

K. Jasmund/G. Lagaly (Hrsg.)

Tonminerale und Tone

Struktur, Eigenschaften,
Anwendungen und Einsatz in
Industrie und Umwelt



Steinkopff Verlag Darmstadt



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Autorenverzeichnis	XIV
1	 TONE UND TONMINERALE 1
	G. Lagaly, H. M. Köster
1.1	 Tone 1
1.2	 Die Tonminerale 3
1.3	 Die besonderen Eigenschaften der Tonminerale 11
1.3.1	Morphologie 11
1.3.2	Ionenaustauschreaktionen 11
1.3.3	Intrakristalline Reaktivität 13
1.3.4	Delamination 13
1.4	 Aufbereitung und Anreicherung der Tonminerale 13
1.5	 Analytische Untersuchungen 16
1.5.1	Methoden 16
1.5.2	Korngrößenverteilung 17
1.5.3	Bestimmung des Mineralbestandes 19
1.5.4	Quantitative röntgenographische Analyse 24
1.5.5	Andere quantitative Methoden 26
1.5.6	Ermittlung von Strukturformeln 27
1.5.7	Bestimmung der Schichtladung 28
1.5.8	Ionenaustauschvermögen 28
<i>Literatur</i> 29
2	 BESCHREIBUNG EINZELNER TONMINERALE 33
	H. M. Köster (Kap. 2.1 - 2.5)
	U. Schwertmann (Kap. 2.6)
2.1	 Zweischichtminerale oder 1:1-Schichtsilicate 33
2.1.1	Kaolinminerale 33
2.1.2	Serpentinminerale 41
2.2	 Dreischichtminerale oder 2:1-Schichtsilicate 42
2.2.1	Pyrophyllit und Talk 42
2.2.2	Glimmer 43
2.2.3	Smectite 46
2.2.4	Vermiculite 53
2.2.5	Chlorite 56

2.3	Schichtminerale mit Wechsellagerungsstruktur	58
2.3.1	Minerale mit regelmäßiger ABAB-Wechsellagerung	59
2.3.2	Minerale mit unregelmäßiger Wechsellagerung	61
2.4	Tonminerale mit Faserstruktur	64
2.4.1	Sepiolith	65
2.4.2	Palygorskit (Attapulgit)	65
2.5	Nichtkristalline Silicate	66
2.5.1	Allophan	67
2.5.2	Imogolit	67
2.6	Oxide und Hydroxide	68
2.6.1	Siliciumoxide	68
2.6.2	Aluminiumoxide	69
2.6.3	Eisenoxide	71
2.6.4	Titanoxide	77
2.6.5	Manganoxide	77
	<i>Literatur</i>	79
3	REAKTIONEN DER TONMINERALE	89
	G. Lagaly	
3.1	Ionenaustausch	89
.1	Austauschbare Kationen und Anionen	89
.2	Kationenaustauschgleichgewichte	90
.3	Beispiele für Kationenaustauschgleichgewichte	93
.4	Selektivität	98
.5	Kaliumionenselektivität	100
.6	Äquimolarer Kationenaustausch	103
.7	Anionenaustausch	104
3.2	Tonmineral-Wasser	105
3.2.1	Hydrationszustand der 2:1-Tonminerale	105
3.2.2	Quasikristalline Strukturen	107
3.2.3	Strukturen mit diffusen Ionenschichten	110
3.2.4	Kolloidale Dispersionen	112
3.2.5	Herstellung kolloidaler Tonmineraldispersionen	116
3.2.6	Aggregation von Tonmineralteilchen	118
3.2.7	Fließverhalten von Tonmineraldispersionen	120
3.2.8	Plastizität bei Tonen	129
3.3	Tonminerale und organische Verbindungen	130
3.3.1	Bindung organischer Verbindungen durch Tonminerale	130
3.3.2	Einlagerungsverbindungen von 1:1-Tonmineralen	130
3.3.3	Die Bildung von Einlagerungsverbindungen als kooperative Reaktion	133
3.3.4	Klassifizierung und Nachweis von Kaoliniten durch Einlagerungsverbindungen	135

