

# Methoden zur Übernahme von Energieholz

Endbericht



# Methoden zur Übernahme von Energieholz

Autoren:

DI Dr. Michael Golser, HFA

DI Kasimir P. Nemestothy, E.V.A.

DI Rudolf Schnabel, HFA

Wien, Juni 2004

## Impressum

---

Herausgeberin:

HOLZFORSCHUNG AUSTRIA, Forschungsinstitut und akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle der Österreichischen Gesellschaft für Holzforschung (HFA)  
Franz Grill-Straße 7, A-1030 Wien; Tel. +43 (1) 798 26 23 – 0, Fax: +43 (1) 798 26 23 – 50  
E-Mail: [hfa@holzforschung.at](mailto:hfa@holzforschung.at), Internet: <http://www.holzforschung.at>

ENERGIEVERWERTUNGSAGENTUR – the Austrian Energy Agency (E.V.A.),  
Otto-Bauer-Gasse 6, A-1060 Wien; Tel. +43 (1) 586 15 24, Fax +43 (1) 586 15 24 - 40;  
E-Mail: [eva@eva.ac.at](mailto:eva@eva.ac.at), Internet: <http://www.eva.ac.at>

Für den Inhalt verantwortlich: Dr. Manfred Brandstätter (HFA), Dr. Fritz Unterpertinger (E.V.A.)

Gesamtleitung: DI Dr. Michael Golser (HFA), DI Kasimir P. Nemestothy (E.V.A.)

Reviewing: Dr. Günter R. Simader (E.V.A.)

Herstellerin: Energieverwertungsagentur (E.V.A.)

Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet. Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung und Problemstellung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Energieinhalt von Energieholzsortimenten.....</b>	<b>4</b>
2.1 Definitionen .....	4
2.2 Bestimmung des oberen Heizwertes (Brennwertes) .....	4
2.3 Umrechnung zwischen dem oberen Heizwert $H_o$ (Brennwert) und dem unteren Heizwert $H_u$ unter Berücksichtigung des Wassergehaltes .....	5
2.4 Abschätzung des unteren Heizwertes mit der Näherungsformel von Dulong .....	6
2.5 Zusammenhang zwischen Holzzusammensetzung und Heizwert .....	7
<b>3 Preissituation bei handelsüblichen Energieholzsortimenten .....</b>	<b>10</b>
3.1 Preissituation der Energieholzsortimente bei österreichischen Biomasseheizwerken .....	10
3.2 Umrechnung von handelsüblichen Preiseinheiten auf energiebezogene Preiseinheiten bei Energieholzsortimenten .....	15
<b>4 Übersicht über aktuelle Übernahmemethoden .....</b>	<b>18</b>
4.1 Übersicht über die Situation in ausgewählten Ländern .....	18
4.1.1 Finnland.....	18
4.1.2 Dänemark.....	32
4.1.3 Schweden.....	33
4.1.4 Deutschland.....	35
4.2 Methoden für Probennahme, Probenreduktion und WG-Ermittlung für Energieholzsortimente in Österreich.....	36
4.2.1 Fallbeispiel A: Biomasseheizwerk, 600 kW, bäuerliche Genossenschaft.....	37
4.2.2 Fallbeispiel B: Biomasseheizwerk, 1.500 kW, Genossenschaft mit Waldbesitzern.....	37
4.2.3 Fallbeispiel C: Biomasseheizwerk, 2.000 kW, bäuerliche Genossenschaft.....	37
4.2.4 Fallbeispiel D: bäuerliche Hackgutliefergemeinschaft.....	37
4.2.5 Fallbeispiel E: regionaler Waldverband.....	38
4.3 Übernahmemethoden nach Art des Brennstoffes und nach Größe des Heizkraftwerkes.....	39
4.4 Abrechnungsmethoden .....	42
4.4.1 Abrechnung nach erzeugter Wärmemenge .....	42
4.4.2 Abrechnung nach Volumen .....	43
4.4.3 Abrechnung nach Gewicht .....	44
<b>5 Zielgruppenanalyse in Österreich .....</b>	<b>45</b>
5.1 Größe, Anzahl, betriebliche Struktur und Lage der Biomasseheizwerke .....	45
5.1.1 Übersichtskarte der Biomasseheizwerke in Österreich skaliert nach der Brennstoffwärmeleistung .....	45
5.1.2 Übersicht der Biomasseheizwerke in Österreich skaliert nach dem abgeschätzten Brennstoffbedarf .....	46
5.1.3 Übersicht der Biomasseheizwerke in Österreich kodiert nach der betrieblichen Struktur .....	47

5.1.4	Standortsübersicht der Papierindustrie, der Plattenindustrie und der Sägewerke.....	48
5.2	Übersicht über Biomasse-KWK-Anlagen in Österreich .....	49
5.3	Brennstoffarten und Lieferantenstrukturen .....	51
5.4	Variation der Wassergehalte.....	52
5.5	Genauigkeitserfordernisse .....	53
5.6	Definition von Anwendergruppen.....	55
5.6.1	Anwendergruppen nach der Brennstoffwärmeleistung der Anlage:.....	55
5.6.2	Anwendergruppen nach der betrieblichen Struktur der Anlagenbetreiber: .....	55
5.6.3	Anwendergruppen nach der Betriebsart.....	55
<b>6</b>	<b>Normen und Richtlinien für feste Biobrennstoffe .....</b>	<b>56</b>
6.1	Probennahme, Probenbehandlung und Probenreduktion .....	56
6.1.1	prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 1 Methods for sampling.....	56
6.1.2	prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 2 Methods for sampling particulate material transported in lorries .....	58
6.1.3	prCEN/TS 14779 Solid Biofuels – Sampling – Part 3 Methods for sampling plans and sampling certificates .....	59
6.1.4	CEN/TS Solid Biofuels – Methods for sample reduction .....	60
6.1.5	SCAN-CM 41:94 Sampling – Wood chips for pulp production.....	61
6.1.6	Swedish Standard SS 18 71 13 Biofuels and Peat - Sampling.....	62
6.1.7	Swedish Standard SS 18 71 14 Biofuels and Peat – Sample preparation .....	63
6.1.8	ÖNORM M 7133 Holzhackgut für energetische Zwecke – Anforderungen und Prüfbestimmungen .....	64
6.1.9	ÖNORM M 7135 Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde – Pellets und Briketts – Anforderungen und Prüfbestimmungen.....	65
6.1.10	DIN 51731 Prüfung fester Brennstoffe – Presslinge aus naturbelassenem Holz – Anforderungen und Prüfung .....	66
6.1.11	Kooperationsabkommen FPP – Richtlinien zur Anwendung der Gewichtsvermessung von Industrieholz.....	67
6.1.12	Papierholz Austria – Holzübernehmerichtlinien – Punkt 2 Industriehackgut.....	68
6.2	Wassergehalts- bzw. Holzfeuchtebestimmung .....	69
6.2.1	prCEN/TS 14774-1 Feste Biobrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes – Verfahren der Ofentrocknung – Teil 1: Gehalt an Gesamtwasser - Referenzverfahren .....	69
6.2.2	prCEN/TS 14774-2 Feste Biobrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes – Verfahren der Ofentrocknung – Teil 2: Gehalt an Gesamtwasser – Vereinfachtes Verfahren.....	70
6.2.3	prCEN/TS 14774-3 Feste Biobrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes – Verfahren der Ofentrocknung – Teil 3: Wassergehalt in gewöhnlichen Analyseproben.....	71
6.2.4	DIN 51718 Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung des Wassergehaltes und der Analysefeuchtigkeit .....	72
6.2.5	Swedish Standard SS 18 71 13 Biofuels and Peat – Determination of Total Moisture .....	73
6.2.6	DIN 52183 Prüfung von Holz – Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes.....	74
6.2.7	EN und ISO Normen zur Feuchtebestimmung von Holz.....	75

6.2.8	Kooperationsabkommen FPP – Richtlinien zur Anwendung der Gewichtsvermessung von Industrieholz.....	76
6.2.9	Papierholz Austria – Holzübernehmerichtlinien (Punkt 2 Industriehackgut) und Richtlinie für Biobrennstoffe .....	77
6.3	Bestimmung von Heizwert und Aschegehalt .....	78
6.3.1	DIN 51900 Prüfung fester und flüssiger Brennstoffe Teil 1 – Teil 3.....	78
6.3.2	prCEN/TS Solid Biofuels – Method for the determination of calorific value .....	79
6.3.3	Normen zur Bestimmung des Aschegehaltes .....	79
6.4	Brennstoffspezifikation und Qualitätssicherung von Biobrennstoffen.....	80
6.4.1	ÖNORM M 7133 Holzhackgut für energetische Zwecke – Anforderungen und Prüfbestimmungen .....	80
6.4.2	ÖNORM M 7135 Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde – Pellets und Briketts – Anforderungen und Prüfbestimmungen.....	81
6.4.3	prCEN/TS Solid Biofuels – Fuel Specification and Classes.....	82
6.4.4	prCEN/TS Solid Biofuels – Quality Assurance.....	83
6.5	Richtwerte für Heizwert und Zusammensetzung von Holz und Rinde in Normen und Literatur .....	84
6.5.1	prCEN/TS Solid Biofuels – Fuel Specification and Classes.....	84
6.5.2	ÖNORM M 7132 Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff – Begriffsbestimmungen und Merkmale .....	85
6.5.3	ÖNORM M 9466 Emissionsbegrenzung für luftverunreinigende Stoffe aus Feuerungsanlagen für Holzbrennstoffe mit einer Nennwärmeleistung ab 50kW – Anforderungen und Prüfungen am Aufstellungsort – Anhang B .....	85
<b>7</b>	<b>Messprinzipien für die Wassergehaltsbestimmung bei Energieholz .....</b>	<b>87</b>
7.1	Allgemeine Beschreibung direkter Verfahren .....	88
7.1.1	Darrschrankverfahren.....	88
7.1.2	Gefriertrocknung.....	88
7.1.3	Heißlufttrocknung .....	89
7.1.4	Infrarottrocknung .....	89
7.1.5	Mikrowellentrocknung.....	89
7.1.6	Karl-Fischer Titration .....	89
7.1.7	Calciumcarbid – Verfahren.....	90
7.2	Allgemeine Beschreibung indirekter Verfahren .....	90
7.2.1	Elektrisches Widerstands Verfahren .....	90
7.2.2	Kapazitive Verfahren .....	90
7.2.3	Mikrowellenverfahren .....	91
7.2.4	Infrarot-Reflexions-Verfahren (NIR) .....	91
7.2.5	Wärmeleitungsverfahren .....	91
7.2.6	Kernstrahlungsverfahren (Neutronen-, $\alpha$ -, $\beta$ - Strahlung, $\gamma$ - Strahlung).....	91
7.2.7	Kernresonanzverfahren .....	92
7.2.8	Hygrometrische Verfahren .....	92
7.2.9	Verfahren mittels Schallmessung.....	92
7.2.10	Sonstige Verfahren.....	92
7.3	Detaillierte Beschreibung ausgewählter direkter Verfahren .....	93

7.3.1	Darrschrankverfahren.....	93
7.3.2	Heißluftofen .....	95
7.3.3	Infrarot-Trocknung .....	96
7.3.4	Mikrowellen-Trocknung .....	97
7.4	Detaillierte Beschreibung ausgewählter indirekter Verfahren.....	99
7.4.1	Elektrische Widerstandsmessung .....	99
7.4.2	Kapazitive Verfahren .....	101
7.4.3	Mikrowellenverfahren .....	104
7.4.4	Infrarot-Reflexions-Verfahren (NIR) .....	106
7.5	Ergebnisse unabhängiger Teststudien .....	107
<b>8</b>	<b>Anwenderorientierte Kategorisierung der Messprinzipien, Normen und Methoden.....</b>	<b>110</b>
8.1	Einteilung Biomasseheizanlagen in Österreich .....	110
8.2	Übernahmeschema für Energieholz .....	110
8.3	Allgemeine praktische Bewertung der Wassergehalts-Bestimmungsmethoden .....	113
8.3.1	Praktische Vorteile bzw. Nachteile von direkten Verfahren .....	113
8.3.2	Praktische Vorteile bzw. Nachteile von indirekten Verfahren.....	114
8.4	Feuerungsanlagen bis 1 MW Brennstoff-Wärmeleistung .....	117
8.4.1	Genossenschaften und Unternehmen im Eigentum der Waldbesitzer – A1.....	117
8.4.2	Betriebe der Holzverarbeitenden Industrie – A2 .....	119
8.4.3	Sonstige Betreiber (EVU, Kommunen) - A3 .....	120
8.5	Feuerungsanlagen 1 bis 4 MW und > 4 MW Brennstoff-Wärmeleistung.....	121
8.5.1	Genossenschaften und Unternehmen im Eigentum der Waldbesitzer - B1.....	121
8.5.2	Betriebe der Holzverarbeitende Industrie - B2, C2 .....	123
8.5.3	Betriebe der Papier- und Plattenindustrie - B3, C3 .....	125
8.5.4	Sonstige Betreiber (EVU, Kommunen, Waldbesitzer) – B4, C4.....	126
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>127</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>130</b>
<b>11</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>132</b>
11.1	Anhang A: Beispiele für Energieholzliefverträge .....	132
11.1.1	Beispiel für einen langfristigen Energieholzliefververtrag in Österreich.....	132
11.1.2	Beispiel für einen langfristigen Energieholzliefververtrag in Finnland.....	138
11.2	Anhang B: Interviewleitfaden - Methoden zur Übernahme von Energieholz .....	143
11.2.1	Brennstoffeinsatz.....	143
11.2.2	Methoden.....	144
11.2.3	Meinungsfragen: .....	145
11.3	Anhang C: Bezugsquellen Normen und Richtlinien.....	146
11.4	Anhang D: Hersteller- & Geräteübersicht .....	147

# 1 Einleitung und Problemstellung

In Österreich wird etwa 11 % des gesamten Primärenergieverbrauches<sup>1</sup> durch erneuerbare Bioenergieträger abgedeckt. Damit liegt unser Land in einer europaweiten Rangliste der Bioenergienutzer an vorderer Stelle. Die Holzbiomasse in Form von Brennholz, Hackgut, Pellets, Briketts und Rinde ist mit einem Anteil von mehr als 70 % an der heimischen Bioenergie hauptverantwortlich für dieses gute Ergebnis. Politische Zielvorgaben zur Förderung erneuerbarer Energieträger und die damit verbundenen Fördermaßnahmen führen dazu, dass sich der Trend zur verstärkten energetischen Nutzung der heimischen Ressource Holz noch weiter steigern wird. Dass dabei die Art der Berechnungsbasis zur Quantifizierung des energetischen Wertes einer Lieferung Holz eine bedeutende Rolle spielt, steht außer Zweifel. Wie die diesbezügliche Übernahme-situation in Österreich sowie in anderen Ländern Europas derzeit aussieht, welche Bedürfnisse und Rahmenbedingungen heimische Biomasseheizwerke haben und welche neuen sowie bis dato nicht so bekannten methodischen und gerätetechnischen Möglichkeiten es gibt, soll in dieser Arbeit näher beleuchtet werden.

Betrachtet man die Situation bei den heimischen Biomasseheizwerken etwas näher, so finden sich hier unabhängig von der Größe der Anlagen die unterschiedlichsten Übernahmearten. Generalisierend lassen sich diese aber in zwei große Kategorien unterteilen:

- Übernahme nach dem angelieferten Volumen
- Übernahme nach dem Energieinhalt der Lieferung

Vielerorts wird in Österreich für die Abrechnung von Holzbrennstoffen das Volumen in Form des sog. Raummasses herangezogen. Das Verfahren ist grundsätzlich einfach und kostengünstig, wobei die Abschätzung des Ladevolumens oftmals aufgrund der ungleichen Befüllung der Fahrzeuge nur schwer oder nur mit großem Aufwand möglich ist. Überdies spiegelt das solcherart ermittelte Volumen zumeist nur recht ungenau die tatsächlich bereitgestellte Holzmasse wieder, welche aber grundlegende Basis für die Energiemenge ist. Die große Variation an publizierten Umrechnungsfaktoren zwischen den Kenngrößen Festmeter und Schütttraummeter beispielsweise bei Hackgut spiegelt diese Problematik besonders deutlich wieder (Behrens 1989, Habsburg-Lothringen 1994, ÖNORM M 7132 1986). Abmessung der Hackschnitzel, Mischungsverhältnis der Spanabmessungen, die Transportentfernung und Transportmittel haben einen wesentlichen Einfluss auf das Schüttvolumen. Neben den Fehlern bei der Umrechnung muss bei der volumenbezogenen Methode die Unsicherheit hinsichtlich der Dichte des angelieferten Materials in Betracht gezogen werden. Die Übersicht in der FPP Broschüre „Industrieholz“ (1998) gibt einen guten Überblick über die Bandbreite der Rohdichtewerte der wichtigsten heimischen Baumarten (siehe auch Wagenführ 1996, Krempel 1977). Bedenkt man, dass bei Schüttgütern wie Hackgut unterschiedliche Baumarten in anteilmäßig nicht abschätzbarer Zusammensetzung anzutreffen sind, so verschärft sich der Einfluss der nur ungenau spezifizierbaren Masse im Verhältnis zum Volumen noch zusehens. Nicht zuletzt wird bei der volumenmäßigen Übernahme der Wassergehalt der

---

<sup>1</sup> Im Jahr 2001 summierte sich der Primärenergieverbrauch in Österreich auf 1.289 PJ; davon entfielen 42,4 % (546 PJ) auf Öl, 22,8 % (294 PJ) auf Erdgas, 12,1 % (156 PJ) auf Kohle, 11,7 % (151 PJ) auf Wasserkraft und 11,0 % (142 PJ) auf sonstige erneuerbare Energieträger



Lieferung gänzlich außer Acht gelassen. Dies hat direkten Einfluss auf die tatsächlich nutzbare Energie der Lieferung, denn je höher der Wassergehalt, umso mehr der im Holz gespeicherten Energie muss dafür verwendet werden, dass gespeichertes Wasser zu verdampfen. Der Wassergehalt kann zudem nicht als zusätzlicher wichtiger Kenn- und Abrechnungswert für die Qualitätsbeurteilung von Biobrennstoffen z.B. hinsichtlich Lagerfähigkeit, Abbaugeschwindigkeit durch Pilze und Mikroorganismen, Eignung für bestimmte Heizsysteme, herangezogen werden.

Folgendes Beispiel soll verdeutlichen, mit welchen Schwankungsbreiten aufgrund der zuvor ausgeführten Einflussfaktoren

- Umrechnung fm/srm,
- Dichte des Holzes und
- Wassergehalt

beim Energieinhalt einer Lieferung bei Übernahme nach Volumen gerechnet werden muss.

<b>Energieinhalt von 1 Srm Fichten-Hackgut</b>			
Darrdichte der Trockensubstanz (TS)	600 kg/fm <sup>2</sup>	430 kg/fm <sup>3</sup>	350 kg/fm <sup>4</sup>
Umrechnungsfaktor fm/srm	2,38	2,5	3,03
Schwindmaß <sup>5</sup>	11,8 %	11,8 %	11,8 %
Wassergehalt	20 %	35 %	50 %
Schüttgewicht der Frischsubstanz (FS)	283 kg/srm	233 kg/srm	204 kg/srm
Energieinhalt <sup>6</sup> von 1 kg FS	14,7 MJ/kg	11,5 MJ/kg	8,3 MJ/kg
	4,09 kWh/kg	3,19 kWh/kg	2,30 kWh/kg
<b>Energieinhalt von 1 srm</b>	<b>4.158 MJ/srm</b> <b>1.155 kWh/srm</b>	<b>2.682 MJ/srm</b> <b>745 kWh/srm</b>	<b>1.686 MJ/srm</b> <b>468 kWh/srm</b>

Im Focus dieser Studie stehen praxistaugliche Methoden zur Übernahme von Holz nach dem Energieinhalt. Wie obiges Beispiel zeigt, eignen sich am Volumen orientierte Übernahmefaktoren nur eingeschränkt für diesen Zweck. Etwa dann, wenn sich die beschriebenen Einflussfaktoren eingrenzen lassen und sich Käufer und Verkäufer über die Unsicherheiten dieser Methode im Klaren sind. Um aber eine möglichst exakte Vorstellung über den Energieinhalt einer Lieferung zu bekommen, bedarf es

<sup>2</sup> Langsamwüchsige Hochlagenfichte mit sehr engen Jahrringen, Hackgut hoher Qualität, sehr niedriger Wassergehalt, Feinstückig

<sup>3</sup> Mittlere Darrdichte für Fichtenholz, Hackgut mittlerer Qualität, mittlerer Wassergehalt, mittlere Stückigkeit

<sup>4</sup> Raschwüchsige Tieflagenfichte auf nährstoffreichem Unterhangstandort mit sehr weiten Jahrringen, Hackgut geringer Qualität, hoher Wassergehalt (Waldfrisch verhackt), Grobstückig

<sup>5</sup> Berücksichtigung eines mittleren Schwindmaßes für Fichte in Anlehnung an die Umrechnungstabellen für Energieholzsortimente der Oberösterreichischen Landeslandwirtschaftskammer (Danninger, G.).

<sup>6</sup> Unterer Heizwert der Trockensubstanz (bzw. der wasserfreien Substanz) gemäß ÖNORM 7132 für Nadelhölzer 19 MJ/kg, nähere Informationen zur Umrechnung bei spezifischem Wassergehalt siehe Kapitel 2.3

Übernahmemethoden, die die angelieferte Holzmasse und den Wassergehalt der Lieferung bestmöglich abzuschätzen im Stande sind. Die aktuellsten Methoden, Verfahren und Messgeräte werden in der Studie dargelegt.

Aber auch bei der Übernahme nach Gewicht bedarf es einer kritischen Analyse möglicher Einflussfaktoren. Bei der Bestimmung der angelieferten Holzmasse mittels geeichter Brückenwaagen sind die Möglichkeiten von ergebnisbeeinflussenden Ungenauigkeiten noch relativ gering (z.B. zu große Druckstufen bei Kleinanlieferungen). Weit größere Bedeutung kommt den nächsten Schritten bei der Ermittlung des Energieinhaltes zu - der repräsentativen Entnahme von Proben bzw. Festlegung der Messpunkte, der Probenreduktion und der Probenbehandlung. Fehler in diesem Bereich können zu großen Ungenauigkeiten mit gravierenden Auswirkungen auf die Ermittlung des Energieinhaltes führen. Die Vielfalt an Holzsortimenten und den damit verbundenen Besonderheiten bei der Probennahme, die unterschiedlichen personellen, organisatorischen und ausstattungsmäßigen Möglichkeiten bei den Heizwerkbetreibern, sowie die teils sehr heterogene Lieferantenstruktur erfordern ein der jeweiligen Situation möglichst gut angepasstes Probennahmeverfahren.

Die Messverfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes müssen wiederum in Zusammenhang mit der Probennahme gesehen werden. Zum einen steht hier mit dem klassischen Darrverfahren eine Methode zur Verfügung, welche ein hochpräzises Ergebnis liefert und für alle Holzbrennstoffe und alle Feuchtegehalte einsetzbar ist. Doch reicht es den Vertragspartnern das Messergebnis erst 8 – 12 Stunden später zu kennen? Wenn nicht, dann bedarf es sogenannter Schnellverfahren. Auch hier gibt es sehr präzise Verfahren, welche in kurzer Zeit sehr genaue Ergebnisse liefern. Doch sind die oftmals auf weniger als 100 g begrenzten Probenmengen repräsentativ für die Ladung eines 40 Tonnen LKW's? Andere Schnellverfahren können auch für deutlich größere Probenmengen herangezogen werden, arbeiten aber nur bis zum Fasersättigungsbereich exakt.

Die Studie versucht durch klar strukturierte Aufbereitung der aktuellsten Unterlagen zu den Themenbereichen

- Übernahmemethoden in Europa (Kapitel 4),
- Zielgruppenanalyse der betroffenen Betreibergruppen in Österreich (Kapitel 5),
- Normen und Richtlinien für feste Biobrennstoffe (Kapitel 6),
- Messprinzipien zur Wassergehaltsbestimmung (Kapitel 7)

die Grundlage dafür zu schaffen, dass die jeweiligen Anwendergruppen die für sie relevanten Methoden und Messgeräte aus dem großen Pool zur Verfügung stehender Information, schnell und zielgerichtet zu selektieren im Stande sind (Kapitel 8).

## 2 Energieinhalt von Energieholzsortimenten

### 2.1 Definitionen

Der Heizwert ist definiert als die Wärmeenergie, die bei der Verbrennung von 1 Kilogramm Brennstoff frei wird. Man unterscheidet zwischen dem oberen Heizwert  $H_o$  (Brennwert) und dem unteren Heizwert  $H_u$ <sup>7</sup>.

Der obere Heizwert  $H_o$  bzw. Brennwert enthält die gesamte Verbrennungsenergie einschließlich der Kondensationswärme des in den Abgasen der Feuerung enthaltenen Wasserdampfs. Er kann daher bei so genannten Kondensations- oder Brennwertfeuerungen eingesetzt werden. Im Kleinanlagenbereich sind derartige Feuerungen bei der energetischen Nutzung von Holz nicht üblich, bei Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken höherer Leistungsstufen werden Rauchgaskondensationsanlagen jedoch in der Regel zur Erhöhung der Nutzungsgrade in das Anlagenkonzept integriert.

Der untere Heizwert  $H_u$  gibt die Verbrennungsenergie ohne Kondensationswärme an. Für den Handel mit Energieholzsortimenten ist in der Regel der untere Heizwert maßgebend.

### 2.2 Bestimmung des oberen Heizwertes (Brennwertes)<sup>8</sup>

Die Bestimmung des oberen Heizwertes bzw. Brennwertes erfolgt durch Oxidation einer genau eingewogenen Brennstoffmenge mit Sauerstoff in einem Kalorimeter. Die Umsetzung erfolgt in einem Druckgefäß bei 25 bar Druck. Das Druckgefäß befindet sich in einem wärmeisolierten Wasserbad, wobei die nach der Zündung des Brennstoff/Sauerstoffgemischs freigesetzte Wärmemenge an das Wasser übertragen wird. Aus der damit verbundenen Temperaturerhöhung, der Masse der Brennstoffprobe sowie der Wärmekapazität des Systems (Wasser und Druckgefäß) sowie einiger Korrekturfaktoren wird der Brennwert bestimmt. Das Verfahren erfordert allerdings aufwendige Geräte und spezielle Erfahrungen.

---

<sup>7</sup> Die Einheit für die Wärmemenge ist das Joule (J). 1 Kilowattstunde (kWh) entspricht 3,6 Megajoule (MJ) bzw. 3.600 Kilojoule (kJ) bzw. 3.600.000 Joule (J) oder 3.600.000 Wattsekunden (WS).

<sup>8</sup> nach DIN 51 900, siehe nähere Ausführungen im Normenkapitel

## 2.3 Umrechnung zwischen dem oberen Heizwert $H_o$ (Brennwert) und dem unteren Heizwert $H_u$ unter Berücksichtigung des Wassergehaltes

Ein hoher Wassergehalt vermindert den Heizwert des Brennstoffes und bewirkt niedrigere Verbrennungstemperaturen. Niedrige Verbrennungstemperaturen behindern einen vollständigen Ausbrand und ergeben schadstoffreiche, geruchsintensive Abgase. Die Kenntnis des Wassergehaltes im Holz ist daher wichtig.

Der untere Heizwert  $H_u$  von biogenen Brennstoffen lässt sich aus dem oberen Heizwert, dem Wassergehalt und dem Wasserstoffgehalt nach folgender Gleichung<sup>9</sup> errechnen:

$$H_u = H_o * \left(1 - \frac{w}{100}\right) - 2,447 * \frac{w}{100} - \frac{h}{100 * 2} * 18,02 * 2,447 * \left(1 - \frac{w}{100}\right) [MJ / kg]$$

$H_u$  ... unterer Heizwert in MJ/kg FS

$H_o$  ... oberer Heizwert in MJ/kg TS

$w$  ... Wassergehalt in Gew. % FS

$h$  ... Wasserstoffgehalt in Gew. % TS

Für den oberen Heizwert  $H_o$  von holzartiger Biomasse wird häufig ein Durchschnittswert von 20 MJ/kg TS eingesetzt, für halmgutartige Biomasse kann mit einem mittleren Wert von 18,6 MJ/kg TS gerechnet werden.

In mehreren Publikationen wird für biogene Energieträger nicht der obere Heizwert  $H_o$  (Brennwert), sondern der untere Heizwert der Biomassetrockensubstanz  $H_{uTS}$  angegeben. Für die Umrechnung zwischen dem unteren Heizwert der Trockensubstanz  $H_{uTS}$  und dem oberen Heizwert (Brennwert)  $H_o$  und wird oft eine vereinfachte Formel herangezogen:

$$H_o = H_{uTS} + 0,22 * h [MJ / kg]$$

$H_o$  ... oberer Heizwert bzw. Brennwert der wasserfreien Substanz [MJ/kg TS]

$H_{uTS}$  ... unterer Heizwert der absolut trockenen (wasserfreien) Substanz [MJ/kg]

0,22 ... Konstante, die die Verdampfungswärme des Wassers und stöchiometrische Koeffizienten beinhaltet [MJ/kg]

$h$  ... Wasserstoffgehalt in Gew. % TS

---

<sup>9</sup> Obernberger, I. et al (1999): Planerseminarzyklus für Biomasseheizwerke und Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Biomasse liegt aber generell bei der Verwertung nicht im wasserfreien Zustand (atro) vor. Der spezifische bzw. untere Heizwert  $H_u$  der feuchten Biomasse hängt vom unteren Heizwert der jeweiligen Trockensubstanz, ihrem Anteil an der Gesamtmasse und der spezifischen Verdampfungswärme von Wasser (2,441 MJ/kg bei 25 °C Ausgangstemperatur) ab und lässt sich für einen bestimmten Wassergehalt nach folgender Gleichung errechnen:

$$H_u = \left(\frac{100 - w}{100}\right) * H_{u_{TS}} - \frac{w}{100} * 2,441 [MJ / kg]$$

$H_u \dots$  unterer Heizwert bei Wassergehalt  $w$  [MJ/kg]

$H_{u_{TS}} \dots$  unterer Heizwert der absolut trockenen Biomasse [MJ/kg]

$w \dots$  Wassergehalt als Anteil des Wassers an der Frischsubstanz [Gew. % FS]

$$w = \frac{m_W}{m_W + m_{TSBiomasse}} * 100 [Gew\%FS]$$

$m_W \dots$  Masse des Wassers

$m_{TSBiomasse}$  Masse der Trockensubstanz

## 2.4 Abschätzung des unteren Heizwertes mit der Näherungsformel von Dulong

Mit der Näherungsformel von Dulong kann relativ einfach über die elementare Zusammensetzung der untere Heizwert von Festbrennstoffen abgeschätzt werden.

$$H_u = 33,9 * \frac{C}{100} + 121,4 * \left(\frac{H}{100} - \frac{O}{100 * 8}\right) + 10,47 * \frac{S}{100} [MJ / kg]$$

C, H, O und S stehen für den prozentualen Gewichtsanteil von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel.

Auf der Website des niederländischen Zentrums für Energieforschung<sup>10</sup> steht mit der Kurzbezeichnung „PHYLLIS“ eine umfangreiche Datenbank über biogene Brennstoffe für kostenlose Abfragen zur Verfügung<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Energy research Centre of the Netherlands (ECN)

## **2.5 Zusammenhang zwischen Holzzusammensetzung und Heizwert**

Cellulose ist mit rund 50 % der wichtigste Holzbestandteil und hat einen oberen Heizwert von 17,5 MJ/kg. Weitere 20 - 25 % der Holzmasse bestehen aus Hemicellulose, der obere Heizwert dieser Polyosen liegt zwischen 16,5 und 17 MJ/kg. Die dritte Hauptkomponente von pflanzlichen Biomassen ist das Lignin, es kennzeichnet die Verholzung der Biomasse (Holzstoff). Lignin umhüllt zusammen mit den Polyosen (Hemicellulose) die Cellulosefaser und füllt die Zwischenräume der Holzzellen. Man kann das Lignin als den Zement des Holzes und Cellulose als die Armierung betrachten. Der obere Heizwert von Lignin ist mit 30 MJ/kg beinahe doppelt so hoch wie der Heizwert von Cellulose und Hemicellulose. Laubhölzer enthalten etwa 25 % Lignin, Nadelhölzer bis etwa 30 %. Die drei Hauptbestandteile des Holzes - Cellulose, Hemicellulose und Lignin - machen in der Regel mehr wie 95 % der Holzmasse aus, sie bestehen nur aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Bei vollständiger Verbrennung der Hauptbestandteile bleiben somit nur Kohlendioxid und Wasser als Endprodukte übrig.

Als Nebenbestandteile mit einem Anteil von rund 5 % der Trockenmasse sind in Holz weiters Harze, Wachse, Fette, Proteine, Aminosäuren, Stärken, mineralische Stoffe u.a.m. enthalten. Der obere Heizwert der Harze, Wachse und Fette beträgt 38 MJ/kg, ihnen kommt daher im Bezug auf den Heizwert des Holzes auch eine Bedeutung zu.

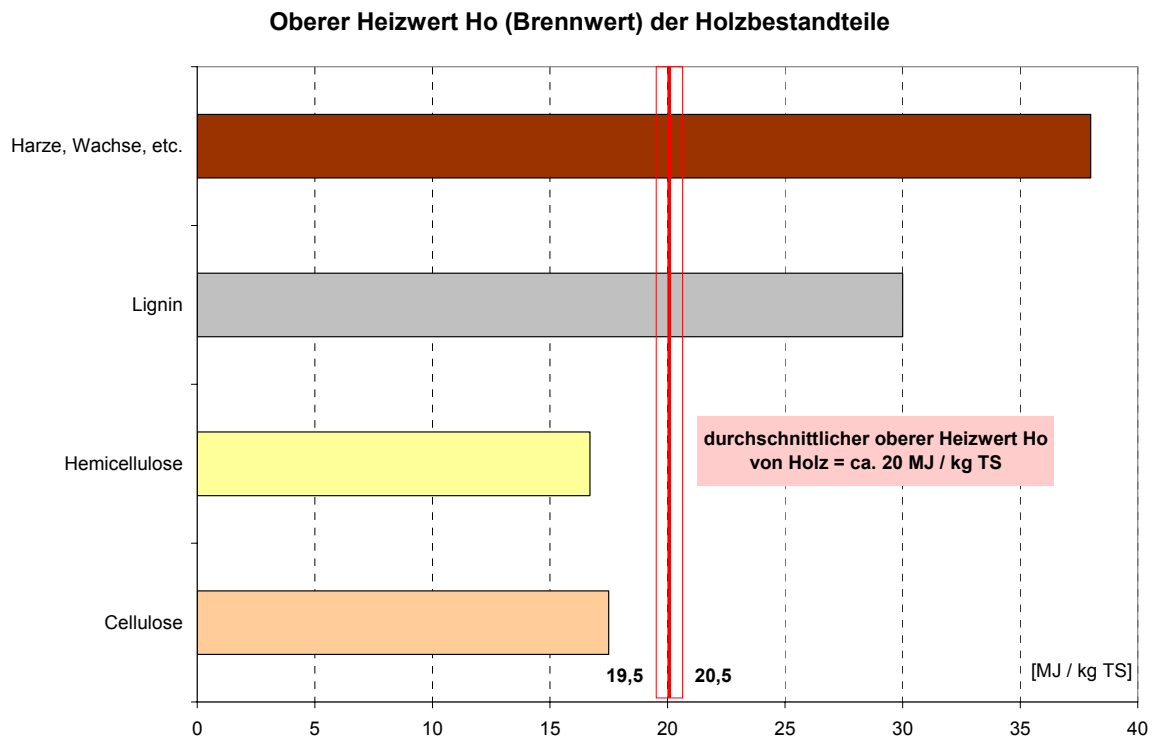
Wegen ihres höheren Gehaltes an Lignin und Harzbestandteilen haben Nadelhölzer gewichtsbezogen im Mittel einen etwa 5 % höheren oberen Heizwert als die Laubhölzer. Die Laubhölzer haben dagegen volumsbezogen einen Vorsprung, da lufttrockene Harthölzer wie Buche und Eiche eine Darrdichte um 650 kg/m<sup>3</sup> aufweisen, Nadelhölzer aber nur ca. 450 kg/m<sup>3</sup>.

Der Gehalt des Holzes an Stickstoff (0,2 bis 0,5 %) und Schwefel (0,01 bis 0,04 %) ist sehr gering. Bis 1 % der Holzmasse sind mineralische Bestandteile, die nach der Verbrennung als Asche zurückbleiben.

5 - 10 % der Baummasse besteht aus Rinde, die in der Regel reicher an Kohlenstoff ist (oberer Heizwert bis 19,5 MJ/kg) und einen höheren Anteil an aschebildenden Mineralstoffen enthält.

---

<sup>11</sup> Die Website der PHYLLIS-Datenbank ist unter der Adresse [www.ecn.nl/phyllis/](http://www.ecn.nl/phyllis/) abrufbar



**Abbildung 1:** Der obere Heizwert der Holzbestandteile variiert zwischen 16,5 und 38 MJ/kg TS. Da Nadelhölzer in der Regel über einen höheren Lignin- und Harzgehalt verfügen, als Laubhölzer, ist der obere Heizwert von Nadelhölzern im Mittel auch etwas höher. Die Schwankungsbreite für den Energieinhalt von holzartiger Biomasse ist aber grundsätzlich sehr eng, der durchschnittliche obere Heizwert Ho von Holz liegt bei ca. 20 MJ/kg TS, die Bandbreite für den oberen Heizwert der meisten europäischen Holzarten liegt zwischen 19,5 bis 20,5 MJ/kg TS<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> entspricht einem durchschnittlichen oberen Heizwert Ho (Brennwert) von 5,6 kWh/kg TS (Bandbreite 5,4 bis 5,7 kWh / kg TS)

**Tabelle 1:** Übersichtstabelle über die Elementarzusammensetzung verschiedener biogener Brennstoffe sowie deren kalorimetrisch bestimmter bzw. nach der Näherungsformel von Dulong abgeschätzter Heizwert<sup>13</sup>.

C - Kohlenstoffgehalt, H - Wasserstoffgehalt, O - Sauerstoffgehalt, N - Stickstoffgehalt, S – Schwefelgehalt, Cl – Chlorgehalt, Asche – Aschengehalt (jeweils in Gewichts-% der TS); gem. – kalorimetrisch bestimmt, Dulong – nach der Näherungsformel von Dulong abgeschätzt; HuTS - unterer Heizwert der Trockensubstanz, Ho – oberer Heizwert der Trockensubstanz; Qu. – Quelle, a - Obernberger, I. et al (1999): Planer-seminarzyklus für Biomasseheizwerke und Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, b - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.) (2001): Leitfaden Bioenergie.

	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[MJ/kg] gem.	[MJ/kg]	[MJ/kg] Dulong	[MJ/kg]	
	C	H	O	N	S	Cl	Asche	HuTS	Ho	HuTS	Ho	Qu.
<b>HOLZ</b>												
Nadelholz	50,0	6,3	42,8	0,1	0,023	0,009	0,8	18,8	20,2	18,1	19,5	b
Fichtenholz	50,3	6,2	43,1	0,2	0,005	0,003	0,4			18,0	19,4	a
Fichtenholz mit Rinde	49,7	6,3	43,2	0,1	0,019	0,010	0,6	18,8	20,2	17,9	19,3	b
Fichtenrinde	52,6	6,0	39,0	0,6	0,063	0,009	1,8			19,2	20,5	a
Kiefernholz mit Rinde	53,2	5,9	40,4	0,1	0,060	0,005	0,4	19,2	20,5	19,0	20,3	b
Rinde von Nadelholz	51,4	5,7	38,7	0,5	0,085	0,019	3,8	19,2	20,5	18,5	19,7	b
Laubholz	47,8	6,2	45,0	0,5	0,040	0,016	0,6	18,4	19,8	16,9	18,3	b
Buchenholz	49,0	6,1	44,3	0,3	0,007	0,005	0,5			17,3	18,6	a
Buchenholz mit Rinde	47,9	6,2	45,2	0,2	0,020	0,007	0,5	18,4	19,8	16,9	18,3	b
Buchenrinde	50,1	5,8	40,9	0,5	0,079	0,016	2,6			17,8	19,1	a
Eichenholz mit Rinde	56,5	5,1	37,8	0,2	0,090	0,005	0,4	18,2	19,3	19,6	20,7	b
Pappelholz (Kurzumtrieb)	47,5	6,2	44,1	0,4	0,033	0,004	1,9	18,5	19,9	16,9	18,2	b
Weidenholz (Kurzumtrieb)	47,1	6,1	44,3	0,5	0,049	0,006	2,0	18,4	19,7	16,6	17,9	b
Altholz	47,8	6,5	44,3	0,5	0,052	0,017	0,8	18,3	19,7	17,4	18,8	b
<b>STROH</b>												
Getreidestroh	45,1	5,9	42,9	0,5	0,074	0,250	5,7	17,2	18,5	15,9	17,2	b
Weizenstroh	46,8	6,3	40,0	0,4	0,080	0,400	5,1			17,5	18,8	a
Weizenstroh	45,6	5,8	42,4	0,5	0,082	0,192	5,7	17,2	18,5	16,1	17,4	b
Roggenstroh	46,6	6,0	42,1	0,6	0,085	0,396	4,8	17,5	18,8	16,7	18,0	b
Triticalestroh	43,9	5,9	43,8	0,4	0,056	0,265	6,0	17,1	18,4	15,4	16,7	b
Gerstenstroh	47,5	5,9	41,1	0,5	0,089	0,405	4,8	17,5	18,8	17,0	18,3	b
Maissstroh	45,7	5,3	41,7	0,7	0,117	0,353	6,7	17,7	18,9	15,6	16,7	b
Rapsstroh	47,1	5,9	40,0	0,8	0,270	0,467	6,2	17,1	18,4	17,1	18,4	b
Sonnenblumenstroh	42,5	5,1	39,1	1,1	0,146	0,813	12,2	15,8	16,9	14,7	15,8	b
Leinstroh	47,0	5,9	41,9	0,7	0,124	0,369	4,4	17,8	19,1	16,8	18,1	b
<b>KÖRNER / GANZPFLANZEN</b>												
Getreidekörner	44,3	6,4	45,2	1,9	0,106	0,086	2,3	17,0	18,4	15,9	17,3	b
Roggenkörner	45,7	6,4	44,0	1,9	0,108	0,161	2,0	17,1	18,5	16,6	18,0	b
Weizenkörner	43,6	6,5	44,9	2,3	0,121	0,043	2,7	17,0	18,4	15,9	17,3	b
Triticalekörner	43,5	6,4	46,4	1,7	0,107	0,069	2,1	16,9	18,3	15,5	16,9	b
Rapskörner	60,5	7,2	23,8	3,9	0,100	-	4,6	26,5	28,1	25,6	27,2	b
Getreide-Ganzpflanzen	45,3	6,1	43,2	1,2	0,137	0,181	4,2	17,1	18,4	16,2	17,6	b
Roggen-Ganzpflanzen	48,0	5,8	40,9	1,1	0,112	0,342	4,2	17,7	19,0	17,2	18,4	b
Weizen-Ganzpflanzen	45,2	6,4	42,9	1,4	0,120	0,086	4,1	17,1	18,5	16,6	18,0	b
Triticale-Ganzpflanzen	44,0	6,0	44,6	1,1	0,180	0,140	4,4	17,0	18,3	15,4	16,7	b
<b>GRAS / SCHILF / SONSTIG</b>												
Chinaschilf	47,5	6,2	41,7	0,7	0,151	0,224	3,9	17,7	19,1	17,3	18,7	b
konvent. Wiesenheu	45,1	5,9	40,7	1,3	0,165	0,759	7,1	17,1	18,4	16,2	17,5	b
Rohrschwengel	41,4	6,3	43,0	0,9	0,142	0,498	8,5	16,4	17,8	15,1	16,5	b
Weidelgras	46,1	5,6	38,1	1,3	0,135	1,390	8,8	16,5	17,7	16,7	17,9	b
Hanf (Faserh. u. Hanfstroh)	46,1	5,9	42,5	0,7	0,104	0,198	4,8	17,0	18,3	16,4	17,7	b
Miscanthus	48,6	5,5	41,1	0,5	0,040	0,230	3,6			16,9	18,1	a
Landschaftspflegeheu	45,5	6,1	41,5	1,1	0,158	0,311	5,7	17,4	18,7	16,6	17,9	b
Straßengrasschnitt	37,1	5,1	33,2	1,5	0,192	0,877	23,1	14,1	15,2	13,8	14,9	b

<sup>13</sup> Als Mittelwert für den unteren Heizwert der Trockensubstanz (bzw. der wasserfreien Substanz; HuTS) wird lt. ÖNORM M 7132 für Nadelhölzer 19 MJ/kg und für Laubhölzer 18 MJ/kg angenommen.



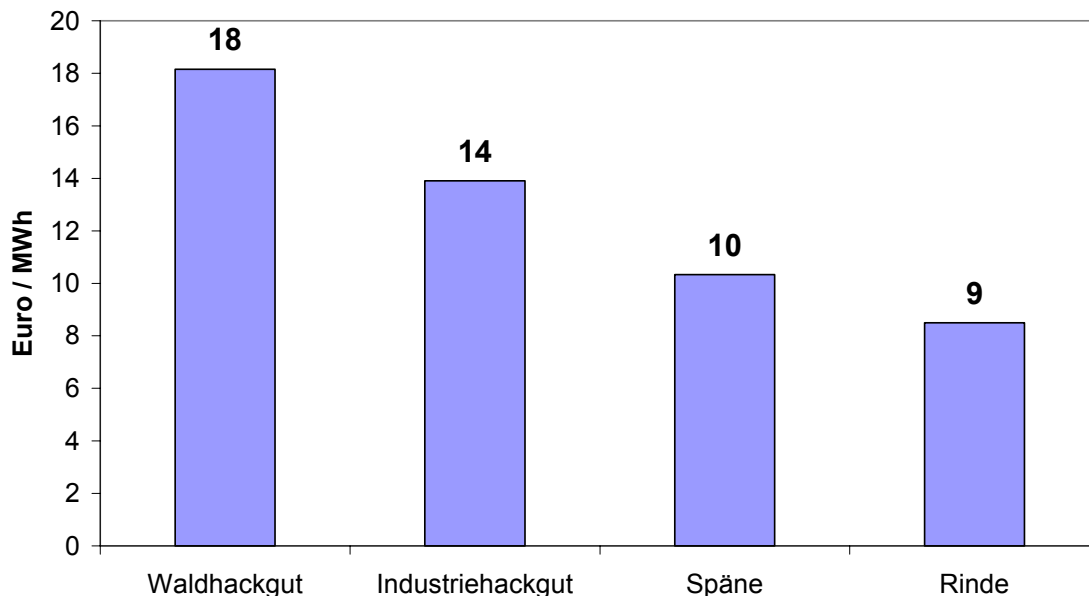
## 3 Preissituation bei handelsüblichen Energieholzsortimenten

### 3.1 Preissituation der Energieholzsortimente bei österreichischen Biomasseheizwerken

Nach einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 bei Biomasseheizwerken mit einer Brennstoffwärmeleistung über 500 kW weisen die von den Heizwerkbetreibern gemeldeten Preise bei Waldhackgut eine erstaunliche Bandbreite zwischen 6 und 24 €/srm auf. Am häufigsten liegen die Preise für Waldhackgut zwischen 10 und 16 €/srm. Gegenüber der breiten Preisstreuung für Waldhackgut ist die Preisstreuung für Industriehackgut, Späne oder Rinde etwas geringer. Alle Preise wurden exkl. MwSt. angegeben, als Erfüllungsort gilt für diese Preismeldungen „frei Heizwerk“.

