

## Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Hintergrund</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Aufgabenstellung</b> .....	<b>3</b>
<b>Allgemeiner Teil</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Recycling von Altholz in der Holz- und Holzwerkstoffindustrie</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Definitionen</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 Die umweltgesetzlichen Rahmenbedingungen</b> .....	<b>8</b>
3.2.1 Verpackungsverordnung vom 12. 06. 1991 .....	8
3.2.2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 07. 10. 1996 .....	9
3.2.3 Altholzverordnung vom 01. 03. 2003 .....	10
3.2.4 Erneuerbare Energien Gesetz vom 29. 03. 2000 .....	10
<b>3.3 Auswirkungen der umweltgesetzlichen Rahmenbedingungen auf         die holzverarbeitende Industrie</b> .....	<b>10</b>
<b>3.4 Verfahren zur stofflichen Verwertung von Altholz         und Gebrauchtholzwerkstoffen</b> .....	<b>11</b>
3.4.1 Mechanische Aufarbeitung von Altholz .....	12
3.4.2 Verfahren zur stofflichen Verwertung von Gebrauchtholzwerkstoffen .....	13
3.4.2.1 Das Verfahren nach Sandberg .....	15
3.4.2.2 Das Pfeleiderer-Verfahren .....	15
3.4.2.3 Das WKI-Verfahren .....	18
3.4.2.4 Das Retro-Verfahren .....	19
3.4.2.5 Das Rehholz-Verfahren .....	20

<b>4</b>	<b>Verwertung von Rinden in der Holz- und Holzwerkstoffindustrie</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Aufbau der Rinde</b>	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Stoffliche Rindenverwertung</b>	<b>23</b>
4.2.1	Rindenverwertung im Garten- und Landschaftsbau	24
4.2.2	Rindenverwertung zur Gewinnung von Tanninen	26
4.2.2.1	Chemie der Tannine	27
4.2.2.2	Gewinnung von Gerbstoffen	28
<b>4.3</b>	<b>Energetische Rindenverwertung</b>	<b>30</b>
<b>Untersuchungen, Ergebnisse und Diskussion</b>		<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Thermohydrolyse von UF-Harz-gebundenen Holzspan- und Faserplatten</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Eigenschaften von UF-Harzen</b>	<b>34</b>
<b>5.2</b>	<b>Thermohydrolytischer Abbau von UF-Harz-gebundenen Spanplatten</b>	<b>35</b>
5.2.1	Charakterisierung des Untersuchungsmaterials	36
5.2.2	Aufschlussbedingungen	36
5.2.3	Chemische Eigenschaften der Recyclingspäne	37
5.2.3.1	Stickstoffgehalt	37
5.2.3.2	Gesamtformaldehydgehalt	39
5.2.3.3	Molverhältnis Harnstoff (U) zu Gesamtformaldehyd (F)	41
5.2.3.4	Formaldehydabgabe	41
5.2.4	Chemische Eigenschaften der Hydrolysate	42
5.2.4.1	Feststoffgehalt	44
5.2.4.2	Stickstoffgehalt	44
5.2.4.3	Gehalt an freiem Harnstoff	44
5.2.4.4	Gesamtformaldehyd- und freier Formaldehydgehalt	45
5.2.4.5	pH-Wert und Pufferkapazität	45
<b>5.3</b>	<b>Thermohydrolytischer Abbau von UF-Harz-gebundenen MDF</b>	<b>46</b>
5.3.1	Charakterisierung des Untersuchungsmaterials	46
5.3.2	Aufschlussbedingungen	47
5.3.3	Chemische Eigenschaften der Recyclingfasern	47
5.3.3.1	Gesamtstickstoffgehalt	47
5.3.3.2	Gesamtformaldehydgehalt	48