3.3.5	2:1-Tonminerale und neutrale organische Moleküle	135
3.3.6	Kationenaustauschreaktionen	140
3.3.7	Die Alkylammonium-Methode	145
3.3.8	Das Adsorptionsverhalten organophiler Tonminerale	147
3.3.9	Delamination	152
3.4.	Bindung von Polymeren	153
3.4.1	Allgemeines	153
3.4.2	Nichtionische Polymere	155
3.4.3	Kationische Polymere	156
3.4.4	Anionische Polymere	156
3.4.5	Proteine	157
3.4.6	Folgerungen	158
<i>Literatur.</i>		159
4	BILDUNG UND UMBILDUNG VON TONMINERALEN	168
	K. Jasmund	
4.1	Geologische Reaktionsräume (Environments)	168
4.2	Verwitterungszone	169
4.3	Sedimentäre Reaktionszone	173
4.4	Diagenetischer Reaktionsraum	173
4.5	Zur Thermodynamik der Tonmineralbildung	180
4.6	Zur Synthese von Tonmineralen	185
<i>Literatur.</i>		187
5	LAGERSTÄTTEN VON TONROHSTOFFEN	193
	M. Störr	
5.1	Kaolinlagerstätten	193
5.1.1	Genese der Kaolinlagerstätten	193
5.1.2	Kaolinlagerstätten Mitteleuropas	194
5.1.3	Kaolinlagerstätten Westeuropas	197
5.1.4	Lagerstätten sedimentärer Kaoline von Georgia, South-Carolina und Brasilien	199
5.2	Bentonitlagerstätten	200
5.2.1	Genese der Bentonitlagerstätten	200
5.2.2	Bentonitlagerstätten der USA	200
5.2.3	Bentonitlagerstätten Bayerns	202
5.3	Palygorskit-/Sepiolithlagerstätten	203

5.4	Lagerstätten gemeiner Tone	203
5.5	Lagerstätten von Talk, Pyrophyllit und Asbest	204
5.6	Gewinnung und Aufbereitung von Tonrohstoffen	205
5.6.1	Aufbereitung von Kaolinen	205
5.6.2	Aufbereitung von Kaolinitton (Ball Clay).	207
5.6.3	Aufbereitung von Bentonit	207
5.6.4	Aufbereitung von Talk, Pyrophyllit und Asbest	208
5.7	Ausblick	209
	<i>Literatur</i>	210
6	TONMINERALE IN BÖDEN	212
	U. Schwertmann, E.-A. Niederbudde	
6.1	Einleitung	212
6.2	Vorkommen und Bodenklassifikation	213
6.3	Bildung, Umbildung und Abbau	215
6.4	Physikalische Bodeneigenschaften	219
6.4.1	Bodengefüge	220
6.4.2	Bodenwasser	226
6.5	Chemische Bodeneigenschaften	230
6.5.1	Ladungseigenschaften und Ionenaustausch	230
6.5.2	Zur Nährstoffaufnahme der Pflanzenwurzeln	233
6.5.3	Kalium	234
6.5.4	Ammonium	241
6.5.5	Phosphat	243
6.5.6	Magnesium und Schwefel	246
6.5.7	Protonenpufferung	247
6.6	Wechselwirkungen mit organischen Verbindungen und Mikroorganismen	249
6.6.1	Huminstoffe	249
6.6.2	Mikroorganismen, Polysaccharide und Polyuronsäuren	252
6.6.3	Adsorption von organischen Stickstoffverbindungen und Stickstoffmineralisierung	254
6.7	Tonmineralbestimmung in Böden	255
6.7.1	Allgemeines	255
6.7.2	Vorbehandlung und Präparation	256
6.7.3	Röntgenographische Identifizierung der Tonminerale	256
6.7.4	Semiquantifizierung der Tonminerale	257
6.7.5	Bestimmung der Ladungsdichte von Smectiten und Vermiculiten	258