Vergleicht man die Durchschnittspreise im Bezug auf den Energiegehalt der Brennstoffe, liegt Waldhackgut mit durchschnittlich 18 €/MWh deutlich über Industriehackgut mit durchschnittlich 14 €/MWh und Spänen und Rinde, die bei rund 10 €/MWh liegen<sup>14</sup>.

#### Durchschnittliche Brennstoffpreise Euro/MWh

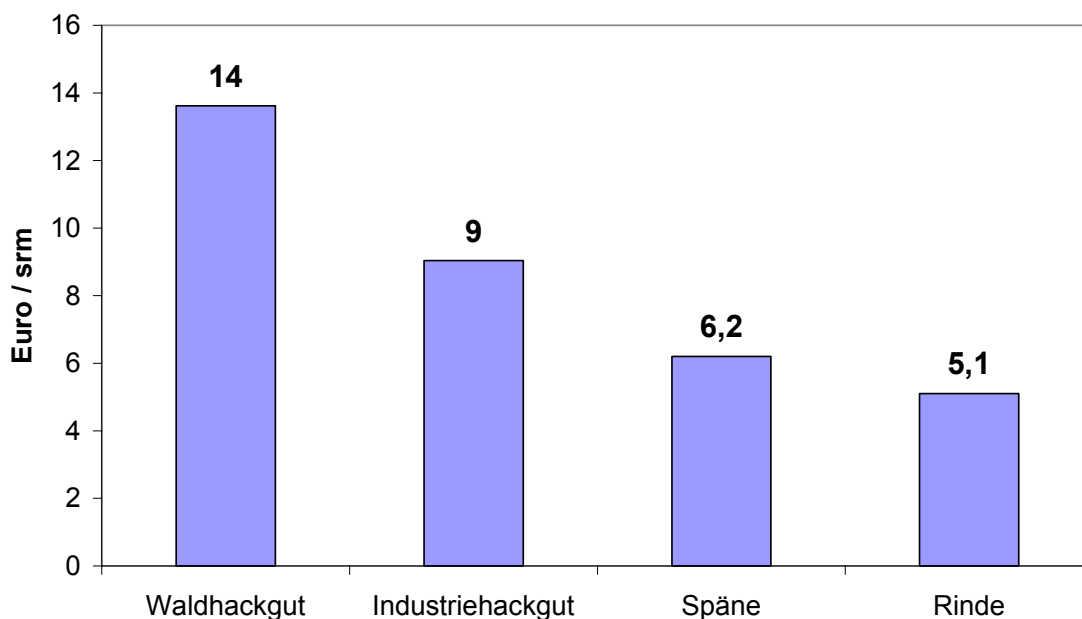


**Abbildung 2:** Durchschnittspreise für Energieholzsortimente frei Heizwerk in Euro pro MWh nach einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 bei Biomasse-Heizwerken mit einer Brennstoffwärmeleistung > 500 kW.

---

<sup>14</sup> Siehe hierzu auch Rakos, C. et al (2003): Analyse der technischen Daten von Biomasseheizwerken in Österreich. Endbericht, E.V.A., Wien, 49 S.

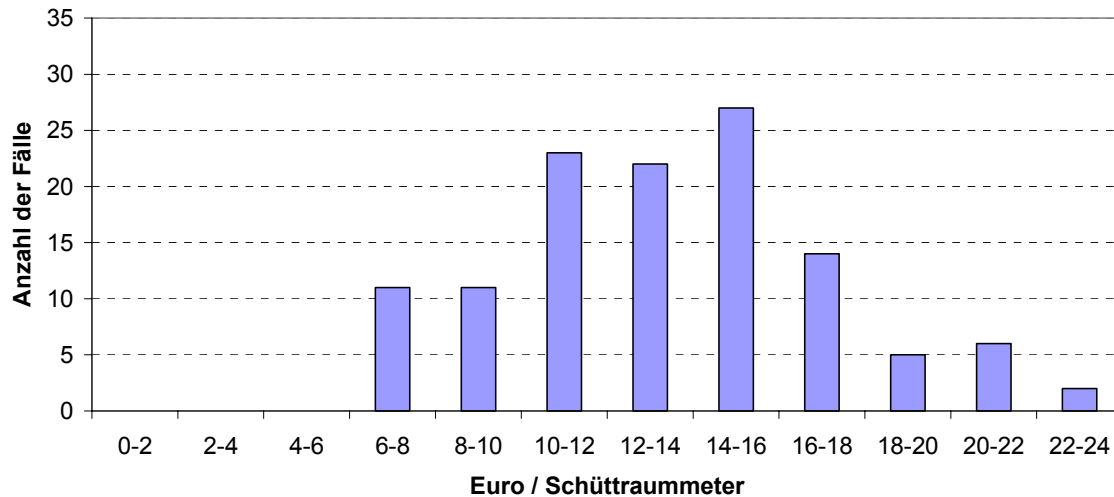
## Durchschnittliche Brennstoffpreise Euro/srm



**Abbildung 3:** Durchschnittspreise für Energieholzsortimente in Euro pro Schüttraummeter frei Heizwerk nach einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 bei Biomasse-Heizwerken mit einer Brennstoffwärmeleistung > 500 kW.

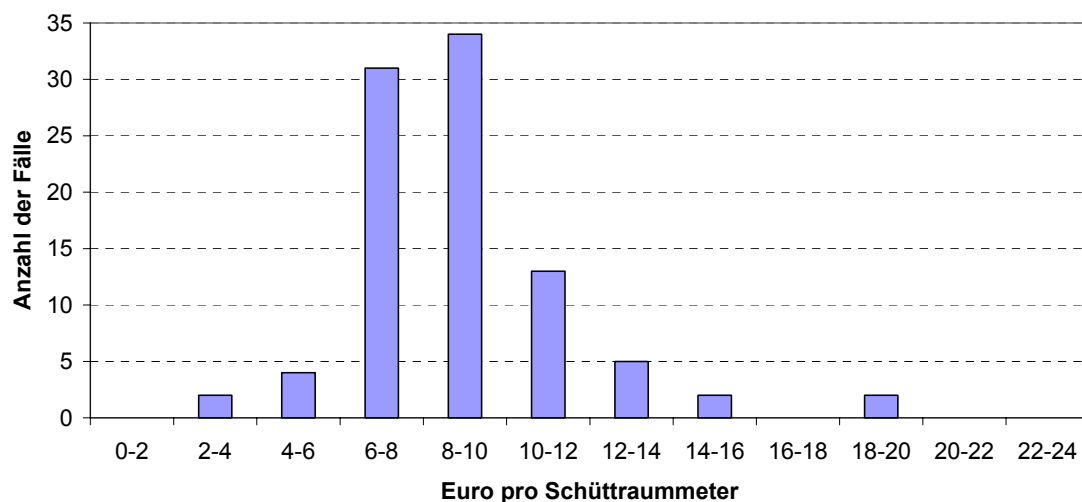
Die große Bandbreite der von Heizwerkbetreibern gemeldeten Preise für Waldhackgutlieferungen frei Heizwerk zwischen 6 bis 24 Euro pro Schüttraummeter könnte einerseits mit den sehr unterschiedlichen Hackgutqualitäten (trockenes Hartholz, feuchtes Weichholz) und den regionalen Unterschieden in den Erzeugungskosten (Topographie, Bestandesstrukturen) und andererseits durch die besonderen Lieferkonditionen für Waldbesitzer mit Anteilsrechten an der jeweiligen Heizanlage begründet werden.

### Verteilung der Preise pro Schüttraummeter bei Waldhackgut



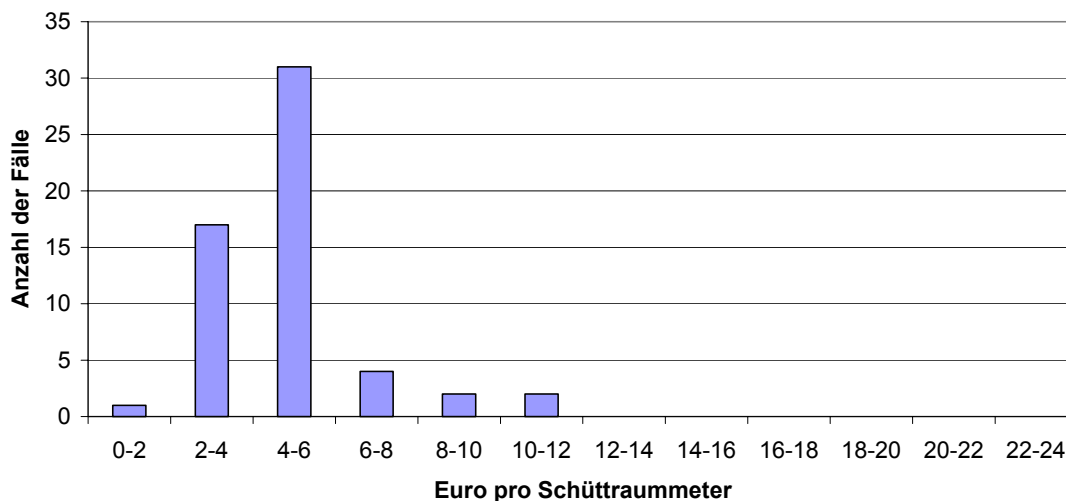
**Abbildung 4:** Die von Heizwerkbetreibern laut einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 gemeldeten Preise (frei Heizwerk, exkl. MwSt.) für Waldhackgut weisen eine große Bandbreite zwischen 6 bis 24 Euro pro Schüttraummeter auf.

### Verteilung der Preise pro Schüttraummeter bei Industriebhackgut



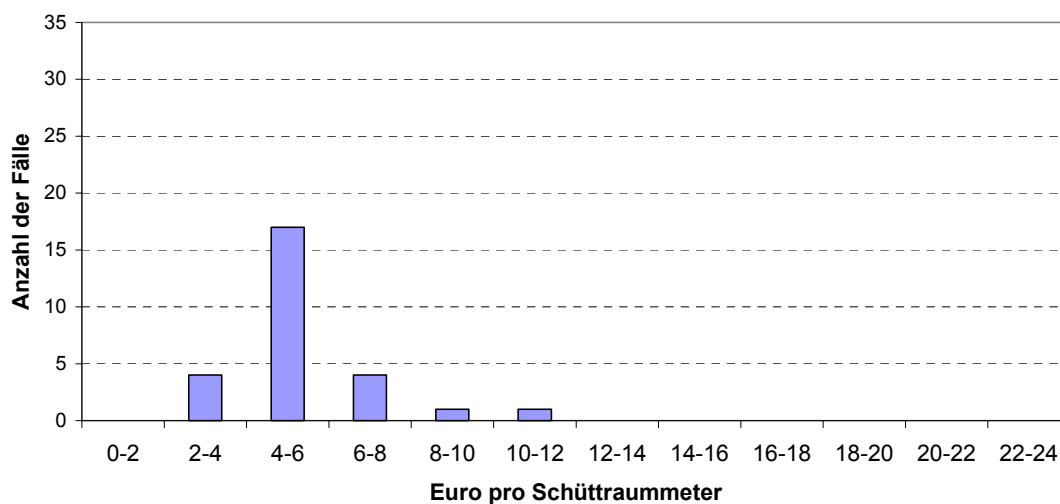
**Abbildung 5:** Bei Industriebhackgut ist die von Heizwerkbetreibern laut einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 gemeldete Bandbreite der Preise (frei Heizwerk, exkl. MwSt.) wesentlich enger, die meisten Nennungen liegen zwischen 6 und 10 € pro Schüttraummeter.

## Verteilung der Preise pro Schüttraummeter bei Rinde



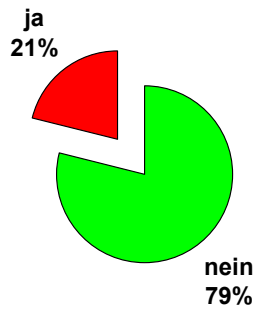
**Abbildung 6:** Bei Rinde liegen die meisten Preisnennungen (frei Heizwerk, exkl. MwSt.) der Heizwerkbetreiber laut einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 zwischen 2 und 6 € pro Schüttraummeter.

## Verteilung der Preise pro Schüttraummeter bei Sägespänen

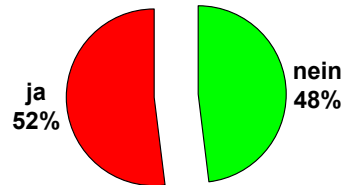


**Abbildung 7:** Bei Sägespänen liegen die Preise (frei Heizwerk, inkl. MwSt.) laut einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 nach den häufigsten Angaben der Heizwerkbetreiber in einem Bereich zwischen 4 und 6 € pro Schüttraummeter.

Versorgungsprobleme



Preissteigerungen



**Abbildung 8:** Nur etwa 21 % der Heizwerkbetreiber (linke Darstellung) befürchten laut einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003 Probleme bei der Versorgung mit niedrigpreisigen Energieholzsortimenten (Rinde und Industriehackgut). Genossenschaften mit ausreichendem Waldbesitz und hohem Waldhackgutanteil im Brennstoffmix haben in der Regel keine Versorgungsprobleme. 52 % der Biomasseheizwerkbetreiber (rechte Graphik) erwarten allerdings in naher Zukunft Preissteigerungen bei Rinde und Sägerestholz.

### 3.2 Umrechnung von handelsüblichen Preiseinheiten auf energiebezogene Preiseinheiten bei Energieholzsortimenten

Die Kenntnis des Zusammenhanges zwischen handelsüblichen Holzmaßen und dem Energieinhalt des Holzes wird für den Holzhandel durch die steigende Nachfrage nach Energieholzsortimenten in naher Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Am Holzmarkt werden derzeit Höchstpreise für 1 fm<sup>15</sup> Bergahorn bester Furnierqualität bei Versteigerungen mit 1.500 €/fm erzielt, umgerechnet auf den Energieinhalt würde dies einem Preis von ca. 550 € pro MWh (frei Forststrasse + Hackkosten + Transport) entsprechen. 1 fm Bergahorn Wertholz guter Qualität kostet durchschnittlich 270 €/fm, auf den Heizwert umgelegt entspricht dies ca. 100 € pro MWh (frei Forststrasse + Hackkosten + Transport). 1 fm Fichten Schwachblock für die Sägeindustrie wird mit etwa 60 €/fm bewertet, die Umrechnung auf den Energieinhalt ergibt hier etwa 30 € pro MWh (frei Forststrasse + Hackkosten + Transport).

Relativ niedrige Preise werden für 1 fm Lärchen Faserholz mit 22 €/fm bezahlt (wird aufgrund der Faserqualität in der Papierindustrie geringer bewertet), dies würde etwa 8,4 € pro MWh frei Forststrasse (+ 1 €/MWh Hackkosten + 2 €/MWh Transport zum Verwerter = ca. 11,-- bis 12,-- €/MWh frei Heizwerk bzw. KWK-Anlage bei max 50 km Transport) entsprechen. Die tiefsten Preise erzielt Rinde (saisonal bis zu 1,5 €/srn = ca. 2,3 €/MWh frei Sägewerk + Transport).

Um die Umrechnung zwischen den in der Holz- und Forstwirtschaft üblichen volumenbezogenen bzw. gewichtsbezogenen Preisen und den für den Energieholzhandel relevanten Energiepreisen zu erleichtern, wurde von der E.V.A. ein vereinfachtes Kalkulationsschema erstellt. Durch die Eingabe der wichtigsten Variablen können damit für unterschiedliche Energieholzsortimente rasch die wesentlichen Kenndaten ermittelt werden.

Das Kalkulationsschema wurde mit den Übersichtstabellen der Oberösterreichischen Landwirtschaftskammer abgeglichen, als Eingangsparameter in die Berechnungstabelle sind die Holzart, der Wassergehalt, der Umrechnungsfaktor von fm auf srn bzw. rm und der angestrebte Preis in €/MWh anzugeben.

Unter Berücksichtigung der baumartenspezifischen Darrdichten und Schwindmaße werden die gewichts- und volumenbezogenen Energieinhalte und Sortimentpreise errechnet und gegenübergestellt. Weiters können durch Abschätzung des jährlichen Brennstoffbedarfes der zu versorgenden Biomasseanlage für die in Betracht gezogenen Energieholzsortimente die jährlichen Liefermengen nach Gewicht und Volumen sowie die jährlich anfallenden Brennstoffkosten vereinfacht errechnet werden.

Bei Preisvergleichen ist auf die gegebenenfalls unterschiedlichen Erfüllungsorte und Handelseinheiten zu achten, die Transport- und Manipulationskosten vom Waldort oder Industriebetrieb bis zum endgültigen Einsatzort können einen erheblichen Teil der Gesamtkosten der unterschiedlichen Energieholzsortimente ausmachen und dürfen nicht unterschätzt werden.

---

<sup>15</sup> Handelsübliche Verrechnungseinheit für Rundholz ist FMO (Festmeter mit Rinde geliefert, ohne Rinde verrechnet).

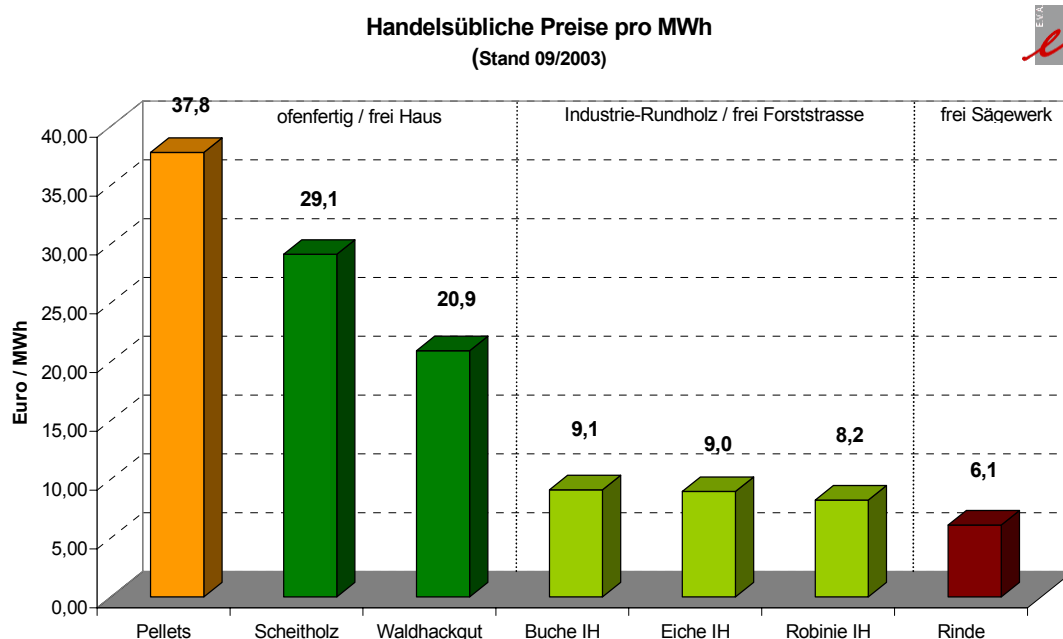
**Tabelle 2:** Kalkulationsblatt zur Ermittlung von Kenndaten und Preisen für Energieholzsortimente. In Anlehnung an die Tabellenübersichten der Oberösterreichischen Landwirtschaftskammer<sup>16</sup> können mit der Berechnungsvorlage relativ einfach durch Eingabe der Holzart, des Wassergehaltes, des Umrechnungsfaktors für die Volumseinheit (fm, srm, rm) und des angestrebten Preises pro MWh die wichtigsten Kenngrößen für verschiedene Energieholzsortimente ermittelt werden.

Im abgebildeten Beispiel werden Kennwerte für Lärchen-Industriehackgut, Fichten-Waldhackgut und Rotbuchen-Scheitholz angezeigt. Folgende Annahmen wurden getroffen:

- a) Lärchen-Industriehackgut mit 45 % Wassergehalt, Umrechnungsfaktor 1 fm = 2,857 srm, Preisvereinbarung 12 €/MWh (exkl. MwSt.), frei Heizkraftwerk.
- b) Fichten-Waldhackgut mit durchschnittlich 32,5 % Wassergehalt, Umrechnungsfaktor 1 fm = 2,5 srm, Preisvereinbarung 20 €/MWh (exkl. MwSt.), frei Hackgutlager.
- c) Rotbuchen-Scheitholz in Meterscheitern mit durchschnittlich 25 % Wassergehalt, Umrechnungsfaktor 1 fm = 1,4 rm, Preisvereinbarung 29 €/MWh (exkl. MwSt.), frei Haus, abgeladen.

Holzart		Lärche	Fichte	Rotbuche
		Nadelholz	Nadelholz	Laubholz
Wassergehalt (H <sub>2</sub> O)	% (Gewicht, FS)	45,0	32,5	25,0
Wasserstoffgehalt (H)	% (Gewicht, TS)	6,0	6,0	6,0
Brennwert	MJ/kg TS	20,32	20,32	19,32
	kWh/kg TS	5,65	5,65	5,37
Heizwert	MJ/kg TS	19,0	19,0	18,0
	kWh/kg TS	5,28	5,28	5,00
	MJ/kg FS	9,3	12,0	12,9
	kWh/kg FS	2,60	3,34	3,58
	MJ/m <sup>3</sup> FS	2.896	2.704	6.801
	kWh/m <sup>3</sup> FS	804	751	1.889
Mittlere Darrdichte	kg/m <sup>3</sup> TS	550	430	670
Schwindmaß	%	11,4	11,8	17,3
Umrechnungsfaktor	fm -> srm bzw. rm	2,86	2,50	1,40
Holz	kg/m <sup>3</sup> TS	170	152	396
Wasser	kg/m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O	139	73	132
Dichte der Frischsubstanz	kg/m <sup>3</sup> FS	310	225	528
	m <sup>3</sup> /1000kg FS	3,2	4,4	1,9
Preis pro Einheit	Euro /t TS (Atro)	56,66	99,01	138,43
	Euro /t FS (Lutro)	31,16	66,83	103,82
	Euro /m <sup>3</sup> FS	9,65	15,02	54,79
Brennstoffkosten pro Einheit	Euro /MWh	12,00	20,00	29,00

<sup>16</sup> Die von Danninger, G. (Oberösterreichische Landeslandwirtschaftskammer) erstellten Tabellenübersichten für die Errechnung der Energieinhalte unterschiedlicher Energieholzsortimente sind weit verbreitet und werden in der Praxis gerne eingesetzt.



**Abbildung 9:** Ein Preisvergleich unterschiedlicher Energie- und Industrieholzsortimente auf der Bezugsgröße des Energieinhaltes (MWh) zeigt bei den handelsüblichen Erfüllungsorten große Preisdifferenzen. Für die Forstwirtschaft können sich durch die Weiterentwicklung der Erntetechnologien und der Bereitstellungslogistik gute Chancen für eine Verbesserung der Hektarerträge durch eine verstärkte Nachfrage nach Energieholzsortimenten ergeben. Eine Chance, die durch die Mobilisierung der Kuppelprodukte Sägerundholz und Industrieholz auch für die Holzindustrie von Vorteil sein kann.



## 4 Übersicht über aktuelle Übernahmefethoden

Ausgelöst durch die Vorgaben der europäischen Energie- und Umweltpolitik steigt derzeit in ganz Europa die Nachfrage nach Energieholzsortimenten stark an. Die traditionelle Energieholznutzung als Scheitholz für die Kleinf Feuerungsanlagen der Haushalte und als Waldhackgut für die kommunalen Biomasseheizwerkanlagen mittlerer Größe erhält durch die Projektierung von zahlreichen Biomasse-KWK-Großanlagen eine besondere Dynamik. Die für diese Anlagengrößen notwendigen Logistikkonzepte und Übernahmefethodiken stellen in vielen Ländern neue Herausforderungen dar.

### 4.1 Übersicht über die Situation in ausgewählten Ländern

#### 4.1.1 Finnland

In Fenno-Scandinavien (Finnland & Schweden) gibt es weitreichende Erfahrungen mit der Belieferungslogistik sowie den Vertrags- und Abrechnungsmodalitäten bei Biomasse-Heizkraftwerken und Biomasse-KWK-Anlagen in einem Leistungsbereich von 20 bis 250 MW.

In Finnland erfolgt der Holzeinkauf zum Großteil durch die Einkaufsorganisationen der Forstindustrie ab Stock, die Holzernte und Aufteilung der Sortimente in Sägerundholz, Industrieholz und Energieholz wird durch den Holzkäufer und nicht durch den Waldbesitzer optimiert. Dadurch besteht in Finnland ein geringes Konfliktpotential zwischen stofflicher und energetischer Holznutzung. Für die energetische Holznutzung werden aus dem Wald vorwiegend Schlagabraum und neuerdings auch Wurzelstöcke aufbereitet. Die Rückrechnung der gelieferten Waldhackgutmengen auf mehrere Kleinwaldbesitzer entfällt in der Regel bei den finnischen Nutzungskonzepten.

In den letzten Jahren wurden durch ein ambitioniertes Energieholzprogramm<sup>17</sup> verschiedenste F&E-Aktivitäten zur Verbesserung der Erntetechnologien und der Belieferungslogistik unternommen.

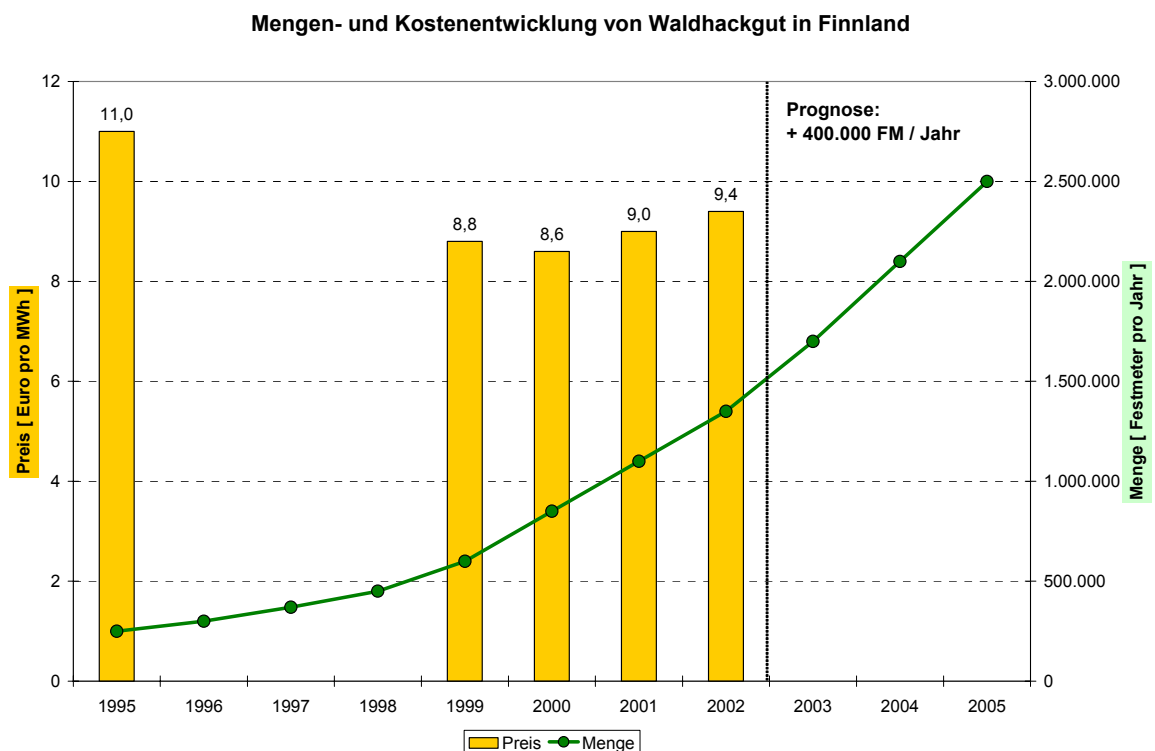
Die Erzeugungskosten für Waldhackgut liegen in Finnland derzeit bei ca. 10 €/MWh für Schlagabraum in der Endnutzung und bei ca. 15 €/MWh für Durchforstungsmaterial. Die ausgeglichene Topographie, die hohe Mechanisierung der Holzernte und die effiziente Logistikorganisation der finnischen Forstindustrie tragen neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen (60 t bei LKW zugelassen) zu dieser Kostenstruktur bei.

---

<sup>17</sup> Hakkila, P. (2004): Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999-2003. Final report. Tekes Technology Programme Report 6/2004. Helsinki. 102 p.



**Abbildung 10:** Von BMH-Wood Technology entwickelte Holzübernahmestation bei einem finnischen Biomasse-Kraftwerk



**Abbildung 11:** Das finnische Energieholzprogramm hat das ehrgeizige Ziel, das Waldhackgutangebot von 250.000 FM im Jahr 1995 auf 2.500.000 FM im Jahr 2005 zu verzehnfachen. In Finnland ist es gelungen, die starke Steigerung des Waldhackgutangebotes zu einer Weiterentwicklung der Erntetechnologien und Bereitstellungslogistik zu nutzen. Die Bereitstellungskosten konnten gegenüber 1995 trotz der Nachfragesteigerung gesenkt werden.



**Abbildung 12:** Stocknutzung für Energieholzsortimente in Finnland. In Finnland werden Endnutzungsflächen in der Regel mit der finnischen Forstegge für die Aufforstung vorbereitet, der Rohhumus wird mit der Egge aufgerissen um die natürliche Ansammlung von Rohbodenkeimern (Kiefer, Birke) zu erleichtern bzw. um den Mineralboden für die Anpflanzung mit kleinen Topfpflanzen zu erreichen. Im Fall der Stocknutzung für die Energieholzerzeugung entfällt die Bearbeitung der Fläche mit der Forstegge. Derart intensive Flächenbearbeitungen sind bei der Waldbewirtschaftung in Mitteleuropa nicht üblich.



## **Biobrennstofflieferanten in Finnland**

Die zwei wichtigsten Biobrennstofflieferanten in Finnland sind Vapo Oy und Biowatti Oy. Neben diesen beiden marktbeherrschenden Großunternehmen gibt es noch eine Reihe kleinerer Biobrennstoffversorger, wie zum Beispiel Kotimaiset Energiat Ky. Der Biobrennstoffhandel erfolgt in Finnland grundsätzlich nach Energieeinheiten, Liefermengen und Preise werden in den Verträgen durchwegs in MWh festgelegt.

### **Vapo Oy**

Vapo Energia ist weltweit der größte Torfproduzent. Ein Fünftel des finnischen Fernwärmebedarfes und 7 Prozent der Stromproduktion werden mit Energietorf als Primärenergieträger erzeugt. In Finnland ist Vapo der größte Biobrennstofflieferant. Darüber hinaus ist Vapo im Energiesektor auch als Investor aktiv und betreibt eigene Heizwerke, KWK-Anlagen und Windkraftanlagen.

Im Jahr 2002 hat Vapo in Finnland etwa 2.400 GWh Energieholzsortimente an Fremdanlagen geliefert bzw. in eigenen Anlagen eingesetzt, davon entfielen 600 GWh auf Waldhackgut.

Vapo verfügt in Finnland über mehr als 100 Zweigstellen und kann daher als Brennstofflieferant im ganzen Land entsprechend effizient operieren. Das Unternehmen ist ISO 9002 und ISO 14001 zertifiziert.

Waldhackgut wird von Vapo in zwei Hauptqualitäten, als Schlagabraumhackgut von Endnutzungsflächen und als Ganzbaum- bzw. Restholzhackgut aus Durchforstungen, angeboten. Schlagabraumhackgut wird in der Regel bei Großanlagen mit Wirbelschichtöfen eingesetzt, das qualitativ höherwertige und etwas teurere Ganzbaumhackgut aus Durchforstungen findet in kleineren und mittleren kommunalen Biomasse-Heizwerken Absatz.

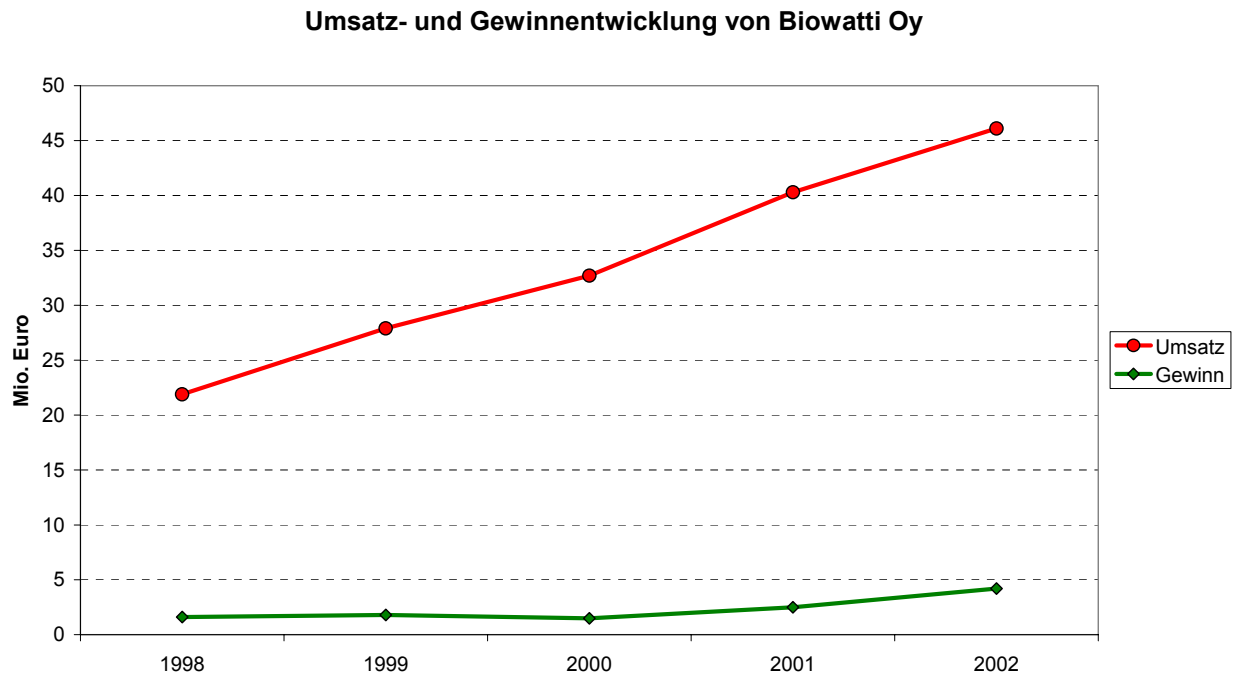
Vapo verfügt weiters über eine Pelletieranlage in Ilomantsi, Industriepellets werden auch in größeren Heizanlagen bis 1.000 kW Brennstoffwärmeleistung eingesetzt, die oft in Contractingmodellen errichtet und betrieben werden.

### **Biowatti Oy**

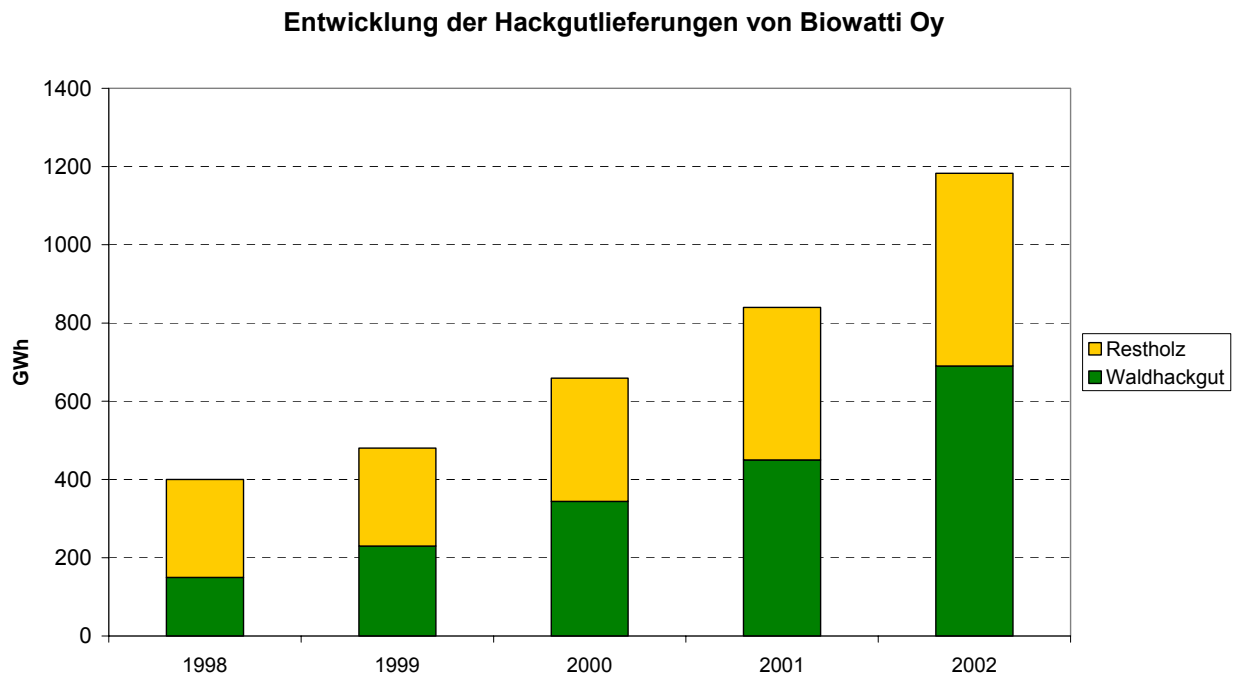
Biowatti Oy ist ein im Jahr 1994 gegründetes Tochterunternehmen des finnischen Waldverbandes Metsäliitto zur Biobrennstoffversorgung von Biomasseheiz- und Kraftwerksanlagen aller Leistungsgrößen in ganz Finnland. Biowatti Oy hat im Jahr 2002 mit 48 Mitarbeitern einen Umsatz von 46,1 Mio. Euro und einen Gewinn von 4,2 Mio. Euro erwirtschaftet. Die ausgelieferten Biobrennstoffe summierten sich im Jahr 2002 auf 3.520 GWh. Neben dem Handel mit Rinde, Sägespänen und sonstigen Industrieresthölzern wurde in den letzten Jahren im steigenden Ausmaß auch Waldhackgut erzeugt. Die Waldhackgutproduktion von Biowatti Oy konnte demnach von 1998 bis 2002 um den Faktor 4,6 von 150 GWh pro Jahr auf 690 GWh pro Jahr erhöht werden.

Biowatti Oy hat sich in zahlreichen Projekten am finnischen Energieholzprogramm beteiligt und konnte durch die Entwicklung von speziellen Erntegeräten die Effizienz der Waldhackguterzeugung und -logistik steigern.

Ein von Biowatti Oy verwendeter Rahmenvertrag für die Energieholzlieferrung befindet sich im Anhang des Endberichtes.



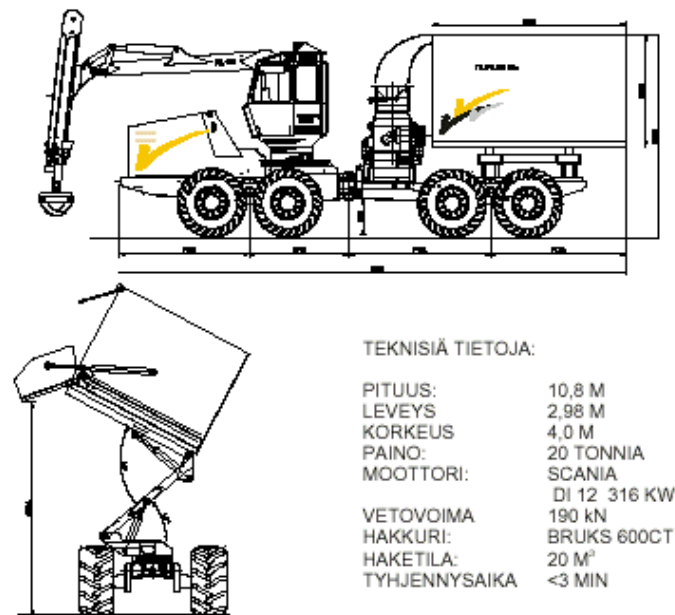
**Abbildung 13:** Biowatti Oy konnte den Umsatz in den letzten 5 Jahren kontinuierlich von ca. 22 Mio. Euro auf ca. 46 Mio. Euro steigern.



**Abbildung 14:** Die Waldhackgutproduktion von Biowatti Oy konnte von 1998 bis 2002 um den Faktor 4,6 von 150 GWh pro Jahr auf 690 GWh pro Jahr erhöht werden.



**Abbildung 15:** Aufarbeitung von Ernterücklässen in Finnland an einer LKW-befahrbaren Forststrasse mit einem von Biowatti Oy entwickelten Hackerkonzept. Der Spezial-LKW ist mit einem leistungsstarken Hackaggregat ausgerüstet, dadurch werden Stehzeiten bei Mann und Maschine minimiert.



**Abbildung 16:** Biowatti Oy hat sich intensiv am finnischen F&E-Programm zur Energieholzmobilisierung beteiligt und an der Entwicklung von Energieholzerntesystemen mitgewirkt.



**Abbildung 17:** Die Ernte- und Transportmaschinen sind in Finnland heutzutage in der Regel zur Logistikoptimierung mit GPS Anlagen ausgestattet.

## Beispiele für die Energieholzübernahme in Finnland

Bei allen beschriebenen Anlagen erfolgt die Abrechnung der Energieholzlieferungen auf der Basis von MWh, die Anlieferung erfolgt mit LKWs, die nach der Abwaage mit verschiedenen Entladesystemen entleert werden. Die Ladung wird beprobt und der Wassergehalt mit Darrmethoden bestimmt.

### Kraftwerk Pusiala, Mikkeli

Das Kraftwerk Pusiala in Mikkeli wird von der Etelä-Savon-Energia ESE betrieben und hat eine Brennstoffwärmeleistung von 145 MW. Die Anlage wurde im Jahr 2000 komplett erneuert. Die KWK-Anlage liefert Strom und Fernwärme an die Stadt Mikkeli in Mittelfinnland. Der Brennstoffbedarf wird jeweils zur Hälfte aus Energietorf und aus Energieholzsortimenten abgedeckt. Das Energieholz setzt sich aus Rinde, Industrierestholz, Holzschleifstaub in Form von Industrie-Bricketts, Sägespänen und Waldhackgut zusammen. Der Anteil des Waldhackgutes beträgt hierbei 8 Prozent der benötigten Energieholzmenge.

Das Waldhackgut wird vom regionalen Forstservice geliefert, eine Organisationseinheit des lokalen Waldpflegeverbandes und der Stadt Mikkeli. Selbständige Unternehmer erzeugen das Hackgut bei Zwischenlagern an LKW befahrbaren Forststrassen und liefern das fertig gehackte Material mit Schüttgut-LKW in das Kraftwerk.

Für die Industrieresthölzer gibt es Lieferverträge mit den einzelnen Betrieben, zum Teil wird Brennstoff über Fördereinrichtungen von nahegelegenen Produktionsstätten direkt in das Kraftwerk transportiert. Im Gegenzug gibt es entsprechende Prozesswärmelieferungen.

Ein wesentlicher Teil des benötigten Brennstoffes muss per LKW angeliefert werden. LKWs mit Entladevorrichtungen (Schubböden, Fördersysteme in der Ladefläche zur rückseitigen Entladung des LKW-Zuges) können das angelieferte Material direkt in die Übergabestationen des Kraftwerkes entleeren. Die Entleerung des LKW-Zuges ist relativ zeitaufwendig, da die LKW-Ladung auf ein Förderband auf etwa gleicher Ebene fällt. Wegen hoch anstehendem Grundwasser konnte das Förderband der Übergabestation nicht auf ein für den Entladevorgang günstigeres tieferes Niveau gelegt werden.

Die angelieferte Brennstoffmasse wird mittels Brückenwaage gewogen, je LKW-Zug werden 5 Proben (2 aus dem LKW-Aufbau und 3 aus dem LKW-Anhänger) genommen. Für die Probennahme in der Übergabestation ist der LKW-Fahrer verantwortlich, die Proben werden per Knopfdruck aus der Förderanlage der Übernahmestation in Probenbehälter befördert und vom Personal des Kraftwerkes untersucht.





**Abbildung 18:** Übergabestation und Brennstofflager des Kraftwerkes Pusiala bei Mikkeli.

LKWs mit Kippvorrichtungen entleeren das Material im Freilager. Der Brennstoff aus dem Freilager wird nach Bedarf mit Radladern in die Übergabeeinheiten des Kraftwerkes transportiert.

Verschiedene Brennstoffqualitäten gelangen über die Übergabeeinheit in Vorratssilos (Silos mit 1.500 m<sup>3</sup>, 800 m<sup>3</sup> und 300 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen), gemäß den Anforderungen der Kesselanlage wird der benötigte Brennstoffmix während des Beschickungsvorganges in die Brennkammer optimiert.

Die Bündeltechnologie für Schlagabraum wurde wegen der hohen Investitionskosten in die dafür benötigte Schredder-Anlage, der relativ hohen Preise für die Energieholzbündel und den kolportierten Problemen<sup>18</sup> mit den Bündelbändern in den Förderanlagen nicht in Erwägung gezogen.

