787	75,2800	75,2695
11,90	75,6529	75,6538	75,6570	75,6575	75,6681	75,6696	75,6598
13,10	75,7652	75,7694	75,7700	75,7720	75,7846	75,7863	75,7746
15,27	75,5613	75,5636	75,5656	75,5689	75,5802	75,5815	75,5702
Messrichtung B - 0							
1,00	75,5507	75,5669	75,5671	75,5713	75,5852	75,5865	75,5713
2,90	75,6317	75,6358	75,6360	75,6387	75,6521	75,6545	75,6415
4,10	75,6784	75,6822	75,6807	75,6839	75,6953	75,6969	75,6862
5,90	75,4278	75,4313	75,4367	75,4365	75,4489	75,4463	75,4379
7,10	75,4217	75,4265	75,4286	75,4302	75,4432	75,4426	75,4321
8,90	76,0492	76,0548	76,0608	76,0632	76,0718	76,0684	76,0614
10,10	76,0679	76,0660	76,0816	76,0816	76,0884	76,0916	76,0795
11,90	75,6602	75,6626	75,6680	75,6665	75,6776	75,6785	75,6689
13,10	75,6003	75,6028	75,6071	75,6094	75,6198	75,6218	75,6102
15,27	76,0626	76,0410	76,0717	76,0749	76,0856	76,0876	76,0706
Messrichtung B - 180							
1,00	75,5400	75,5442	75,5431	75,5484	75,5669	75,5643	75,5512
2,90	75,6281	75,6289	75,6335	75,6328	75,6486	75,6498	75,6370
4,10	75,6736	75,6761	75,6768	75,6789	75,6924	75,6911	75,6815
5,90	75,4289	75,4284	75,4334	75,4348	75,4480	75,4466	75,4367
7,10	75,4134	75,4150	75,4162	75,4183	75,4345	75,4331	75,4218
8,90	76,0939	76,0966	76,0981	76,1023	76,1102	76,1134	76,1024
10,10	76,0887	76,0902	76,1003	76,0972	76,1144	76,1171	76,1013
11,90	75,6532	75,6564	75,6620	75,6616	75,6743	75,6754	75,6638

13,10	75,6206	75,6224	75,6247	75,6267	75,6443	75,6442	75,6305
15,27	76,0375	76,0413	76,0502	76,0513	76,0669	76,0685	76,0526
Messrichtung C - 0							
1,00	75,4921	75,5008	75,4962	75,5009	75,5111	75,5179	75,5032
2,90	75,8940	75,8840	75,8858	75,8907	75,9032	75,9029	75,8934
4,10	75,8022	75,7972	75,7952	75,8003	75,8162	75,8177	75,8048
5,90	75,6672	75,6708	75,6737	75,6771	75,6890	75,6882	75,6777
7,10	75,6854	75,6854	75,6870	75,6898	75,7052	75,7036	75,6927
8,90	75,0991	75,0963	75,0980	75,1007	75,1139	75,1151	75,1039
10,10	75,0164	75,0377	75,0427	75,0428	75,0556	75,0533	75,0414
11,90	75,7772	75,7834	75,7919	75,7903	75,7973	75,7992	75,7899
13,10	75,6888	75,6792	75,6848	75,6888	75,7049	75,7055	75,6920
15,27	75,9225	75,8736	75,9207	75,9207	75,9380	75,9384	75,9190
Messrichtung C - 180							
1,00	75,4768	75,4792	75,4788	75,4823	75,4974	75,4989	75,4856
2,90	75,8691	75,8721	75,8709	75,8780	75,8886	75,8898	75,8781
4,10	75,7696	75,7721	75,7738	75,7747	75,7886	75,7900	75,7781
5,90	75,6694	75,6701	75,6688	75,6764	75,6891	75,6879	75,6770
7,10	75,6653	75,6647	75,6589	75,6680	75,6836	75,6837	75,6707
8,90	75,0994	75,1013	75,1039	75,1064	75,1181	75,1179	75,1078
10,10	75,0488	75,0501	75,0553	75,0547	75,0672	75,0682	75,0574
11,90	75,7897	75,7913	75,7964	75,7948	75,8076	75,8096	75,7982
13,10	75,7171	75,7206	75,7207	75,7270	75,7399	75,7377	75,7272
15,27	75,8761	75,8778	75,8818	75,8830	75,8973	75,8982	75,8857
Messrichtung D - 0							
1,00	76,3337	76,3394	76,3382	76,3451	76,3602	76,3613	76,3463
2,90	75,6135	75,6156	75,6241	75,6192	75,6333	75,6367	75,6237
4,10	75,5959	75,5977	75,5987	75,6019	75,6151	75,6170	75,6044
5,90	76,1806	76,1809	76,1554	76,1871	76,1991	76,1963	76,1832
7,10	76,2159	76,2184	76,2166	76,2172	76,2357	76,2350	76,2231
8,90	75,6654	75,6673	75,6850	75,6711	75,6844	75,6823	75,6759
10,10	75,7559	75,7572	75,7324	75,7638	75,7777	75,7790	75,7610
11,90	75,8133	75,8169	75,8091	75,8178	75,8348	75,8351	75,8212
13,10	75,9006	75,9046	75,9198	75,9074	75,9180	75,9183	75,9115
15,27	75,9327	75,9408	75,9421	75,9418	75,9542	75,9558	75,9446
Messrichtung D - 180							
1,00	76,3280	76,3234	76,3118	76,3173	76,3468	76,3384	76,3276
2,90	75,6272	75,6255	75,6238	75,6293	75,6424	75,6521	75,6334
4,10	75,6258	75,6236	75,6272	75,6286	75,6413	75,6177	75,6274
5,90	76,1817	76,1829	76,1820	76,1842	76,1992	76,1912	76,1869
7,10	76,2211	76,2209	76,2066	76,2169	76,2320	76,2612	76,2265
8,90	75,7143	75,7127	75,7140	75,7144	75,7284	75,7227	75,7177
10,10	75,7756	75,7743	75,7689	75,7750	75,7918	75,7790	75,7774
11,90	75,8196	75,8179	75,8178	75,8184	75,8305	75,8225	75,8211
13,10	75,9184	75,9161	75,9165	75,9153	75,9309	75,9615	75,9265
15,27	75,9371	75,9338	75,9396	75,9382	75,9550	75,9841	75,9480

Stufe 2	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inklinometer 115							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	6,82E-03	7,25E-03	9,59E-03	9,34E-03	1,10E-02	8,49E-03	1,05E-02	1,16E-02



Stufe 3

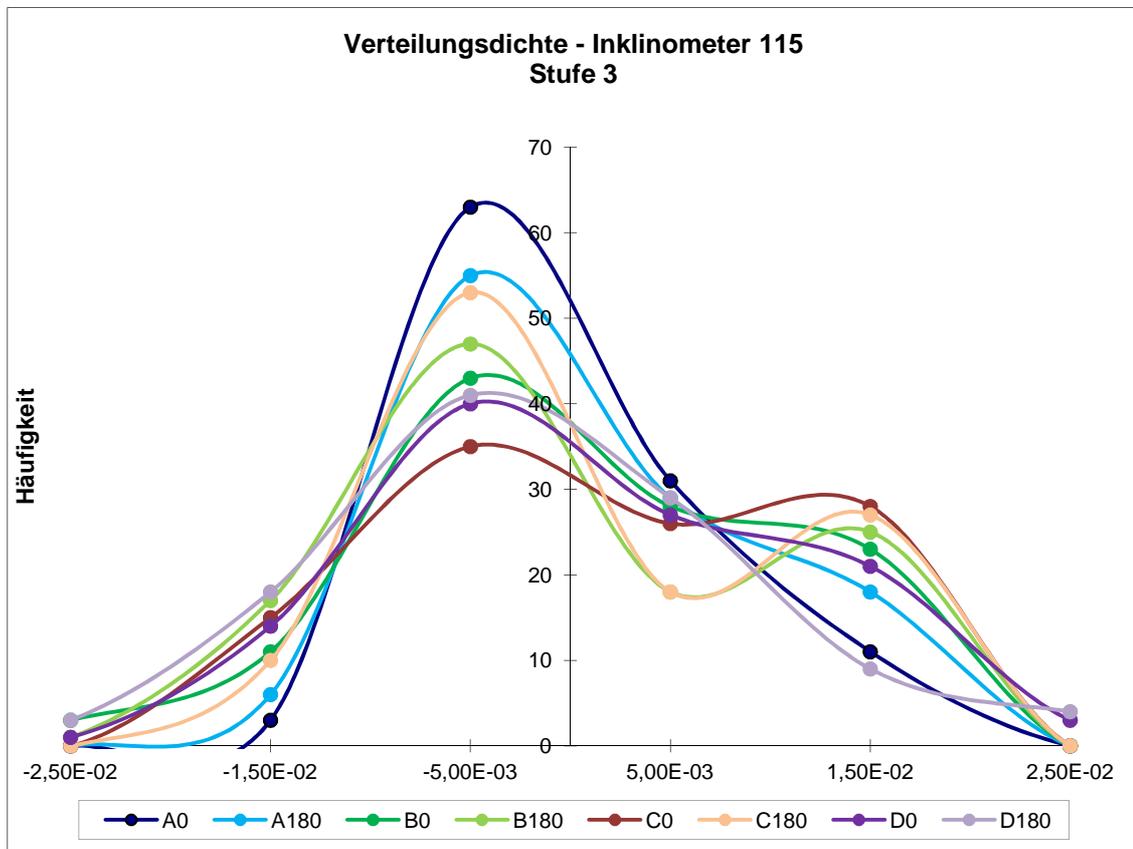
Stufe 3	Übersicht Messdaten - Inklinometer 115						
	d [mm]						
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	Mittelwert
Messrichtung A - 0							
1,00	76,0396	76,0423	76,0410	76,0440	76,0561	76,0586	76,0469
2,60	76,1243	76,1279	76,1330	76,1317	76,1393	76,1357	76,1320
3,20	76,0475	76,0501	76,0507	76,0563	76,0536	76,0698	76,0547
3,80	75,9826	75,9861	75,9894	75,9925	76,0073	76,0098	75,9946
4,40	76,0007	76,0041	76,0007	76,0101	76,0149	76,0122	76,0071
5,60	75,7982	75,8004	75,8044	75,8024	75,8163	75,8161	75,8063
6,20	75,8540	75,8594	75,8553	75,8539	75,8670	75,8649	75,8591
6,80	76,0367	76,0382	76,0424	76,0411	76,0534	76,0602	76,0453
7,40	75,8579	75,8610	75,8587	75,8657	75,8684	75,8640	75,8626
8,60	75,3282	75,3303	75,3283	75,3296	75,3383	75,3361	75,3318
9,20	75,3400	75,3433	75,3403	75,3424	75,3553	75,3593	75,3468
9,80	75,2462	75,2468	75,2482	75,2501	75,2616	75,2577	75,2518
10,40	75,2565	75,2602	75,2590	75,2609	75,2706	75,2741	75,2636
11,60	75,6376	75,6409	75,6452	75,6436	75,6407	75,6431	75,6419
12,20	75,6340	75,6354	75,6344	75,6348	75,6473	75,6400	75,6377
12,80	75,7088	75,7120	75,7140	75,7120	75,7229	75,7180	75,7146
13,40	75,7854	75,7891	75,7835	75,7926	75,8022	75,8117	75,7941
15,27	75,5738	75,5621	75,5797	75,5819	75,5925	75,5939	75,5807
Messrichtung A - 180							
1,00	76,0339	76,0377	76,0329	76,0332	76,0468	76,0547	76,0399
2,60	76,0990	76,1119	76,1122	76,1191	76,1183	76,1279	76,1147
3,20	76,0288	76,0298	76,0294	76,0316	76,0444	76,0431	76,0345
3,80	75,9448	75,9444	75,9597	75,9586	75,9598	75,9665	75,9556
4,40	75,9599	75,9687	75,9607	75,9676	75,9758	75,9675	75,9667
5,60	75,7634	75,7698	75,7730	75,7698	75,7779	75,7854	75,7732
6,20	75,8743	75,8726	75,8736	75,8807	75,8905	75,8864	75,8797
6,80	75,9957	76,0072	76,0105	76,0115	76,0151	76,0217	76,0103
7,40	75,8515	75,8513	75,8485	75,8493	75,8701	75,8678	75,8564
8,60	75,2986	75,3035	75,2981	75,3060	75,3169	75,3198	75,3072
9,20	75,3272	75,3255	75,3327	75,3294	75,3419	75,3389	75,3326
9,80	75,2648	75,2739	75,2741	75,2791	75,2865	75,2939	75,2787
10,40	75,2591	75,2550	75,2546	75,2564	75,2709	75,2663	75,2604
11,60	75,6588	75,6597	75,6564	75,6621	75,6774	75,6751	75,6649
12,20	75,6469	75,6479	75,6575	75,6528	75,6588	75,6640	75,6547
12,80	75,7409	75,7453	75,7393	75,7436	75,7564	75,7580	75,7473
13,40	75,7896	75,7935	75,8006	75,8004	75,8130	75,8144	75,8019
15,27	75,5613	75,5636	75,5656	75,5689	75,5802	75,5815	75,5702
Messrichtung B - 0							
1,00	75,5507	75,5669	75,5671	75,5713	75,5852	75,5865	75,5713
2,60	75,6301	75,6359	75,6285	75,6315	75,6487	75,6536	75,6381
3,20	75,6333	75,6357	75,6434	75,6454	75,6554	75,6554	75,6448

3,80	75,6812	75,6908	75,6833	75,6877	75,7007	75,7027	75,6911
4,40	75,6758	75,6736	75,6779	75,6802	75,6900	75,6915	75,6815
5,60	75,4257	75,4278	75,4229	75,4227	75,4390	75,4370	75,4292
6,20	75,4301	75,4349	75,4503	75,4505	75,4588	75,4552	75,4466
6,80	75,3885	75,3948	75,3881	75,3907	75,4079	75,4084	75,3964
7,40	75,4550	75,4583	75,4691	75,4696	75,4782	75,4768	75,4678
8,60	76,0608	76,0637	76,0679	76,0723	76,0826	76,0858	76,0722
9,20	76,0377	76,0460	76,0537	76,0541	76,0609	76,0511	76,0506
9,80	76,1205	76,1095	76,1142	76,1187	76,1333	76,1415	76,1230
10,40	76,0153	76,0223	76,0494	76,0444	76,0436	76,0415	76,0361
11,60	75,6636	75,6648	75,6777	75,6760	75,6827	75,6824	75,6745
12,20	75,6568	75,6603	75,6584	75,6570	75,6726	75,6747	75,6633
12,80	75,6227	75,6254	75,6246	75,6295	75,6380	75,6399	75,6300
13,40	75,5778	75,5801	75,5895	75,5896	75,6014	75,6037	75,5904
15,27	76,0626	76,0410	76,0717	76,0749	76,0856	76,0876	76,0706
Messrichtung B - 180							
1,00	75,5400	75,5442	75,5431	75,5484	75,5669	75,5643	75,5512
2,60	75,6224	75,6235	75,6208	75,6249	75,6379	75,6356	75,6275
3,20	75,6336	75,6343	75,6461	75,6408	75,6591	75,6641	75,6463
3,80	75,6757	75,6778	75,6785	75,6818	75,6901	75,6886	75,6821
4,40	75,6716	75,6745	75,6751	75,6761	75,6949	75,6936	75,6810
5,60	75,4254	75,4267	75,4204	75,4230	75,4416	75,4313	75,4281
6,20	75,4324	75,4300	75,4463	75,4466	75,4545	75,4617	75,4453
6,80	75,3958	75,4002	75,3923	75,3977	75,4135	75,4062	75,4010
7,40	75,4310	75,4298	75,4402	75,4389	75,4556	75,4600	75,4426
8,60	76,0965	76,0968	76,0923	76,0963	76,1107	76,1136	76,1010
9,20	76,0913	76,0963	76,1039	76,1083	76,1098	76,1134	76,1038
9,80	76,1271	76,1265	76,1200	76,1187	76,1451	76,1422	76,1299
10,40	76,0503	76,0538	76,0806	76,0757	76,0838	76,0921	76,0727
11,60	75,6553	75,6566	75,6662	75,6627	75,6790	75,6808	75,6668
12,20	75,6511	75,6561	75,6579	75,6605	75,6697	75,6701	75,6609
12,80	75,6459	75,6465	75,6451	75,6408	75,6682	75,6660	75,6521
13,40	75,5954	75,5983	75,6042	75,6128	75,6205	75,6224	75,6089
15,27	76,0375	76,0413	76,0502	76,0513	76,0669	76,0685	76,0526
Messrichtung C - 0							
1,00	75,4921	75,5008	75,4962	75,5009	75,5111	75,5179	75,5032
2,60	75,9275	75,9344	75,9299	75,9343	75,9504	75,9532	75,9383
3,20	75,8299	75,8336	75,8415	75,8471	75,8561	75,8527	75,8435
3,80	75,7757	75,7761	75,7605	75,7736	75,7875	75,7884	75,7770
4,40	75,8243	75,8181	75,8297	75,8270	75,8452	75,8470	75,8319
5,60	75,6545	75,6666	75,6612	75,6710	75,6897	75,6893	75,6720
6,20	75,6800	75,6750	75,6859	75,6833	75,6883	75,6872	75,6833
6,80	75,6637	75,6707	75,6556	75,6643	75,6858	75,6888	75,6715
7,40	75,7045	75,7003	75,7181	75,7159	75,7243	75,7185	75,7136
8,60	75,0912	75,0794	75,0789	75,0893	75,1075	75,1097	75,0927
9,20	75,1060	75,1132	75,1173	75,1121	75,1203	75,1205	75,1149
9,80	75,0123	75,0227	75,0192	75,0295	75,0375	75,0399	75,0269

10,40	75,0207	75,0527	75,0663	75,0558	75,0734	75,0670	75,0560
11,60	75,8093	75,7755	75,7965	75,7938	75,7953	75,7994	75,7950
12,20	75,7495	75,7913	75,7875	75,7869	75,7993	75,7988	75,7856
12,80	75,6609	75,6824	75,6592	75,6719	75,6835	75,6843	75,6737
13,40	75,7203	75,6760	75,7105	75,7057	75,7263	75,7268	75,7109
15,27	75,9225	75,8736	75,9207	75,9207	75,9380	75,9384	75,9190
Messrichtung C - 180							
1,00	75,4768	75,4792	75,4788	75,4823	75,4974	75,4989	75,4856
2,60	75,9190	75,9223	75,9162	75,9234	75,9351	75,9399	75,9260
3,20	75,8192	75,8218	75,8255	75,8327	75,8421	75,8397	75,8302
3,80	75,7549	75,7562	75,7598	75,7534	75,7710	75,7743	75,7616
4,40	75,7842	75,7879	75,7880	75,7960	75,8063	75,8056	75,7947
5,60	75,6495	75,6458	75,6428	75,6550	75,6671	75,6722	75,6554
6,20	75,6894	75,6944	75,6948	75,6983	75,7110	75,7036	75,6986
6,80	75,6477	75,6488	75,6481	75,6498	75,6652	75,6699	75,6549
7,40	75,6829	75,6807	75,6686	75,6864	75,7017	75,6972	75,6863
8,60	75,0739	75,0751	75,0754	75,0833	75,0930	75,0947	75,0826
9,20	75,1249	75,1278	75,1324	75,1295	75,1433	75,1413	75,1332
9,80	75,0389	75,0353	75,0388	75,0420	75,0539	75,0577	75,0444
10,40	75,0586	75,0650	75,0724	75,0674	75,0806	75,0787	75,0705
11,60	75,7846	75,7897	75,7860	75,8011	75,8095	75,8093	75,7967
12,20	75,7950	75,7929	75,8073	75,7886	75,8059	75,8102	75,8000
12,80	75,7051	75,7077	75,6990	75,7190	75,7279	75,7255	75,7140
13,40	75,7291	75,7335	75,7422	75,7349	75,7520	75,7499	75,7403
15,27	75,8761	75,8778	75,8818	75,8830	75,8973	75,8982	75,8857
Messrichtung D - 0							
1,00	76,3337	76,3394	76,3382	76,3451	76,3602	76,3613	76,3463
2,60	75,6469	75,6414	75,6489	75,6433	75,6586	75,6629	75,6503
3,20	75,5801	75,5896	75,5994	75,5952	75,6080	75,6106	75,5972
3,80	75,6039	75,6045	75,6047	75,6031	75,6222	75,6161	75,6091
4,40	75,5878	75,5909	75,5925	75,6005	75,6080	75,6182	75,5997
5,60	76,1679	76,1632	76,1336	76,1696	76,1820	76,1828	76,1665
6,20	76,1932	76,1987	76,1772	76,2042	76,2163	76,2093	76,1998
6,80	76,2493	76,2528	76,2621	76,2382	76,2707	76,2746	76,2580
7,40	76,1826	76,1838	76,1709	76,1963	76,2008	76,1953	76,1883
8,60	75,6894	75,6897	75,7200	75,6927	75,7086	75,7091	75,7016
9,20	75,6414	75,6449	75,6494	75,6493	75,6601	75,6555	75,6501
9,80	75,7859	75,7822	75,7245	75,7873	75,8020	75,8100	75,7820
10,40	75,7260	75,7322	75,7401	75,7403	75,7535	75,7480	75,7400
11,60	75,8273	75,8387	75,8337	75,8387	75,8531	75,8550	75,8411
12,20	75,7992	75,7951	75,7845	75,7968	75,8164	75,8150	75,8012
12,80	75,9231	75,9258	75,9205	75,9398	75,9417	75,9414	75,9321
13,40	75,8781	75,8835	75,9195	75,8749	75,8943	75,8955	75,8910
15,27	75,9327	75,9408	75,9421	75,9418	75,9542	75,9558	75,9446
Messrichtung D - 180							
1,00	76,3280	76,3234	76,3118	76,3173	76,3468	76,3384	76,3276
2,60	75,6478	75,6502	75,6485	75,6550	75,6688	75,6902	75,6601

3,20	75,6065	75,6008	75,5989	75,6036	75,6161	75,6159	75,6070
3,80	75,6353	75,6355	75,6420	75,6385	75,6513	75,6382	75,6401
4,40	75,6161	75,6115	75,6123	75,6186	75,6313	75,5993	75,6148
5,60	76,1810	76,1819	76,1801	76,1839	76,2027	76,1580	76,1813
6,20	76,1826	76,1839	76,1840	76,1846	76,1957	76,2208	76,1919
6,80	76,2737	76,2736	76,2625	76,2741	76,2920	76,3746	76,2918
7,40	76,1688	76,1680	76,1510	76,1597	76,1723	76,1422	76,1603
8,60	75,7367	75,7324	75,7286	75,7429	75,7524	75,7436	75,7394
9,20	75,6918	75,6931	75,6996	75,6859	75,7043	75,7015	75,6960
9,80	75,7775	75,7756	75,7654	75,7833	75,7974	75,8063	75,7842
10,40	75,7737	75,7731	75,7724	75,7668	75,7863	75,7483	75,7701
11,60	75,8266	75,8208	75,8108	75,8276	75,8301	75,8288	75,8241
12,20	75,8125	75,8150	75,8246	75,8091	75,8308	75,8152	75,8179
12,80	75,9326	75,9269	75,9323	75,9306	75,9466	75,9661	75,9392
13,40	75,9042	75,9054	75,9011	75,9002	75,9155	75,9570	75,9139
15,27	75,9371	75,9338	75,9396	75,9382	75,9550	75,9841	75,9480

Stufe 3	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inclinometer 115							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	6,92E-03	7,70E-03	9,61E-03	9,89E-03	1,23E-02	8,95E-03	1,24E-02	1,47E-02



Stufe 4

Stufe 4	Übersicht Messdaten - Inklinometer 115						
	d [mm]						
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	Mittelwert
Messrichtung A - 0							
1,00	76,0396	76,0423	76,0410	76,0440	76,0561	76,0586	76,0469
2,45	76,1097	76,1150	76,1227	76,1140	76,1226	76,1104	76,1157
2,75	76,1388	76,1409	76,1434	76,1494	76,1559	76,1610	76,1482
3,05	76,0892	76,0962	76,0958	76,1025	76,1013	76,1215	76,1011
3,35	76,0060	76,0040	76,0056	76,0102	76,0058	76,0182	76,0083
3,65	75,9828	75,9925	76,0004	75,9957	76,0170	75,9914	75,9966
3,95	75,9824	75,9796	75,9785	75,9893	75,9977	76,0282	75,9926
4,25	75,9693	75,9784	75,9750	75,9824	75,9848	75,9757	75,9776
4,55	76,0321	76,0298	76,0265	76,0379	76,0452	76,0485	76,0367
5,45	75,7550	75,7549	75,7518	75,7508	75,7578	75,7608	75,7552
5,75	75,8412	75,8461	75,8571	75,8540	75,8749	75,8714	75,8575
6,05	75,8307	75,8343	75,8287	75,8312	75,8383	75,8458	75,8348
6,35	75,8773	75,8844	75,8817	75,8769	75,8958	75,8838	75,8833
6,65	75,9753	75,9748	75,9746	75,9849	75,9979	75,9861	75,9823
6,95	76,0981	76,1018	76,1103	76,0974	76,1092	76,1345	76,1086
7,25	75,9127	75,9187	75,9153	75,9269	75,9265	75,9131	75,9189
7,55	75,8029	75,8032	75,8020	75,8045	75,8100	75,8143	75,8062
8,45	75,3182	75,3205	75,3181	75,3212	75,3230	75,3251	75,3210
8,75	75,3380	75,3400	75,3385	75,3380	75,3540	75,3470	75,3426
9,05	75,3333	75,3366	75,3360	75,3369	75,3570	75,3561	75,3427
9,35	75,3467	75,3499	75,3446	75,3480	75,3538	75,3625	75,3509
9,65	75,2952	75,2943	75,2950	75,2996	75,3005	75,2968	75,2969
9,95	75,1971	75,1996	75,2013	75,2004	75,2228	75,2188	75,2067
10,25	75,2451	75,2489	75,2496	75,2522	75,2646	75,2690	75,2549
10,55	75,2680	75,2714	75,2683	75,2696	75,2768	75,2791	75,2722
11,45	75,6472	75,6470	75,6504	75,6537	75,6528	75,6614	75,6521
11,75	75,6278	75,6348	75,6400	75,6332	75,6283	75,6248	75,6315
12,05	75,6210	75,6202	75,6205	75,6167	75,6310	75,6080	75,6196
12,35	75,6469	75,6499	75,6483	75,6531	75,6635	75,6719	75,6556
12,65	75,7255	75,7297	75,7295	75,7298	75,7385	75,7360	75,7315
12,95	75,6923	75,6943	75,6984	75,6942	75,7072	75,6998	75,6977
13,25	75,7868	75,7887	75,7918	75,7922	75,8135	75,8202	75,7989
13,55	75,7840	75,7896	75,7752	75,7929	75,7907	75,8030	75,7892
15,27	75,5738	75,5621	75,5797	75,5819	75,5925	75,5939	75,5807
Messrichtung A - 180							
1,00	76,0339	76,0377	76,0329	76,0332	76,0468	76,0547	76,0399
2,45	76,0886	76,1088	76,1102	76,1047	76,1110	76,1296	76,1088
2,75	76,1094	76,1151	76,1140	76,1331	76,1256	76,1260	76,1205
3,05	76,0604	76,0594	76,0631	76,0614	76,0700	76,0808	76,0659
3,35	75,9972	76,0001	75,9957	76,0018	76,0189	76,0051	76,0031
3,65	75,9465	75,9586	75,9729	75,9679	75,9640	75,9766	75,9644

3,95	75,9431	75,9303	75,9464	75,9493	75,9557	75,9562	75,9468
4,25	75,9406	75,9445	75,9367	75,9426	75,9534	75,9473	75,9442
4,55	75,9792	75,9929	75,9846	75,9927	75,9983	75,9878	75,9893
5,45	75,6824	75,6925	75,6842	75,6904	75,7038	75,7027	75,6927
5,75	75,8444	75,8469	75,8617	75,8491	75,8520	75,8680	75,8537
6,05	75,8460	75,8414	75,8497	75,8539	75,8686	75,8540	75,8523
6,35	75,9027	75,9039	75,8975	75,9078	75,9125	75,9191	75,9073
6,65	75,9821	75,9840	75,9620	75,9704	75,9895	75,9881	75,9794
6,95	76,0094	76,0308	76,0596	76,0527	76,0409	76,0553	76,0415
7,25	75,8629	75,8636	75,8668	75,8645	75,9003	75,8888	75,8745
7,55	75,8397	75,8389	75,8295	75,8338	75,8396	75,8466	75,8380
8,45	75,3049	75,3018	75,2935	75,3014	75,3201	75,3150	75,3061
8,75	75,2921	75,3053	75,3028	75,3105	75,3137	75,3241	75,3081
9,05	75,3021	75,3056	75,3205	75,3123	75,3221	75,3237	75,3144
9,35	75,3522	75,3454	75,3448	75,3465	75,3616	75,3543	75,3508
9,65	75,3094	75,3178	75,3082	75,3185	75,3330	75,3368	75,3206
9,95	75,2205	75,2299	75,2397	75,2393	75,2400	75,2508	75,2367
10,25	75,2481	75,2488	75,2575	75,2556	75,2707	75,2623	75,2572
10,55	75,2698	75,2608	75,2517	75,2572	75,2712	75,2706	75,2636
11,45	75,6580	75,6556	75,6616	75,6668	75,6808	75,6735	75,6661
11,75	75,6595	75,6638	75,6514	75,6573	75,6740	75,6766	75,6638
12,05	75,6205	75,6297	75,6397	75,6349	75,6374	75,6510	75,6355
12,35	75,6741	75,6661	75,6751	75,6708	75,6801	75,6768	75,6738
12,65	75,7601	75,7600	75,7543	75,7618	75,7764	75,7719	75,7641
12,95	75,7216	75,7304	75,7243	75,7253	75,7364	75,7439	75,7303
13,25	75,8129	75,8169	75,8293	75,8203	75,8283	75,8387	75,8244
13,55	75,7659	75,7701	75,7720	75,7805	75,7980	75,7893	75,7793
15,27	75,5613	75,5636	75,5656	75,5689	75,5802	75,5815	75,5702
Messrichtung B - 0							
1,00	75,5507	75,5669	75,5671	75,5713	75,5852	75,5865	75,5713
2,45	75,6484	75,6529	75,6426	75,6412	75,6663	75,6699	75,6536
2,75	75,6118	75,6190	75,6145	75,6219	75,6311	75,6372	75,6226
3,05	75,6037	75,6084	75,6263	75,6254	75,6310	75,6297	75,6208
3,35	75,6631	75,6632	75,6606	75,6654	75,6797	75,6810	75,6688
3,65	75,6811	75,6917	75,6705	75,6782	75,6924	75,6928	75,6845
3,95	75,6814	75,6897	75,6961	75,6974	75,7091	75,7125	75,6977
4,25	75,6969	75,6865	75,7069	75,7039	75,7135	75,7134	75,7035
4,55	75,6547	75,6606	75,6491	75,6564	75,6665	75,6697	75,6595
5,45	75,4572	75,4571	75,4637	75,4607	75,4739	75,4617	75,4624
5,75	75,3942	75,3985	75,3824	75,3848	75,4040	75,4118	75,3960
6,05	75,3859	75,3887	75,4026	75,4007	75,4131	75,4112	75,4004
6,35	75,4743	75,4813	75,4979	75,5006	75,5044	75,4992	75,4930
6,65	75,4226	75,4313	75,4174	75,4232	75,4388	75,4375	75,4285
6,95	75,3542	75,3581	75,3584	75,3583	75,3770	75,3793	75,3642
7,25	75,4831	75,4820	75,5056	75,5042	75,5068	75,5061	75,4980
7,55	75,4271	75,4343	75,4325	75,4349	75,4494	75,4479	75,4377
8,45	76,1010	76,0980	76,1129	76,1237	76,1198	76,1138	76,1115

8,75	76,0206	76,0303	76,0227	76,0208	76,0452	76,0579	76,0329
9,05	76,1044	76,1135	76,1146	76,1107	76,1191	76,1176	76,1133
9,35	75,9711	75,9786	75,9928	75,9976	76,0031	75,9847	75,9880
9,65	76,0830	76,0652	76,1028	76,1079	76,1173	76,1249	76,1002
9,95	76,1581	76,1536	76,1255	76,1296	76,1502	76,1579	76,1458
10,25	76,0143	76,0267	76,0459	76,0407	76,0379	76,0349	76,0334
10,55	76,0164	76,0180	76,0528	76,0480	76,0491	76,0481	76,0387
11,45	75,6406	75,6445	75,6668	75,6581	75,6653	75,6639	75,6565
11,75	75,6874	75,6851	75,6886	75,6938	75,6996	75,7011	75,6926
12,05	75,6681	75,6755	75,6583	75,6615	75,6829	75,6860	75,6721
12,35	75,6454	75,6452	75,6583	75,6526	75,6622	75,6632	75,6545
12,65	75,5890	75,5869	75,6044	75,6084	75,6093	75,6096	75,6013
12,95	75,6564	75,6640	75,6447	75,6505	75,6668	75,6698	75,6587
13,25	75,5844	75,5894	75,5880	75,5889	75,6038	75,6084	75,5938
13,55	75,5712	75,5707	75,5911	75,5904	75,5999	75,5990	75,5871
15,27	76,0626	76,0410	76,0717	76,0749	76,0856	76,0876	76,0706
Messrichtung B - 180							
1,00	75,5400	75,5442	75,5431	75,5484	75,5669	75,5643	75,5512
2,45	75,6446	75,6436	75,6328	75,6447	75,6635	75,6566	75,6476
2,75	75,6003	75,6032	75,6088	75,6050	75,6125	75,6146	75,6074
3,05	75,5970	75,5982	75,6111	75,6095	75,6232	75,6305	75,6116
3,35	75,6702	75,6703	75,6807	75,6721	75,6951	75,6977	75,6810
3,65	75,6853	75,6878	75,6810	75,6841	75,7002	75,6910	75,6882
3,95	75,6660	75,6677	75,6759	75,6795	75,6802	75,6861	75,6759
4,25	75,6752	75,6795	75,6918	75,6924	75,7064	75,7127	75,6930
4,55	75,6682	75,6696	75,6588	75,6598	75,6834	75,6747	75,6691
5,45	75,4605	75,4609	75,4586	75,4575	75,4810	75,4716	75,4650
5,75	75,3903	75,3915	75,3824	75,3886	75,4021	75,3910	75,3910
6,05	75,3969	75,3974	75,4157	75,4143	75,4178	75,4272	75,4116
6,35	75,4679	75,4626	75,4769	75,4787	75,4907	75,4961	75,4788
6,65	75,4626	75,4731	75,4410	75,4545	75,4774	75,4649	75,4623
6,95	75,3289	75,3277	75,3435	75,3408	75,3494	75,3476	75,3397
7,25	75,4320	75,4297	75,4448	75,4437	75,4481	75,4563	75,4424
7,55	75,4300	75,4298	75,4355	75,4341	75,4629	75,4636	75,4427
8,45	76,1324	76,1315	76,1423	76,1543	76,1549	76,1590	76,1457
8,75	76,0607	76,0620	76,0423	76,0382	76,0664	76,0682	76,0563
9,05	76,1293	76,1339	76,1450	76,1583	76,1663	76,1574	76,1484
9,35	76,0534	76,0590	76,0623	76,0581	76,0533	76,0693	76,0592
9,65	76,0984	76,0925	76,1118	76,0958	76,1317	76,1349	76,1109
9,95	76,1558	76,1606	76,1279	76,1419	76,1582	76,1489	76,1489
10,25	76,0607	76,0622	76,0847	76,0803	76,0804	76,0737	76,0737
10,55	76,0399	76,0453	76,0765	76,0713	76,0873	76,1108	76,0719
11,45	75,6348	75,6336	75,6552	75,6515	75,6622	75,6629	75,6500
11,75	75,6755	75,6793	75,6772	75,6737	75,6958	75,6993	75,6835
12,05	75,6587	75,6617	75,6553	75,6583	75,6752	75,6632	75,6621
12,35	75,6433	75,6506	75,6603	75,6628	75,6643	75,6770	75,6597
12,65	75,6243	75,6154	75,6249	75,6232	75,6439	75,6435	75,6292