<i>Literatur</i>	259
7 KERAMIK	266
K.-H. Schüller	
7.1 Die keramische Technologie	266
7.2 Die tonkeramischen Erzeugnisse	268
7.3 Tongesteine als keramische Rohstoffe	269
7.3.1 Bildsamen und unbildsamen Rohstoffe	269
7.3.2 „Ton“ und „Kaolin“	269
7.3.3 Klassifikation von Tonen	271
7.3.4 Nomenklatorsystem nach Ernst, Forkel und von Gehlen	273
7.3.5 Haupt- und Nebenbestandteile in Kaolinen und Tonen	275
7.3.6 Die herstellungsrelevanten Eigenschaften der tonigen Rohstoffe	280
7.4 Trocknung	288
7.5 Die Vorgänge beim Brennen tonkeramischer Erzeugnisse	290
7.5.1 Thermische Zersetzung einzelner Tonminerale	290
7.5.2 Thermische Reaktionen in natürlichen Tonen und technischen Massen	302
<i>Literatur</i>	308
8 GEOTECHNIK UND ENTSORGUNG	312
M. Müller-Vonmoos (Kap. 8.1)	
E. E. Kohler (Kap. 8.2)	
8.1 Bedeutung der Tonminerale in der Bodenmechanik	312
8.1.1 Korngröße, Kornform und Ladung der Tonmineralteilchen	312
8.1.2 Plastizität der Tone	316
8.1.3 Scherverhalten der Tone	318
8.1.4 Quellverhalten der Tone	326
8.1.5 Bedeutung der Tonmineralogie für den Bauingenieur	332
8.2 Tone und Tonminerale in der Umweltsicherung	333
8.2.1 Deponie- und Entsorgungstechnik	337
8.2.1.1 Untertagedeponierung	337
8.2.1.2 Übertagedeponien	338
8.2.1.3 Kläranlagen und Klärschlamm	347
8.2.2 Altlastsanierung durch Einkapselungsverfahren	348
8.2.3 Altlastsanierung durch Bodenreinigungsverfahren	354
<i>Literatur</i>	356

9	PRAKTISCHE VERWENDUNG UND EINSATZ- MÖGLICHKEITEN VON TONEN.	358
	G. Lagaly	
9.1	Die vielfältige Verwendung von Tonen und Tonmineralen	358
9.1.1	1 :1-Tonminerale	358
9.1.2	2:1-Tonminerale	359
9.1.3	Attapulgit und Sepiolith	361
9.2	Einsatzformen von Kaolinen und Bentoniten	362
9.2.1	Kaoline	362
9.2.2	Rohbentonite	362
9.2.3	Sauer aktivierte Bentonite	363
9.2.4	Alkalisch aktivierte Bentonite	363
9.2.5	Organisch aktivierte Bentonite	366
9.2.6	Polyoxometallsmectite	370
9.2.7	Gele	371
9.3	Tone als Träger- und Adsorptionsmittel	372
9.3.1	Tone als Trägermaterial	372
9.3.2	Tone als Pelletierhilfsmittel	373
9.3.3	Bentonite in Reinigungsverfahren	373
9.3.4	Bentonite in Waschmitteln	374
9.3.5	Adsorption toxischer Verbindungen	375
9.3.6	Pestizide	381
9.3.7	Einsatz bei Trennverfahren	383
9.4	Ausnutzung der Theologischen Eigenschaften von Tondispersionen ...	385
9.4.1	Grundlagen	385
9.4.2	Bauindustrie	387
9.4.3	Papierindustrie	388
9.4.4	Gießereibentonite	390
9.4.5	Bohrspülflüssigkeiten	391
9.4.6	Verdickung wäßriger Systeme	393
9.4.7	Emulsionen	394
9.4.8	Bentonitzusätze in organischen Systemen	394
9.5	Tonminerale in der pharmazeutischen Anwendungstechnik	397
9.5.1	Attapulgit, Talk	397
9.5.2	Kaoline	397
9.5.3	Smectite	398
9.5.4	Tonmineral/Wirkstoff-Wechselwirkungen	398
9.6	Tonmineral/Polymere	399
9.6.1	Flockung kolloidaler Dispersionen durch Makromoleküle	399
9.6.2	Bentonite als Flockungsmittel	402
9.6.3	Peptisation durch Makromoleküle	402
9.6.4	Sterische Stabilisierung	403
9.6.5	Propfreaktionen	404

9.6.6	Polymerisation zwischen den Schichten	406
9.6.7	Carbothermische Prozesse	408
9.7	Katalyse	408
9.7.1	Katalytisch aktive Zentren	408
9.7.2	Katalysatordesign	410
9.7.3	Säurekatalysierte Reaktionen	411
9.7.4	Einfluß des Wassergehaltes	413
9.7.5	Geometrischer Zwang und Textur	414
9.7.6	Enzymatische Reaktionen	415
9.7.7	Kohlefreie Durchschreibepapiere	417
9.7.8	Tonminerale als Katalysatorträger	418
9.7.9	Modellversuche zur Bildung von Erdöl	419
	<i>Literatur</i>	420
ANHANG		
	Tabellen zu Kapitel 2	428
	Sachverzeichnis	471