

1	Einleitung	9
2	Zielsetzung, Realisierung und Hintergründe	11
2.1	Zielsetzung	11
2.2	Realisierung.....	12
2.3	Hintergründe.....	12
2.3.1	Strategische Bedeutung der Ressource Wasser für den Bergbau	12
2.3.2	Bedarf und potentielle Anwendungsgebiete für trockene Sortierverfahren...	13
2.3.3	Schwerminerale.....	14
2.3.3.1	Lagerstätten	15
3	Theoretische Grundlagen der trockenen Sortierung nach der Dichte	19
4	Derzeitiger Stand der trockenen Sortierung	35
4.1	Sensorgestützte Sortierer.....	36
4.2	Trocken arbeitende Magnetscheider	37
4.3	Elektrostatikscheider Bauart Korona Walzenscheider	37
4.4	Trockene gravimetrische Sortieraggregate für die Sortierung von Feinkorn.....	37
4.5	Luftsetzmaschinen; historische und aktuelle Entwicklungen	38
4.6	Sortierung auf Luftherden	39
5	Voruntersuchungen zur trockenen Sortierung	43
5.1	Versuche auf einem Luftherd Bauart Happle.....	43
5.2	Versuche auf einer Pilot – Luftsetzmaschine.....	44
5.2.1	Versuchsmischung:	44
5.2.2	Versuchsdurchführung:	45
5.2.3	Versuchsergebnisse:	46
5.3	Erkenntnisse aus den Voruntersuchungen	46
6	Entwicklung einer Labor – Luft – Trennapparat (L.L.T.) zur trockenen Sortierung nach der Dichte	47
6.1	Funktionsweise des Luft – Trennapparates im Labormaßstab	47
6.1.1	Sortierkammer.....	48
6.1.2	Antriebseinheit.....	49
6.1.3	Einheit zur Luftregulierung.....	49
7	Versuche mit dem Labor – Luft – Trennapparat	51
7.1	Versuchsplanung.....	51
7.2	Getestete Versuchsmischungen:.....	51
7.3	Versuchsdurchführung	52
7.3.1	Nomenklatur der Versuche.....	52

7.3.2	Vorversuche zur Eingrenzung der Sortierparameter mit einer synthetischen Magnetit - Quarzsandmischung der Aufgabekörnung 2,0 – 0,5 mm.....	53
7.3.3	Einfluss der einzelnen Aggregatparameter auf das Schwermineralausbringen, in Abhängigkeit der Versuchsdauer.....	54
7.3.4	Veränderung der Schichthöhen zur exakteren Bestimmung der Schichtung.....	55
7.3.5	Bestimmung der Reproduzierbarkeit der Versuche.....	56
7.3.6	Ermittlung des Einflusses der Korngrößenzusammensetzung auf die Ausbildung der Schichtung.....	57
7.3.7	Fraktionierte Betrachtung des Trennerfolges.....	59
7.3.8	Ermittlung des Korngrößenverhältnisses von Schwermineralen zu Quarzsand bei dem noch eine Schichtung ausgebildet werden kann.....	60
7.3.9	Einfluss der Dauerluftmenge auf das Schwermineralausbringen.....	62
7.4	Zusammenfassung: Auswertung der Versuchsergebnisse.....	63
8	Entwicklung des Prototyps eines kontinuierlichen Wirbelschicht – Trocken – Rinnenseparators (W.T.R.) im Pilotmaßstab.....	67
8.1	Grundsätzliche Überlegungen bei der Konstruktion des W.T.R.....	67
8.2	Beschreibung der verwendeten Baugruppen.....	69
8.2.1	Rahmenkonstruktion.....	69
8.2.2	Auswahlkriterien zur Art der Schwingungseinleitung.....	69
8.2.3	Aufbau des Gutbettträgers.....	70
8.2.4	Auswahlkriterien für die gewählte Art der Luftenleitung.....	71
8.2.5	Austrag.....	72
8.3	Versuchsdurchführung.....	73
8.4	Inbetriebnahme des Wirbelschicht – Trocken – Rinnenseparators (W.T.R.).....	73
8.4.1	Einfluss von Randeffekten.....	74
8.4.2	Auswirkung der austragseitigen Verjüngung und der Gutbetthöhe auf das Trennverhalten.....	74
8.5	Maschinelle Optimierung des Wirbelschicht – Trocken – Rinnenseparators.....	76
8.5.1	Schwingverhalten des W.T.R.....	76
8.5.2	Bewegung des Gutstromes.....	76
9	Versuche auf dem W.T.R. mit synthetischen Versuchsmischungen.....	79
9.1	Vorbemerkung.....	79
9.1.1	Versuchsplanung der Versuche auf dem W.T.R.:.....	79
9.2	Synthetische Versuchsmischungen für die Einzelversuche der Versuchsreihen 1 – 3.....	79
9.3	Versuchsreihe 1: Untersuchung des Trennverhaltens von Magnetit < 0,315 mm, in einer Magnetit – Quarzsandmischung < 0,315 mm.....	81

