

**Produktionswirtschaftliche
Beschreibungs- und
Optimierungsmodelle für die
Wertstoffsartierung**

Julia Gerth



Universitätsverlag Ilmenau
2014

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XIV
Abkürzungsverzeichnis	XV
Symbolverzeichnis	XVI
1 Einführung	1
1.1 Motivation und Zielsetzung	1
1.2 Aufbau und Vorgehensweise der Untersuchung	5
I Konzeptionelle Grundlagen	9
2 Abgrenzung wichtiger Begriffe und ihre Einordnung in den ökonomischen und technischen Kontext	11
3 Charakteristika verschiedener technischer Sortierverfahren	23
3.1 Vorbereitende Prozesse	24
3.2 Klassierverfahren	27
3.2.1 Siebklassierung	27
3.2.2 Stromklassierung und Dichtesortierung	29
3.3 Sortierverfahren	32
3.3.1 Magnetfeldsortierung	32
3.3.2 Flotation	37
3.3.3 Klaubung	37

3.4	Beispielkonzept einer Wertstoffsortieranlage	41
3.5	Leergutsortierung	44
4	Operationalisierung von Vermischung	48
4.1	Begriffsabgrenzungen und Klassifikation von Gemischen	49
4.2	Eindimensionale Vermischung	52
4.2.1	Intuitive Vorüberlegungen zur Vermischung anhand eines einfachen Beispiels	52
4.2.2	Wirkungszusammenhänge und Erhebungsprobleme	58
4.2.3	Messung der verschiedenen Merkmale durch Kennzahlen	65
4.2.3.1	Fraktionsanzahlorientierter Vermischungsgrad (FVG)	65
4.2.3.2	Anteilorientierter Vermischungsgrad (AVG)	65
4.2.3.3	Wechselorientierter Vermischungsgrad (WVG)	68
4.2.3.4	Konzentrationsorientierter Vermischungsgrad (KVG)	71
4.2.3.5	Abstands- bzw. Zwischenraumorientierter Vermischungsgrad (ZVG)	73
4.2.3.6	Integrierter Vermischungsgrad (IVG)	77
4.3	Diskussion mehrdimensionaler Vermischung	79
4.3.1	Intuitive Vorüberlegungen zu zwei- und dreidimensionaler Vermischung	79
4.3.2	Konzeptionelle Messvorschriften für mehrdimensionale Vermischung	90
4.4	Zwischenresümee	92
II	Strukturanalyse und Konstruktion eines ökonomischen Entscheidungsmodells für Sortierprozesse	95
5	Prozessstrukturen	97
5.1	Darstellung einfacher (einstufiger) Sortierprozesse mittels Input/Output-Graphen	97
5.1.1	Einfacher I/O-Graph eines Sortierprozesses	97
5.1.2	Technikformen	99
5.1.2.1	Lineare und elementare Techniken	99

5.1.2.2	Einstufige Techniken	101
5.1.2.3	In Grenzen frei variierbare Produktion	105
5.1.3	Erweiterung der Darstellung durch Komponentenmodellierung	106
5.2	Vergleich mit strukturähnlichen Prozessen	115
6	Grundüberlegungen zur Modellierung und Gestaltung der Nebenbedingungen	121
6.1	Entscheidungsvariablen und Massenbilanzen als strukturelle Basis der Modellformulierung	121
6.2	Übersicht über erforderliche Erweiterungen der Nebenbedingungen . .	130
6.3	Strukturell-formale Nebenbedingungen	131
6.3.1	Parallele Aussortierung mehrerer Wertstoffe	131
6.3.2	Mehrstufige Prozesse	132
6.3.3	Sortiergutstromverzweigung	137
6.3.4	Ausbringung diskreter Quantitäten	141
6.4	Praxisbezogene Erweiterungen der Nebenbedingungen	141
6.4.1	Kapazitierung	142
6.4.2	Modellierung von Verlusten	145
6.4.3	Blockierung von Verbindungen	146
6.4.4	Ergiebigkeits- und Reinheitsrestriktionen	147
7	Gestaltung der Zielfunktion	151
7.1	Strukturelle Analyse	151
7.1.1	Zielsetzungen des Sortiermodells	151
7.1.2	Elemente und Formulierung einer Ausgangszielfunktion für das Sortiermodell	153
7.1.3	Abhängigkeiten der Zielfunktionselemente und Interdependenzen der Entscheidungsvariablen	155
7.2	Optimierung der Wertfunktion durch Abtrennungsgrad und Sortenreinheit	161
7.2.1	Optimierung bei konstanter Sortenreinheit und variablem Abtrennungsgrad	161
7.2.2	Optimierung unsauberer Abtrennungsprozesse	166

7.2.3	Simultane Optimierung von Abtrennungsgrad und Sortenreinheit	169
7.2.4	Kritische Würdigung	170
7.3	Direkte Auswirkungen durch Anpassung der Bandgeschwindigkeit . .	171
7.4	Vermischungsgrade als Einflussfaktoren auf die Prozesskosten	177
7.4.1	Prozesskostenbestandteile und weitere Annahmen	177
7.4.2	Direkte Beeinflussung durch Vermischung	180
7.4.3	Vermischungsgradbasierte Parameteranpassungen zur Prozesskosten- senkung	186
7.4.3.1	Nutzung von Bündelungseffekten	187
7.4.3.2	Vermischungsabhängige Variation der Bandgeschwin- digkeit	190
7.5	Gestaltung der Annahmgebühr	193
7.5.1	Vermischungsabhängige Preisgestaltung	194
7.5.2	Unabhängige Preisgestaltung	196
7.5.3	Sonderfälle	197
8	Zwischenresümee: Ein deterministisches Gesamtmodell	199
III	Einsatz- und Erweiterungsmöglichkeiten	205
9	Theoretische Modellevaluation und Problemidentifikation	207
10	Konzeptionelle Überlegungen zur Integration stochastischer Einfü- se	214
10.1	Beschreibung und Analyse potenzieller Stochastizitäten bei Sortierpro- zessen	215
10.2	Erster Ansatz eines formalen stochastischen Sortiermodells	220
10.3	Zum Umgang mit stochastischen Modellen	228
10.3.1	Ein allgemeines Schema der stochastischen Optimierung	228
10.3.2	Informationsmodelle	231
10.3.3	Entscheidungsmodelle	233
10.4	Zwischenresümee	240

Inhaltsverzeichnis	IX
11 Resümee und Ausblick	243
Anhang	249
Anhang A Bilderübersicht der Kartenspiele	251
Anhang B Berechnung der KVGe für ein Beispiel mit 12 Karten	257
Literaturverzeichnis	260
Stichwortverzeichnis	272