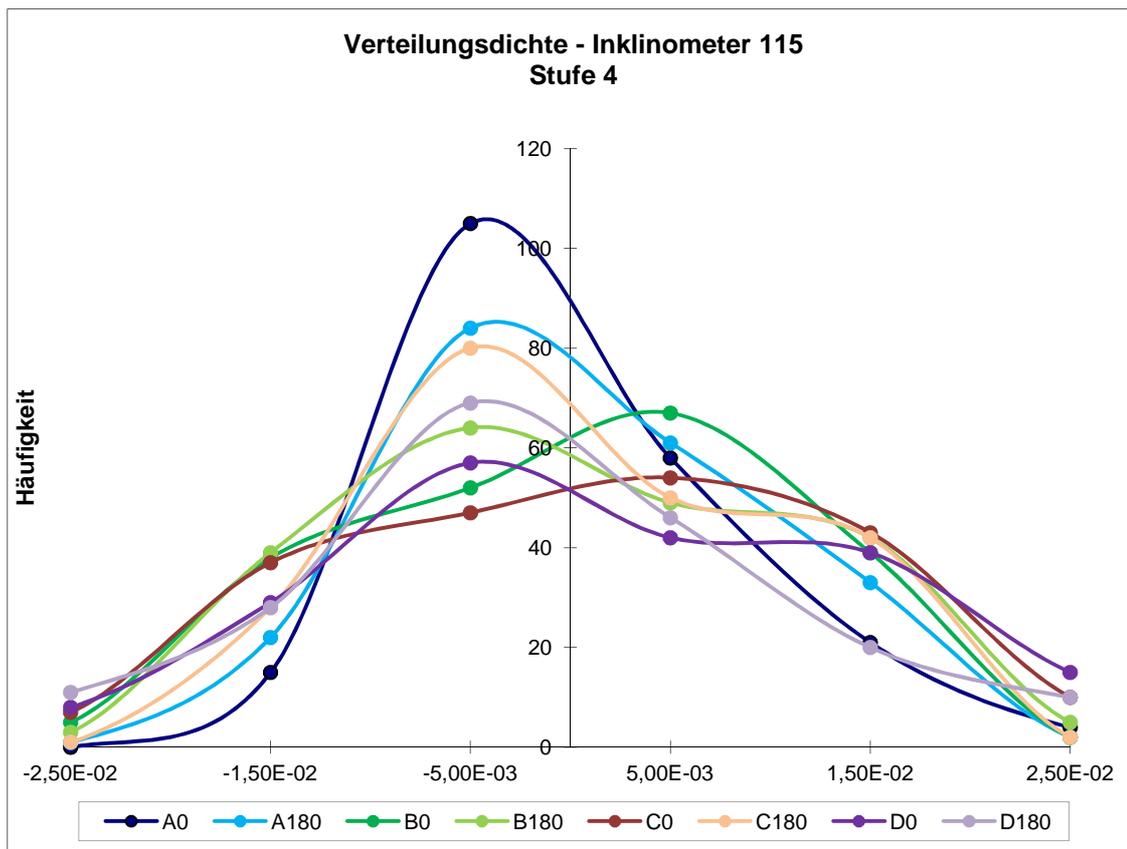
12,95	75,6675	75,6775	75,6654	75,6583	75,6925	75,6886	75,6750
13,25	75,5965	75,6002	75,5944	75,6089	75,6156	75,6066	75,6037
13,55	75,5942	75,5965	75,6140	75,6166	75,6254	75,6381	75,6141
15,27	76,0375	76,0413	76,0502	76,0513	76,0669	76,0685	76,0526
Messrichtung C - 0							
1,00	75,4921	75,5008	75,4962	75,5009	75,5111	75,5179	75,5032
2,45	75,9344	75,9267	75,9320	75,9338	75,9578	75,9577	75,9404
2,75	75,9226	75,9423	75,9278	75,9348	75,9430	75,9487	75,9365
3,05	75,8621	75,8561	75,8593	75,8658	75,8739	75,8617	75,8631
3,35	75,8059	75,8111	75,8236	75,8283	75,8383	75,8438	75,8252
3,65	75,7847	75,7674	75,7562	75,7712	75,7913	75,7934	75,7774
3,95	75,7675	75,7848	75,7643	75,7762	75,7837	75,7835	75,7767
4,25	75,7840	75,7919	75,8157	75,8027	75,8176	75,8156	75,8046
4,55	75,8554	75,8436	75,8435	75,8512	75,8728	75,8783	75,8575
5,45	75,6873	75,6824	75,6937	75,6984	75,7144	75,7122	75,6981
5,75	75,6055	75,6509	75,6286	75,6433	75,6647	75,6664	75,6432
6,05	75,6732	75,6689	75,6674	75,6654	75,6700	75,6774	75,6704
6,35	75,6862	75,6812	75,7042	75,7011	75,7067	75,6970	75,6961
6,65	75,6297	75,6435	75,6448	75,6465	75,6622	75,6686	75,6492
6,95	75,6954	75,6980	75,6665	75,6820	75,7094	75,7091	75,6934
7,25	75,7057	75,7165	75,7372	75,7278	75,7309	75,7304	75,7248
7,55	75,7030	75,6839	75,6991	75,7039	75,7176	75,7066	75,7024
8,45	75,0456	75,0418	75,0510	75,0590	75,0729	75,0700	75,0567
8,75	75,1510	75,1170	75,1069	75,1196	75,1421	75,1497	75,1311
9,05	75,1117	75,1370	75,1236	75,1233	75,1388	75,1371	75,1286
9,35	75,0969	75,0895	75,1112	75,1009	75,1021	75,1038	75,1007
9,65	75,0149	75,0232	75,0293	75,0361	75,0396	75,0403	75,0306
9,95	75,0106	75,0219	75,0097	75,0227	75,0353	75,0392	75,0232
10,25	74,9937	75,0422	75,0513	75,0260	75,0575	75,0483	75,0365
10,55	75,0605	75,0630	75,0809	75,0855	75,0894	75,0863	75,0776
11,45	75,8488	75,7824	75,8084	75,7956	75,7869	75,7899	75,8020
11,75	75,7705	75,7686	75,7847	75,7916	75,8037	75,8088	75,7880
12,05	75,7944	75,8050	75,7782	75,7978	75,8266	75,8174	75,8032
12,35	75,7027	75,7774	75,7967	75,7760	75,7718	75,7803	75,7675
12,65	75,6763	75,7047	75,6910	75,6972	75,6952	75,6960	75,6934
12,95	75,6491	75,6601	75,6273	75,6466	75,6715	75,6732	75,6546
13,25	75,6933	75,6408	75,6538	75,6513	75,6706	75,6751	75,6642
13,55	75,7493	75,7112	75,7667	75,7610	75,7816	75,7782	75,7580
15,27	75,9225	75,8736	75,9207	75,9207	75,9380	75,9384	75,9190
Messrichtung C - 180							
1,00	75,4768	75,4792	75,4788	75,4823	75,4974	75,4989	75,4856
2,45	75,9223	75,9196	75,9089	75,9343	75,9418	75,9441	75,9285
2,75	75,9156	75,9249	75,9236	75,9126	75,9283	75,9356	75,9234
3,05	75,8328	75,8329	75,8437	75,8458	75,8541	75,8479	75,8429
3,35	75,8055	75,8108	75,8075	75,8197	75,8302	75,8316	75,8176
3,65	75,7632	75,7581	75,7565	75,7592	75,7765	75,7843	75,7663
3,95	75,7467	75,7542	75,7627	75,7473	75,7655	75,7643	75,7568

4,25	75,7554	75,7622	75,7632	75,7682	75,7816	75,7782	75,7681
4,55	75,8132	75,8138	75,8127	75,8239	75,8309	75,8333	75,8213
5,45	75,6492	75,6473	75,6439	75,6628	75,6699	75,6744	75,6579
5,75	75,6497	75,6442	75,6415	75,6473	75,6642	75,6697	75,6528
6,05	75,6914	75,6972	75,7045	75,6921	75,7087	75,7071	75,7002
6,35	75,6874	75,6914	75,6849	75,7045	75,7134	75,7000	75,6969
6,65	75,6633	75,6593	75,6460	75,6628	75,6784	75,6882	75,6663
6,95	75,6322	75,6383	75,6508	75,6368	75,6522	75,6518	75,6437
7,25	75,6389	75,6392	75,6392	75,6449	75,6531	75,6475	75,6438
7,55	75,7270	75,7222	75,6988	75,7277	75,7503	75,7473	75,7289
8,45	75,0482	75,0509	75,0586	75,0652	75,0698	75,0694	75,0604
8,75	75,0997	75,0994	75,0927	75,1013	75,1161	75,1201	75,1049
9,05	75,1319	75,1257	75,1277	75,1252	75,1385	75,1413	75,1317
9,35	75,1178	75,1298	75,1378	75,1338	75,1479	75,1414	75,1348
9,65	75,0558	75,0538	75,0671	75,0647	75,0705	75,0756	75,0646
9,95	75,0218	75,0171	75,0113	75,0191	75,0373	75,0393	75,0243
10,25	75,0509	75,0590	75,0778	75,0541	75,0741	75,0728	75,0648
10,55	75,0664	75,0709	75,0674	75,0807	75,0870	75,0846	75,0762
11,45	75,7828	75,7851	75,7868	75,7918	75,8065	75,8014	75,7924
11,75	75,7866	75,7943	75,7854	75,8103	75,8126	75,8172	75,8011
12,05	75,8145	75,8079	75,8176	75,8032	75,8225	75,8294	75,8159
12,35	75,7755	75,7779	75,7973	75,7740	75,7892	75,7910	75,7842
12,65	75,7290	75,7368	75,7285	75,7573	75,7607	75,7514	75,7440
12,95	75,6812	75,6785	75,6697	75,6807	75,6950	75,6996	75,6841
13,25	75,6890	75,6870	75,6931	75,6829	75,7046	75,7034	75,6933
13,55	75,7691	75,7801	75,7913	75,7871	75,7991	75,7966	75,7872
15,27	75,8761	75,8778	75,8818	75,8830	75,8973	75,8982	75,8857
Messrichtung D - 0							
1,00	76,3337	76,3394	76,3382	76,3451	76,3602	76,3613	76,3463
2,45	75,6578	75,6515	75,6351	75,6569	75,6664	75,6775	75,6575
2,75	75,6360	75,6314	75,6627	75,6298	75,6509	75,6484	75,6432
3,05	75,6254	75,6396	75,6493	75,6422	75,6555	75,6570	75,6448
3,35	75,5348	75,5395	75,5495	75,5478	75,5605	75,5641	75,5494
3,65	75,6088	75,6034	75,5759	75,6036	75,6197	75,6266	75,6063
3,95	75,5991	75,6055	75,6340	75,6023	75,6248	75,6057	75,6119
4,25	75,5990	75,6081	75,5888	75,6218	75,6265	75,6372	75,6136
4,55	75,5766	75,5735	75,5963	75,5790	75,5895	75,5990	75,5857
5,45	76,1311	76,1243	76,1048	76,1501	76,1487	76,1446	76,1339
5,75	76,2047	76,2020	76,1626	76,1888	76,2154	76,2208	76,1991
6,05	76,1665	76,1774	76,2022	76,1753	76,1988	76,1970	76,1862
6,35	76,2198	76,2200	76,1517	76,2334	76,2337	76,2223	76,2135
6,65	76,2613	76,2552	76,2560	76,2720	76,2776	76,2842	76,2677
6,95	76,2372	76,2500	76,2674	76,2046	76,2636	76,2648	76,2479
7,25	76,2182	76,2203	76,2197	76,2522	76,2341	76,2179	76,2271
7,55	76,1469	76,1470	76,1225	76,1403	76,1675	76,1729	76,1495
8,45	75,7260	75,7312	75,7414	75,7379	75,7521	75,7438	75,7387
8,75	75,6528	75,6483	75,6989	75,6474	75,6650	75,6745	75,6645

9,05	75,6542	75,6520	75,6205	75,6515	75,6617	75,6675	75,6512
9,35	75,6286	75,6378	75,6782	75,6471	75,6585	75,6433	75,6489
9,65	75,7533	75,7496	75,6352	75,7615	75,7825	75,7782	75,7434
9,95	75,8187	75,8151	75,8143	75,8131	75,8215	75,8417	75,8207
10,25	75,7360	75,7420	75,8050	75,7490	75,7598	75,7519	75,7573
10,55	75,7158	75,7218	75,6766	75,7320	75,7478	75,7440	75,7230
11,45	75,8244	75,8428	75,8026	75,8472	75,8609	75,8548	75,8388
11,75	75,8305	75,8348	75,8649	75,8302	75,8454	75,8552	75,8435
12,05	75,7675	75,7556	75,7602	75,7585	75,7725	75,7765	75,7651
12,35	75,8310	75,8345	75,8084	75,8351	75,8602	75,8534	75,8371
12,65	75,9002	75,9190	75,8833	75,9404	75,9277	75,9237	75,9157
12,95	75,9461	75,9326	75,9572	75,9391	75,9558	75,9590	75,9483
13,25	75,9455	75,9577	75,9457	75,9358	75,9611	75,9688	75,9524
13,55	75,8105	75,8093	75,8933	75,8143	75,8273	75,8225	75,8295
15,27	75,9327	75,9408	75,9421	75,9418	75,9542	75,9558	75,9446
Messrichtung D - 180							
1,00	76,3280	76,3234	76,3118	76,3173	76,3468	76,3384	76,3276
2,45	75,6421	75,6480	75,6350	75,6613	75,6687	75,7051	75,6600
2,75	75,6537	75,6524	75,6621	75,6483	75,6688	75,6746	75,6600
3,05	75,6668	75,6616	75,6678	75,6603	75,6716	75,6714	75,6666
3,35	75,5464	75,5401	75,5308	75,5469	75,5607	75,5675	75,5487
3,65	75,6383	75,6381	75,6474	75,6447	75,6584	75,6362	75,6439
3,95	75,6324	75,6331	75,6367	75,6326	75,6442	75,6405	75,6366
4,25	75,6257	75,6173	75,6200	75,6209	75,6381	75,6154	75,6229
4,55	75,6066	75,6058	75,6053	75,6163	75,6245	75,5841	75,6071
5,45	76,1597	76,1604	76,1796	76,1457	76,1831	76,1069	76,1559
5,75	76,2026	76,2034	76,1808	76,2218	76,2226	76,2055	76,2061
6,05	76,1707	76,1729	76,1712	76,1650	76,1749	76,2013	76,1760
6,35	76,1963	76,1952	76,1976	76,2049	76,2165	76,2446	76,2092
6,65	76,2413	76,2577	76,2598	76,2668	76,2876	76,2683	76,2636
6,95	76,3060	76,2894	76,2643	76,2812	76,2966	76,4691	76,3178
7,25	76,2219	76,2122	76,2044	76,2010	76,2183	76,2652	76,2205
7,55	76,1158	76,1239	76,0973	76,1182	76,1261	76,0031	76,0974
8,45	75,7739	75,7660	75,7580	75,7714	75,7843	75,7918	75,7742
8,75	75,6997	75,6990	75,6982	75,7145	75,7203	75,7036	75,7059
9,05	75,6822	75,6880	75,6865	75,6790	75,7013	75,6462	75,6805
9,35	75,7012	75,6983	75,7121	75,6929	75,7079	75,7608	75,7122
9,65	75,7806	75,7779	75,7619	75,7915	75,8004	75,8247	75,7895
9,95	75,7743	75,7734	75,7692	75,7746	75,7946	75,7879	75,7790
10,25	75,7867	75,7869	75,7958	75,7819	75,7792	75,7850	75,7859
10,55	75,7605	75,7594	75,7490	75,7512	75,7935	75,7151	75,7548
11,45	75,8492	75,8512	75,8588	75,8471	75,8488	75,8339	75,8482
11,75	75,8042	75,7902	75,7629	75,8081	75,8113	75,8245	75,8002
12,05	75,7740	75,7796	75,8047	75,7819	75,7940	75,7217	75,7760
12,35	75,8510	75,8504	75,8445	75,8364	75,8677	75,9044	75,8591
12,65	75,9185	75,9126	75,9017	75,9136	75,9277	75,9698	75,9240
12,95	75,9467	75,9412	75,9626	75,9481	75,9656	75,9612	75,9542

13,25	75,9620	75,9642	75,9503	75,9693	75,9820	76,0343	75,9770
13,55	75,8467	75,8458	75,8517	75,8312	75,8485	75,8889	75,8521
15,27	75,9371	75,9338	75,9396	75,9382	75,9550	75,9841	75,9480

Stufe 4	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inklinometer 115							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	8,16E-03	9,08E-03	1,07E-02	1,14E-02	1,47E-02	9,91E-03	1,80E-02	2,13E-02



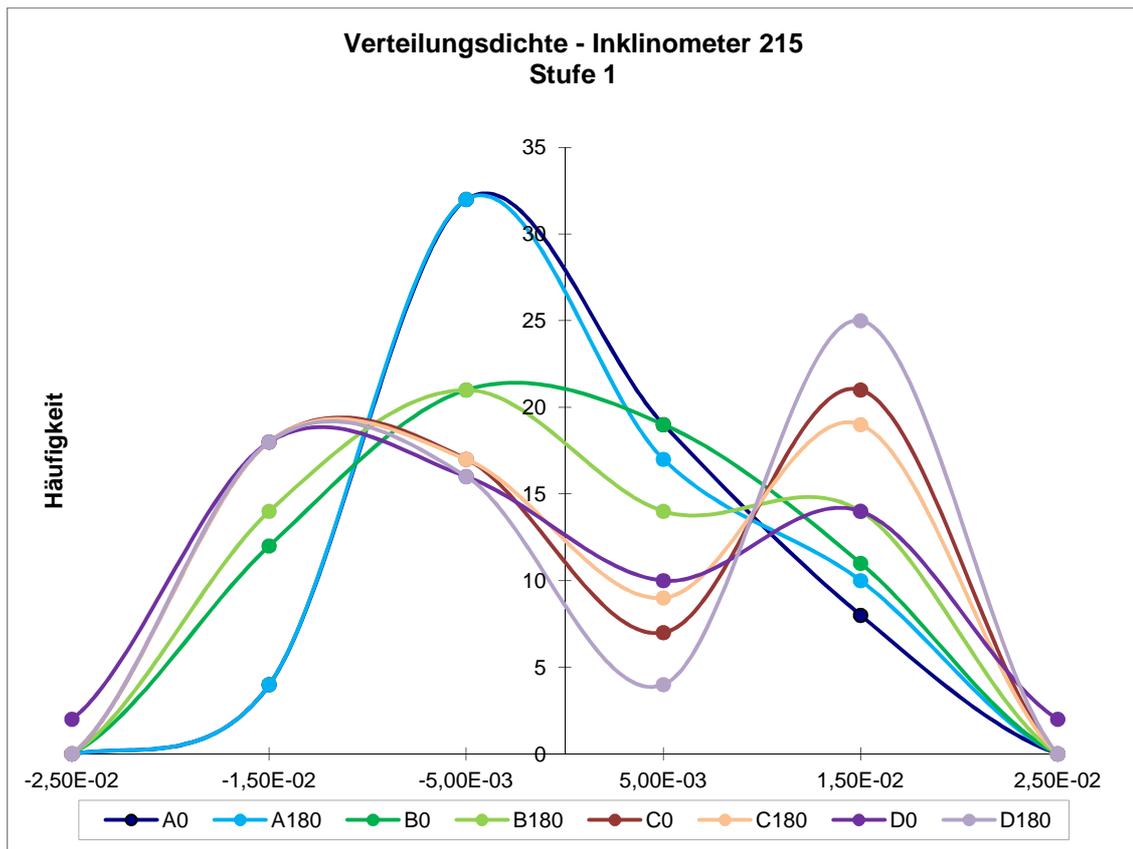
Auswertung Messdaten - Inklinometerrohr 215

Stufe 1

Stufe 1	Übersicht Messdaten - Inklinometer 215							
	d [mm]							
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	Mittelwert
Messrichtung A - 0								
1,20	75,8534	75,8551	75,8535	75,8578	75,8405	75,8687	75,8657	75,8564
3,90	75,6266	75,6301	75,6350	75,6373	75,6351	75,6442	75,6459	75,6363
6,90	75,5683	75,5700	75,5682	75,5744	75,5838	75,5858	75,5870	75,5768
9,90	75,4773	75,4792	75,4769	75,4809	75,4936	75,4941	75,4937	75,4851
12,90	76,0814	76,0830	76,0788	76,0832	76,0991	76,1002	76,1006	76,0895
15,90	75,6396	75,6408	75,6464	75,6440	75,6552	75,6589	75,6596	75,6492
18,90	75,7642	75,7650	75,7680	75,7686	75,7862	75,7827	75,7832	75,7740
21,90	75,8977	75,9000	75,8999	75,9024	75,9120	75,9151	75,9160	75,9062
24,65	75,4928	75,4960	75,5069	75,5059	75,5178	75,5207	75,5237	75,5091
Messrichtung A - 180								
1,20	75,8653	75,8694	75,8569	75,8737	75,8826	75,8858	75,8864	75,8743
3,90	75,5591	75,5613	75,5639	75,5674	75,5719	75,5759	75,5776	75,5682
6,90	75,5800	75,5815	75,5803	75,5875	75,5934	75,5969	75,5981	75,5882
9,90	75,4762	75,4784	75,4788	75,4805	75,4918	75,4955	75,4963	75,4854
12,90	76,1002	76,0998	76,0993	76,1035	76,1162	76,1192	76,1219	76,1086
15,90	75,7810	75,7844	75,7758	75,7846	75,7985	75,7990	75,8006	75,7891
18,90	75,5952	75,5965	75,5986	75,6022	75,6154	75,6161	75,6168	75,6058
21,90	75,9217	75,9249	75,9241	75,9274	75,9349	75,9393	75,9396	75,9303
24,65	75,4899	75,4925	75,4951	75,4980	75,5093	75,5102	75,5114	75,5009
Messrichtung B - 0								
1,20	76,0045	76,0087	76,0113	76,0128	76,0213	76,0245	76,0267	76,0157
3,90	75,7208	75,7225	75,7263	75,7291	75,7384	75,7417	75,7427	75,7316
6,90	76,2544	76,2549	76,2484	76,2602	76,2713	76,2732	76,2750	76,2625
9,90	75,8995	75,9012	75,9061	75,9103	75,9243	75,9254	75,9282	75,9136
12,90	75,5964	75,5959	75,5988	75,6012	75,6152	75,6194	75,6205	75,6068
15,90	75,5772	75,5775	75,5793	75,5812	75,5936	75,5957	75,5960	75,5858
18,90	76,0774	76,0805	76,0911	76,0863	76,0894	76,0976	76,0967	76,0884
21,90	75,8809	75,8843	75,8963	75,8926	75,9000	75,9039	75,9031	75,8944
24,65	75,7710	75,7755	75,7903	75,7869	75,7941	75,7962	75,7967	75,7872
Messrichtung B - 180								
1,20	76,0178	76,0217	76,0223	76,0287	76,0403	76,0415	76,0402	76,0304
3,90	75,7600	75,7618	75,7642	75,7690	75,7797	75,7823	75,7838	75,7715
6,90	76,2280	76,2295	76,2370	76,2415	76,2504	76,2517	76,2533	76,2416
9,90	75,9616	75,9640	75,9707	75,9712	75,9834	75,9846	75,9833	75,9741
12,90	75,5700	75,5722	75,5764	75,5780	75,5925	75,5937	75,5951	75,5826
15,90	75,5881	75,5898	75,5928	75,5966	75,6106	75,6103	75,6119	75,6000
18,90	76,0292	76,0315	76,0322	76,0342	76,0452	76,0468	76,0479	76,0381
21,90	75,7476	75,7483	75,7510	75,7550	75,7715	75,7705	75,7727	75,7595
24,65	75,7892	75,7930	75,8016	75,8039	75,8124	75,8131	75,8117	75,8036

Messrichtung C - 0								
1,20	75,9369	75,9373	75,9423	75,9536	75,9623	75,9603	75,9600	75,9504
3,90	75,7166	75,7196	75,7253	75,7274	75,7381	75,7400	75,7418	75,7298
6,90	75,9659	75,9690	75,9758	75,9770	75,9949	75,9963	75,9957	75,9821
9,90	75,8485	75,8501	75,8551	75,8587	75,8705	75,8729	75,8723	75,8612
12,90	75,5700	75,5717	75,5786	75,5792	75,5955	75,5959	75,5968	75,5840
15,90	76,1730	76,1761	76,1806	76,1869	76,2016	76,2004	76,1997	76,1883
18,90	75,9429	75,9454	75,9504	75,9533	75,9664	75,9689	75,9686	75,9566
21,90	75,7851	75,7883	75,7920	75,7959	75,8072	75,8101	75,8105	75,7984
24,65	75,9120	75,9197	75,9232	75,9287	75,9461	75,9452	75,9459	75,9315
Messrichtung C - 180								
1,20	75,9602	75,9618	75,9699	75,9705	75,9804	75,9845	75,9816	75,9727
3,90	75,6964	75,7002	75,7065	75,7091	75,7213	75,7220	75,7226	75,7112
6,90	75,9560	75,9586	75,9640	75,9684	75,9803	75,9834	75,9825	75,9705
9,90	75,8777	75,8812	75,8853	75,8888	75,9011	75,9036	75,9036	75,8916
12,90	75,5674	75,5693	75,5758	75,5778	75,5895	75,5904	75,5911	75,5802
15,90	76,2842	76,2852	76,2920	76,2985	76,3060	76,3089	76,3066	76,2973
18,90	75,7849	75,7850	75,7957	75,7950	75,8101	75,8144	75,8118	75,7996
21,90	75,7022	75,7043	75,7126	75,7129	75,7263	75,7287	75,7264	75,7162
24,65	75,9167	75,9217	75,9276	75,9320	75,9387	75,9455	75,9463	75,9326
Messrichtung D - 0								
1,20	75,6484	75,6518	75,6634	75,6673	75,6751	75,6905	75,6797	75,6680
3,90	75,9941	75,9964	76,0043	76,0053	76,0192	76,0122	76,0229	76,0078
6,90	75,4875	75,4886	75,4973	75,4978	75,5085	75,5079	75,5112	75,4998
9,90	75,8684	75,8707	75,8796	75,8823	75,9004	75,8918	75,9019	75,8850
12,90	75,9713	75,9713	75,9808	75,9811	75,9961	76,0084	75,9989	75,9868
15,90	75,5257	75,5267	75,5378	75,5378	75,5574	75,5555	75,5585	75,5428
18,90	75,5955	75,5959	75,6061	75,6078	75,6209	75,5985	75,6237	75,6069
21,90	76,0895	76,0909	76,1019	76,1013	76,1147	76,1080	76,1152	76,1031
24,65	75,8366	75,8364	75,8472	75,8467	75,8591	75,9089	75,8667	75,8574
Messrichtung D - 180								
1,20	75,6370	75,6394	75,6529	75,6548	75,6659	75,6685	75,6704	75,6556
3,90	76,0734	76,0754	76,0838	76,0868	76,1022	76,1025	76,1050	76,0899
6,90	75,4573	75,4587	75,4691	75,4712	75,4821	75,4830	75,4847	75,4723
9,90	75,9044	75,9058	75,9171	75,9180	75,9317	75,9344	75,9342	75,9208
12,90	75,9456	75,9459	75,9549	75,9571	75,9708	75,9730	75,9762	75,9605
15,90	75,4479	75,4474	75,4604	75,4590	75,4744	75,4746	75,4750	75,4627
18,90	75,6812	75,6800	75,6937	75,6926	75,7070	75,7086	75,7097	75,6961
21,90	75,9752	75,9752	75,9874	75,9865	76,0003	76,0021	76,0010	75,9897
24,65	75,8514	75,8533	75,8673	75,8673	75,8728	75,8778	75,8768	75,8667

Stufe 1	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inclinometer 215							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	8,49E-03	8,56E-03	9,14E-03	9,50E-03	1,10E-02	1,03E-02	1,36E-02	1,16E-02



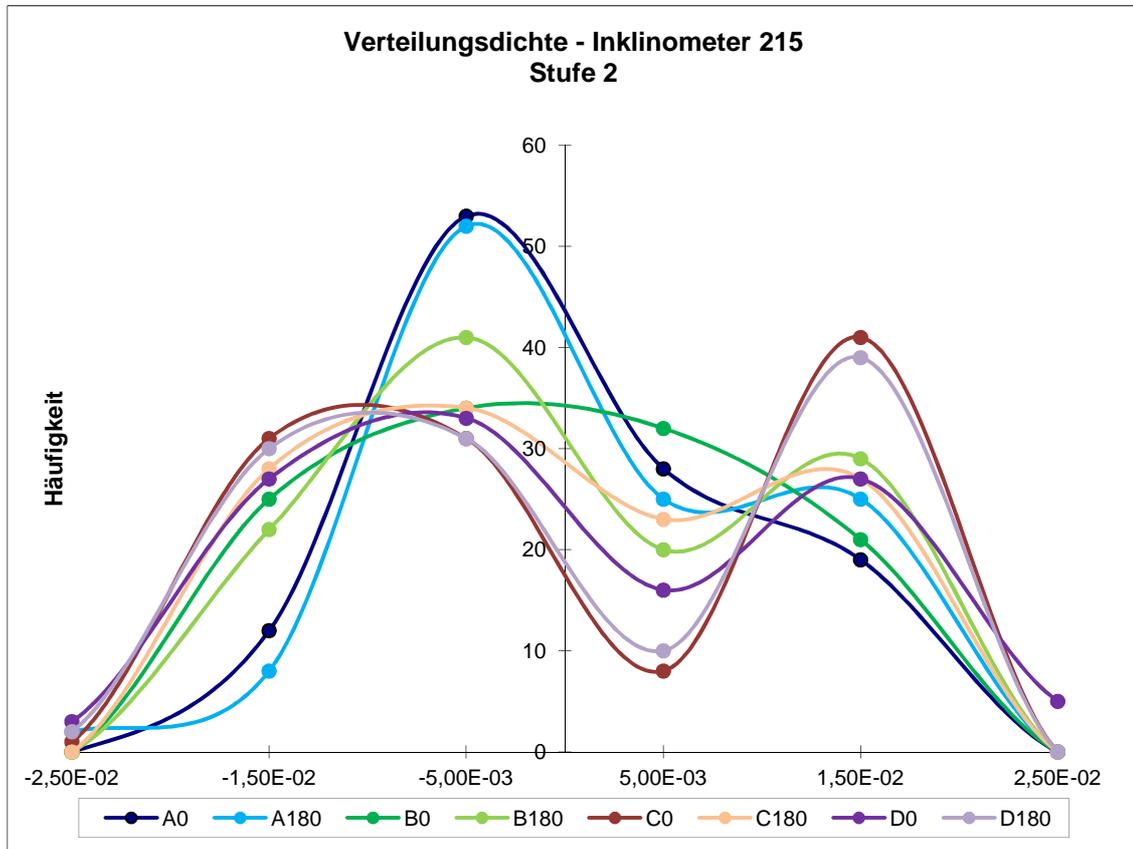
Stufe 2

Stufe 2	Übersicht Messdaten - Inklinometer 215							
	d [mm]							
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	Mittelwert
Messrichtung A - 0								
1,20	75,8490	75,8512	75,8498	75,8536	75,8364	75,8639	75,8632	75,8524
3,30	75,6518	75,6561	75,6564	75,6618	75,6571	75,6704	75,6695	75,6604
4,50	75,5960	75,5985	75,5995	75,6036	75,6060	75,6115	75,6138	75,6041
6,30	75,5221	75,5239	75,5219	75,5270	75,5341	75,5357	75,5365	75,5287
7,50	75,6171	75,6173	75,6103	75,6209	75,6293	75,6338	75,6353	75,6234
9,30	75,4875	75,4880	75,4865	75,4921	75,5009	75,5030	75,5017	75,4942
10,50	75,4747	75,4771	75,4743	75,4785	75,4915	75,4904	75,4906	75,4824
12,30	76,0514	76,0517	76,0533	76,0561	76,0701	76,0731	76,0751	76,0615
13,50	76,1219	76,1259	76,1291	76,1324	76,1470	76,1442	76,1429	76,1348
15,30	75,6650	75,6666	75,6732	75,6707	75,6830	75,6869	75,6890	75,6763
16,50	75,6158	75,6147	75,6239	75,6231	75,6374	75,6356	75,6379	75,6269
18,30	75,6749	75,6733	75,6796	75,6790	75,7033	75,6933	75,6988	75,6860
19,50	75,8360	75,8409	75,8430	75,8393	75,8440	75,8547	75,8531	75,8444
21,30	75,8743	75,8770	75,8784	75,8782	75,8916	75,8935	75,8921	75,8836
22,50	75,9187	75,9208	75,9211	75,9268	75,9427	75,9415	75,9406	75,9303
24,65	75,4960	75,4993	75,5044	75,5065	75,5185	75,5204	75,5223	75,5096
Messrichtung A - 180								
1,20	75,8603	75,8625	75,8545	75,8710	75,8762	75,8798	75,8811	75,8693
3,30	75,5839	75,5868	75,5898	75,5936	75,5973	75,6018	75,6039	75,5939
4,50	75,5343	75,5372	75,5407	75,5439	75,5492	75,5534	75,5551	75,5448
6,30	75,5423	75,5454	75,5403	75,5485	75,5552	75,5601	75,5602	75,5503
7,50	75,6048	75,6066	75,6148	75,6105	75,6196	75,6245	75,6259	75,6152
9,30	75,4865	75,4880	75,4837	75,4881	75,5002	75,5031	75,5045	75,4934
10,50	75,4725	75,4745	75,4797	75,4782	75,4899	75,4935	75,4940	75,4832
12,30	76,0772	76,0775	76,0779	76,0783	76,0900	76,0947	76,0967	76,0846
13,50	76,1481	76,1473	76,1266	76,1421	76,1612	76,1634	76,1598	76,1498
15,30	75,6682	75,6707	75,6500	75,6712	75,6876	75,6813	75,6874	75,6738
16,50	75,8617	75,8624	75,8703	75,8638	75,8727	75,8793	75,8770	75,8696
18,30	75,6566	75,6578	75,6608	75,6626	75,6735	75,6766	75,6766	75,6664
19,50	75,5841	75,5867	75,5852	75,5931	75,6064	75,6056	75,6079	75,5956
21,30	75,9569	75,9576	75,9561	75,9618	75,9738	75,9739	75,9769	75,9653
22,50	75,8996	75,9031	75,9031	75,9059	75,9127	75,9200	75,9191	75,9091
24,65	75,4915	75,4918	75,4972	75,4974	75,5120	75,5108	75,5120	75,5018
Messrichtung B - 0								
1,20	76,0096	76,0142	76,0112	76,0182	76,0288	76,0298	76,0315	76,0205
3,30	75,7050	75,7081	75,7124	75,7089	75,7227	75,7260	75,7274	75,7158
4,50	75,7453	75,7454	75,7409	75,7509	75,7595	75,7622	75,7633	75,7525
6,30	76,2786	76,2740	76,2725	76,2908	76,2905	76,2975	76,2978	76,2860
7,50	76,2489	76,2494	76,2489	76,2508	76,2612	76,2638	76,2681	76,2559
9,30	75,8801	75,8832	75,8822	75,8841	75,9022	75,9038	75,9055	75,8916
10,50	75,9394	75,9380	75,9354	75,9466	75,9614	75,9633	75,9664	75,9501