9.3.1	Versuchsdurchführung	81
9.3.2	Versuchsmischung 1	81
9.3.3	Versuchsergebnisse der Versuchsreihe 1	82
9.4	Versuchsreihe 2: Untersuchung des Trennverhaltens von Magnetit der Körnung < 0,250 mm in einer Magnetit – Quarzsandmischung < 1,0 mm	86
9.4.1	Versuchsdurchführung	86
9.4.2	Versuchsmischung 2:	86
9.4.3	Versuchsergebnisse der Versuchsreihe 2	88
9.5	Versuchsreihe 3: Untersuchung über das Trennverhalten von Magnetit < 0,250 mm in einer Magnetit – Quarzsandmischung < 1,0 mm	90
9.5.1	Versuchsdurchführung	90
9.5.2	Versuchsmischung 3	90
9.5.3	Versuchsergebnisse der Versuchsreihe 3	92
9.6	Versuchsergebnisse Versuchsreihen 1 – 3 im Bereich der definierten Zielsetzung	93
9.7	Fraktionierte Betrachtung des Magnetitausbringens	96
9.8	Abschätzung des zu erwartenden Ausbringens in Abhängigkeit des Durchsatzes und des Massenausbringens an Schwergut	96
9.9	Weiterführende Untersuchungen und Beobachtungen	97
9.9.1	Ausbildung der Schichtung über die Länge und Breite des Gutbettträgers ..	97
9.9.2	Wechselwirkungen der Aggregatparameter	102
9.10	Quantifizierung der zugeführten Luftmenge	103
9.11	Bestimmung des Druckabfalls über den Gutbettträger	104
9.12	Auswirkung der Pulsluft auf die Schichtung von Magnetit in einem Magnetit - Quarzsand - Gemisch	104
9.12.1	Versuchsdurchführung	104
9.12.2	Versuchsergebnisse	104
9.13	Simulation eines dreistufigen Sortierprozesses	106
9.14	Versuchsdurchführung	106
9.15	Versuchsmischung	107
9.16	Voranreicherungsstufe	107
9.16.1	Produkt der Voranreicherungsstufe	107
9.17	Reinigerstufe	108
9.17.1	Versuchsdurchführung	108
9.17.2	Versuchsmischung	108
9.17.3	Versuchsergebnisse der Reinigerstufe	109
9.18	Nachreinigerstufe	111
9.18.1	Versuchsdurchführung	111
9.18.2	Versuchsmischung	111

9.18.3	Versuchsergebnisse der Nachreinigerstufe	111
9.19	Schlussfolgerung und Interpretation der Prozesssimulation	113
9.19.1	Verfahrensbilanz einfacher Durchlauf	115
9.19.2	Verfahrensbilanz mit Rückführung des Nachreiniger Schwergutkonzentrates.	116
9.20	Sortiersuche mit primärem pegmatitischen Tantalit – Niobit – Erz < 0,300 mm aus einer Lagerstätte in aridem Gebiet	118
9.20.1	Versuchsdurchführung	118
9.20.2	Versuchsmischung	118
9.20.3	Versuchsergebnisse	119
10	Ausblick und Hinweise zur Optimierung des W.T.R.	123
11	Zusammenfassung	125
12	Anhang.....	129
13	Abbildungsverzeichnis	153
14	Tabellenverzeichnis	157
15	Symbolverzeichnis.....	159
16	Literaturverzeichnis	161
17	Kurzzusammenfassung.....	167
18	Abstract	169
19	Lebenslauf	171