

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Allgemeines.....	1
1.2	Fragestellung und Zielsetzung .....	3
1.3	Geschichtliche Entwicklung und Kenntnisstand .....	4
<b>2.</b>	<b>Theoretische Grundlagen des Wasser- und Stofftransports in Tonen.....</b>	<b>7</b>
2.1	Konvektion in Tonen .....	7
2.2	Diffusion von Ionen in Tonen.....	10
2.2.1	Lösungen der Diffusionsgleichung.....	12
2.2.2	Diffusion in tonigen Lockergesteinen.....	13
2.2.2.1	Einfluß der Geometrie des Diffusionspfades.....	13
2.2.2.2	Die Tortuosität.....	14
2.2.3	Einfluß der Viskosität des Porenwassers.....	15
2.2.4	Fallunterscheidungen.....	16
2.2.4.1	Stationäre Versuchsbedingungen .....	16
2.2.4.2	Instationäre Versuchsbedingungen.....	17
2.2.4.3	Quasistationäre Versuchsbedingungen .....	18
2.2.5	Die Diffusionsmeßzelle .....	19
2.3	Sorption und Kationenaustauschvermögen .....	21
2.3.1	Allgemeines.....	21
2.3.2	Einfluß der Adsorption auf die Diffusion.....	23
2.4	Dispersion.....	24
2.5	Stoffabbau und -produktion .....	25
2.6	Berechnungen .....	26
2.6.1	Bestimmung der Diffusionskoeffizienten.....	26
2.6.1.1	Instationärer Diffusionskoeffizient.....	26
2.6.1.1.1	Rechnerische Ermittlung .....	26
2.6.1.1.2	Graphische Ermittlung.....	26
2.6.1.2	Quasistationärer Diffusionskoeffizient.....	28

2.6.2	Bilanzierung der adsorbierten Substanz.....	28
2.6.3	Massenstromdichte $l_{v,c}$ .....	29
2.6.4	Permeationsrate $l_p$ .....	29
<b>3.</b>	<b>Theoretische Grundlagen der Tonmineralogie .....</b>	<b>31</b>
3.1	Mikrostruktur von Tonen.....	32
3.2	Tonmineralgruppen.....	35
3.2.1	Kaolin-Gruppe.....	35
3.2.2	Illit-Gruppe.....	36
3.2.3	Smektit-Gruppe.....	37
3.3	Die elektrische Doppelschicht.....	39
3.4	Austauschkapazität, Adsorptionsvermögen.....	40
3.5	Koagulation und Dispergierung - Wechselwirkung der Tonminerale untereinander -.....	44
<b>4.</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen .....</b>	<b>48</b>
4.1	Das Untersuchungsmaterial.....	48
4.1.1	Geologie und Genese der Tonlagerstätte.....	48
4.1.1.1	Oedinger Kaolin.....	48
4.1.1.2	Ratinger Ton.....	49
4.1.1.3	Tone des Westerwaldes.....	50
4.1.2	Bodenphysikalische und mineralogische Klassifizierung.....	53
4.1.2.1	Kornverteilung.....	53
4.1.2.2	Atterberg'sche Grenzen und Wasseraufnahmevermögen.....	54
4.1.2.3	Proctor-Dichte und Korndichte.....	58
4.1.2.4	Chemische Zusammensetzung und Mineralbestand.....	59
4.2	Verdichtbarkeit und Konvektionsverhalten der Tone.....	62
4.2.1	Verdichtungsversuche.....	62
4.2.1.1	Aufbereitung des Materials.....	62
4.2.1.2	Auswirkungen von Dispersions- und Koagulationsmitteln auf die Verdichtbarkeit.....	64
4.2.1.3	Einfluß der chemischen Zusätze auf das plastische Verhalten.....	66
4.2.1.4	Diskussion der Ergebnisse.....	72