12,30	75,5805	75,5823	75,5856	75,5871	75,6012	75,6051	75,6068	75,5927
13,50	75,6113	75,6118	75,6100	75,6177	75,6321	75,6369	75,6380	75,6225
15,30	75,5823	75,5794	75,5861	75,5902	75,6002	75,6015	75,6010	75,5915
16,50	75,5698	75,5739	75,5828	75,5795	75,5909	75,5930	75,5937	75,5834
18,30	76,1812	76,1851	76,1890	76,1905	76,1966	76,2033	76,2013	76,1924
19,50	75,9353	75,9362	75,9495	75,9445	75,9520	75,9541	75,9551	75,9467
21,30	76,0173	76,0205	76,0177	76,0305	76,0332	76,0396	76,0390	76,0283
22,50	75,7551	75,7598	75,7737	75,7670	75,7770	75,7786	75,7797	75,7701
24,65	75,7736	75,7807	75,7990	75,7893	75,7959	75,7983	75,7994	75,7909
Messrichtung B - 180								
1,20	76,0286	76,0322	76,0342	76,0370	76,0505	76,0515	76,0531	76,0410
3,30	75,7558	75,7589	75,7668	75,7689	75,7791	75,7803	75,7819	75,7702
4,50	75,7671	75,7673	75,7725	75,7765	75,7889	75,7919	75,7917	75,7794
6,30	76,2447	76,2479	76,2484	76,2551	76,2651	76,2647	76,2678	76,2562
7,50	76,2270	76,2325	76,2339	76,2366	76,2509	76,2476	76,2479	76,2395
9,30	75,9659	75,9676	75,9680	75,9749	75,9803	75,9822	75,9855	75,9749
10,50	75,9770	75,9818	75,9822	75,9871	76,0010	76,0028	76,0028	75,9907
12,30	75,5778	75,5796	75,5843	75,5863	75,5999	75,6016	75,6028	75,5903
13,50	75,5509	75,5532	75,5580	75,5614	75,5699	75,5710	75,5737	75,5626
15,30	75,5949	75,5956	75,6029	75,6017	75,6127	75,6138	75,6162	75,6054
16,50	75,6118	75,6129	75,6145	75,6215	75,6335	75,6332	75,6356	75,6233
18,30	75,8822	75,8843	75,8965	75,8890	75,8984	75,9044	75,9051	75,8943
19,50	76,1978	76,1998	76,1944	76,2038	76,2240	76,2226	76,2250	76,2096
21,30	75,6752	75,6750	75,6792	75,6825	75,6951	75,6965	75,6970	75,6858
22,50	75,8186	75,8185	75,8291	75,8297	75,8433	75,8433	75,8448	75,8325
24,65	75,7893	75,7963	75,8039	75,8041	75,8089	75,8155	75,8120	75,8043
Messrichtung C - 0								
1,20	75,9368	75,9373	75,9444	75,9534	75,9639	75,9614	75,9614	75,9512
3,30	75,6481	75,6512	75,6592	75,6631	75,6727	75,6742	75,6738	75,6632
4,50	75,7943	75,7973	75,8045	75,8070	75,8186	75,8177	75,8186	75,8083
6,30	76,0188	76,0236	76,0310	76,0327	76,0470	76,0480	76,0471	76,0355
7,50	75,9336	75,9343	75,9416	75,9442	75,9593	75,9623	75,9616	75,9481
9,30	75,8661	75,8675	75,8725	75,8751	75,8872	75,8879	75,8897	75,8780
10,50	75,8398	75,8415	75,8473	75,8494	75,8617	75,8620	75,8632	75,8521
12,30	75,5463	75,5487	75,5546	75,5561	75,5705	75,5721	75,5750	75,5605
13,50	75,5724	75,5741	75,5794	75,5813	75,5960	75,5968	75,5964	75,5852
15,30	76,1886	76,1939	76,1921	76,1980	76,2123	76,2139	76,2118	76,2015
16,50	76,1491	76,1514	76,1546	76,1614	76,1738	76,1755	76,1772	76,1633
18,30	76,0733	76,0753	76,0837	76,0783	76,0976	76,1007	76,1013	76,0872
19,50	75,7753	75,7791	75,7794	75,7905	75,8014	75,8049	75,8035	75,7906
21,30	75,8348	75,8368	75,8419	75,8468	75,8582	75,8616	75,8592	75,8485
22,50	75,7499	75,7506	75,7598	75,7570	75,7726	75,7724	75,7741	75,7623
24,65	75,9075	75,9156	75,9209	75,9256	75,9421	75,9417	75,9392	75,9275
Messrichtung C - 180								
1,20	75,9621	75,9656	75,9766	75,9767	75,9843	75,9866	75,9866	75,9769
3,30	75,6367	75,6371	75,6454	75,6480	75,6601	75,6623	75,6636	75,6505
4,50	75,7686	75,7736	75,7789	75,7807	75,7927	75,7953	75,7977	75,7839

6,30	76,0177	76,0167	76,0252	76,0307	76,0409	76,0444	76,0412	76,0310
7,50	75,9059	75,9105	75,9156	75,9187	75,9331	75,9346	75,9376	75,9223
9,30	75,9059	75,9134	75,9166	75,9237	75,9315	75,9327	75,9287	75,9218
10,50	75,8530	75,8564	75,8636	75,8652	75,8786	75,8807	75,8809	75,8683
12,30	75,5675	75,5692	75,5759	75,5773	75,5891	75,5907	75,5884	75,5797
13,50	75,5442	75,5472	75,5525	75,5560	75,5668	75,5676	75,5651	75,5571
15,30	76,1959	76,1955	76,2071	76,2098	76,2171	76,2205	76,2174	76,2090
16,50	76,3536	76,3550	76,3611	76,3630	76,3803	76,3752	76,3734	76,3659
18,30	75,8419	75,8452	75,8489	75,8510	75,8645	75,8650	75,8673	75,8548
19,50	75,7825	75,7799	75,7970	75,7968	75,8078	75,8122	75,8113	75,7982
21,30	75,6449	75,6476	75,6534	75,6529	75,6660	75,6688	75,6679	75,6574
22,50	75,7718	75,7738	75,7800	75,7819	75,7945	75,7966	75,7999	75,7855
24,65	75,9115	75,9137	75,9213	75,9251	75,9356	75,9394	75,9407	75,9268
Messrichtung D - 0								
1,20	75,6478	75,6495	75,6618	75,6647	75,6737	75,6773	75,6798	75,6649
3,30	76,0415	76,0442	76,0531	76,0557	76,0644	76,0674	76,0701	76,0566
4,50	75,9429	75,9449	75,9534	75,9534	75,9679	75,9594	75,9713	75,9562
6,30	75,4259	75,4275	75,4378	75,4390	75,4478	75,4488	75,4516	75,4398
7,50	75,5497	75,5518	75,5616	75,5626	75,5670	75,5741	75,5706	75,5625
9,30	75,8398	75,8442	75,8515	75,8497	75,8664	75,8463	75,8713	75,8527
10,50	75,9027	75,9066	75,9164	75,9205	75,9381	75,9355	75,9384	75,9226
12,30	75,9741	75,9751	75,9828	75,9861	75,9996	76,0095	76,0045	75,9902
13,50	76,0018	76,0003	76,0110	76,0109	76,0307	76,0286	76,0349	76,0169
15,30	75,5042	75,5006	75,5157	75,5137	75,5385	75,5176	75,5388	75,5184
16,50	75,5514	75,5580	75,5630	75,5624	75,5815	75,5941	75,5837	75,5706
18,30	75,6289	75,6298	75,6376	75,6389	75,6555	75,6573	75,6572	75,6436
19,50	75,5615	75,5623	75,5700	75,5720	75,5870	75,5411	75,5899	75,5691
21,30	76,2114	76,2112	76,2229	76,2201	76,2353	76,2493	76,2382	76,2269
22,50	75,9617	75,9664	75,9741	75,9752	75,9878	75,9637	75,9873	75,9737
24,65	75,8413	75,8412	75,8544	75,8534	75,8626	75,9128	75,8710	75,8624
Messrichtung D - 180								
1,20	75,6426	75,6454	75,6593	75,6597	75,6705	75,6737	75,6763	75,6611
3,30	76,1336	76,1353	76,1435	76,1469	76,1612	76,1624	76,1650	76,1497
4,50	76,0005	75,9994	76,0183	76,0179	76,0329	76,0349	76,0361	76,0200
6,30	75,3857	75,3859	75,3956	75,3957	75,4084	75,4086	75,4108	75,3987
7,50	75,5392	75,5412	75,5516	75,5535	75,5635	75,5665	75,5667	75,5546
9,30	75,8883	75,8906	75,8990	75,9018	75,9115	75,9160	75,9118	75,9027
10,50	75,9337	75,9329	75,9414	75,9388	75,9583	75,9595	75,9662	75,9473
12,30	75,9563	75,9578	75,9661	75,9679	75,9825	75,9848	75,9886	75,9720
13,50	75,9494	75,9495	75,9627	75,9626	75,9772	75,9780	75,9798	75,9656
15,30	75,5176	75,5194	75,5300	75,5305	75,5448	75,5456	75,5467	75,5335
16,50	75,4266	75,4245	75,4377	75,4370	75,4539	75,4493	75,4528	75,4403
18,30	75,4356	75,4361	75,4489	75,4467	75,4607	75,4648	75,4647	75,4511
19,50	75,9235	75,9211	75,9359	75,9402	75,9515	75,9512	75,9533	75,9395
21,30	75,9067	75,9062	75,9221	75,9196	75,9340	75,9358	75,9376	75,9231
22,50	76,0176	76,0211	76,0371	76,0378	76,0510	76,0522	76,0518	76,0384
24,65	75,8587	75,8609	75,8728	75,8729	75,8790	75,8839	75,8843	75,8732

Stufe 2	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inklinometer 215							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	8,52E-03	8,81E-03	9,43E-03	9,54E-03	1,07E-02	1,03E-02	1,32E-02	1,19E-02



Stufe 3

Stufe 3	Übersicht Messdaten - Inklinometer 215							
	d [mm]							
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	Mittelwert
Messrichtung A - 0								
1,20	75,8490	75,8512	75,8498	75,8536	75,8364	75,8639	75,8632	75,8524
3,00	75,6794	75,6881	75,6812	75,6877	75,6872	75,7046	75,7022	75,6901
3,60	75,6241	75,6242	75,6314	75,6360	75,6269	75,6360	75,6370	75,6308
4,20	75,6143	75,6186	75,6296	75,6273	75,6319	75,6374	75,6423	75,6288
4,80	75,5778	75,5785	75,5695	75,5799	75,5801	75,5855	75,5852	75,5795
6,00	75,5202	75,5216	75,5041	75,5160	75,5242	75,5295	75,5269	75,5204
6,60	75,5241	75,5263	75,5398	75,5378	75,5438	75,5416	75,5460	75,5371
7,20	75,6236	75,6232	75,6120	75,6253	75,6410	75,6434	75,6450	75,6305
7,80	75,6106	75,6114	75,6090	75,6163	75,6175	75,6242	75,6256	75,6164
9,00	75,4870	75,4877	75,4694	75,4822	75,4869	75,4858	75,4837	75,4832
9,60	75,4881	75,4888	75,5032	75,5017	75,5147	75,5203	75,5189	75,5051
10,20	75,5008	75,5048	75,4923	75,4935	75,5047	75,5063	75,5072	75,5014
10,80	75,4485	75,4495	75,4557	75,4635	75,4782	75,4740	75,4739	75,4633
12,00	76,0797	76,0776	76,0627	76,0898	76,0959	76,0940	76,0971	76,0853
12,60	76,0231	76,0255	76,0440	76,0225	76,0442	76,0522	76,0528	76,0378
13,20	76,1069	76,1045	76,0967	76,1189	76,1261	76,1229	76,1211	76,1139
13,80	76,1369	76,1473	76,1618	76,1459	76,1679	76,1653	76,1648	76,1557
15,00	75,7263	75,7250	75,7444	75,7373	75,7442	75,7456	75,7500	75,7390
15,60	75,6036	75,6081	75,6021	75,6039	75,6218	75,6282	75,6280	75,6137
16,20	75,7293	75,7287	75,7424	75,7371	75,7414	75,7422	75,7460	75,7382
16,80	75,5023	75,5009	75,5055	75,5090	75,5333	75,5290	75,5299	75,5157
18,00	75,4314	75,4337	75,4514	75,4383	75,4409	75,4512	75,4572	75,4434
18,60	75,9183	75,9127	75,9076	75,9195	75,9656	75,9352	75,9400	75,9284
19,20	75,8069	75,8131	75,8113	75,8149	75,8052	75,8243	75,8229	75,8141
19,80	75,8649	75,8686	75,8749	75,8637	75,8828	75,8851	75,8832	75,8747
21,00	75,9431	75,9462	75,9591	75,9571	75,9840	75,9798	75,9760	75,9636
21,60	75,8054	75,8079	75,7976	75,7994	75,7993	75,8071	75,8082	75,8036
22,20	75,8818	75,8820	75,9003	75,9043	75,9353	75,9228	75,9200	75,9066
22,80	75,9557	75,9594	75,9419	75,9494	75,9500	75,9602	75,9613	75,9540
24,65	75,4960	75,4993	75,5044	75,5065	75,5185	75,5204	75,5223	75,5096
Messrichtung A - 180								
1,20	75,8603	75,8625	75,8545	75,8710	75,8762	75,8798	75,8811	75,8693
3,00	75,6159	75,6189	75,6240	75,6283	75,6315	75,6356	75,6389	75,6276
3,60	75,5520	75,5547	75,5554	75,5589	75,5630	75,5681	75,5690	75,5602
4,20	75,5525	75,5564	75,5552	75,5629	75,5652	75,5700	75,5697	75,5617
4,80	75,5162	75,5179	75,5261	75,5249	75,5330	75,5367	75,5404	75,5279
6,00	75,5221	75,5271	75,5329	75,5319	75,5408	75,5445	75,5467	75,5351
6,60	75,5624	75,5636	75,5478	75,5652	75,5697	75,5756	75,5736	75,5654
7,20	75,6316	75,6318	75,6355	75,6412	75,6494	75,6520	75,6562	75,6425
7,80	75,5781	75,5815	75,5942	75,5799	75,5900	75,5972	75,5959	75,5881
9,00	75,4631	75,4661	75,4706	75,4651	75,4804	75,4848	75,4882	75,4740

9,60	75,5098	75,5100	75,4966	75,5110	75,5200	75,5212	75,5208	75,5128
10,20	75,4916	75,4949	75,5080	75,5028	75,5141	75,5199	75,5217	75,5076
10,80	75,4533	75,4542	75,4511	75,4534	75,4658	75,4671	75,4664	75,4588
12,00	76,1019	76,1038	76,1060	76,1034	76,1127	76,1210	76,1228	76,1102
12,60	76,0526	76,0513	76,0500	76,0532	76,0673	76,0683	76,0701	76,0590
13,20	76,1176	76,1215	76,1190	76,1319	76,1423	76,1451	76,1411	76,1312
13,80	76,1787	76,1728	76,1344	76,1523	76,1800	76,1819	76,1785	76,1684
15,00	75,6813	75,6844	75,6566	75,6790	75,6944	75,6896	75,6935	75,6827
15,60	75,6549	75,6570	75,6436	75,6634	75,6808	75,6730	75,6813	75,6649
16,20	76,0046	76,0060	76,0123	76,0038	76,0168	76,0230	76,0174	76,0120
16,80	75,7189	75,7188	75,7282	75,7240	75,7285	75,7355	75,7364	75,7272
18,00	75,5577	75,5587	75,5517	75,5598	75,5676	75,5707	75,5704	75,5624
18,60	75,7553	75,7568	75,7698	75,7654	75,7794	75,7824	75,7827	75,7703
19,20	75,4275	75,4305	75,4181	75,4229	75,4267	75,4340	75,4321	75,4274
19,80	75,7406	75,7429	75,7521	75,7632	75,7859	75,7770	75,7837	75,7636
21,00	75,9779	75,9772	75,9738	75,9827	75,9876	75,9927	75,9911	75,9833
21,60	75,9358	75,9379	75,9386	75,9408	75,9599	75,9550	75,9626	75,9472
22,20	75,9404	75,9432	75,9377	75,9430	75,9457	75,9576	75,9510	75,9455
22,80	75,8587	75,8631	75,8684	75,8690	75,8796	75,8823	75,8874	75,8726
24,65	75,4915	75,4918	75,4972	75,4974	75,5120	75,5108	75,5120	75,5018
Messrichtung B - 0								
1,20	76,0096	76,0142	76,0112	76,0182	76,0288	76,0298	76,0315	76,0205
3,00	75,6824	75,6874	75,6992	75,6893	75,7027	75,7066	75,7066	75,6963
3,60	75,7276	75,7288	75,7254	75,7285	75,7428	75,7452	75,7481	75,7352
4,20	75,7324	75,7350	75,7411	75,7522	75,7550	75,7576	75,7573	75,7472
4,80	75,7581	75,7557	75,7407	75,7496	75,7640	75,7669	75,7692	75,7577
6,00	76,3014	76,3006	76,2880	76,3158	76,3046	76,3133	76,3079	76,3045
6,60	76,2558	76,2474	76,2570	76,2658	76,2763	76,2817	76,2878	76,2674
7,20	76,1784	76,1919	76,1963	76,1926	76,2003	76,1968	76,2074	76,1948
7,80	76,3194	76,3070	76,3017	76,3090	76,3220	76,3308	76,3289	76,3170
9,00	75,9290	75,9337	75,9231	75,9240	75,9412	75,9458	75,9480	75,9350
9,60	75,8313	75,8326	75,8413	75,8443	75,8633	75,8619	75,8629	75,8482
10,20	75,8991	75,8988	75,8843	75,8985	75,9115	75,9132	75,9159	75,9030
10,80	75,9797	75,9772	75,9861	75,9946	76,0113	76,0134	76,0170	75,9970
12,00	75,5759	75,5795	75,5707	75,5739	75,5940	75,5966	75,5989	75,5842
12,60	75,5851	75,5851	75,6001	75,6002	75,6084	75,6137	75,6144	75,6010
13,20	75,6139	75,6138	75,5920	75,6090	75,6246	75,6293	75,6304	75,6161
13,80	75,6088	75,6099	75,6278	75,6264	75,6394	75,6445	75,6455	75,6289
15,00	75,5355	75,5319	75,5400	75,5441	75,5568	75,5568	75,5570	75,5460
15,60	75,6291	75,6269	75,6324	75,6364	75,6437	75,6463	75,6451	75,6371
16,20	75,4967	75,5010	75,4875	75,4998	75,5159	75,5146	75,5171	75,5047
16,80	75,6430	75,6467	75,6785	75,6593	75,6663	75,6714	75,6704	75,6622
18,00	76,2729	76,2722	76,2857	76,2892	76,3003	76,3040	76,2985	76,2890
18,60	76,0896	76,0980	76,0925	76,0918	76,0929	76,1027	76,1042	76,0960
19,20	76,0827	76,0789	76,0840	76,0880	76,1062	76,1034	76,1057	76,0927
19,80	75,7880	75,7936	75,8151	75,8012	75,7978	75,8047	75,8046	75,8007
21,00	76,0634	76,0698	76,0622	76,0876	76,0903	76,0962	76,0933	76,0804

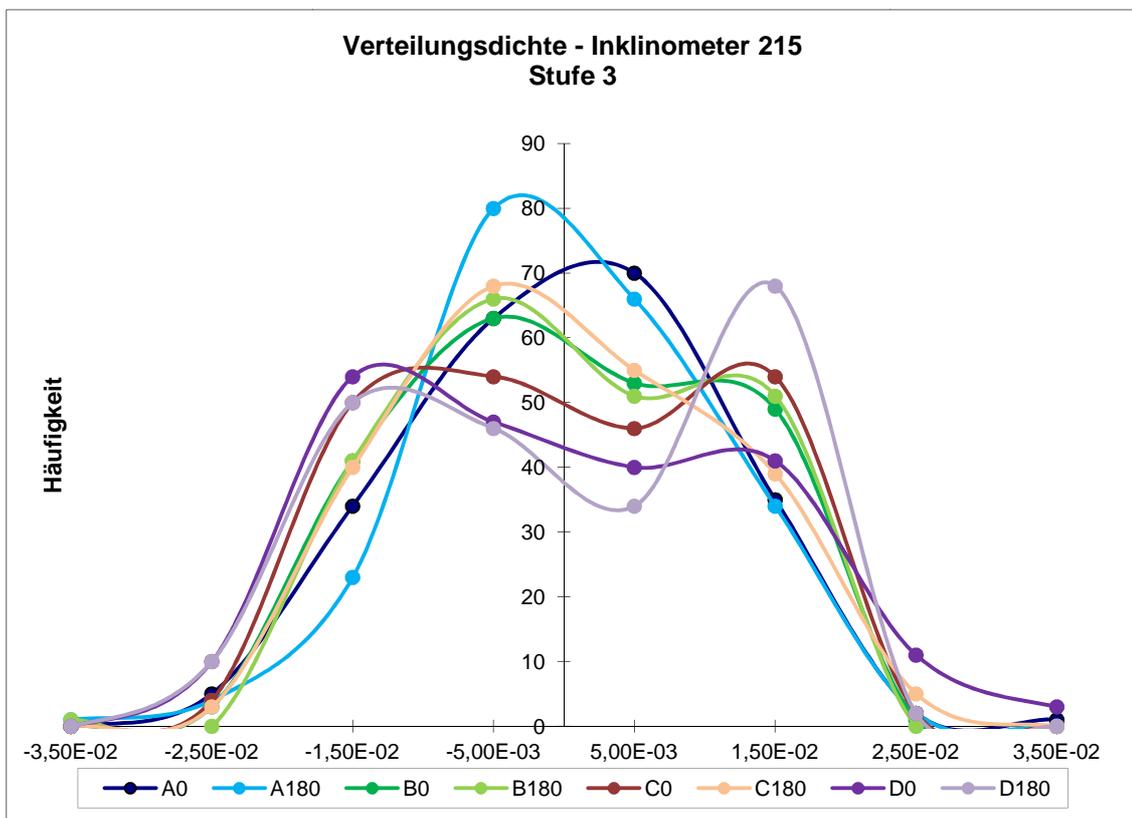
21,60	75,9713	75,9713	75,9732	75,9735	75,9762	75,9830	75,9847	75,9762
22,20	75,7534	75,7616	75,7897	75,7803	75,7782	75,7873	75,7857	75,7766
22,80	75,7568	75,7580	75,7577	75,7538	75,7756	75,7699	75,7736	75,7636
24,65	75,7736	75,7807	75,7990	75,7893	75,7959	75,7983	75,7994	75,7909
Messrichtung B - 180								
1,20	76,0286	76,0322	76,0342	76,0370	76,0505	76,0515	76,0531	76,0410
3,00	75,7027	75,7057	75,7201	75,7148	75,7291	75,7324	75,7353	75,7200
3,60	75,8090	75,8122	75,8136	75,8230	75,8290	75,8285	75,8285	75,8205
4,20	75,7753	75,7740	75,7882	75,7852	75,7954	75,8009	75,8034	75,7889
4,80	75,7588	75,7606	75,7566	75,7677	75,7826	75,7829	75,7802	75,7699
6,00	76,2530	76,2648	76,2506	76,2648	76,2875	76,2809	76,2756	76,2682
6,60	76,2363	76,2309	76,2463	76,2454	76,2426	76,2484	76,2601	76,2443
7,20	76,1735	76,1833	76,1901	76,1879	76,2045	76,2027	76,2053	76,1925
7,80	76,2803	76,2817	76,2777	76,2850	76,2973	76,2923	76,2904	76,2864
9,00	76,0239	76,0255	76,0278	76,0329	76,0430	76,0415	76,0440	76,0341
9,60	75,9078	75,9096	75,9082	75,9169	75,9175	75,9230	75,9270	75,9157
10,20	75,9373	75,9357	75,9279	75,9349	75,9645	75,9643	75,9613	75,9466
10,80	76,0168	76,0279	76,0359	76,0394	76,0374	76,0410	76,0445	76,0347
12,00	75,5496	75,5537	75,5523	75,5604	75,5669	75,5655	75,5685	75,5596
12,60	75,6061	75,6055	75,6162	75,6122	75,6330	75,6377	75,6370	75,6211
13,20	75,5778	75,5801	75,5801	75,5862	75,5970	75,5971	75,5968	75,5879
13,80	75,5241	75,5262	75,5355	75,5365	75,5428	75,5449	75,5507	75,5372
15,00	75,5433	75,5446	75,5482	75,5522	75,5550	75,5569	75,5620	75,5517
15,60	75,6465	75,6466	75,6576	75,6513	75,6704	75,6709	75,6705	75,6591
16,20	75,4302	75,4336	75,4248	75,4393	75,4438	75,4435	75,4472	75,4375
16,80	75,7933	75,7923	75,8043	75,8038	75,8231	75,8229	75,8236	75,8090
18,00	76,1064	76,1086	76,1343	76,1130	76,1134	76,1251	76,1285	76,1185
18,60	75,6580	75,6600	75,6589	75,6652	75,6840	75,6838	75,6816	75,6702
19,20	76,1709	76,1695	76,1473	76,1774	76,1975	76,1909	76,1931	76,1781
19,80	76,2249	76,2302	76,2418	76,2305	76,2507	76,2543	76,2572	76,2414
21,00	75,5874	75,5848	75,6036	75,5972	75,6083	75,6124	75,6120	75,6008
21,60	75,7630	75,7655	75,7549	75,7678	75,7819	75,7805	75,7820	75,7708
22,20	75,7882	75,7798	75,7982	75,8017	75,8084	75,8098	75,8110	75,7996
22,80	75,8490	75,8575	75,8599	75,8579	75,8783	75,8768	75,8786	75,8654
24,65	75,7893	75,7963	75,8039	75,8041	75,8089	75,8155	75,8120	75,8043
Messrichtung C - 0								
1,20	75,9368	75,9373	75,9444	75,9534	75,9639	75,9614	75,9614	75,9512
3,00	75,6378	75,6471	75,6497	75,6548	75,6701	75,6756	75,6701	75,6579
3,60	75,6584	75,6552	75,6686	75,6714	75,6753	75,6728	75,6774	75,6684
4,20	75,7860	75,7898	75,7919	75,7955	75,8130	75,8162	75,8146	75,8010
4,80	75,8027	75,8047	75,8171	75,8185	75,8243	75,8191	75,8225	75,8156
6,00	76,0636	76,0698	76,0806	76,0841	76,1006	76,0979	76,0868	76,0833
6,60	75,9741	75,9773	75,9815	75,9810	75,9933	75,9979	76,0072	75,9875
7,20	75,9155	75,9170	75,9239	75,9309	75,9467	75,9522	75,9497	75,9337
7,80	75,9517	75,9516	75,9592	75,9575	75,9718	75,9722	75,9735	75,9625
9,00	75,8713	75,8723	75,8789	75,8847	75,8938	75,8935	75,8916	75,8837
9,60	75,8608	75,8626	75,8659	75,8657	75,8805	75,8823	75,8878	75,8722

10,20	75,8694	75,8725	75,8811	75,8793	75,8965	75,8950	75,8941	75,8840
10,80	75,8102	75,8104	75,8135	75,8193	75,8270	75,8290	75,8323	75,8202
12,00	75,5115	75,5109	75,5218	75,5210	75,5319	75,5291	75,5328	75,5227
12,60	75,5812	75,5867	75,5875	75,5913	75,6091	75,6151	75,6173	75,5983
13,20	75,5812	75,5789	75,5922	75,5937	75,6073	75,6045	75,6007	75,5941
13,80	75,5636	75,5693	75,5665	75,5689	75,5848	75,5891	75,5921	75,5763
15,00	76,3075	76,3150	76,3073	76,3173	76,3263	76,3214	76,3219	76,3167
15,60	76,0696	76,0729	76,0768	76,0783	76,0982	76,1064	76,1019	76,0863
16,20	76,2639	76,2560	76,2712	76,2641	76,2734	76,2717	76,2840	76,2692
16,80	76,0344	76,0472	76,0380	76,0587	76,0744	76,0793	76,0706	76,0575
18,00	76,0399	76,0348	76,0428	76,0373	76,0548	76,0547	76,0656	76,0471
18,60	76,1070	76,1159	76,1246	76,1194	76,1405	76,1468	76,1371	76,1273
19,20	75,8567	75,8618	75,8568	75,8756	75,8767	75,8810	75,8818	75,8701
19,80	75,6939	75,6965	75,7020	75,7053	75,7261	75,7287	75,7252	75,7111
21,00	75,9277	75,9258	75,9329	75,9343	75,9495	75,9574	75,9555	75,9404
21,60	75,7419	75,7475	75,7509	75,7595	75,7666	75,7658	75,7630	75,7565
22,20	75,7223	75,7230	75,7307	75,7303	75,7432	75,7445	75,7502	75,7349
22,80	75,7776	75,7782	75,7891	75,7836	75,8020	75,8002	75,7980	75,7898
24,65	75,9075	75,9156	75,9209	75,9256	75,9421	75,9417	75,9392	75,9275
Messrichtung C - 180								
1,20	75,9621	75,9656	75,9766	75,9767	75,9843	75,9866	75,9866	75,9769
3,00	75,6178	75,6160	75,6229	75,6237	75,6379	75,6395	75,6512	75,6299
3,60	75,6556	75,6581	75,6679	75,6721	75,6822	75,6854	75,6759	75,6710
4,20	75,7729	75,7782	75,7797	75,7795	75,7925	75,7944	75,7969	75,7849
4,80	75,7643	75,7690	75,7782	75,7818	75,7929	75,7963	75,7986	75,7830
6,00	76,0531	76,0520	76,0599	76,0653	76,0741	76,0759	76,0846	76,0664
6,60	75,9823	75,9815	75,9904	75,9960	76,0077	76,0129	75,9978	75,9955
7,20	75,9127	75,9172	75,9189	75,9177	75,9369	75,9383	75,9486	75,9272
7,80	75,8990	75,9037	75,9123	75,9201	75,9292	75,9309	75,9265	75,9174
9,00	75,8895	75,9084	75,9159	75,9195	75,9262	75,9289	75,9262	75,9164
9,60	75,9222	75,9184	75,9172	75,9280	75,9368	75,9365	75,9311	75,9272
10,20	75,8882	75,8845	75,9023	75,8986	75,9174	75,9177	75,9256	75,9049
10,80	75,8181	75,8282	75,8249	75,8317	75,8400	75,8440	75,8361	75,8319
12,00	75,5153	75,5178	75,5282	75,5322	75,5411	75,5448	75,5324	75,5303
12,60	75,6195	75,6200	75,6236	75,6225	75,6373	75,6366	75,6443	75,6291
13,20	75,5633	75,5683	75,5749	75,5815	75,5867	75,5912	75,5889	75,5793
13,80	75,5251	75,5262	75,5300	75,5304	75,5469	75,5439	75,5411	75,5348
15,00	76,2755	76,2749	76,2907	76,3005	76,3004	76,2994	76,2853	76,2895
15,60	76,1163	76,1163	76,1235	76,1191	76,1338	76,1415	76,1495	76,1286
16,20	76,4083	76,4054	76,4210	76,4209	76,4411	76,4422	76,4280	76,4238
16,80	76,2987	76,3047	76,3013	76,3052	76,3193	76,3081	76,3186	76,3080
18,00	75,9997	76,0031	76,0044	76,0062	76,0197	76,0204	76,0202	76,0105
18,60	75,6837	75,6874	75,6935	75,6958	75,7088	75,7090	75,7139	75,6989
19,20	75,6464	75,6488	75,6546	75,6585	75,6714	75,6715	75,6607	75,6588
19,80	75,9186	75,9111	75,9394	75,9352	75,9441	75,9529	75,9619	75,9376
21,00	75,5935	75,5983	75,5958	75,5958	75,6109	75,6101	75,6193	75,6034
21,60	75,6964	75,6969	75,7110	75,7100	75,7211	75,7275	75,7166	75,7114