Der Kraftwerksbetreiber würde sich einen weitläufigen Brennstofflagerplatz wünschen, auf dem Waldrestholz im Ganzen gelagert und mit effizienten Schredderanlagen aufbereitet werden kann.

### **Kraftwerk Jyväskylä, Rauhalahti**

Die KWK-Anlage Jyväskylä wird von Fortum Oy betrieben und hat eine Brennstoffwärmeleistung von 290 MW. Als Brennstoffe werden Energietorf, Energieholzsortimente und in geringen Mengen vorbehandelte Reststoffe eingesetzt. Etwa 30 % des Brennstoffbedarfes kommt aus Energieholzsortimenten.

Alle Brennstoffe werden von mehreren Lieferanten angeliefert, für den Energietorfbedarf gibt es beispielsweise 10 Lieferanten. Die Energieholzsortimente werden als Rinde, Sägespäne, Schlagabraumbündel, entastetes Dünnschlagholz und Wurzelstöcke angeliefert. Weiters kommt Baurestholz zum Einsatz. Bei den Schlagabraumbündeln wird die einfache Lagerhaltung und das gute Nachtrocknen am Lager geschätzt, mit den Bündelbändern gibt es allerdings große Probleme bei den Fördereinrichtungen. Die Wurzelstöcke sind ebenfalls problematisch, je nach Wurzelhebemethode werden

---

<sup>18</sup> Teilweise gibt es Probleme mit der Verwicklung der zähen Bündelbänder in den bewegten Teilen der Fördereinrichtungen

erhebliche Anteile von Sand und Steinen mitgeliefert. Es gibt Wurzelentnahmemethoden, bei denen die Wurzelstöcke gespalten werden, der Sand und Steinanteil wird hierbei wesentlich reduziert.

Alle LKW-Züge werden bei der Anlieferung gewogen und pro LKW-Zug wird je eine Probe von Anhänger bzw. LKW-Aufbau gezogen. Die Probennahme wird vom LKW-Fahrer durchgeführt, die Proben werden vom Personal des Kraftwerkes untersucht. Bei Bedarf können eingehendere Probenanalysen in den Laboratorien der benachbarten Finnischen Technischen Versuchsanstalt VTT durchgeführt werden. Die Übernahmestation des Kraftwerkes ist im 3-schicht-Betrieb rund um die Uhr im Einsatz.

Die Kraftwerksanlage ist sehr groß und wurde kürzlich erneuert. Die Brennstoffübernahme befindet sich auf einem räumlich beengten Areal mit ungünstigen Geländestufen, die Übernahmetechnologie müsste reorganisiert und erneuert werden.



**Abbildung 19:** Die Übernahmestation und Brennstofflager des Kraftwerkes Jyväskylä bei Mikkeli

### **Kraftwerk Kotkan Energia, Kotka**

Die Kraftwerksanlage mit 65 MW Brennstoffwärmeleistung wird von Kotkan Energia betrieben und liefert Fernwärme und Strom. Der Brennstoffbedarf wird zu 80 % aus Energietorf und zu 20 % aus Energieholzsortimenten abgedeckt. 100 % der benötigten Brennstoffmenge wird mit Jahreslieferverträgen von Vapo Oy bereitgestellt.

Das Energieholz wird mit LKWs geliefert, die über eine Entladevorrichtung verfügen. Die LKWs werden gewogen und auf der Übergabestation entladen. Die Übergabestation ist mit ausreichendem Niveausprung zum Förderband angelegt, dadurch kann die Entladung

beschleunigt werden. Die Fahrspuren in der Station werden beheizt, um im Winterhalbjahr Probleme mit Vereisungen bei der Zufahrt zu vermeiden. In der Übergabestation ist weiters eine effiziente Absaugvorrichtung installiert, um die Staubbelastung der Umgebung durch den Entladevorgang zu verhindern. Aus der Übernahmestation wird das Material in Vorratssilos befördert, die eine Lagerkapazität von etwa 1.500 m<sup>3</sup> aufweisen. Da sich an der Zufahrtstraße zum Kraftwerk ein Krankenhaus befindet, ist die Übernahmestation nur von 6.00 bis 22.00 Uhr geöffnet.



**Abbildung 20:** Moderne Übernahmestation des Kraftwerkes Kotka. In der Übernahmestation ist eine Absaugvorrichtung eingebaut, um Staubbelastungen der Umgebung während der LKW-Entladung zu vermeiden.

Die Probennahme erfolgt vollautomatisch, nachdem der Fahrer mit einer Kennziffer den Entladevorgang quittiert. Sowohl aus dem Anhänger, als auch vom LKW-Aufbau wird jeweils 1 Probe gezogen. Die frische Probe wird mit einer hydraulisch gesteuerten Vorrichtung an mehreren Stellen vom Förderband entnommen und in ein Probengefäß befördert. Die Probenmenge ist von der Stückigkeit abhängig, je gröber das Material, umso größer die Probenmenge. Bei Torf werden etwa 5 Liter, bei Energieholzsortimenten etwa 10 Liter Probe gezogen, die Probe wird anschließend zerkleinert (Stückgröße max. 10 mm) und analysiert. Die Analyse umfasst den Wassergehalt und den Heizwert, teilweise wird auch der Schwefelgehalt und die Aschenzusammensetzung untersucht. Mit dieser Vorgangsweise erfolgt ein tägliches Monitoring der Brennstoffqualität, wenn eine Probe stark abweichende Werte aufweist, kann die Lieferung zurückverfolgt und die Ursache für die Abweichung festgestellt werden.

Aus den Einzelproben wird zusätzlich pro Monat eine Mischprobe erstellt und die Einzelergebnisse mit dem Ergebnis der Monats-Mischprobe verglichen. Im Liefervertrag gibt es sowohl für die Qualität der Tageslieferungen als auch für die Qualität der Monatslieferung festgelegte Spielräume. Für die monatliche Abrechnung der Brennstofflieferungen werden die Qualitätsaufzeichnungen des Lieferanten und des Kraftwerksbetreibers abgeglichen und dienen letztlich als Basis für die Nachverhandlung der Preise und der weiteren Liefermengen.





**Abbildung 21:** Die Probennahme in der Übernahmestation des Kraftwerkes Kotka erfolgt für jede LKW-Lieferung vollautomatisch mit einer hydraulisch gesteuerten Entnahmevorrichtung im Bereich des Förderbandes der Entladestation.

### **Kraftwerk Joensuu**

Das Kraftwerk Joensuu hat eine Brennstoffwärmeleistung von 220 MW und wird von E.ON betrieben. Der Brennstoffbedarf wird jeweils zur Hälfte aus Energietorf und Energieholzsortimenten abgedeckt. Für die Brennstofflieferungen bestehen sowohl für Energietorf als auch für Energieholz Lieferverträge mit mehreren Lieferanten.

Die Energieholzmengen werden als fertiges Hackgut angeliefert, auf dem Kraftwerksgelände ist keine eigene Hack- bzw. Schredderanlage eingerichtet. Der Lagerplatz ist geräumig und bietet für die Brennstoffmanipulation ausreichend Platz. Ein Teil des angelieferten Brennstoffes wird nach der Abwaage mit den Entladevorrichtungen der LKWs direkt in der Übernahmestation entladen, ein Teil wird am Lagerplatz abgekippt. Die Übernahmelogistik ist nicht endgültig optimiert, zum Teil müssen LKWs bei der Übernahmestation auf die Entladung warten.

Bei der Übergabestation wird feuchteres Material mit trockenerem Material mittels Radlader gemischt, der Radlader muss ständig einsatzbereit sein. Torf und Energieholz werden in Vorratssilos zwischengelagert und in den Fördervorrichtungen vor der Beschickung des Wirbelschichtkessels gemischt.

Energieholzbündel werden nicht eingesetzt, da dies die Investition in eine große Schredderanlage erfordern würde.



**Abbildung 22:** Übergabestation und Brennstofflager des Kraftwerkes Joensuu

### **Biomasseheizwerk Suomussalmi**

Das Heizwerk Suomussalmi wird von der Gemeinde Suomussalmi betrieben und hat eine Brennstoffwärmeleistung von 13 MW, die jährliche Wärmeerzeugung beträgt bei ca. 4.300 Vollaststunden etwa. 55 GWh. Als Brennstoff wird Waldhackgut und Industrierestholz eingesetzt. Drei Lieferanten stellen mit Jahreslieferverträgen den benötigten Brennstoff bereit, Biowatti Oy liefert ausschließlich Waldhackgut, Vapo Oy liefert Waldhackgut, Rinde und Sägespäne und KTK (eine Konsortium aus lokalen Fuhrunternehmen) liefert Industrierestholz. Für die Zukunft wird auch der Einsatz von Durchforstungsmaterial angestrebt.

Die Lieferungen werden gewogen und der Energieinhalt mittels Probennahme bestimmt. Das Biomasseheizwerk verfügt über ein Vorratssilo mit 400 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen, der aus den verschiedenen Energieholzsortimenten des Lagerplatzes mit einem optimalen Brennstoffmix aufgefüllt wird. Für die Befüllung des Brennstoffsilos wird ein Radlader eingesetzt, die Beschickung des Kessels erfolgt mit hydraulischen Schubstangensystemen und automatischen Förderanlagen.



**Abbildung 23:** Brennstoffsilo und Brennstofflagerplatz des Biomasseheizwerkes Suomussalmi.



#### 4.1.2 Dänemark

Dänemark hat im letzten Jahrzehnt europaweit die Themenführerschaft bei der Nutzung der erneuerbaren Energieressourcen übernommen, die dänische Windkraftindustrie ist zum zweitwichtigsten Exportfaktor des Landes geworden.

Aber nicht nur die Entwicklung von Windkraftanlagen - auch die energetische Biomassenutzung wurde entsprechend forciert. Besonders bei der Strohverfeuerung ist die dänische Technologie anerkannt. Durch die geringe Waldausstattung Dänemarks, hat die holzartige Biomasse geringere Bedeutung als in Schweden und Finnland.



**Abbildung 24:** Waldhackguterzeugung aus Ernterücklässen bei einem Kahlschlag in Dänemark mit einem speziellen geländetauglichen Hackeraggregat.

Die meisten Biomasse-Heizwerke und KWK-Anlagen rechnen auch in Dänemark die gelieferten Waldhackschnitzel nach dem Energieinhalt ab, für die Abrechnung wird der Heizwert pro Tonne Gesamtgewicht bestimmt.

Die allgemein angewendete Berechnungsformel zur Heizwertberechnung (unterer Heizwert  $H_u$ ) lautet in Dänemark für Waldhackschnitzel skandinavischen Ursprungs aus überwiegend Kiefer, Fichte und Birke wie folgt:

$$H_u = 19,2 - 0,2164 * F \text{ [GJ pro Tonne Gesamtgewicht]}$$

Für Mischhackgut unterschiedlicher Herkunft aus vorwiegend Laubholz oder von unbekannter Zusammensetzung wird ein geringfügig reduzierter Ansatz gewählt:

$$H_u = 19,0 - 0,2144 * F \text{ [GJ pro Tonne Gesamtgewicht]}$$

F gibt hierbei den Wassergehalt des Hackgutes in Prozent des Gesamtgewichtes an.

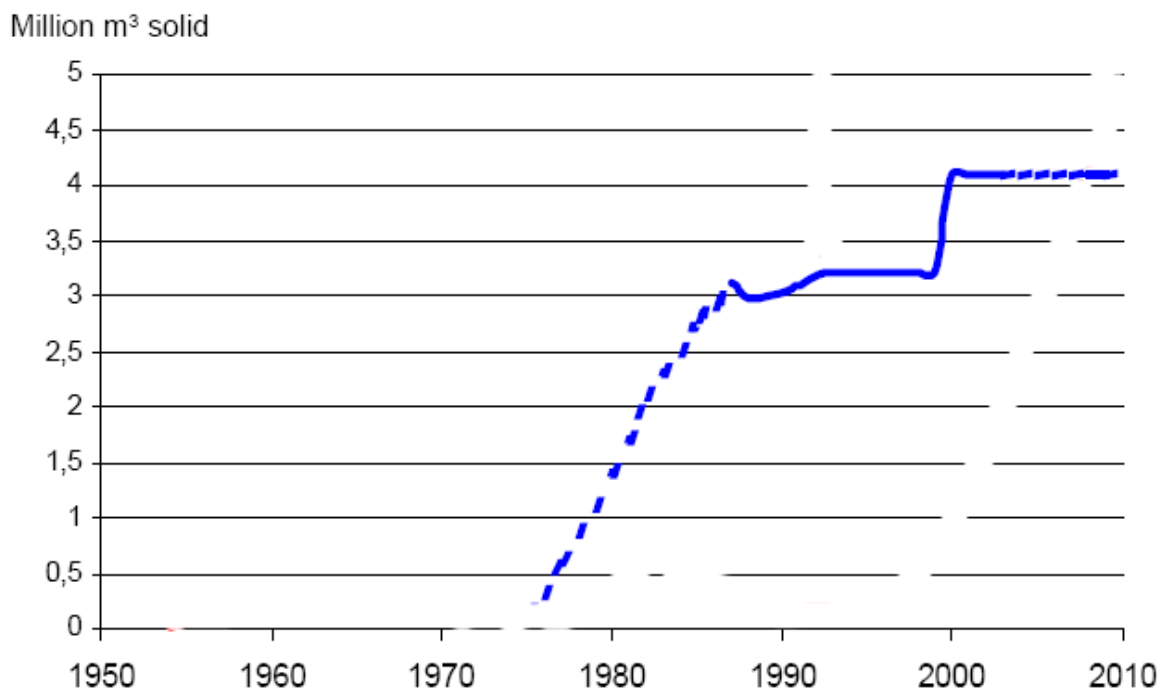
Zur Bestimmung des Wassergehaltes werden nach dem Abladen an 3-5 Stellen im Haufen Proben mit insgesamt 5-10 Litern entnommen, gut durchmischt und eine Probe

von ca. 3 Litern darrgetrocknet. Das dänische Verfahren wird seit 1980 benutzt und ist einfach anzuwenden, es hat in der Praxis keine nennenswerten Probleme gegeben. Abweichungen vom offiziellen Probenentnahmeverfahren müssen bei Vertragsabschluss vereinbart werden, im Vertrag wird auch festgehalten, wer die Proben entnimmt und behandelt.

#### 4.1.3 Schweden

In Schweden wird wie in Finnland und Dänemark Energieholz im wesentlichen nur nach dem Energieinhalt (MWh bzw. GJ) gehandelt. Die Lieferungen werden gewogen und beprobt, für die Probennahme zur Wassergehaltsbestimmung besteht ein Schwedischer Standard SS 18 71 13, der im Kapitel 6 dieser Arbeit näher beschrieben ist.

Das Preisband für Energieholzsortimente bewegt sich in Schweden derzeit (Stand 2003) je nach Qualität und Erfüllungsort zwischen 10 €/MWh und 15 €/MWh. Die jährlich erzeugte Waldhackgutmenge liegt bei etwa 4 Mio. Festmeter, bei der aktuellen Energiepolitik werden bis 2010 keine wesentlichen Veränderungen bei der jährlichen Erzeugungsmenge erwartet<sup>19</sup>.



**Abbildung 25:** Entwicklung und Prognose der Waldhackgutproduktion in Schweden laut einer Darstellung von Prof. Rolf Björnheden, Växjö Universität.

<sup>19</sup> Vortrag von Prof. Rolf Björnheden, Växjö Universität, am 17.3. 2004 in Jyväskylä, FIN: Forest Fuel in Sweden and Finland – development and state of the art.





**Abbildung 26:** In Schweden gibt es wie in Finnland weitreichende Erfahrungen mit der Versorgungslogistik für Energieholzsortimente bei großen Biomasse-Heizkraftwerken mit Brennstoffwärmeleistungen bis zu 200 MW.

#### 4.1.4 Deutschland

Durch die günstigen Rahmenbedingungen des Erneuerbaren Energiegesetzes (EEG) für die Ökostromproduktion sind in Deutschland in den letzten Jahren mehrere neue Biomasse-KWK-Anlagen errichtet worden, die auf den Einsatz von Altholz optimiert wurden. Die Energieholzübernahmekonzepte entsprechen in Deutschland im wesentlichen der österreichischen Situation, wobei die österreichischen Heizwerksbetreiber in der Regel auf längere Erfahrungswerte zurückgreifen können.



**Abbildung 27:** Beim Biomasse-Heizkraftwerk Pfaffenhofen (27 MW Biomassekessel) in Deutschland wurde nach Angaben der Betreiber in der Anlagenkonzeption der Brennstofflogistik besondere Bedeutung beigemessen. Der jährliche Brennstoffbedarf von 80.000 t bzw. 250.000 srm wird zum Großteil durch Waldhackgut der umliegenden Waldbesitzer und zum kleineren Teil durch unbehandeltes Industrierestholz abgedeckt. Das Brennstofflager beim Heizkraftwerk reicht für etwa 5 Tage, im Nahbereich der Anlage sind Zwischenlager eingerichtet, die mit ungehacktem Holz beliefert werden können. Für Zwischenlagerung und Transport des fertigen Hackgutes wird ein einheitliches Kontainersystem mit einem Fassungsvermögen von 40 bis 80 m<sup>3</sup> eingesetzt<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Ilmberger, F., Vortragsunterlagen zum Int. Symposium Strom aus Biomasse in Innsbruck, April 2004.  
[www.eta-energieberatung.de](http://www.eta-energieberatung.de)

## 4.2 Methoden für Probennahme, Probenreduktion und WG-Ermittlung für Energieholzsortimente in Österreich

Der überwiegende Teil des in Österreich eingesetzten Energieholzes wird nach dem Volumen übernommen und abgerechnet. In mehreren Fällen wird von den Heizwerkbetreibern berichtet, dass zwar zu Beginn des Anlagenbetriebes Wassergehaltsbestimmungen des angelieferten Materials durchgeführt wurden, im Laufe der Jahre bei gleichbleibenden Lieferanten mit relativ konstanten Lieferqualitäten aber auf den Aufwand der Probennahme und Analyse gänzlich verzichtet wurde und die erworbenen Erfahrungswerte für die Abschätzung der angelieferten Qualität als ausreichend für die Abrechnung bzw. Preisverhandlung erachtet werden. Die Mehrzahl der österreichischen Biomasseheizwerkbetreiber ist dementsprechend auch über die in den einschlägigen Normen beschriebene Methodik zur Probennahme bzw. die Usancen in der Papier- und Plattenindustrie nicht informiert.

Einige Heizwerkbetreiber und Brennstofflieferanten bestimmen zumindest beim höher bewerteten Waldhackgut den Wassergehalt, um Korrekturfaktoren für Preisab- bzw. -aufschläge bei Abweichungen von der vereinbarten Wassergehaltsklasse (meist W30) anwenden zu können. Der Genauigkeitsanspruch an die Wassergehaltsbestimmung ist gering, in der Regel werden selbstgewählte Methoden zur Probennahme praktiziert. Die weiteste Verbreitung als Bestimmungsmethode zur Feststellung des Wassergehaltes hat hierbei nach den vorliegenden Rückmeldungen der Pandis-Meßkübel<sup>21</sup>. Bei dem Gerät wird die einfache Handhabung und die rasche Ergebnisanzeige positiv hervorgehoben. Für die Probennahme wird entsprechend der jeweiligen Erfahrungen versucht, 2 bis 3 repräsentative Proben aus dem zugestellten Schüttguthaufen zu entnehmen, weichen die Teilergebnisse stark voneinander ab, werden weitere Proben gezogen, bis ein befriedigender Mittelwert errechnet werden kann. Da die Waldhackgutlieferungen nach den Rückmeldungen der Heizwerkbetreiber zum Großteil mit einem Wassergehalt < 35 % erfolgen, reicht die erzielbare Genauigkeit in der Regel für beide Vertragspartner aus.

Einige Heizwerkbetreiber berichten, dass der Pandiskübel nach anfänglichem Einsatz als zu ungenau verworfen wurde und nun mittels Sonde bzw. mittels Heißlufttrockengerät der Wassergehalt bestimmt wird.

Umgekehrt wird aber auch berichtet, dass die Anfangs angewandte Darmmethode zu zeitaufwendig war und durch die kapazitive Wassergehaltsbestimmung ersetzt wurde.

Nur in Ausnahmefällen wird in Österreich von Heizwerkbetreibern die Energieholzübernahme konsequent nach Gewicht und Wassergehalt durchgeführt und damit eine klare preisliche Bewertung der übernommenen Energiemenge erzielt.

---

<sup>21</sup> Siehe Kapitel 7.4.2

#### **4.2.1 Fallbeispiel A: Biomasseheizwerk, 600 kW, bäuerliche Genossenschaft**

Das Gewicht des gelieferten Waldhackgutes wird mit einer Achsenwaage bestimmt, die von den Heizwerkbetreibern eigens für diesen Zweck angeschafft wurde. Die Wassergehaltsbestimmung erfolgt an einer Mischprobe aus zwei bis drei Einzelproben nach der Darrmethode mit einem nicht näher beschriebenen Trocknungsgerät, relativ genaue Ergebnisse liegen nach etwa 30 Minuten vor. Wenn bei Lieferkampagnen viele Lieferungen gleichzeitig eintreffen, werden die Proben in Plastiksäckchen bis zur Wassergehaltsbestimmung zwischengelagert, der Heizwart hat für die Probennahme und Probenverwaltung das Vertrauen der Lieferanten. Da die Achsenwaage nicht eichfähig ist, wird für die Rechnungsausstellung mit einem Umrechnungsfaktor vom ermittelten Gewicht auf Schüttraummeter umgerechnet.

Ein nahe gelegenes Sägewerk beliefert das Heizwerk mit Sägerestholz, die Abrechnung des gelieferten Materials erfolgt über den Wärmemengenzähler des Kessels, wobei für den Kesselwirkungsgrad ein vertraglich vereinbarter Wert angesetzt wird.

#### **4.2.2 Fallbeispiel B: Biomasseheizwerk, 1.500 kW, Genossenschaft mit Waldbesitzern**

Waldhackgut wird nur nach Gewicht übernommen. Alle Lieferungen werden mit der Brückenwaage des Heizwerkes gewogen und mittels Einstechsonde wird im abgekippten Hackguthaufen an zwei bis drei Stellen der Wassergehalt bestimmt. Der zu verrechnende Preis wird nach prozentgenauen Tabellen entsprechend des festgestellten Wassergehaltes ermittelt.

#### **4.2.3 Fallbeispiel C: Biomasseheizwerk, 2.000 kW, bäuerliche Genossenschaft**

Die Schlägerung und Anlieferung des Energieholzes erfolgt als Rundholz durch die Genossenschafter von Dezember bis Februar. Das gelieferte Material wird mit der Brückenwaage des Lagerhauses gewogen und am gemeinschaftlichen Lagerplatz bis zum Herbst abgeladen. Im Herbst wird ein Unternehmer mit einem Großhacker zur Aufhackung des Materials beauftragt, das fertige Hackgut wird bei der Zulieferung an das Heizwerk wieder gewogen und nach der Entleerung beim Heizwerk mittels Pandis-Kübel der Wassergehalt bei jeder Fuhr an zwei bis drei Proben bestimmt. Der mittlere Wassergehalt der gesamten Einlagerungs-Kampagne wird zur Berechnung der Korrekturfaktoren verwendet, eine individuelle Feststellung der Wassergehalte für einzelne Kleinlieferungen wird nicht durchgeführt.

#### **4.2.4 Fallbeispiel D: bäuerliche Hackgutliefergemeinschaft**

Die Lieferung des bestellten Hackgutes erfolgt nach dem Volumen zu nach Wassergehaltsklassen (W20, W25, W30, W35) differenzierten Preisen. Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgt mit einer Sonde, wobei mehrere Einstiche im abgeladenen Hackguthaufen vorgenommen werden. Bei Großabnehmern wird eine Abgleichung der Sondenmessung des Lieferanten mit dem Pandis-Kübel des Abnehmers durchgeführt. Bei niedrigen Wassergehaltsklassen ist meist eine gute Übereinstimmung der Messwerte gegeben.

#### **4.2.5 Fallbeispiel E: regionaler Waldverband**

Für die Belieferung eines großen Abnehmers mit Rundholz wird in Anlehnung an die Übernahmerichtlinien der Papierindustrie die Atro-Bestimmung durchgeführt. Spanproben werden vom Rundholz auf dem LKW mit der Motorsäge an 3-4 Stellen gezogen, die Trocknung der 2 g Proben erfolgt mit der Mikrowelle. Ein Problem stellt die Ziehung von repräsentativen Proben dar, da keine Vertrauen schaffende Prüfanstalt eingebunden ist.

Für die Belieferung von kleineren Abnehmern wird das fertige Hackgut gewogen und der Wassergehalt nach der Abladung an zwei Proben mittels Pandis-Kübel bestimmt.

Es werden auch Heizwerke mit Energieholzsortimenten beliefert, mit denen die Verrechnung über den Wärmemengenzähler der Kesselanlage vereinbart wurde.



### 4.3 Übernahmemethoden nach Art des Brennstoffes und nach Größe des Heizkraftwerkes

Bei Biomasseheizwerken, die von holzverarbeitenden Unternehmen betrieben werden, werden die anfallenden Restholzmengen im Produktionsprozess direkt zu den Übernahmestationen der Heizanlage transferiert, die eingesetzte Brennstoffmenge wird hierbei oft weder nach Volumen noch nach Gewicht bestimmt. Meist erfolgt in diesen Fällen nur eine grobe Abschätzung des energetisch verwerteten Materials als Prozentsatz des jährlichen Holzeinschnittes.



**Abbildung 28:** Restholzabwurf direkt aus dem Produktionsprozess bei den Energiezentralen bzw. auf dem Zwischenlagerplatz in Sägewerksbetrieben. In der Regel wird die anfallende Restholzmenge nur nach Prozentsätzen der Einschnittmengen abgeschätzt.

Die preislich relativ günstige Rinde, Sägerestholz und Industrierestholz werden von den Heizwerkbetreibern in Österreich unabhängig von der Größe des Heizwerkes fast ausnahmslos nach Volumen übernommen und abgerechnet. Schüttraummeter sind für diese Sortimente sowohl für die Sägewerke als auch für die mit Resthölzern handelnden

Fuhrunternehmer die gängigen Handelsmaße, die ohne besonderen Aufwand bestimmt und abgerechnet werden können.

Da kleinere und mittlere Biomasseheizwerke meist nur Restholz von einer beschränkten Anzahl nahe gelegener Sägewerke oder Holzverarbeitender Betriebe beziehen, sind die Lieferqualitäten bzw. Wassergehalte relativ konstant und es besteht gutes Einvernehmen zwischen Lieferanten und Abnehmern.



**Abbildung 29:** Resthölzer unterschiedlichster Qualität kommen bei größeren Biomasseheizwerken zum Einsatz.

Beim relativ teuren Waldhackgut gibt es Ansätze zur Abschätzung bzw. Ermittlung des gelieferten Energieinhaltes und der Anwendung von Korrekturfaktoren als Ab- bzw. Aufschläge auf den vereinbarten Preis. Die rein volumenbezogene Übernahme- und Abrechnung von Waldhackgut ohne Korrekturen für unterschiedlichen Wassergehalt hat bei mehreren Heizwerk-Genossenschaften zu Streitigkeiten zwischen den Genossenschaftsmitgliedern wegen sehr unterschiedlicher Lieferqualitäten geführt. Durch die Einführung von unterschiedlichen Preisstufen zur Abgeltung besserer bzw. schlechterer Wassergehaltsklassen konnten diese Unstimmigkeiten gelöst werden.

Die Übernahmeverrichtungen für die Befüllung kleiner Heizwerke werden an die baulichen Notwendigkeiten angepasst, wobei oft erst mit entsprechendem Erfahrungsschatz der Betreiber bzw. der Anlagenplaner einfach handhabbare Lösungen gefunden werden. Die zeitsparende Übergabe der Energieholzlieferrung ist hier neben der Volumen- und Wassergehaltsbestimmung ein sehr wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Materialtransfers zwischen dem Lieferanten und dem Abnehmer.





**Abbildung 30:** Bei Kleinanlagen bis 500 kW Heizlast werden hohe Anforderungen an die Qualität des Brennstoffes gestellt. Häufig sind einfach und rasch zu bedienende Übernahmestationen für die Wirtschaftlichkeit der Energieholzzustellung von erheblicher Bedeutung.

In der Regel kann erst bei Biomasseheizwerken ab 1.000 kW Heizlast die notwendige Logistik zur Gewichtsbestimmung der übernommenen Hackgutmengen realisiert werden, die tatsächliche Umsetzung derartiger Übernahmемethoden hängt letztlich eher von den Ambitionen der jeweiligen Betreibergruppe und dem lokalen Umfeld als von der Größe des betreffenden Heizwerkes ab.

Die Erhebungen im Rahmen dieser Studie haben ergeben, dass in Österreich auch einige der größten Biomasseheizwerke mit mehr als 40.000 t/Jahresbrennstoffbedarf, die Energieholzsortimente nur nach dem Volumen übernehmen. Nach Angaben der Heizwerksbetreiber reichen die Erfahrungswerte bei konstanten Lieferantenstrukturen für die Abschätzung des Energieinhaltes der Lieferungen aus, nicht zufriedenstellende Qualitäten werden nicht bezahlt oder bei groben Verunreinigungen bzw. überhöhtem Wassergehalt retourniert.

Für die meisten neuen Biomasse-KWK-Projekte werden Übernahmемethoden bzw. Abrechnungssysteme für die Energieholzlieferungen nach Gewicht und Wassergehalt bzw. Energieinhalt angestrebt, nach den vorliegenden Rückmeldungen sind die Konzepte hierfür noch in Bearbeitung.



## 4.4 Abrechnungsmethoden

Wie in den vorhergehenden Kapiteln bereits erläutert, können bei den bestehenden Biomasse-Heizanlagen in Österreich drei Abrechnungsarten unterschieden werden: die Abrechnung nach der erzeugten Wärmemenge, die Abrechnung nach dem Volumen und die Abrechnung nach dem Gewicht<sup>22</sup>.

### 4.4.1 Abrechnung nach erzeugter Wärmemenge

Für die Abrechnung nach erzeugter Wärmemenge muss im Primärkreis des Heizkessels ein Wärmemengenzähler eingerichtet sein. Anlagenbetreiber und Energieholzlieferant legen das Vorgehen zur Abrechnung in einem Brennstoffliefervertrag fest. Dabei wird der Brennstoffpreis pro MWh erzeugter Wärme bei einem errechneten Jahresnutzungsgrad der Heizanlage (z. Bsp. 90 % ) vereinbart. Für die Ermittlung des Jahresnutzungsgrades werden der Kesselwirkungsgrad und die Bereitschaftsverluste berücksichtigt. Bei Abweichungen vom vereinbarten Jahresnutzungsgrad wird der Brennstoffpreis angepasst.

- *Vorteile:*
  - Unabhängig von Holzart und Schüttdichte
  - Unabhängig vom Wassergehalt
  - Kostengünstige Methode zur Ermittlung der gelieferten Energiemenge
- *Nachteile:*
  - Abhängig von Jahresnutzungsgrad der Anlage
  - Abschätzung des Jahresnutzungsgrades notwendig
  - Differenzierte Abrechnung bei verschiedenen Lieferanten schwierig bis unmöglich

---

<sup>22</sup> Siehe hierzu auch Good, J. et al (2004): Planungshandbuch. Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke. 240 S.

#### 4.4.2 Abrechnung nach Volumen

Eine sehr verbreitete Methode ist die Abrechnung nach dem Volumen. Ein sehr ungenaues Verfahren, da die Dichte des Holzes und die Schüttdichte des gelieferten Materials sehr stark variieren können. In der Praxis aber von entsprechender Bedeutung, da die Bestimmung des gelieferten Volumens sehr einfach ist und praktisch keine Kosten verursacht. In der Regel wird zwischen harten Laubhölzern, weichen Laubhölzern und Nadelholz unterschieden. Der Preis wird auf Grund des angeschätzten Energieinhaltes pro Schüttraummeter für die unterschiedlichen Holzarten bzw. Holzartengruppen in Funktion des Wassergehaltes (trocken, waldfrisch) festgelegt.

In vielen Fällen wird sogar auf die Anschätzung des Energieinhaltes bzw. die Anwendung von Korrekturfaktoren für gute, besonders trockene Lieferungen bzw. schlechte, besonders feuchte Lieferungen verzichtet und pauschal nur nach Volumen verrechnet.

- *Vorteile:*
  - Einfache Bestimmung des Volumens
  - Abrechnung von verschiedenen Teilmengen und Lieferanten problemlos möglich
- *Nachteile:*
  - Grosse Unsicherheit über Energieinhalt
  - Zahlreiche Konflikte wegen unterschiedlicher Lieferqualitäten
  - Fehlender Anreiz zur Optimierung des Energieinhaltes der gelieferten Holzsortimente

#### 4.4.3 Abrechnung nach Gewicht

Bei der Abrechnung nach Gewicht spielt die Holzart und die Schüttdichte keine Rolle, allerdings muss zur Bestimmung des Energieinhaltes der repräsentative Wassergehalt einer Lieferung bestimmt werden. Die Gewichtsbestimmung erfolgt durch Wägung des Lastwagens auf der betriebseigenen Brückenwaage bzw. öffentlich zugänglichen Brückenwaagen (Gemeinde, Lagerhaus, Mühle, etc.). Wenn ausreichende Genauigkeit garantiert wird, können Lastwagen mit Gewichtssensoren ihr Messsystem verwenden.

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgt durch Schätzung nach Erfahrungswerten oder durch Probennahmen mit verschiedenen Messprinzipien. Der Preis für die Lieferungen wird anhand des Energieinhaltes pro Tonne Trockensubstanz festgelegt. Wegen des relativ hohen Aufwandes wird diese Abrechnungsart in der Regel nur bei größeren Feuerungsanlagen durchgeführt.

- Vorteile:
  - Unabhängig von Holzart und Schüttdichte
  - Hohe Genauigkeit bezüglich Energieinhalt
  - Wenig Konflikte auf Grund gerechter Abrechnung der gelieferten Qualität
  - Erhöhung der Motivation zur Optimierung des Energieinhaltes der Lieferungen
- Nachteile:
  - Messung von Gewicht und Wassergehalt notwendig
  - Errechnung des Trockengewichtes erforderlich
  - Relativ hoher Zeit- und Kostenaufwand

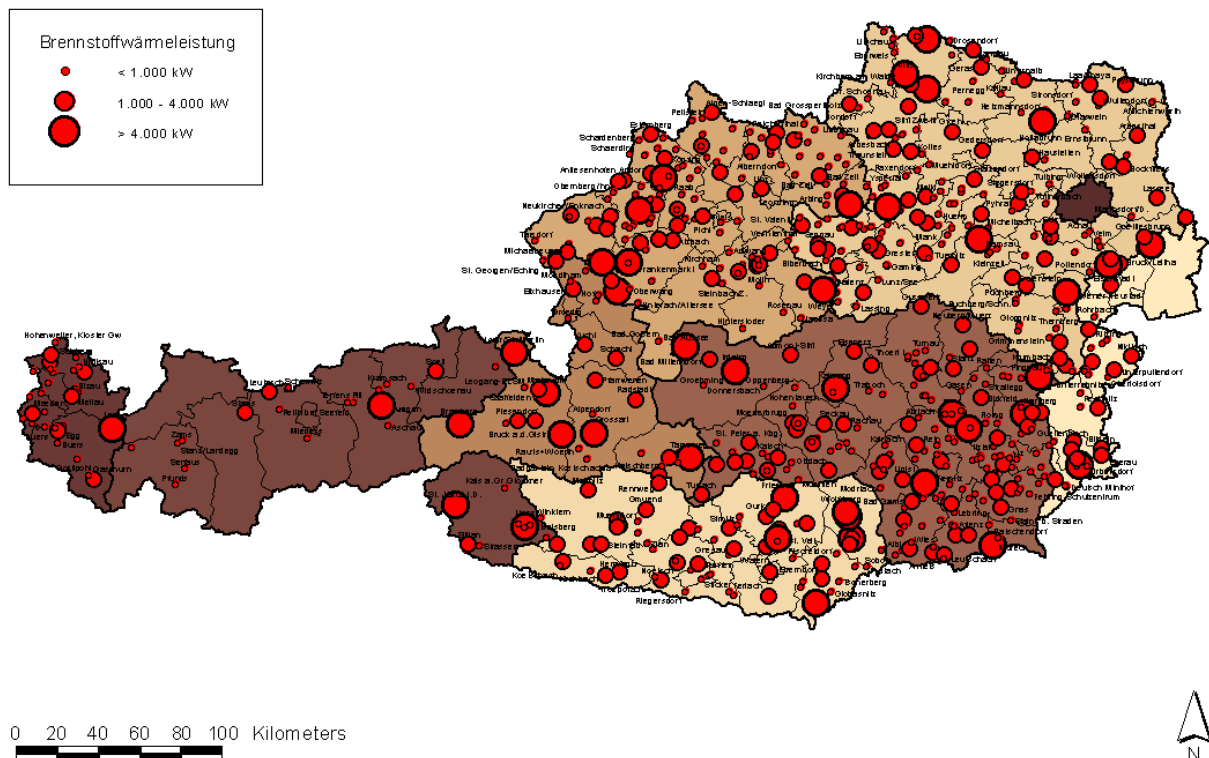
## 5 Zielgruppenanalyse in Österreich

### 5.1 Größe, Anzahl, betriebliche Struktur und Lage der Biomasseheizwerke

#### 5.1.1 Übersichtskarte der Biomasseheizwerke in Österreich skaliert nach der Brennstoffwärmeleistung

Die von Jonas, A. (NÖ LLWK) jährlich erhobenen Biomasse-Nahwärmanlagen wurden georeferenziert und nach der Brennstoffwärmeleistung skaliert auf einer Übersichtskarte dargestellt. Nach der aktuellen Erhebung von Jonas (Stand 2002) werden in Österreich 751 Biomasse-Heizwerke mit einer aufsummierten Brennstoffwärmeleistung von 875 MW betrieben. Davon liegt bei 500 Heizwerken die Brennstoffwärmeleistung unter 1.000 kW, 217 Heizwerke liegen im Leistungsbereich zwischen 1.000 und 4.000 kW und 34 Heizwerke erreichen eine Brennstoffwärmeleistung über 4.000 kW. Die Brennstoffwärmeleistung der Biomasseheizwerke der unteren Größenklasse (< 1.000 kW) summiert sich auf ca. 180 MW, der mittleren Größenklasse (1.000 bis 4.000 kW) auf ca. 445 MW und der oberen Größenklasse (> 4.000 kW) auf ca. 251 MW.

#### Biomasseheizwerke in Österreich

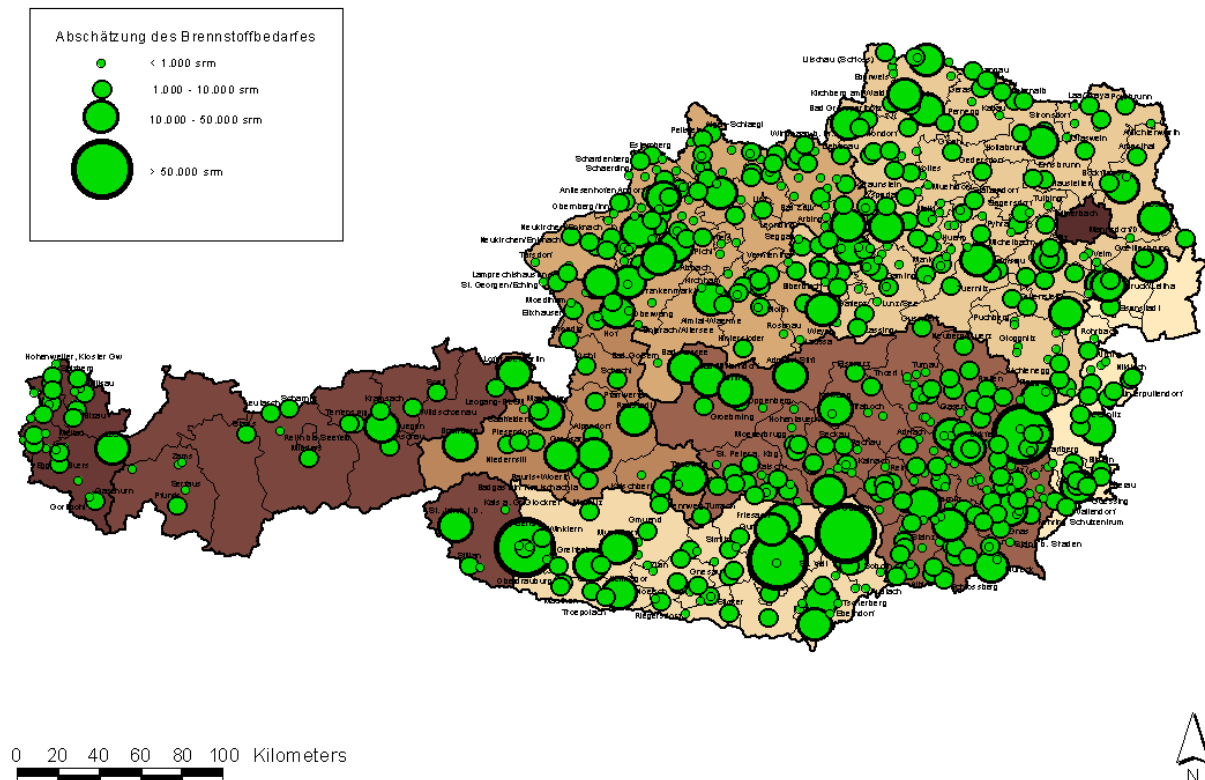


**Abbildung 31:** Übersichtskarte der Biomasse-Heizwerke in Österreich skaliert nach der Brennstoffwärmeleistung (Datenbasis Heizwerkeerhebung von Jonas, A., Stand 2002)

## 5.1.2 Übersicht der Biomasseheizwerke in Österreich skaliert nach dem abgeschätzten Brennstoffbedarf

Versucht man die Biomasseheizwerke nach dem abgeschätzten Brennstoffbedarf darzustellen, zeigen sich noch deutlicher die Gebiete mit hoher Heizwerkdichte, in denen sich die Einzugsradien für den Brennstoffeinkauf zum Teil bereits überschneiden. Für die Abschätzung des Brennstoffbedarfes wurden durchschnittliche Volllaststunden der unterschiedlichen Anlagenleistungen und durchschnittliche Brennstoffqualitäten angenommen.

### Biomasseheizwerke in Österreich

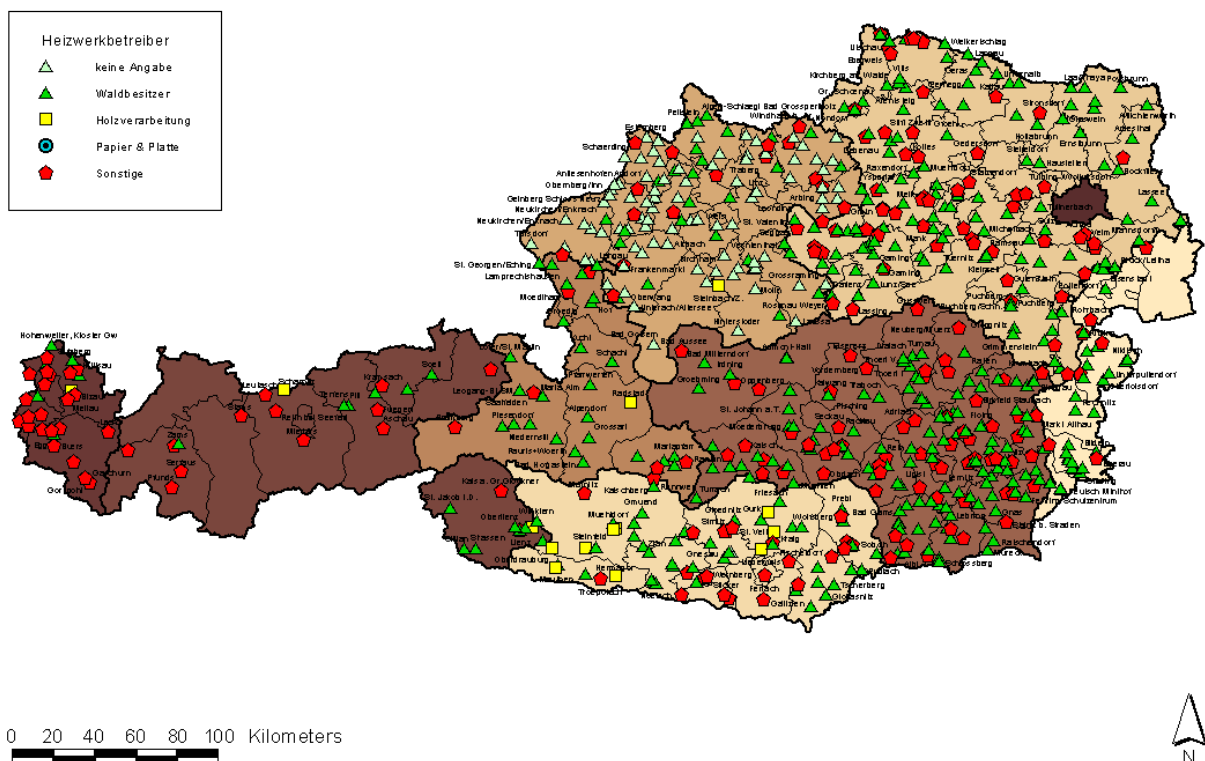


**Abbildung 32:** Übersichtskarte der Biomasse-Heizwerke in Österreich skaliert nach dem abgeschätzten Brennstoffbedarf (Datenbasis Heizwerkeerhebung von Jonas, A., Stand 2002).

### 5.1.3 Übersicht der Biomasseheizwerke in Österreich kodiert nach der betrieblichen Struktur

Bedingt durch die günstigen Investitionsförderungen für Betreibergruppen mit mehrheitlich Land- und forstwirtschaftlichem Bezug ist die überwiegende Anzahl der Biomasseheizwerke dieser Betreibergruppe (grüne Dreiecke) zuzuordnen. Einige Biomassenahwärmearbeiten wurden von holzverarbeitenden Betrieben errichtet, die neben der Versorgung der eigenen Holz Trocknungsanlagen auch Nahwärmenetze für umliegende Abnehmer betreiben (gelbe Rechtecke). Die restlichen Biomasseheizanlagen sind Gemeinden, EVUs und sonstigen Betreibergruppen zuzuordnen (rote Polygone).

