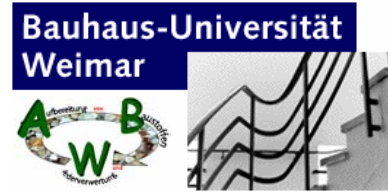




Institut für Technische Dokumentation,  
Schulung und Beratung GmbH



Institut für Fertigteiltechnik und  
Fertigungbau Weimar e. V.



Professur Aufbereitung von Baustoffen und  
Wiederverwertung

## Abschlußbericht

### Kooperationsprojekt

„Entwicklung einer neuen Maschinenteknik zur  
nassmechanischen Trennung von Stoffen nach ihren  
spezifischen Gewichten“

Kurztitel: „Nasssetzmaschine“



Bearbeiter: Dipl.-Ing. Edouard Mbemba / i.t.s.- GmbH Duisburg

Thomas Namyslo / i.t.s.-GmbH Duisburg

Duisburg im Januar 2005

Gefördert im Rahmen des Förderprogramms „Innovationskompetenz“ vom  
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie



Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>PATENTENRECHERCHE ZUM STAND DER TECHNIK</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Thema der Recherche</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Relevante IPC – Notationen und verwendete Suchbegriffe</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>Zur Recherche verwendete Datenbanken</b>	<b>2</b>
1.3.1	PATDPA	2
1.3.2	PATOSEP	3
1.3.3	PATOSWO	3
1.3.4	WPINDEX	3
<b>1.4</b>	<b>Rechercheergebnis</b>	<b>3</b>
<b>1.5</b>	<b>Relevante Patentschriften</b>	<b>6</b>
<b>1.6</b>	<b>Relevante Patentschriften</b>	<b>16</b>
<b>1.7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>21</b>
1.7.1	Erzeugung der Pulsationsbewegung	22
1.7.2	Hub, Zykluscharakter	23
1.7.3	Stufenpulsungssysteme	23
1.7.4	Schichtung, Austrag	24
1.7.5	Zuordnung der Patentschriften für den Bereich der Schwingungstechnik	25
1.7.6	Zuordnung der Patentschriften für den Bereich der Aufbereitungstechnik	32
<b>1.8</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>38</b>
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN</b>	<b>39</b>
<b>2.1</b>	<b>Eingliederung des Nassetzens in die Systematik der physikalischen Verfahrenstechnik</b>	<b>39</b>
<b>2.2</b>	<b>Grundsätzlicher Aufbau von Nassetzmaschinen und Beschreibung des Verfahrens</b>	<b>40</b>
<b>2.3</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>42</b>

<b>3</b>	<b>MASCHINENTECHNISCHE ENTWICKLUNG</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Die Anfänge, das Stauchsetzen und Stauchsetzmaschinen</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Kolbengepulste Nasssetzmaschinen</b>	<b>45</b>
3.2.1	Harzer Setzmaschine	45
3.2.2	( Quer- ) Stromsetzmaschine	46
3.2.3	Nasssetzmaschine mit Graupenbett	47
3.2.4	Unterbettgepulste Nasssetzmaschine	48
<b>3.3</b>	<b>Luftgepulste Nasssetzmaschinen</b>	<b>49</b>
3.3.1	<i>Baum</i> 'sche Setzmaschine	49
3.3.2	Unterbettgepulste Nasssetzmaschine	51
<b>3.4</b>	<b>Schwingsetzmaschinen</b>	<b>51</b>
3.4.1	Membran - Schwingsetzmaschine	52
3.4.2	Kompensator - Schwingsetzmaschine	53
<b>3.5</b>	<b>Andere Bauformen</b>	<b>54</b>
<b>3.6</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>55</b>
<b>4</b>	<b>DARSTELLUNG DES NASSSETZPROZESSES</b>	<b>58</b>
<b>4.</b>	<b>Partikelbewegung im Setzbett</b>	<b>58</b>
4.1.1	Beschleunigungsphase	58
4.1.2	Behindertes Setzen	58
4.1.3	Konsolidierung	59
<b>4.2</b>	<b>Einflussgrößen auf den Nasssetzprozess</b>	<b>59</b>
4.2.1	Partikeldichte	59
4.2.2	Partikelgrößenzusammensetzung	60
4.2.3	Partikelform	60
4.2.4	Eigenschaften des Trennmediums	60
4.2.5	Hubhöhe, Hubfrequenz, Setzbetthöhe und Unterwasserstrom	61
4.2.6	Setzhubdiagramm	61
4.2.7	Spezifischer Durchsatz	62
4.2.8	Entscheidende Bauteile der Nasssetzmaschine	62
4.2.8.1	Setzgutträger	62
4.2.8.2	Austragregelung	63
<b>4.3</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>63</b>