22,20	75,7644	75,7648	75,7666	75,7677	75,7816	75,7817	75,7858	75,7732
22,80	75,7791	75,7829	75,7933	75,7960	75,8074	75,8117	75,8142	75,7978
24,65	75,9115	75,9137	75,9213	75,9251	75,9356	75,9394	75,9407	75,9268
Messrichtung D - 0								
1,20	75,6478	75,6495	75,6618	75,6647	75,6737	75,6773	75,6798	75,6649
3,00	76,0639	76,0669	76,0711	76,0739	76,0884	76,0899	76,0883	76,0775
3,60	76,0192	76,0215	76,0350	76,0376	76,0404	76,0468	76,0519	76,0361
4,20	75,9359	75,9397	75,9407	75,9416	75,9687	75,9590	75,9652	75,9501
4,80	75,9497	75,9501	75,9661	75,9652	75,9671	75,9597	75,9775	75,9622
6,00	75,3964	75,3987	75,4121	75,4169	75,4167	75,4348	75,4179	75,4134
6,60	75,4551	75,4563	75,4636	75,4612	75,4789	75,4627	75,4851	75,4661
7,20	75,5156	75,5177	75,5221	75,5255	75,5325	75,5034	75,5312	75,5211
7,80	75,5835	75,5857	75,6010	75,5995	75,6016	75,6497	75,6100	75,6044
9,00	75,8493	75,8535	75,8673	75,8720	75,8780	75,8794	75,8840	75,8691
9,60	75,8303	75,8350	75,8357	75,8274	75,8546	75,8089	75,8586	75,8358
10,20	75,8518	75,8511	75,8677	75,8730	75,8784	75,8436	75,8823	75,8640
10,80	75,9536	75,9621	75,9652	75,9680	75,9977	76,0105	75,9945	75,9788
12,00	76,0252	76,0251	76,0367	76,0454	76,0524	76,0577	76,0593	76,0431
12,60	75,9229	75,9251	75,9287	75,9268	75,9467	75,9619	75,9496	75,9374
13,20	75,9492	75,9476	75,9641	75,9754	75,9733	75,9562	75,9793	75,9636
13,80	76,0544	76,0531	76,0579	76,0465	76,0884	76,0897	76,0905	76,0686
15,00	75,4023	75,4036	75,4157	75,4095	75,4395	75,4386	75,4401	75,4213
15,60	75,6062	75,5976	75,6157	75,6179	75,6377	75,6054	75,6376	75,6169
16,20	75,4918	75,5012	75,5057	75,5059	75,5039	75,5158	75,5127	75,5053
16,80	75,6111	75,6147	75,6204	75,6189	75,6590	75,6652	75,6547	75,6349
18,00	75,5812	75,5837	75,5857	75,5842	75,6106	75,5791	75,6113	75,5908
18,60	75,6767	75,6759	75,6896	75,6936	75,7004	75,7255	75,7029	75,6949
19,20	75,5755	75,5793	75,5854	75,5863	75,6009	75,5283	75,6052	75,5801
19,80	75,5475	75,5454	75,5546	75,5577	75,5731	75,5555	75,5745	75,5583
21,00	76,2125	76,2182	76,2188	76,2126	76,2457	76,2716	76,2351	76,2306
21,60	76,2105	76,2042	76,2270	76,2277	76,2249	76,2240	76,2414	76,2228
22,20	75,9982	76,0075	76,0084	76,0117	76,0217	75,9867	76,0211	76,0079
22,80	75,9253	75,9252	75,9397	75,9387	75,9537	75,9455	75,9535	75,9402
24,65	75,8413	75,8412	75,8544	75,8534	75,8626	75,9128	75,8710	75,8624
Messrichtung D - 180								
1,20	75,6426	75,6454	75,6593	75,6597	75,6705	75,6737	75,6763	75,6611
3,00	76,1275	76,1302	76,1488	76,1493	76,1618	76,1584	76,1647	76,1487
3,60	76,1398	76,1403	76,1382	76,1444	76,1606	76,1666	76,1654	76,1508
4,20	76,0000	76,0036	76,0247	76,0286	76,0394	76,0437	76,0408	76,0258
4,80	76,0009	75,9953	76,0120	76,0072	76,0265	76,0260	76,0316	76,0142
6,00	75,3592	75,3614	75,3746	75,3713	75,3843	75,3863	75,3890	75,3752
6,60	75,4123	75,4104	75,4165	75,4200	75,4326	75,4309	75,4326	75,4222
7,20	75,4896	75,4925	75,5076	75,5098	75,5179	75,5206	75,5203	75,5083
7,80	75,5888	75,5897	75,5955	75,5971	75,6091	75,6124	75,6130	75,6008
9,00	75,9266	75,9239	75,9338	75,9305	75,9467	75,9521	75,9498	75,9376
9,60	75,8499	75,8574	75,8642	75,8731	75,8763	75,8799	75,8737	75,8678
10,20	75,8833	75,8776	75,8954	75,8815	75,9012	75,9054	75,9154	75,8943

10,80	75,9842	75,9881	75,9874	75,9961	76,0149	76,0137	76,0169	76,0002
12,00	76,0000	76,0004	76,0036	76,0023	76,0175	76,0162	76,0227	76,0090
12,60	75,9127	75,9154	75,9285	75,9335	75,9477	75,9539	75,9538	75,9351
13,20	75,9271	75,9282	75,9450	75,9352	75,9555	75,9548	75,9553	75,9430
13,80	75,9715	75,9706	75,9807	75,9902	75,9990	76,0011	76,0042	75,9882
15,00	75,4509	75,4523	75,4577	75,4593	75,4750	75,4792	75,4786	75,4647
15,60	75,5842	75,5863	75,6024	75,6017	75,6147	75,6121	75,6150	75,6023
16,20	75,2652	75,2738	75,2690	75,2731	75,2854	75,2933	75,2937	75,2791
16,80	75,5880	75,5751	75,6063	75,6007	75,6223	75,6054	75,6117	75,6014
18,00	75,3608	75,3690	75,3706	75,3792	75,3864	75,3971	75,3999	75,3804
18,60	75,5103	75,5031	75,5272	75,5142	75,5349	75,5322	75,5295	75,5216
19,20	75,9198	75,9164	75,9236	75,9271	75,9432	75,9438	75,9437	75,9311
19,80	75,9272	75,9259	75,9484	75,9530	75,9598	75,9585	75,9629	75,9480
21,00	75,8487	75,8463	75,8663	75,8665	75,8799	75,8824	75,8827	75,8675
21,60	75,9646	75,9662	75,9778	75,9727	75,9882	75,9893	75,9926	75,9788
22,20	75,9777	75,9799	75,9974	76,0016	76,0140	76,0134	76,0110	75,9993
22,80	76,0573	76,0626	76,0769	76,0740	76,0880	76,0910	76,0927	76,0775
24,65	75,8587	75,8609	75,8728	75,8729	75,8790	75,8839	75,8843	75,8732

Stufe 3	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inclinometer 215							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	1,03E-02	9,56E-03	1,07E-02	1,05E-02	1,12E-02	1,10E-02	1,49E-02	1,24E-02



Stufe 4

Stufe 4	Übersicht Messdaten - Inklinometer 215							
	d [mm]							
Position [m]	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	Mittelwert
Messrichtung A - 0								
1,20	75,8490	75,8512	75,8498	75,8536	75,8364	75,8639	75,8632	75,8524
2,85	75,6550	75,6596	75,6244	75,6523	75,6540	75,6650	75,6642	75,6535
3,15	75,7036	75,7167	75,7376	75,7231	75,7203	75,7442	75,7401	75,7265
3,45	75,6281	75,6281	75,6512	75,6494	75,6412	75,6496	75,6560	75,6434
3,75	75,6200	75,6199	75,6114	75,6224	75,6126	75,6226	75,6178	75,6181
4,05	75,6507	75,6575	75,6474	75,6512	75,6595	75,6668	75,6696	75,6575
4,35	75,5779	75,5798	75,6121	75,6033	75,6043	75,6080	75,6151	75,6001
4,65	75,5764	75,5800	75,5852	75,5860	75,5809	75,5803	75,5882	75,5824
4,95	75,5790	75,5770	75,5537	75,5738	75,5793	75,5909	75,5823	75,5766
5,85	75,5353	75,5374	75,5090	75,5285	75,5294	75,5359	75,5350	75,5301
6,15	75,5054	75,5058	75,5003	75,5037	75,5186	75,5234	75,5185	75,5108
6,45	75,4473	75,4495	75,4695	75,4634	75,4736	75,4739	75,4836	75,4658
6,75	75,6016	75,6034	75,6099	75,6121	75,6140	75,6087	75,6078	75,6082
7,05	75,6835	75,6817	75,6477	75,6771	75,6867	75,6907	75,6942	75,6802
7,35	75,5635	75,5646	75,5763	75,5735	75,5954	75,5964	75,5957	75,5808
7,65	75,5966	75,6012	75,6158	75,6160	75,6159	75,6242	75,6283	75,6140
7,95	75,6243	75,6209	75,6024	75,6167	75,6192	75,6243	75,6229	75,6187
8,85	75,5101	75,5081	75,5100	75,5149	75,5070	75,5172	75,5170	75,5120
9,15	75,4640	75,4670	75,4289	75,4492	75,4657	75,4551	75,4504	75,4543
9,45	75,4845	75,4897	75,4960	75,4940	75,5191	75,5242	75,5183	75,5037
9,75	75,4917	75,4880	75,5108	75,5093	75,5103	75,5162	75,5193	75,5065
10,05	75,5208	75,5241	75,5069	75,5146	75,5214	75,5210	75,5174	75,5180
10,35	75,4807	75,4855	75,4776	75,4724	75,4879	75,4914	75,4974	75,4847
10,65	75,4291	75,4312	75,4410	75,4455	75,4681	75,4645	75,4669	75,4495
10,95	75,4679	75,4677	75,4699	75,4812	75,4883	75,4834	75,4804	75,4770
11,85	76,1135	76,0961	76,1241	76,1167	76,1357	76,1275	76,1437	76,1225
12,15	76,0459	76,0605	76,0012	76,0626	76,0563	76,0604	76,0503	76,0482
12,45	76,0922	76,0971	76,1159	76,0582	76,1066	76,1171	76,1015	76,0984
12,75	75,9540	75,9539	75,9719	75,9866	75,9818	75,9872	76,0042	75,9771
13,05	76,0711	76,0871	76,0572	76,0886	76,0930	76,0877	76,0813	76,0809
13,35	76,1425	76,1219	76,1367	76,1490	76,1599	76,1582	76,1610	76,1470
13,65	76,1572	76,1542	76,1786	76,1276	76,1766	76,1724	76,1738	76,1629
13,95	76,1165	76,1405	76,1458	76,1635	76,1591	76,1582	76,1554	76,1484
14,85	75,7061	75,7076	75,7217	75,7209	75,7499	75,7466	75,7451	75,7283
15,15	75,7467	75,7424	75,7669	75,7537	75,7382	75,7448	75,7551	75,7497
15,45	75,6183	75,6239	75,5916	75,6084	75,6166	75,6280	75,6293	75,6166
15,75	75,5890	75,5922	75,6129	75,5991	75,6269	75,6282	75,6266	75,6107
16,05	75,7220	75,7182	75,7401	75,7440	75,7674	75,7548	75,7603	75,7438
16,35	75,7368	75,7394	75,7449	75,7302	75,7156	75,7296	75,7318	75,7326
16,65	75,4532	75,4595	75,4355	75,4414	75,4474	75,4625	75,4613	75,4515
16,95	75,5514	75,5421	75,5754	75,5763	75,6189	75,5953	75,5983	75,5797

17,85	75,4962	75,4999	75,5163	75,4935	75,4919	75,5121	75,5198	75,5042
18,15	75,3669	75,3678	75,3863	75,3830	75,3898	75,3902	75,3946	75,3827
18,45	75,7321	75,7267	75,7276	75,7530	75,8187	75,7675	75,7652	75,7558
18,75	76,1044	76,0987	76,0878	76,0862	76,1127	76,1030	76,1155	76,1012
19,05	75,9483	75,9609	75,9805	75,9598	75,9445	75,9850	75,9747	75,9648
19,35	75,6654	75,6654	75,6423	75,6695	75,6656	75,6634	75,6709	75,6632
19,65	75,8702	75,8665	75,8857	75,8723	75,9089	75,8902	75,8850	75,8827
19,95	75,8595	75,8710	75,8645	75,8553	75,8568	75,8799	75,8813	75,8669
20,85	75,9524	75,9594	75,9617	75,9632	76,0239	75,9993	75,9906	75,9786
21,15	75,9339	75,9332	75,9564	75,9511	75,9441	75,9604	75,9612	75,9486
21,45	75,8602	75,8543	75,8580	75,8610	75,8586	75,8530	75,8620	75,8582
21,75	75,7505	75,7616	75,7375	75,7378	75,7400	75,7614	75,7546	75,7491
22,05	75,7797	75,7777	75,7843	75,8023	75,8417	75,8258	75,8240	75,8051
22,35	75,9840	75,9866	76,0163	76,0058	76,0290	76,0199	76,0158	76,0082
22,65	76,0040	76,0068	75,9552	75,9814	75,9819	75,9896	75,9865	75,9865
22,95	75,9074	75,9119	75,9284	75,9173	75,9179	75,9309	75,9351	75,9213
24,65	75,4960	75,4993	75,5044	75,5065	75,5185	75,5204	75,5223	75,5096
Messrichtung A - 180								
1,20	75,8603	75,8625	75,8545	75,8710	75,8762	75,8798	75,8811	75,8693
2,85	75,6130	75,6140	75,6176	75,6254	75,6313	75,6377	75,6438	75,6261
3,15	75,6189	75,6238	75,6304	75,6313	75,6317	75,6335	75,6340	75,6291
3,45	75,5528	75,5538	75,5339	75,5540	75,5607	75,5632	75,5626	75,5544
3,75	75,5513	75,5555	75,5773	75,5639	75,5652	75,5727	75,5754	75,5659
4,05	75,5733	75,5803	75,5858	75,5894	75,5903	75,5970	75,6004	75,5881
4,35	75,5316	75,5323	75,5247	75,5360	75,5400	75,5430	75,5390	75,5352
4,65	75,5272	75,5265	75,5311	75,5280	75,5384	75,5403	75,5449	75,5338
4,95	75,5052	75,5093	75,5210	75,5218	75,5270	75,5331	75,5357	75,5219
5,85	75,5263	75,5334	75,5505	75,5337	75,5468	75,5528	75,5533	75,5424
6,15	75,5183	75,5211	75,5153	75,5303	75,5347	75,5362	75,5402	75,5280
6,45	75,4950	75,4942	75,4768	75,5017	75,4982	75,5067	75,5038	75,4966
6,75	75,6296	75,6329	75,6191	75,6284	75,6420	75,6441	75,6430	75,6342
7,05	75,6916	75,6906	75,7262	75,7021	75,7146	75,7199	75,7245	75,7099
7,35	75,5715	75,5730	75,5451	75,5804	75,5841	75,5838	75,5876	75,5751
7,65	75,5985	75,6014	75,6175	75,5952	75,6027	75,6101	75,6062	75,6045
7,95	75,5576	75,5617	75,5704	75,5646	75,5773	75,5843	75,5856	75,5716
8,85	75,5007	75,5006	75,5004	75,4991	75,5157	75,5157	75,5155	75,5068
9,15	75,4255	75,4316	75,4408	75,4309	75,4450	75,4541	75,4604	75,4412
9,45	75,4998	75,5027	75,4942	75,5071	75,5156	75,5152	75,5169	75,5074
9,75	75,5197	75,5175	75,4985	75,5149	75,5243	75,5275	75,5248	75,5182
10,05	75,5119	75,5166	75,5348	75,5200	75,5364	75,5416	75,5406	75,5288
10,35	75,4717	75,4733	75,4807	75,4855	75,4918	75,4983	75,5025	75,4863
10,65	75,4433	75,4444	75,4256	75,4432	75,4539	75,4517	75,4498	75,4446
10,95	75,4632	75,4643	75,4758	75,4636	75,4778	75,4826	75,4834	75,4730
11,85	76,1282	76,1294	76,0584	76,1120	76,1289	76,1352	76,1416	76,1191
12,15	76,0757	76,0782	76,1533	76,0952	76,0965	76,1066	76,1040	76,1014
12,45	76,1320	76,1303	76,1006	76,1288	76,1485	76,1491	76,1477	76,1339
12,75	75,9731	75,9722	75,9998	75,9784	75,9863	75,9876	75,9925	75,9843

13,05	76,0846	76,0915	76,0381	76,0915	76,1034	76,1027	76,0949	76,0867
13,35	76,1507	76,1514	76,1990	76,1723	76,1813	76,1873	76,1872	76,1756
13,65	76,1540	76,1453	76,1021	76,1458	76,1657	76,1670	76,1734	76,1505
13,95	76,2031	76,2001	76,1668	76,1590	76,1942	76,1969	76,1836	76,1862
14,85	75,6410	75,6413	75,5934	75,6423	75,6545	75,6481	75,6490	75,6385
15,15	75,7215	75,7276	75,7203	75,7157	75,7344	75,7312	75,7380	75,7270
15,45	75,6060	75,6114	75,6287	75,6190	75,6391	75,6348	75,6440	75,6261
15,75	75,7036	75,7024	75,6586	75,7080	75,7223	75,7114	75,7186	75,7036
16,05	75,9977	75,9908	76,0391	76,0022	76,0166	76,0146	76,0070	76,0097
16,35	76,0115	76,0212	75,9853	76,0056	76,0172	76,0316	76,0280	76,0143
16,65	75,7478	75,7505	75,7757	75,7594	75,7615	75,7728	75,7756	75,7633
16,95	75,6900	75,6869	75,6805	75,6886	75,6955	75,6985	75,6973	75,6910
17,85	75,5650	75,5656	75,5608	75,5740	75,5769	75,5826	75,5825	75,5725
18,15	75,5506	75,5516	75,5429	75,5456	75,5582	75,5589	75,5584	75,5523
18,45	75,7009	75,7016	75,7079	75,7105	75,7360	75,7315	75,7292	75,7168
18,75	75,8101	75,8120	75,8315	75,8205	75,8229	75,8333	75,8365	75,8238
19,05	75,5986	75,6040	75,5944	75,5953	75,5855	75,5976	75,5958	75,5959
19,35	75,2563	75,2570	75,2415	75,2506	75,2677	75,2703	75,2684	75,2588
19,65	75,5532	75,5535	75,5778	75,5700	75,5998	75,5899	75,5932	75,5768
19,95	75,9285	75,9326	75,9262	75,9565	75,9721	75,9634	75,9740	75,9505
20,85	76,0734	76,0813	76,0717	76,0838	76,0953	76,0977	76,1051	76,0869
21,15	75,8824	75,8730	75,8764	75,8810	75,8800	75,8876	75,8771	75,8796
21,45	75,9337	75,9330	75,9128	75,9157	75,9437	75,9383	75,9486	75,9323
21,75	75,9394	75,9434	75,9644	75,9663	75,9762	75,9731	75,9767	75,9628
22,05	75,9441	75,9431	75,9497	75,9565	75,9497	75,9664	75,9586	75,9526
22,35	75,9367	75,9433	75,9258	75,9295	75,9413	75,9488	75,9432	75,9384
22,65	75,8879	75,8905	75,8929	75,8979	75,9154	75,9107	75,9172	75,9018
22,95	75,8289	75,8359	75,8439	75,8395	75,8437	75,8538	75,8575	75,8433
24,65	75,4915	75,4918	75,4972	75,4974	75,5120	75,5108	75,5120	75,5018
Messrichtung B - 0								
1,20	76,0096	76,0142	76,0112	76,0182	76,0288	76,0298	76,0315	76,0205
2,85	75,7124	75,7171	75,7127	75,7048	75,7249	75,7292	75,7281	75,7185
3,15	75,6523	75,6576	75,6860	75,6737	75,6804	75,6840	75,6851	75,6742
3,45	75,6883	75,6889	75,7036	75,7080	75,7123	75,7122	75,7145	75,7040
3,75	75,7668	75,7683	75,7475	75,7490	75,7731	75,7781	75,7818	75,7664
4,05	75,7252	75,7251	75,7297	75,7358	75,7442	75,7460	75,7426	75,7355
4,35	75,7397	75,7451	75,7522	75,7686	75,7658	75,7693	75,7720	75,7590
4,65	75,7582	75,7545	75,7674	75,7573	75,7665	75,7684	75,7733	75,7637
4,95	75,7580	75,7568	75,7139	75,7421	75,7618	75,7652	75,7651	75,7518
5,85	76,3185	76,2947	76,2736	76,3210	76,3021	76,3121	76,3151	76,3053
6,15	76,2843	76,3062	76,3018	76,3105	76,3074	76,3148	76,3005	76,3036
6,45	76,3063	76,2959	76,3433	76,3367	76,3423	76,3409	76,3583	76,3320
6,75	76,2053	76,1993	76,1698	76,1944	76,2105	76,2226	76,2171	76,2027
7,05	76,1108	76,1369	76,1166	76,1138	76,1234	76,1148	76,1195	76,1194
7,35	76,2462	76,2468	76,2758	76,2717	76,2772	76,2787	76,2950	76,2702
7,65	76,3105	76,2788	76,2811	76,2865	76,3100	76,3334	76,3140	76,3020
7,95	76,3284	76,3355	76,3226	76,3318	76,3343	76,3284	76,3438	76,3321

8,85	75,9279	75,9337	75,8934	75,9054	75,9388	75,9493	75,9460	75,9278
9,15	75,9300	75,9333	75,9529	75,9427	75,9436	75,9422	75,9500	75,9421
9,45	75,8414	75,8367	75,8517	75,8575	75,8709	75,8710	75,8678	75,8567
9,75	75,8214	75,8282	75,8307	75,8310	75,8555	75,8528	75,8577	75,8396
10,05	75,9252	75,9289	75,8902	75,9178	75,9274	75,9337	75,9383	75,9231
10,35	75,8732	75,8686	75,8783	75,8793	75,8957	75,8928	75,8943	75,8832
10,65	75,9722	75,9379	75,9947	75,9997	76,0123	76,0218	76,0130	75,9931
10,95	75,9871	76,0169	75,9771	75,9894	76,0106	76,0050	76,0209	76,0010
11,85	75,5770	75,5899	75,5956	75,5990	75,6140	75,6155	75,6180	75,6013
12,15	75,5750	75,5689	75,5464	75,5486	75,5742	75,5776	75,5799	75,5672
12,45	75,5192	75,5172	75,5315	75,5309	75,5359	75,5409	75,5365	75,5303
12,75	75,6512	75,6531	75,6690	75,6697	75,6809	75,6865	75,6918	75,6717
13,05	75,6263	75,6216	75,6059	75,6248	75,6417	75,6454	75,6459	75,6302
13,35	75,6014	75,6060	75,5776	75,5932	75,6077	75,6132	75,6150	75,6020
13,65	75,6104	75,6127	75,6561	75,6330	75,6469	75,6499	75,6541	75,6376
13,95	75,6073	75,6076	75,5996	75,6200	75,6321	75,6389	75,6367	75,6203
14,85	75,5413	75,5381	75,5779	75,5705	75,5673	75,5712	75,5679	75,5620
15,15	75,5297	75,5259	75,5020	75,5173	75,5463	75,5423	75,5461	75,5299
15,45	75,6540	75,6531	75,6428	75,6432	75,6588	75,6548	75,6604	75,6524
15,75	75,6042	75,6010	75,6216	75,6297	75,6285	75,6373	75,6299	75,6217
16,05	75,5029	75,5175	75,5266	75,5249	75,5289	75,5361	75,5377	75,5249
16,35	75,4905	75,4843	75,4482	75,4745	75,5027	75,4931	75,4964	75,4842
16,65	75,7030	75,7008	75,7283	75,7050	75,7151	75,7208	75,7169	75,7128
16,95	75,5831	75,5925	75,6286	75,6136	75,6175	75,6219	75,6240	75,6116
17,85	76,1983	76,1957	76,1722	76,1931	76,2146	76,2185	76,2201	76,2018
18,15	76,3481	76,3487	76,3992	76,3852	76,3855	76,3894	76,3766	76,3761
18,45	76,1996	76,1922	76,1199	76,1687	76,1833	76,1997	76,2054	76,1813
18,75	75,9795	76,0037	76,0652	76,0145	76,0022	76,0057	76,0028	76,0105
19,05	76,0008	75,9895	75,9759	76,0083	76,0359	76,0355	76,0215	76,0096
19,35	76,1644	76,1682	76,1924	76,1674	76,1766	76,1716	76,1898	76,1758
19,65	75,8820	75,8930	75,9038	75,8802	75,8715	75,8870	75,8905	75,8869
19,95	75,6936	75,6934	75,7261	75,7220	75,7240	75,7226	75,7189	75,7144
20,85	76,0540	76,0459	76,0780	76,0812	76,0696	76,0770	76,0729	76,0684
21,15	76,0728	76,0938	76,0464	76,0940	76,1112	76,1154	76,1138	76,0925
21,45	76,0242	76,0247	76,0544	76,0421	76,0389	76,0470	76,0503	76,0402
21,75	75,9183	75,9177	75,8919	75,9050	75,9135	75,9190	75,9191	75,9121
22,05	75,8039	75,8177	75,8901	75,8443	75,8290	75,8406	75,8393	75,8378
22,35	75,7027	75,7057	75,6892	75,7162	75,7274	75,7345	75,7322	75,7154
22,65	75,7475	75,7466	75,7632	75,7446	75,7643	75,7600	75,7629	75,7556
22,95	75,7661	75,7694	75,7519	75,7631	75,7870	75,7802	75,7847	75,7718
24,65	75,7736	75,7807	75,7990	75,7893	75,7959	75,7983	75,7994	75,7909
Messrichtung B - 180								
1,20	76,0286	76,0322	76,0342	76,0370	76,0505	76,0515	76,0531	76,0410
2,85	75,7288	75,7269	75,7682	75,7477	75,7654	75,7660	75,7637	75,7524
3,15	75,6759	75,6842	75,6717	75,6818	75,6927	75,6988	75,7067	75,6874
3,45	75,7886	75,7800	75,8005	75,8043	75,7944	75,7914	75,7952	75,7935
3,75	75,8294	75,8440	75,8265	75,8415	75,8635	75,8656	75,8619	75,8475

4,05	75,7608	75,7566	75,7699	75,7678	75,7902	75,7936	75,7927	75,7759
4,35	75,7898	75,7912	75,8065	75,8027	75,8005	75,8082	75,8141	75,8019
4,65	75,7683	75,7704	75,7690	75,7825	75,7832	75,7810	75,7816	75,7766
4,95	75,7492	75,7508	75,7440	75,7528	75,7821	75,7850	75,7789	75,7633
5,85	76,2612	76,2808	76,1984	76,2587	76,2844	76,2754	76,2723	76,2616
6,15	76,2448	76,2488	76,3027	76,2709	76,2904	76,2864	76,2789	76,2747
6,45	76,2984	76,3045	76,3239	76,3132	76,3064	76,3230	76,3339	76,3148
6,75	76,1741	76,1574	76,1686	76,1775	76,1791	76,1739	76,1864	76,1739
7,05	76,0950	76,1180	76,0186	76,0981	76,1230	76,1255	76,1136	76,0988
7,35	76,2520	76,2486	76,3612	76,2781	76,2858	76,2800	76,2970	76,2861
7,65	76,2636	76,2639	76,2472	76,2621	76,2627	76,2807	76,2751	76,2650
7,95	76,2973	76,2998	76,3072	76,3083	76,3321	76,3041	76,3060	76,3078
8,85	76,0436	76,0376	76,0306	76,0529	76,0503	76,0494	76,0524	76,0453
9,15	76,0045	76,0132	76,0260	76,0131	76,0362	76,0340	76,0360	76,0233
9,45	75,9023	75,8912	75,9077	75,9085	75,9228	75,9307	75,9335	75,9138
9,75	75,9136	75,9290	75,9082	75,9252	75,9121	75,9149	75,9202	75,9176
10,05	75,9558	75,9476	75,9469	75,9673	75,9896	75,9841	75,9844	75,9680
10,35	75,9186	75,9241	75,9089	75,9026	75,9395	75,9446	75,9381	75,9252
10,65	76,0136	76,0031	76,0659	76,0443	76,0320	76,0330	76,0402	76,0332
10,95	76,0201	76,0530	76,0057	76,0345	76,0428	76,0492	76,0489	76,0363
11,85	75,5518	75,5538	75,5651	75,5675	75,5616	75,5624	75,5702	75,5618
12,15	75,5474	75,5534	75,5395	75,5534	75,5722	75,5685	75,5668	75,5573
12,45	75,5306	75,5308	75,5401	75,5356	75,5670	75,5692	75,5606	75,5477
12,75	75,6815	75,6802	75,6922	75,6888	75,6989	75,7059	75,7131	75,6944
13,05	75,6180	75,6224	75,6198	75,6294	75,6250	75,6205	75,6281	75,6233
13,35	75,5376	75,5379	75,5405	75,5428	75,5691	75,5736	75,5656	75,5524
13,65	75,5171	75,5215	75,5345	75,5285	75,5479	75,5519	75,5564	75,5368
13,95	75,5310	75,5310	75,5367	75,5445	75,5378	75,5380	75,5449	75,5377
14,85	75,5740	75,5734	75,6014	75,5843	75,5735	75,5813	75,5891	75,5824
15,15	75,5123	75,5158	75,4945	75,5196	75,5364	75,5326	75,5349	75,5209
15,45	75,6804	75,6842	75,6642	75,6728	75,7102	75,7050	75,7027	75,6885
15,75	75,6127	75,6091	75,6512	75,6298	75,6307	75,6369	75,6383	75,6298
16,05	75,4314	75,4368	75,4450	75,4513	75,4291	75,4359	75,4434	75,4390
16,35	75,4287	75,4306	75,4048	75,4272	75,4594	75,4510	75,4507	75,4361
16,65	75,7604	75,7511	75,7492	75,7541	75,8034	75,7972	75,7955	75,7730
16,95	75,8265	75,8336	75,8598	75,8535	75,8426	75,8484	75,8517	75,8452
17,85	76,1273	76,1140	76,1644	76,1284	76,1549	76,1646	76,1691	76,1461
18,15	76,0854	76,1040	76,1041	76,0977	76,0719	76,0855	76,0877	76,0909
18,45	75,7195	75,7255	75,7278	75,7403	75,7231	75,7331	75,7280	75,7282
18,75	75,5963	75,5945	75,5897	75,5898	75,6449	75,6342	75,6349	75,6120
19,05	75,9572	75,9384	75,9408	75,9701	76,0096	75,9858	76,0025	75,9721
19,35	76,3848	76,4005	76,3542	76,3847	76,3860	76,3964	76,3838	76,3843
19,65	76,2674	76,2358	76,3099	76,2706	76,3029	76,3045	76,3068	76,2854
19,95	76,1818	76,2250	76,1740	76,1904	76,1982	76,2042	76,2075	76,1973
20,85	75,5421	75,5413	75,5746	75,5538	75,5502	75,5628	75,5535	75,5540
21,15	75,6326	75,6278	75,6327	75,6404	75,6663	75,6621	75,6705	75,6475
21,45	75,7420	75,7451	75,7354	75,7515	75,7486	75,7492	75,7576	75,7471

21,75	75,7839	75,7858	75,7750	75,7842	75,8151	75,8119	75,8065	75,7946
22,05	75,7821	75,7838	75,8107	75,8072	75,8078	75,8103	75,8094	75,8016
22,35	75,7942	75,7756	75,7856	75,7960	75,8087	75,8090	75,8126	75,7974
22,65	75,8656	75,8931	75,8605	75,8765	75,8863	75,8814	75,8849	75,8783
22,95	75,8325	75,8219	75,8593	75,8393	75,8701	75,8720	75,8723	75,8525
24,65	75,7893	75,7963	75,8039	75,8041	75,8089	75,8155	75,8120	75,8043
Messrichtung C - 0								
1,20	75,9368	75,9373	75,9444	75,9534	75,9639	75,9614	75,9614	75,9512
2,85	75,6978	75,7023	75,7123	75,7166	75,7303	75,7316	75,7198	75,7158
3,15	75,5777	75,5918	75,5870	75,5929	75,6100	75,6194	75,6203	75,5999
3,45	75,6124	75,6099	75,6135	75,6121	75,6244	75,6272	75,6313	75,6187
3,75	75,7043	75,7007	75,7238	75,7305	75,7261	75,7184	75,7235	75,7182
4,05	75,7886	75,7952	75,7963	75,7928	75,8186	75,8209	75,8134	75,8037
4,35	75,7834	75,7845	75,7876	75,7984	75,8074	75,8114	75,8159	75,7984
4,65	75,8068	75,8073	75,8164	75,8150	75,8171	75,8163	75,8188	75,8140
4,95	75,7987	75,8020	75,8178	75,8222	75,8317	75,8220	75,8263	75,8172
5,85	76,0896	76,0902	76,1088	76,1041	76,1134	76,1093	76,1020	76,1025
6,15	76,0379	76,0494	76,0524	76,0639	76,0880	76,0862	76,0721	76,0643
6,45	76,0121	76,0117	76,0137	76,0183	76,0292	76,0407	76,0516	76,0253
6,75	75,9361	75,9428	75,9493	75,9438	75,9576	75,9549	75,9629	75,9496
7,05	75,8533	75,8427	75,8687	75,8717	75,8860	75,8818	75,8745	75,8684
7,35	75,9777	75,9915	75,9793	75,9905	76,0074	76,0225	76,0245	75,9991
7,65	75,9084	75,9126	75,9173	75,9147	75,9332	75,9316	75,9414	75,9227
7,95	75,9952	75,9906	76,0006	76,0001	76,0105	76,0131	76,0058	76,0023
8,85	75,9163	75,9141	75,9232	75,9321	75,9380	75,9314	75,9363	75,9273
9,15	75,8265	75,8304	75,8347	75,8371	75,8496	75,8558	75,8469	75,8401
9,45	75,8413	75,8477	75,8439	75,8474	75,8700	75,8712	75,8733	75,8564
9,75	75,8803	75,8775	75,8877	75,8843	75,8910	75,8935	75,9024	75,8881
10,05	75,9116	75,9131	75,9325	75,9339	75,9409	75,9321	75,9315	75,9279
10,35	75,8270	75,8320	75,8296	75,8247	75,8520	75,8574	75,8568	75,8399
10,65	75,8270	75,8297	75,8284	75,8427	75,8505	75,8576	75,8525	75,8412
10,95	75,7933	75,7915	75,7987	75,7961	75,8034	75,8004	75,8125	75,7994
11,85	75,4503	75,4525	75,4542	75,4608	75,4667	75,4717	75,4760	75,4617
12,15	75,5728	75,5693	75,5893	75,5812	75,5972	75,5866	75,5896	75,5837
12,45	75,5831	75,5848	75,5897	75,5915	75,6147	75,6198	75,6157	75,5999
12,75	75,5794	75,5885	75,5854	75,5911	75,6034	75,6103	75,6188	75,5967
13,05	75,5936	75,5892	75,6009	75,6040	75,6085	75,6033	75,6014	75,6001
13,35	75,5688	75,5686	75,5834	75,5839	75,6061	75,6055	75,5999	75,5880
13,65	75,5694	75,5744	75,5730	75,5697	75,5934	75,5993	75,6030	75,5832
13,95	75,5578	75,5644	75,5602	75,5678	75,5761	75,5790	75,5812	75,5695
14,85	76,3745	76,3868	76,3590	76,3558	76,3793	76,3765	76,3905	76,3746
15,15	76,2404	76,2434	76,2556	76,2790	76,2733	76,2665	76,2532	76,2588
15,45	76,1171	76,1170	76,1284	76,1323	76,1474	76,1623	76,1572	76,1374
15,75	76,0222	76,0286	76,0252	76,0246	76,0490	76,0503	76,0463	76,0352
16,05	76,1809	76,1638	76,1865	76,1805	76,1891	76,1898	76,2116	76,1860
16,35	76,3468	76,3484	76,3560	76,3480	76,3579	76,3540	76,3567	76,3525
16,65	76,1407	76,1516	76,1501	76,1713	76,1924	76,1865	76,1877	76,1686