#### Biomasseheizwerke in Österreich

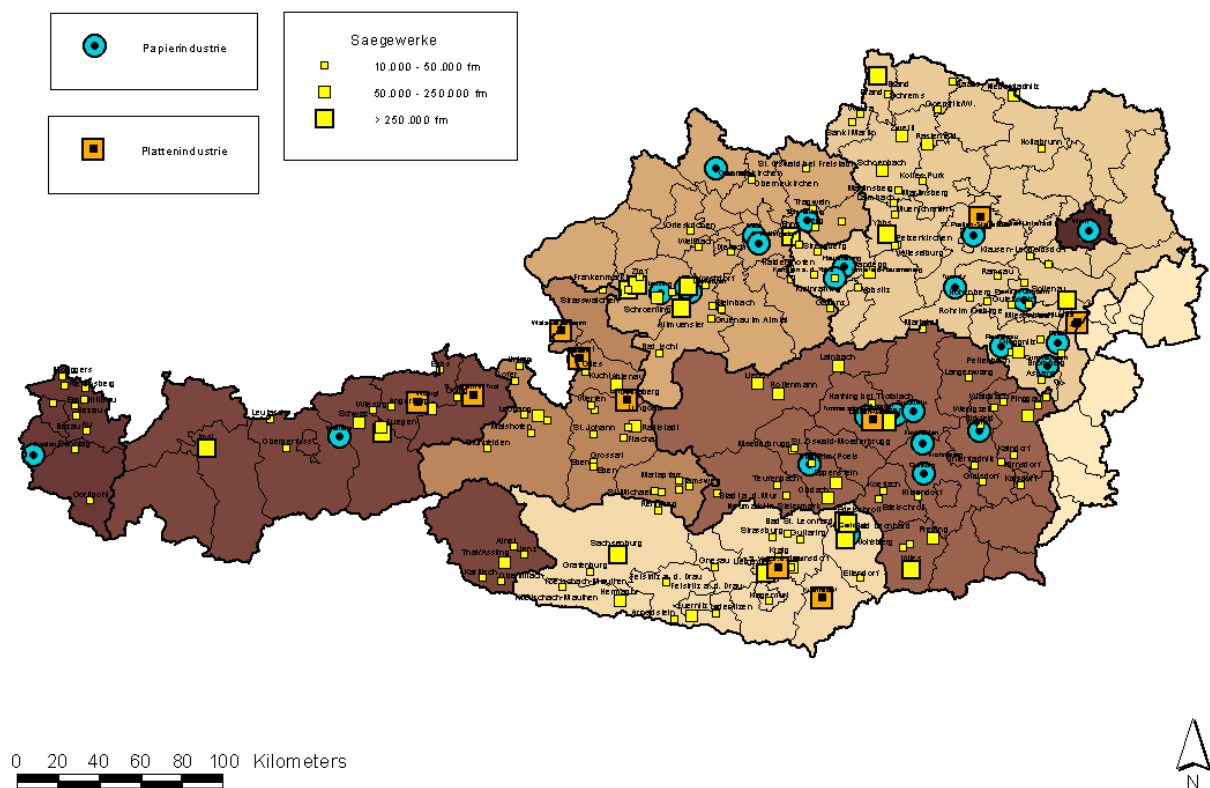


**Abbildung 33:** Übersichtskarte der Biomasse-Heizwerke in Österreich kodiert nach der betrieblichen Struktur. Grüne Dreiecke stehen für land- und forstwirtschaftliche Betreibergruppen, gelbe Rechtecke für holzverarbeitende Betriebe und rote Polygone für sonstige Betreibergruppen (Gemeinden, EVUs, etc.), (Datenbasis Heizwerkeerhebung von Jonas, A., Stand 2002).

### 5.1.4 Standortsübersicht der Papierindustrie, der Plattenindustrie und der Sägewerke

In der Erhebung von Jonas werden nur Biomassenahwärmanlagen erfasst, Biomasse-Heizanlagen der Industrie und der Sägebetriebe sind in dieser Auflistung nicht inkludiert. Es kann davon ausgegangen werden, dass sämtliche Sägewerke mit einer jährlichen Einschnittmenge von mehr als 10.000 fm Rundholz und bei fast allen Standorten der Papier- und Plattenindustrie Energieverwertungsanlagen für den Biomasseeinsatz bestehen.

#### Standorte der Papierindustrie, Plattenindustrie und Sägewerke



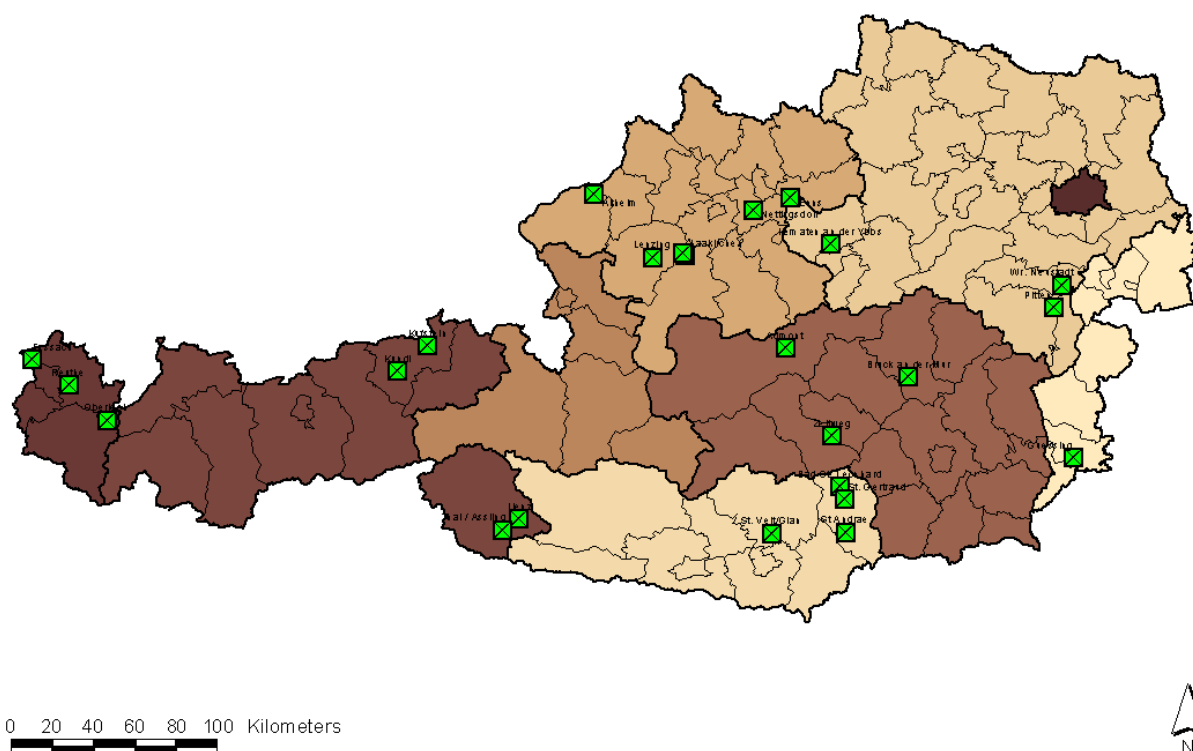
**Abbildung 34:** An den Standorten der größeren Sägebetriebe und der Papier- und Plattenindustrie befinden sich Biomasseheiz- bzw. -kraftwerksanlagen, die in der Erhebung von Jonas (NÖ-LLWK) nicht inkludiert sind.

## 5.2 Übersicht über Biomasse-KWK-Anlagen in Österreich

Durch die relativ günstigen Voraussetzungen zur Realisierung von neuen Biomasse-KWK-Projekten im Rahmen der geltenden Ökostromregelungen werden derzeit zahlreiche Standorte auf die Machbarkeit überprüft<sup>23</sup>. Durch die relativ knappe Fristsetzung für die Zusicherung der derzeit geltenden Einspeisetarife wird voraussichtlich nur ein Teil der in Prüfung befindlichen Projekte tatsächlich umgesetzt werden können.

Nach den Meldungen der Ökobilanzgruppen-Verantwortlichen (Verbund APG, TIRAG und VKW) wurde im Jahr 2003 Ökostrom aus fester Biomasse im Ausmaß von 99 GWh ins Stromnetz eingespeist. Die Durchschnittsvergütung betrug hierfür inklusive Ausgleichsenergie 8,73 Cent/kWh<sup>24</sup>.

### Biomasse KWK Anlagen



**Abbildung 35:** Übersichtskarte der Biomasse-KWK-Anlagen in Österreich (Stand 2003).

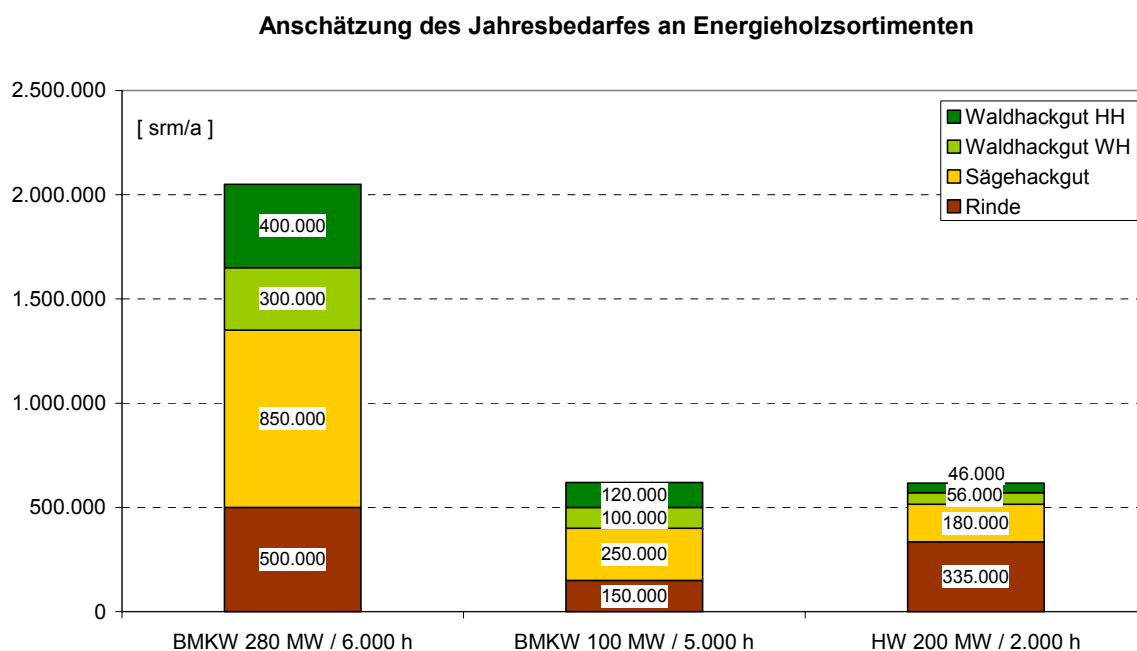
<sup>23</sup> Siehe hierzu auch Lechner, H. et al (2003): Machbarkeitsstudie „4% Ökostrom bis 2008“ fokussiert auf den Beitrag von Biomasse-KWK-Anlagen (> 5 MWth). E.V.A., Wien, 430 S.

<sup>24</sup> Aktuelle Zahlen zu Ökostrom können über die Internet-Informationendienste der E-Control unter der Webadresse <http://www.e-control.at> abgerufen werden.



Eine verstärkte Nachfrage nach Energieholzsortimenten zeichnet sich für den Zeitraum nach 2006 ab, woraus sich auch eine Motivationslage für die Erarbeitung von empfehlenswerten Übernahmемethoden für Energieholzsortimente bzw. für ein umfassendes Energieholzprogramm zur Mobilisierung ungenutzter Holzressourcen aus dem Kleinwaldbereich ergibt.

Bei der Abschätzung des zusätzlichen Brennstoffbedarfes für neue Biomasse-KWK-Projekte sollte beachtet werden, dass diese Anlagen mit hohen Vollaststundenzahlen (> 4.000 h pro Jahr) betrieben werden müssen, um den großen Investitionsaufwand zu gerechtfertigen. Dadurch ergibt sich bei gleicher Brennstoffwärmeleistung ein wesentlich höherer Brennstoffbedarf, als bei reinen Biomasseheizwerken, deren durchschnittliche Auslastung in Österreich selten 2.500 Vollaststunden überschreitet.



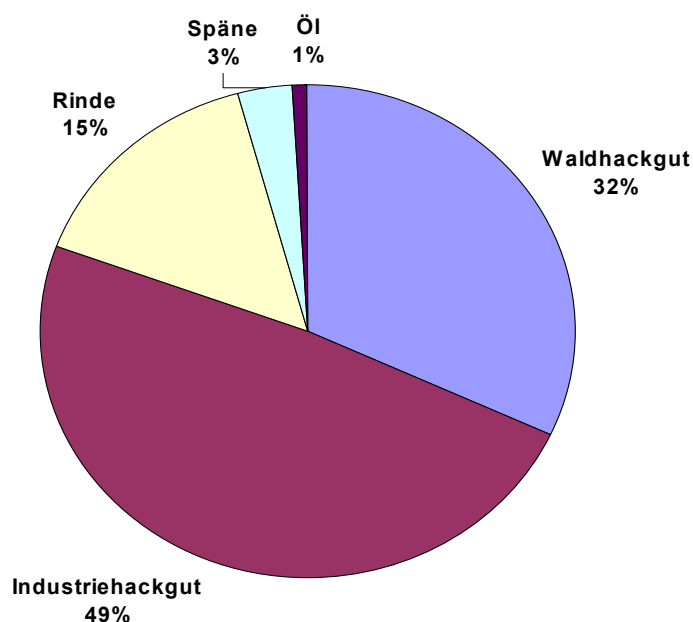
**Abbildung 36:** Bei Annahme von 2.000 Betriebsstunden summiert sich der Energieholzbedarf von 170 Biomasseheizwerken in NÖ und BGLD mit einer Gesamt-Brennstoffwärmeleistung von ca. 200 MW auf ca. 650.000 SRM (rechte Säulendarstellung, HW 200 MW / 2.000 h). Ein Biomassekraftwerk mit 100 MW Brennstoffwärmeleistung würde bei 5.000 Betriebstunden eine etwa gleich große Brennstoffmenge benötigen (mittlere Säulendarstellung, BMKW 100 MW / 5.000 h). In Skandinavien (Finnland, Schweden) wurden mehrere Biomasse-Heizkraftwerke mit einer Brennstoffwärmeleistung > 200 MW errichtet, zur Abdeckung des Brennstoffbedarfes von derartigen Großanlagen müssen ausgereifte Logistikkonzepte entwickelt werden (linke Säulendarstellung, BMKW 280 MW / 6.000 h).

### 5.3 Brennstoffarten und Lieferantenstrukturen

Eine wesentliche Motivation für die Förderung von Biomasseheizanlagen ist die verstärkte Nutzung von Waldhackgut und damit die Wertschöpfung im ländlichen Raum. Wie sich aus den Erhebungen der E.V.A. bei österreichischen Biomasseheizwerken gezeigt hat, nimmt Waldhackgut mit 32% einen erheblichen Anteil am Primärenergieaufkommen der Biomasseheizwerke in Österreich ein. Demgegenüber weist Rinde mit nur 15% einen unerwartet niedrigen Anteil auf. Rund die Hälfte der eingesetzten Primärenergie wird gemäß der Erhebung der E.V.A. mit Industriebhackgut gestellt. Die Umrechnung der Einsatzmengen in Primärenergie erfolgte mit den Richtwerten 750 kWh/srm für Waldhackgut, 650 kWh/srm für Industriebhackgut, sowie 600 kWh/srm für Rinde und Späne.

Es zeigen sich erhebliche Verschiebungen gegenüber Untersuchungen, die Rakos Anfang der 90er Jahre durchführte. Bei der Auswertung von Daten aus 77 Heizwerken, die 1993 erhoben wurden, lag der Anteil der Primärenergie aus Rinde bei 56%, aus Industriebhackgut bei 27% und aus Waldhackgut bei 17%. Diese Entwicklung spiegelt die zunehmende innerbetriebliche energetische Nutzung von Rinde in Sägewerken zur Holz Trocknung wider. Die deutliche Zunahme der Waldhackgutnutzung entspricht der Förderintention und ist in diesem Sinne auch positiv zu beurteilen.

#### Primärenergiebeitrag der eingesetzten Brennstoffe



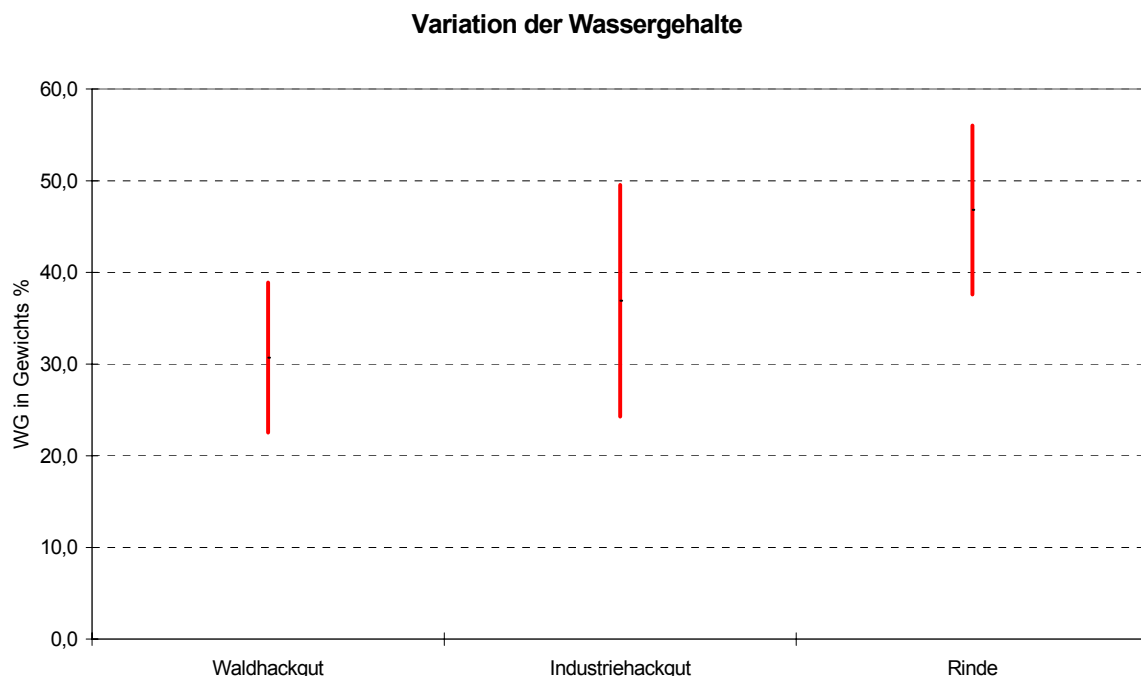
**Abbildung 37:** Primärenergiebeitrag der eingesetzten Brennstoffe in österreichischen Biomasseheizwerken > 500 kW Nennleistung nach einer Erhebung der E.V.A. im Kalenderjahr 2003.

Die Lieferantenstrukturen unterscheiden sich bei kleineren Anlagen (unter 1.000 kW Brennstoffwärmeleistung) deutlich von mittleren Biomasseheizwerken (1.000 bis 4.000 kW) und vor allem von großen Biomasseheizwerken (über 4.000 kW). Während bei

Kleinanlagen oft die Liefergemeinschaft der Betreibergruppe im Vordergrund steht und ein relativ hoher Anteil des Brennstoffbedarfes aus Waldhackgut abgedeckt wird, nimmt mit steigender Anlagengröße der Waldhackgutanteil ab und der Industrierestholzanteil bzw. Rindeneinsatz zu.

## 5.4 Variation der Wassergehalte

Nach den Rückmeldungen der Biomasseheizwerkbetreiber<sup>25</sup> weisen die übernommenen Energieholzsortimente bei Waldhackgut einen Wassergehalt von durchschnittlich 31 % (+/- 8,2 %), bei Industriebhackgut von 37 % (+/- 12,6 %) und bei Rinde von 47 % (+/- 9,2 %) auf.



**Abbildung 38:** Das an die österreichischen Biomasseheizwerke gelieferte Waldhackgut weist laut Angaben der Biomasse-Heizwerkbetreiber einen durchschnittlichen Wassergehalt von ca. 31 % auf, Industriebhackgut wird mit durchschnittlich 37 % Wassergehalt und Rinde mit durchschnittlich 47 % Wassergehalt geliefert.

---

<sup>25</sup> Die Rückmeldungen der Heizwerkbetreiber zu den Wassergehalten der Energieholzliefereien beruhen auf deren Erfahrungswerten und stellen nicht Messwerte aus einheitlichen und abgeglichenen Messverfahren dar.

## 5.5 Genauigkeitserfordernisse

Bei kleinen Heizwerkanlagen bis 500 kW Heizlast muss für den störungsfreien Betrieb der Kesselanlage Hackgut guter Qualität zur Verfügung gestellt werden. Sowohl grobe Verunreinigung bei der Stückigkeit als auch zu hohe Wassergehalte über 35 % führen zu Störungen der Fördereinrichtungen bzw. zu Problemen mit dem Verbrennungsprozess. Daher wird bei Kleinanlagen besonders auf die Einhaltung der vereinbarten Lieferqualitäten geachtet, am besten funktioniert die Qualitätskontrolle, wenn der Anlagenbetreiber auch der Brennstofflieferant ist, wie dies bei bäuerlichen Betreibergruppen die Regel ist.



**Abbildung 39:** Bei kleinen Biomasseheizanlagen bis 500 kW Heizlast wird der Brennstoffqualität große Bedeutung beigemessen. Unregelmäßige Stückigkeit und zu hoher Wassergehalt können große Probleme beim Anlagenbetrieb verursachen.



Ab einer Brennstoffwärmeleistung von 500 kW werden Kesselanlagen angeboten, die bereits mit einer großen Bandbreite von Energieholzsortimenten betrieben werden können. Die von den Kesselherstellern angegebenen Werte für den zulässigen Wassergehalt liegen bei dieser Anlagengröße - entsprechende Feuerungstechnologie vorausgesetzt - zwischen 10 % bis 55 %.

Ab 1 MW Brennstoffwärmeleistung werden Kessel angeboten, die Energieholzsortimente mit einem Wassergehalt zwischen 10 % bis 60 % verwerten können, ab 4 bis 5 MW wird von den Kesselherstellern ein Wassergehalt bis zu 65 % zugelassen.



**Abbildung 40:** Brennstofflager eines großen Biomasseheizwerkes in Österreich mit einem Brennstoffmix aus unterschiedlichsten Energieholzsortimenten. Bei großen Kesselanlagen werden von den Kesselherstellern Brennstoffe mit einem Wassergehalt zwischen 10 % bis 60 (65) % zugelassen. Die Heizwerksbetreiber mischen die unterschiedlichen Brennstoffe in der Regel nach den eigenen Erfahrungswerten für den störungsfreien Anlagenbetrieb ab.



**Abbildung 41:** Die Stückigkeit des Brennstoffes kann (z.Bsp. Brückenbildung bei Rinde) auch bei größeren Anlagen zu Problemen mit der Brennstoffbeschickung führen.

## **5.6 Definition von Anwendergruppen**

Mit dem Augenmerk auf die Energieholzübernahme wurde versucht, Anwendergruppen zu definieren. Als wesentlichste Kriterien wurden hierbei die Brennstoffwärmeleistung der Kesselanlage und die betriebliche Struktur der Heizwerksbetreiber berücksichtigt. Die Betriebsart der Anlage ist hingegen für den Brennstoffeinkauf bzw. für die Übernahmemethoden nur von untergeordneter Bedeutung.

### **5.6.1 Anwendergruppen nach der Brennstoffwärmeleistung der Anlage:**

- < 1 MW
- 1 bis 4 MW
- 4 MW

### **5.6.2 Anwendergruppen nach der betrieblichen Struktur der Anlagenbetreiber:**

- Von Waldbesitzern dominierte Genossenschaft oder GmbH
- Holzverarbeitende Industrie mit Restholzanfall für die energetische Nutzung
- Papier- und Plattenindustrie mit Restholzbedarf für die energetische Nutzung
- Sonstige (Energieversorgungsunternehmen, Industrie, Kommunen, etc.)

### **5.6.3 Anwendergruppen nach der Betriebsart**

- reine Wärmeerzeugung (Biomasseheizwerk)
- Wärme-Kraftkopplung (wärmegeführte Biomassekraftwerke mit Ökostromerzeugung)
- Stromerzeugungsanlagen (stromgeführte Biomassekraftwerke zur überwiegenden Stromerzeugung, geringe bis keine Wärmeauskopplung)

## **6 Normen und Richtlinien für feste Biobrennstoffe**

### **6.1 Probennahme, Probenbehandlung und Probenreduktion**

Bei der Übernahme von oftmals sehr heterogenen Holz-Brennstoffsortimenten, kommt einer repräsentativen Entnahme der Proben für die anschließende Wassergehaltsbestimmung eine ganz zentrale Rolle zu. Die angeführten Normen und Richtlinien können diesbezüglich Wegweiser sein, doch müssen die Verfahren meist den spezifischen Gegebenheiten angepasst werden.

Verfahren bei denen keine Probenziehung für die weitere Analyse notwendig ist, werden in den Normen und Richtlinien zumeist nicht behandelt. In diesem Fall muss auf eine repräsentative Verteilung der Messstellen über die gesamte Ladung Sorge getragen werden.

Nach der Entnahme der Probe kommt - gerade bei einer daran anschließenden Wassergehaltsbestimmung - dem sorgsamem Handling der Proben besondere Bedeutung zu. Wie man mit Proben zwischen Entnahme und Analyse verfährt und welche Handlungen tunlichst unterlassen werden sollten, wird in den angeführten Normen und Richtlinien für verschiedene Holzsortimente dargelegt.

Um eine Ladung repräsentativ beproben zu können, ist es zumeist notwendig, eine größere Probemenge an unterschiedlichen Stellen zu ziehen. Die Gesamtmenge dieser Proben ist aber in vielen Fällen zu groß, um in ihrer Gesamtheit analysiert werden zu können. Aus diesem Grund ist es erforderlich, Proben in repräsentativer Weise mit speziellen Verfahren auf eine analysierbare Probenmenge zu reduzieren.

#### **6.1.1 prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 1 Methods for sampling**

##### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels - Arbeitspapier für TS vom Juli 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 80 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS (Technische Spezifikation = Art Vornorm die nur in Englisch erscheint und nur eine dreijährige Gültigkeit hat; danach Überführung in eine EN-Norm)

##### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

##### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

## Inhalte

Umfassendes Normenwerk betreffend die Entnahme von festen Biobrennstoffproben. Bestimmte Punkte stammen aus praktischen Erfahrungen einiger Länder, andere wurden im Zuge der Normenarbeit entwickelt, d.h. der Praxistest steht bis dato aus (insbesondere hinsichtlich der Anzahl an zu entnehmenden Proben).

- Probennahme dient zur späteren Analyse von Wassergehalt, Heizwert, Schüttdichte, Abrieb (Pellets), Verteilung der Partikelgrößen, Asche, chemische Zusammensetzung des Brennstoffes
- Darstellung und Beschreibung von Geräten zur manuellen und automatischen Entnahme von Proben (Anm: Angaben z.T. nicht sehr präzise)
- Definition betreffend geforderte Mindestkapazität der Probennahmegeräte in Abhängigkeit von der Partikelgröße des Brennstoffes (0,5 Liter bei Partikelgröße < 10 mm bzw. Berechnung bei größeren Partikelgrößen)
- Berechnungsfunktionen zur Ermittlung der notwendigen Anzahl an Proben die von einer Lieferung oder Lager zu entnehmen sind. Ermittelte Werte sind abhängig von der Heterogenität des Brennstoffes (3 Gruppen) und davon, ob die Probenahme stationär oder automatisch aus dem Gutstrom erfolgt
- Hinweise zur Probennahme von Förderbändern, fallenden Massenströmen, Containern, Lagerräumen, Säcken bis 20 kg, Piles, Schiffen und Waggonen
- Hinweise zur Erstellung der Analyseproben sowie der Probenbehandlung (Anm: Vorgehen für Bestimmung des Wassergehaltes wird besonders herausgearbeitet)
- Informativer Annex A beinhaltet Vorgehen für die Entnahme von Proben aus einem großen Pile



### **6.1.2 prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 2 Methods for sampling particulate material transported in lorries**

#### **Ausgabe**

CEN/TC 335 Solid Biofuels – WG3: Arbeitspapier vom Juli 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 80 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS.

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

#### **Inhalte**

Normenwerk, welches sich grundsätzlich an den Inhalten der allgemeinen Norm für die Probennahmen orientiert (siehe CEN/TS 14778). Aufgrund der Wichtigkeit des Transportes von Biobrennstoffen mit Lastkraftwagen wird aber eine eigene Norm geschaffen, die in vielen Punkten deutlich detaillierter die Vorgehensweise und die Geräte zur Probennahme beschreibt.

- Probennahme dient für eine spätere Analyse von Wassergehalt, Heizwert, Schüttdichte, Abrieb (Pellets), Verteilung der Partikelgrößen, Asche, chemische Zusammensetzung des Brennstoffes
- Beschreibung und Definition der Größe und des Fassungsvermögens von Geräten zur Entnahme der Proben (Probenahmen-Box, Schöpfkelle, Schaufel, Gabel, Greifer)
- Hinweise und Darstellung für mechanische Probennahme (automatische Einstechlanze)
- Vorgehen bei der Entnahme von einem abgekippten Brennstoffhaufen
- Vorgehen bei der Entnahme von Proben während der Entladung
- Hinweise zur Erstellung der Analyseproben sowie der Probenbehandlung

### **6.1.3 prCEN/TS 14779 Solid Biofuels – Sampling – Part 3 Methods for sampling plans and sampling certificates**

#### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels - Arbeitspapier für TS vom Juli 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 80 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS.

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

#### **Inhalte**

Normenwerk, welches sich mit dem vor der Entnahme der Proben festzulegenden Probenplan auseinandersetzt. Vorlagen wie ein solcher Probenplan aussehen könnte, sind im Annex beigefügt.

- Ermittlung der gesamten Probenmenge einer Lieferung bzw. eines Lagers
- Hinweise zur Erstellung des Probennahmeplans sowie einer Probennahmebestätigung
- Annex A – Vorschlag für Probennahmeplan (Tabellenform zum Ausfüllen)

## **6.1.4 CEN/TS Solid Biofuels – Methods for sample reduction**

### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels - Arbeitspapier für TS vom Juli 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 80 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS. Bisher wurde von CEN für dieses Papier noch keine Normnummer vergeben.

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Künftig CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

### **Inhalte**

Norm, die sich mit der Reduktion von entnommenen Proben zu Laborproben und der Reduktion von Laborproben zu Analyseproben auseinandersetzt.

- Proben können danach hinsichtlich folgender Parameter analysiert werden: Wassergehalt, Heizwert, Schüttdichte, Abrieb (Pellets), Verteilung der Partikelgrößen, Asche, chemische Zusammensetzung des Brennstoffes
- Beschreibung von Geräten zur Massenreduktion und Partikelgrößereduktion sowie Festlegung der Anforderungen an Siebe und Waagen
- Prinzip und genauer schematischer Ablaufplan für die Probenreduktion
- Beschreibung verschiedener Methoden für die Erstellung von Laborproben (z.B. Viertelverfahren)
- Beschreibung einer Methode zur Reduktion der Laborprobe zu Teilsamples und Analysesamples

### **6.1.5 SCAN-CM 41:94 Sampling – Wood chips for pulp production**

#### **Ausgabe**

1994

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Scandinavian Pulp, Paper and Board – Testing Committee in Stockholm (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Industriehackgut

#### **Inhalte**

Richtlinie für die Probennahme von Industriehackgut, welche sich in erster Linie auf die Entnahme von Proben vom Förderband konzentriert. Weiters wird die Probenreduktion mittels einer sog. Mischtrommel behandelt.

- Ausführliche Beschreibung über die Problematik der Entnahme von repräsentativen Proben, systematische Fehlerquellen und spezifischen Einflüssen bei Entnahmen vom Förderband sowie stationär vom LKW oder von Haufen
- Beschreibung von Geräten zur Entnahme vom sich bewegenden Förderband bzw. vom stillstehenden Förderband
- Grafische Darstellung einer sog. Mischtrommel für die Probenreduktion von rund 60 – 80 Liter auf 8 – 10 Liter
- Beschreibung der Probennahme vom sich bewegenden Förderband bzw. vom stillstehenden Förderband (Durchführung, zu entnehmende Probenmenge)
- Kurze Beschreibung der Probenreduktion mittels Mischtrommel

## **6.1.6 Swedish Standard SS 18 71 13 Biofuels and Peat - Sampling**

### **Ausgabe**

1998

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Swedish Standards Institute (Adresse siehe Anhang)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle in Schweden relevanten Biobrennstoffe inklusive Torf.

### **Inhalte**

Äußerst umfangreiche schwedische Norm, welche sich mit der Probennahme von Biobrennstoffen und Torf auseinandersetzt. Grundlage für die Norm ist die ISO 1998 Hard coal sampling (1975). Einige wichtige Inhalte dieser Norm finden sich bereits in den diesbezüglichen CEN-Normenvorschlägen wieder.

- Beschreibung allgemeiner Probleme bei der Probennahme (zufällige Fehler, systematische Fehler, Genauigkeit und „wahrer Wert“, Abhängigkeit von der später geplanten Analyse (z.B. Wassergehalt anders als Schwermetallanalyse), Grundlagen für die Erarbeitung von Personalinstruktionen)
- Darstellung grundlegender Probleme bei der Probennahme (statistische Genauigkeiten, notwendige Probenanzahl, minimale Probenmenge je Teilprobe, Hinweise zur Probenreduktion und zum Probenplan)
- Detaillierte Darstellung der Probennahme von Fahrzeugen zur Bestimmung des Wasser- und Aschengehaltes. Methoden zur Entnahme der Proben von der Oberseite des Fahrzeuges, sowie während der Entleerung werden dargestellt. (Anzahl der Proben, Geräte zur Probennahme, Verteilung der Probeentnahmepunkte am Fahrzeug)
- Detaillierte Darstellung der Probennahme aus dem Materialfluss eines Förderbandes (Anzahl der Proben, Referenzmethode, Entnahme vom ruhenden Band, Entnahme vom sich bewegenden Band, Entnahme aus dem fallenden Materialfluss, Entnahme vom Becherkettenförderer)
- Darstellung der Probennahme von Haufen, Stapeln etc. (Anzahl an Proben, Probennahme für Wassergehalt bzw. Asche)
- Kurze Hinweise zum Handling der Proben
- Annex A mit ausführlichen Beispielen zur Bestimmung der Anzahl an Proben
- Annex B mit Ausführungen zu Fehlern und Abweichungen bei der Probennahme aus statistischer Sicht

### **6.1.7 Swedish Standard SS 18 71 14 Biofuels and Peat – Sample preparation**

#### **Ausgabe**

1992

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Swedish Standards Institute (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle in Schweden relevanten Biobrennstoffe inklusive Torf.

#### **Inhalte**

Norm, die sich mit dem Handling der entnommen Proben, der Probenreduktion und der Herstellung von Analyseproben beschäftigt. Basis ist wiederum die ISO 1998 Hard coal sampling (1975), sowie die SS 18 71 13 (1998).

- Herstellung der Proben mit besonderem Hinweis auf die Wassergehaltsbestimmung
- Allgemeine Präparationshinweise (Wasserverluste vorbeugen, systematische Fehler, Reinigung von Mühlen für Probenreduktion, Genauigkeitseinflüsse beim Mahlen von Proben)
- Prozedur zur Erstellung der Analyseproben (Homogenisierung der Proben, Probenreduktionsmethoden)
- Hinweis zu Reserveproben
- Hinweise zur Lagerung von Analyseproben



## **6.1.8 ÖNORM M 7133 Holzhackgut für energetische Zwecke – Anforderungen und Prüfbestimmungen**

### **Ausgabe**

1998

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Österreichisches Normungsinstitut (Adresse siehe Anhang)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Energiehackgut

### **Inhalte**

Umfassende Norm zur Charakterisierung, Spezifikation und Prüfung von Energiehackgut. Punkt 4.1 beschreibt die Probennahme und Probenaufbereitung und Punkt 4.2 die Weiterbehandlung zur Bestimmung des Wassergehaltes.

- Repräsentativität der Probennahme, Mindestprobenmenge
- Allgemeine Formulierungen zur Probennahme aus dem fließenden Gut (Voraussetzung gleichmäßiger Materialfluss, Mögliche Orte der Probennahme, zeitliche Abstände zwischen den Proben, Mindestanzahl an Proben)
- Probennahme aus Haufen, Aufschüttungen und Transportfahrzeugen (Beschreibung und grafische Darstellung)
- Herstellung einer Sammelrohprobe und Sammelmischprobe (Homogenisierung der entnommenen Proben, Kegelverfahren)
- Verjüngung der Proben = Probenreduktion (Beschreibung und grafische Darstellung des Viertelverfahrens)
- Hinweise zur Probenbehandlung für die Bestimmung des Wassergehaltes

### **6.1.9 ÖNORM M 7135 Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde – Pellets und Briketts – Anforderungen und Prüfbestimmungen**

#### **Ausgabe**

2000

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Österreichisches Normungsinstitut (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Pellets und Briketts aus Holz oder Rinde

#### **Inhalte**

Umfassende Norm zur Charakterisierung, Spezifikation, Prüfung und Fremd- sowie Eigenüberwachung von Pellets und Briketts aus Holz oder Rinde. Punkt 6.1 beschäftigt sich mit der Probennahme. Dabei werden zwei Arten der Probennahme unterschieden.

- Entnahme aus dem fließenden Gut (5 Einzelproben mit einer Masse von jeweils mindestens 0,5 kg, Probennahme hat an der letztmöglichen Entnahmestelle am Produktionsort zu erfolgen, Einzelproben sind zeitlich gestaffelt zu entnehmen)
- Entnahme aus dem ruhenden Gut (mind. 5 Einzelproben, gleichmäßig verteilte Entnahme vom Lager, Transportfahrzeug, Palette, Container)

#### **Anmerkung**

Gleiche Anforderungen an die Probennahme von Presslingen aus Holz oder Rinde werden noch in folgenden Richtlinien gefordert:

- Österreichisches Umweltzeichen UZ 38 – Brennstoffe aus Biomasse - Briketts und Pellets (2002)
- DINplus Zertifizierungsprogramm Holzpellets zur Verwendung in Kleinf Feuerungsstätten (2002)
- Pelletsverband Austria – Gütevorschriften – Produktion von Pellets (2001)

### **6.1.10 DIN 51731 Prüfung fester Brennstoffe – Presslinge aus naturbelassenem Holz – Anforderungen und Prüfung**

#### **Ausgabe**

1996

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Deutsches Normungsinstitut (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Pellets und Briketts aus Holz oder Rinde

#### **Inhalte**

Umfassende Norm zur Charakterisierung, Spezifikation, Prüfung und Fremd- sowie Eigenüberwachung von Pellets und Briketts aus Holz. Punkt 6 beschäftigt sich mit der Probennahme.

- Entnahme von Proben an fünf aufeinanderfolgenden Arbeitstagen (120 Briketts bzw. 120 kg Pellets)
- Darstellung der Probenreduktion und der Erstellung der spezifischen Analyseproben anhand eines grafischen Schemas

### **6.1.11 Kooperationsabkommen FPP – Richtlinien zur Anwendung der Gewichtsvermessung von Industrieholz**

#### **Ausgabe**

1994

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Kooperationsabkommen FPP (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Rundholz

#### **Inhalte**

Gemeinsame Richtlinie der österreichischen Forstwirtschaft sowie der österreichischen Papier- und Plattenindustrie zur Übernahme von Industrierundholz nach dem angelieferten Trockengewicht. Punkt 2 der Richtlinie beschäftigt sich mit der Probennahme und der Probenbehandlung. Probennahme ist rein auf die Erstellung von Proben zur Wassergehaltsbestimmung ausgerichtet.

- Definition von Anzahl und Probennahmeort, der zu entnehmenden Spanproben in Abhängigkeit der Anlieferung als Lang- oder Kurzholz
- Festlegungen betreffend Art der Probennahme (Schnittführung, Repräsentativität der Probennahme, Schnee- und Eisanhang)
- Definition der Probennahmegeräte sowie Festlegungen hinsichtlich deren Funktionstüchtigkeit zur Probennahme (scharfe, gespannte Kette)
- Definition der Einschnitttiefe
- Probenbehandlung (Schutz vor Austrocknung, Verunreinigung, Kennzeichnung)

## **6.1.12 Papierholz Austria – Holzübernahmerichtlinien – Punkt 2 Industriehackgut**

### **Ausgabe**

2002

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Papierholz Austria GmbH (Adresse siehe Anhang)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Industriehackgut

### **Inhalte**

Teil 2 der Holzübernahmerichtlinie beschäftigt sich mit der Übernahme von Industriehackgut nach Qualität und angelieferter Hackgutmenge (atro). Die Richtlinie beinhaltet Methoden zur standardmäßigen Beprobung von LKW's und Waggonen, sowie für spezielle Beprobungen in Reklamationsfällen. Probennahme ist spezifisch auf die Erstellung von Proben zur Wassergehaltsbestimmung ausgerichtet.

- Firmenangepasstes Auswahlssystem für die Beprobung ankommender Lieferungen (abhängig von der angelieferten Menge Hackgut pro Monat jedes Lieferanten)
- Entnahme der Teilproben im Standardfall von der Oberseite des Fahrzeuges (Orte der Probennahme, Definition der Entnahmeschaufel, detaillierte Beschreibung der Durchführung der Beprobung, Probenmenge, Schutz der Proben vor Witterungseinflüssen)
- Homogenisierung der Proben und Probenreduktion (Kegelverfahren und Viertelverfahren aus ÖNORM M 7133)
- Entnahme der Proben in Ausnahmefällen nach dem Abkippen (Orte der Probennahme, detaillierte Beschreibung der Durchführung der Beprobung, Probenmenge, Viertelverfahren, Schutz der Proben vor Witterungseinflüssen)

## **6.2 Wassergehalts- bzw. Holzfeuchtebestimmung**

Normen und Richtlinien betreffend die Analyse des Wassergehaltes oder der Holzfeuchte haben fast ausschließlich die klassische Darrofenmethode zum Thema (Ausnahmen: Schnelldarrverfahren mittels Heißluftofen und elektrische Widerstandsmessung bei Schnittholz). Unterschiede zwischen den normativen Verfahren finden sich in erster Linie hinsichtlich der damit erreichbaren Genauigkeiten, wobei die sehr genauen Bestimmungsverfahren für die praktische Übernahme von Energieholz keine Relevanz haben, sondern nur als Referenzmethode Verwendung finden.

### **6.2.1 prCEN/TS 14774-1 Feste Biobrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes – Verfahren der Ofentrocknung – Teil 1: Gehalt an Gesamtwasser - Referenzverfahren**

#### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels – Schlussentwurf vom September 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 100 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS.

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

#### **Inhalte**

Norm beschreibt hoch präzises Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes durch Trocknung im Darrofen.

- Gerätedefinition (Trockenschrank: Temperaturgenauigkeit  $105 \pm 2$  °C und 3 – 5 Luftwechsel pro Stunde; Art und Größe der Trockenschalen 1 g Probe je cm<sup>2</sup>; Waage: Genauigkeit 0,1 Gramm)
- Probenvorbereitung (lt. CEN/TS 14778 und CEN/TS 14780; Lieferung in luftdichten Behältern; Probenmenge mind. 300 g, vorzugsweise eher mehr als 500 g; bei größeren Teilchen Nenngröße 100 mm soll Probenmenge 1 – 2 kg betragen)
- Durchführung der Wassergehaltsbestimmung (Bestimmung von Wasserrückständen im Beutel oder Behälter; Trocknung der Proben bis zur Massenkonstanz bei 105 °C d.h. Masseverlust kleiner 0,2 % innerhalb von 2 Stunden; Auswaage der Probe innerhalb von 10 s - 15 s; Wärmedämmung zum Kontaktschutz der Waage)
- Berechnung des Wassergehaltes bezogen auf die Feuchtmasse und den Wassergehalt bezogen auf die Trockenmasse



## **6.2.2 prCEN/TS 14774-2 Feste Biobrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes – Verfahren der Ofentrocknung – Teil 2: Gehalt an Gesamtwasser – Vereinfachtes Verfahren**

### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels – Schlussentwurf vom September 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 100 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS.

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

### **Inhalte**

Norm beschreibt Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes durch Trocknung im Darrofen. Verfahren wird angewendet, wenn keine sehr hohe Präzision erforderlich ist.

- Gerätedefinition (Trockenschrank: Temperaturgenauigkeit  $105 \pm 2$  °C und 3 – 5 Luftwechsel pro Stunde; Waage: Genauigkeit 0,1 Gramm)
- Probenvorbereitung (lt. CEN/TS 14778 und CEN/TS 14780; Lieferung in luftdichten Behältern; Probenmenge mind. 300 g, vorzugsweise eher mehr als 500 g; bei größeren Teilchen Nenngroße 100 mm soll Probenmenge 1 – 2 kg betragen)
- Durchführung der Wassergehaltsbestimmung (Bestimmung von Wasserrückständen im Beutel oder Behälter; Trocknung der Proben bis zur Massenkonstanz bei 105 °C d.h. Masseverlust kleiner 0,2 % innerhalb von 2 Stunden; Auswaage der Probe innerhalb von 10 s - 15 s; Wärmedämmung zum Kontaktschutz der Waage; Proben sollten nicht länger als 24 h gedarrt werden)
- Berechnung des Wassergehaltes bezogen auf die Feuchtmasse

### **6.2.3 prCEN/TS 14774-3 Feste Biobrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes – Verfahren der Ofentrocknung – Teil 3: Wassergehalt in gewöhnlichen Analyseproben**

#### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels – Schlussentwurf vom September 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 100 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS.

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

#### **Inhalte**

Norm beschreibt Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes durch Trocknung im Darrofen für mengenmäßig sehr kleine Analyseproben.