---

4.2.1.4.1	Vergleichende Betrachtung der Plastizität und der Verdichtbarkeit .....	75
4.2.1.4.2	Einfluß der chemischen Lösungen auf die Verdichtbarkeit .....	77
4.2.1.4.3	Verdichtbarkeit mit destilliertem Wasser .....	77
4.2.1.4.4	Verdichtungsergebnisse mit Koagulationsmitteln .....	78
4.2.1.4.5	Verdichtungsergebnisse mit Dispersionsmitteln .....	80
4.2.1.4.6	Verdichtungsergebnisse mit Cyclohexan .....	81
4.2.2	Konvektionsversuche .....	82
4.2.2.1	Versuchsdurchführung .....	84
4.2.2.2	Diskussion der Ergebnisse .....	86
4.3	Bodenmechanische Untersuchungen .....	94
4.3.1	Kompressionsverhalten der verdichteten Tone unter Berücksichtigung von Koagulations- und Dispersionsmitteln .....	95
4.3.1.1	Drucksetzungsverhalten des Ratinger Tons .....	95
4.3.1.2	Drucksetzungsverhalten des Oedinger Tons .....	98
4.3.1.3	Druck- Setzungsverhalten des Eva-grün .....	100
4.3.2	Druck- Durchlässigkeitsverhalten der Tone .....	102
4.3.2.1	Durchlässigkeitsverhalten des Ratinger Tons .....	102
4.3.2.2	Durchlässigkeitsverhalten des Oedinger Kaolin .....	103
4.3.2.3	Durchlässigkeitsverhalten des Eva-grün .....	104
4.3.3	Das Scherfestigkeitsverhalten .....	106
4.3.3.1	Versuchsdurchführung .....	106
4.3.3.2	Veruchsergebnisse .....	107
4.3.3.2.1	Der Ratinger Ton .....	107
4.3.3.2.2	Der Oedinger Kaolin .....	109
4.3.3.2.3	Der Eva-grün .....	112
4.3.3.3	Abschließende Diskussion .....	114
4.3.4	Einaxiale Druckfestigkeit .....	115
4.3.4.1	Das Druck-Stauchungsverhalten des Ratinger Tons .....	115
4.3.4.1.1	Druck-Stauchungsverhalten des unbehandelten Ratinger Tons .....	116
4.3.4.1.2	Druck-Stauchungsverhalten des koagulierten Ratinger Tons .....	116
4.3.4.1.3	Druck-Stauchungsverhalten des dispergierten Ratinger Tons .....	117
4.3.4.1.4	Diskussion .....	119
4.3.4.2	Das Druck-Stauchungsverhalten des Oedinger Kaolins .....	120

---

4.3.4.2.1	Das Druck-Stauchungsverhalten des unbehandelten Oedinger Kaolins .....	120
4.3.4.2.2	Druck-Stauchungsverhalten des koagulierten Oedinger Kaolins.....	121
4.3.4.2.3	Druck-Stauchungsverhalten des dispergierten Oedinger Kaolins.....	122
4.3.4.2.4	Diskussion .....	123
4.3.4.3	Das Druck-Stauchungsverhalten des Eva-grün.....	125
4.3.4.3.1	Druck-Stauchungsverhalten des unbehandelten Smektits .....	125
4.3.4.3.2	Druck-Stauchungsverhalten des koagulierten Smektits .....	125
4.3.4.3.3	Druck-Stauchungsverhalten des dispergierten Smektits .....	126
4.3.4.3.4	Diskussion und abschließende Betrachtung .....	127
4.4	Diffusionsversuche.....	129
4.4.1	Aufbau der Diffusionszelle .....	129
4.4.2	Probenvorbereitung und -einbau.....	132
4.4.3	Versuchsablauf .....	132
4.4.4	Auswertung der Diffusionsversuche .....	134
4.4.4.1	Instationäre Diffusion.....	134
4.4.4.1.1	Darstellung und Betrachtung der Kurven .....	134
4.4.4.1.2	Einfluß des Wassergehaltes .....	137
4.4.4.1.3	Einfluß der Trockendichte .....	139
4.4.4.1.4	Einfluß der Konzentration .....	140
4.4.4.1.5	Einfluß der Probendicke .....	140
4.4.4.1.6	Tonmineralogische Einflußfaktoren .....	141
4.4.4.1.7	Diffusionskoeffizienten.....	142
4.4.4.2	Quasistationäre Diffusion .....	148
4.4.4.2.1	Massenstromdichte.....	148
4.4.4.2.2	Diffusionskoeffizienten.....	150
4.4.4.3	Weiterführende Auswertung der Versuche .....	152
4.4.4.3.1	Verweilzeit.....	152
4.4.4.3.2	Tortuosität.....	154
4.4.4.3.3	Permeationsraten.....	154
4.5	Sorptionsversuche .....	163
4.5.1	Adsorption .....	163
4.5.1.1	Batch-Versuche .....	164
4.5.1.2	Akkumulation .....	171

---

4.5.2	Desorption .....	173
<b>5.</b>	<b>Schlußbetrachtung .....</b>	<b>177</b>
5.1	Praktische Anwendung der Diffusionsergebnisse .....	177
5.2	Erfahrungen und Empfehlungen .....	178
5.3	Vergleichende Betrachtung von Diffusion und Konvektion.....	181
5.4	Allgemeine Bedeutung für die Praxis .....	183
5.5	Zusammenfassung .....	185
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>192</b>