5.3.3.3	Molverhältnis Harnstoff (U) zu Gesamtformaldehyd (F).....	49
5.3.3.4	Formaldehydabgabe .....	52
5.3.4	Chemische Eigenschaften der Hydrolysate .....	54
5.3.4.1	Feststoffgehalt .....	55
5.3.4.2	Stickstoffgehalt .....	55
5.3.4.3	Gehalt an freiem Harnstoff.....	55
5.3.4.4	Gesamtformaldehyd- und freier Formaldehydgehalt.....	56
5.3.4.5	pH-Wert und Pufferkapazität.....	56
<b>5.4</b>	<b>Vergleichende Betrachtung der thermohydrolytischen Aufschlüsse von Span- und Faserplatten .....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>Thermohydrolytischer Aufschluss von Fichtenrinde.....</b>	<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>Beschaffung und Vorbehandlung der zu untersuchenden Fichtenrinden .....</b>	<b>61</b>
<b>6.2</b>	<b>Charakterisierung des Untersuchungsmaterials .....</b>	<b>61</b>
6.2.1	Extraktstoffausbeute und Reaktivität der Extrakte .....	62
6.2.2	pH-Wert und Pufferkapazität.....	63
<b>6.3</b>	<b>Fichtenrindenaufschluss unter Verwendung der Hydrolysate aus den Gebrauchtplattenaufschlüssen (zweistufig) .....</b>	<b>63</b>
6.3.1	Zweistufiger Aufschluss von Fichtenrinden und Gebrauchtplatten .....	64
6.3.1.1	Extraktstoffausbeute und Reaktivität der Extrakte .....	65
6.3.1.2	pH-Wert und Pufferkapazität.....	65
6.3.2	Zweistufiger Aufschluss von Fichtenrinden und Gebrauchtplatten unter Zusatz von Alkali .....	66
6.3.2.1	Extraktstoffausbeute und Reaktivität der Extrakte .....	67
6.3.2.2	pH-Wert und Pufferkapazität.....	67
<b>6.4</b>	<b>Einstufiger Aufschluss von Fichtenrinden und Gebrauchtplatten.....</b>	<b>67</b>
6.4.1	Einstufige Extraktion von Spanplatten und Fichtenrinden.....	68
6.4.1.1	Extraktstoffausbeute und Reaktivität der Extrakte .....	69
6.4.1.2	pH-Wert und Pufferkapazität.....	69
6.4.2	Einstufige Extraktion von MDF und Fichtenrinden .....	70
6.4.2.1	Extraktstoffausbeute und Reaktivität der Extrakte .....	71
6.4.2.2	pH-Wert und Pufferkapazität.....	72
<b>6.5</b>	<b>Vergleich zwischen dem zweistufigen und dem einstufigen Aufschlussverfahren von Fichtenrinden und Gebrauchtplatten .....</b>	<b>72</b>
<b>6.6</b>	<b>Bestimmung der Viskosität ausgewählter Extraktstoffflotten .....</b>	<b>73</b>
<b>6.7</b>	<b>Bestimmung der Gelierzeit ausgewählter Bindemittelflotten .....</b>	<b>77</b>

6.8 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	79
<b>7 Herstellung von PF-Harz-gebundenen Spanplatten unter Zusatz von Fichtenrindenextrakten.....</b>	<b>81</b>
7.1 Herstellung der Spanplatten .....	82
7.2 Eigenschaften der mit PF-Harz und mit PF-Harz in Abmischung mit Fichtenrindenextrakt als Bindemittel hergestellten Spanplatten .....	84
7.2.1 Querkzugfestigkeit und Kochzugfestigkeit.....	84
7.2.2 Dickenquellung und Wasseraufnahme .....	86
7.3 Bau einer kontinuierlichen Extraktionsanlage im Pilotmaßstab .....	87
7.3.1 Ausführung der Extraktionsanlage.....	87
7.3.2 Funktionsweise der Extraktionsanlage .....	89
<b>Experimenteller Teil .....</b>	<b>91</b>
<b>8 Untersuchungen im Zusammenhang mit den Aufschlüssen von von Span- bzw. Faserplatten .....</b>	<b>91</b>
8.1 Bestimmung des Feuchtegehalts.....	91
8.2 Bestimmung des Stickstoffgehalts .....	91
8.3 Bestimmung des Gesamtformaldehydgehalts.....	92
8.4 Bestimmung des Molverhältnisses Harnstoff zu Formaldehyd.....	92
8.5 Bestimmung des Bindemittelgehalts.....	93
8.6 Bestimmung der Formaldehydabgabe aus Holzspänen und Holzfasern nach der Flaschenmethode .....	93
8.7 Photometrische Bestimmung der Formaldehydabgabe .....	93
<b>9 Untersuchungen der Hydrolysate aus den Aufschlüssen von Span- und Faserplatten.....</b>	<b>94</b>
9.1 Bestimmung des Feststoffgehalts .....	94
9.2 Bestimmung des Stickstoffgehalts .....	95
9.3 Quantitative Harnstoffbestimmung mittels Indophenol-Methode .....	95
9.4 Bestimmung des Gesamtformaldehydgehalts.....	96
9.5 Bestimmung des Formaldehydgehalts .....	97
9.6 Bestimmung des pH-Werts.....	97
9.7 Bestimmung der Pufferkapazität.....	97

<b>10 Untersuchungen der Extrakte .....</b>	<b>97</b>
<b>10.1 Bestimmung des Extraktstoffgehalts .....</b>	<b>97</b>
<b>10.2 Bestimmung der Stiasny-Zahl .....</b>	<b>98</b>
<b>10.3 Bestimmung des pH-Werts .....</b>	<b>98</b>
<b>10.4 Bestimmung der Pufferkapazität.....</b>	<b>98</b>
<b>11 Untersuchungen der physikalisch-technologischen Eigenschaften der Spanplatten .....</b>	<b>99</b>
<b>11.1 Bestimmung des Feuchtegehalts (EN 322) .....</b>	<b>99</b>
<b>11.2 Bestimmung der Rohdichte (EN 323).....</b>	<b>100</b>
<b>11.3 Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht         zur Plattenebene (EN 319).....</b>	<b>100</b>
<b>11.4 Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene         nach Kochtest (EN 1087-1 und EN 319) .....</b>	<b>100</b>
<b>11.5 Bestimmung der Dickenquellung nach         24h Wasserlagerung (EN 317) .....</b>	<b>101</b>
<b>11.6 Bestimmung der Wasseraufnahme nach 24h Wasserlagerung         (DIN 52351) .....</b>	<b>101</b>
<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>103</b>
<b>12 Zusammenfassung .....</b>	<b>103</b>
<b>13 Ausblick.....</b>	<b>109</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>111</b>