- Gerätedefinition (Trockenschrank: Temperaturgenauigkeit  $105 \pm 2$  °C und 3 – 5 Luftwechsel pro Stunde; Wägeschale mit dicht schließendem Deckel; Probenschicht max.  $0,2 \text{ g/cm}^2$ ; Waage: Genauigkeit 0,1 mg)
- Probenvorbereitung (lt. CEN/TS 14780; Teilchengröße > 1 mm; mischen der Proben vor Analyse)
- Durchführung der Wassergehaltsbestimmung (Doppelbestimmung Voraussetzung; leere verschlossene Wägeschale trocken bis Massenkonzanz; Abkühlung im Exsikator; Einwaage von mind. 1 g mit 0,1 mg Genauigkeit; Trocknung von Schale mit Probe und Deckel bis zur Massenkonzanz bei 105 °C d.h. Masseverlust kleiner 1 mg innerhalb von 1 Stunde; Schale mit Deckel noch in Ofen verschließen und im Exsikator auf Raumtemperatur abkühlen und rückwägen)
- Berechnung des Wassergehaltes bezogen auf die Feuchtmasse
- Angaben zur Wiederholpräzision (max. Differenz 0,2 %)

## **6.2.4 DIN 51718 Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung des Wassergehaltes und der Analysefeuchtigkeit**

### **Ausgabe**

Juni 2002

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Deutsches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Feste Brennstoffe wie Steinkohlen, Braunkohlen, Koks, Briketts, Torf und Holzkohle.

Eine adaptierte Version für Holzpresslinge aus Holz oder Rinde (Pellets und Briketts) findet sich in ÖNORM M 7135, DINplus Zertifizierungsprogramm Holzpellets, Österreichisches Umweltzeichen UZ 38 - Brennstoffe aus Biomasse, PVA-Gütevorschrift.

### **Inhalte**

Norm beschreibt drei Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes, wobei aber Kohlen als Brennstoffe im Mittelpunkt stehen. Die Verfahren sind auf eine hochpräzise Analyse gemahlener Proben ausgerichtet.

Bedeutung hat die Norm für feste Biobrennstoffe, weil in den österreichischen und deutschen Normen und Richtlinien für Presslinge aus Holz oder Rinde (ÖNORM M 7135, DIN 51731, DINplus Zertifizierungsprogramm Holzpellets, UZ 38 - Brennstoffe aus Biomasse, PVA-Gütevorschrift) auf diese Norm zur Wassergehaltsbestimmung Bezug genommen wird. In diesen Normen und Richtlinien kommt eine auf die Praxiserfordernisse adaptierte Version zur Anwendung (siehe Wassergehaltsbestimmung lt. ÖNORM M 7135).

- Definition der Geräte und Chemikalien für die einzelnen Verfahren
- Probenvorbereitung gemäß DIN 51701-2 und DIN 51701-3
- Durchführung der drei Verfahren (Verfahren A - zweistufig: Ermittlung der groben Feuchte bei Raumtemperatur; Ermittlung der Hygroskopischen Feuchtigkeit an einer gemahlene Probe von 25 g bei  $106\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  im Darrofen mit Stickstoffstrom; Verfahren B – einstufig: 1000 g od. 2000 g einer fein gemahlene Probe werden im Darrschrank bis zur Massenkonstanz bei  $106\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  getrocknet; Verfahren C – Destillationsverfahren mit Xylen und volumetrische Bestimmung des kondensierten Wassers)
- Angaben zur Wiederholbarkeit (max. Differenz 0,2 %)

## **6.2.5 Swedish Standard SS 18 71 13 Biofuels and Peat – Determination of Total Moisture**

### **Ausgabe**

1997

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Swedish Standards Institute (Adresse siehe Anhang)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle in Schweden relevanten Biobrennstoffe inklusive Torf.

### **Inhalte**

Norm beschreibt zwei Verfahren zur Wassergehaltsbestimmung von festen Biobrennstoffen und Torf. Grundlage für die Norm ist die ISO 589 Hard coal – Determination of Total Moisture. Method C (1981). Kohlenorm wurde auf Anwendung bei Biobrennstoffen und Torf adaptiert.

- Probenvorbereitung (gemäß SS 17 71 14, luftdicht verschlossene Behälter)
- Probenmenge (2 – 3 kg; Minimum 300 g; größte Partikelgröße sollte 30 mm nicht überschreiten)
- Geräte (Darrofen; Temperatur  $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  und 3 – 5 Luftwechsel pro Stunde; Probenschicht rund  $1\text{ g /cm}^2$ ; Waage Genauigkeit 0,05 % der eingewogenen Gesamtmasse)
- Durchführung der beiden Verfahren (Methode A – einstufig: Trocknung bis zur Massenkonzanz bei  $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ; Trocknungszeiten liegen zw. 4 – 16 Stunden je nach Lufttauschkapazität des Darrofens, der Probengröße etc.; Methode B – zweistufig: Probe wird vorgetrocknet bei max.  $40\text{ °C}$ , danach Homogenisierung – Probenteilung – Trocknung einer Teilprobe nach Methode A)
- Berechnung des Wassergehaltes bezogen auf die Feuchtmasse für beide Methoden
- Angaben zur Wiederholbarkeit (max. Differenz 0,2 %)

## **6.2.6 DIN 52183 Prüfung von Holz – Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes**

### **Ausgabe**

November 1977

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Deutsches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Holz

### **Inhalte**

Norm beschreibt die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes an Holzproben.

Bedeutung hat die Norm für feste Biobrennstoffe, weil in den beiden österreichischen Brennstoffnormen „ÖNORM M 7132 – Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff“ und „ÖNORM M 7133 – Holzhackgut für energetische Zwecke – Anforderungen und Prüfbestimmungen“ bei den Kapiteln Wassergehaltsbestimmung auf diese Norm Bezug genommen wird.

- Definition der notwendigen Prüfeinrichtungen (Waage mit Genauigkeit von 0,1 % der Masse der Probe; Darrschrank mit natürlicher Durchlüftung)
- Probennahme (für Biobrennstoffe irrelevant)
- Durchführung der Prüfung (Einwaage auf 0,1 % der Masse der Probe, Trocknung im Darrschrank bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz = Massenveränderung unter 0,1 % nach weiteren 6 Stunden darren, Abkühlung der Probe im Exsikator und Rückwaage)

## 6.2.7 EN und ISO Normen zur Feuchtebestimmung von Holz

### Norm und Ausgabe

ÖNORM EN 13183-1 Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren (2002)

ÖNORM EN 13183-2 Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstandsverfahren(2002)

### Herausgeber und Bezugsquelle

Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

### Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe

Schnittholz

### Inhalte

- ÖNORM EN 13183-1 ist eine Darmmethode, die sich hinsichtlich der für Biobrennstoffe interessanten Vorgaben nur unwesentlich von der DIN 52183 unterscheidet.
- ÖNORM EN 13183-2 beschreibt Durchführung des Widerstandsmessverfahrens mittels Einstechelektroden bei Schnittholz
  - Anwendbarkeit des Widerstandsmessverfahrens bei Holzfeuchtegehalten zwischen 7 % und 30 %
  - Gerät muss vor der Messung entsprechend den Vorgaben des Geräteherstellers kalibriert werden. Es müssen für die Messung isolierte und nicht beschädigte Elektroden verwendet werden.
  - Durchführung der Messung (Einstellung der Holzart, Messung in Faserrichtung, Abstand bei der Messung mindestens 300 mm von den Enden des Schnittholzes; Einstichtiefe der Elektroden sollte 30 % der Schnittholzdicke betragen)



## **6.2.8 Kooperationsabkommen FPP – Richtlinien zur Anwendung der Gewichtsvermessung von Industrieholz**

### **Ausgabe**

1994

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Kooperationsabkommen FPP (Adresse siehe Anhang)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Rundholz, Späne

### **Inhalte**

- Richtlinie beschreibt die Darrschrankmethode und ein Schnellverfahren mittels Heißlufttrockner. Unterschiede zwischen den beiden Methoden gibt es nur hinsichtlich der Trocknungsdauer.
- Probenvorbereitung (Einwaage der Probe soll möglichst sofort erfolgen; geschützte Zwischenlagerung für mehrere Stunden möglich; Durchmischung der Probe vor Trockengehaltsbestimmung)
- Einwaage von mindestens 100 g Spänen; Genauigkeit der Waage mindestens 0,1 g; Trocknung der Proben bei  $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
- Trocknungsdauer: Darrschrank zwischen 8 und 12 Stunden; Heißluftofen 6 – 10 Minuten
- Regelmäßige Kontrolle der Trocknungstemperatur erforderlich
- Bei Erreichen der Gewichtskonstanz Auswaage der Probe

## **6.2.9 Papierholz Austria – Holzübernahmerichtlinien (Punkt 2 Industriehackgut) und Richtlinie für Biobrennstoffe**

### **Ausgabe**

2002

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Papierholz Austria GmbH (Adresse siehe Anhang)

### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Industriehackgut bzw. Biobrennstoffe (Rinde, Waldhackgut, Industriehackgut, Brennholz, Feinstoff, etc.)

### **Inhalte - Holzübernahmerichtlinie Industriehackgut**

- Probenvorbereitung (Einwaage der Probe soll möglichst sofort erfolgen; geschützte Zwischenlagerung für mehrere Stunden möglich; Durchmischung der Probe vor Trockengehaltsbestimmung)
- Einwaage von mindestens 500 g Hackgut; Genauigkeit der Waage mindestens 0,1 g; Trocknung der Proben bei  $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
- Trocknungsdauer im Darrschrank zwischen 8 und 12 Stunden; regelmäßige Kontrolle der Trocknungstemperatur erforderlich
- Bei Erreichen der Gewichtskonstanz Auswaage der Probe
- Für die Trocknung der Proben werden Spezialtassen mit Siebboden verwendet

### **Inhalte - Richtlinie für Biobrennstoffe**

- Vorgehen basiert auf Holzübernahmerichtlinie
- Trocknungsdauer für Biobrennstoffe beträgt 48 Stunden
- Probenmenge 1,5 kg

## **6.3 Bestimmung von Heizwert und Aschegehalt**

Bei der Übernahme nach dem Energieinhalt einer Lieferung kommt dem Heizwert zentrale Bedeutung zu. Die derzeit aktuellsten Normen zur Analyse des Heizwertes für Biobrennstoffe sind nachfolgend angeführt.

Aufgrund der geringen Schwankungsbreite der Heizwerte bei Holz und dem großen Aufwand der Analyseverfahren, wird der tatsächliche Heizwert nur in den seltensten Fällen im Zuge einer Übernahme von Biobrennstoffe bestimmt werden. Im Regelfall wird auf allgemein gültige Werte aus Normen bzw. auf Fachliteratur oder Internetdatenbanken für Biobrennstoffe zurückgegriffen (siehe Kapitel 6.5).

Aschenormen sind in Zusammenhang mit dem Heizwert deshalb von Bedeutung, da für die Angabe des Heizwertes manchmal auf die wasserfreie Substanz Bezug genommen wird und in anderen Fällen wiederum auf die wasser- und aschefreie Substanz. Letzter Wert ist in Abhängigkeit vom Ascheanteil (Holz gering, Rinde hoch) etwas höher. Zudem ist die Kenntnis des Aschegehaltes von Biobrennstoffen für die brennstofftechnische Beurteilung entscheidend.

### **6.3.1 DIN 51900 Prüfung fester und flüssiger Brennstoffe Teil 1 – Teil 3**

#### **Ausgabe**

Teil1: 1989; Teil 2: 1977; Teil 3: 1977

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Deutsches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Feste und flüssige Brennstoffe

### **6.3.2 prCEN/TS Solid Biofuels – Method for the determination of calorific value**

#### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels - Arbeitspapier für TS vom Jänner 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich zu 80 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS. Bisher wurde von der CEN für dieses Papier noch keine Normnummer vergeben.

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

### **6.3.3 Normen zur Bestimmung des Aschegehaltes**

#### **Norm und Ausgabe**

DIN 51719 Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung des Aschegehaltes (1978)

SS 18 71 71 Biofuels – Determination of ash content (1984)

prCEN/TS 14775 Feste Biobrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Aschegehaltes

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN, DIN und SS (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

## **6.4 Brennstoffspezifikation und Qualitätssicherung von Biobrennstoffen**

Brennstoffspezifikationen sind ein zentrales Instrumentarium für den effizienten Handel von festen Biobrennstoffen - sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene. Sie dienen dazu, ein eindeutiges Verständnis über die Qualität, Zusammensetzung und Eigenschaften des Brennstoffes zwischen Käufer und Verkäufer sicherzustellen.

Welche Bedeutung die praktische Anwendung von normativ festgelegten Brennstoffspezifikationen gemeinsam mit Qualitätssicherungsmaßnahmen für die Entwicklung eines Brennstoffes haben kann, wird am Beispiel der Holzpellets in Österreich deutlich. Ohne konkreter Festlegung normativer Qualitätskennwerte für den Brennstoff Holzpellet in der ÖNORM M 7135, könnte ein störungsfreier Betrieb von Pelletfeuerungen nicht sichergestellt werden. Da nahezu alle Produzenten entsprechend dieser definierten Spezifikation produzieren, wird ein klagloses Funktionieren der Anlagen aber sichergestellt. Qualitätssicherungsmaßnahmen sollen wiederum garantieren, dass kontinuierlich ein normkonformer Brennstoff produziert wird.

In den folgenden Kurzbeschreibungen wird nur auf die in Zusammenhang mit dieser Studie relevanten Teile, d.h. Einteilung in Wassergehaltsklassen, eingegangen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass diese Normen viele - für den Handel und die Übernahme von Biobrennstoffen - wichtige Festlegungen beinhalten.

### **6.4.1 ÖNORM M 7133 Holzhackgut für energetische Zwecke – Anforderungen und Prüfbestimmungen**

#### **Ausgabe**

1998

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Österreichisches Normungsinstitut (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Energiehackgut

#### **Definierte Wassergehaltsklassen**

Wassergehaltsklassen W20, W30, W35, W40, W50

#### **6.4.2 ÖNORM M 7135 Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde – Pellets und Briketts – Anforderungen und Prüfbestimmungen**

##### **Ausgabe**

2000

##### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Österreichisches Normungsinstitut (Adresse siehe Anhang)

##### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Pellets und Briketts aus Holz oder Rinde

##### **Definierte Wassergehaltsklassen**

Mindestanforderungen für normkonforme Presslinge:

Holzpresslinge (Pellets und Briketts)       $\leq 10 \%$  Wassergehalt

Rindenpresslinge (Pellets und Briketts)       $\leq 18 \%$  Wassergehalt

##### Anmerkung:

Gleiche Anforderungen werden noch in folgenden Richtlinien gefordert:

- Österreichisches Umweltzeichen 38 – Brennstoffe aus Biomasse - Briketts und Pellets (2002)
- DINplus Zertifizierungsprogramm Holzpellets zur Verwendung in Kleinf Feuerungsstätten (2002)
- Pelletsverband Austria – Gütevorschriften – Produktion von Pellets (2001)

##### **Qualitätssicherung**

Eigenüberwachung des Wassergehaltes durch das produzierende Unternehmen. Kontrolle mindestens 1 x pro Woche erforderlich. Aufzeichnungen über Kontrollen müssen geführt werden. Im Zuge der externen Kontrolle durch eine akkreditierte Prüfanstalt wird die Eigenüberwachung kontrolliert. Die Wahl der Methode zur Bestimmung des Wassergehaltes steht den Unternehmen frei.



### 6.4.3 prCEN/TS Solid Biofuels – Fuel Specification and Classes

#### Ausgabe

CEN TC 335 Solid Biofuels - Arbeitspapier für TS vom Juni 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich 100 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS. Bisher wurde von CEN für dieses Papier noch keine Normnummer vergeben.

#### Herausgeber und Bezugsquelle

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe

Alle festen Biobrennstoffe.

#### Inhalte

Spezifikation fester Biobrennstoffe; Definition von Grenzwerten für verschiedene Parameter zur Charakterisierung aller wichtigen festen Biobrennstoffe in Europa (Hackgut, Stückholz, Pellets, Briketts, Sägespäne, Shreddermaterial, Rinde, Strohballen)

#### Definierte Wassergehaltsklassen

##### Klassengrenzen für die wichtigsten Biobrennstoffe:

Briketts	M10, M15, M20
Pellets	M10, M15, M20
Hackgut	M20, M30, M40, M55, M65
Stückholz	M20, M30, M40, M65
Sägespäne	M20, M30, M35, M55, M65
Rinde	M40, M50, M60, M70

Annex A beinhaltet Mindestanforderungen an Brennstoffe, welche in Kleinfeuerungen eingesetzt werden.

Holzbriketts	M10
Holzpellets	M10
Hackgut	M20 oder M30
Stückholz	M20

##### Anmerkung:

M10 = Wassergehalt  $\leq 10$  %; M20 = Wassergehalt  $\leq 20$  %, ....

#### **6.4.4 prCEN/TS Solid Biofuels – Quality Assurance**

##### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels - Arbeitspapier für TS vom Juni 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich 100 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS. Bisher wurde von CEN für dieses Papier noch keine Normnummer vergeben.

##### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

##### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

##### **Inhalte**

- Beschreibung des Grundprinzips der Qualitätssicherung von Biobrennstoffen
- Spezifikation der Herkunft des Brennstoffes und der Brennstoffart
- Bestimmung der Brennstoffeigenschaften, Probennahmen und Probenbehandlung
- Qualitätsdeklaration und Kennzeichnung des Brennstoffes
- Umfangreicher Anhang mit Beispielen für die praktische Umsetzung der Norm

## **6.5 Richtwerte für Heizwert und Zusammensetzung von Holz und Rinde in Normen und Literatur**

Bereits bei der einleitenden Beschreibung der Heizwert-Analysemethoden wurde darauf verwiesen, dass bei Holz die analytische Heizwertbestimmung nur in Ausnahmefällen für die Übernahme angewendet wird. In der Mehrzahl der Fälle wird die Heranziehung eines Heizwertes aus den nachfolgend aufgelisteten Normen für die Bemessung des Energieinhaltes einer Lieferung völlig ausreichen. Weitere Informationen für die Festlegungen von Heizwerten für Holzsortimenten finden sich in der Literatur (z.B. Nossek, Jonas & Schörghuber 1985; Hartmann et al. 2000) sowie in Biobrennstoffdatenbanken im Internet (z.B. <http://www.ecn.nl/phyllis/>; <http://www.vt.tuwien.ac.at/> => „BIOBIB“)

### **6.5.1 prCEN/TS Solid Biofuels – Fuel Specification and Classes**

#### **Ausgabe**

CEN TC 335 Solid Biofuels - Arbeitspapier für TS vom Juni 2003.

Inhalte des Arbeitspapiers sind voraussichtlich 100 % deckungsgleich mit der künftigen CEN TS. Bisher wurde von CEN für dieses Papier noch keine Normnummer vergeben.

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

CEN (Europäisches Normungsinstitut) sowie Österreichisches Normungsinstitut (Adressen siehe Anhang B)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Alle festen Biobrennstoffe.

#### **Inhalte**

Angabe von typischen Werten für Asche, Brennwert, Heizwert und chemische Zusammensetzung für folgende Holz-Brennstoffe im Annex B: Nadelholz mit geringen Anteilen von Rinde und Nadeln, Laubholz mit z.T. geringen Anteilen von Rinde und Laub, Nadelholzrinde, Laubholzrinde, Nadelholz und Durchforstungsrückstände, Laubholz und Durchforstungsrückstände, Holz aus Kurzumtriebsplantagen,

### **6.5.2 ÖNORM M 7132 Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff – Begriffsbestimmungen und Merkmale**

#### **Ausgabe**

1998

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Österreichisches Normungsinstitut (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Holz und Rinde

#### **Inhalte**

Richtwerte für Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Asche, Heiz- und Brennwert von Nadelhölzern und Laubhölzern; Mittlere Darrdichte der wichtigsten Baumarten; Umrechnungsfaktoren der wichtigsten handelsüblichen Holzvolumina (Hackgut, Schwarten, Spreißel, etc.); Berechnung des wassergehaltsbezogenen Heizwertes; umfangreiche Begriffsdefinitionen zum Thema Holz und Rinde als Brennstoff.

### **6.5.3 ÖNORM M 9466 Emissionsbegrenzung für luftverunreinigende Stoffe aus Feuerungsanlagen für Holzbrennstoffe mit einer Nennwärmeleistung ab 50kW – Anforderungen und Prüfungen am Aufstellungsort – Anhang B**

#### **Ausgabe**

1998

#### **Herausgeber und Bezugsquelle**

Österreichisches Normungsinstitut (Adresse siehe Anhang)

#### **Anwendbar auf folgende Biobrennstoffe**

Verschiedene Holzsortimente und Rinde

#### **Inhalte**

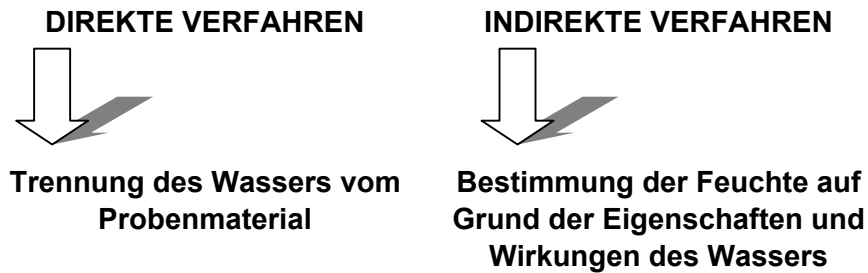
Tabellarische Übersicht über Kennwerte und Umrechnungen handelsüblicher Brennholzsortimente wie Scheite, Stückholz, Waldhackgut, Schwarten, Spreißel, Sägespäne, Rinde, Hobelspäne, Pellets und Briketts.

Angabe je Sortiment: Anfallsart, Maßeinheit, Umrechnungsfaktoren, Wassergehaltsklassen, Heizwerte für Hart- und Weichholz bei durchschnittlichen Wassergehalten; Masse je Maßeinheit im Durchschnitt; Energiemenge je Maßeinheit.



## 7 Messprinzipien für die Wassergehaltsbestimmung bei Energieholz

Die Verfahren zu Ermittlung des Wassergehaltes können grundsätzlich in zwei Kategorien eingeteilt werden (Kupfer et al. 1997):



In Kapitel 7.1 findet sich eine komprimierte Darstellung der bekannten direkten und indirekten Messprinzipien und -verfahren zur Feuchte- und Wassergehaltsbestimmung. Diese grundlegenden Informationen wurden in einem ersten Schritt dazu genutzt, jene Verfahren zu selektionieren, deren Anwendbarkeit bei der Übernahme von Energieholz grundsätzlich möglich erscheint.

Zusätzlich zur Recherche und Analyse der allgemeinen Feuchtemessprinzipien wurde eine umfangreiche Suche nach Herstellern und Händlern von Messgeräten zur Wassergehaltsbestimmung durchgeführt. Rund 30 Hersteller und Händler von Mess- und Analysegeräten wurden letztlich kontaktiert und so zusätzliche Informationen über zur Zeit am Markt befindliche Geräte zusammengetragen. Besonderes Augenmerk wurde dabei den praxisrelevanten Parametern wie – analysierbare Holzbrennstoffarten, Feuchtemessbereich, Genauigkeit, Einflussfaktoren auf die Genauigkeit, Messdauer, Handhabung, Kosten, Referenzen – geschenkt.

Basierend auf diesem Pool an Informationen aus Literatur und Herstellerangaben erfolgte letztlich eine Selektion jener Verfahren, welche aufgrund ihrer praktischen Eignung in diese Studie Eingang gefunden haben.

**Tabelle 3:** Übersicht über ausgewählte Verfahren zur Wassergehaltsbestimmung bei Energieholz.

<i><b>Direkte Verfahren</b></i>	<i><b>Indirekte Verfahren</b></i>
Darrschrankverfahren	Elektrische Widerstandsmessung
Heißluftofen	Kapazitives Verfahren
Infrarot-Trocknung	Mikrowellenabsorption
Mikrowellen-Trocknung	Infrarotreflexion

Die Verfahren sind in Kapitel 7.3 und 8 systematisch nach folgenden Parametern beschrieben:

- Messprinzip
- Brennstoffart
- Messbereich
- Messdauer
- Genauigkeit
- Hersteller und Gerätebeschreibungen
- Einsatzgebiete
- Vorteile
- Nachteile

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass alle im Folgenden gemachten Geräteangaben weitestgehend Herstellerangaben sind und keinerlei Wertung von den Autoren vorgenommen wurde.

Eine alphabetische Übersicht aller Hersteller, mit den wichtigsten Informationen zu den von ihnen produzierten oder vertriebenen Geräten, findet sich in Kapitel 12.

## **7.1 Allgemeine Beschreibung direkter Verfahren**

Direkte Feuchtemessverfahren beruhen auf der Trennung des Wassers vom Probematerial, wobei die Menge des Wassers mit direkten Messmethoden (z.B. Wägen, Messen) bestimmt wird. Sie zeichnen sich durch eine hohe Selektivität gegenüber Feuchte aus und werden als Bezugsmethoden für indirekte Messverfahren herangezogen.

### **7.1.1 Darrschrankverfahren**

Die Probe des Messgutes mit seiner Gesamtmasse wird bis zur Erreichung des Gleichgewichtszustandes gedarrt und danach mittels Wiegen der Trockenmasse der ursprüngliche Wassergehalt ermittelt. Probennahme, Temperatur und Dauer der Trocknung sind in Normen und Richtlinien festgelegt (siehe 6.2). Die Luftfeuchte im Trockenraum muss mittels Konvektion ausreichend niedrig gehalten werden.

Das Darrschrankverfahren liefert von den angeführten thermogravimetrischen Verfahren die Messwerte mit der besten Reproduzierbarkeit und ist als Normverfahren anerkannt.

### **7.1.2 Gefriertrocknung**

Gefriertrocknung ist eine Methode zur besonders schonenden jedoch zeitintensiven Trocknung von Substanzen. Dabei wird das Material auf  $-20\text{ °C}$  gefroren und anschließend unter Vakuum gesetzt (0,12 bar). Durch Sublimation wird das Eis der Probe in den gasförmigen Zustand übergeführt und vom Probenmaterial abgesondert.

Aufgrund der langen Trocknungsdauer scheint das Verfahren für einen Einsatz in der Energieholzübernahme nicht geeignet.

### 7.1.3 Heißlufttrocknung

Das Prinzip ist das selbe wie beim Trockenschrank-Verfahren, mit dem Unterschied, dass der Luftdurchsatz um ein Vielfaches höher ist und das Probenmaterial auf Spangröße (Kettensäge) zerkleinert vorliegen muss. Durch die von unten nach oben strömende Luft werden die Späne bereits stark getrocknet bevor noch die eigentliche Trockentemperatur von  $103 \pm 2$  °C erreicht ist. Das Trockengewicht der Probe kann damit in weniger als 15 Minuten ermittelt werden.

### 7.1.4 Infrarottrocknung

Die Trocknung des Probegutes erfolgt mittels Infrarotstrahler. Das Material befindet sich unter dem Strahler meist auf einer Waage. Nach Trocknung bis zur Gewichtskonstanz wird mittels Wägen der Wassergehalt bestimmt. Die Schwierigkeit liegt in der Temperaturregelung. Auch bei sehr kleinem und dünnem Probenmaterial besteht die Gefahr einseitiger Überhitzung und Verkrustung an der Oberfläche. Moderne Geräte beheben das Problem mit einer automatischen Temperaturregelung und Abschaltautomatik bei Gewichtskonstanz.

Es gibt verschiedene Strahlertypen:

- Keramische Flächenstrahler
- Halogenstrahler

Die Halogenstrahler-Technologie ist eine Weiterentwicklung der herkömmlichen IR-Technologie. Dabei wird neben einer rascheren Aufheizung auf die Betriebstemperatur auch eine gleichmäßigere Wärmeverteilung über die Probe und eine kürzere Messdauer erreicht.

### 7.1.5 Mikrowellentrocknung

Gleiches Prinzip wie bei der Infrarottrocknung. Die Trocknung des Probenmaterials erfolgt hier durch Absorption der Mikrowellenstrahlung durch die Wassermoleküle der Probe. Die Absorption erzeugt Wärme und führt zum Verdampfen des Wassers aber eventuell auch anderer flüchtiger Bestandteile. Dieser Masseverlust wird durch Wägung vor und nach der Trocknung bestimmt. Bei speziell für die Feuchtebestimmung konzipierten Geräten ist die Waage in den Trockner integriert und es erfolgt eine automatische Abschaltung bei Erreichen der Gewichtskonstanz.

Die Anwendung der Mikrowellentrocknung ist sehr gut für feinkörniges und spanartiges Gut geeignet. Die Gefahr der Überhitzung kann durch eine automatische Temperaturkontrolle an der Probenoberfläche durch IR-Sensoren kompensiert werden.

### 7.1.6 Karl-Fischer Titration

Die Wassergehaltsbestimmung nach Karl-Fischer ist eine im Bereich der Analytik häufig angewandte Titrationsmethode (v.a. Pharma, Grundstoffe, Produktionsüberwachung). Das Verfahren ermöglicht die Mengenbestimmung sowohl freien als auch gebundenen Wassers in beliebigen Substanzen, wenn es gelingt, das darin enthaltene Wasser in Lösung zu bringen. Sie ist schnell (einige Minuten) und auf Grund der hohen Reproduzierbarkeit als Referenzverfahren prädestiniert.



Für die Anwendung mit Holz gibt es noch wenig Erfahrungswerte. Die Schwierigkeit liegt hier in der Probenvorbereitung und Zerkleinerung. Aufgrund der geringen Probengröße ist fraglich, ob die Repräsentativität für eine Grundgesamtheit von heterogenem Material gewährleistet ist.

### **7.1.7 Calciumcarbid – Verfahren**

Das Prinzip beruht auf der Acetylen-Bildung durch Reaktion des Wassers mit Calciumcarbid. Wesentlich ist die Herstellung eines hinreichenden, allseitigen Kontaktes von Calciumcarbid mit dem Probenmaterial. Das Verfahren wird mit Erfolg für die Feuchtemessung mineralischer Baustoffe eingesetzt.

## **7.2 Allgemeine Beschreibung indirekter Verfahren**

Indirekte Feuchtemessverfahren beruhen auf der Messung von Materialeigenschaften, die vom Wassergehalt abhängig sind. Nach Art der gemessenen Größe werden die Verfahren in elektrische und nichtelektrische eingeteilt, wobei die nichtelektrischen Parameter meist auf elektrische zurückgeführt werden können. Der Zusammenhang zwischen Messgröße und Feuchte muss experimentell ermittelt werden (Kalibrierkurve), als Vergleichsmessung wird dabei meist das Trockenschrank-Verfahren herangezogen.

Indirekte Messverfahren sind meist zerstörungsfrei und zum Teil berührungslos anwendbar. Sie eignen sich gut für kontinuierliche Messungen und für den Einsatz in Steuer- und Regelsystemen.

### **7.2.1 Elektrisches Widerstands Verfahren**

Absolut trockenes Holz ist elektrisch ein Nichtleiter. Durch die Aufnahme von Wasser wird Holz leitfähig. Zur Messung werden zwei Elektroden entweder in das Material ein- oder auf der Oberfläche angebracht und der Gleichstromwiderstand zwischen den Elektroden gemessen. Aus dem Zusammenhang zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Wassergehalt wird die Holzfeuchte<sup>26</sup> berechnet. Das Verfahren ist im Wesentlichen eingeschränkt auf den Bereich zwischen ca. 7 % und 25 % Holzfeuchte. Unterhalb 7 % Holzfeuchte sind praktisch keine Messungen mehr möglich, oberhalb 25 % Holzfeuchte werden die Messungen zunehmend ungenauer. Der Mechanismus der elektrischen Leitung ist darüber hinaus von Holzart, Temperatur, Messspannung und Aufbau der Elektroden abhängig. Die genaue Vorgehensweise für die Feuchtemessung mit elektrischen Widerstandsgeräten ist in der Norm ÖN EN 13183-2 geregelt.

### **7.2.2 Kapazitive Verfahren**

Das Prinzip beruht auf der unterschiedlichen Wirkung von Holz und Wasser auf ein elektrisches Wechselfeld. Es findet ein ständiges Umpolarisieren der Dipole statt, das eine Feldschwächung bewirkt, welche mit Dielektrizitätszahl und Verlustwinkel beschrieben wird. Holz hat eine Dielektrizitätszahl von 2 bis 3, Wasser eine solche von ca. 80. Daher ändern sich Dielektrizitätszahl und Verlustwinkel von Holz stark mit seinem

---

<sup>26</sup> Elektrische Holzfeuchtegeräte messen i.a. die Holzfeuchte (Wassermasse in Prozent der Trockenmasse)

Wassergehalt. Zusätzlich sind diese von Frequenz und Temperatur abhängig. Diese Zusammenhänge müssen für eine Feuchtebestimmung empirisch ermittelt werden.

In einer nach dem kapazitiven Prinzip aufgebauten Feuchtemessanlage wird das Probenmaterial als Dielektrikum zwischen die Elektroden eines Kondensators angebracht. Je nach Anwendung sind unterschiedlichste Bauformen möglich.

### **7.2.3 Mikrowellenverfahren**

Mikrowellenverfahren basieren auf dem gleichen Prinzip wie die kapazitiven Verfahren (dielektrische Eigenschaften des Wassers), es werden lediglich höhere Frequenzen verwendet (ca. 2 - 10 GHz). Durch die hohen Frequenzen wird der verfälschende Einfluss der Ionenleitfähigkeit (Salze) im Material egalisiert, zusätzlich ermöglicht die Hochfrequenz weitere Informationen über das Material zu messen (z.B. Dichte).

Treffen elektromagnetische Wellen auf die Grenzschicht zwischen Luft und einem Dielektrikum, so werden diese zum Teil reflektiert, zum Teil ins Material weitergeleitet und von Materialeigenschaften wie Feuchte, Temperatur und Dichte abgewandelt (gedämpft, phasenverschoben). Diese materialabhängige Abwandlung der Welleneigenschaften wird gemessen und es ergeben sich mehrere Möglichkeiten zur Feuchtemessung:

- Transmissionsverfahren, Reflexionsverfahren (kontinuierliche Verfahren)
- Resonanzverfahren (diskontinuierliches Verfahren)

### **7.2.4 Infrarot-Reflexions-Verfahren (NIR)**

Das Prinzip beruht auf der Eigenschaft jeder Substanz elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlängenbereiche zu absorbieren, hingegen Strahlung der übrigen Wellenlängen zu reflektieren. Für die Messung werden mindestens zwei Wellenlängen eingesetzt. Eine Messwellenlänge, die von Wasser absorbiert und von Holz reflektiert wird und eine Bezugswellenlänge, die von beiden Stoffen reflektiert wird. Der verwendete nahe Infrarotbereich (NIR) umfasst Wellenlängen zwischen 800 nm bis 2500 nm.

Geräte können als Reflexions- oder Transmissionsphotometer ausgeführt sein (vgl. 7.2.3)

### **7.2.5 Wärmeleitungsverfahren**

Dieses Prinzip beruht auf der Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit des Holzes vom Feuchtegehalt. Messbare Größen, die von der Wärmeleitfähigkeit beeinflusst werden, können im Bezug auf die Feuchte kalibriert werden. Bei einem Verfahren wird über einen in das Holz eingebetteten Heizwiderstand Wärme eingebracht und die Feuchte indirekt über die Temperaturmessung ermittelt. Bei einem weiteren Verfahren wird im Holz ein Wärmefluss induziert. In Abhängigkeit der Feuchteverteilung ergeben sich Temperaturdifferenzen an der Oberfläche, welche mit einer Infrarotkamera festgehalten werden können. Beide Verfahren sind jedoch hinsichtlich Handhabung oder Genauigkeit für eine Praxisanwendung ungeeignet (Kober, Plinke 1989).

### **7.2.6 Kernstrahlungsverfahren (Neutronen-, $\alpha$ -, $\beta$ - Strahlung, $\gamma$ - Strahlung)**

Diese Verfahren nutzen die Wechselwirkungen zwischen feuchtem Material und Kernstrahlung. Die Teilchen der Strahlung werden dabei v.a. von den Wasseratomen

absorbiert oder gestreut, wodurch sich der Wassergehalt des Materials ermitteln lässt. Die Messung ist volumenbezogen, für einen massebezogenen Wert muss zusätzlich eine Dichtebebestimmung mittels  $\gamma$ -Strahlung erfolgen.

Alle diese Verfahren haben hohe Anforderungen an den Strahlenschutz und sind zudem sehr kostenintensiv.

### **7.2.7 Kernresonanzverfahren**

Das Kernresonanzverfahren ist ein Messverfahren, das seit langem in der Medizin als spektroskopisches Verfahren verbreitet ist. Einfachere Geräte sind in zahlreichen Anwendungsbereichen in der Industrie (Lebensmittel-, Kunststoff-, Montan-) für die Feuchtebestimmung in Anwendung. Das Messverfahren erfüllt die dortigen hohen Anforderungen an Genauigkeit und Geschwindigkeit für die Feuchtemessung. Allerdings sind diese Apparaturen sehr aufwendig und nicht transportabel und daher hauptsächlich in Labors in Verwendung.

### **7.2.8 Hygrometrische Verfahren**

**Haarhygrometer- und Psychrometer-**Verfahren messen die Luftfeuchte, die sich in einem geschlossenen Raum einstellt, der von dem zu messenden Probenmaterial umgeben ist. Von der Luftfeuchte wird auf die Holzfeuchte/Wassergehalt rückgeschlossen (hygroskopisches Gleichgewichtsverfahren).

### **7.2.9 Verfahren mittels Schallmessung**

Die Schallgeschwindigkeit ist in Festkörpern unter anderem von Dichte und Elastizitätsmodul abhängig. Da die Materialfeuchte beide Größen beeinflusst, kann über die Messung der Schallgeschwindigkeit auf den Wassergehalt geschlossen werden. Das Prinzip findet vor allem in der Schnittholzsortierung und in der Holz Trocknung Anwendung.

Aber auch für Schüttgüter gibt es Untersuchungen. Feuchtes Material führt durch die höhere Masse und des kleineren E-Moduls zu niederfrequenten Emissionen als trockenes Material. Meremýanin (1989) verwendete dieses Prinzip für die Feuchtebestimmung von Holzspänen.

### **7.2.10 Sonstige Verfahren**

In der Literatur sind noch weitere Feuchtebestimmungsmethoden angeführt, die jedoch entweder für die Praxis irrelevant oder sich in der Anwendung mit Holz nicht durchgesetzt haben wie beispielsweise:

- Mechanisches Auspressen
- Colman-Elektrode
- Destillation
- Extraktion

## 7.3 Detaillierte Beschreibung ausgewählter direkter Verfahren

Für alle direkten Bestimmungs-Verfahren ist eine Entnahme von Proben und eventuell eine Zerkleinerung nötig. Die Messung einer Ladung am Entladeort ist nur mit manchen indirekten (mobilen) Verfahren möglich (siehe 7.4).

### 7.3.1 Darrschrankverfahren

<b>Prinzip</b>	<p>Thermogravimetrisches Prinzip, Referenzverfahren.</p> <p>Die Proben werden gewogen, mittels heißer Umluft bis zur Massekonstanz getrocknet und danach wieder gewogen. Die Massenänderung wird als abgegebene Feuchtigkeit interpretiert (vgl. 7.1.1).</p>
<b>Brennstoff</b>	<p>Das Darrschrankverfahren ist für alle Holzbrennstoffe geeignet. Zu beachten ist die Probengröße, da diese die Trocknungsdauer beeinflusst.</p>
<b>Messbereich</b>	<p>0 - 100% Wassergehalt</p>
<b>Messdauer</b>	<p>Die Messdauer beinhaltet die Zeit für das Wiegen vor und nach dem Trocknen und die Trocknungszeit im Darrschrank. Letztere ist abhängig von Probengröße und Darrtemperatur. Bei einer Darrtemperatur von <math>105 \pm 2</math> °C (siehe 6.2) ist bis zum Erreichen der Massekonstanz mit einer Zeitdauer von wenigen Stunden für feines Spänematerial und bis zu 24 - 48 Stunden für sehr grobstückiges Material (z.B. mehrere Zentimeter dicke Probescheiben, grobastiges Material) zu rechnen (vgl. 6.2). Für eine schonende Trocknung bei Temperaturen unter 100 °C beträgt die Trocknungszeit bis zu mehreren Tagen.</p> <p>Trockenschränke mit eingebauter Luftturbine führen zu einer schnelleren Trocknung (vgl. Hersteller). Bei Geräten ohne natürlicher Konvektion beeinflusst der Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur zusätzlich die Trocknungszeit, d.h. je kleiner die Temperaturdifferenz desto geringer ist der Luftaustausch.</p>
<b>Genauigkeit</b>	<p>Auf Grund der hohen Reproduzierbarkeit wird die Darrmethode als Referenzverfahren für die Kalibrierung anderer Verfahren eingesetzt. Allerdings entweichen bei mehrstündigem Darren von Holz bereits auch unter 100 °C flüchtige Inhaltsstoffe von Holz, was zu einer Verfälschung des Ergebnisses von bis zu einem Prozent führen kann. Als Referenzverfahren für die Darrmethode werden daher die Gefriertrocknung und die Karl-Fischer-Titration eingesetzt (7.1.2 bzw. 7.1.6).</p> <p>Neben der Trocknungstemperatur und Trocknungsdauer sind als weitere Einflussfaktoren auf die Genauigkeit, die Handhabung der Proben beim Wägen sowie Temperaturverteilung und Platzierung der Proben im Schrank zu beachten.</p>

<b>Hersteller</b>	<p>Beispiele für derzeit am Markt vorhandene Hersteller oder Händler und Gerätetypen (weitere Detailinformationen siehe Kapitel 12):</p> <p><u>Fa. Kendro/Heraeus:</u></p> <p>Wärme- und Trockenschränke in 3 Baugrößen</p> <p>Innenraumvolumen: 57 l, 120 l oder 210 l</p> <p>Nenntemperatur: bis 250 °C</p> <p>Mit und ohne Luftumwälzung</p> <p><u>Fa. Memmert:</u></p> <p>Universalschränke in 8 Baugrößen</p> <p>Innenraumvolumen: 14 bis 749 Liter</p> <p>Nenntemperatur: 30 – 220 °C</p> <p>Mechanisch oder elektronisch geregelt</p> <p>Mit und ohne Luftumwälzung</p> <p><u>Fa. Vötsch:</u></p> <p>Wärme- und Trockenschränke in 7 Baugrößen</p> <p>Innenraumvolumen: 200 - 8.000 Liter</p> <p>Temperaturbereich: 250 °C, 300 °C, 350 °C</p> <p>Luftzuführung vertikal oder horizontal</p>
<b>Detail-Info</b>	<p>Schränke mit Luftumwälzung führen aufgrund der höheren Luftwechselrate zu einer schnelleren Trocknung. Das gilt für Rundholz, Scheitholz, Kappholz, Hackschnitzel. Um bei feinem Material wie Späne, Sägemehl und Holzstaub ein Verwirbeln im Arbeitsraum zu verhindern, muss die Luftturbine ausgeschaltet werden, das ist z.B. bei den E-Klasse Geräten von Memmert möglich:</p> <p>Modell ULE 400, 53l Volumen: Luftwechselrate 190 pro Stunde</p> <p>Modell UE 400 (ohne Luftturbine): Luftwechselrate 48 pro Stunde</p>
<b>Kosten</b>	<p>Anschaffungs- sowie eventuelle laufende Kosten siehe Kapitel 12.</p>
<b>Einsatzgebiete</b>	<p>Heizkraftwerke, Papier- und Plattenindustrie, Holzindustrie, Forschungs- und Prüfinstitute. Weiters in anderen Branchen wie Medizin und allen Bereichen der sonstigen Industrie.</p>
<b>Vorteil</b>	<p>Der Vorteil des Darrschrankverfahrens liegt in der erreichbaren hohen Genauigkeit sowie in der hohen Anzahl an Proben, die gleichzeitig untersucht werden können. Außerdem können bei entsprechender Ausstattung große Probenmengen analysiert werden, was bei inhomogenem Material wie Holz und Holz-Rinde Gemische vorteilhaft ist.</p>
<b>Nachteil</b>	<p>Der Nachteil liegt im hohen Arbeitsaufwand und der langen Messdauer.</p>

### 7.3.2 Heißluftofen

<b>Prinzip</b>	Thermogravimetrisches Prinzip, Schnellbestimmungsmethode (vgl. 7.1.3)
<b>Brennstoff</b>	Holz in Spanform (Kettensägeespäne)
<b>Messbereich</b>	0 – 100 % Wassergehalt
<b>Messdauer</b>	10 - 15 Minuten
<b>Genauigkeit</b>	0,1 % Wassergehalt (Wert der bisher in Verwendung befindlichen Geräte)
<b>Hersteller</b>	<p>Die derzeit in Verwendung befindlichen Heißluftöfen wurden von der Holzforschung Austria geplant und gebaut. Die Produktion der Geräte wurde vom Forschungsinstitut aber 2002 eingestellt.</p> <p>Künftiger Hersteller des Heißluftofens ist die Fa. <u>MGT-Technics GmbH</u>: „WSSD II: Wood Sample Speed Dryer“</p> <p>Das Gerät befindet sich zur Zeit am Ende der Entwicklungsphase. Entgültige Aussagen über die Genauigkeit können erst nach Abschluss der Testversuche getroffen werden, sollten sich aber von den bisherigen Genauigkeiten nicht unterscheiden.</p>

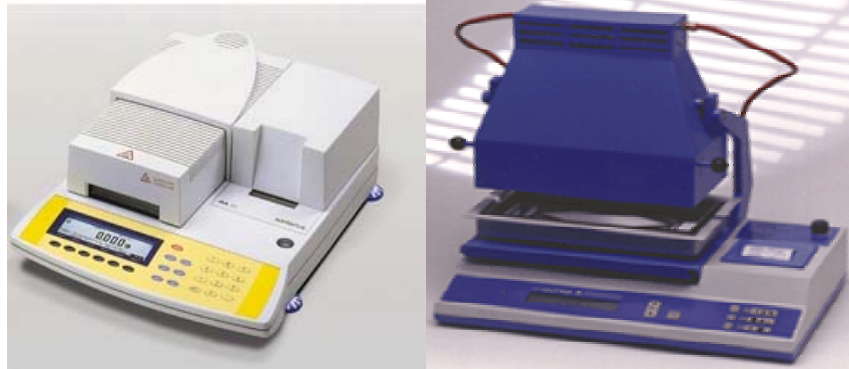


**Abbildung 42:** MGT-Technics, WSSD II: Wood Sample Speed Dryer

<b>Einsatzgebiete</b>	Das Gerät wird seit Jahren in der Papier- und Plattenindustrie zur Industrieholzübernahme sowie in Heizkraftwerken eingesetzt.
<b>Vorteil</b>	Das Ergebnis der Wassergehaltsbestimmung liegt in ca. 15 Minuten vor.
<b>Nachteil</b>	Die Partikelgröße ist auf Sägespangröße limitiert. Die Probenmenge ist mit rund 1 Liter begrenzt.

