

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	viii
Begriffe der Metrologie	ix
Abkürzungsverzeichnis	x
Symbolverzeichnisse	xi
Zusammenfassung	1
1 Einleitung	3
2 Kalibriersystem	7
2.1 Autokollimatoren	7
2.1.1 Messprinzip	7
2.1.2 Luftdruckeinfluss	9
2.1.3 Elcomat 3000	9
2.1.4 Messabweichung	10
2.2 Prinzip der Winkeltrennung	11
2.3 Mechanische Realisierung	12
2.3.1 Positioniersystem und Reflektorwürfel	12
2.3.2 Autokollimatoren	13
2.4 Justierung und Positionierung	15
2.4.1 Justierung	15
2.4.2 Adaptive Würfel-Positionierung	16
2.5 Datenaufnahme und Datenreduktion	17
3 Modellierung des Kalibriersystems	19
3.1 Quaternionen	19
3.2 Grundlegende Annahmen	20
3.3 Modell des Kalibriersystems	21
3.3.1 Reflektorwürfel	22
3.3.2 Autokollimatoren	23
3.3.3 Strahlengang und Messwerte	23
3.4 In situ-Bestimmung der Modell-Parameter	24
3.4.1 Korrekturen der Referenz-Autokollimatoren	25
3.4.2 Justierung der Referenz-Autokollimatoren	26

3.4.3	Ausrichtung des Reflektorwürfels	27
3.4.4	Justierung des Kalibriergegenstands	28
3.4.5	Messabweichung des Kalibriergegenstands	28
3.4.6	Numerische Optimierungs-Algorithmen	29
3.5	Simulation des Modells	29
3.5.1	Numerische Auflösung	30
3.5.2	Reproduktion der Modell-Lagewinkel	30
3.5.3	Nicht-Orthogonalität der Autokollimatoren	33
3.5.4	Nicht-Orthogonalitäten der Würfelflächen	33
3.5.5	Wechselwirkung aller Parameter	34
4	Evaluierung der Messunsicherheit	37
4.1	Ermittlungsmethode A	37
4.2	Ermittlungsmethode B	38
4.3	Messabweichung der Referenz-Autokollimatoren	38
4.4	Reproduzierbarkeit der Messpositionen	38
4.5	Luftdruckkorrektur	43
4.6	Nicht-Orthogonalitäten der Würfelflächen	43
4.7	Nicht-Orthogonalität der Referenz-Autokollimatoren	44
4.8	Einfluss der sekundären Messachsen	44
4.8.1	Messwerte der sekundären Messachsen	44
4.8.2	Messposition der sekundären Messachsen	45
4.9	Messunsicherheitsbilanz	45
5	Messergebnisse	49
5.1	Langzeit-Stabilität der Lagewinkel	49
5.2	Überprüfung des Reflektorwürfels	50
5.3	Bestimmung der Luftdruck-Sensitivität	51
5.4	Vergleich gegen das Primärnormal	54
5.5	Selbst-Validierung	56
5.5.1	Fehlertrennverfahren	56
5.5.2	Messergebnisse	58
5.5.3	Messabweichung der Referenz-Autokollimatoren	60
5.6	Autokollimator Kalibrierungen	60
6	Diskussion	67
6.1	Modell	67
6.2	Messunsicherheit	68
6.3	Messergebnisse	68
7	Ausblick	71
A	Herleitung der Messachsen-Nicht-Orthogonalität	73
	Literaturverzeichnis	77