---

<b>5</b>	<b>SCHWINGUNGSTECHNIK</b>	<b>64</b>
<b>5.1</b>	<b>Beschreibung des schwingungsdynamischen Systems</b>	<b>64</b>
<b>5.2</b>	<b>Beschreibung der Schwingungserregung</b>	<b>65</b>
5.2.1	Harmonische Schwingungen	65
5.2.2	Nichtharmonische Schwingungen	66
5.2.3	Schwingungsrichtungen	68
5.2.4	Erregerfrequenz	69
5.2.5	Wegamplituden	70
<b>5.3</b>	<b>Erzeugung und Einleitung der Schwingungen</b>	<b>71</b>
5.3.1	Krafterregung durch Massekräfte bewegter Massen	71
5.3.1.1	Linear bewegte Massen	71
5.3.1.2	Rotatorisch bewegte Massen	72
5.3.2	Wegerregung durch zwangsweise wirkende Systeme	74
5.3.2.1	Schubkurbel	75
5.3.2.2	Kurvengetriebe	75
5.3.2.3	Servohydraulik	76
5.3.2.4	Pneumatik	77
<b>5.4</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>77</b>
<b>6</b>	<b>GRUNDSATZUNTERSUCHUNGEN</b>	<b>79</b>
<b>6.1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>79</b>
<b>6.2</b>	<b>Grundsatzuntersuchungen mit Kastensieb</b>	<b>79</b>
6.2.1	Versuchsaufbau	79
6.2.2	Setzversuch Holzkohle und Normsand	80
6.2.3	Setzversuch Normsand und Ziegel	82
6.2.4	Setzversuch Beton und Ziegel	84
<b>7</b>	<b>VORVERSUCHSSTAND</b>	<b>88</b>
<b>7.1</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>88</b>
<b>7.2</b>	<b>Technische Daten TIRAVib-Shaker</b>	<b>89</b>
<b>7.3</b>	<b>Technische Daten Siebbelag</b>	<b>89</b>

---

<b>8</b>	<b>VORVERSUCHSBEDINGUNGEN</b>	<b>90</b>
<b>8.1</b>	<b>Versuchsstand</b>	<b>90</b>
<b>8.2</b>	<b>Materialgemische</b>	<b>91</b>
<b>8.3</b>	<b>Versuchsparameter</b>	<b>93</b>
<b>8.4</b>	<b>Schwingungsformen</b>	<b>94</b>
<b>8.5</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>98</b>
<b>9</b>	<b>VORVERSUCHSDURCHFÜHRUNG</b>	<b>99</b>
<b>9.1</b>	<b>Materialvorbereitung</b>	<b>99</b>
<b>9.2</b>	<b>Versuchsdurchführung</b>	<b>99</b>
<b>9.3</b>	<b>Ergebniserfassung</b>	<b>100</b>
9.3.1	Bilddokumentation	100
9.3.2	Bildauswertung	102
9.3.3	Probenahme	104
9.3.4	Dichtebestimmung	104
9.3.4.1	Bestimmung der Rohdichte	104
9.3.4.2	Bestimmung der Schüttdichte	106
<b>9.4</b>	<b>Vorversuchsplan</b>	<b>107</b>
<b>9.5</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>109</b>

