



GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM
STIFTUNG DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

Scientific Technical Report

Katrin Huhn

**Analyse der Mechanik des Makran Akkretionskeils mit Hilfe der Finiten
und der Diskreten Elemente Methode sowie analoger Sandexperimente**

Dissertation zur Erlangung
des akademischen Grades Dr.rer.nat.

Freien Universität Berlin, 2002

Inhalt

I	Ziele, Mechanische Konzepte & Datenbasis.....	1
1	Einleitung und Zielsetzung.....	1
2	Mechanische Konzepte.....	3
2.1	Das elastische Materialverhalten.....	3
2.2	Das elasto-plastische Materialverhalten.....	4
2.2.1	<i>Das elasto-plastische Materialverhalten mit strain hardening / strain softening</i>	4
2.2.2	<i>Das Mohr-Coulomb'sche Bruchkriterium</i>	5
2.2.2.1	<i>Beobachtungen zu Deformationsmechanismen und Massentransfer im forearc Bereich</i>	6
3	Die Makran Subduktionszone.....	11
3.1	Plattentektonische Situation im Bereich der Makran Subduktionszone.....	11
3.2	Die Morphologie des Makran Akkretionskeils.....	13
3.3	Der strukturelle Aufbau des Makran Akkretionskeils.....	14
II	Kontinuumsverfahren.....	18
1	Die Finite Elemente Methode (FEM).....	18
1.1	Theoretische Grundlagen der FEM.....	19
1.2	NISA.....	24
1.3	Modellkonfigurationen.....	24
1.3.1	<i>Entwicklung des FEM Gitters und Festlegung der Randbedingungen</i>	25
1.3.2	<i>Vergleiche der Ergebnisse der Scherspannungsverteilung für verschiedene Rheologien</i>	29
1.3.3	<i>Untersuchungen zum Einfluss des strukturellen Aufbaus des Modells</i>	32
1.4	Untersuchungen zum Einfluss der Materialparameter.....	33
1.4.1	<i>Die Dichte</i>	34
1.4.2	<i>Die Kohäsion</i>	34
1.4.3	<i>Die Poissionzahl</i>	34
1.4.4	<i>Der work hardening Parameter</i>	35
1.4.5	<i>Das Elastizitätsmodul</i>	35
1.4.6	<i>Die basale Reibung</i>	39
1.4.7	<i>Untersuchung der zeitlichen Entwicklung des Scherspannungsfeldes</i>	45
1.4.8	<i>Die Scherspannungsverteilung in der Décollementzone</i>	49
1.4.8.1	<i>Variation des Elastizitätsmoduls der akkretierten Sedimente</i>	50
1.4.8.2	<i>Variation der basalen Reibung der Décollementzone</i>	51
1.4.8.3	<i>Zeitliche Variation der Scherspannungen in der Décollementzone</i>	52
1.4.8.4	<i>Zusammenfassung und Interpretation</i>	52
1.5	Zusammenfassung.....	53
1.6	Die Mechanik der Makran Subduktionszone.....	54
1.6.1	<i>Modellkonfigurationen</i>	54
1.6.2	<i>Ergebnisse der Finite Elemente Simulationen</i>	55
1.6.3	<i>Zusammenfassung & Interpretation</i>	57
1.7	Implikationen für weitergehende Untersuchungen.....	58

III Granulare Simulationsverfahren.....	59
1 Die Diskrete Elemente Methode (DEM).....	59
1.1 Das Programm TRUBALL.....	60
1.1.1 Allgemeiner Berechnungsalgorithmus der Kontaktkräfte und Verschiebungen.....	60
1.1.2 Das Kraft - Verschiebungsgesetz	63
1.1.3 Dämpfung.....	66
1.1.3.1 Modifikation der Kontaktgesetze für den Kugelfall.....	67
1.1.4 Spannungsberechnung.....	68
1.2 Theoretische Grundlagen des ‘numerischen Sandkastens‘	69
1.2.1 Theoretische Vorüberlegungen zur Modellkonfiguration.....	69
1.2.1.1 Partikeltypen.....	70
1.2.1.2 Partikelverteilung.....	71
1.2.1.3 Einfluss des Roll- und Gleitverhaltens der Kugeln.....	73
1.3 Die ‘numerische Sandkastenapparatur‘	75
1.3.1 Modellaufbau.....	75
1.3.1.1 Skalierung.....	76
1.3.2 Definition der Randbedingungen.....	77
1.3.2.1 Untersuchungen zum Einfluss der Auflösung der Diskrete Elemente Modelle.....	78
1.3.3 Festlegung der Länge eines Rechenschrittweite	80
1.3.4 Parameterkonfiguration.....	80
1.3.4.1 Die Reibungsverteilung	81
1.3.5 Darstellung der Ergebnisse der Diskrete Elemente Simulationen.....	83
1.4 Die Ergebnisse der ‘numerischen Sandkastenexperimente‘	85
1.4.1 Untersuchungen zur ‘Tiefenlage‘ des schwachen mid - level Décollements.....	88
1.4.2 Die Critical Taper Analyse der ‘numerischen Sandkastenexperimente‘	91
1.4.3 Detaillierte Untersuchung zum Materialverhalten des DEM Granulats	93
1.4.4 Die Untersuchungen zum Einfluss des Reibungskontrastes der einzelnen Schichten im Sediment.....	96
1.4.4.1 Der Einfluss der internen Reibung der schwachen Schicht (W45, W44, W41).....	98
1.4.4.2 Der Einfluss der Grenzflächen der schwachen Schicht (W49, W41, W43).....	104
1.4.4.3 Der Einfluss des Reibungskontrastes zwischen d. beiden Abscherhorizonten (W41, W50, W45)...109	
1.4.4.4 Der Einfluss der internen Reibung des Sediments (W48, W41, W46)	114
1.4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse der Reibungsuntersuchung.....	119
1.5 Interpretation der Reibungsverteilung im Bereich des Makran Akkretionskeils	124
1.6 Implikationen für weiterführende Untersuchungen.....	126
2 Die Methode der analogen Sandkastenexperimente.....	127
2.1 Der Aufbau der Analogapparatur.....	127
2.2 Der Modellaufbau zur Untersuchung der Evolution des Makran Akkretionskeils	129
2.3 Auswertungs- bzw. Analyseverfahren.....	131
2.4 Ergebnisse der analogen Sandkastenexperimente.....	132
2.4.1 Untersuchungen zum Einfluss der methodischen Randbedingungen.....	132
2.4.2 Critical Taper Analyse der Analogexperimente	139
2.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	141
2.5 Zusammenfassung, Interpretation & Schlussbetrachtungen.....	141

IV	Zusammenfassung, Schlussbetrachtung & Ausblick.....	143
1	Zusammenfassung, Schlussbetrachtung.....	143
2	Ausblick.....	145