

# Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen

Reihe B  
Ingenieurgeologie  
Hydrogeologie  
Geothermie

---

23

Regina Maria Ettenhuber

Ressourceneffiziente Lagerstättennutzung  
durch Verwertung mineralischer Reststoffe  
in der Sand- und Kiesindustrie

Verlag Dr. Friedrich Pfeil  
München, November 2020  
ISSN 0931-8739  
ISBN 978-3-89937-263-2

# Inhalt

Begriffsdefinitionen .....	11
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>13</b>
1.1 Motivation .....	13
1.2 Aufgabenstellung und Untersuchungsrahmen .....	14
<b>2. Sand- und Kiesvorkommen im bayerischen Alpenvorland</b> .....	<b>17</b>
2.1 Tertiäre fluviatile Sedimentationsbereiche .....	17
2.1.1 Oberes Ottnangium bis Unteres Karpatium .....	17
2.1.2 Karpatium bis Oberes Badenium .....	19
2.1.3 Sarmatium bis Pannonium .....	20
2.2 Quartäre glazigene und glazifluviatile Sedimentationsbereiche .....	20
2.3 Lokale glaziäre Ablagerungen .....	21
2.4 Quartäre glazifluviatile Sedimentationsbereiche .....	22
<b>3. Geologische Situation der Projektstandorte</b> .....	<b>24</b>
3.1 Tertiäre fluviatile Sedimente am Standort Steinbach .....	24
3.2 Quartäre glazigene und glazifluviatil geprägte Lagerstätten .....	27
3.2.1 Standort Inzell .....	27
3.2.2 Standort Flintsbach .....	28
3.2.3 Standort Landsberied .....	30
3.3 Quartäre glazifluviatil gebildete Lagerstätten .....	31
3.3.1 Standort Ranshofen .....	31
3.3.2 Standort Otterfing .....	33
3.3.3 Standort Eichenkofen .....	34
3.3.4 Standort Moosburg .....	36
<b>4. Methodik</b> .....	<b>36</b>
4.1 Feldmethoden .....	36
4.1.1 Probenahme in der Lagerstätte .....	36
4.1.2 Petrographische Analyse der Grobkiese .....	36
4.1.3 Probenahme des Kieswaschschlammes .....	37
4.2 Labormethoden .....	38
4.2.1 Abtrennung und Bestimmung der Schwerminerale .....	38
4.2.2 Korngrößenverteilung durch Sieben .....	38
4.2.3 Bestimmung der Korndichte .....	38
4.2.4 Korngrößenverteilung durch Sedimentation .....	39
4.2.5 Abschätzung der Durchlässigkeitsbeiwerte .....	39
4.2.6 Bestimmung der Plastizität .....	39
4.2.7 Mineralphasenbestimmung durch Röntgendiffraktometrie (XRD) .....	30
4.2.8 Bestimmung der Hauptelemente durch Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) .....	40
4.2.9 Bestimmung der Spurenelemente durch Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) .....	40
4.2.10 Bestimmung der Kationenaustauschkapazität (KAK) .....	41
<b>5. Potentiell nutzbare Minerale und feinkörnige Reststoffe</b> .....	<b>41</b>
5.1 Schwerminerale .....	41
5.2 Tonminerale .....	42
5.2.1 Kaolinit .....	43
5.2.2 Bentonit .....	44
5.3 Tonige, schluffige Sedimente .....	45
5.3.1 Mineralbestand tonig, schluffiger Sedimente .....	45
5.3.2 Lössablagerungen .....	45
5.4 Kieswaschschlämme sowie deren Herstellung, Behandlung und Lagerung .....	46
5.4.1 Rohstoffgewinnung und Aufbereitung von Sanden und Kiesen .....	46
5.4.2 Eindicken, Entwässern und Lagern von Kieswaschschlamm .....	48
5.4.3 Konditionierung von Kieswaschschlamm .....	50
<b>6. Verwertungsmöglichkeiten feinkörniger Mineralgemenge</b> .....	<b>52</b>
6.1 Verwertung im Gruben- und Deponiebau .....	53
6.1.1 Technische Sorptionsschicht bei der Verfüllung von Gruben und Steinbrüchen .....	53
6.1.2 Dichtungsmaterial im Deponiebau .....	54

