



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Herausforderungen der Mähdrescher	1
1.2	Kornverluste und Abscheideverlauf der Abscheidung . .	5
1.3	Zielsetzung	6
2	Grundlagen	11
2.1	Grundlagen des Trennprozesses	11
2.2	Grundlagen eines Mähdreschers	14
2.3	Prozessmodell eines Mähdreschers	16
2.4	Grundlagen der Abscheideeinrichtung	18
2.5	Grundlagen der Kornverluste	22
2.5.1	Definition der Kornverluste	22
2.5.2	Messtechnik zur Ermittlung der Abscheideverluste	24
3	Sensornetzwerk und Datenaufzeichnung	29
3.1	Anforderungen an das Sensornetzwerk	29
3.2	Auswahl der Messtechnik und Definition der Sensorpositionen	31
3.3	Datenakquise des Sensornetzwerks	33
3.3.1	Laboruntersuchungen	33
3.3.2	Feldversuche	35
3.4	Datenaufbereitung	36
3.5	Datensichtung	38
4	Analytische Abscheidemodelle	45
4.1	Konventionen der Abscheidemodelle	45
4.2	Grundlagen der Abscheidemodelle	47
4.3	Modellierung des zugeführten Haufwerks	51
4.4	Adaption bisheriger Abscheidemodelle	53
4.4.1	Adaption des exponentiellen Ansatzes	53
4.4.2	Adaption des Abscheidemodells nach Böttinger .	56
4.4.3	Adaption des Abscheidemodells nach Schreiber und Kutzbach	63
4.4.4	Adaption des Abscheidemodells nach Bjork . . .	65



4.5	Gutfluss-Modell	66
4.5.1	Definition des Gutflusses im Rotoraggregat	67
4.5.2	Definition der Trennwege	68
4.5.3	Einführung nicht konstanter Einflüsse auf den Trennprozess	70
4.5.4	Abschnittsweises Abscheidemodell	72
4.5.5	Aufbau des Gutfluss-Modells	78
4.6	Approximation des Gutfluss-Modells	82
4.7	Definition und Berechnung der Sensormodelle der ana- lytischen Modelle	87
5	Abscheidemodellidentifikation durch Maschinelles Lernen	93
5.1	Grundlagen des Maschinellen Lernens	93
5.1.1	Methoden des Maschinellen Lernens und Reprä- sentationslernen	95
5.1.2	Künstliche Neuronale Netze und Tiefgehendes Lernen	97
5.2	Aufbau der Neuronalen Netze für Abscheidemodelle . .	105
5.2.1	Architekturen der Neuronalen Netze	105
5.2.2	Auswahl der Aktivierungsfunktionen	108
5.2.3	Abschätzung des Berechnungsaufwands	109
5.3	Trainingsmethode	111
5.3.1	Datenstrukturen	111
5.3.2	Datenaufteilung	113
5.3.3	Gewichtung der Daten	114
5.3.4	Auswahl der Verlustfunktionen	115
6	Ergebnisse	119
6.1	Metriken zur Validierung der Abscheidemodelle	119
6.2	Ergebnisse der analytischen Abscheidemodelle	122
6.2.1	Auswahl der Optimierungsfunktion	123
6.2.2	Detailliergebenisse der analytischen Abscheidemo- delles	124
6.2.3	Untersuchung der numerisch ermittelten Funkti- onsparameter	133
6.3	Ergebnisse der Abscheidemodelle mit Maschinellern	137
6.3.1	Ergebnisse der Kreuzvalidierung	137
6.3.2	Detailliergebenisse der Abscheidemodelle	138
6.4	Diskussion	145



7 Zusammenfassung	151
7.1 Fazit	152
7.2 Ausblick	155
Verzeichnisse	157
Formelzeichenverzeichnisse	157
Abkürzungsverzeichnis	160
Abbildungsverzeichnis	163
Tabellenverzeichnis	164
Literaturverzeichnis	168
A Ergebnistabellen	189
A.1 Ergebnistabellen der analytischen Abscheidemodelle . .	190
A.2 Ergebnistabellen der Abscheidemodelle mit Maschinell- lem Lernen	212
B Herleitung der analytischen Modelle	225
B.1 Haufwerkfunktion	225
B.2 Abscheidung mit Exponentialfunktion	227
B.3 Modell nach Böttinger	232
B.3.1 Herleitung der Basis-Funktionen	232
B.3.2 Einbau der Startwerte	235
B.3.3 Prüfung der Startwerte	237
B.3.4 Aufstellung der Funktionen bei deaktivierter Ab- scheidung	238
B.3.5 Einbau der Haufwerkfunktion	239
B.3.6 Einbau der Entmischungsschwingung	244
B.3.7 Extremwerte und Wendepunkte	253
B.4 Modell nach Schreiber und Kutzbach	258
B.4.1 Herleitung der Optimierung	258
B.4.2 Extremwerte und Wendepunkte	260
B.4.3 Einbau der Haufwerkfunktion	264
B.5 Gutfluss-Modell	267
B.5.1 Herleitung der abschnittswisen Restkornfunk- tionen	268
B.5.2 Herleitung der abschnittswisen Restkornfunk- tionen mit Entmischungsschwingung	272
B.5.3 Überprüfung der Stetigkeit der Restkornfunktionen	279
B.5.4 Herleitung der abschnittswisen Abscheidefunk- tionen	282



B.5.5	Herleitung der abschnittsweisen Abscheidefunktionen mit Entmischungsschwingung	283
B.5.6	Überprüfung der Stetigkeit der Abscheidefunktion	285
B.6	Approximation des Gutfluss-Modells	292
B.6.1	Aufstellung der Restkorn- und Abscheidefunktion	292
B.6.2	Untersuchung des Kriteriums der konstanten Kornmenge im Dachblechbereich	295
B.6.3	Aufstellung des Integrals zur Kornmengenbestimmung	297
B.6.4	Skalierung und finale Funktionen	300