16,95	75,9283	75,9427	75,9259	75,9462	75,9563	75,9721	75,9534	75,9464
17,85	75,9484	75,9500	75,9686	75,9564	75,9805	75,9917	75,9961	75,9702
18,15	76,1311	76,1194	76,1170	76,1182	76,1292	76,1178	76,1351	76,1240
18,45	76,1482	76,1509	76,1745	76,1814	76,1781	76,1775	76,1654	76,1680
18,75	76,0658	76,0813	76,0746	76,0575	76,1026	76,1160	76,1085	76,0866
19,05	75,9155	75,9169	75,9117	75,9293	75,9403	75,9413	75,9409	75,9280
19,35	75,7979	75,8073	75,8020	75,8217	75,8132	75,8208	75,8240	75,8124
19,65	75,6809	75,6770	75,6976	75,6919	75,7130	75,7076	75,7014	75,6956
19,95	75,7070	75,7162	75,7066	75,7184	75,7391	75,7499	75,7488	75,7266
20,85	75,9791	75,9635	75,9851	75,9713	75,9853	75,9840	75,9897	75,9797
21,15	75,8764	75,8882	75,8806	75,8970	75,9137	75,9308	75,9211	75,9011
21,45	75,7986	75,8032	75,8030	75,8062	75,8103	75,8061	75,8138	75,8059
21,75	75,6851	75,6922	75,6987	75,7122	75,7231	75,7251	75,7122	75,7069
22,05	75,6663	75,6647	75,6706	75,6605	75,6848	75,6887	75,6917	75,6753
22,35	75,7782	75,7814	75,7906	75,8002	75,8016	75,7994	75,8087	75,7943
22,65	75,7806	75,7761	75,7850	75,7777	75,7861	75,7898	75,7885	75,7834
22,95	75,7745	75,7808	75,7930	75,7894	75,8178	75,8104	75,8083	75,7963
24,65	75,9075	75,9156	75,9209	75,9256	75,9421	75,9417	75,9392	75,9275
Messrichtung C - 180								
1,20	75,9621	75,9656	75,9766	75,9767	75,9843	75,9866	75,9866	75,9769
2,85	75,6959	75,6924	75,7017	75,7072	75,7158	75,7238	75,7380	75,7107
3,15	75,5397	75,5396	75,5440	75,5402	75,5601	75,5552	75,5644	75,5490
3,45	75,6133	75,6200	75,6234	75,6294	75,6352	75,6401	75,6227	75,6263
3,75	75,6979	75,6962	75,7124	75,7148	75,7291	75,7303	75,7291	75,7157
4,05	75,7720	75,7705	75,7790	75,7783	75,7910	75,7940	75,8112	75,7851
4,35	75,7737	75,7859	75,7803	75,7804	75,7939	75,7946	75,7823	75,7844
4,65	75,7636	75,7743	75,7833	75,7884	75,7996	75,8042	75,7959	75,7870
4,95	75,7647	75,7638	75,7730	75,7752	75,7861	75,7880	75,8015	75,7789
5,85	76,0574	76,0596	76,0755	76,0822	76,0867	76,0901	76,0902	76,0774
6,15	76,0490	76,0448	76,0444	76,0484	76,0613	76,0617	76,0792	76,0555
6,45	76,0164	76,0193	76,0313	76,0328	76,0461	76,0447	76,0348	76,0322
6,75	75,9484	75,9432	75,9496	75,9591	75,9691	75,9809	75,9606	75,9587
7,05	75,8475	75,8492	75,8579	75,8603	75,8719	75,8675	75,8861	75,8629
7,35	75,9781	75,9856	75,9802	75,9750	76,0022	76,0092	76,0114	75,9917
7,65	75,8694	75,8675	75,8804	75,8894	75,8989	75,8966	75,8879	75,8843
7,95	75,9288	75,9396	75,9443	75,9509	75,9593	75,9656	75,9648	75,9505
8,85	75,9550	75,9835	75,9811	75,9941	75,9873	75,9922	75,9682	75,9802
9,15	75,8243	75,8337	75,8506	75,8449	75,8653	75,8654	75,8841	75,8526
9,45	75,9092	75,8965	75,8896	75,8885	75,9006	75,9101	75,9120	75,9009
9,75	75,9349	75,9404	75,9444	75,9673	75,9730	75,9625	75,9500	75,9532
10,05	75,9348	75,9320	75,9478	75,9452	75,9532	75,9665	75,9619	75,9488
10,35	75,8415	75,8369	75,8572	75,8521	75,8816	75,8690	75,8893	75,8611
10,65	75,8570	75,8641	75,8459	75,8573	75,8586	75,8655	75,8604	75,8584
10,95	75,7789	75,7923	75,8037	75,8061	75,8217	75,8225	75,8120	75,8053
11,85	75,4563	75,4587	75,4648	75,4676	75,4780	75,4798	75,4625	75,4668
12,15	75,5747	75,5769	75,5915	75,5965	75,6041	75,6097	75,6022	75,5937
12,45	75,6190	75,6181	75,6183	75,6163	75,6297	75,6285	75,6503	75,6257

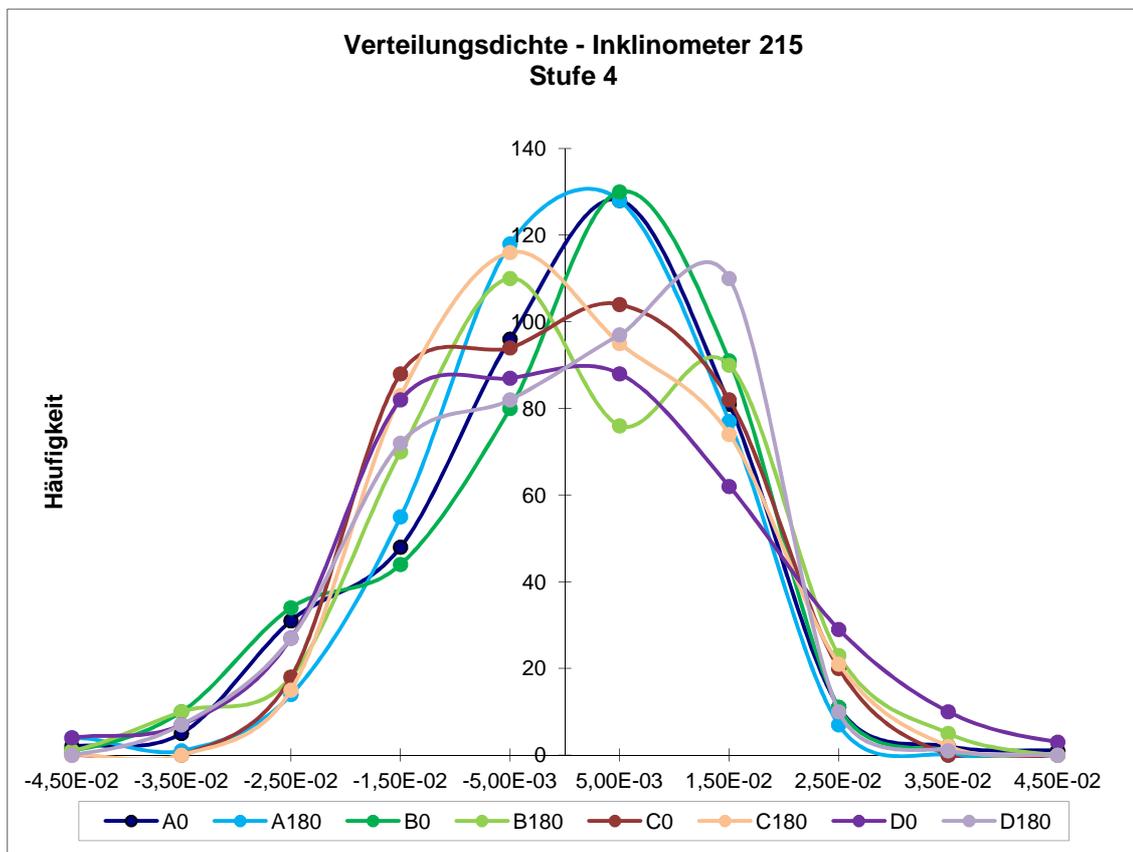
12,75	75,6200	75,6217	75,6290	75,6281	75,6449	75,6447	75,6381	75,6324
13,05	75,5922	75,5975	75,6078	75,6130	75,6197	75,6236	75,6068	75,6087
13,35	75,5346	75,5393	75,5420	75,5502	75,5535	75,5589	75,5711	75,5499
13,65	75,5050	75,5000	75,5111	75,5047	75,5302	75,5246	75,5335	75,5156
13,95	75,5450	75,5527	75,5490	75,5564	75,5636	75,5635	75,5484	75,5541
14,85	76,3052	76,3081	76,3422	76,3360	76,3508	76,3346	76,3269	76,3291
15,15	76,2460	76,2416	76,2391	76,2648	76,2497	76,2644	76,2437	76,2499
15,45	76,1178	76,1187	76,1453	76,1375	76,1690	76,1658	76,1792	76,1476
15,75	76,1148	76,1140	76,1018	76,1010	76,0988	76,1175	76,1197	76,1097
16,05	76,3120	76,3242	76,3283	76,3301	76,3551	76,3471	76,3268	76,3319
16,35	76,5047	76,4866	76,5135	76,5119	76,5270	76,5374	76,5295	76,5158
16,65	76,4071	76,4047	76,4163	76,4230	76,4250	76,4110	76,4227	76,4157
16,95	76,1904	76,2048	76,1864	76,1873	76,2139	76,2054	76,2147	76,2004
17,85	75,9523	75,9557	75,9540	75,9539	75,9690	75,9729	75,9785	75,9623
18,15	76,0470	76,0505	76,0547	76,0584	76,0704	76,0680	76,0626	76,0588
18,45	75,7682	75,7770	75,7780	75,7867	75,7959	75,7946	75,7891	75,7842
18,75	75,5993	75,5977	75,6089	75,6047	75,6217	75,6224	75,6384	75,6133
19,05	75,6340	75,6368	75,6330	75,6328	75,6516	75,6495	75,6483	75,6409
19,35	75,6586	75,6607	75,6761	75,6837	75,6911	75,6935	75,6730	75,6767
19,65	75,7504	75,7434	75,7644	75,7546	75,7743	75,7893	75,7923	75,7670
19,95	76,0868	76,0791	76,1144	76,1156	76,1137	76,1163	76,1314	76,1082
20,85	75,6527	75,6605	75,6502	75,6521	75,6666	75,6650	75,6850	75,6617
21,15	75,5341	75,5359	75,5415	75,5394	75,5556	75,5553	75,5535	75,5450
21,45	75,6523	75,6501	75,6690	75,6644	75,6837	75,6866	75,6648	75,6673
21,75	75,7406	75,7437	75,7531	75,7555	75,7587	75,7685	75,7686	75,7555
22,05	75,7369	75,7383	75,7420	75,7398	75,7610	75,7528	75,7740	75,7493
22,35	75,7920	75,7912	75,7913	75,7955	75,8022	75,8105	75,7977	75,7972
22,65	75,7861	75,7928	75,8050	75,8115	75,8221	75,8226	75,8109	75,8073
22,95	75,7718	75,7728	75,7817	75,7806	75,7926	75,8010	75,8176	75,7883
24,65	75,9115	75,9137	75,9213	75,9251	75,9356	75,9394	75,9407	75,9268
Messrichtung D - 0								
1,20	75,6478	75,6495	75,6618	75,6647	75,6737	75,6773	75,6798	75,6649
2,85	76,0106	76,0169	76,0360	76,0428	76,0405	76,0722	76,0482	76,0382
3,15	76,1173	76,1172	76,1063	76,1051	76,1364	76,1126	76,1285	76,1176
3,45	76,0521	76,0588	76,0663	76,0638	76,0761	76,1025	76,0911	76,0730
3,75	75,9862	75,9844	76,0037	76,0116	76,0048	76,0060	76,0126	76,0013
4,05	75,9209	75,9256	75,9315	75,9392	75,9528	75,9441	75,9498	75,9377
4,35	75,9510	75,9536	75,9499	75,9440	75,9845	75,9718	75,9807	75,9622
4,65	75,9505	75,9547	75,9693	75,9749	75,9768	75,9581	75,9863	75,9672
4,95	75,9489	75,9454	75,9628	75,9554	75,9573	75,9617	75,9687	75,9572
5,85	75,4076	75,4088	75,4314	75,4331	75,4251	75,4187	75,4330	75,4225
6,15	75,3853	75,3887	75,3928	75,4005	75,4086	75,4542	75,4025	75,4047
6,45	75,4073	75,4089	75,4084	75,4055	75,4338	75,3997	75,4363	75,4143
6,75	75,5028	75,5036	75,5186	75,5168	75,5239	75,5344	75,5339	75,5191
7,05	75,5477	75,5491	75,5623	75,5694	75,5544	75,5766	75,5567	75,5595
7,35	75,4834	75,4862	75,4817	75,4816	75,5107	75,4390	75,5058	75,4841
7,65	75,5757	75,5759	75,5851	75,5786	75,6017	75,6324	75,6108	75,5943

7,95	75,5913	75,5955	75,6168	75,6204	75,6013	75,6680	75,6092	75,6146
8,85	75,8138	75,8268	75,8327	75,8338	75,8402	75,8680	75,8561	75,8388
9,15	75,8847	75,8804	75,9019	75,9100	75,9162	75,8898	75,9120	75,8993
9,45	75,8588	75,8601	75,8595	75,8489	75,8837	75,7639	75,8907	75,8522
9,75	75,8018	75,8103	75,8119	75,8064	75,8256	75,8473	75,8267	75,8186
10,05	75,8131	75,8143	75,8340	75,8488	75,8393	75,7878	75,8537	75,8273
10,35	75,8903	75,8881	75,9015	75,8974	75,9167	75,9078	75,9107	75,9018
10,65	75,9321	75,9349	75,9314	75,9400	75,9732	76,0172	75,9710	75,9571
10,95	75,9751	75,9892	75,9991	75,9961	76,0221	76,0034	76,0180	76,0004
11,85	76,0923	76,0938	76,1065	76,1181	76,1449	76,1569	76,1486	76,1230
12,15	75,9582	75,9565	75,9669	75,9725	75,9601	75,9531	75,9700	75,9625
12,45	75,9328	75,9384	75,9480	75,9545	75,9551	75,9635	75,9571	75,9499
12,75	75,9132	75,9115	75,9096	75,8991	75,9383	75,9598	75,9422	75,9248
13,05	75,9123	75,9045	75,9345	75,9334	75,9406	75,9050	75,9436	75,9248
13,35	75,9860	75,9907	75,9937	76,0173	76,0061	76,0107	76,0150	76,0028
13,65	76,0459	76,0464	76,0589	76,0387	76,0842	76,1547	76,0806	76,0728
13,95	76,0627	76,0565	76,0567	76,0543	76,0923	76,0210	76,1005	76,0634
14,85	75,3373	75,3387	75,3414	75,3345	75,3644	75,3382	75,3659	75,3458
15,15	75,4673	75,4685	75,4902	75,4846	75,5146	75,5226	75,5138	75,4945
15,45	75,5273	75,5292	75,5454	75,5487	75,5503	75,4953	75,5567	75,5361
15,75	75,6852	75,6660	75,6862	75,6870	75,7249	75,7127	75,7184	75,6972
16,05	75,6109	75,6288	75,6166	75,6129	75,6142	75,6324	75,6248	75,6201
16,35	75,3726	75,3734	75,3947	75,3984	75,3935	75,3834	75,4006	75,3881
16,65	75,5438	75,5437	75,5512	75,5558	75,5821	75,5942	75,5757	75,5638
16,95	75,6784	75,6856	75,6896	75,6819	75,7355	75,7228	75,7334	75,7039
17,85	75,6023	75,6055	75,5979	75,6026	75,6228	75,6145	75,6287	75,6106
18,15	75,5601	75,5617	75,5735	75,5659	75,5984	75,5408	75,5939	75,5706
18,45	75,6758	75,6746	75,6957	75,7002	75,7147	75,7990	75,7139	75,7106
18,75	75,6775	75,6775	75,6834	75,6873	75,6861	75,6485	75,6919	75,6789
19,05	75,6128	75,6161	75,6143	75,6115	75,6367	75,5259	75,6412	75,6084
19,35	75,5382	75,5425	75,5560	75,5609	75,5650	75,5303	75,5692	75,5517
19,65	75,5513	75,5498	75,5693	75,5728	75,5771	75,5794	75,5797	75,5685
19,95	75,5438	75,5412	75,5400	75,5426	75,5686	75,5315	75,5696	75,5482
20,85	76,1774	76,1853	76,1971	76,1872	76,2066	76,2430	76,2103	76,2010
21,15	76,2475	76,2511	76,2406	76,2381	76,2845	76,3040	76,2598	76,2608
21,45	76,2327	76,2277	76,2553	76,2570	76,2527	76,2699	76,2615	76,2510
21,75	76,1883	76,1812	76,1984	76,1984	76,1974	76,1755	76,2211	76,1943
22,05	76,1022	76,1211	76,1188	76,1189	76,1237	76,0656	76,1136	76,1091
22,35	75,8943	75,8937	75,8978	75,9041	75,9195	75,9124	75,9283	75,9072
22,65	75,9292	75,9324	75,9491	75,9482	75,9487	75,9528	75,9536	75,9449
22,95	75,9215	75,9181	75,9302	75,9292	75,9588	75,9368	75,9534	75,9354
24,65	75,8413	75,8412	75,8544	75,8534	75,8626	75,9128	75,8710	75,8624
Messrichtung D - 180								
1,20	75,6426	75,6454	75,6593	75,6597	75,6705	75,6737	75,6763	75,6611
2,85	76,0635	76,0520	76,0868	76,0861	76,0979	76,0942	76,1039	76,0835
3,15	76,1915	76,2083	76,2107	76,2123	76,2257	76,2224	76,2252	76,2137
3,45	76,1749	76,1824	76,1783	76,1973	76,2042	76,2069	76,2116	76,1937

3,75	76,1049	76,0983	76,0984	76,0916	76,1169	76,1263	76,1193	76,1080
4,05	75,9826	75,9873	76,0193	76,0164	76,0263	76,0213	76,0239	76,0110
4,35	76,0176	76,0198	76,0303	76,0409	76,0525	76,0659	76,0576	76,0407
4,65	76,0017	75,9861	76,0053	75,9977	76,0289	76,0180	76,0345	76,0103
4,95	76,0001	76,0046	76,0186	76,0172	76,0241	76,0339	76,0288	76,0182
5,85	75,3884	75,3885	75,3960	75,3887	75,4011	75,4065	75,4115	75,3972
6,15	75,3298	75,3343	75,3532	75,3540	75,3677	75,3660	75,3667	75,3531
6,45	75,3556	75,3562	75,3628	75,3752	75,3836	75,3829	75,3825	75,3713
6,75	75,4690	75,4645	75,4703	75,4649	75,4817	75,4789	75,4827	75,4731
7,05	75,5191	75,5213	75,5352	75,5314	75,5392	75,5477	75,5456	75,5342
7,35	75,4600	75,4638	75,4798	75,4883	75,4966	75,4931	75,4947	75,4823
7,65	75,5671	75,5654	75,5669	75,5727	75,5869	75,5880	75,5845	75,5759
7,95	75,6107	75,6142	75,6244	75,6215	75,6314	75,6370	75,6412	75,6258
8,85	75,8920	75,8945	75,8952	75,8945	75,9025	75,9126	75,9128	75,9006
9,15	75,9610	75,9534	75,9722	75,9659	75,9908	75,9918	75,9865	75,9745
9,45	75,8836	75,8850	75,9085	75,9154	75,9145	75,9185	75,9220	75,9068
9,75	75,8162	75,8296	75,8200	75,8309	75,8380	75,8418	75,8253	75,8288
10,05	75,8626	75,8579	75,8716	75,8564	75,8862	75,8863	75,9101	75,8759
10,35	75,9046	75,8973	75,9193	75,9064	75,9163	75,9246	75,9206	75,9127
10,65	75,9473	75,9580	75,9675	75,9880	75,9987	75,9971	75,9951	75,9788
10,95	76,0213	76,0182	76,0073	76,0045	76,0314	76,0304	76,0390	76,0217
11,85	76,0428	76,0396	76,0559	76,0517	76,0745	76,0649	76,0808	76,0586
12,15	75,9570	75,9612	75,9512	75,9528	75,9604	75,9677	75,9646	75,9593
12,45	75,9116	75,9116	75,9381	75,9415	75,9591	75,9575	75,9583	75,9397
12,75	75,9139	75,9193	75,9190	75,9256	75,9363	75,9504	75,9495	75,9306
13,05	75,9125	75,9145	75,9222	75,9153	75,9278	75,9272	75,9258	75,9208
13,35	75,9416	75,9419	75,9675	75,9546	75,9830	75,9827	75,9848	75,9652
13,65	75,9768	75,9777	75,9917	76,0033	76,0085	76,0150	76,0213	75,9992
13,95	75,9661	75,9644	75,9696	75,9769	75,9891	75,9868	75,9867	75,9771
14,85	75,4052	75,4124	75,4156	75,4242	75,4374	75,4371	75,4362	75,4240
15,15	75,4965	75,4922	75,4999	75,4941	75,5127	75,5212	75,5207	75,5053
15,45	75,5676	75,5632	75,5793	75,5733	75,5883	75,5821	75,5906	75,5778
15,75	75,6009	75,6093	75,6255	75,6302	75,6410	75,6419	75,6394	75,6269
16,05	75,3719	75,3861	75,3727	75,3911	75,3945	75,4081	75,4058	75,3900
16,35	75,1583	75,1614	75,1652	75,1548	75,1761	75,1783	75,1816	75,1680
16,65	75,3889	75,3789	75,4110	75,4019	75,4203	75,4138	75,4091	75,4034
16,95	75,7871	75,7713	75,8014	75,7997	75,8241	75,7970	75,8139	75,7992
17,85	75,4802	75,4929	75,4973	75,5082	75,5108	75,5237	75,5286	75,5060
18,15	75,2415	75,2449	75,2439	75,2501	75,2619	75,2705	75,2711	75,2548
18,45	75,4241	75,4143	75,4327	75,4181	75,4460	75,4408	75,4397	75,4308
18,75	75,5966	75,5920	75,6218	75,6102	75,6239	75,6235	75,6190	75,6124
19,05	75,8420	75,8192	75,8583	75,8621	75,8779	75,8678	75,8744	75,8574
19,35	75,9976	76,0136	75,9889	75,9921	76,0084	76,0199	76,0133	76,0048
19,65	76,0459	76,0392	76,0816	76,0756	76,0876	76,0841	76,0927	76,0724
19,95	75,8086	75,8122	75,8151	75,8303	75,8327	75,8331	75,8331	75,8236
20,85	75,7424	75,7481	75,7692	75,7629	75,7827	75,7811	75,7897	75,7680
21,15	75,9551	75,9444	75,9633	75,9699	75,9773	75,9837	75,9758	75,9671

21,45	75,9737	75,9765	75,9800	75,9857	75,9974	75,9969	76,0047	75,9878
21,75	75,9556	75,9556	75,9757	75,9600	75,9789	75,9817	75,9804	75,9697
22,05	75,9516	75,9672	75,9809	75,9890	75,9943	76,0009	75,9937	75,9825
22,35	76,0038	75,9925	76,0138	76,0140	76,0337	76,0259	76,0285	76,0160
22,65	76,0980	76,1087	76,0924	76,0890	76,1112	76,1222	76,1230	76,1064
22,95	76,0167	76,0165	76,0612	76,0589	76,0650	76,0596	76,0623	76,0486
24,65	75,8587	75,8609	75,8728	75,8729	75,8790	75,8839	75,8843	75,8732

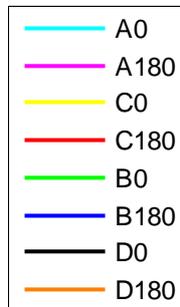
Stufe 4	Auswertung Messdaten - Standardabweichung - Inklinometer 215							
	A - 0	A - 180	B - 0	B - 180	C - 0	C - 180	D - 0	D - 180
σ	1,35E-02	1,25E-02	1,48E-02	1,56E-02	1,25E-02	1,24E-02	1,88E-02	1,36E-02



