



Harald Zetzener (Autor)

**Messung des geschwindigkeitsabhängigen
Verformungsverhaltens kohäsiver Schüttgüter in der
Zweiachialbox**

Harald Zetzener

**Messung des geschwindigkeitsabhängigen
Verformungsverhaltens kohäsiver Schüttgüter
in der Zweiachialbox**



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/3264>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Schüttgüter	3
2.2	Spannungen und Dehnungen	4
2.3	Geräte zur Messung des Spannungs-Dehnungsverhaltens von Schüttgütern	6
2.4	Kennzeichnung der Fließeigenschaften von Schüttgütern	9
2.5	Mikroskopisches Verhalten von Schüttgütern	11
2.6	Zeitabhängiges Verhalten von Schüttgütern	13
3	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	15
3.1	Die Zweiaxialbox	15
3.2	Versuchsvorbereitung	18
3.3	Schubspannungen und deren Vermeidung an den Probenrändern	19
3.4	Homogenität der Schüttgutprobe	22
3.5	Meßtechnik	23
3.6	Die „Flexible Wall“ Zweiaxialbox in Delft	24
3.7	Versuchsschüttgüter	26
3.8	Übersicht über die durchgeführten Versuche	27
4	Verformung durch proportionale Dehnungspfade	29
4.1	Verdichtungsabschnitt	29
4.1.1	Darstellung von Dehnungen und Spannungen	29
4.1.2	Einaxialer Dehnungspfad mit $\varepsilon_y=0$	31
4.1.3	Zweiaxialer Dehnungspfad mit $\varepsilon_x=2\varepsilon_y$	35
4.1.4	Zweiaxialer Dehnungspfad mit $\varepsilon_x=\varepsilon_y$	36
4.1.5	Änderung der Dehnungsrate während der Verdichtung	36
4.1.6	Einfluß der Schüttgutdichte	38
4.1.7	Vergleich unterschiedlicher Schüttgüter	42
4.1.8	Zusammenfassung der Ergebnisse des Verdichtungsabschnitts	44
4.2	Relaxation	44
4.2.1	Einaxialer Dehnungspfad mit $\varepsilon_y=0$ und Einfluß der Dehnungsrate	45
4.2.2	Relaxation der Lateralspannung bei einaxialem Dehnungspfad	48
4.2.3	Einfluß der Verdichtungsspannung	52
4.2.4	Zweiaxialer Dehnungspfad mit $\varepsilon_x=2\varepsilon_y$	54
4.2.5	Zweiaxiale Verdichtung mit $\varepsilon_x = \varepsilon_y$	56
4.2.6	Relaxationsvergleich der Versuchstypen	56
4.3	Vergleich unterschiedlicher Schüttgüter	59
4.4	Schlußfolgerungen	60
5	Treppenversuche	63
5.1	Versuchsdurchführung und prinzipielles Spannungs-Dehnungsverhalten	63
5.1.1	Dehnungspfade	63
5.1.2	Spannungen über Dehnung (σ_x , σ_y und σ_z)	65
5.1.3	Spannungspfad	66
5.1.4	Mittlere Verdichtungsspannung $(\sigma_x+\sigma_y)/2$	68
5.1.5	Wechsel der Verdichtungsrichtung	70
5.2	Einfluß der Dehnungsrate	73
5.3	Einfluß der Abschnittszahl	75
5.4	Vergleich mit proportionalem Dehnungspfad	79
5.5	Relaxation	80
5.6	Schlußfolgerungen	83

6	Entlastungsversuche	84
6.1	Versuchsdurchführung in der Zwei axialbox	84
6.2	Entlastungsabschnitt	86
6.2.1	Einfluß der Relaxation auf den Entlastungsabschnitt	86
6.2.2	Einfluß der Entlastungsdehnungsrate	89
6.2.3	Einfluß der Entlastungsspannung	90
6.2.4	Einfluß der Verdichtungsspannung	90
6.3	Volumenkonstante Phase nach einer Entlastung	92
6.3.1	Prinzipielles Verhalten	93
6.3.2	Einfluß der Entlastungsdehnungsrate	94
6.3.3	Einfluß der Spannungsdifferenz der Entlastung	95
6.3.4	Einfluß der Relaxationszeit vor der Entlastung	96
6.4	Relaxation nach Spannungsanstieg	99
6.5	Kriechen nach Entlastung	99
6.6	Schlußfolgerungen	101
7	Verhalten bei erneuter Belastung	105
7.1	Versuchsdurchführung	105
7.1.1	Mehrmalige Belastung	105
7.1.2	Erneute Belastung nach Entlastung und Relaxation	106
7.2	Ergebnisse der wiederholten Belastung	107
7.3	Ergebnisse einer erneuten Belastung nach Entlastung und Relaxation	109
7.4	Vergleich der Versuchstypen	111
7.5	Schlußfolgerungen	112
8	Kriechverhalten	113
8.1	Versuchsdurchführung	114
8.1.1	Einfluß der Dehnungsrate	116
8.1.2	Einfluß der Kriechspannung	117
8.1.3	Einfluß der Kriechdauer	118
8.2	Kriechen nach Entlastung	118
8.3	Relaxation	119
8.3.1	Einfluß der Dehnungsrate	119
8.3.2	Einfluß der Kriechdauer	123
8.3.3	Einfluß des Spannungsniveaus	124
8.4	Schlußfolgerungen	125
9	Zusammenfassung	126
10	Anlage	129
	Ergebniszusammenfassung	129
	Literaturverzeichnis	131