6.2	Verwendung in der Land- und Forstwirtschaft .....	57
6.3	Anwendung zur Baustoffherstellung .....	59
6.3.1	Rohmaterial in zementgebundenen Spezialbaustoffen .....	59
6.3.2	Rohmaterial zur Herstellung zeitweise fließfähiger, selbstverdichtender Verfüllbaustoffe .....	61
6.3.3	Rohstoff für Lehmabbaustoffe .....	62
6.4	Verwertung durch thermische Behandlung .....	65
6.4.1	Rohstoff zur Herstellung grobkeramischer Produkte .....	65
6.4.2	Rohstoff zur Blähtonproduktion .....	68
6.4.3	Calcinierung zur Aktivierung puzzolanischer Eigenschaften .....	70
6.5	Verwertung durch hydrothermale Behandlung .....	72
6.6	Zusammenfassung der Kriterien zur Eignungsabschätzung .....	73
<b>7.</b>	<b>Charakterisierung der ungenutzten Rohstoffe und feinkörnigen Reststoffe .....</b>	<b>76</b>
7.1	Charakterisierung der Schwerminerale .....	76
7.2	Charakterisierung der tonig-schluffigen Sedimente .....	77
7.3	Charakterisierung der Kieswaschschlämme in den Projektstandorten .....	80
7.3.1	Physikalische Eigenschaften der Kieswaschschlämme .....	81
7.3.2	Mineralbestand der untersuchten Kieswaschschlämme .....	83
7.3.2.1	Mineralbestand der Kieswaschschlämme .....	84
7.3.2.2	Mineralbestand der fraktionierten Proben .....	85
7.3.3	Chemische Zusammensetzung der Kieswaschschlämme und des lagerstätteneigenen abschlämbaren Anteils .....	86
7.3.3.1	Hauptelementgehalte in Kieswaschschlämmen .....	86
7.3.3.2	Hauptelementgehalte in lagerstätteneigenen, abschlämbaren Anteilen .....	87
7.3.3.3	Spurenelementgehalte .....	87
7.4	Einfluss der Aufbereitung auf die petrographische Zusammensetzung der Kieswaschschlämme .....	90
<b>8.</b>	<b>Eignungsempfehlungen für ungenutzte Rohstoffe und Reststoffe der Projektstandorte ...</b>	<b>91</b>
8.1	Anwendung der Tabellen zur Eignungsabschätzung .....	91
8.2	Ergebnisse der Eignungsabschätzung der tonig-schluffigen Rohstoffe .....	92
8.3	Ergebnisse der Eignungsabschätzung von Kieswaschschlämmen .....	94
8.4	Diskussion zur Qualität der unverwerteten Reststoffe .....	96
<b>9.</b>	<b>Experimentelle Produktentwicklung und Anwendungsprüfung der Kieswaschschlämme ..</b>	<b>97</b>
9.1	Entwicklung eines Verfüllbaustoffs mit Kieswaschschlamm .....	97
9.1.1	Methoden zur Entwicklung eines Verfüllbaustoffs .....	97
9.1.2	Ergebnisse der Entwicklungsarbeit eines Verfüllbaustoffs mit Kieswaschschlamm .....	99
9.1.3	Resümee der Untersuchungen zur Anwendung von Kieswaschschlamm in einem Verfüllbaustoff ...	99
9.2	Anwendungsprüfung eines Kieswaschschlammes zur Ziegelherstellung .....	101
9.2.1	Methoden zur Rohmaterialbeurteilung für die Ziegelherstellung .....	101
9.2.2	Ergebnisse der Rohmaterialbeurteilung .....	102
9.2.3	Resümee der Anwendungsprüfung eines Kieswaschschlammes als Ziegeleirohstoff .....	104
9.3	Ressourceneffizienzbeitrag durch die Verwertung von mineralischen Reststoffen .....	105
<b>10.</b>	<b>Handlungsempfehlung für die Verwertung der Reststoffe .....</b>	<b>107</b>
<b>11.</b>	<b>Quellen .....</b>	<b>108</b>
11.1	Literatur .....	108
11.2	Karten .....	113
11.3	Normen, Regelwerke, Empfehlungen .....	113
11.4	Gesetze und Verordnungen .....	115
11.5	Internetquellen .....	115
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>116</b>
A 1	Proben .....	116
A 2	Korngrößenverteilung .....	118
A 3	Korndichtebestimmung .....	119
A 4	Bestimmung des Mineralbestandes mittels Röntgendiffraktometrie .....	120
A 5	Chemische Zusammensetzung mittels Röntgenfluoreszenzanalysen (Hauptelemente) .....	120
A 6	Spurenelementgehalte mittels Atomabsorptionsspektroskopie .....	122
A 7	Röntgendiffraktometer-Aufnahmen zur Bestimmung des Mineralbestands .....	123