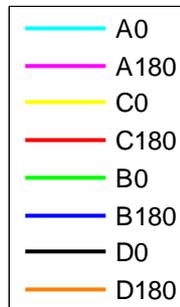
Darstellung - äquivalente Ovale

Stufe 2

Legende Variante 1



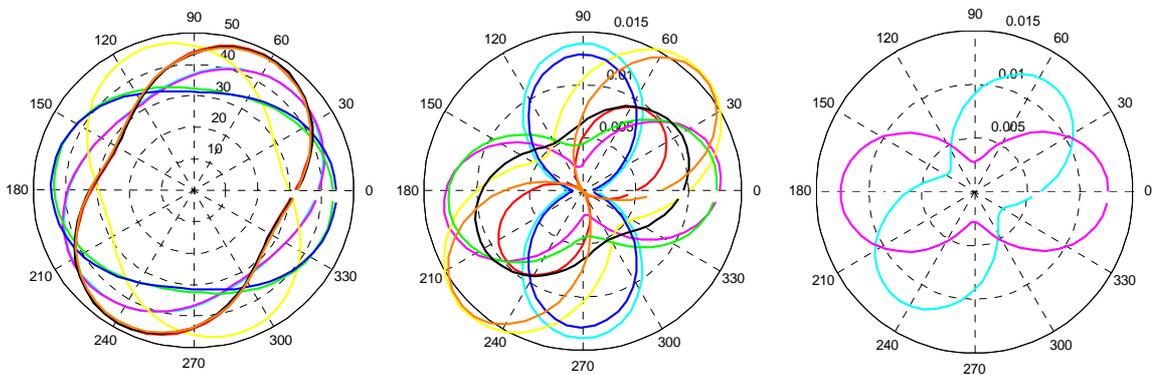
Legende Variante 2



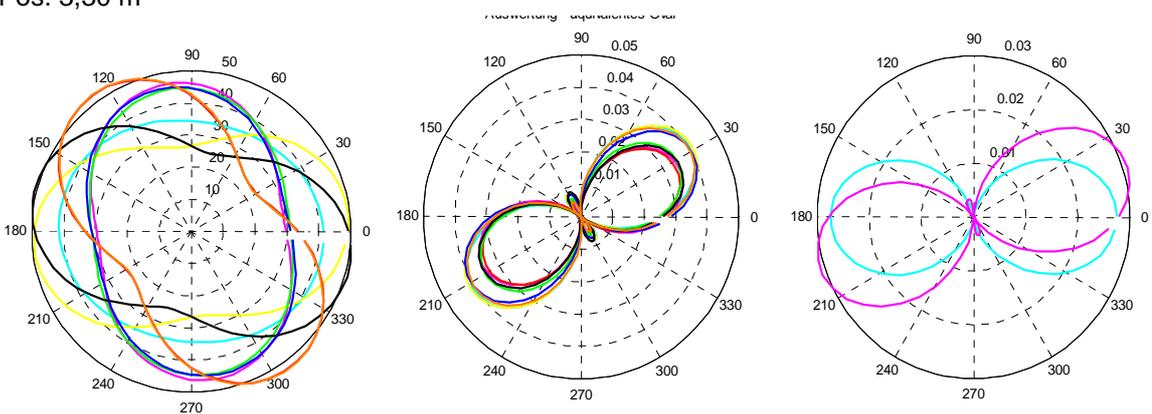
Legende Variante 3



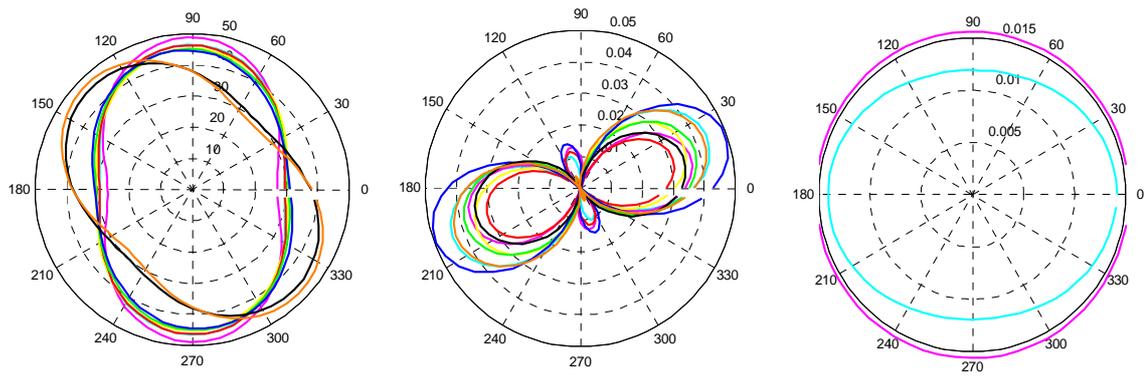
Pos. 1,20 m



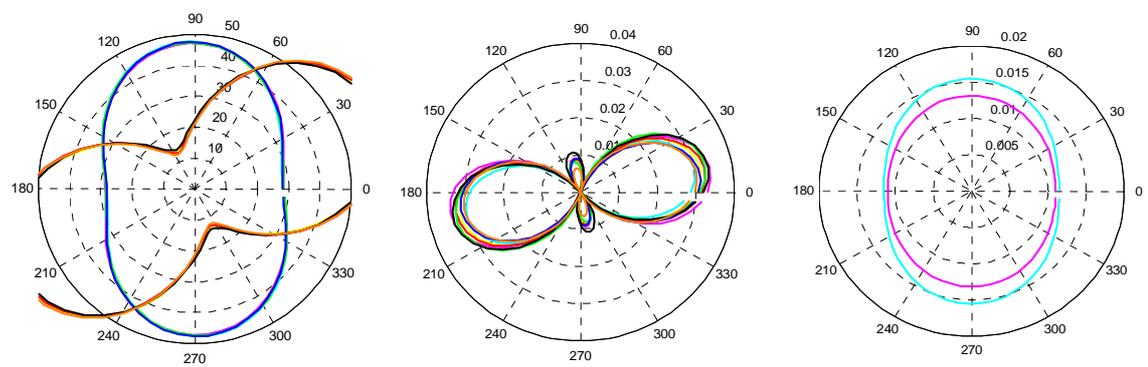
Pos. 3,30 m



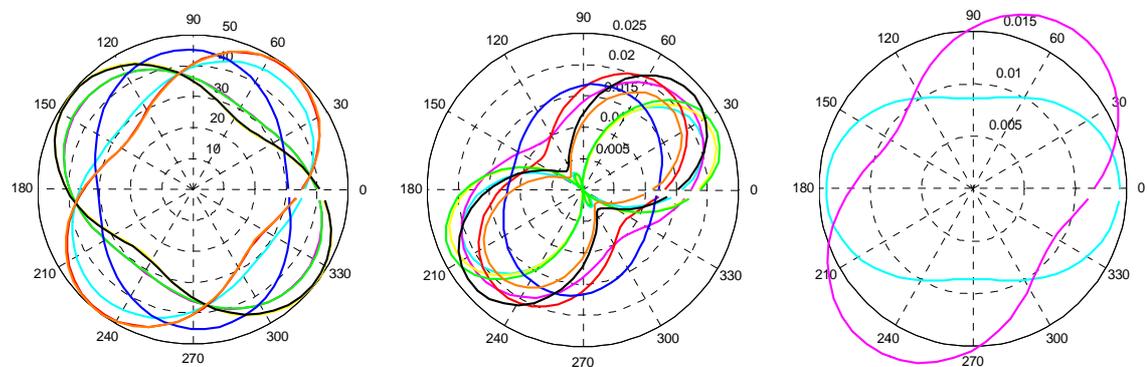
Pos. 4,50 m



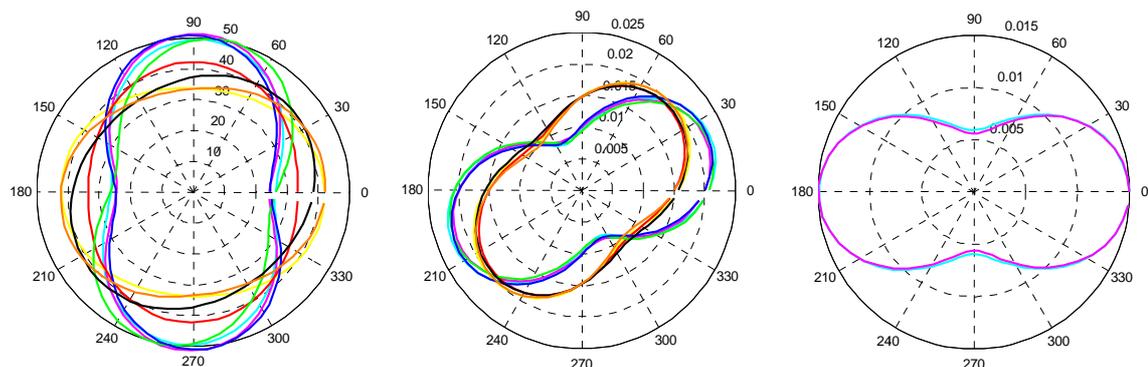
Pos. 6,30 m



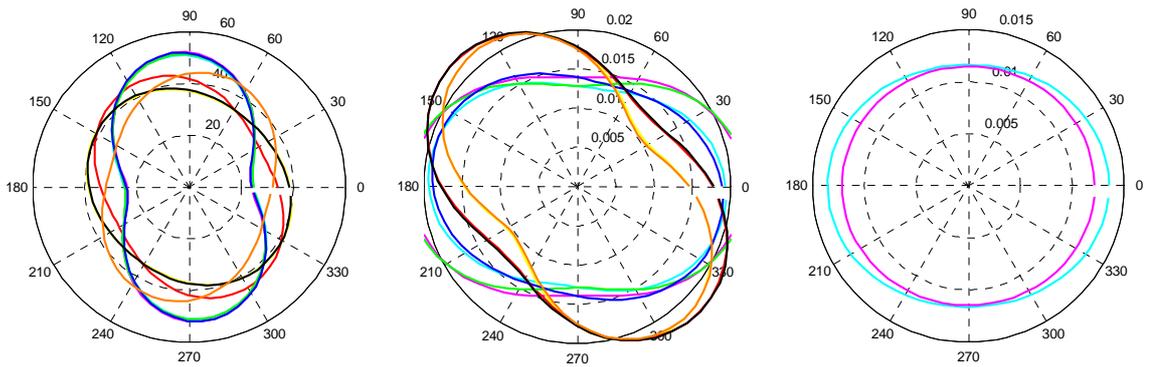
Pos. 7,50 m



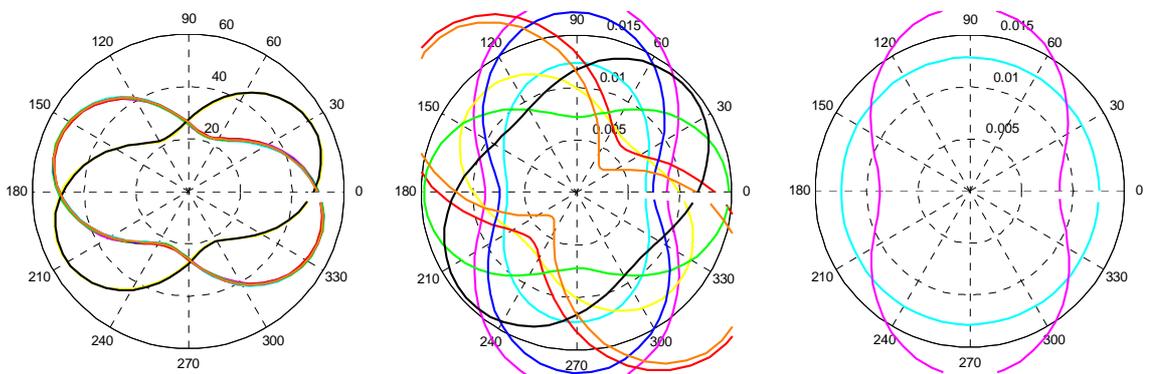
Pos. 9,30 m



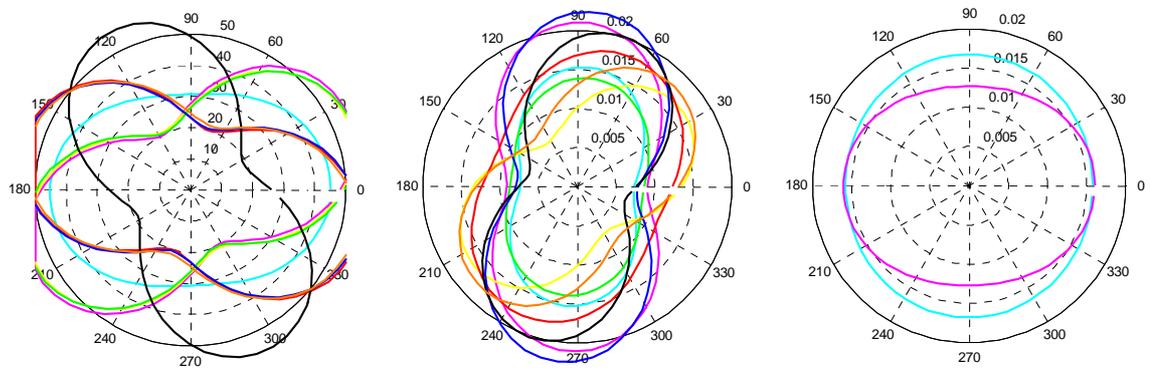
Pos. 10,50 m



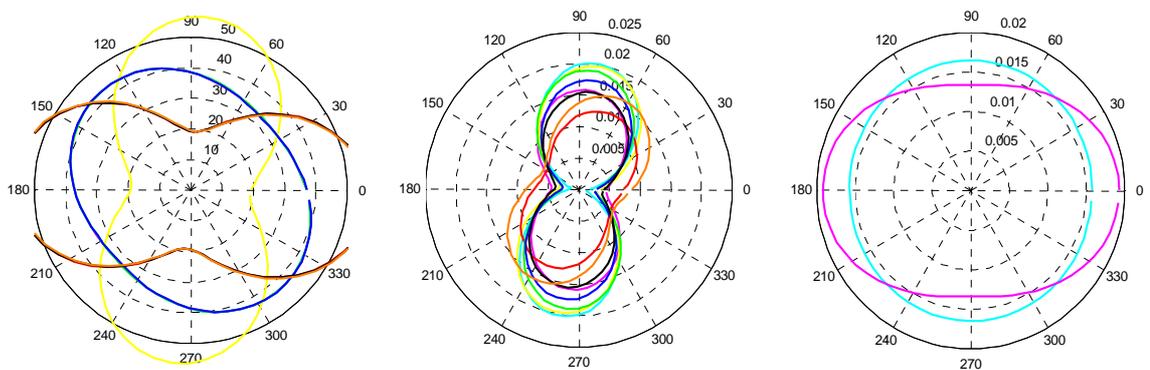
Pos. 12,30 m



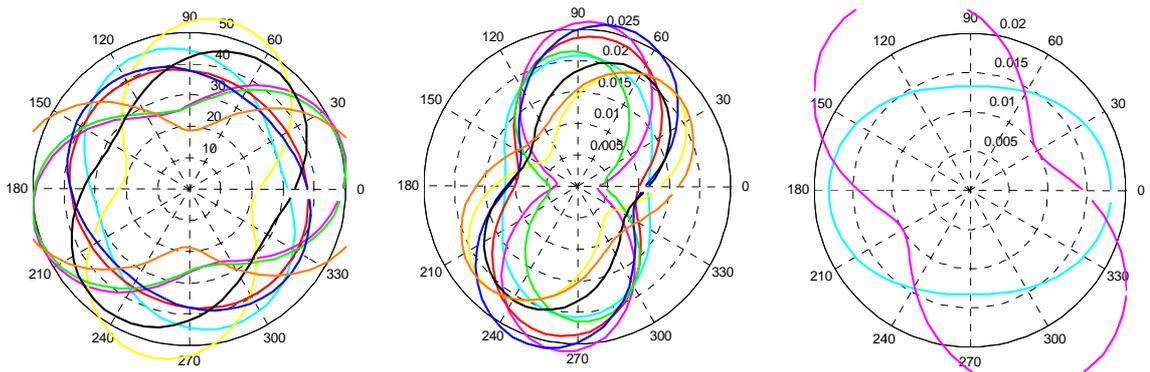
Pos. 13,50 m



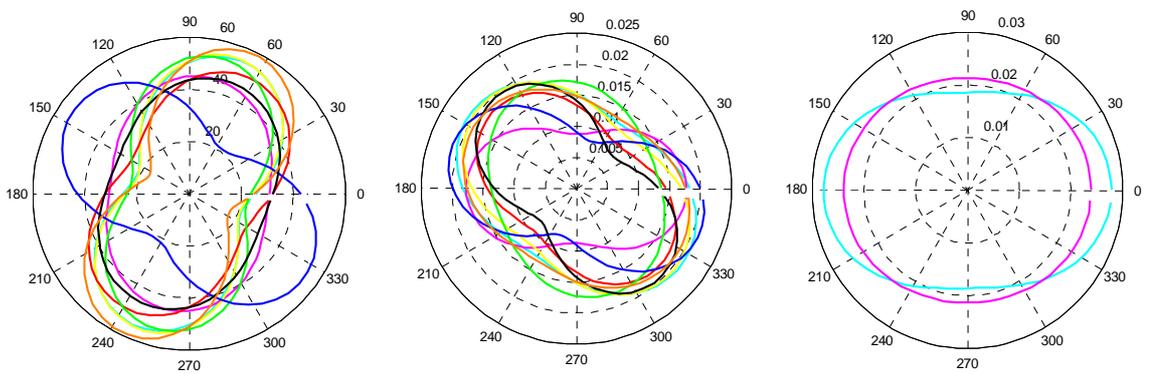
Pos. 15,30 m



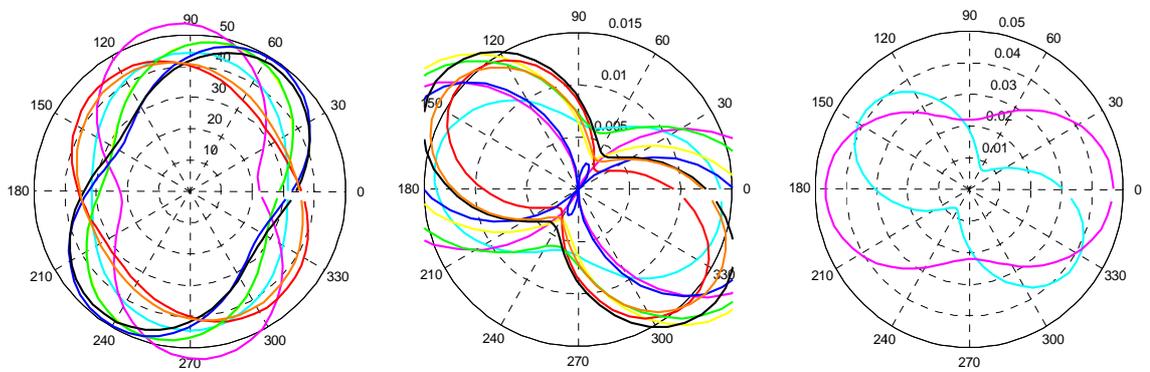
Pos. 16,50 m



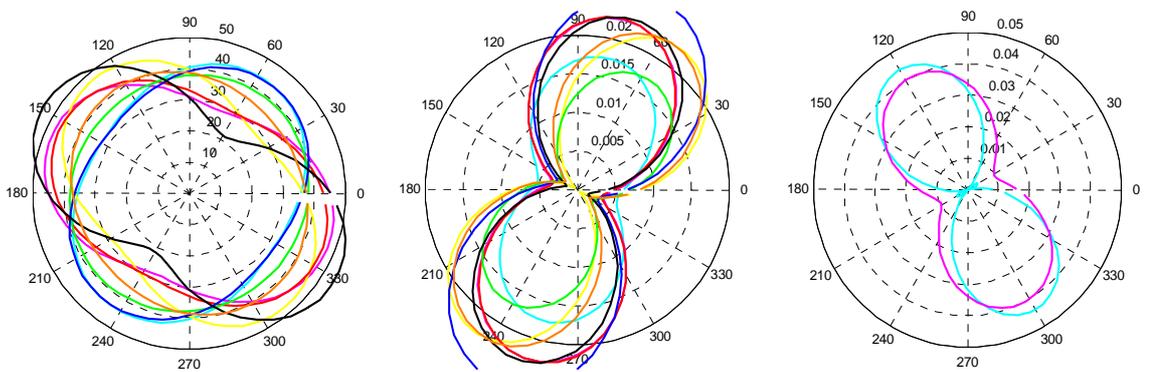
Pos. 18,30 m



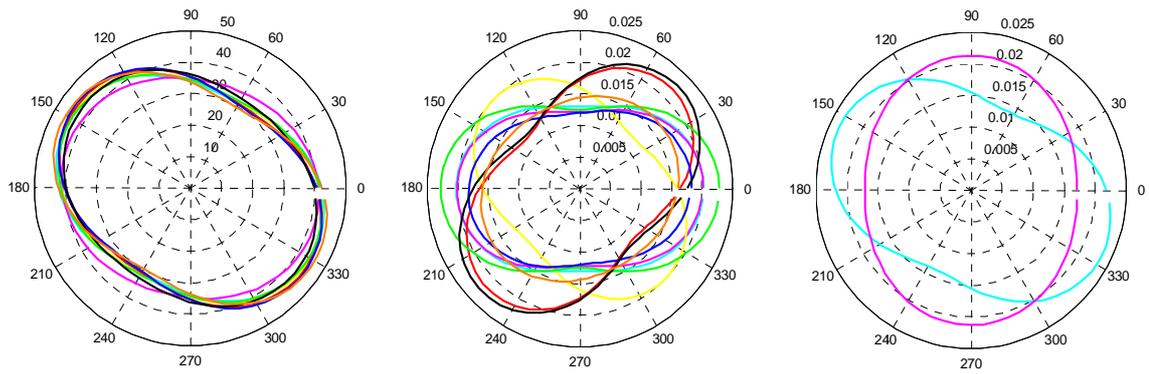
Pos. 19,50 m



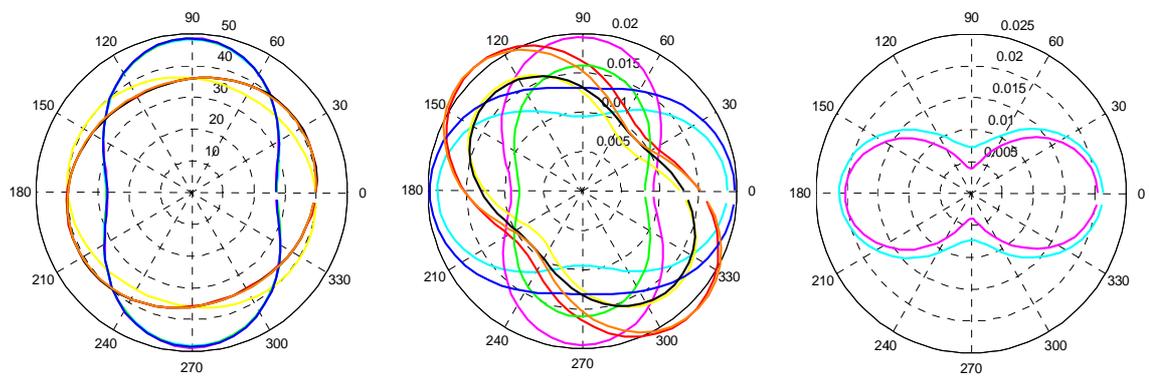
Pos. 21,30 m



Pos. 22,50 m



Pos. 24,65 m

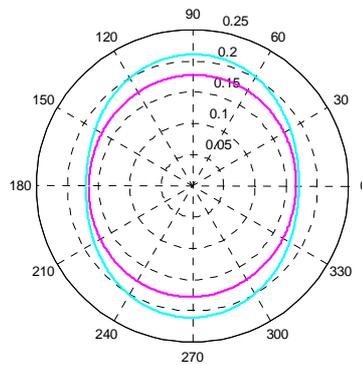


Stufe 2 (2. Folgemessung - Inklinometer 115)

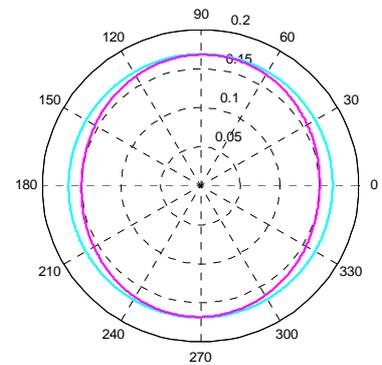
Legende Variante 4



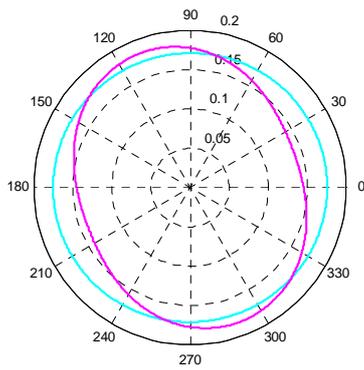
Pos. 1,00 m



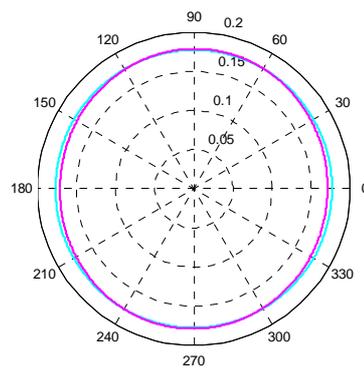
Pos. 2,90 m



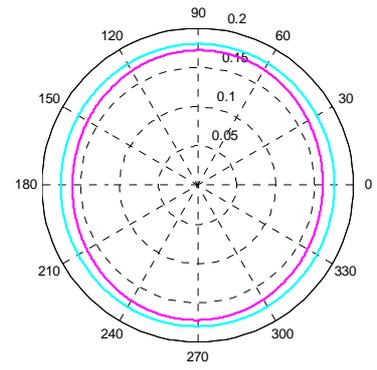
Pos. 4,10 m



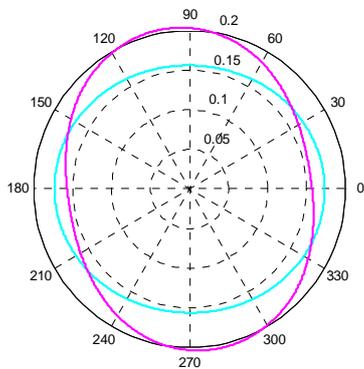
Pos. 5,90 m



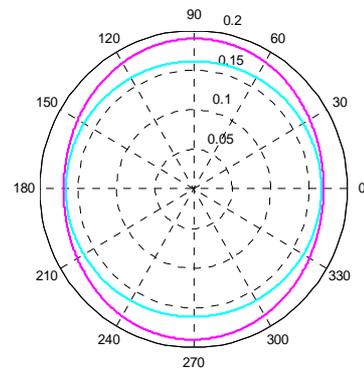
Pos. 7,10 m



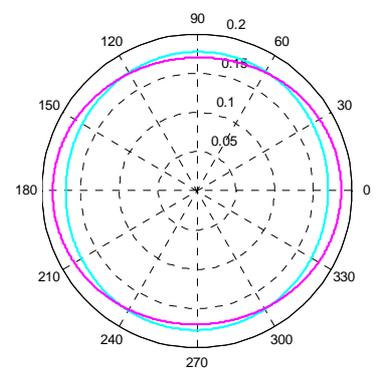
Pos. 8,90 m



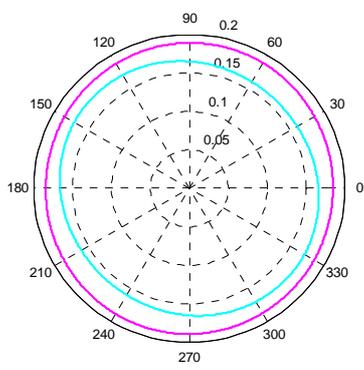
Pos. 10,10 m



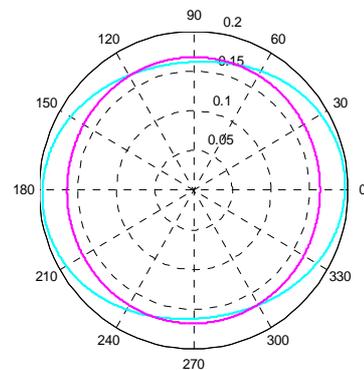
Pos. 11,90



Pos. 13,10 m

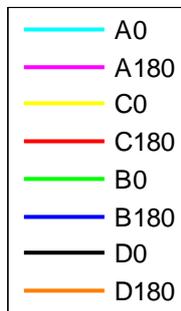


Pos. 15,27 m

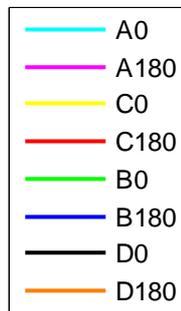


Stufe 4

Legende Variante 1



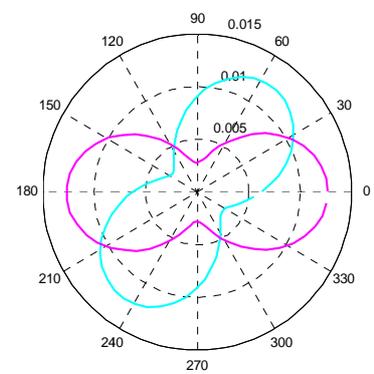
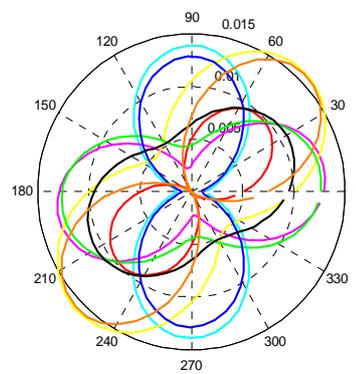
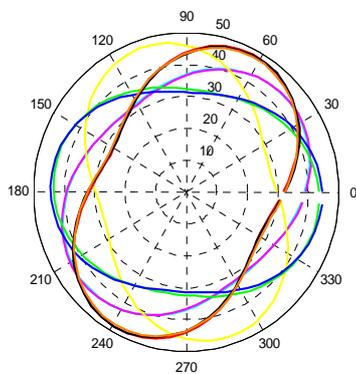
Legende Variante 2



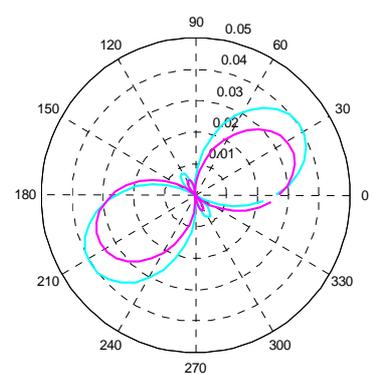
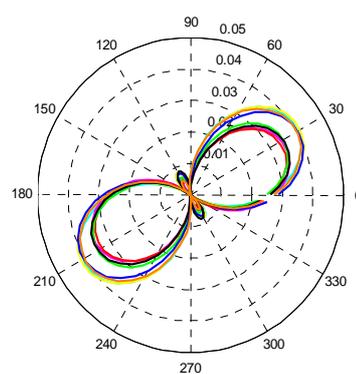
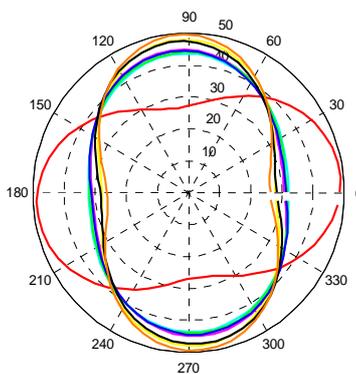
Legende Variante 3