<b>10</b>	<b>VERSUCHSAUSWERTUNG</b>	<b>110</b>
<b>10.1</b>	<b>Einflüsse auf den Setzprozess</b>	<b>110</b>
10.1.1	Hub	110
10.1.2	Frequenz	111
10.1.3	Setzdauer	113
10.1.4	Setzbetthöhe	114
10.1.5	Dichteunterschiede der einzelnen Materialgemische	115
10.1.6	Korngröße	116
<b>10.2</b>	<b>Auswertung der Schwingungsform</b>	<b>117</b>
10.2.1	Kurvenform K7	119
10.2.2	Kurvenform K3P	120
10.2.3	Kurvenform K6 – gespiegelt	120
10.2.4	Kurvenform K5P	120
10.2.5	Kurvenform K8	121
10.2.6	Impulswirkung	121
10.2.7	Literatur zum Kapitel	121
<b>11</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE</b>	<b>122</b>
<b>12</b>	<b>PFLICHTENHEFT</b>	<b>124</b>
<b>12.1</b>	<b>Festlegung der Vergleichsgüter</b>	<b>124</b>
12.1.1	Sand- und Kiesaufbereitung	124
12.1.2	Erzaufbereitung	124
12.1.3	Bauschuttrecycling	124
<b>12.2</b>	<b>Anforderungen an die Verfahrenstechnik</b>	<b>125</b>
12.2.1	Ausgangslage: Leistungsfähigkeit aktueller Kompensatorsetzmaschinen	125
12.2.1.1	Prämissen	125
12.2.1.2	Berechnungsgang	125
12.2.1.2.1	Sortierwirkungsgrad $\eta_s$	126
12.2.1.2.2	Optimale Hubhöhe $h_{Opt}$	126
12.2.1.2.3	Optimale Hubzahl $n_{hOpt}$	127
12.2.1.2.4	Spezifischer Durchsatz $L$	128
12.2.1.2.5	Erforderliche Wasserzufuhr	129
12.2.1.2.6	Leistungsbedarf	130
12.2.1.3	Berechnungsbeispiele	130
12.2.2	Anforderung an die Durchsatzleistung der neu zu entwickelnden Setzmaschine	130

---

<b>12.3</b>	<b>Grundsätzliche konstruktive Vorgaben</b>	<b>130</b>
12.3.1	Zu verwendender Setzboden	130
12.3.2	Anforderungen an den Oberkasten	131
12.3.2.1	Unterwasserzufuhr	131
12.3.2.2	Kammersystem	131
12.3.2.3	Austrag	131
12.3.3	Spannungsversorgung	131
12.3.3.1	Hauptspannung	131
12.3.3.2	Steuerspannung	131
<b>12.4</b>	<b>Baugröße</b>	<b>132</b>
12.4.1	Setzbettlänge	132
12.4.2	Setzbettbreite	132
<b>12.5</b>	<b>Einstellbarkeit der maschinentechnischen Parameter</b>	<b>132</b>
12.5.1	Neigungswinkel des Setzbodens	132
12.5.2	Setzbretthöhe	133
12.5.3	Hubhöhe	133
12.5.4	Hubzahl	133
12.5.5	Hubdiagramm	133
12.5.6	Unterwassermengenzufuhr	133
<b>12.6</b>	<b>Antrieb</b>	<b>133</b>
<b>12.7</b>	<b>Verschleiß</b>	<b>134</b>
<b>12.8</b>	<b>Wartung</b>	<b>134</b>
12.8.1	Verschleißteile	134
12.8.2	Schmierung	134
<b>12.9</b>	<b>Maschinenlebensdauer (wirtschaftliche Nutzungsdauer)</b>	<b>134</b>
<b>12.10</b>	<b>Steuerung</b>	<b>134</b>
12.10.1	Spannungsversorgung	134
12.10.2	Funktionen	135
12.10.2.1	Mindestanforderungen	135
12.10.2.2	Wünschenswerte Erweiterungen	135
12.10.2.2.1	Einstellbarkeit	135
12.10.2.2.2	Automatische Einstellung der Maschinenparameter	136
<b>12.11</b>	<b>Literatur zum Kapitel</b>	<b>136</b>

<b>13</b>	<b>Anhang</b>	<b>137</b>
	Anlage 1 Suchdurchlauf in der Datenbank PATDPA	137
	Anlage 2 Suchdurchlauf in der Datenbank PATOSEP	158
	Anlage 3 Suchdurchlauf in der Datenbank PATOSWO	167
	Anlage 4 Suchdurchlauf in der Datenbank WPINDEX	172
	Anlage 5 MASSAI ( <b>MA</b> thematical <b>S</b> imulation <b>S</b> and <b>A</b> lgorithmics for Illustrating process engineering)	201
	Anlage 6 Fotodokumentation – Montage des Antriebs	209
	Anlage 7 Konstruktionszeichnungen „Nasssetzmaschine“	214
	VK-1	Oberkasten
	VK-1-1	Einlaufkasten
	VK-1-2	Siebbefestigung
	VK-1-3	Leichtgutüberlauf
	VK-1-4	Halterung und Gummistreifen zum Schwergutaustrag
	VK-1-5	Wehr
	VK-1-6	Steuerung Schwimmer
	VK-1-6-1	Schwimmer
	VK-1-6-2	Schutzhaube
	VK-1-7	Rohleitung
	VK-1-8	Querverbindung mit Ösen Oberkasten
	VK-2	Unterkasten
	VK-2-1	Anbindung Pleustange
	VK-3	Antrieb
	VK-4	Prototyp
	VK-5	Gerüst