### 7.3.3 Infrarot-Trocknung

<b>Prinzip</b>	Thermogravimetrisches Prinzip, Schnellbestimmungsmethode (vgl. 7.1.4)
<b>Brennstoff</b>	Holz und andere feste Biobrennstoffe in kleiner Partikelgröße (Sägespäne, Holzstaub; Hackschnitzel, Pellets, Rinde, Stückholz: zerkleinert auf 2 – 3 mm Dicke)
<b>Messbereich</b>	0 – 100 % Wassergehalt
<b>Messdauer</b>	Die Messdauer ist sowohl vom Wassergehalt, von der Partikelgröße und der Probenmenge abhängig als auch von der verwendeten Strahlertechnologie. Mit Halogenstrahlern wird eine Messdauer von 3 - 30 Minuten erreicht, mit keramischen Infrarot-Strahlern eine Messdauer von 4 - 70 Minuten.
<b>Genauigkeit</b>	Einflussfaktoren sind Schicht- und Partikeldicke, gleichmäßige Probenaufgabe, Trocknungstemperatur, Abschaltautomatik/ Trocknungszeit, Vibrationen und Luftbewegungen (vgl. auch 7.5)
<b>Hersteller</b>	<p>Beispiele für derzeit am Markt vorhandene Hersteller oder Händler und Gerätetypen (weitere Detailinformationen siehe Kapitel 12):</p> <p><u>Fa. Arnold Automation:</u></p> <p>Typen MB-35 und MB-45; Halogenstrahler</p> <p>max. Probenmenge: 35 g bzw. 45 g</p> <p><u>Fa. Mettler Toledo:</u></p> <p>Typen HB 43, HG 63, HR 83; Halogenstrahler</p> <p>max. Probenmenge: 41 g, 61 g bzw. 81 g</p> <p><u>Fa. a&amp;p instruments/Ultra-X:</u></p> <p>Typen UX 2011 und UX 2081; Keramikstrahler</p> <p>max. Probenmenge: 20 g bzw. 60 g</p> <p><u>Sartorius:</u></p> <p>Typen MA 50, MA 100; Keramik- oder Halogenstrahler</p> <p>max. Probenmenge: 12 g</p>



**Abbildung 43:** Infrarot-Trocknungsgeräte der Fa. Sartorius (linke Abbildung, Typ MA 100) und der Fa. a&p instruments/Ultra X (rechte Abbildung, Typ UX 2081)

<b>Einsatzgebiete</b>	Papier- und Plattenindustrie, Holzübernahme, Pelletserzeuger, Parkettfabriken
<b>Vorteil</b>	Der Geräteaufwand ist im Vergleich zu anderen Verfahren relativ gering.
<b>Nachteil</b>	Die Probenmengen sind für Größenordnungen wie bei der Energieholzübernahme zu klein um repräsentative Ergebnisse zu liefern. Eine entsprechend umfangreichere Probenziehung und Analyse würde die Dauer der Wassergehaltsbestimmung einer Lieferung erheblich erhöhen.

#### 7.3.4 Mikrowellen-Trocknung

<b>Prinzip</b>	Thermogravimetrisches Prinzip, Schnellbestimmungsmethode (vgl. 7.1.5)
<b>Brennstoff</b>	Holz und andere feste Biobrennstoffe in kleiner Partikelgröße (Sägespäne, Holzstaub; Hackschnitzel, Pellets, Rinde, Stückholz: zerkleinert auf 2 – 3 mm Dicke)
<b>Messbereich</b>	5 – 100 % Wassergehalt
<b>Messdauer</b>	2 - 20 Minuten je nach Probenmenge in Abhängigkeit vom Gerätetyp
<b>Genauigkeit</b>	Die Genauigkeit beträgt lt. Herstellerangaben in Abhängigkeit der Mess- und Probenbedingungen 0,2 – 1 % (vgl. auch 7.5)  Einflussgrößen sind bei Geräten mit integrierter Waage das Gewicht der Einwaage, Partikelgröße, Trocknungszeit, Homogenität des Mikrowellenfeldes und die Proben temperatur.
<b>Hersteller</b>	Beispiele für derzeit am Markt vorhandene Hersteller oder Händler und Gerätetypen (weitere Detailinformationen siehe Kapitel 12):  <u>Fa. CEM:</u>  Typ SMART System5 (Bild nächste Seite unten links): Laborgerät mit integrierter Waage, Umgebungstemperatur 10 – 40 °C (kein Außen-



klima), Probenmenge 2 – 4 g.

Typ SAM 155: Mikrowellentrockner mit Drehteller für eine Probenmenge bis zu 1000 g, ohne integrierte Waage (eigene Analysenwaage notwendig).

Fa. a&p instruments/Ultra-X:

Typ UX 3508 (Bild nächste Seite unten rechts): Mikrowellentrockner mit Drehteller ohne integrierter Waage (eigene Analysenwaage notwendig)



**Abbildung 44:** Mikrowellen-Trocknungsgeräte der Fa. CEM (linke Abbildung, Typ SMART System5) und der Fa. a&p instruments/Ultra-X (rechte Abbildung, Typ UX 3508)

<b>Einsatzgebiete</b>	Papierindustrie, Nahrungsmittelindustrie, chemische Industrie
<b>Vorteil</b>	Der Vorteil liegt in der mit modernen Geräten erreichbaren hohen Genauigkeit (SMART) und der kurzen Messdauer.
<b>Nachteil</b>	Die Probenmenge von 2 – 4 g (SMART) ist für eine Wassergehaltsbestimmung bei der Energieholzübernahme wenig repräsentativ. Die Anschaffungskosten sind aufgrund der Technologie höher als z.B. bei IR-Trocknern. Schwierigkeit der Temperaturkontrolle im Probenmaterial.

## 7.4 Detaillierte Beschreibung ausgewählter indirekter Verfahren

### 7.4.1 Elektrische Widerstandsmessung

<b>Prinzip</b>	Elektrisch-Leitfähigkeits/Widerstandsprinzip, Schnellbestimmungsmethode, nicht zerstörungsfrei (vgl. 7.2.1)
<b>Brennstoff</b>	<p>Scheitholz, Kappholz, eventuell Grobhackgut und Briketts</p> <p>Die Grenzen für die Anwendbarkeit sind durch Anordnung der Einstech-Sonden des Messgerätes gegeben. Die Brennstoff-Partikel müssen in entsprechender geometrischer Form und Größe vorliegen.</p>
<b>Messbereich</b>	Die Angaben der Hersteller sind sehr unterschiedlich und bewegen sich im Bereich von 4 – 50 % Wassergehalt (Ausnahme: Gerät mit Aktivelektrode - Messbereich von 29 – 67 % Wassergehalt für die Anwendung bei Nadelholz).
<b>Messdauer</b>	Der Zeitaufwand für die Messung beschränkt sich bei vorbereitetem und eingestelltem Gerät auf das Einschlagen der Messsonde und das Ablesen des Wertes nach wenigen Sekunden. Eventuell sind für eine höhere Repräsentativität mehrere Messvorgänge notwendig.
<b>Genauigkeit</b>	<p>Genaue Messungen sind im Bereich von 6 – 20 % Wassergehalt möglich. Unter 6 % sind kaum mehr Messungen möglich. Über 20 % Wassergehalt nimmt die Genauigkeit ab und oberhalb des Fasersättigungsbereiches sind mit Ausnahme eines Gerätes (s.u.) keine Messungen mehr möglich, sondern es erfolgt lediglich eine sog. Überlaufanzeige.</p> <p>Die Einflussfaktoren auf die Genauigkeit sind vor allem die Holzart/Rohdichte und die Holztemperatur, welche kompensiert werden können. Holz hat parallel und quer zur Faser unterschiedliche Leitwerte, weshalb auf die Herstellerangaben hinsichtlich der Orientierung der Sonden beim Einschlag geachtet werden muss. Die Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren wie Einstechtiefe, Handhabung der Geräte und notwendige Anzahl an Messungen sind in Normen behandelt (siehe 6.2.7).</p>
<b>Hersteller</b>	<p>Beispiele für derzeit am Markt vorhandene Hersteller oder Händler und Gerätetypen (weitere Detailinformationen siehe Kapitel 12):</p> <p><u>Fa. BES Bollmann</u>, <u>Fa. Brookhuis</u>, <u>Fa. Fuva</u>, <u>Fa. Gann</u>, <u>Fa. Hega</u>, <u>Fa. Walzl</u>:</p> <p>Sämtliche Geräte dieser Hersteller sind Handgeräte mit Einstech- oder Einschlag-Sonden verschiedenster Ausführung.</p> <p><u>Fa. Gann</u>: Aktivelektrode:</p> <p>Einzige Sonde für die Erfassung hoher Holzfeuchtwerte in Nadelholz, speziell bei Naßlagerung und zur Vorsortierung frischer Schnittware bei künstlicher Holz Trocknung (nicht geeignet für Hartholz!)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Messbereich 29 – 67 % Wassergehalt (40 – 200 % Holzfeuchte)</li></ul>

- Messungenauigkeit bei hohen Feuchten bis zu 30 % (vgl. Böhner et al. 1993)

**Einsatzgebiete** Standardgeräte in der Holzindustrie für Feuchtemessungen im hygroskopischen Bereich

**Vorteil** Rasche Vor-Ort-Bestimmung. Handgerät. Einfache Bedienbarkeit.

**Nachteil** Eingeschränkt auf Messungen unter dem Fasersättigungsbereich (Ausnahme: GANN, Aktivelektrode) bei Schnittholz, daher für Bioenergiesortimente kaum einsetzbar.

### 7.4.2 Kapazitive Verfahren

<b>Prinzip</b>	<p>Elektrisch- Kapazitives Prinzip, zerstörungsfrei, Schnellbestimmungsmethode (vgl. 7.2.2)</p> <p>Ein elektromagnetisches Feld durchdringt das Material und erfasst durch Messung der unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten von Holz und Wasser den Wasseranteil im Messgut.</p>
<b>Brennstoff</b>	<p>Schüttgut, Hackschnitzel, Pellets, Rinde, Späne</p> <p>Bei den kapazitiven Verfahren ist ausschlaggebend, dass ein Brennstoff immer in jener Form und Schüttdichte vorliegt, auf die ein Gerät kalibriert wurde. Für die maximale Partikelgröße gilt in etwa ein Wert von ca. 20 mm.</p> <p>Für Vollholz sind kapazitive Verfahren nur einsetzbar, wenn ebene Oberflächen vorliegen und kein Luftspalt zwischen Messgerät/Messsonde existiert oder ein solcher konstant bleibt (z.B. kontinuierliche Messung bei Schnittholz).</p>
<b>Messbereich</b>	<p>0 – 80 % Wassergehalt</p> <p>Die obere Grenze des Messbereiches ist festgelegt mit dem Punkt an dem Wasser ungebunden in flüssiger Form im Messgut vorliegt.</p>
<b>Messdauer</b>	<p>Bei kontinuierlicher Messung sind bis zu hunderte von Messpunkten pro Sekunde möglich.</p> <p>Bei Handgeräten und Geräten für punktuelle Messungen liegt die Messdauer pro Messung je nach Handhabbarkeit zwischen 1 und 6 Minuten lt. Herstellerangaben.</p>
<b>Genauigkeit</b>	<p>Als Messgenauigkeit wird von den Herstellern bei optimalen Voraussetzungen (gleiches Schüttgut wie bei Kalibrierung) ein Bereich von 0,3 – 2 % angegeben (vgl. auch 7.5).</p> <p>Einflussfaktoren sind vor allem die Schüttdichte bzw. der Luftspaltanteil des Messgutes. Manche Hersteller begegnen dem mit einer Kompensierung über eine zusätzliche Schüttdichtemessung, die in das Ergebnis einfließt.</p> <p>Weitere Faktoren sind die Korngröße, Temperatur und Schichtdicke. Je kleiner und homogener die Korngröße umso höher ist die erreichbare Genauigkeit. Die Materialtemperatur kann korrigiert werden. Bei gefrorenem Messgut sind keine Messungen möglich. Eis und Schnee wird nicht als Wasser erkannt. Die Schichtdicke des vorliegenden Messgutes muss größer sein als die Eindringtiefe des Messfeldes, ansonsten wird der Luftanteil als trockenes Messgut interpretiert.</p>
<b>Hersteller</b>	<p>Beispiele für derzeit am Markt vorhandene Hersteller oder Händler und Gerätetypen (weitere Detailinformationen siehe Kapitel 12):</p> <p><u>Fa. ACO</u>: Planar-Messsonden SFM1, DFM1 für Online-Messung</p> <p>Geräte für Prozesskontrolle bei der Pelletsproduktion. Messung des Messgutes in Form von Spänen. Schüttdichtekompensation durch</p>

schrittweise Verdichtung des Messgutes. Das System ist u.a. in der Holzindustrie zur Feuchtekontrolle in der Pelletsproduktion in Verwendung

Fa. ACO: Handgerät PCH

Mit diesem Handgerät ist eine direkte Messung der Ladung vor Ort möglich. Die Messfläche des Gerätes wird dabei an das Schüttgut an oder eingedrückt. Mittels eingebauter Feder und definiertem Anpressdruck werden Schüttdichteunterschiede kompensiert.

Fa. Liebherr: Planar-Messsonden für Online-Messung, Litronik FMS II

Keine Schüttdichtekompensation, Temperaturkompensation

Fa. Pandis: FMG 3000

Mobiles Gerät mit Messbehälter speziell für Hackschnitzel konzipiert (bis mittlerer Größe). Probenmenge ca. 60 Liter. Messbereich 0 – 55 %, darüber erfolgt eine Überlaufanzeige (> 55 %). Messdauer ca. 1 Minute pro Probenahme. Schüttdichteunterschiede werden durch „leichtes Rütteln nach dem Befüllen“ begegnet. Genauigkeit wird mit 1 – 2 % angegeben. Das Gerät ist in Heizwerken für die Energieholzübernahme seit Jahren im Einsatz.

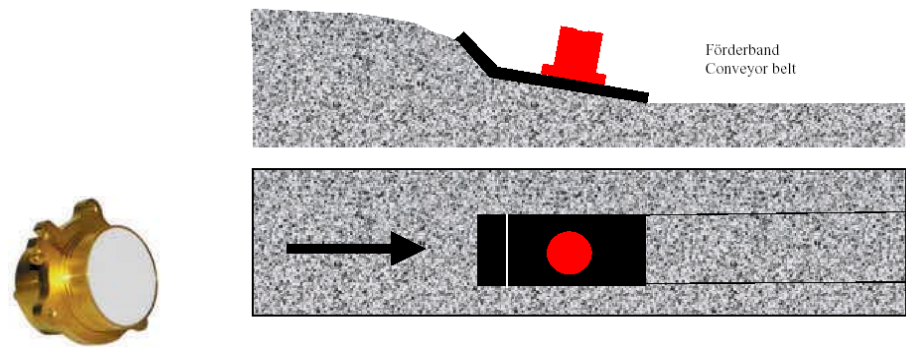
Fa. Schaller:

Mobile Geräte mit Messbehälter für Hackschnitzel (FS3 Biomasse), Pellets (FS2002-P) und Späne (FS2002-S)

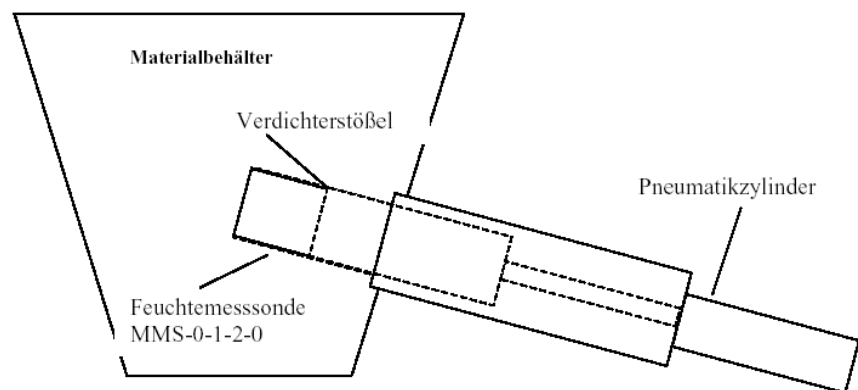
Typ FS3 Biomasse: Probenmenge bis max. 5 kg (typisch 1,7 kg), Messbereich 0 – 50 %, Messdauer (ohne Probenahme) von einigen Sekunden bis zu 5 Minuten (bei evtl. Temperaturengleich zw. Messgerät und Messgut). Schüttdichte wird durch Wägen bestimmt und der Einfluss kompensiert, eine exakte Einwaage ist daher nötig. Genauigkeit für homogenes Material sowie für Wassergehalte unterhalb des Fasersättigungsbereiches 1 – 2 %; für inhomogenes Material sowie oberhalb des Fasersättigungsbereiches 3 – 4 %.



**Abbildung 45:** Meßgeräte für kapazitive Meßverfahren der Fa. ACO (linke Abbildung, Handgerät), der Fa. Pandis (mittlere Abbildung, Typ FMG 3000) und der Fa. Schaller (rechte Abbildung, Typ FS 2002-P)



**Abbildung 46:** Planarsensor der Fa. ACO (linke Abbildung) und Installationsbeispiel in einem Förderband (rechte Abbildung)



**Abbildung 47:** Schüttdichtekompensation durch Verdichterstößel der Fa. ACO

<b>Einsatzgebiete</b>	Heizwerke, kontinuierliche Prozesskontrolle in der Pelletsproduktion
<b>Vorteil</b>	Messung von Schüttgut möglich; Messergebnisse praktisch sofort verfügbar; Online-Messung möglich
<b>Nachteil</b>	<p>Eine hohe Genauigkeit ist nur erreichbar, wenn das Messgut in Schüttdichte, Korngröße und Homogenität ident mit dem bei der Kalibrierung vorliegenden Messgut ist. Je größer diese Abweichung in der Homogenität, umso größer die Messungenauigkeit. Für grobes oder stark inhomogenes Messgut sinkt die Genauigkeit stark ab.</p> <p>Kein gefrorenes Gut messbar; nicht verwendbar für Stückholz oder Kappholz</p>

### 7.4.3 Mikrowellenverfahren

<b>Prinzip</b>	Elektrisch-Mikrowellen, zerstörungsfrei, Schnellbestimmungsmethode (vgl. 7.2.3)
<b>Brennstoff</b>	Schüttgut, Hackschnitzel, Pellets, Rinde, Späne  Bei den Mikrowellenverfahren ist ausschlaggebend, dass ein Brennstoff immer in jener Form und Schüttdichte vorliegt, auf die ein Gerät kalibriert wurde.
<b>Messbereich</b>	0 – 80 % Wassergehalt in Abhängigkeit der Kalibrierung. Ebenso wie bei den kapazitiven Verfahren sind eine Kalibrierung und Abstimmung auf das jeweils vorliegende Messgut notwendig.
<b>Messdauer</b>	Die eigentliche Messung erfolgt in Sekundenbruchteilen. Für die gesamte Wassergehaltsermittlung sind je nach Gerätetyp nur wenige Minuten erforderlich, vergleichbar mit den kapazitiven Methoden.
<b>Genauigkeit</b>	<p>Für homogenes Material (z.B. Pellets) ist lt. den Herstellerangaben eine Genauigkeit von 1 – 2 % erreichbar, für inhomogenes Material 3 – 4 % (vgl. auch 7.5)). Je genauer das Messgut mit dem kalibrierten Material übereinstimmt, umso höher ist die Genauigkeit.</p> <p>Die Einflussfaktoren sind Korngröße und -form, Temperatur, Schüttdichte, Probenvolumen, Homogenität des Materials.</p>
<b>Hersteller</b>	<p>Beispiele für derzeit am Markt vorhandene Hersteller oder Händler und Gerätetypen (weitere Detailinformationen siehe Kapitel 12):</p> <p><u>Fa. hf-sensor/Testo</u>: MOIST BIO, Handgerät mit Einstichsensor für Schüttgüter. Sowohl als mobiles Handgerät als auch für eine Online-Messung einsetzbar. Einstichsensor von 50 auf 150 cm verlängerbar. Erfassbares Messvolumen bis 50l (Eindringtiefe ca. 30cm radial).</p> <p><u>Fa. hf-sensor/Testo</u>: MOIST 200, Handgerät mit Oberflächensensor Sowohl als mobiles Handgerät als auch für eine kontinuierliche, Online-Messung verwendbar. Grundsätzlich für flächige Materialien geeignet (vgl. 7.5).</p> <p><u>Fa. Imko</u>: Handgerät mit Einstichsensor (vgl. 7.5)</p> <p><u>Fa. Döscher</u>: MOIST LAB, Laborgerät mit Messbecher Dichtemessung und Schüttdichtekompensation. Das Gerät ist vergleichbar mit jenem von der Firma Tews.</p> <p><u>Fa. Tews</u>: Laborgerät mit Messbecher, Probenvolumen bis 1,8 Liter Dichtemessung und Schüttdichtekompensation, Messbereich 0 - 70 % Wassergehalt, Standardabweichung 0,5 % bei 10 Messungen.</p> <p><u>Fa. Farmcomp</u>: Handgerät WILE Die Messlanzen bis 90 cm lang und vor allem bei Stroh, Heu, Silage und Getreide in Anwendung. Messbereich 13 – 70 % Wassergehalt.</p>



**Abbildung 48:** Meßgeräte für Mikrowellenverfahren der Fa. hf-sensor/Testo (linke Abbildung, Typ Moist Bio, Handgerät mit Einstichsensor) und der Fa. Döscher (rechte Abbildung, Typ Moist Lab, Laborgerät mit Messbecher)

**Einsatzgebiete**

Biomasse, Baustoffe, Agrar- und Lebensmittelindustrie

**Vorteil**

Messung von Schüttgut möglich; Messergebnisse praktisch sofort verfügbar oder Online-Messung möglich; bei manchen Geräten Dichtemessung und dadurch Schüttdichtekompensation möglich.

**Nachteil**

Die meisten Verfahren sind zwar in anderen Bereichen wie Agrarindustrie im Einsatz, jedoch gibt es für Anwendungen mit Holz-Biomasse noch wenig Erfahrung.



#### 7.4.4 Infrarot-Reflexions-Verfahren (NIR)

<b>Prinzip</b>	<p>Optisches Prinzip – Infrarot-Reflexion (Oberflächenmessung), zerstörungsfrei, Online-Schnellbestimmungsmethode (vgl. 7.2.4)</p> <p>Dieses System kann neben der Feuchte auch andere Parameter wie Temperatur, Fett, Protein messen</p>
<b>Brennstoff</b>	<p>Holzhackschnitzel (möglichst ohne Rinde und Nadeln), Späne, Pellets, Rinde</p> <p>Wie bei den kapazitiven den Mikrowellen-Verfahren ist auch beim NIR-Verfahren eine eigene Kalibrierung je Holzart notwendig.</p>
<b>Messbereich</b>	0 – 90 % Wassergehalt
<b>Messdauer</b>	Das Verfahren ist mit 120 Messwerte pro Sekunde prädestiniert für eine Online-Anwendung, es kann aber auch diskontinuierlich eingesetzt werden.
<b>Genauigkeit</b>	<p>Für die Genauigkeit unter optimalen Bedingungen wird für Hackschnitzel ein Wert von bis zu 2,5 % angegeben, für feineres Material wie Sägespäne ein Wert von 0,2 % (vgl. auch 7.5). Je feiner das Material, umso höher die Genauigkeit.</p> <p>Einflussfaktoren auf die Genauigkeit sind Farbe des Messgutes (kann mit Hilfe eines zweiten Strahles kompensiert werden), Schüttdichte, Korngröße, verwendete Wellenlänge(-n). Weiters der Abstand der Strahlenquelle vom Messgut, dieser kann zwar unterschiedlich groß eingestellt werden (z.B. 100 mm oder 240 mm) muss aber in gewissen Grenzen konstant sein. Die Probenmenge muss den Untergrund bedecken, um Messfehler zu vermeiden. Da nur die Oberfläche des Materiales untersucht wird, ist die Material- und Schüttdichte hier ohne Einfluss auf die Messung.</p>
<b>Hersteller</b>	<p>Beispiele für derzeit am Markt vorhandene Hersteller oder Händler und Gerätetypen (weitere Detailinformationen siehe Kapitel 12):</p> <p><u>Mesa</u>: IR-Messsystem MM 710 Messbereich 0 – 90 %, Messkopf montierbar im Labor oder z.B. Fließband</p> <p><u>Pier</u>: Photometer zur Feuchtemessung Messbereich ca. 0 – 50 %, Messkopf montierbar im Labor oder z.B. Fließband</p>
<b>Einsatzgebiete</b>	Pelletshersteller, Heizkraftwerke, Papier- und Plattenindustrie
<b>Vorteil</b>	Kurze Messdauer in Sekunden; Durchführung von Echtzeitmessungen und gleichzeitige Bestimmung von weiteren Komponenten des Messgutes.
<b>Nachteil</b>	Notwendigkeit einer stoffspezifischen Kalibrierung; Einhaltung eines konstanten Abstandes zwischen Messkopf und Messgut; Inhomogenität des Messgutes wirkt sich auf die Messgenauigkeit aus.

## 7.5 Ergebnisse unabhängiger Teststudien

Zu den in Mitteleuropa in Anwendung befindlichen Messgeräten für die Wassergehaltsbestimmung bei Holzbiomasse liegen nur wenige aktuelle Untersuchungen vor. Eine wissenschaftliche Arbeit der Bayrischen Landesanstalt für Landtechnik, durchgeführt von Thorsten Böhm und Hans Hartmann (2000, 2001), gibt aber einen guten Überblick über die Genauigkeit verschiedenster Bestimmungsmethoden bei der Ermittlung des Wassergehaltes von Holzhackgut.

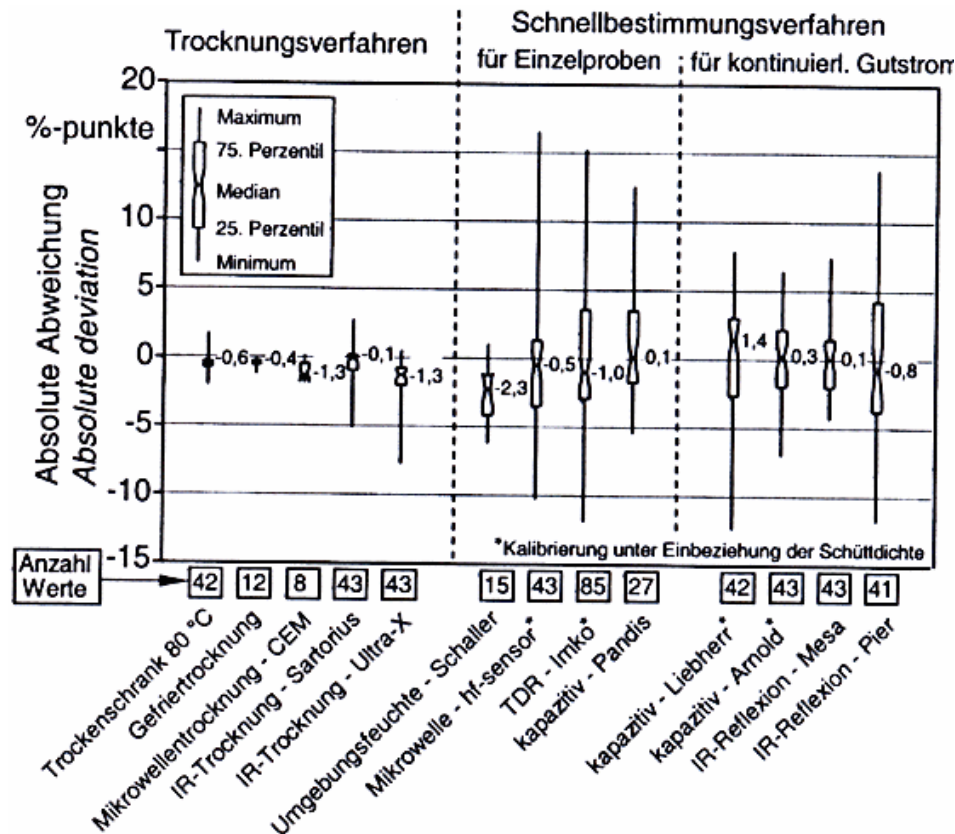
In der Untersuchung wurden insgesamt 13 Messverfahren mit bis zu 43 verschiedenen Hackgutproben (Unterschiede hinsichtlich Baumarten, Waldbeständen, Trocknungsstadien, Hackertypen) getestet. Als Referenzmethode wurde das klassische Darrverfahren bei 105 °C herangezogen.

**Tabelle 4:** Überblick über die in einer Untersuchung der Bayrischen Landesanstalt für Landtechnik getesteten Verfahren zur Wassergehaltsbestimmung bei Holzbiomasse.

<b>Verfahren</b>	<b>Firma</b>	<b>vgl. Kapitel</b>
Trockenschrank 80 °C	-	-
Gefriertrocknung	-	7.1.2
Mikrowellen-Trocknung	CEM	7.3.4
IR-Trocknung	Sartorius	7.3.3
IR-Trocknung	Ultra X	7.3.3
Umgebungsfeuchte	Schaller	-
Mikrowellen Verfahren	Hf-Sensor	7.4.3
Kapazitives Verfahren	Pandis	7.4.2
Kapazitives Verfahren	Liebherr	7.4.2
Kapazitives Verfahren	Arnold	7.4.2
IR-Reflexion	Mesa	7.4.4
IR-Reflexion	Pier	7.4.4

Einzelne Messverfahren waren für die Versuche gleich einsetzbar (IR-Trockner, Mikrowellentrockner, Pandis, Schaller), andere mussten vorab kalibriert werden (Mikrowellen und IR-Reflexionsverfahren, kapazitive Verfahren von Arnold und Liebherr).

Eine grafische Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung findet sich in nachfolgender Grafik der Autoren Böhm & Hartmann (2000). Die Grafik zeigt die Abweichungen der Einzelmessungen des Wassergehaltes gegenüber dem Referenzverfahren.



**Abbildung 49:** Abweichungen der Einzelmessungen des Wassergehaltes verschiedener Wassergehaltsbestimmungsmethoden gegenüber dem Referenzverfahren der Darrmethode bei 105 °C (aus Böhm & Hartmann 2000).

Die untersuchten Trocknungsverfahren weisen insgesamt eine hohe Genauigkeit auf, insbesondere die Darrschrankmethode mit 80 °C sowie die Gefriertrocknung. Beide Verfahren sind aber aufgrund der extrem langen Trocknungsdauer für den Praxiseinsatz nicht tauglich. Allen Trocknungsverfahren gemeinsam ist, dass die Trockengehalte im Mittel (Median) geringfügig unter den Werten der Referenzmethode liegen (siehe Abbildung oben). Von den beiden praxisrelevanten Schnelltrocknungsverfahren schnitt die Mikrowellentrocknung aufgrund der weit geringeren Streuung, deutlich besser ab, als die Infrarot-Trocknungsmethoden. Problematisch ist besonders bei den IR-Trockner die sehr geringe Probenmenge.

Die indirekten zerstörungsfreien Messmethoden schneiden im Genauigkeitsvergleich mit den Trocknungsverfahren deutlich schlechter ab. Liegen die Messwerte im Mittel (Median) noch recht nahe dem Wert der Referenzmethode, so sind die Messwertstreuungen doch bei den meisten Methoden sehr beträchtlich (siehe obige Abbildung: Abstand zwischen 75. Perzentil und 25. Perzentil - hier liegen 50 % aller Messwerte – und Abstand zwischen Minimum und Maximum). Relativ gute Ergebnisse liefern das IR-Reflexionsverfahren (Fa. Mesa) und die kapazitive Messmethode der Fa. Arnold, beides kontinuierliche Messverfahren. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Verfahren für kontinuierlichen Gutstrom nicht anhand eines solchen getestet wurden, sondern mittels eines Versuchsaufbaus, bei dem die Proben über oder unter dem Messkopf geschwenkt wurden. Die Autoren schreiben, dass diese Verfahren aber mit entsprechender Adaptierung auch für stationäre Labor- oder Vor-Ort-Schnelltestanwendungen geeignet wären.

Das Umgebungsfeuchte-Messverfahren der Fa. Schaller ist für Hackgut de facto nicht einsetzbar, da der Messbereich des getesteten Gerätes mit maximal 14 % Wassergehalt beschränkt ist. Das Gerät kommt daher nur für die Analyse von Pellets in Frage.

Die Untersuchungen haben weiters gezeigt, dass die Genauigkeit der Messungen mit zunehmendem Wassergehalt abnimmt. Die in der Abbildung auf der Vorderseite dargestellten extremen Ausreißer (vgl. Min bzw. Max) konnten in erster Linie in einem Wassergehaltsbereich über 35 % festgestellt werden. Im Bereich bis 20 % Wassergehalt lagen dagegen die Werte oftmals nicht mehr als  $\pm 2$  Prozentpunkte auseinander.

## 8 Anwenderorientierte Kategorisierung der Messprinzipien, Normen und Methoden

### 8.1 Einteilung Biomasseheizanlagen in Österreich

In diesem Abschlusskapitel werden für alle definierten Anwendergruppen die für sie relevanten Informationen in kurzer und übersichtlicher Form dargestellt. Eine Beschreibung jeder Anwendergruppe ist dabei den Teilkapiteln vorangestellt. Eine Übersicht über die Anwendergruppen sowie eine Codierung der Gruppen findet sich in nachfolgender Tabelle.

**Tabelle 5:** Übersicht über die Anwendergruppen und die Codierung der Gruppen

<b>Größe der Biomasseheizanlage</b>	<b>Betriebliche Struktur</b>
<b>A</b> Feuerungsanlagen < 1 MW Brennstoff-Wärmeleistung	<b>A1</b> Genossenschaften/Unternehmen im Eigentum der Waldbesitzer
	<b>A2</b> Betriebe der holzverarbeitenden Industrie
	<b>A3</b> Sonstige Betreiber (EVU, Kommunen)
	<b>A4</b> -
<b>B</b> Feuerungsanlagen zwischen 1 und 4 MW Brennstoff-Wärmeleistung	<b>B1</b> Genossenschaften/Unternehmen im Eigentum der Waldbesitzer
	<b>B2</b> Betriebe der holzverarbeitenden Industrie
	<b>B3</b> Betriebe der Papier- und Plattenindustrie
	<b>B4</b> Sonstige Betreiber (EVU, Kommunen)
<b>C</b> Feuerungsanlagen über 4 MW Brennstoff-Wärmeleistung	<b>C1</b> -
	<b>C2</b> Betriebe der holzverarbeitenden Industrie
	<b>C3</b> Betriebe der Papier- und Plattenindustrie
	<b>C4</b> Sonstige Betreiber (EVU, Kommunen, Waldbesitzer)

Das Hauptaugenmerk bei den Ausführungen zu diesem Kapitel liegt auf den anwenderspezifischen Erläuterungen zu den bereits in den vorherigen Kapiteln im Detail aufbereiteten Fakten. Genaue Verweise auf die jeweiligen Kapitel sollen einen raschen Zugriff auf die notwendige Detailinformation ermöglichen. Sind darüber hinausgehende Informationen notwendig (z.B. Adresse zur Beschaffung einer Norm oder aktuelle Preisinformationen zu Messgeräten), so finden sich die diesbezüglichen Hinweise in den Kapiteln 2 bis 7 sowie in Kapitel 12.

Da viele Normen, Richtlinien, Methoden und Messgeräte nicht nur für eine Anwendergruppe von Bedeutung sind, finden sich diesbezügliche Verweise oftmals in mehreren Anwendergruppen wieder.

### 8.2 Übernahmeschema für Energieholz

Aufgrund unterschiedlichster Voraussetzungen bei den Betreibern von Biomasseheizwerken in personeller, organisatorischer und finanzieller Hinsicht, sowie aufgrund der breiten Palette an Holzbrennstoffen, ist es bei einer alle Teilbereiche dieses Spektrums umfassenden Studie nicht möglich, einzelne „Kochrezeptmethoden“ zu

selektieren und im Detail zu beschreiben. Eine solche detaillierte Methodendarstellung kann nur aufgrund von vorher getroffenen Einschränkungen, z.B. für besonders wichtige Bioenergieströme für die bis dato noch keine geeigneten Methoden oder Messverfahren vorliegen, erfolgen. Sehr wohl ist es aber möglich, ein allgemeines „Best-Practise“ Vorgehen bei der Übernahme von Energieholz darzulegen.

Folgend sind in Übersichtsform zwei allgemein gültige Beispiele für die Ermittlung des Energieinhaltes einer Ladung Energieholz per Anlieferung mittels LKW oder Waggon dargestellt.

**Tabelle 6:** Beispiele für die Ermittlung des Energieinhaltes für eine Ladung Energieholz per Anlieferung mittels LKW oder Waggon bei Bestimmung des Wassergehaltes mit bzw. ohne Probennahme

Bestimmung des Wassergehalts mit Probennahme	
Schritt 1	Verwiegung des Transportfahrzeuges mitsamt der Ladung auf einer geeichten Brückenwaage
Schritt 2	Repräsentative Entnahme von Proben vom Transportfahrzeug oder nach der Entladung
Schritt 3	Schutz der Proben vor Witterungseinflüssen bzw. vor Austrocknung
Schritt 4	Reduktion der Probenmenge sofern notwendig
Schritt 5	Herstellen einer Analyseprobe (Durchmischung)
Schritt 6	Ermittlung des Wassergehaltes mit geeigneten Verfahren
Schritt 7	Rückwaage des leeren Transportfahrzeuges auf einer geeichten Brückenwaage
Schritt 8	Bestimmung der Masse der Holz und/oder Rindensubstanz im Anlieferungszustand
Schritt 9	Berechnung der gelieferten Energiemenge aus folgenden Werten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizwert absolut trockene Biomasse (Norm)</li> <li>• Wassergehalt (Analyse)</li> <li>• Masse des Holzes im Anlieferungszustand (Verwiegung)</li> </ul>

Bestimmung des Wassergehalts ohne Probennahme	
Schritt 1	Verwiegung des Transportfahrzeuges mitsamt der Ladung auf einer geeichten Brückenwaage
Schritt 2	Messung des Wassergehaltes an mehreren Stellen der Ladung
Schritt 3	Bildung des Mittelwertes aus den Einzelmessungen des Wassergehaltes
Schritt 4	Rückwaage des leeren Transportfahrzeuges auf einer geeichten Brückenwaage
Schritt 5	Bestimmung der Masse des Holzes im Anlieferungszustand
Schritt 6	Berechnung der gelieferten Energiemenge aus folgenden Werten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizwert absolut trockene Biomasse (Norm)</li> <li>• Wassergehalt (Analyse)</li> <li>• Masse des Holzes im Anlieferungszustand (Verwiegung)</li> </ul>

Der untere Heizwert für einen bekannten Wassergehalt - welcher mit der Holzmasse die gelieferten Energiemenge ergibt - errechnet sich wie folgt<sup>27</sup>:

$$Hu = \left(\frac{100-w}{100}\right) * Hu_{TS} - \frac{w}{100} * 2,441 [MJ / kg]$$

$Hu$  ... unterer Heizwert bei Wassergehalt  $w$  [MJ/kg]

$Hu_{TS}$  ... unterer Heizwert der absolut trockenen Biomasse [MJ/kg].

$w$  ... Wassergehalt als Anteil des Wassers an der Frischsubstanz [Gew. % FS]

$$w = \frac{m_W}{m_W + m_{TSBiomasse}} * 100 [Gew\%FS]$$

$m_W$  ... Masse des Wassers

$m_{TSBiomasse}$  Masse der Trockensubstanz

Für den unteren Heizwert der absolut trockenen Holz-Biomasse  $Hu_{TS}$  kann beispielsweise auf Werte aus der österreichischen Norm ÖNORM M 7132 zurückgegriffen werden. Weitere Informationsquellen für Heizwert-Richtwerte finden sich im Kapitel 6.5.

<b>Heizwert der wasserfreien Substanz lt. ÖNORM M 7132</b>	
Nadelhölzer	19 MJ/kg
Laubhölzer	18 MJ/kg

Nadelhölzer	19 MJ/kg
Laubhölzer	18 MJ/kg

---

<sup>27</sup> Siehe hierzu auch Kapitel 2.3

## 8.3 Allgemeine praktische Bewertung der Wassergehalts-Bestimmungsmethoden

Für die praktische Anwendung in der Holzübernahme, können grundsätzlich sowohl direkte als auch indirekte Wassergehaltsbestimmungsmethoden eingesetzt werden. Kennzeichnend für direkte Verfahren ist, dass der Wassergehalt von Holz durch Trocknen und Wägen ermittelt wird (z.B. mittels Darrschrank, Infrarot- und Mikrowellentrocknung). Bei indirekten Verfahren – wie kapazitive Messmethoden, Mikrowellen, Infrarotreflexion – werden hingegen die unterschiedlichen elektrischen und optischen Eigenschaften von Wasser und Holz genutzt, um von diesen mittels elektronischer Methoden auf den Wassergehalt zu schließen (siehe 7.1, 7.2).

### 8.3.1 Praktische Vorteile bzw. Nachteile von direkten Verfahren

Direkte Verfahren zeichnen sich gegenüber indirekten Verfahren dadurch aus, dass sie eine höhere Messgenauigkeit besitzen, sie ermöglichen eine Messung von gefrorenem Material und es bedarf zudem keiner materialspezifischen Kalibrierung der Messgeräte. Die auf dem direkten Messprinzip beruhenden Geräte sind allesamt nur stationär einsetzbar, d.h. sie sind ausschließlich für Innenräume gebaut. Es bedarf daher immer einer Probennahme und eventuell einer Probenreduktion, die je nach Umfang und Probengröße Arbeitsaufwand und Messdauer bestimmt. Das klassische Darrverfahren verlangt zudem eine mehrstündige Trocknungsdauer, das bedeutet, dass eine Feststellung des Wassergehaltes im Zuge der Anlieferung nicht möglich ist. Der Wassergehalt der übernommenen Fuhre liegt erst Stunden später vor, wenn die Lieferung zumeist nicht mehr in klar abgrenzbarer Form zur Verfügung steht (z.B. aufgrund der Vermischung mit am Lager befindlichem Material bzw. nachgeliefertem Material). Um etwaigen daraus resultierenden nachträglichen Unstimmigkeiten zwischen den Vertragspartnern vorzubeugen, können Rückstellproben einbehalten werden, die eine nochmalige Feststellung des Wassergehaltes einer Lieferung ermöglichen. Diese Problematik umgehen die Schnelltrocknungsverfahren (Heißluftofen, Infrarot- und Mikrowellen-Trocknung), da in diesem Fall die Messergebnisse innerhalb weniger Minuten bis maximal einer halben Stunde nach der Beprobung vorliegen. Nachteilig in diesen Fällen ist, dass die Probenmengen sehr begrenzt sind und dass in erster Linie in Spanform vorliegendes Material damit analysiert werden kann.

#### Darrschrankverfahren

Prinzipiell für jede Art und Größe von Holzbrennstoff geeignet. Geräte stehen in unterschiedlichsten Größen und Ausstattungsvarianten zur Verfügung, Schränke mit eingebauter Luftturbine verringern die Trocknungszeit. Im einfachsten Fall kann das Darrschrankverfahren auch mit Hilfe eines Backofens durchgeführt werden, wobei die Temperatur ( $\sim 100\text{ °C} - 110\text{ °C}$ ) über ein zusätzliches Thermometer zu kontrollieren ist. Eine Waage mit einer Genauigkeit von in etwa 1/100 der Probenmenge ist erforderlich (vgl. 6.2).

#### Heißluftofen

Der für die Übernahme von Industrierundholz entwickelte Heißluftofen eignet sich für die Wassergehaltsbestimmung von Säge- und Frässpänen. Die Genauigkeit ist der des



Darrschrankverfahrens gleichzusetzen. Die einmalig analysierbare Probenmenge ist mit rund 1 Liter begrenzt. Zuverlässiges Verfahren, welches aber aufgrund der Gerätekosten eher für mittelgroße und größere Heizanlagen in Frage kommt.

### IR-Trocknung

In erster Linie für feine und homogene Güter (z.B. Späne, Pellets) geeignet. Einmalig analysierbare Probenmengen sehr begrenzt (<100 g). Scheidet aufgrund der kleinen Menge für Energieholzübernahme von inhomogenen Gütern aus.

### Mikrowellentrocknung

Vergleichbar mit der IR-Trocknung, nur ist die Proben temperatur schwieriger zu kontrollieren. Es gibt sehr genaue MW-Geräte mit automatischer IR-Oberflächenkontrolle (z.B. Fa. CEM) und integrierter Waage, welche aber aufgrund der extrem geringen Probenmenge (nur wenige Gramm!) für die Energieholzübernahme ungeeignet sind. MW-Geräte für größeres Probenvolumen (bis ca. 1000 g) - welche grundsätzlich für die Energieholzübernahme interessant wären - haben noch keine automatische Temperaturkontrolle, keine integrierte Waage und es liegen zudem keine Informationen hinsichtlich der Messgenauigkeit vor.

## 8.3.2 Praktische Vorteile bzw. Nachteile von indirekten Verfahren

Die indirekten Verfahren zeichnen sich gegenüber direkten Verfahren vor allem durch eine kürzere Messdauer und einer Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten aus. Während direkte Verfahren immer stationär sind, können indirekte Verfahren sowohl stationär (Laborgerät) als auch mobil (Handgerät) oder kontinuierlich messend (Online-Gerät) ausgeführt sein.

Bei *Laborgeräten* ist zwar wie bei den direkten Verfahren eine Probennahme und allenfalls eine Probenreduktion notwendig, die eigentliche Wassergehaltsmessung erfolgt jedoch in wenigen Sekunden.