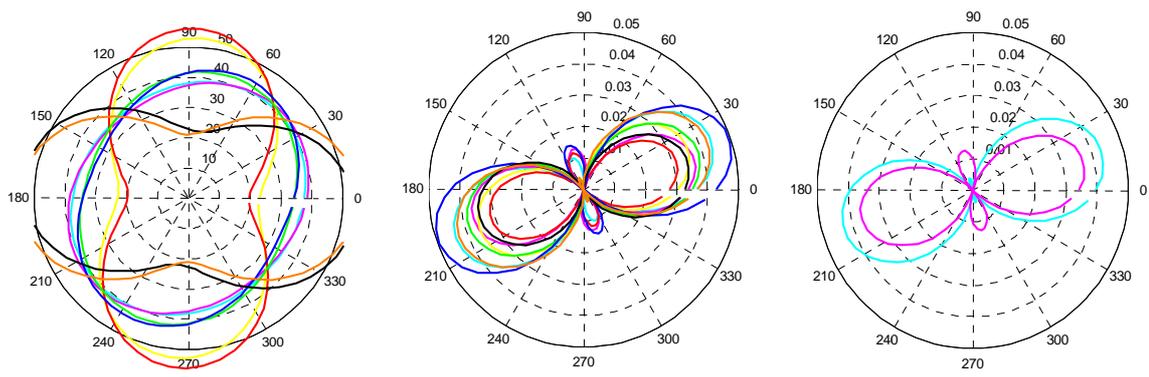
Pos. 1,20 m



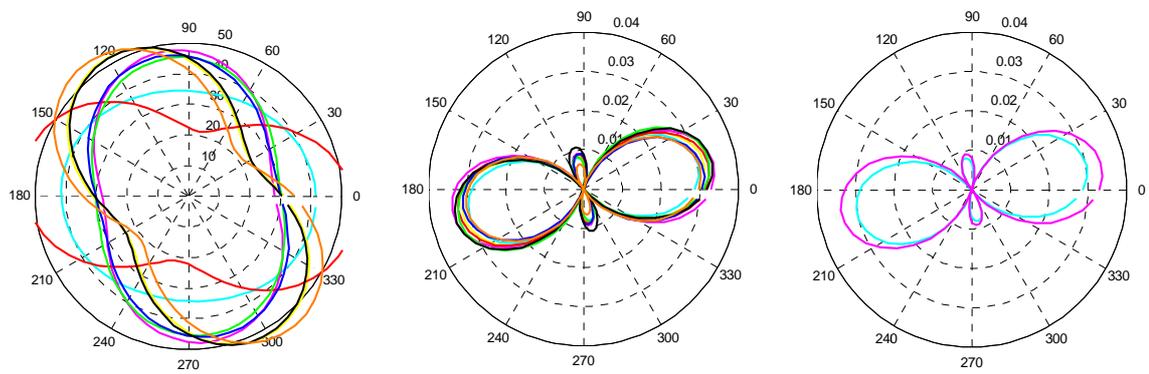
Pos. 2,85 m



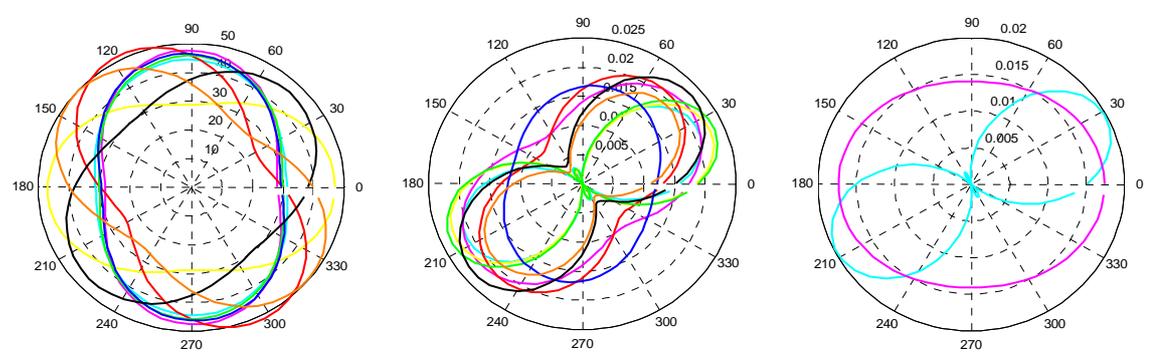
Pos. 3,15 m



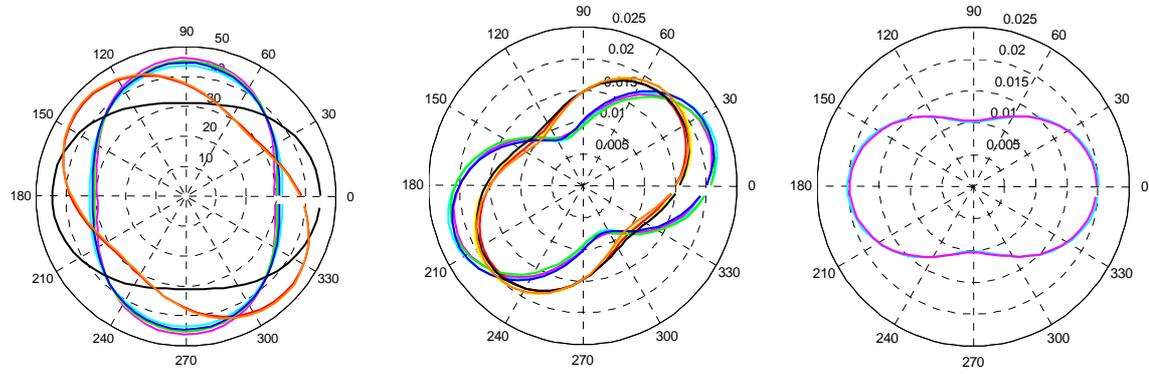
Pos. 3,45 m



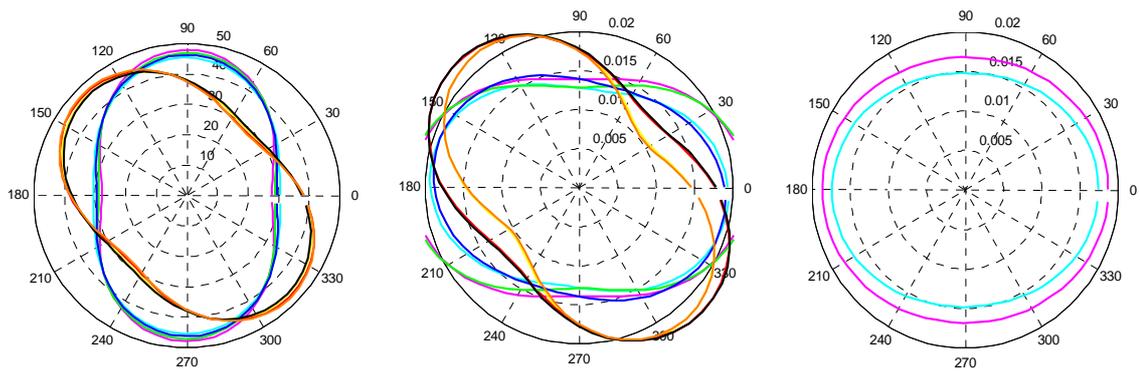
Pos. 3,75 m



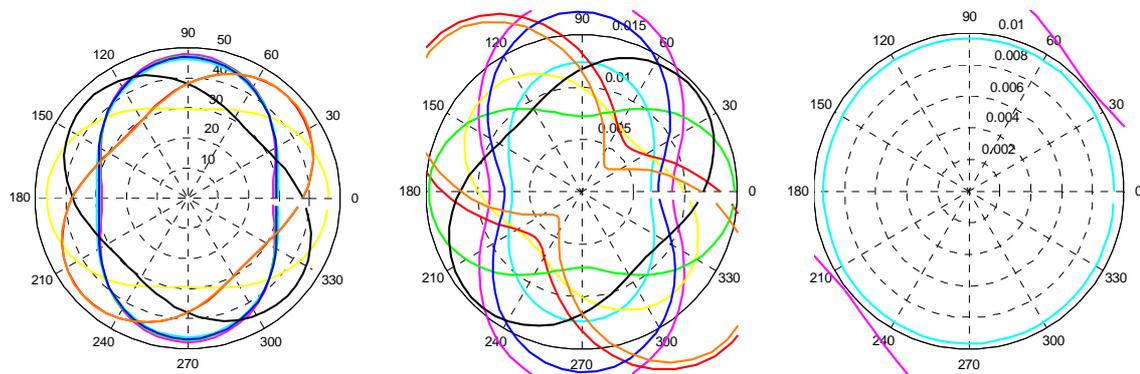
Pos. 4,05 m



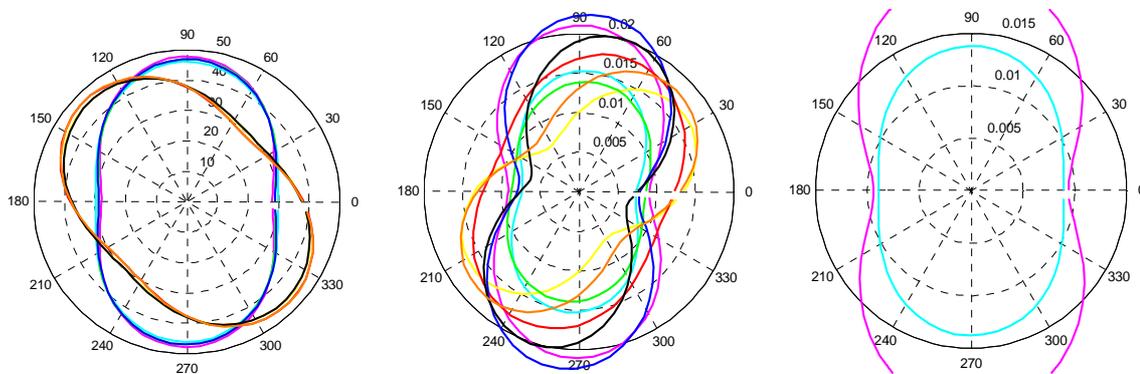
Pos. 4,35 m



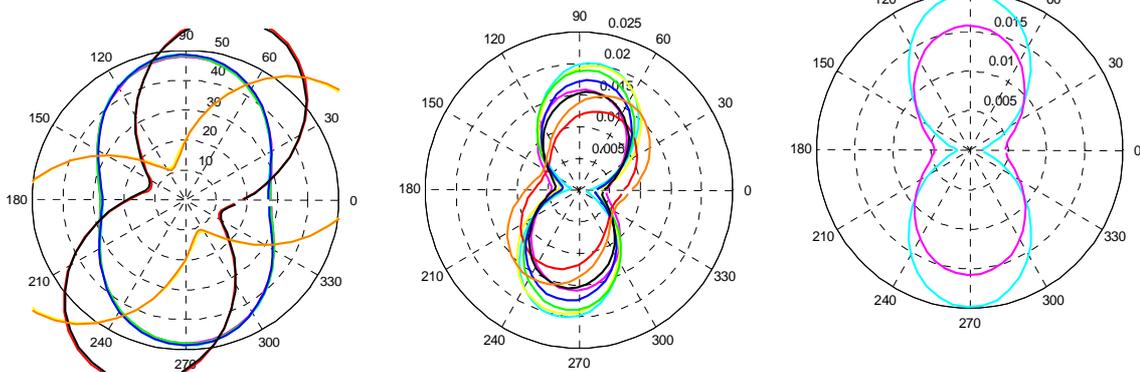
Pos. 4,65 m



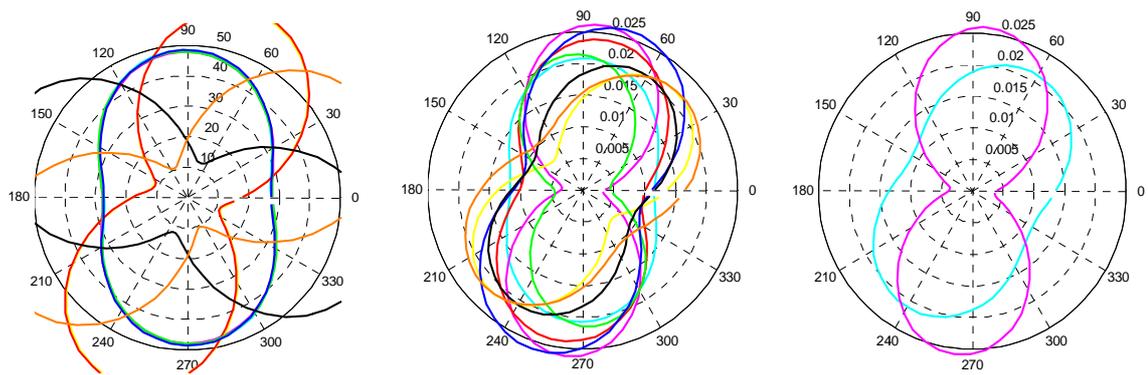
Pos. 4,95 m



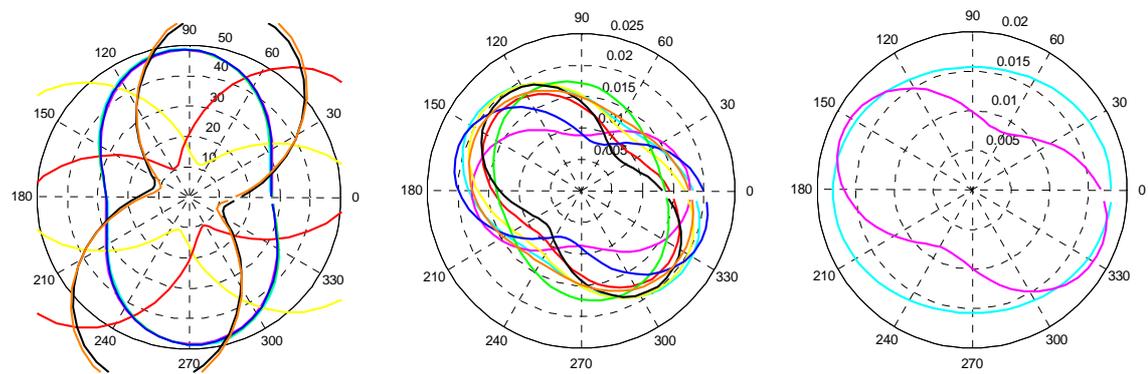
Pos. 5,85 m



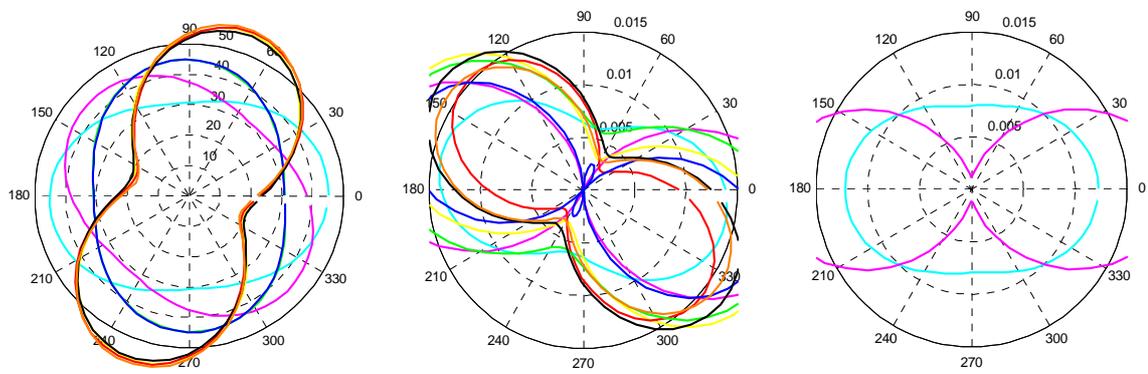
Pos. 6,15 m



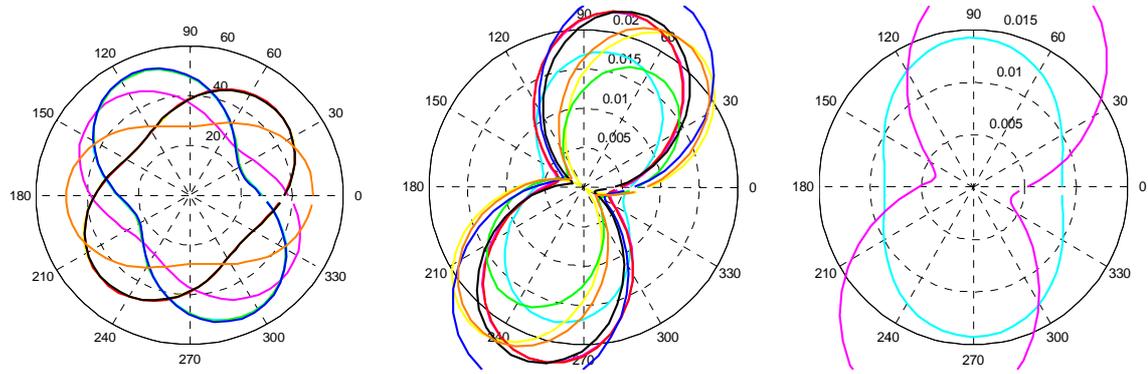
Pos. 6,45 m



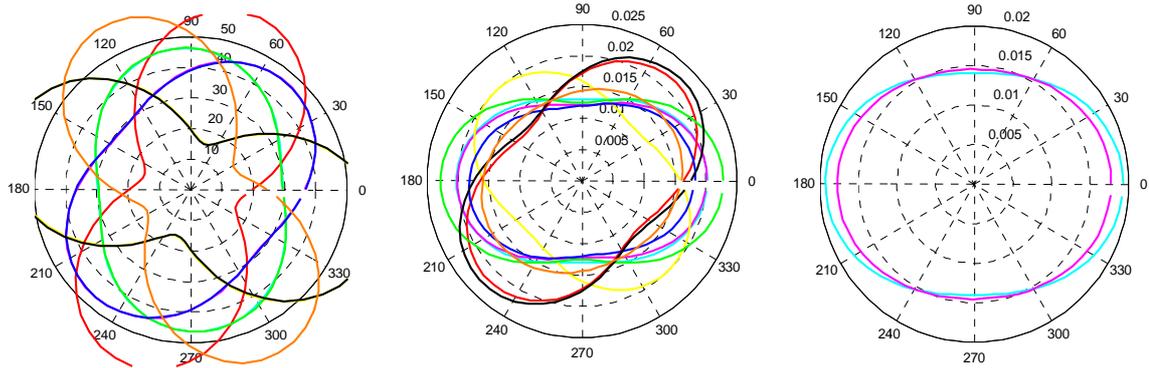
Pos. 6,75 m



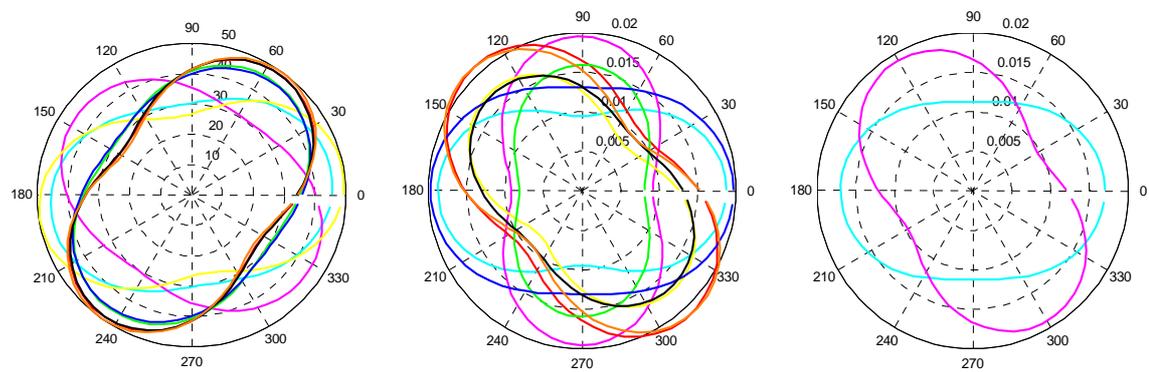
Pos. 7,05 m



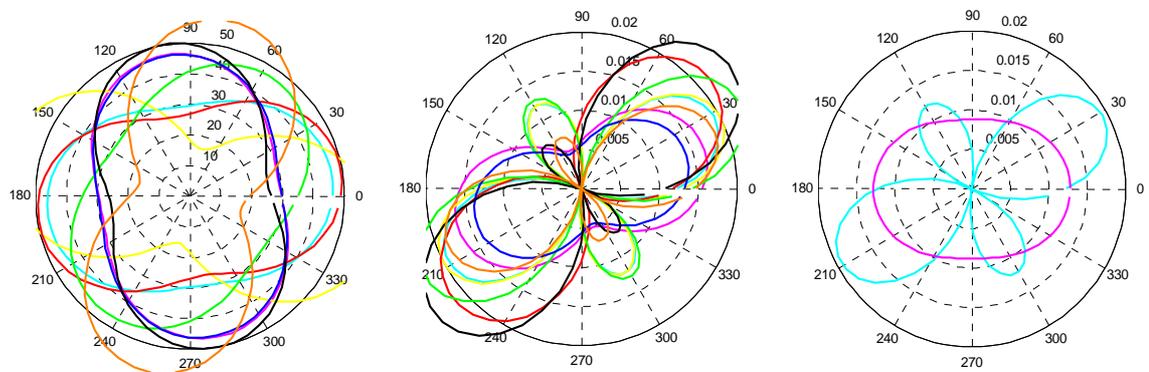
Pos. 7,35 m



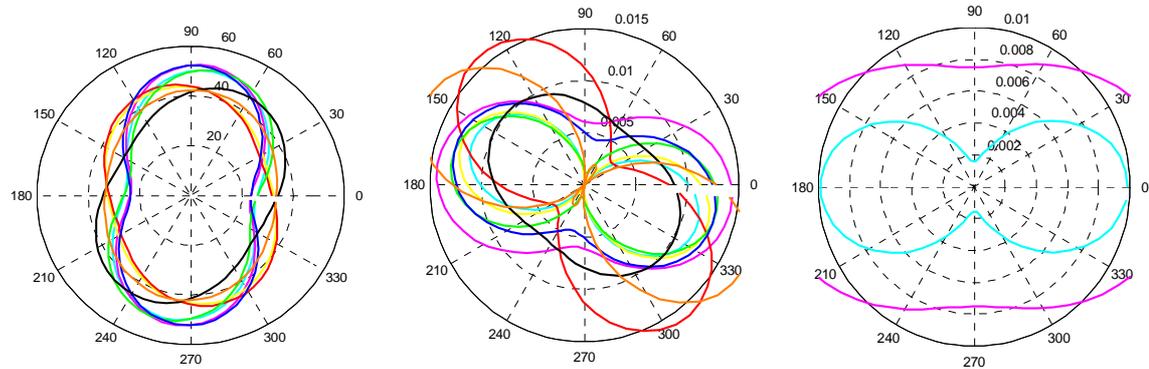
Pos. 7,65 m



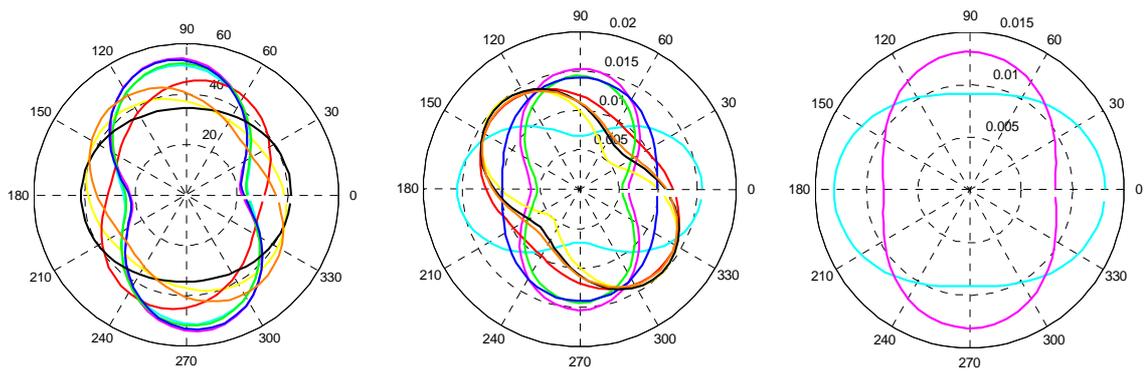
Pos. 7,95 m



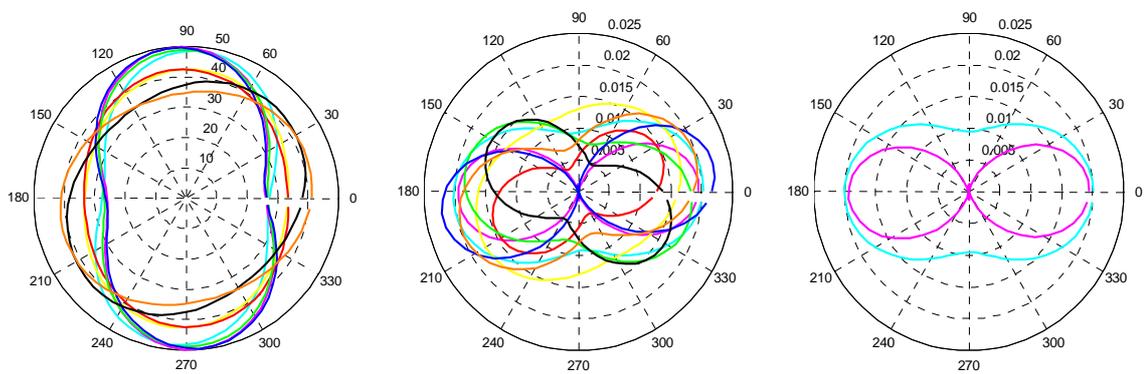
Pos. 8,85 m



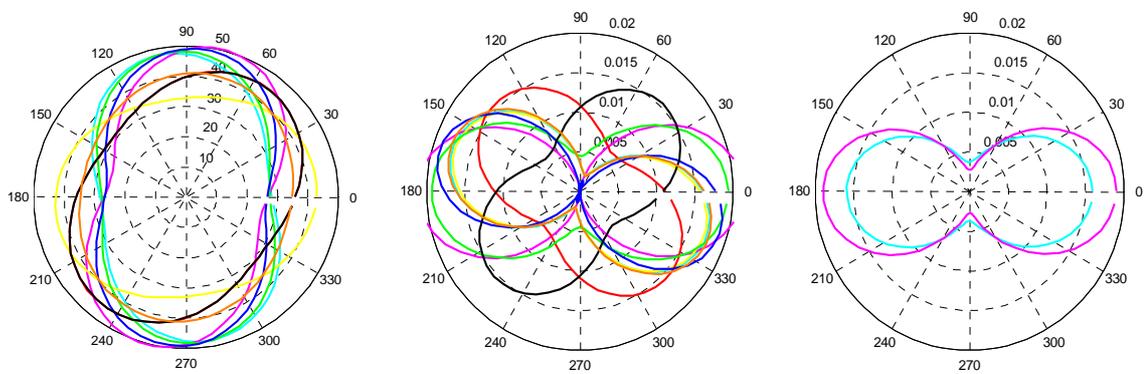
Pos. 9,15 m



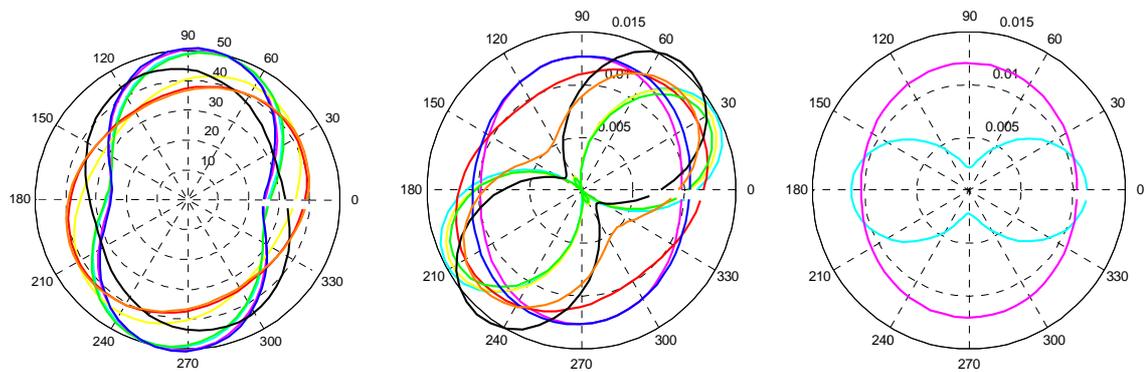
Pos. 9,45 m



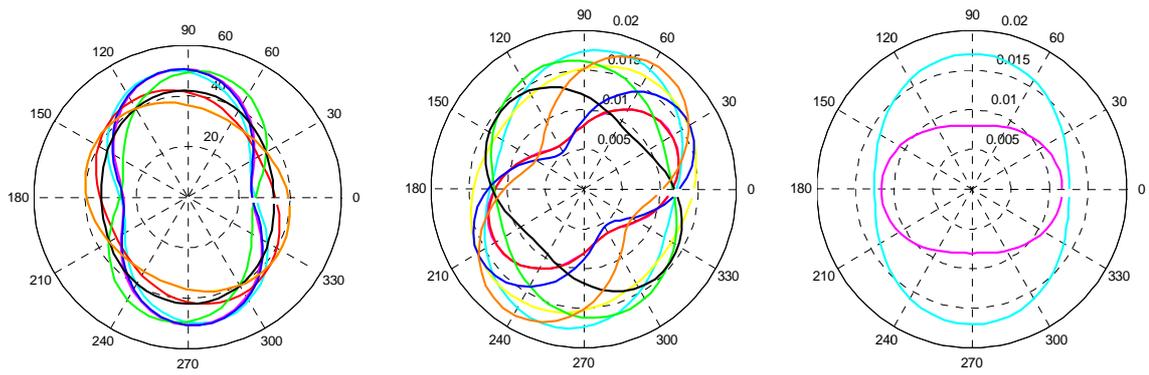
Pos. 9,75 m



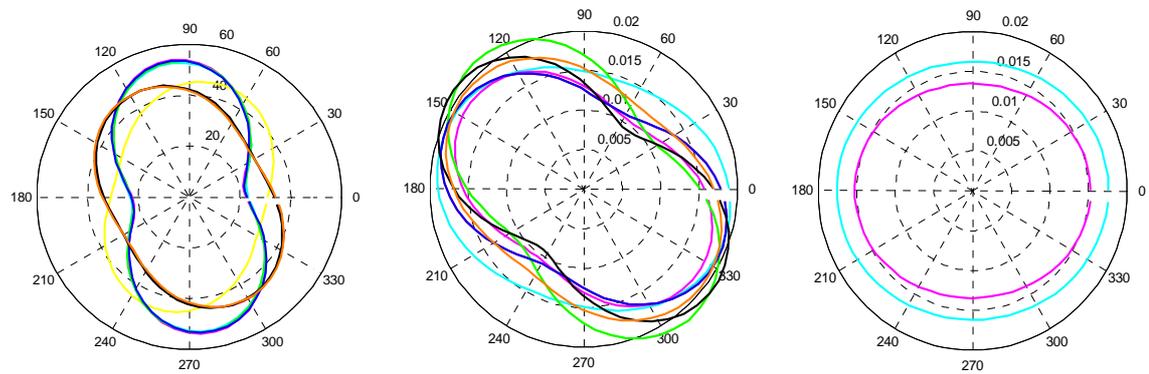
Pos. 10,05 m



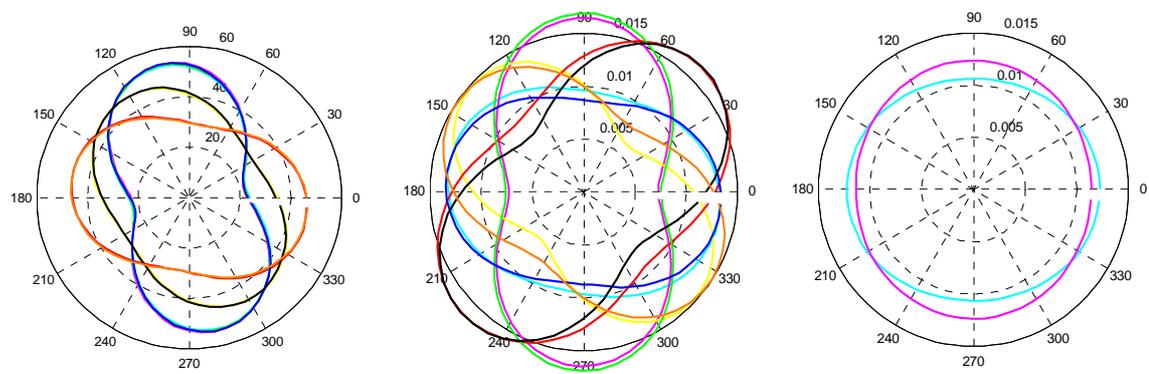
Pos. 10,35 m



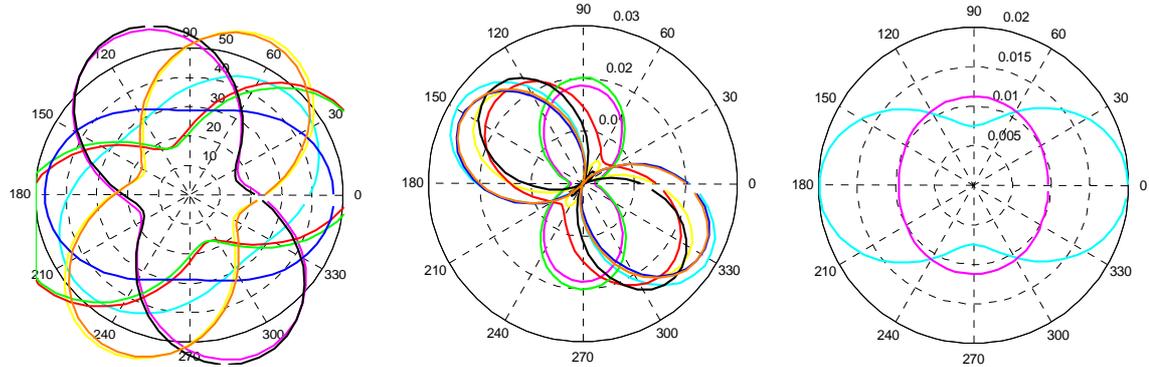
Pos. 10,65 m



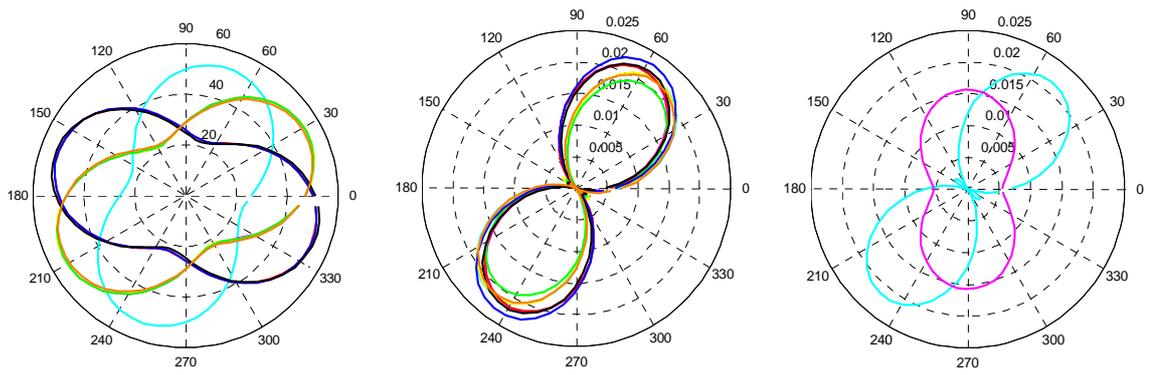
Pos. 10,95



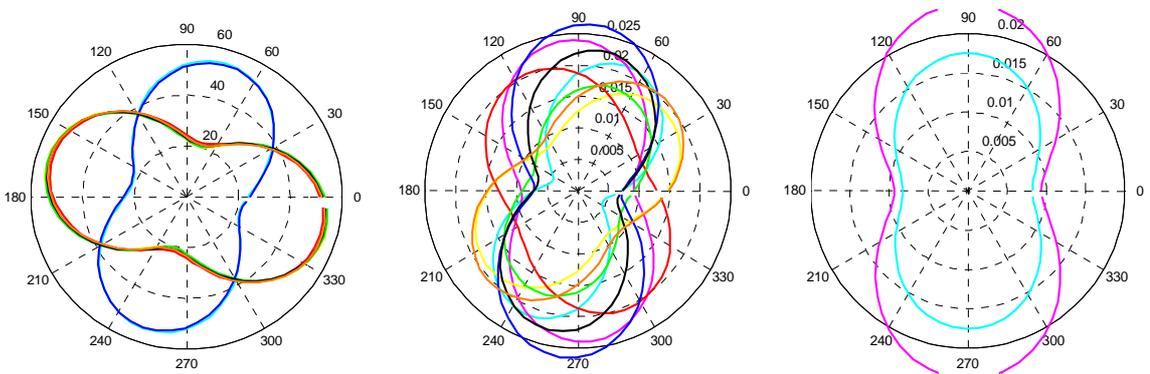
Pos. 11,85 m



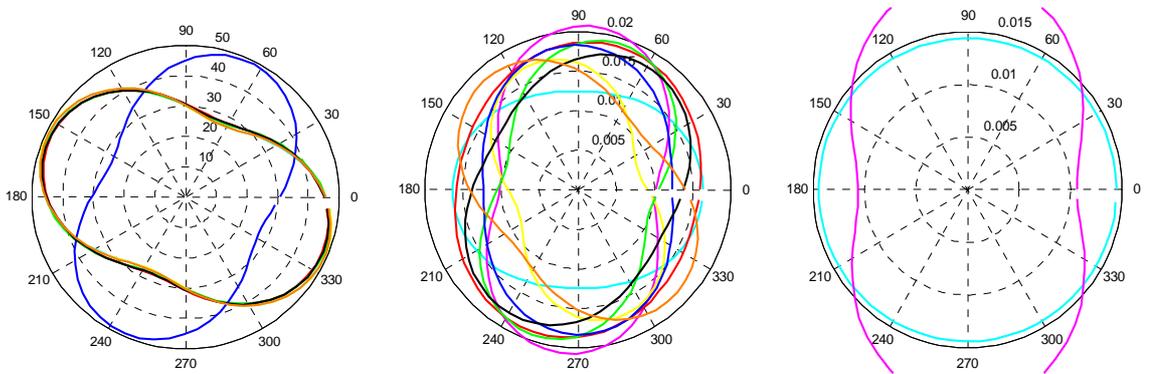
Pos. 12,15 m



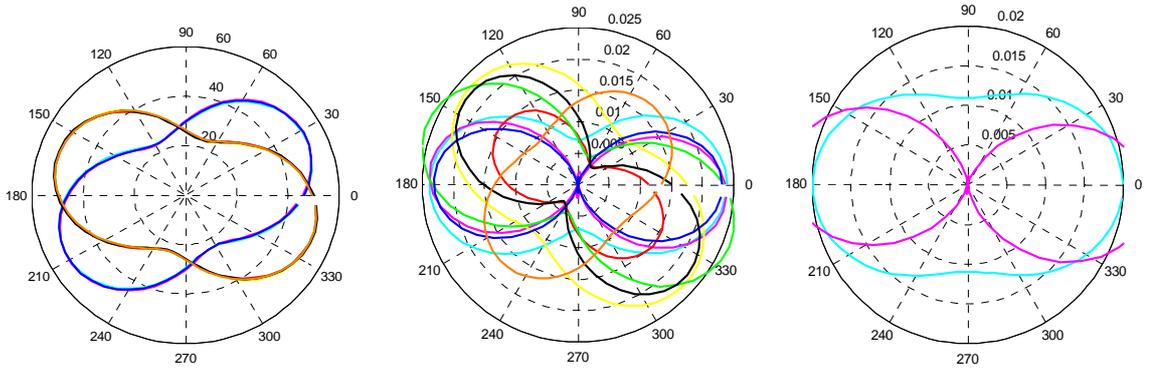
Pos. 12,45 m



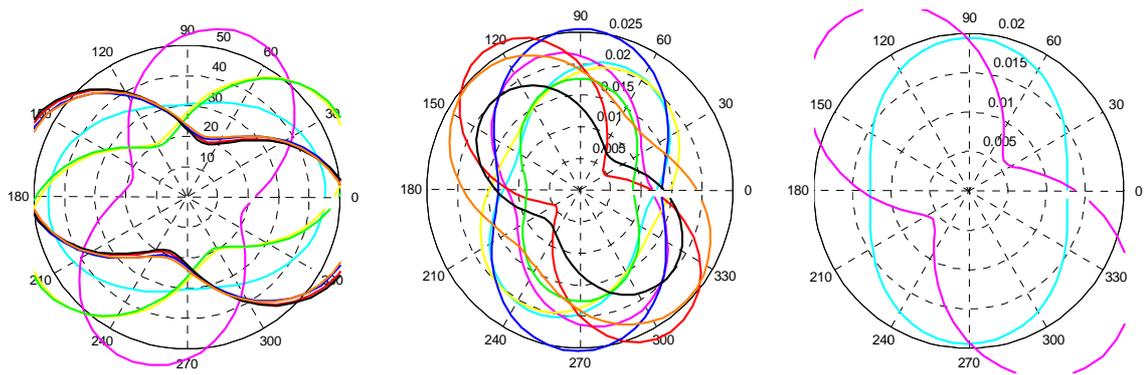
Pos. 12,75 m



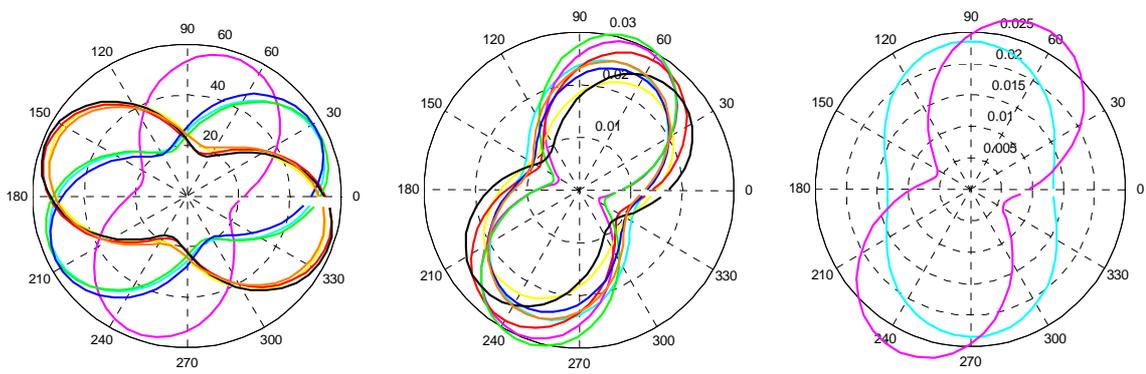
Pos. 13,05 m



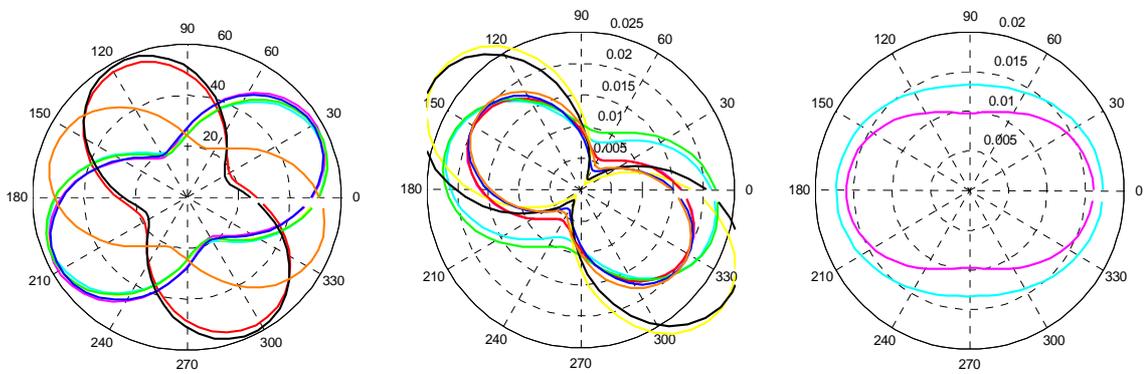
Pos. 13,35 m



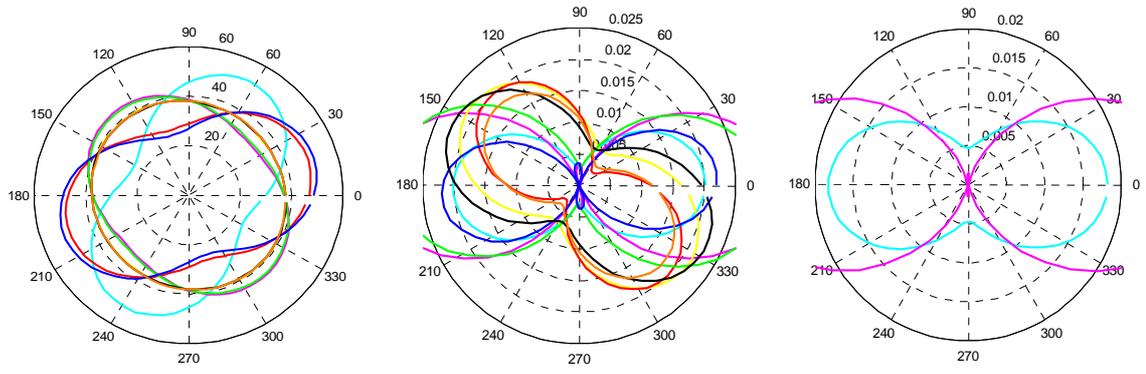
Pos. 13,65 m



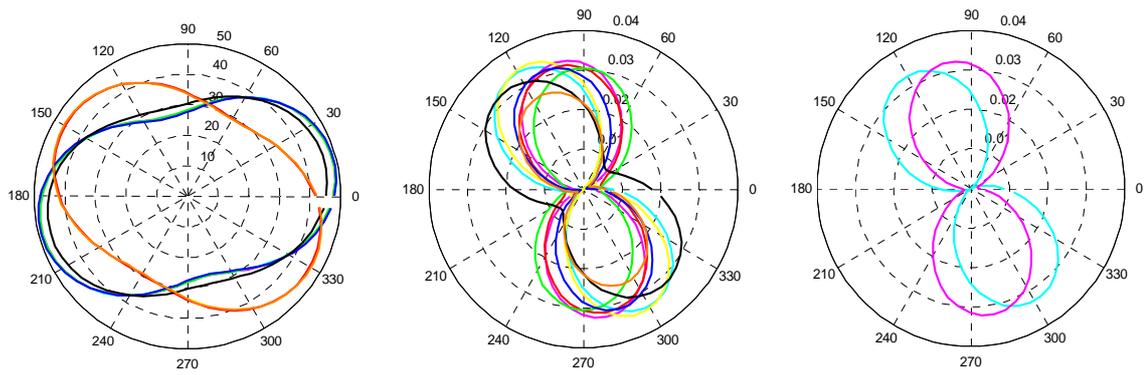
Pos. 13,95 m



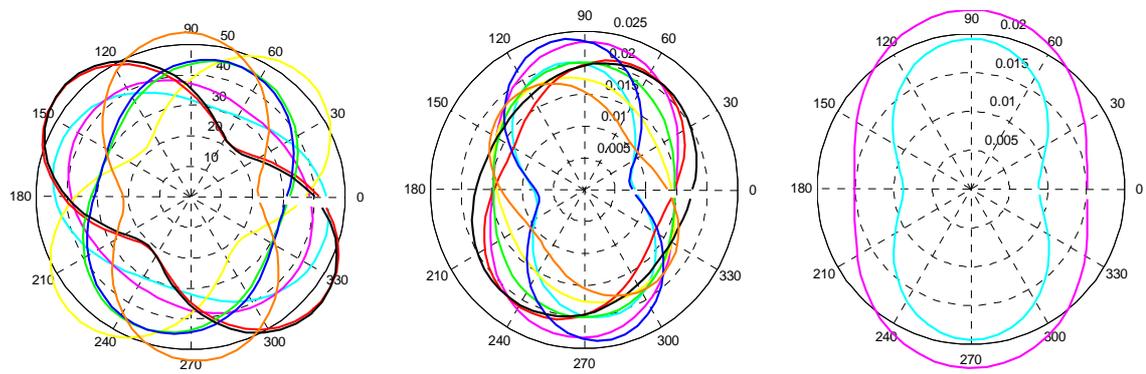
Pos. 14,85 m



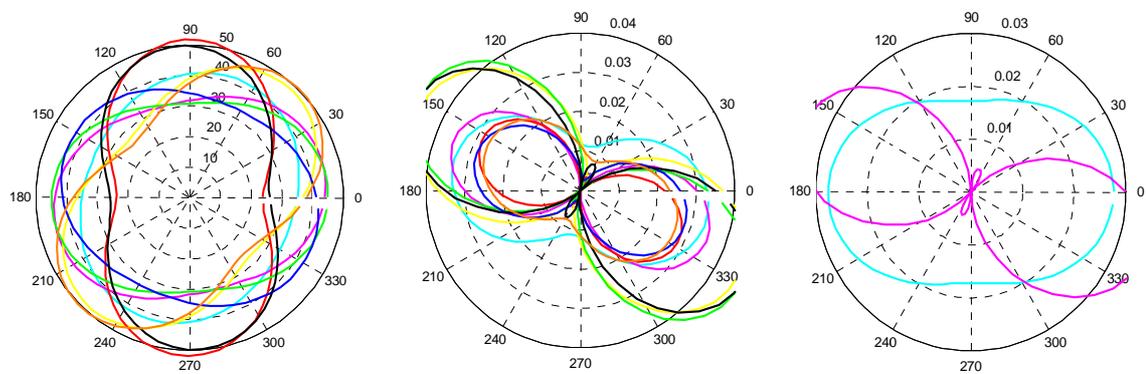
Pos. 15,15 m



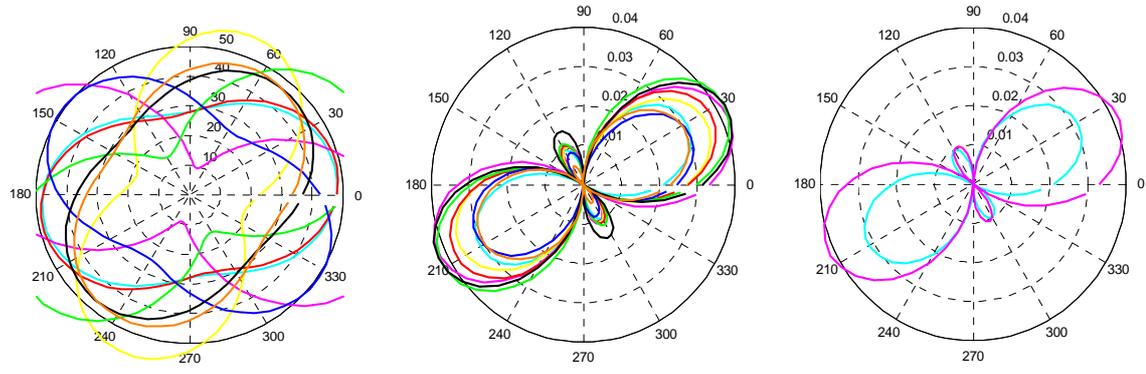
Pos. 15,45 m



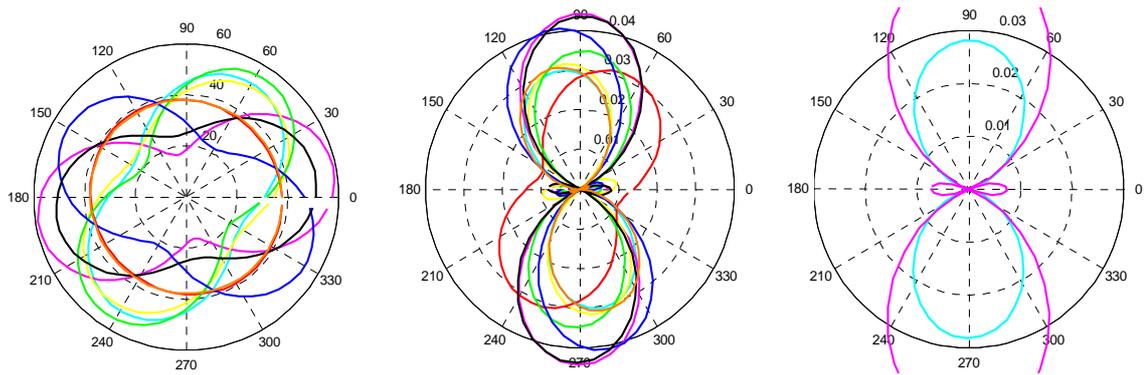
Pos. 15,75 m



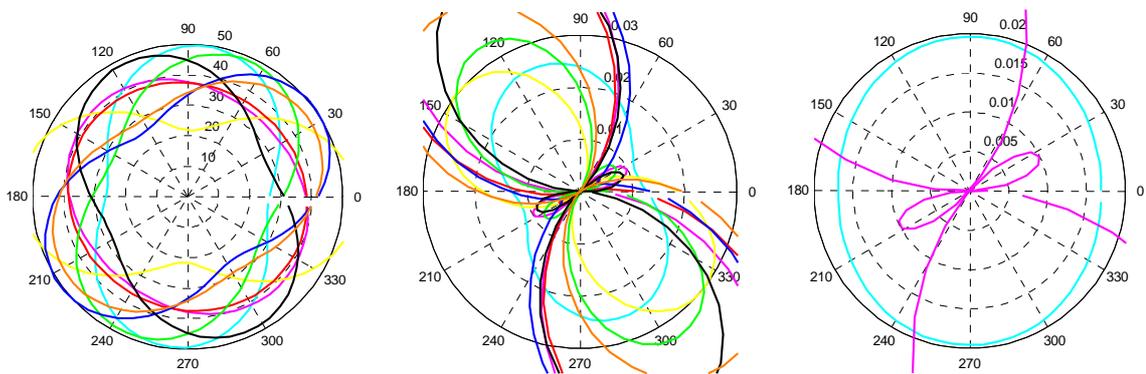
Pos. 16,05 m



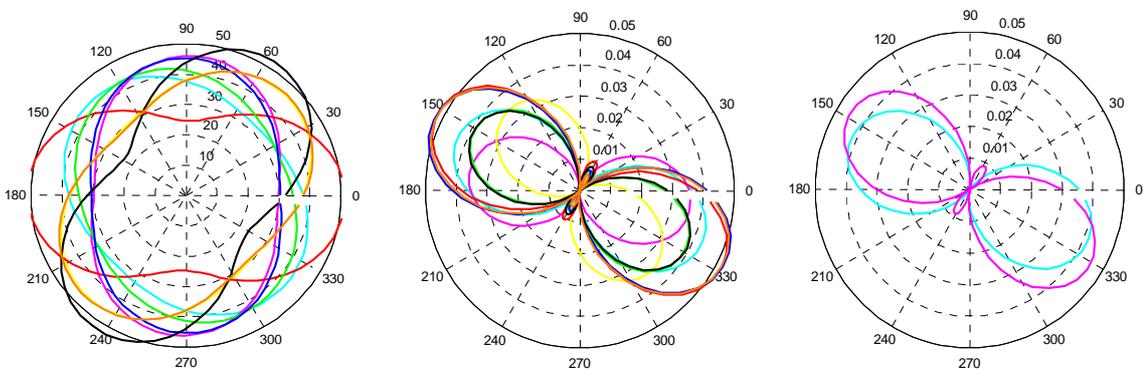
Pos. 16,35 m



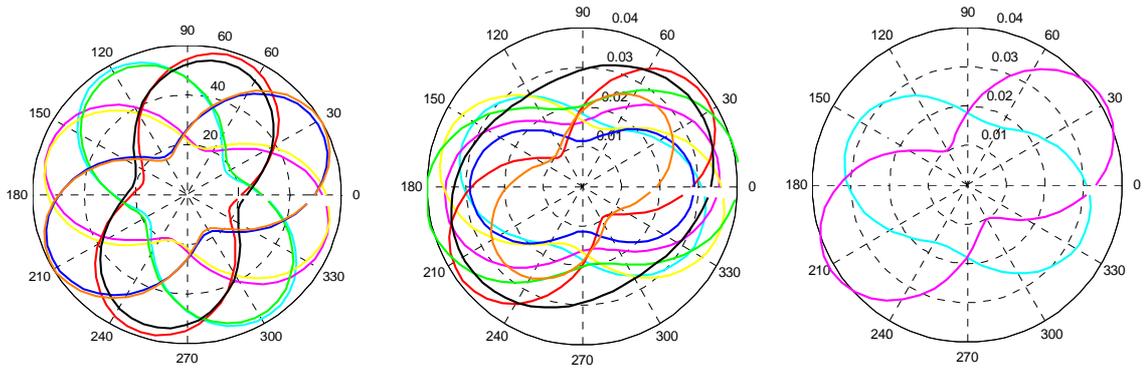
Pos. 16,65 m



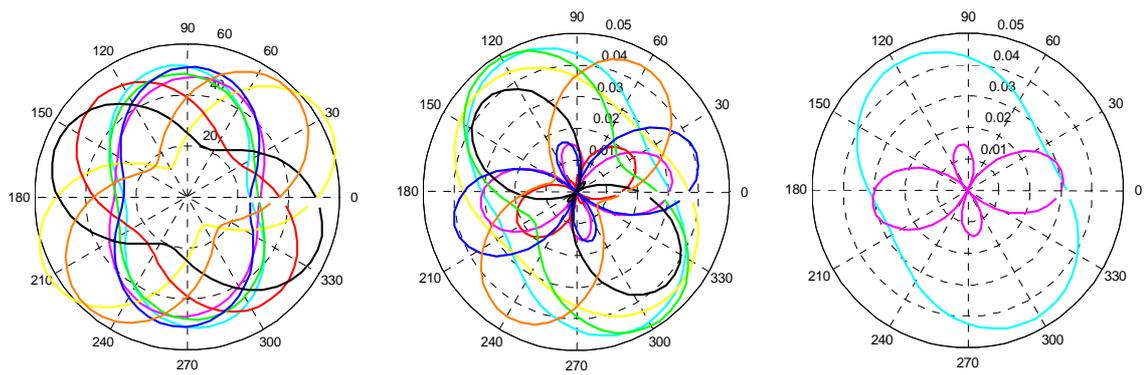
Pos. 16,95 m



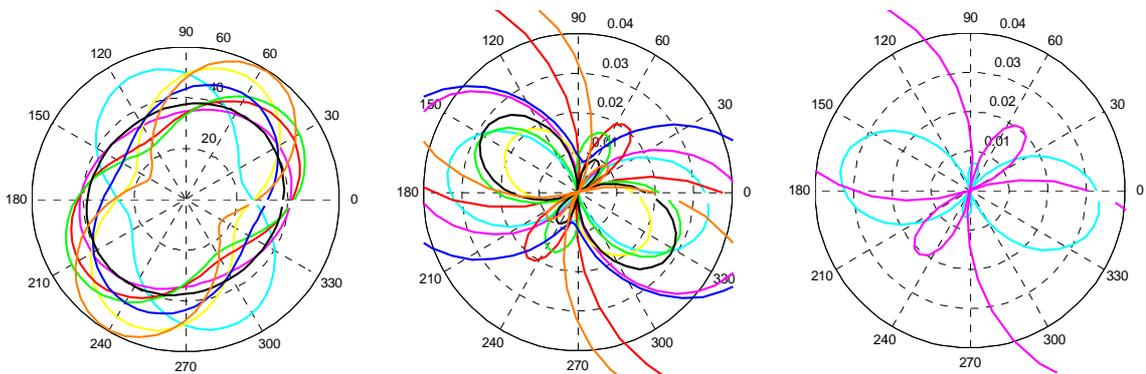
Pos. 17,85 m



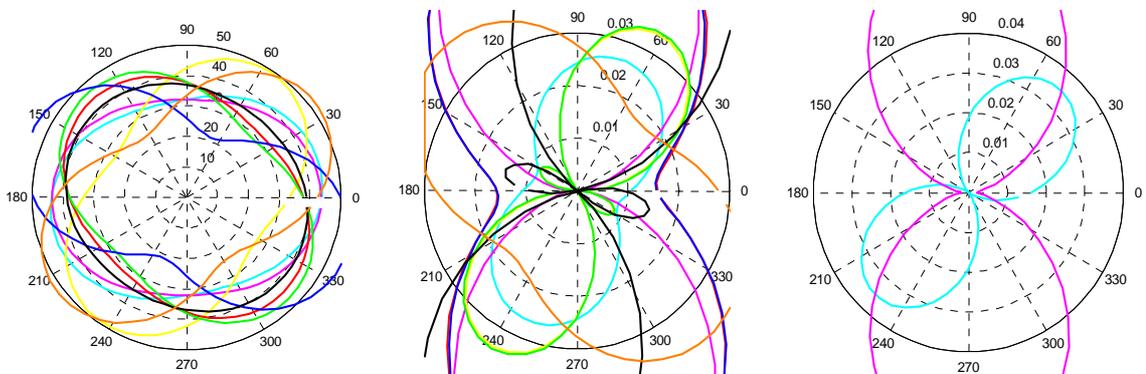
Pos. 18,15 m



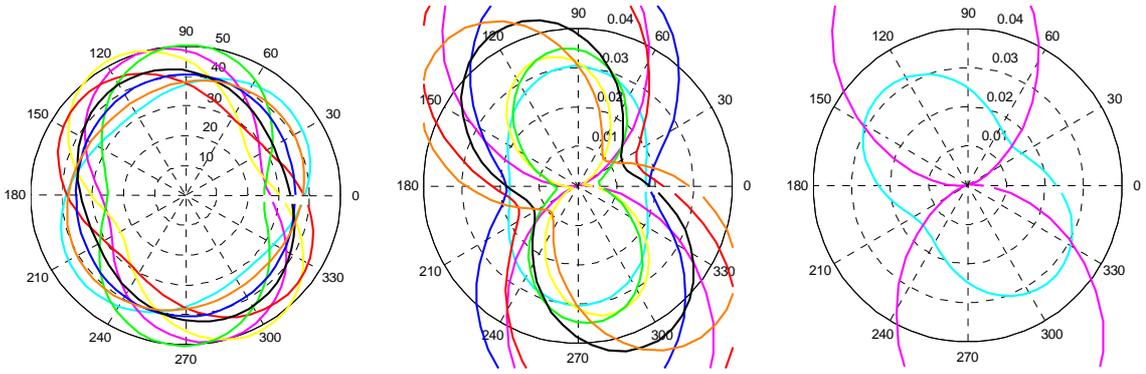
Pos. 18,45 m



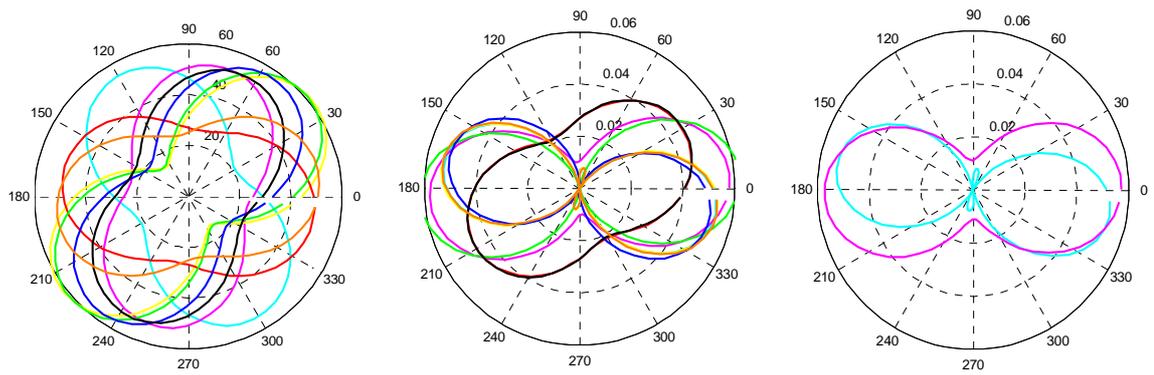
Pos. 18,75 m



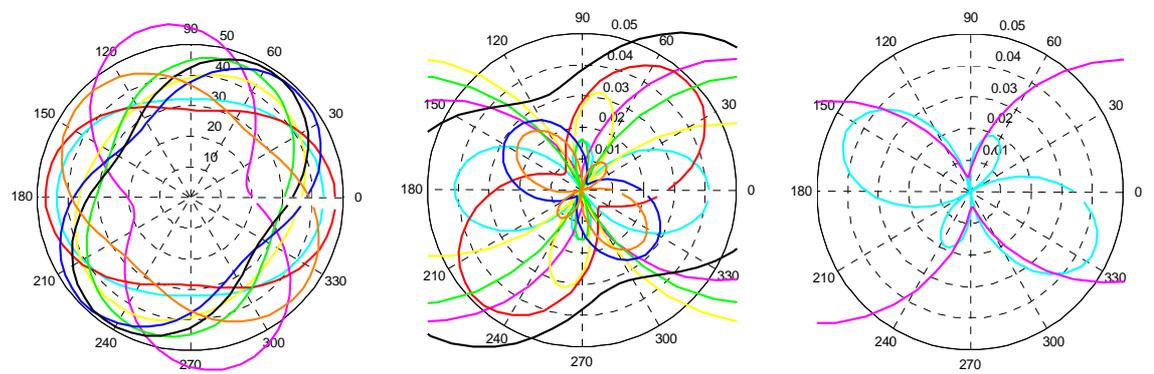
Pos. 19,05 m



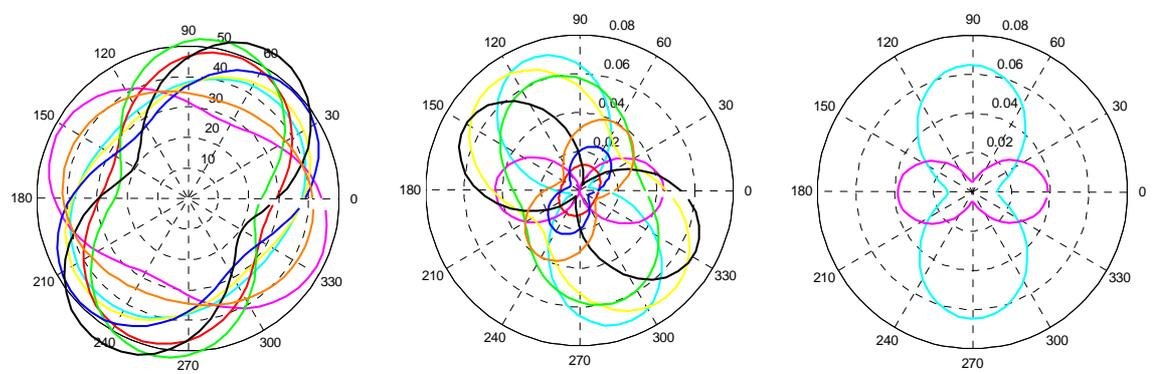
Pos. 19,35 m



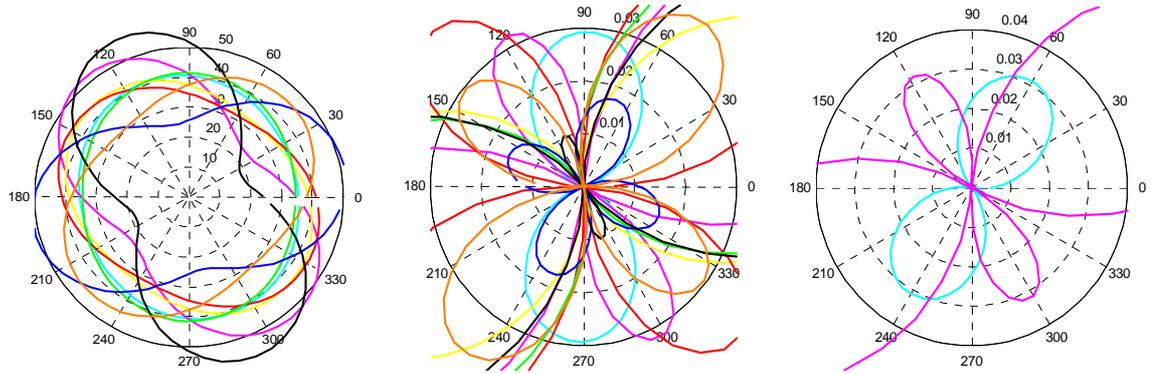
Pos. 19,65 m



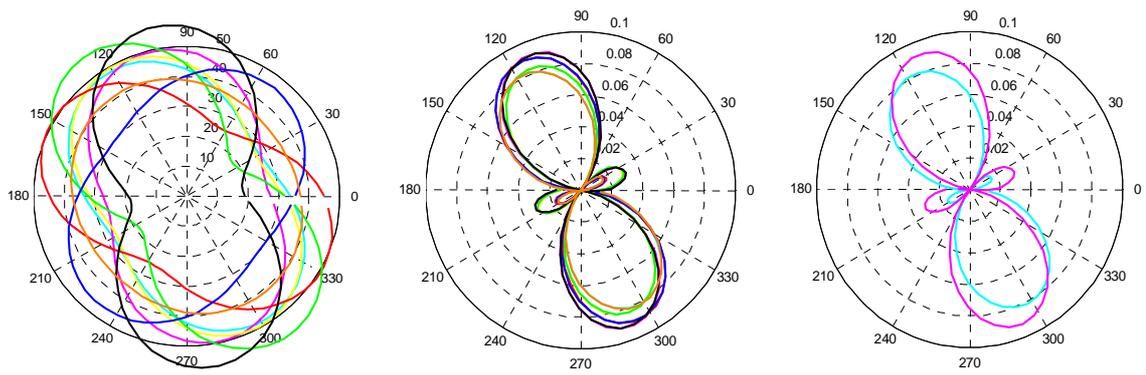
Pos. 19,95 m



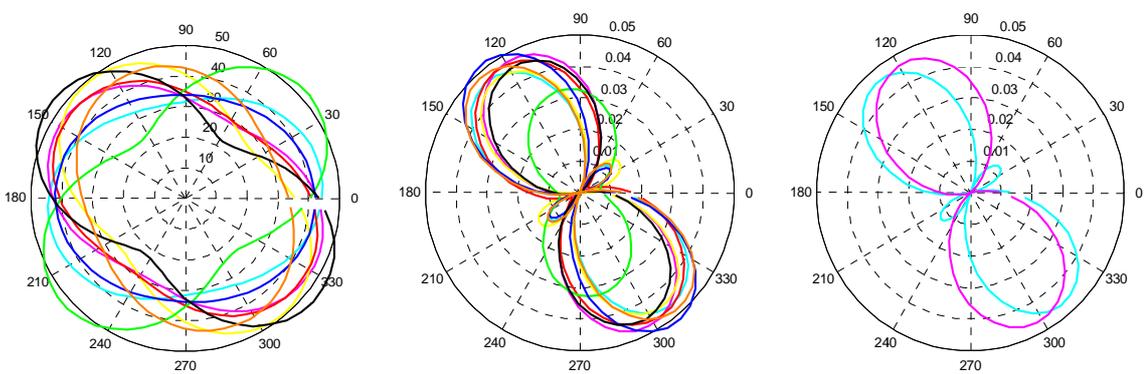
Pos. 20,85 m



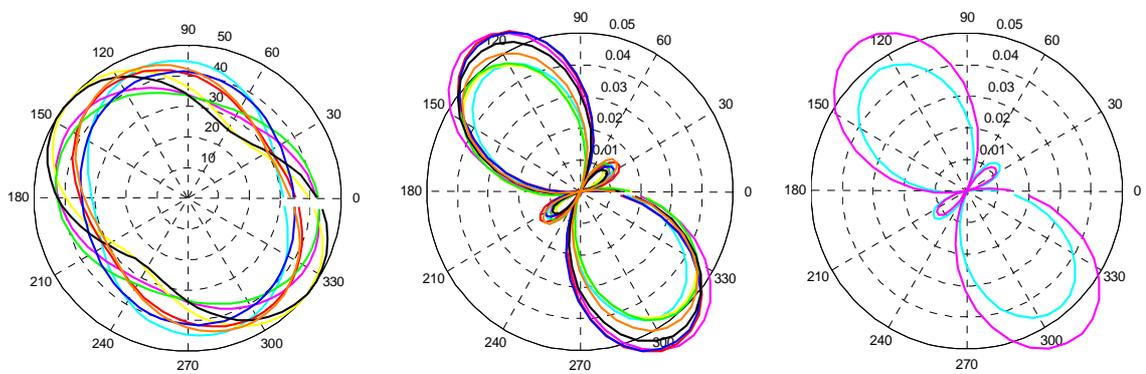
Pos. 21,15 m



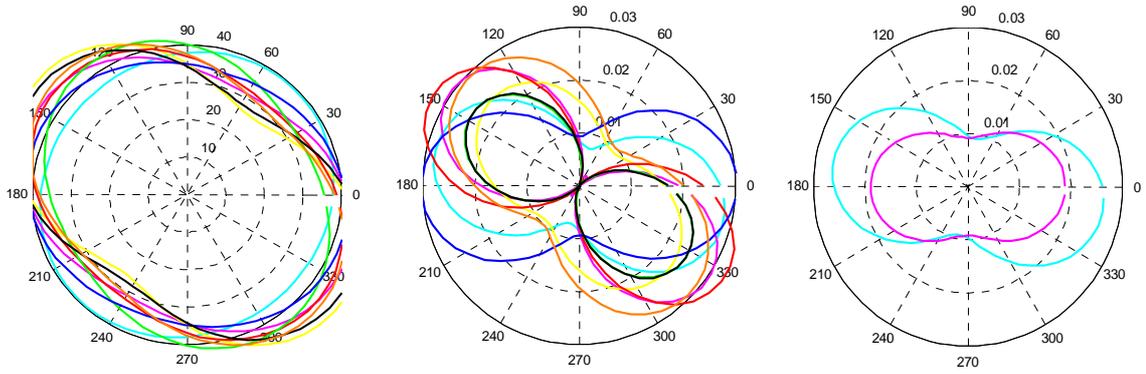
Pos. 21,45 m



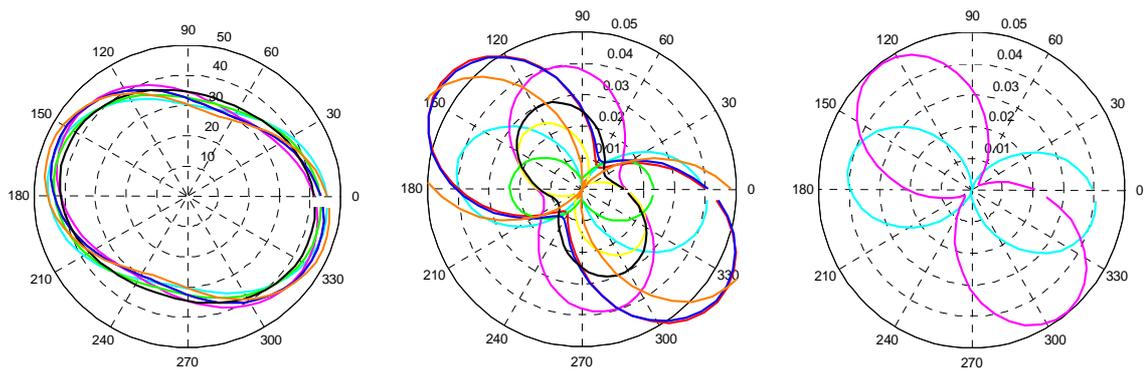
Pos. 21,75 m



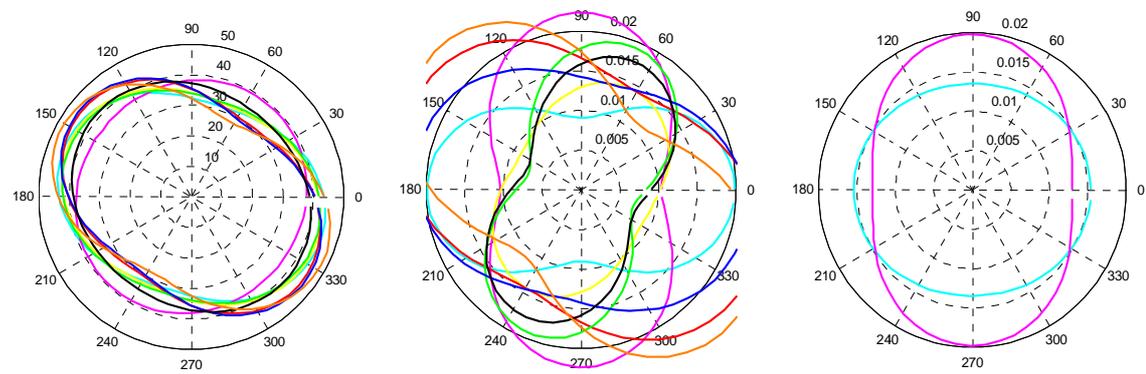
Pos. 22,05 m



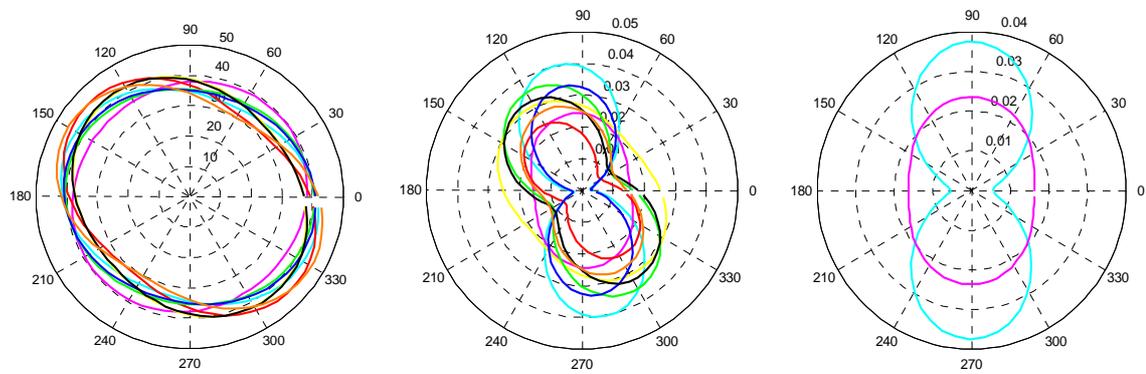
Pos. 22,35 m



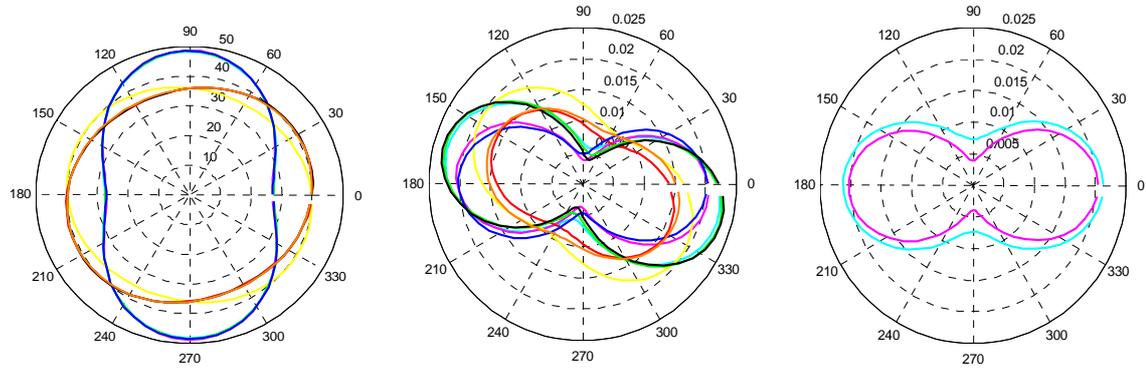
Pos. 22,65 m



Pos. 22,95 m



Pos. 24,65 m

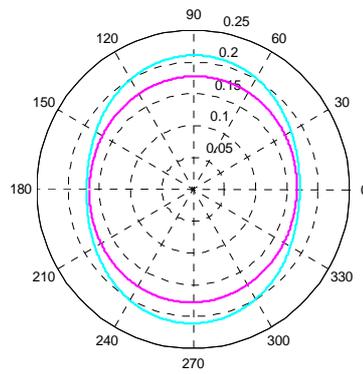


Stufe 4 (2. Folgemessung - Inklinometer 115)

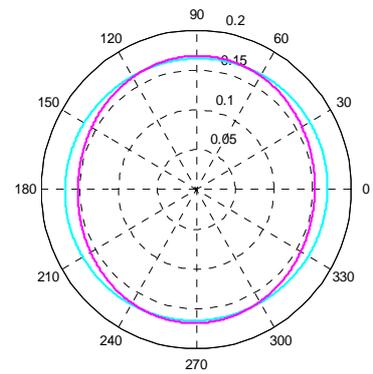
Legende Variante 4



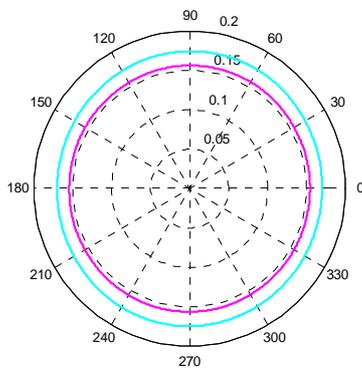
Pos. 1,00 m



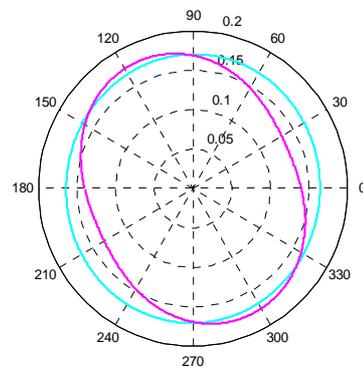
Pos. 2,45 m



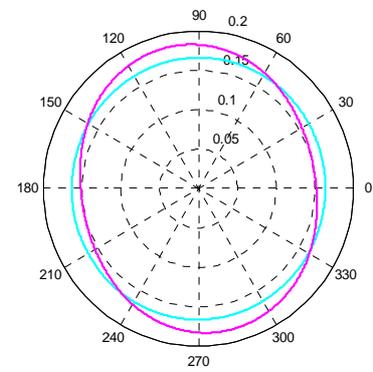
Pos. 2,75 m



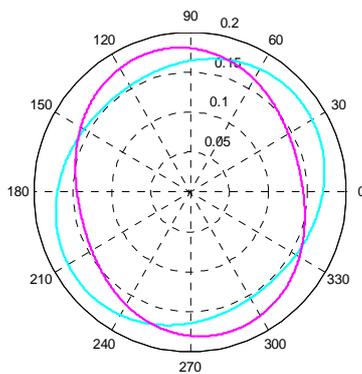
Pos. 3,05 m



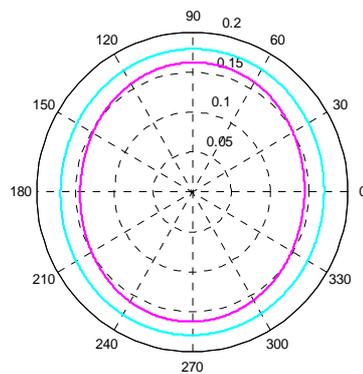
Pos. 3,35 m



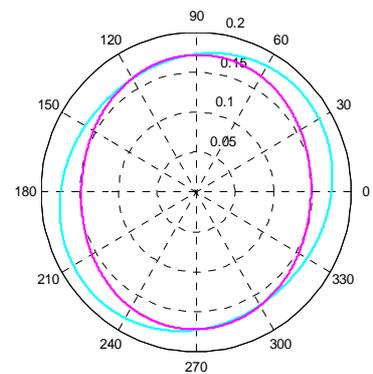
Pos. 3,65 m



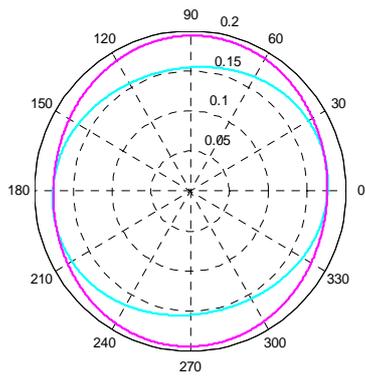
Pos. 3,95 m



Pos. 4,25



Pos. 13,55 m



Pos. 15,27 m