*Mobile Messgeräte* sind entweder als Handgeräte mit Einstich- oder Anpress-Sonden oder als tragbare mit einer Messeinrichtung versehene Behälter bzw. Kübel ausgeführt. Mit ersteren wird direkt an der Fuhre, z.B. am LKW, oder am entladenen Gut gemessen. Die Messdauer beträgt nur wenige Sekunden und es ist daher möglich, mehrere Messwerte in kurzer Zeit aufzunehmen. Mit manchen Geräten kann aus diesen Einzelmessungen automatisch ein Durchschnittswert berechnet werden. Bei Verwendung der mobilen Behälter bzw. Kübel werden an der Fuhre oder am Lagerplatz Proben gezogen und die Messung erfolgt ebenfalls vor Ort oder im Labor (z.B. bei Verwendung einer Waage zur Ermittlung der Schüttdichte). Bei der Verwendung von mobilen Geräten im Freien ist allerdings folgendes zu bedenken: in den Datenblättern einiger elektronischer Geräte ist der Einsatz auf bestimmte Umgebungsbedingungen beschränkt (z.B. 0 – 50 °C, < 80 % rel. Luftfeuchte). Manche Gerätehersteller weisen darauf hin, dass bei einem längeren Einsatz batteriebetriebener Geräte unter Minustemperaturen die Lebensdauer der Akkumulatoren rapide abnimmt.

*Online-Geräte* bieten die Möglichkeit, den Durchschnitts-Wassergehalt einer größeren Brennstoffmenge zu erfassen. Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Adaption der

Übernahmestation zum Beispiel durch Einbau von Messsonden in Material-Rutschen oder Förderbändern (vgl. 7.4.2- 7.4.4).

Für sämtliche indirekte Messverfahren bedarf es einer vorhergehenden *Kalibrierung*. Bei manchen Geräten ist diese Kalibrierung vorgegeben (wird vom Hersteller durchgeführt), bei anderen Geräten obliegt es dem Anwender, die Kalibrierung durchzuführen und eventuell das Gerät auf unterschiedliche Brennstoffe anzupassen. Dafür sind mindestens zwei Proben unterschiedlicher Feuchte notwendig. Je genauer das zu messende Material hinsichtlich Homogenität, Partikelgröße und Schüttdichte mit dem bei der Kalibrierung verwendeten übereinstimmt, umso höher ist die erreichbare Messgenauigkeit. Jedoch auch bei erfolgter Kalibrierung und sehr homogenem Material erreichen die indirekten Verfahren nicht die hohen Messgenauigkeiten von direkten Verfahren.

### Kapazitive Verfahren

Ein elektromagnetisches Feld durchdringt das zu messende Material und „erfasst“ die im Messvolumen (je nach Bauart, ca. 10 Liter) vorhandenen Wassermoleküle, jedoch nicht die (Schütt-)Dichte des Materials. Aus diesem Grund sollen Schüttdichte und Korngröße des Messgutes mit dem für die Kalibrierung verwendeten Gut möglichst identisch sein.

Bei Schüttgut wie z.B. Hackschnitzel gibt es unter Umständen sehr unterschiedliche Schüttdichten, die das Messergebnis verfälschen. Es gibt Geräte am Markt, die diese Schüttdichteunterschiede zu kompensieren versuchen, z.B. durch Wägen der Probe (Fa. Schaller), durch „Zusammenrütteln“ des befüllten Messbechers (Fa. Pandis) oder durch definiertes Zusammenpressen des Materials vor der Messung (Fa. ACO). Diese Geräte eignen sich aufgrund ihrer Bauart für den Einsatz bei der Übernahme für Energieholzsortimenten (vgl. 7.4.2). Einschränkend muss vermerkt werden, dass die Messunsicherheiten teils doch recht groß sind (vgl. 7.5). Hier hängt es sicherlich von den Vereinbarungen zwischen Käufer und Verkäufer ab, ob diese Messunsicherheiten beiderseits akzeptiert werden können.

Manche Hersteller weisen darauf hin, dass eine Messung von gefrorenem Gut mit kapazitiven Methoden nicht möglich ist bzw. zu Fehlmessungen führt, da Wasser nur in flüssigem und gasförmigem Zustand erfasst wird. Ebenso kann es bei einer Materialtemperatur über 40 °C sowie bei Kondensatbildung an der Oberfläche, bei regennassem oder schimmeligem Material zu Fehlmessungen führen.

### Mikrowellenverfahren

Funktionieren auf dem gleichen Prinzip wie die kapazitiven Verfahren, nur werden in diesem Fall höhere Frequenzen verwendet. Das hat den Vorteil, dass zusätzlich zum Wassergehalt auch andere Materialparameter wie z.B. die Dichte gemessen werden können (Zweiparameter-Messung) und dadurch eine automatische Schüttdichtekompensation möglich ist (z.B. Firmen Döscher, Tews). Eine Kalibrierung auf das jeweilige Material ist notwendig.

Es stehen verschiedenste Geräteausführungen zur Verfügung die für einen Praxiseinsatz geeignet wären: Laborgeräte mit Behälter zur Probennahme (Fa. Tews, Fa. Döscher), Oberflächensensoren die z.B. in Behälter- oder Fließbandbegrenzungen eingebaut werden für Online-Messung (hf-sensor, Döscher) oder Handgeräte mit Einstechsonden (Fa. hf-sensor, Fa. Farmcomp). Labor- und Handgeräte eignen sich aufgrund ihrer Bauart

für den Einsatz zur Energieholzübernahme (vgl. 0). Einschränkend muss vermerkt werden, dass die Messunsicherheiten teils doch sehr groß sind (vgl. 7.5).

#### IR-Reflexions-Verfahren (NIR)

Die am Markt befindlichen Geräte sind derzeit in erster Linie als Online-Messgeräte zur Feuchtemessung von Spänen und Hackgut (z.B. Prozesssteuerung bei Brikett- und Pelletproduzenten, Heizkraftwerken) im Einsatz. Die Messung erfolgt nur an der Oberfläche des Materials und es ist eine konstante Distanz zwischen Messkopf und Material einzuhalten. Die Messgenauigkeit ist von Holzart und Geometrie der Probestücke abhängig, und jede Holzart und Oberflächenform erfordert eine andere Kalibrierung. NIR-Messverfahren zeigen teils recht gute Messgenauigkeiten bei Holzbrennstoffen (vgl. 7.5). Die Verfahren wären künftig - mit entsprechender Adaptierung - auch für stationäre Labor- oder Vor-Ort-Schnelltestanwendungen geeignet.

## 8.4 Feuerungsanlagen bis 1 MW Brennstoff-Wärmeleistung

### 8.4.1 Genossenschaften und Unternehmen im Eigentum der Waldbesitzer – A1

#### Charakterisierung der Betreibergruppe

Die Motivation zur Errichtung und zum Betrieb von Biomasse-Heizwerken kommt bei dieser Betreibergruppe vordergründig aus dem Wunsch, neue Absatzmöglichkeiten für minderwertiges Holzmaterial aus den Waldpflegemaßnahmen zu eröffnen bzw. einen Ersatz für den Entfall des traditionellen Scheitholzabsatzes zu finden. Demgemäß soll in der Heizanlage ein möglichst hoher Anteil von Waldhackgut eingesetzt werden, sonstiges Material wird je nach Wirtschaftlichkeit der Anlagenkonzeption eher vermieden. Bei Heizanlagen bis 500 kW muss auf die Qualität des eingesetzten Hackgutes besonderes Augenmerk gelegt werden, sowohl Wassergehalt als auch Stückigkeit dürfen die vereinbarten Qualitätserfordernisse nicht verfehlen. Bei Anlagen zwischen 500 bis 1.000 kW sind sowohl für die Brennstoffbeschickung als auch für die Wassergehaltsklassen bereits größere Toleranzbreiten gegeben.

Um den unterschiedlichen Brennstoffqualitäten beim höherpreisigen Waldhackgut gerecht zu werden, werden in der Regel für die Abrechnung Wassergehaltsklassen unterschiedlich bewertet.

#### Ermittlung des Energieinhaltes einer Lieferung

Geeignete Methoden zur repräsentativen **Probennahme, Probenreduktion und Probenbehandlung** für die beiden wichtigsten Brennstoffsortimente dieser Betreibergruppe - Hackgut und Rundholz - finden sich in folgenden österreichischen Normen und Richtlinien:

- ÖNORM M 7133 (siehe 6.1.8)
- FPP Richtlinie Industrierundholz (siehe Kapitel 6.1.10)
- PHA Richtlinie – Holzübernahme (siehe Kapitel 6.1.11)

Aufgrund der kleinbetrieblichen Struktur der Genossenschaften oder Unternehmen und den damit verbundenen eingeschränkten finanziellen und personellen Möglichkeiten sind betriebspezifische Adaptierungen dieser teilweise auf Erfordernisse von Großunternehmen ausgerichteten Normen und Richtlinien sinnvoll und zumeist für eine adäquate Umsetzung auch zwingend notwendig. Durch Zusammenführung und Anpassung der Inhalte der angeführten Normen und Richtlinien ist es darüber hinaus möglich, auch andere Schüttgüter (z.B. Sägespäne) in repräsentativer Weise zu beproben.

Weitere inhaltlich teilweise geeignete Methoden zur Probennahme und Probenreduktion finden sich in den schwedischen Normen SS 18 71 13 und SS 18 71 14 (siehe 6.1.6 und 6.1.7), sowie in den künftigen europäischen Brennstoffnormen (siehe 6.1.1 bis 6.1.4). Die schwedischen und künftigen europäischen Normen sollten grundsätzlich für alle festen Biobrennstoffe verwendet werden können, wenngleich deren Anwendbarkeit auf Spezialsortimente wie etwa Kappholz oder Holzspießel nur bedingt gegeben scheint. Da

die europäischen Normen von CEN (Europäisches Normungsinstitut) vorerst nur als sog. „Technischen Spezifikationen (TS)“ in englischer Sprache herausgegeben werden, wird deren Verbreitung in der Praxis auch davon abhängen, ob das deutsche Normungsinstitut Übersetzungen für den deutschsprachigen Raum anfertigen lässt.

Folgende Verfahren zur **Wassergehaltsbestimmung** erscheinen derzeit aufgrund der Genauigkeitserfordernisse sowie des möglichen Investitionskapitals für diese Anwendergruppe geeignet:

- Darrschrankverfahren (vgl. 6.2, 7.1.1 und 7.3.1)
- Kapazitive Messverfahren (vgl. 7.2.2 und 7.4.2)

Eine praxisbezogene Bewertung aller aufgelisteten Verfahren findet sich in Kapitel 8.3.

Kapitel 12 gibt eine detaillierte Übersicht über die Messgeräte mit Informationen hinsichtlich Genauigkeit, analysierbare Brennstoffarten, Probenmenge, Analysedauer, Anschaffungskosten und Bezugsquellen.

## 8.4.2 Betriebe der Holzverarbeitenden Industrie – A2

### Charakterisierung der Betreibergruppe

Zu dieser Gruppe sind vor allem kleinere (bis mittelgroße) Sägewerke zu rechnen, die für die Beheizung der Werksanlagen und Trockenkammern Biomassekesselanlagen betreiben. In der Regel wird das innerbetrieblich energetisch eingesetzte Restholz mengenmäßig nur grob erfasst. Das Interesse für die Bestimmung des Energieinhaltes der eingesetzten bzw. angebotenen Energieholzsortimente ergibt sich bei dieser Betreibergruppe in der Ermittlung der Kostenstruktur für den Wärmebedarf und für die Preisgestaltung bei Wärmeauskoppelung in Nahwärmenetze bzw. für den Brennstoffverkauf.

### Ermittlung des Energieinhaltes einer Lieferung

Geeignete Methoden zur repräsentativen **Probennahme, Probenreduktion und Probenbehandlung** für die Brennstoffsortimente Hackgut und Rundholz finden sich in folgenden österreichischen Normen und Richtlinien:

- ÖNORM M 7133 (siehe 6.1.8)
- FPP Richtlinie Industrierundholz (siehe Kapitel 6.1.10)
- PHA Richtlinie – Holzübernahme (siehe Kapitel 6.1.11)

Durch Zusammenführung und Anpassung der Inhalte ist es darüber hinaus möglich, auch andere Schüttgüter (z.B. Sägespäne) in repräsentativer Weise zu beproben. Sonstige betriebliche Restholzsortimente wie Schwarten, Spreißel, Kappholz können hingegen auf Basis dieser Normen/Richtlinien nicht repräsentativ beprobt werden. Auch die grundsätzlich dafür konzipierten schwedischen Normen SS 18 71 13 und SS 18 71 14 (siehe 6.1.6 und 6.1.7) und auch die künftigen europäischen Brennstoffnormen (siehe 6.1.1 bis 6.1.4) bieten für diese Sortimente nicht wirklich geeignete Praxislösungen an.

Weitere Anmerkungen betreffend Anwendbarkeit der schwedischen und europäischen Normen finden sich im Kapitel 8.1.1 (Anwendergruppe A1).

Folgende Verfahren zur **Wassergehaltsbestimmung** erscheinen aufgrund der Genauigkeitserfordernisse sowie des möglichen Investitionskapitals für diese Anwendergruppe geeignet:

- Darrschrankverfahren (vgl. 6.2, 7.1.1 und 7.3.1)
- Kapazitive Verfahren (vgl. 7.2.2 und 7.4.2)

Da diese Anwendergruppe zu einem großen Teil interne Brennstoffsortimente für die energetische Nutzung heranzieht, sind darüber hinaus folgende Verfahren geeignet:

- Mikrowellenverfahren (vgl. 7.2.3 und 7.4.3)
- Infrarot-Reflexions Verfahren (vgl. 7.2.4 und 7.4.4)

Eine praxisbezogene Bewertung aller aufgelisteten Verfahren findet sich in Kapitel 8.3.

Kapitel 12 gibt eine detaillierte Übersicht über die Messgeräte mit Informationen hinsichtlich Genauigkeit, analysierbare Brennstoffarten, Probenmenge, Analysedauer, Anschaffungskosten und Bezugsquellen.

### 8.4.3 Sonstige Betreiber (EVU, Kommunen) - A3

Ausführungen betreffend geeigneter Methoden zur repräsentativen **Probennahme, Probenreduktion und Probenbehandlung** decken sich weitestgehend mit jenen der Anwendergruppe A1 und A2 (siehe 8.1.1 und 8.1.2).

Gerade in Kommunen kommen für die Beheizung von Gebäuden neuerdings auch größer dimensionierte Pelletfeuerungen zum Einsatz. Zwar werden diese Feuerungen üblicherweise nicht mit den in der ÖNORM M 7135 definierten hochqualitativen Pellets für Kleinf Feuerungen beschickt, nichtsdestotrotz können die Definitionen dieser Norm hinsichtlich Probennahmen, Analyse und Qualitätsbeurteilung auch für diese sog. „Industriepellets“ Anwendung finden.

Folgende Verfahren zur **Wassergehaltsbestimmung** erscheinen aufgrund der Genauigkeitserfordernisse sowie des möglichen Investitionskapitals für diese Anwendergruppe geeignet:

- Darrschrankverfahren (vgl. 6.2, 7.1.1 und 7.3.1)
- Kapazitive Messverfahren (vgl. 7.2.2 und 7.4.2)

Eine praxisbezogene Bewertung der aufgelisteten Verfahren findet sich in Kapitel 8.3.

Kapitel 12 gibt eine detaillierte Übersicht über die Messgeräte mit Informationen hinsichtlich Genauigkeit, analysierbare Brennstoffarten, Probenmenge, Analysedauer, Anschaffungskosten und Bezugsquellen.

## 8.5 Feuerungsanlagen 1 bis 4 MW und > 4 MW Brennstoff-Wärmeleistung

Aufgrund des mehr oder minder gleichen Rohstoffpotentials und der sich über der Betriebsgrößenkategorie (Gruppe B: 1 bis 4 MW Brennstoffwärmeleistung; Gruppe C: > 4 MW) hinsichtlich der Übernahme kaum verändernden betrieblichen Rahmenbedingungen, wurden die Hinweise für diese Betreibergruppen zusammengeführt.

### 8.5.1 Genossenschaften und Unternehmen im Eigentum der Waldbesitzer - B1

#### Charakterisierung der Betreibergruppe

Die Motivationslage der Betreibergruppe für den Betrieb eines Biomasse-Heizwerkes ist ähnlich wie bei A1, allerdings muss in der Regel für den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage neben dem Waldhackgut aus der eigenen Produktion auch günstigeres Fremdmaterial (Rinde, Sägeresthölzer, Industrierestholz, Flurgehölze, etc.) verwertet werden. Die Kesselanlagen über 1 MW Brennstoffwärmeleistung lassen bei entsprechender Beschickungs- und Verbrennungstechnologie bereits eine weite Bandbreite an unterschiedlichsten Brennstoffqualitäten zu, die Ermittlung des Energieinhaltes der unterschiedlichsten Lieferungen gewinnt an Bedeutung.

#### Ermittlung des Energieinhaltes einer Lieferung

Die Anwendergruppe B1 unterscheidet sich von der Anwendergruppe A 1 in erster Linie durch die Betriebsgröße, nicht aber hinsichtlich der Rohstoffe. Geeignete Methoden zur repräsentativen **Probennahme, Probenreduktion und Probenbehandlung** für die beiden zentralen Brennstoffsortimente - Hackgut und Rundholz - finden sich demnach auch in den selben österreichischen Normen und Richtlinien:

- ÖNORM M 7133 (siehe 6.1.8)
- FPP Richtlinie Industrierundholz (siehe 6.1.10)
- PHA Richtlinie – Holzübernahme (siehe 6.1.11)

Aufgrund der größeren Betriebseinheiten und den damit ebenfalls geänderten personellen und finanziellen Rahmenbedingungen sollten sich die Vorgaben – insbesondere der auf industrielle Belange ausgerichteten Richtlinien – aber zumeist einfacher umsetzen lassen.

Für diese Betreibergruppe werden auch die nachfolgend aufgelisteten neuen europäischen Brennstoffnormen schon in naher Zukunft Bedeutung erlangen, da die energetische Nutzung direkt aus dem Wald kommender Holzsortimente, eine der Hauptzielrichtungen bei der Erarbeitung dieser Normen war und deshalb diese Prozesse in den Normen besonders gut abgebildet sind.



- prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 1 Methods for sampling (siehe 6.1.1)
- prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 2 Methods for sampling particulate material transported in lorries (siehe 6.1.2)
- prCEN/TS 14779 Solid Biofuels – Sampling – Part 3 Methods for sampling plans and sampling certificates (siehe 6.1.3)
- CEN/TS Solid Biofuels – Methods for sample reduction (siehe 6.1.4)
- prCEN/TS Solid Biofuels – Fuel Specification and Classes (siehe 6.4.3)
- prCEN/TS Solid Biofuels – Quality Assurance (siehe 6.4.4)

Weitere inhaltlich geeignete Methoden zur Probennahme und Probenreduktion finden sich in den schwedischen Normen SS 18 71 13 und SS 18 71 14 (siehe 6.1.6 und 6.1.7).

Folgende Verfahren zur **Wassergehaltsbestimmung** erscheinen aufgrund der Genauigkeitserfordernisse sowie des möglichen Investitionskapitals für diese Anwendergruppe geeignet:

- Darrschrankverfahren (vgl. 6.2, 7.1.1 und 7.3.1)
- Heißluftofen (vgl. 6.2.8, 7.1.3 und 7.3.2)
- Kapazitive Messverfahren (vgl. 7.2.2 und 7.4.2)
- Mikrowellenverfahren (vgl. 7.2.3 und 0)

Eine praxisbezogene Bewertung der aufgelisteten Verfahren findet sich in Kapitel 8.3.

Kapitel 12 gibt eine detaillierte Übersicht über die Messgeräte mit Informationen hinsichtlich Genauigkeit, analysierbare Brennstoffarten, Probenmenge, Analysedauer, Anschaffungskosten und Bezugsquellen.

## 8.5.2 Betriebe der Holzverarbeitende Industrie - B2, C2

### Charakterisierung der Betreibergruppe

Mittlere und größere Betriebe der Sägeindustrie verfügen fast durchwegs über Biomassekesselanlagen zur Wärmeproduktion für die Beheizung der Werkshallen und für die Holz Trocknung. Mit steigender Nachfrage nach Energieholzsortimenten und besserer Bepreisung der Resthölzer, steigt auch das Interesse für die richtige Bewertung des innerbetrieblich energetisch verwerteten Materials. Für die Kalkulation von Investitionen in effizienzsteigernde Maßnahmen der bestehenden Anlagen bzw. für Neuinvestitionen ist die Ermittlung des Energieinhaltes des vorhandenen Materials von steigender Bedeutung.

### Ermittlung des Energieinhaltes einer Lieferung

Die Anwendergruppe B2 unterscheidet sich von der Anwendergruppe A2 in erster Linie durch die Betriebsgröße, nicht aber hinsichtlich der Rohstoffe. Geeignete Methoden zur repräsentativen **Probennahme, Probenreduktion und Probenbehandlung** für Hackgut und Rundholz finden sich demnach auch in den selben österreichischen Normen und Richtlinien. Durch Zusammenführung und Anpassung der Inhalte ist es darüber hinaus möglich, auch andere Schüttgüter (z.B. Sägespäne) in repräsentativer Weise zu beproben. Sonstige betriebliche Restholzsortimente wie Schwarten, Spreißel, Kappholz können hingegen auf Basis dieser Normen/Richtlinien nicht repräsentativ beprobt werden.

- ÖNORM M 7133 (siehe 6.1.8)
- FPP Richtlinie Industrierundholz (siehe Kapitel 6.1.10)
- PHA Richtlinie – Holzübernahme (siehe Kapitel 6.1.11)

Ebenso wie für die Betreibergruppe B1 gilt auch hier, dass die nachfolgend aufgelisteten neuen europäischen Brennstoffnormen schon bald Bedeutung für die Übernahme und den Handel von Biobrennstoffen erlangen werden, da wichtige Restholzsortimente der Holzverarbeitenden Industrie wie Hackgut, Sägespäne, Rinde oder aber auch die Weiterverarbeitungsprodukte wie Pellets und Briketts in diesen Normen einen besonderen Stellenwert zugemessen bekommen.

- prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 1 Methods for sampling (siehe 6.1.1)
- prCEN/TS 14778 Solid Biofuels – Sampling – Part 2 Methods for sampling particulate material transported in lorries (siehe 6.1.2)
- prCEN/TS 14779 Solid Biofuels – Sampling – Part 3 Methods for sampling plans and sampling certificates (siehe 6.1.3)
- CEN/TS Solid Biofuels – Methods for sample reduction (siehe 6.1.4)
- prCEN/TS Solid Biofuels – Fuel Specification and Classes (siehe 6.4.3)
- prCEN/TS Solid Biofuels – Quality Assurance (siehe 6.4.4)

Weitere inhaltlich geeignete Methoden zur Probennahme und Probenreduktion finden sich in den schwedischen Normen SS 18 71 13 und SS 18 71 14 (siehe 6.1.6 und 6.1.7).

Hinzuweisen ist, dass auch die grundsätzlich dafür konzipierten schwedischen Normen SS 18 71 13 und SS 18 71 14 (siehe 6.1.6 und 6.1.7) und künftigen europäischen

Brennstoffnormen (siehe 6.1.1 bis 6.1.4) für die Restholzsortimente Schwarten, Spreißel, Kappholz nicht wirklich geeignete Praxislösungen anbieten. Für die Beprobung von Rinde oder Sägespäne sind diese Normen aber geeignet. Darüber hinaus werden in diesen Normenwerken auch automatische und statische Beprobungen von Förderbändern beschrieben, d.h. von Beprobungsverfahren, die in der Holzindustrie für bestimmte Zwecke durchaus einsetzbar wären.

Methoden die die Probennahme von Hackgut von Förderbändern ebenfalls praxisgerecht beschreiben, finden sich in der skandinavischen Richtlinie der Papier und Zellstoffindustrie SCAN-CM 41:94 (siehe 6.1.5).

Folgende Verfahren zur **Wassergehaltsbestimmung** erscheinen aufgrund der Genauigkeitserfordernisse sowie des möglichen Investitionskapitals für diese Anwendergruppe geeignet:

- Darrschrankverfahren (vgl. 6.2, 7.1.1 und 7.3.1)
- Heißluftofen (vgl. 6.2.8, 7.1.3 und 7.3.2)
- Infrarot-Trocknung (vgl. 7.1.4 und 7.3.3)
- Mikrowellen-Trocknung (vgl. 7.1.5 und 7.3.4)
- Kapazitive Messverfahren (vgl. 7.2.2 und 7.4.2)
- Mikrowellenverfahren (vgl. 7.2.3 und 7.4.3)
- Infrarot-Reflexionsverfahren (NIR) (vgl. 7.2.4 und 7.4.4)

Eine praxisbezogene Bewertung der aufgelisteten Verfahren findet sich in Kapitel 8.3.

Kapitel 12 gibt eine detaillierte Übersicht über die Messgeräte mit Informationen hinsichtlich Genauigkeit, analysierbare Brennstoffarten, Probenmenge, Analysedauer, Anschaffungskosten und Bezugsquellen.

### 8.5.3 Betriebe der Papier- und Plattenindustrie - B3, C3

#### Charakterisierung der Betreibergruppe

Die Papier- und Plattenindustrie verfügt durch die ATRO-Übernahme von Holzsortimenten für die stoffliche Nutzung auch über gute Voraussetzungen und Erfahrungswerte zur Ermittlung des Energieinhaltes der eingesetzten Energieholzsortimente. Die richtige Bewertung der Konkurrenzsortimente zur stofflichen Verwertung sind besonders für die Plattenindustrie von großer Bedeutung.

#### Ermittlung des Energieinhaltes einer Lieferung

Da in den Unternehmen der Papier- und Plattenindustrie nahezu alle Holzsortimente in verschiedenster Weise stofflich genutzt werden, besteht aufgrund der Lieferantenstruktur die potentielle Möglichkeit, alle Sortimente auch energetisch zu nutzen. Die vorhandenen Kessel sind zumeist auch für die Nutzung eines weiten Rohstoffspektrums konzipiert. Im wesentlichen treffen damit für diese Anwendergruppe weitgehend die gleichen Voraussetzungen hinsichtlich **Probennahme, Probenreduktion und Probenbehandlung** zu, wie für die Anwendergruppe B2, C2 (siehe 8.2.2).

Der entscheidende Unterschied zu den übrigen Betreibergruppen ist der, dass in vielen Unternehmen der Papier- Zellstoff und Plattenindustrie bereits heute die personellen und ausstattungsmäßigen Voraussetzungen gegeben sind, um eine Übernahme nach dem Energieinhalt kurzfristig umsetzen zu können.

Für die **Wassergehaltsbestimmung** können die in den Unternehmen bereits vorhanden Darrschränke bzw. Heißlufttrockner eingesetzt werden.

- Darrschrankverfahren (vgl. 6.2, 7.1.1 und 7.3.1)
- Heißluftofen (vgl. 6.2.8, 7.1.3 und 7.3.2)

Optional ist für diese Anwendergruppe zu überlegen, ob auch Online-Messverfahren für die Energieholzübernahme in Frage kommen (Kapazitive-, Mikrowellen-, Infrarot-Reflexionsverfahren) bzw. mobile Handgeräte (Kapazitiv-, Mikrowellen-Verfahren), mit denen das Ladegut direkt am LKW bzw. Waggon oder am Lagerplatz gemessen werden kann.

- Infrarot-Trocknung (vgl. 7.1.4 und 7.3.3)
- Mikrowellen-Trocknung (vgl. 7.1.5 und 7.3.4)
- Kapazitive Messverfahren (vgl. 7.2.2 und 7.4.2)
- Mikrowellenverfahren (vgl. 7.2.3 und 7.4.3)
- Infrarot-Reflexionsverfahren (NIR) (vgl. 7.2.4 und 7.4.4)

Eine praxisbezogene Bewertung der aufgelisteten Verfahren findet sich in Kapitel 8.3.

Kapitel 12 gibt eine detaillierte Übersicht über die Messgeräte mit Informationen hinsichtlich Genauigkeit, analysierbare Brennstoffarten, Probenmenge, Analysedauer, Anschaffungskosten und Bezugsquellen.

#### 8.5.4 Sonstige Betreiber (EVU, Kommunen, Waldbesitzer) – B4, C4

Aufgrund der Heterogenität dieser Anwendergruppe ist eine Eingrenzung der geeigneten Methoden zur repräsentativen **Probennahme, Probenreduktion und Probenbehandlung** ebenso wenig möglich, wie eine Eingrenzung der Verfahren zur **Wassergehaltsbestimmung**. Es gelten die in den Kapitel 8.5.1 – 8.5.3 angeführten diesbezüglichen Hinweise für Biomasseheizanlagen gleicher Größenordnung,

## 9 Zusammenfassung

In Österreich wird etwa 11 % des Primärenergiebedarfes aus biogenen Energieträgern abgedeckt, die in Österreich entwickelte Technologie für den Bioenergiesektor hat eine weltweite Spitzenstellung erlangt. Der Trend zur verstärkten energetischen Nutzung der heimischen Holzressourcen wird durch ambitionierte politische Programme auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene weiter intensiviert.

Dass bei einer gesteigerten Nachfrage nach Energieholzsortimenten die Art der Berechnungsbasis zur Quantifizierung des energetischen Wertes einer Lieferung Holz eine bedeutende Rolle spielt, steht außer Zweifel. Wie die diesbezügliche Übernahme-situation in Österreich sowie in anderen Ländern Europas derzeit aussieht, welche Bedürfnisse und Rahmenbedingungen heimische Biomasseheizwerke haben und welche neuen sowie bis dato nicht so bekannten methodischen und gerätetechnischen Möglichkeiten es zur Übernahme von Energieholz gibt, werden in dieser Arbeit näher beleuchtet werden. Die Studie liefert so Grundlage und Anregung für alle Gruppen von Biomasseanlagenbetreibern und Rohstofflieferanten geeignete Methoden zu selektieren und in ihrer unternehmerischen Praxis umzusetzen.

### **Aktuelle Übernahmemethoden für Energieholz in Europa**

Der erste Teil der Studie gibt einen Überblick über den derzeitigen Status Quo bei der Übernahme von Energieholz in Österreich sowie in weiteren Staaten Europas. Die recherchierten Übernahmemethoden lassen sich im Wesentlichen in zwei Kategorien zusammenfassen. Die Übernahme nach dem Volumen und die Übernahme nach dem Energieinhalt. Bei der zweiten Kategorie kann die Ermittlung des Energieinhaltes entweder indirekt über die Messung von Gewicht und Wassergehalt erfolgen oder direkt mittels Wärmemengenzähler beim Heizkessel. Der überwiegende Teil der österreichischen Betreiber rechnet unabhängig von der Anlagengröße nach dem Volumen ab. Lediglich in Ausnahmefällen, z.B. für höherbewertetes Waldhackgut sowie bei sehr unterschiedlichen Lieferqualitäten, wird der Wassergehalt des Materials bestimmt. Für die neuen Biomasse-KWK-Projekte sind Abrechnungssysteme nach dem Energieinhalt in Planung. In den skandinavischen Ländern Finnland, Schweden und Dänemark werden Energieholzsortimente auf Grund besonderer Unternehmens- und Lieferantenstrukturen im Wesentlichen nur nach dem Energieinhalt gehandelt.

### **Zielgruppenanalyse der betroffenen Betreibergruppen in Österreich**

Um Vorschläge für die Übernahme von Energieholz ausarbeiten zu können, bedarf es einer klaren Vorstellung über die Struktur der heutigen und auch künftigen Betreibergruppen. In Österreich werden 751 Biomasse-Heizwerke mit einer aufsummierten Brennstoffwärmeleistung von 875 MW betrieben (Stand 2002). Davon liegt bei 67 % der Anlagen die Leistung unter 1 MW, bei 29 % zwischen 1 und 4 MW und bei den restlichen 5 % der Anlagen liegt die Brennstoffwärmeleistung über 4 MW. Die untere Größenklasse der Heizwerke (< 1 MW) hat einen Anteil an der aufsummierte Brennstoffwärmeleistung von 21%, die mittlere Größenklasse (1 – 4 MW) einen Anteil von 51 % und die obere Größenklasse (> 4 MW) einen Anteil von 29 %. Die überwiegende Anzahl der Biomasseheizwerke ist Betreibern mit land- und forstwirtschaftlichem Bezug

zuzuordnen (Waldbesitzer). Einige Anlagen wurden von Betrieben der Holzverarbeitenden sowie der Papier- und Plattenindustrie errichtet, der Rest teilt sich auf Gemeinden, EVUs und Sonstige auf. Die geplante Realisierung von neuen Biomasse-KWK-Anlagen in Österreich lässt für den Zeitraum nach 2006 eine verstärkte Nachfrage nach Energieholzsortimenten erwarten, woraus sich eine neue Motivationslage für die Erarbeitung von empfehlenswerten Übernahmemethoden für Energieholz ergibt.

Nach einer Erhebung der E.V.A. setzt sich das Primärenergieaufkommen der österreichischen Biomasseheizwerke (mit einer Brennstoffwärmeleistung über 500 kW) zu 32 % aus Waldhackgut, zu 49 % aus Industriebhackgut und zu 15 % aus Rinde zusammen. Die übernommenen Energieholzsortimente weisen nach den Angaben der Heizwerksbetreiber bei Waldhackgut einen Wassergehalt von durchschnittlich 31 %, bei Industriebhackgut von 37 % und bei Rinde von 47 % auf. Die Lieferantenstruktur ist je nach Anlagengröße sehr unterschiedlich. Bei Kleinanlagen steht oft die Liefergemeinschaft der Betreibergruppe im Vordergrund und ein hoher Anteil des Brennstoffbedarfs wird aus Waldhackgut gedeckt, mit steigender Anlagengröße nimmt der Waldhackgutanteil ab und der Industriebholzanteil und Rindeneinsatz nehmen zu. Die Anforderungen an die Qualität der verwendeten Energieholzsortimente steigen mit sinkender Anlagengröße. Bei kleinen Heizwerkanlagen bis 500 kW Heizlast können Wassergehalte über 35 % und Verunreinigungen bei der Stückigkeit Störungen im Verbrennungsprozess bzw. in den Fördereinrichtungen verursachen. Anlagen ab 500 kW Brennstoffwärmeleistung können hingegen Energieholzsortimente mit einem Wassergehalt von 10 bis 55 (60) % in der Regel problemlos verwerten.

## **Normen und Richtlinien für feste Biobrennstoffe**

Nachdem die Übernahme von Biomasse nach dem Energieinhalt in vielen Ländern bereits seit geraumer Zeit praktiziert wird, wurden viele der dafür notwendigen Methoden bereits als „Stand der Technik“ in Form von Normen oder Richtlinien festgeschrieben. Überdies werden derzeit auf europäischer Ebene neue Normen für feste Biobrennstoffe verfasst, die sich ebenfalls dieser Fragestellung annehmen.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine umfassende Auflistung aktueller nationaler Normen und Richtlinien aus Österreich, Deutschland und Skandinavien sowie von europäischen Normenentwürfen bezüglich der für die Biobrennstoff-Übernahme relevanten Themen: Probennahme, -behandlung und Probenreduktion, Wassergehaltsbestimmung, Bestimmung von Heizwert und Aschegehalt, Brennstoffspezifikation und Qualitätssicherung sowie Richtwerte für Heizwert und Zusammensetzung von Holz und Rinde. Alle Normen und Richtlinien sind systematisch nach Ausgabedatum, Herausgeber, Bezugsquelle, Anwendbarkeit und Inhalt erläutert.

## **Messprinzipien zur Wassergehaltsbestimmung von Energieholz**

Für eine Energieholzübernahme nach dem Energieinhalt bedarf es geeigneter Methoden und Geräte für die Ermittlung des Wassergehaltes einer Lieferung. Die vorliegende Studie bietet neben einer komprimierten Darstellung der bekannten allgemeinen Messprinzipien vor allem eine Selektion und detaillierte Beschreibung jener Verfahren, die auf Grund ihrer praktischen Eignung für einen Einsatz bei der Energieholzübernahme in Frage kommen. Es wurden rund dreißig Hersteller und Händler von Mess- und Analysegeräten kontaktiert und so zusätzliche aktuelle Informationen über die gegenwärtig am Markt vorhandenen

Geräte zusammengetragen. Besonderes Augenmerk galt dabei praxisrelevanten Parametern wie analysierbare Holzbrennstoffarten, Probenmenge, Feuchtemessbereich, Genauigkeit, Messdauer, Handhabung, bisherige Einsatzgebiete, Referenzen und Anschaffungskosten. Eine alphabetische Auflistung aller Hersteller und deren Adressen mit den wichtigsten Informationen zu den von ihnen produzierten oder vertriebenen Geräten findet sich im Anhang. Als Ergänzung zu den Herstellerangaben sind die Ergebnisse einer unabhängigen Teststudie über Anwendbarkeit und Genauigkeit einiger Geräte für die Wassergehaltsbestimmung von Hackschnitzel dargestellt und erläutert.

### **Anwenderorientierte Kategorisierung der Messprinzipien, Normen und Methoden**

Im Abschlusskapitel werden für definierte Anwendergruppen die für sie relevanten Informationen in kurzer und übersichtlicher Form dargestellt. Eine Beschreibung jeder Anwendergruppe ist dabei den Teilkapiteln vorangestellt. Ebenso allgemein umsetzbare Ablaufschemata für die Übernahme nach dem Energieinhalt. Eine Empfehlung eines ganz bestimmten Verfahrens für eine bestimmte Anwendergruppe ist auf Grund der unterschiedlichen Voraussetzungen bei den Betreibern von Biomasseheizwerken aber nicht möglich. Die vorliegende Studie bietet eine detaillierte Beschreibung sowohl der Möglichkeiten als auch der Beschränkungen der möglichen Verfahren und Geräte basierend auf Literatur- und Herstellerinformationen sowie Erfahrungen von Anwendern (Referenzen). Es können damit die Einsatzmöglichkeiten auf Grund von organisatorischen, finanziellen, verfahrenstechnischen und anderen Aspekten eingeschränkt werden. Letztlich obliegt es aber dem Abnehmer und Lieferanten von Energieholzsortimenten sich aufgrund ihrer spezifischen Anforderungen an Messgenauigkeit der Wassergehaltsbestimmung, Zeithorizont der Abrechnung, Repräsentativität der Beprobung usw. auf eine Methode zu einigen und auf ihre individuellen Begebenheiten abzustimmen.



## 10 Literaturverzeichnis

- Böhm, T.; Hartmann, H. (2000): Wassergehalt von Holzhackschnitzel. Ein Vergleich der Bestimmungsmethoden. Landtechnik 4/2000
- Böhner, G.; Wagner, L.; Säcker, M. (1993): Elektrische Messung hoher Holzfeuchten bei Fichte. Holz als Roh- und Werkstoff 51, 163-166.
- Brandstätter, M.; Krenn, K. (1991): Praxiserprobung eines Schnellmessgerätes (Infrarot-Absorption). ÖHFI-A.Nr. 36/91, Holzforschung Austria, Wien
- Behrens, Reinhard (1989): Über Umrechnungszahlen für Hackschnitzel unterschiedlicher Herkunft. Holztechnologie 30, 2, 99 – 100.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.) (2001): Leitfaden Bioenergie. Eigenverlag, Gülzow. [www.fnr.de](http://www.fnr.de), 279 S.
- FPP (1998): Industrierundholz. Hrsg.: FPP Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier/Wien. S 16.
- Good, J. et al (2004): Planungshandbuch. Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke. Straubing, 240 S.
- Habsburg-Lothringen, U. (1994): Übernahme forstlicher Biomasse nach Gewicht. Holzkurier 30/31, 6-7.
- Hakkila, P. (2004): Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999-2003. TEKES Technology Programme Report 6/2004, Helsinki.
- Hartmann H., Böhm T. (2001): Rapid moisture content determination of wood chips – results from comparative trails. In: Proceedings 1<sup>st</sup> World Conference on Bioenergy and Industry, 5-9 June 2000 in Sevilla. James & James Ltd. London. 571 – 574.
- Hartmann H., Böhm T., Maier L. (2002) Naturbelassene biogene Festbrennstoffe – umweltrelevante Eigenschaften und Einflussmöglichkeiten. Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen – München. S 155.
- Kober, A.; Plinke, B. (1989): Feuchtemessung an Holz, Holzwerkstoffen und Baustoffen. Eine Literaturübersicht. WKI-Bericht Nr. 21.
- Krenn, K. (1987): Schnellbestimmungsmethode für den Wassergehalt bei der Übernahme von Waldhackgut für energetische Zwecke. ÖHFI-A.Nr. 250, Holzforschung Austria, Wien
- Krenn, K. (1990): Praxiserprobung des kombinierten Vakuum-Mikrowellentrockners. ÖHFI-A.Nr. 96/90 und 355/90, Holzforschung Austria, Wien
- Krenn, K.; Kain, G.; Michel, W. (1989): Entwicklung eines praxisreifen Mikrowellentrockners für die Wassergehaltsbestimmung von Energiehackgut. ÖHFI-A.Nr. 261, Holzforschung Austria, Wien
- Krempel, H. (1977): Gewicht des Fichtenholzes in Österreich. Allg. Forstzeitung. Sonderdruck, Folge 4.
- Kupfer, K.; Mitautoren (1997): Materialfeuchtemessung. Grundlagen - Messverfahren - Applikationen – Normen. Expert-Verlag Renningen

Lechner, H. et al (2003): Machbarkeitsstudie „4 % Ökostrom bis 2008“. Endbericht, E.V.A., Wien, 430 S.

Meremýanin, J.I. (1989): Verfahren der kontinuierlichen Feuchtigkeitsmessung von Holzspänen im Produktionsfluss. Derevoobrab. Prom

Nossek E., Jonas A., Schörghuber F. (1985): Holz heizen. Hrsg. Amt der Nö. Landesregierung. 136 S.

Obernberger, I. et al (1999): Planerseminarzyklus für Biomasseheizwerke und Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. BIOS, Graz, Skripten.

Rakos, C. et al (2003): Analyse der technischen Daten von Biomasseheizwerken in Österreich. Endbericht, E.V.A., Wien, 49 S.

Wagenführ, R. (1996): Holzatlas. Carl Hanser Verlag, München/Wien, Auflage 4. 688 S.

# 11 Anhang

## 11.1 Anhang A: Beispiele für Energieholzlieferverträge

### 11.1.1 Beispiel für einen langfristigen Energieholzliefervertrag in Österreich

Welcher am heutigen Tag zwischen der XY Fernwärme GmbH, Hauptplatz 7, Ort XY, in der Folge Gesellschaft genannt, vertreten durch den Geschäftsführer XY und dem Waldverband mit dem Sitz in Ort XY, vertreten durch den Geschäftsführer XY, in der Folge Waldverband genannt, abgeschlossen wurde wie folgt:

#### Präambel

Die XY Fernwärme GmbH wird Anfang Oktober 200X mit dem Betrieb beginnen. Zwischen den Vertragsparteien besteht Einvernehmen, dass die Gesellschaft nach Maßgabe der Bestimmungen dieses Vertrages die für die Heizanlage erforderliche Biomasse vom Waldverband kaufen wird. Die für die Heizanlage erforderliche Menge kann erst näher bestimmt werden, wenn die Anzahl und der Bedarf der Abnehmer durch konkrete Verträge näher bestimmt ist.

#### Vertragsdauer

##### a) Vertragsbeginn:

4 Wochen vor Inbetriebnahme der behördlich genehmigten Heizanlage

voraussichtlich: 1.9. 200X

Die Gesellschaft verpflichtet sich ausdrücklich, dem Verband die tatsächliche Inbetriebnahme des Heizwerkes 4 Wochen vor Vertragsbeginn schriftlich bekannt zu geben.

##### b) Vertragsdauer:

Dieser Vertrag wird auf die Dauer von 10 Jahren abgeschlossen. Innerhalb dieses Zeitraumes ist das Vertragsverhältnis sowohl von den Vertragsparteien, als auch von allfälligen Rechtsnachfolger grundsätzlich unkündbar.

Die Vertragsteile vereinbaren weiters, dass sich das Vertragsverhältnis um jeweils ein Jahr verlängert, wenn es nicht von einem Vertragsteil mittels eingeschriebenen Briefes ein Jahr vor dem jeweiligen Ende des Geschäftsjahres gekündigt wird.

Das Geschäftsjahr erstreckt sich, abweichend vom Kalenderjahr, vom 1.10. bis 30.9.

### c) Vorzeitige Auflösung

Jeder Vertragsteil bzw. dessen Rechtsnachfolger sind berechtigt, das Vertragsverhältnis vorzeitig aufzulösen, wenn der andere Vertragsteil bzw. dessen Rechtsnachfolger die Bestimmungen dieses Vertrages schuldhaft nicht einhalten, weiters bei Eröffnung des Insolvenzverfahrens über einen der Vertragsteile bzw. deren Rechtsnachfolger oder wenn ein Insolvenzverfahren mangels kostendeckenden Vermögens abgewiesen wird.

### Gegenstand der Lieferung

Die für die Heizungsanlage benötigte Biomasse (Holz und Holzabfallprodukte).

Das gelieferte Heizgut muss für die automatische Beschickung der installierten Heizungsanlage tauglich und frei von Eis, Schnee, chemisch behandelten Holz, Spanplattenabfällen, Abfällen beschichteter Platten, Abfällen verleimter Platten (z.B. Furnier), Steinen, Erde und Metall sein. Außerdem obliegt es den Waldverband, das Heizgut in der Form zu liefern bzw. zu bearbeiten, dass die Gesellschaft dieses ohne weitere Aufwendungen verwenden kann. Unter diesen Voraussetzungen bleibt es dem Waldverband überlassen, welche Art des Holzes geliefert wird (Waldhackgut, Sägespäne, Rinden und dergleichen).

Der Anteil der Sägespäne darf maximal 20% der Gesamtliefermenge betragen und höchstens 5 % pro Quartal.

Die Gesellschaft ist berechtigt, in Zukunft Spezifizierungen hinsichtlich der Beschaffenheit vorzunehmen, wenn dies aus technischen Gründen zweckmäßig ist, allerdings nur, wenn es dem Waldverband aufgrund bestehender Verträge möglich und wirtschaftlich vertretbar ist, den Spezifizierungswünschen der Gesellschaft Rechnung zu tragen.

Es steht dem Verband frei, auch Rundholz zu liefern, jedoch gehen die Hackkosten zu Lasten des Waldverbandes.

Die Vertragsteile vereinbaren eine Abrechnungstabelle über den Wassergehalt und die Kilowattstunden. Diese Tabelle wird diesem Vertrag angeschlossen und bildet einen integrierenden Bestandteil des Vertrages und kann im beiderseitigen Einvernehmen abgeändert werden.

Wassergehalt	Preiszu-/abschlag	Zustand des Waldhackgutes
< 20%	+ 10 %	lufttrocken
30 – 34,9 %	- 10 %	beschränkt lagerfähig
35-39,9 %	- 23 %	feucht, sehr beschränkt lagerfähig
40 - 50 %	- 40 %	erntefrisch, nicht lagerfähig

## Liefermenge

Die voraussichtlich benötigte Brennstoffmenge wird von der Gesellschaft mit XY Schüttraummeter (SRM) dem Waldverband für das erste Betriebsjahr (12 Monate) bekanntgegeben.

In weiterer Folge wird dem Verband ab dem zweiten Betriebsjahr eine Mindestabnahme von XY SRM garantiert. Diese Menge ist durch Abnehmerverträge für die Dauer von 10 Jahren berechnet. Abweichungen bis zu 10% gelten als genehmigt.

Sollte wider Erwarten, ohne Verschulden der Gesellschaft, durch Wegfall von Großabnehmern eine geringere Menge benötigt werden, ist die Mindestabnahmemenge neu zu verhandeln. Diese Umstände sind dem Waldverband jedoch mindestens 6 Monate vorher bekanntzugeben. Darüber hinaus wird der Waldverband von der Gesellschaft über die erforderliche Menge an Brennstoffen laufend informiert.

Die Vertragsteile prognostizieren unverbindlich für die Jahre 200X bis 200Y folgende Abnahmemengen:

	200X	200Y	ab 200Z
benötigte Menge - gesamt	XY SRM	XY SRM	XY SRM
davon Waldhackgut in %	20 %	25 %	30 %
= Waldhackgut in SRM	XY SRM	XY SRM	XY SRM
= Waldhackgut in fm (FMO)	XY fm	XY fm	XY fm

Die genaue Abnahmemenge für das kommende Betriebsjahr wird jeweils im Mai festgelegt.

Erfüllungsort für die Lieferung ist der Lagerplatz des Fernheizwerkes.

## Preis

Der Basispreis für 1 MWh beträgt XY Euro und wird der Gesellschaft für das erste Betriebsjahr in dieser Höhe garantiert. Der Heizwert wird berechnet aufgrund der von der Niederösterreichischen Landes-Landwirtschaftskammer herausgegebenen Broschüre im Jahr 2001. Diese Broschüre gilt als Bestandteil des Vertrages.

Dieser Preis setzt sich aus folgenden Faktoren zusammen:

- 1) Faserholzpreis
- 2) Preis für Heizöl extra leicht
- 3) Strompreis pro kWh
- 4) Dieselpreis
- 5) Stundenlohn eines Forstfacharbeiters laut Kollektivvertrag Kategorie 3
- 6) Preis für Sägenebenprodukte

Der Preis des Faserholzes bestimmt sich österreichweit nach der Vereinbarung zwischen dem Hauptverband der land- und forstwirtschaftlichen Gutsbetriebe und der Landwirtschaftskammer in Verbindung mit der österreichischen Papierindustrie. Für den

Dieselpreis und den Preis für Heizöl extra leicht ist der durchschnittliche Marktpreis der OMV-Tankstellen in der Stadtgemeinde XY, für den Strompreis ist der in Ort XY geltende Haushaltsbedarf maßgebend.

Für den Stundenlohn des Forstfacharbeiters ist die Kategorie 3 im Kollektivvertrag maßgebend. Für die Preise der Sägenebenprodukte ist der Holzkurier maßgebend.

Der vereinbarte Preis ist alljährlich, erstmals am 1.10. 200X, den geänderten Kostenfaktoren wie folgt anzupassen:

$$H = H_o \times (0,15 + 0,05x(HEL/HEL_o) + 0,05x(S/S_o) + 0,35(FH/FH_o) + 0,1 \times (D/D_o) + 0,25 \times (SNP/SNP_o + 0,05x(P/P_o)) \text{ (Preisgleitformel)}$$

H<sub>o</sub> Preis für ein kWh laut Angebot.

HEL jeweils geltender Pumpenabgabepreis für Heizöl extra leicht exkl. Fracht und Nebengebühren

HEL<sub>o</sub> der am Basistag geltende Pumpenabgabepreis für Heizöl extra leicht

S jeweils geltender Strompreis pro kWh (Haushaltstarif)

S<sub>o</sub> der am Basistag geltende Strompreis pro kWh gemäß S

D jeweils geltende Pumpenabgabepreis für Diesel, es gelten die Preise der OMV-Tankstellen in Ort XY

D<sub>o</sub> der am Basistag geltende Pumpenabgabepreis für Diesel

SNP jeweils geltender Preis für Sägenebenprodukte (50% Rinde, 50% Sägespäne) laut Holzkurier

SNP<sub>o</sub> der am Basistag geltende Preis für Sägenebenprodukte gemäß SNP

FH jeweils geltender Faserholzpreis (50% Fi/50% Ki) pro fm (FMO) laut Burgenländischem Waldverband

FH<sub>o</sub> der am Basistag geltende Faserholzpreis gemäß FH

P jeweils laut Kollektivvertrag geltender Stundenlohn eines Forstfacharbeiters Kategorie 3

P<sub>o</sub> der am Basistag geltende Stundenlohn gemäß P

Der Preis wird jährlich im September bestimmt und gilt jeweils ab 1.10. für das folgende Betriebsjahr.

In diesem Preis ist inbegriffen;

a) der Brennstoff

b) der Transport

c) die Hackkosten

Die Umsatzsteuer ist in diesem Preis nicht enthalten und ist gesondert zu verrechnen.

Die Gesellschaft verpflichtet sich, die einzelnen Lieferungen binnen 14 Tagen nach Erhalt einer zum Vorsteuerabzug berechtigten Rechnung zu bezahlen.

## **Lieferzeit**

Die Lieferung hat unter Berücksichtigung der Lagerkapazität der gesamten Fernheizanlage von maximal XY Schüttraumeter (SRM) zu erfolgen.

Zwischen den Vertragsteilen werden die Lieferzeiten für jeweils sechs Monate im vorhinein festgelegt. Die beabsichtigte Zulieferung ist der Gesellschaft zeitgerecht, mindestens X Tage vorher, anzukündigen. Die Bestimmung des tatsächlichen Liefertermins bleibt der Gesellschaft vorbehalten.

Die Lieferung gilt nur dann als angenommen, wenn in Gegenwart eines von der Gesellschaft autorisierten Vertreters das Gewicht der Liefermenge und der Prozentsatz des Wassergehaltes bestimmt wurden. Die Gesellschaft wird dem Waldverband jene Personen bekannt geben, welche für diese Handlungen autorisiert sind.

Die Messgeräte werden von der Gesellschaft zur Verfügung gestellt.

Sofern das angelieferte Material einer weiteren Bearbeitung am Lagerplatz unterliegt, ist auf die benachbarten Gebäude und auf die Widmung der angrenzenden Anrainer Bedacht zu nehmen. Jedenfalls ist dafür zu sorgen, dass durch diese Arbeiten keine über das ortsübliche Maß hinausgehende Lärmbelästigung entsteht oder der Betrieb angrenzender Unternehmen bzw. Einrichtungen beeinträchtigt wird. Es bleibt daher der Gesellschaft überlassen, die Arbeitszeiten einzuteilen bzw. festzulegen.

## **Ausschließlichkeit**

Die Gesellschaft verpflichtet sich, den gesamten Bedarf an Heizmaterial ausschließlich vom Waldverband anzukaufen, unter der Voraussetzung, dass dieser auch termingerecht liefert. Ausgenommen davon sind lediglich:

- a) die Heizmaterialien, welche in den gemeindeeigenen Wäldern anfallen
- b) die zu den Spitzenzeiten benötigte Menge an Heizöl
- c) die bei der Eigenstromversorgung anfallende Abwärme.

Die in Punkt 4. dieses Vertrages vereinbarte Mindestabnahmemenge von ca. XY SRM ist davon nicht betroffen.

Der Waldverband erklärt, der Gesellschaft Priorität einzuräumen und Heizmaterial in einwandfreier Beschaffenheit zu liefern.

## **Salvatorische Klausel**

Sollten einzelne Bestimmungen dieses Vertrages ganz oder teilweise nichtig sein, so wird die Gültigkeit des Vertrages im übrigen dadurch nicht berührt. Unwirksame Bestimmungen werden so umgedeutet, dass der damit verfolgte wirtschaftliche und rechtliche Zweck erreicht wird. Die Vertragsteile verpflichten sich, unwirksame oder nichtige Bestimmungen gegebenenfalls durch andere zu ersetzen, die dem wirtschaftlichen und rechtlichen Zweck am besten gerecht werden.

### **Kosten, Gebühren und Steuern**

Die mit diesem Vertrag verbundenen Kosten, Gebühren und Steuern bezahlt die Gesellschaft.

### **Gerichtsstandvereinbarung (Ort XY)**

Für alle aus diesem Vertrag entstehenden allfälligen Rechtsstreitigkeiten vereinbaren die Vertragsparteien die ausschließliche Zuständigkeit des Bezirksgerichtes Ort XY

### **Nebenabreden**

Änderungen oder Ergänzungen dieses Vertrages sind bloß wirksam, wenn sie schriftlich vereinbart, worden sind. Die Gesellschaft und der Waldverband kommen überein, von dieser Formerfordernis nicht – auch nicht einvernehmlich - abzugehen.



### 11.1.2 Beispiel für einen langfristigen Energieholzliefervvertrag in Finnland

#### Vertragspartner

Der Brennstoffverkäufer, \_\_\_\_\_, in der Folge Verkäufer genannt, und der Brennstoffkäufer, \_\_\_\_\_, in der Folge Käufer genannt, haben über den Brennstoffkauf folgendes vereinbart:

#### Vertragsgegenstand

Vertragsgegenstand ist die Lieferung von Energieholzsortimenten an das Kraftwerk \_\_\_\_\_ des Käufers. Die zu liefernden Brennstoffe sind Sägespäne, Rinde, Waldhackgut und andere Energieholzsortimente, die für den Einsatz im Kraftwerk geeignet sind.

#### Brennstoffqualität

Die Qualität und Eigenschaften des zu liefernden Brennstoffes werden im Anhang dieses Vertrages festgelegt. Darüber hinaus können nach getrennter Vereinbarung andere Energieholzsortimente getestet, verwendet und geliefert werden.

#### Lieferperiode und Liefermenge

Als Lieferperiode wird ein Kalenderjahr festgelegt. Die erste Lieferperiode umfasst den Zeitraum \_\_\_\_\_.

Die Liefermengen pro Lieferperiode sind wie folgt:

Lieferperiode	GWh
---------------	-----

200X	
------	--

200Y	
------	--

200Z	
------	--

Die Liefermenge kann das oben genannte Lieferprogramm übersteigen, wenn für den erhöhten Energieholzeinsatz oder für die erhöhte Energieholzaufbringung keine technischen Hinderungsgründe vorliegen und die Vertragspartner eine Mengenerhöhung vereinbaren. Die technischen Hinderungsgründe für die Lieferung oder Übernahme erhöhter Liefermengen können zu einer Verschiebung der momentanen oder periodischen Liefermenge auf einen späteren Zeitpunkt führen. Dementsprechend können, insofern keine Hinderungsgründe vorliegen, die oben angeführten Liefermengen pro Lieferperiode nach gemeinsamer Vereinbarung überschritten werden.

Die konkrete Liefermenge der jeweils nachfolgenden Lieferperiode wird in der jährlich abzuhaltenden Preisverhandlung überprüft. Die konkrete Liefermenge der jeweiligen Lieferperiode wird von der Entwicklung des Brennstoffbedarfes des Käufers und der Konkurrenzfähigkeit der Energieholzsortimente im Verhältnis zu alternativen Brennstoffen beeinflusst. Das konkrete monatliche Lieferprogramm wird für die jeweilige Lieferperiode getrennt vereinbart.

## Die Festlegung der Menge und Qualität

### a) Masse

Die Masse (m) des gelieferten Brennstoffes wird durch Abwägen bestimmt. Die Abwage der Lastkraftwagen erfolgt auf der Wägeanlage des Käufers und auf Kosten des Käufers.

### b) Heizwert am Lieferort

$$Q_{\text{net, ar}} = Q_{\text{net, d}} \cdot (100 - \text{Mar}) / 100 - 0.02441 \cdot \text{Mar}$$

wobei

$Q_{\text{net, ar}}$  = Heizwert am Lieferort (MJ/kg)

$Q_{\text{net, d}}$  = Brennwert der Trockensubstanz (MJ/kg)

Mar = mit der Masse gewichteter Gesamtwassergehalt des Monats (%)

0.02441 (MJ/kg) = Korrekturfaktor

### c) Wassergehalt am Lieferort

$$\text{Wassergehalt am Lieferort Mar} = (m_1 - m_2) / m_1 \cdot 100 \%$$

wobei

Mar = im Verhältnis zum Naßgewicht ermittelter Wassergehalt am Lieferort in (%)

$m_1$  = Gewicht der feuchten Probe (g)

$m_2$  = Gewicht der trockenen Probe (g)

### d) Energiemenge

$$\text{Energiemenge } Q = (Q_{\text{net, ar}} \cdot m) / 3600$$

wobei

Q = gelieferte Energiemenge in MWh

$Q_{\text{net, ar}}$  = Heizwert am Lieferort (MJ/kg)

m = Masse des gelieferten Hackgutes (kg)

1/3600 = Umrechnungsfaktor für Energieeinheiten (MWh/MJ)

### e) Entnahme von Proben und deren Analyse

Die benötigten Proben werden bei der Lieferung vom Brennstoffkäufer entnommen um den Wassergehalt und den Heizwert festzustellen. Beide Seiten (Verkäufer und Käufer) vereinbaren gemeinsam die detaillierte Vorgangsweise bei der Probeentnahme.

Die Analyse der Proben wird vom Käufer organisiert und bezahlt.

### **Lieferungsart und -konditionen**

Der Verkäufer liefert den Brennstoff auf das Förderband der Übernahmestation des Kraftwerkes. Die Lieferung erfolgt mit Lastkraftwagen. Die Entladung erfolgt rückseitig oder seitlich vom Lastkraftwagen. Es wird versucht, die Lieferungen im Rahmen der Lieferzeiten des Kraftwerkes regelmäßig durchzuführen.

### **Preis**

Der Preis des gelieferten Brennstoffes ist \_\_\_\_\_ €/MWh exkl. MwSt. im Jahre \_\_\_\_\_.

Zum Brennstoffpreis wird die jeweils geltende Mehrwertsteuer hinzugerechnet. Falls vom Staat Sondersteuern oder andere Zahlungen für Holzbrennstoffe festgelegt werden, werden diese Zahlungen ebenfalls zum Brennstoffpreis hinzugerechnet.

Der Preis für die kommenden Lieferjahre wird jedes Jahr in gemeinsamen Preisverhandlungen festgelegt. Jedes Lieferjahr wird der Preis bis zum Ende des nachfolgenden Jahres festgelegt. Beim Festsetzen des Preises gilt als Verhandlungsbasis der Preis für das vorangegangene Lieferjahr und es wird berücksichtigt, dass Holzbrennstoffe im Vergleich zu anderen alternativen Brennstoffen konkurrenzfähig bleiben müssen.

Die folgenden Kostenfaktoren, die Preisveränderungen bewirken können, werden betrachtet:

- Die allgemeine heimische Kostenentwicklung, wobei der Grosshandelspreis als Vergleichswert betrachtet wird (Kostenbasis 200X = 100, Gesamtindex)
- Entwicklung der Lieferkosten, wobei der Kostenindex für Lastkraftwagen betrachtet wird (Kostenbasis 200X = 100, Kosten für Hängerzüge)
- Preisentwicklung von Brennstofftorf und anderen alternativen Brennstoffen (KTM/Statistikzentrum, Preisstatistiken)
- Produktionstechnische Entwicklung von Holzbrennstoffen

Bei der ersten Preisverhandlung werden als Anfangswert die Indexwerte und anderen Kostenfaktoren herangezogen, die den Mittelwert von Juli – Dezember des vorangehenden Jahres darstellen und werden mit den Mittelwerten des vergleichbaren Zeitraums der vorigen Jahres verglichen. Zusätzlich werden bei der Preisverhandlung andere Faktoren berücksichtigt, die den Preis des Brennstoffes beeinflussen.

Über die jeweilige Preisverhandlung wird ein gemeinsames Vereinbarungsprotokoll angelegt.

## **Fakturierung und Zahlungsbedingung**

Fakturierungszeitraum ist ein Kalendermonat. Die Lieferungen jedes Monats werden im Folgemonat fakturiert. Der Käufer gibt dem Verkäufer die monatlichen Mengen- und Qualitätsdaten bis zum 10. des Folgemonats bekannt. Zahlungsbedingung ist 14 Tage netto ab Absenden der Rechnung. Bei Zahlungsverzug werden 13 % Verzugszinsen verrechnet.

## **Verhinderung durch höhere Gewalt**

Bei einer Verhinderung durch höhere Gewalt wird die Brennstofflieferung unterbrochen bis der Hinderungsgrund beseitigt wurde. Falls die Brennstofflieferung oder Entgegennahme des Brennstoffes von einem unüberwindbaren Hinderungsgrund betroffen wird, vermindert sich dementsprechend die Lieferungs- und Abnahmepflicht.

Bei einem unüberwindbaren Hinderungsgrund muss der andere Vertragspartner sofort verständigt werden und der Hinderungsgrund muss gemeinsam festgestellt werden. Die Vertragspartner sind nicht für die Folgeschäden verantwortlich, die durch einen unüberwindbaren Hinderungsgrund möglicherweise entstehen.

## **Verhandlung von Meinungsverschiedenheiten**

Meinungsverschiedenheiten, die durch diesen Vertrag oder durch dessen Auslegung entstehen, werden erstrangig mit den Vertragspartnern verhandelt. Falls diese Verhandlungen zu keinem Ergebnis führen, werden Meinungsverschiedenheiten im Bezirksgericht \_\_\_\_\_ entschieden.

## **Vertragsübertragung**

Die Vertragspartner dürfen diesen Vertrag nicht ohne die schriftliche Genehmigung des jeweils anderen Partners auf einen dritten Partner übertragen.

## **Vertragskündigung**

Falls sich die Partner über den Brennstoffpreis nicht einigen können, kann dieser Vertrag mit einer Kündigungsfrist von 12 Monaten gekündigt werden.

Als Preis für den Rohstoff, der während dieser Kündigungsfrist geliefert wird, wird der Preis der vorangegangenen Lieferperiode herangezogen. Haben die Vertragspartner sich über den Preis nicht einigen können, entscheidet das Schiedsgericht den endgültigen Preis.

## **Gültigkeit des Vertrags**

Dieser Vertrag trifft in Kraft, wenn beide Partner ihn unterschrieben haben.

Der Vertrag ist gültig bis \_\_\_\_\_. Beide Partner verpflichten sich, ein Jahr vor Vertragsablauf über eine langfristige Fortsetzung dieses Vertrages zu verhandeln.

Nach dem \_\_\_\_\_ wird dieser Vertrag immer für ein weiteres Jahr fortgesetzt, falls keiner der Vertragspartner den Vertrag mindestens ein Jahr vorher gekündigt hat oder die Vertragspartner nicht einen neuen langfristigen Vertrag abgeschlossen haben.

## Unterschriften

Dieser Vertrag wurde zweifach gefertigt, ein Exemplar verbleibt beim jeweiligen Vertragspartner.

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_ 200X

KÄUFER

VERKÄUFER

## **11.2 Anhang B: Interviewleitfaden - Methoden zur Übernahme von Energieholz**

### **11.2.1 Brennstoffeinsatz**

#### **Brennstoffarten / Mischung der Brennstoffe**

- Welche Brennstoffe werden eingesetzt (Holzarten, Rundholz / Restholz / Hackgut, etc)?
- Wie setzt sich Brennstoffmix zusammen (Mengenmäßige Anteile)?

#### **Lieferantenstruktur (Genossenschafter, Forstbetriebe, Brennstoffhändler, Sägewerke, Holzverarbeiter, etc.)**

- Wer liefert Brennstoff?
- Wie wird Zulieferung organisiert?
- Bestehen Probleme mit Überlieferungen bzw. unzureichenden Liefermengen
- Gibt es Kontingentierungen?
- Gibt es Versorgungsprobleme? Bei welchen Sortimenten?
- Gibt es Probleme mit der Anlage wegen unzureichender Brennstoffqualitäten?
- Werden langfristige Brennstofflieferverträge abschlossen?
- Wie werden die benötigten Mengen und Preise abgesichert?

#### **Lagerung und Brennstoffmanipulation**

- Welche Lagerungs- und Zwischenlagerungskapazitäten gibt es?
- Wie lange ist die durchschnittliche Lagerungsdauer nach Übernahme?
- Mit welcher Frequenz werden welche Mengen angeliefert?
- Gibt es Probleme mit Brennstofflagerung (Selbstentzündung, Schimmel, Staub, etc.)
- Welche Möglichkeiten zur Brennstoffmanipulation bestehen vor Ort? (Radlader, Traktor, etc?)
- Wird Brennstoff vor Ort zerkleinert und gesichtet (Hacker, Metaldetektor, Nachzerkleinerung, etc)
- Gibt es Probleme mit Kesselbeschickung bei bestimmten Brennstoffen (Förderanlagen, Störungen, etc.)?

## 11.2.2 Methoden

### Gewicht und Volumen

- Wird nach Gewicht oder Volumen übernommen? (nachfragen für jeden eingesetzten Brennstoff)
- Wie erfolgt Volumenermittlung?
- Wie erfolgt Gewichtsermittlung (eigene Waage, Waage bei Lagerhäusern, Schätzverfahren, andere?)

### Wassergehalt und Energieinhalt

- Wird Energieinhalt des übernommenen Brennstoffes bestimmt?
- Wie erfolgt die Ermittlung des Energieinhaltes?
- Wie werden für Wassergehaltsermittlung Proben gezogen und analysiert?
- Welche Geräte zur Bestimmung des Wassergehaltes werden eingesetzt?
- Werden die Geräte auch regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit hin untersucht?
- Wie wird die Bestimmung des WG durchgeführt (z.B. Temperatur bei Trocknung, Dauer der Trocknung, spezielle Aufbewahrungsgefäße für die Trocknung wie etwa Tasse mit Gitterboden für Hackgut?)
- Ist das Übernahmepersonal geschult?

### Probennahme

- Von wo (z.B. am LKW, nach dem Abkippen) und wann (sofort, 1h, 1 Tag) werden die Proben zur WG Bestimmung entnommen?
- Wie werden Verwechslungen zwischen Lieferungen ausgeschlossen? (z.B. sofort beproben, getrennt abkippen)
- Welche Probenmenge wird entnommen?
- Muss die entnommene Probenmenge vor der Analyse verkleinert werden? Wie geschieht dies? Ist auch eine mechanische Verkleinerung der Proben notwendig?
- Wie werden die Proben nach der Entnahme aufbewahrt? Wie lange dauert es bis sie analysiert werden?
- Welche Probenmengen werden für die Wassergehaltsbestimmung herangezogen?
- Wird jede Lieferung beprobt oder angeschätzt? Wenn nein: Welche Verfahren für die Auswahl von Lieferungen werden eingesetzt (Bsp: zufällig, jeder zweite, etc.)
- Ist eine Beeinflussung der Probe während und nach der Entnahme durch Niederschlag auszuschließen? (z.B. Ort der Probennahme überdacht)

- Welche Variation der Wassergehalte je nach Brennstoff bzw. Lieferant gibt es?
- Welche Genauigkeitserfordernisse bzw. Qualitätserfordernisse gibt es?

### **Abrechnung**

- Wie wird mit den Lieferanten abgerechnet?
- Welche Genauigkeitserfordernisse gibt es für die Abrechnung?
- Gibt es Konflikte mit Lieferanten wegen der praktizierten Abrechnungsmethode?
- Was waren bzw. sind die größten Probleme bei der praktizierten Übernahmемethode?
- Welche Verbesserungsideen bezüglich Übernahme- bzw. Abrechnung gibt es?

### **11.2.3 Meinungsfragen:**

- Sind Sie mit der derzeitigen Übernahmемethode zufrieden?
- Würden Sie Atro Übernahme und Verrechnung in Energieeinheit (MJ/kg) befürworten?
- Würden Sie eine österreichweit einheitliche ÜbernahmERICHTLINIE befürworten und auch anwenden?
- Gibt es in der näheren Umgebung eine geeichte Brückenwaage?
- Könnte eine kontinuierliche Beprobung der Lieferungen personell sichergestellt werden?
- Könnten Atro-Proben möglichst unbeeinflusst von der Witterung entnommen werden?
- Würden Sie etwaige Umbauten durchführen um eine unbeeinflusste Übernahme zu?
- Wieviel würden Sie für eine genauere Übernahmемethode investieren? (z.B. < 1000, 1000, 2000, 5000, 10.000 Euro)
- Welche laufenden Kosten (oder Personenstunden) dürften für den Zusatzaufwand eines neuen Übernahmесystem pro Monat maximal anfallen?
-



## 11.3 Anhang C: Bezugsquellen Normen und Richtlinien

### **Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier**

Gumpendorfer Straße 6  
1061 Wien  
Österreich  
Tel: 0049 1 58886 - 292 oder 245  
Fax: 0049 1 58886 - 222  
Email: [info@fpp.at](mailto:info@fpp.at)  
Homepage: [www.fpp.at](http://www.fpp.at)

### **Österreichisches Normungsinstitut**

Heinestraße 38, PF 130  
1021 Wien  
Österreich  
Tel: 0049 1 213000  
Fax: 0049 1 21300402  
E-mail: [office@on-norm.at](mailto:office@on-norm.at)  
Homepage: [www.on-norm.at](http://www.on-norm.at)

### **Papierholz Austria GmbH**

Holzhandelsgesellschaft  
Frantschach 39  
9413 St. Gertraud  
Österreich  
Tel: 0049 04352 2050 - 236  
Fax: 0049 04352 2050 - 74  
Homepage: [www.papierholz-austria.at](http://www.papierholz-austria.at)

### **DIN Deutsches Institut für Normung e.V**

Burggrafenstraße 6  
10787 Berlin  
Deutschland  
Tel.: 030 2601-0  
Fax: 030 2601-1260  
E-mail: [postmaster@din.de](mailto:postmaster@din.de)  
Homepage: [www.din.de](http://www.din.de)

### **SIS, Swedish Standards Institute**

Sankt Paulsgatan  
6118 80 Stockholm  
Schweden  
Tel: 08 – 555 520 00  
Fax: 08 – 555 520 01  
E-mail: [info@sis.se](mailto:info@sis.se)  
Homepage: [www.sis.se](http://www.sis.se)

### **Scandinavian Pulp, Paper and Board**

Box 5406  
11486 Stockholm  
Schweden

## 11.4 Anhang D: Hersteller- & Geräteübersicht

Hersteller	Gerätetyp	Anwendbarkeit	Direkte Messung möglich?	Proben-nahme notwendig?	Proben-menge	Messprinzip	Messbereich (H <sub>2</sub> O-Gehalt)	Messdauer	Mess-genauigkeit	Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit	Anmerkung Handhabung	Anschaffungs-Kosten (in Euro exkl.)
a & p instruments (Ultra-X Laborgeräte) D-32758 Detmold Tel.: +49-(0)5232-97 780 info@apinstruments.de www.apinstruments.de	UX 2011 UX 2061	Späne Holzmehl kl. Hackschnitzel Pellets, Rinde	nein	ja	20 - 60g (max 95cm <sup>3</sup> )	IR-Trocknung	0-100 %	4 - 40 min	k.A.	-Abschaltautomatik, Trocknungszeit -Strahlerleistung -Vibrationen -Luftbewegungen -Schicht-, Partikeldicke -Gewicht der Einwaage	Einwaage: ca. 20 bis 60 g, Dauer der Messung stark was-sergehaltsabhängig, einlagige Verteilung des Meßgutes auf Waagschale	k.A.
a & p instruments (Ultra-X Laborgeräte) D-32758 Detmold Tel.: +49-(0)5232-97 780 info@apinstruments.de www.apinstruments.de	UX 3508 MW-Trockner ohne Waage	k.A.	nein	ja	k.A.	MW-Trocknung	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	rotierender Teller externe Analysenwaage notwendig	
ACO Automation Components Industriestrasse 2 79793 Wutöschingen-Horheim Tel.: +49 (0)7746 91316 aco.mail@t-online.de www.acoweb.de	Messsonden SFM1, DFM1	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	ja	nein	–	kapazitiv	0 - 80%	echtzeit	0,3 - 0,7%	Korngrößenänderung, Schütthöhenänderung, stark schwankende Materialtemperatur Abhilfe: Druckkompensation	Korngröße max. 20mm	je nach System zw. 1.000,00 und 8.000,00 Euro
ACO Automation Components Industriestrasse 2 79793 Wutöschingen-Horheim Tel.: +49 (0)7746 91316 aco.mail@t-online.de www.acoweb.de	Handgerät PCH	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	ja	nein	–	kapazitiv	0 - 80%	ca. 1 min	0,3 - 0,7%	Korngrößenänderung, Schütthöhenänderung, stark schwankende Materialtemperatur Abhilfe: Druckkompensation	- Korngröße max. 20mm - Handgerät mit Griff - Feder und Ringskala für definierte Federkraft	je nach System zw. 1.000,00 und 8.000,00 Euro
Arnold Automation untere Mühlenwiesen 2a D-79793 Wutöschingen Tel +49 7746 24 25 Fax +49 7746 25 88 info@arnold-automation.de	Halogenstrahler MB-45 MB-35	Späne Holzmehl kl. Hackschnitzel Pellets, Rinde	nein	ja	35 - 45g	IR-Trocknung	0-100%	ca. 15 min	< 0,3%	k.A.	- beschleunigte Trocknung durch Zerkleinerung - nur für Innenanwendung - Heizleistung von 50 bis 180°C - Betriebstemperatur: 5 bis 40°C	MB35: 2480,- MB45: 2880,-
BES Bollmann GmbH Zeppelinstrasse 14 D-78244 Gottmadingen Tel. +49 (0)7731/7860 Fax +49 (0)7731/786145 info@bes-bollmann.de	Handgerät Combo 200	Scheitholz Kappholz ev. Grobhackgut ev. Briketts	ja	nein	–	elektrischer Widerstand	k.A.	ca. 1 min	<20%WG sehr genau >20%WG eher ungenau	Elektrolytgehalt Einstechtiefe Temperatur Holzart Rohdichte	keine genauen Messungen <0°C Umgebungstemp. und >80% Rel. Luftfeuchtigkeit möglich Temperaturkompensation	-Preis je nach Sonde ca. 600,-Euro -jährliche Kalibrierung mit Zertifikat ca. 40,- Euro

Hersteller	Gerätetyp	Anwendbarkeit	Direkte Messung möglich?	Proben-nahme notwendig?	Proben-menge	Messprinzip	Messbereich (H <sub>2</sub> O-Gehalt)	Messdauer	Mess-genauigkeit	Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit	Anmerkung Handhabung	Anschaffungs-Kosten (in Euro exkl.)
Brookhuis Micro-Electronics 7500 AA ENSCHEDE +31 (0)53 - 480 3636 info@brookhuis.com www.brookhuis.com	- Handgeräte mit Einstechsonden - FMC, FME, FMD	Scheitholz Kappholz ev. Grobhackgut ev. Briketts	ja	nein	–	elektrischer Widerstand	4-50%	ca. 1 min	0,2 %	Elektrolytgehalt Einstechtiefe Temperatur Holzart Rohdichte	Eichkurven für 4 Holz-Gruppen Temperaturkorrektur Optional automatische Temp.korrektur 0 - 50 °C Umgebungstemp.	k.A.
CEM - Österreich Vertretung Hr. Alfred Bittner Labor-Partner Tel. 0664-1322412 Fax 01-9456316	SMART System5 MW-Trockner mit integrierter Waage	Späne, kleine Schnitzel (jedes Holz nach Zerkleinerung)	nein	ja	2-4g	MW-Trocknung	5-100%	3 - 6 min	0,2 - 1%	-Partikelgröße -Schichtdicke	- Umgebungstemp. +10 - +40°C - gute Einarbeitung notwendig - IR-Temperatursteuerung - Luftabfuhr - Programm-/Datenspeicher	17.000,- bis 20.000,- Euro
CEM - Österreich Vertretung Hr. Alfred Bittner Labor-Partner Tel. 0664-1322412 Fax 01-9456317	SAM155 MW-Trockner ohne Waage	Späne, kleine Schnitzel (jedes Holz nach Zerkleinerung)	nein	ja	bis 1000g	MW-Trocknung	5-100%	k.A.	k.A.	-Partikelgröße -Schichtdicke	automat. Luftwechselsystem rotierender-Messteller externe Analysenwaage notwendig	k.A.
Döscher & Döscher GmbH D-20146 Hamburg Tel: 0049 (040) 89070800 www.doescher.com eMail: info@doescher.com	Labogerät MW 3300 mit Messbecher	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	nein	ja	k.A.	Mikrowelle	k.A.	k.A.	Wiederholgenauigkeit 1% vom Messbereich	k.A.	- dichte- und temperaturunabhängig - 2-Paramtermessung: Feuchte + Dichte	k.A.
FARMCOMP OY Telephone +358 9 7744 970 FAX +358 9 7744 9744 Jusslansuora 8, FIN-04360 TUUSULA, FINLAND info@farmcomp.fi webmaster@farmcomp.fi	Handgeräte WLE 25,35,55	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	ja (Messlanzen bis 90cm)	nein	–	Mikrowelle	13-70%	k.A.	1%	Schüttdichte	–	k.A.
FUVA Manfred Hammerl Elektromechanik Uppenbergstrasse 31 D-81735 München Tel: 49-(0)89-6891332 Fax: 49-(0)89-6803777 www.fuva.de	Einstech- / Kontakt-Gerät	Scheitholz Kappholz ev. Grobhackgut ev. Briketts			–	elektrischer Widerstand	4 - 22 %	ca. 1 min	1%	Elektrolytgehalt Einstechtiefe Temperatur Holzart Rohdichte	Messtiefe von 1 bis 7 cm Betriebstemperatur -10 bis 65 °C Betriebsfeuchtigkeit: 0 bis 85 % rF	k.A.
Gann Mess-u. Regeltechnik GmbH Schillerstrasse 63 D-70839 Gerlingen Tel: 07156 49 07-0 Fax: 07156 49 07-40 http://www.gann.de	Aktiv-Elektrode MH 34	Nadelholz mit hoher Feuchte	ja	nein	–	elektrischer Widerstand	29 - 67 %	ca. 1 min	bei hohen Holzfeuchten bis zu 30%	Umgebungsbedingungen Handhabung	nur für Nadelholz nicht geeignet für Hartholz I Angaben aus unabhängiger Teststudie (Böhner et al. 1993)	k.A.

Hersteller	Gerätetyp	Anwendbarkeit	Direkte Messung möglich?	Proben-nahme notwendig?	Proben-menge	Messprinzip	Messbereich (H <sub>2</sub> O-Gehalt)	Messdauer	Mess-genauigkeit	Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit	Anmerkung Handhabung	Anschaffungs-Kosten (in Euro exkl.)
Gann Mess-u. Regeltechnik GmbH Schillerstrasse 63 D-70839 Gerlingen Tel: 07156 49 07-0 Fax: 07156 49 07-40 <a href="http://www.gann.de">http://www.gann.de</a>	- Handgeräte mit Einschlagssonden	Scheitholz Kappholz ev. Grobhackgut ev. Briketts	ja	nein	–	elektrischer Widerstand	4-23 %	ca. 1 min	k.A.	Elektrolytgehalt Einstechtiefe Temperatur Holzart Rohdichte	Handgerät mit automatischer Temperaturkompensation, Holzsortenkorrekturschaltung	mit Elektrode M 20: 400 Euro mit Elektrode M 18: 440 Euro
HEGA-Messgeräte Reidholzstrasse 33 CH-8805 Richterswil Anfragen: <a href="mailto:mail@hega.ch">mail@hega.ch</a> <a href="http://www.hega.ch/">http://www.hega.ch/</a>	Handgerät mit versch. Sonden HEGA-302	Scheitholz Kappholz ev. Grobhackgut ev. Briketts	ja	nein	–	elektrischer Widerstand	13-50%	ca. 1 min	k.A.	Elektrolytgehalt Einstechtiefe Temperatur Holzart Rohdichte	- Stabsonden für Sägemehl und feine Schnitzel - 5mm-Spitzen für grobe Schnitzel - 40mm-isolierte Spitzen für Rund- und Scheitholz	Sfr 745,-
hf sensor GmbH, Leipzig Testo GmbH, Wien Hr. Christian Rudolf Tel: +43/1/486 26 11-39 Fax: +43/1/486 26 11-20 <a href="mailto:c.rudolf@testo.at">c.rudolf@testo.at</a>	Handgerät MOIST mit Einstech-Sonde MOIST BIO	Schüttgut Hackschnittzel Pellets Rinde Späne	ja	nein	–	Mikrowelle	0-50 %	ca. 1 min	homogenes Mat.: 1-2% inhomogenes Mat.: 3-4%	- Korngröße, -form - Temperatur - Schüttdichte - Probenvolumen - Homogenität d. Materials - Elektrolytgehalt	- Einstichapplikator 500mm, auf 1500mm verlängerbar - Eindringtiefe des Messfeldes 20cm - automat. MW-Bildung vor Ort oder kontinuierlich - Umgebungsstemp. 0-70°C	k.A.
hf sensor GmbH, Leipzig Testo GmbH, Wien Hr. Christian Rudolf Tel: +43/1/486 26 11-39 Fax: +43/1/486 26 11-20 <a href="mailto:c.rudolf@testo.at">c.rudolf@testo.at</a>	Handgerät MOIST mit Oberflächen-Sonde	Schüttgut Hackschnittzel Pellets Rinde Späne	ja	nein	–	Mikrowelle	0-80 %	ca. 1 min	homogenes Mat.: 1-2% inhomogenes Mat.: 3-4%	- Korngröße, -form - Temperatur - Schüttdichte - Probenvolumen - Homogenität d. Materials - Elektrolytgehalt	- Meßvolumen: 10l - automat. MW-Bildung vor Ort oder kontinuierlich - Messelektronik nicht dauerhaft außerhalb 0-70°C einsetzen - Messtiefe 3 bis 30cm	k.A.
IMKO Micromodultechnik GmbH Im Stöck 2 D-76275 Ettlingen Tel.: +49-(0)7243-59 210 Fax: +49-(0)7243-90 856 <a href="mailto:info@imko.de">info@imko.de</a> <a href="http://www.imko.de">www.imko.de</a>	Einstechsonde	Schüttgut Hackschnittzel Pellets Rinde Späne	nein	ja	k.A.	Mikrowelle	2-45 %	ca. 1 min	k.A.	-Elektrolytgehalt -Schüttdichte -Vibrationen -Luftbewegung -waagerechter Stand	Kalibrierung notwendig, Dichtebestimmung möglich	ca. 3.300 Euro
Kendro Laboratory Products GmbH A-1230 Wien Phone: +43 (1) 801 40-0 Fax: +43 (1) 801 40 40 <a href="mailto:info.at@kendro.spx.com">info.at@kendro.spx.com</a> <a href="http://www.kendro.de/">http://www.kendro.de/</a>	HERAEUS Wärme- & Trockenschränke Function Line Serie 7000	Scheitholz, Kappholz, Briketts, Pellets, Hackschnittzel, Rinde, Späne	nein	ja	nach Bedarf	Darmverfahren	0-100 %	12 - 24 h	0,1%	-Trocknungstemperatur -Temperaturverteilung -Plazierung im Trockenschrank bzw. Trocknungsdauer	- T-Modelle: natürliche Konvektion - UT-Modelle: mit Luftumwälzung - in je 3 Baugrößen - Volumen: 57 l, 120 l oder 210 l - Nenntemperatur bis 250°C	k.A.
Liebherr-Mischtechnik GmbH Österreich-Vertretung Ing. Franz Schmachtl KG Ansprechpartner: Hr. Hager +43-732-7646-46	Planarsensoren mit Flansch für Durchflussmessung Litronik-FMS II	Schüttgut Hackschnittzel Pellets Rinde Späne	online	online	–	kapazitiv	0-100 %	echtzeit	k.A.	-v.a. Dichte des Materials, Schüttdichte, Korngröße -die anderen Störgrößen wie Temperatur werden kompensiert	- Betriebstemperatur 5-70°C - möglichst homogenes Mat. - Eis, Schnee wird nicht erfasst - Eindringtiefe ca. 15 cm, abnehmend - Sondendurchmesser: 78 mm	Auswertegerät ca. 5.900 Euro Feuchtesensor ca. 2.750 Euro

Hersteller	Gerätetyp	Anwendbarkeit	Direkte Messung möglich?	Proben-nahme notwendig?	Proben-menge	Messprinzip	Messbereich (H <sub>2</sub> O-Gehalt)	Messdauer	Mess-genauigkeit	Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit	Anmerkung Handhabung	Anschaffungs-Kosten (in Euro exkl.)
Memmert GmbH & Co. KG D-91126 Schwabach Tel.: +49-(0)9122-40 31 Fax: +49-(0)9122-14 585 info@memmert.com http://www.memmert.com	Universalschranke	Scheitholz, Kappholz, Briketts, Pellets, Hackschnitzel, Rinde, Späne	nein	ja	nach Bedarf	Darrverfahren	0-100 %	12 - 24 h	0,1%	-Trocknungstemperatur -Temperaturverteilung -Plazierung im Trockenschrank bzw. Trocknungsdauer	8 Baugrößen: 14 bis 749 Liter Nenntemperatur: 30-220°C Mechanisch oder el. geregelt Mit/ohne Luftumwälzung	k.A.
Mesa Electronic GmbH D-82538 Geretsried-Gelting Tel.: +49-(0)8171-76 93 0 Fax: +49-(0)8171-76 93 33 agasteiger@mesa-gmbh.com www.mesa-gmbh.com	Infrarot Messsystem MESA MM710	Schüttgut, Holzhackschnitzel (mögl. ohne Rinde und Nadeln), Pellets, Rinde, Späne	online	online	–	IR-Reflexion (NIR)	0-80%	echtzeit	bei HS 2,5% bei Spänen 0,2%	je feiner das Material umso genauer die Messung	- Oberflächenmessung - konstante Distanz zum Meßgut notwendig - Feuchte, Fett, Protein, Temperatur	ab ca. 22.000 Euro
Mettler-Toledo GmbH Favoritner Gewerbering 17 1100 Wien Tel. 01-604 19 80 Fax 01-604 28 80	Halogen Moisture Analyzer HB43, HG63, HR83	Späne Holzmehl kl. Hackschnitzel Pellets, Rinde	nein	ja	41g 61g 81g	IR-Trocknung	0-100%	3-30 min	k.A.	Temperaturbereich: 40/50-200Grad Cels.	Temperaturjustierung: 2 Punkte Waagenjustierung: 2 Punkte, Größe der Waagschale: Ø 90 mm	k.A.
MGT-Technics Meierhofer und Gründwald GmbH Bärnkaweg 80 5412 Puch bei Hallein 0662/62 57 91 Fax +43 0662/63 66 59	Heißluftofen WSSD II	Späne, Holzmehl	nein	ja	0,4 Liter	Heißluftofen	0-100%	10-15min	0,1%	k.A.	–	7.750,-
Pandis GmbH Liebenauer Hauptstr. 154 A-8041 Graz Tel.: +43-316-48 28 48 Fax: +43-316-48 28 48 14 pandis@ping.at	Feuchtemessgerät FMG 3000	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	nein	ja	60 Liter	kapazitiv	0-55 %	ca. 2 min	1-2%	-Schüttdichte -Korngrößenverteilung -gleichmäßige Verdichtung -Temperatur	- Nach Befüllen durch Rütteln leicht Verdichten - nicht für gefrorenes Hackgut - für Sägespäne nur bedingt anwendbar - für grobes, langes Hackgut und Rinde nur bedingt anwendbar	ca. 2000 Euro
Pier-Electronic GmbH Nassauer Str. 35 D-65719 Hofheim-Wallau Tel.: +49-(0)6122-20 54 Fax: +49-(0)6122-16 533 wander@pier-electronic.de	Photometer zur Feuchtemessung	Schüttgut, Holzhackschnitzel (mögl. ohne Rinde und Nadeln), Pellets, Rinde, Späne	nein	ja	k.A.	IR-Reflexion (NIR)	0-50%	ca. 3 sec. (echtzeit)	2% vom Messbereich	-v.a. Holzart und Geometrie -Farbe des Meßgutes -Schüttdichte -Korngröße -Wellenlänge(-n) -Abstand Strahlenquelle - Meßgut	- Kalibrierung für jede HA - Messabstände in mm: - 100 +10 - 240 +60 - nur Oberflächenmessung - konstante Distanz zum Meßgut notwendig	-ca. 9.000-14.000 Euro -keine laufenden Kosten - erforderl. Service alle 3 Jahre
Sartorius AG Weender Landstr. 94-108 D-37075 Göttingen Tel.: +49-(0)551-30 80 Fax: +49-(0)551-30 82 89 www.sartorius.com info.austria@sartorius.com	MA50 MA100 MA 30 MA 45	Späne Holzmehl kl. Hackschnitzel Pellets, Rinde	nein	ja	6-100g	IR-Trocknung	0,2-100 %	4 - 70 min	k.A.	-Abschaltautomatik, Trocknungszeit -Strahlerleistung -Vibrationen -Luftbewegungen -Schicht-, Partikeldicke -Gewicht der Einwaage	- gleichmäßige Probenaufgabe - Einwaage: 6 bis 100g - Schichthöhe auf Waagschale	Trockner ca. 2.500,- Drucker ca. 500,- (MA45)

Hersteller	Gerätetyp	Anwendbarkeit	Direkte Messung möglich?	Proben-nahme notwendig?	Proben-menge	Messprinzip	Messbereich (H <sub>2</sub> O-Gehalt)	Messdauer	Mess-genauigkeit	Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit	Anmerkung Handhabung	Anschaffungs-Kosten (in Euro exkl.)
Schaller Messtechnik GmbH A-8200 Ludersdorf 148 Tel.: +43-(0)3112-61 200 Fax: +43-(0)3112-61 202 schaller.gmbh@nextra.at http://schaller-gmbh.at/fp/	Hackgutmesser FS3 Biomasse + Waage und Kübel	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	nein	ja	1.700 g	kapazitiv	0-50%	1-5 min	homogenes Mat.: 1-2% inhomogenes Mat.: 3-4%	- Homogenität des Materials - Schütt-Dichte (=>wägen) - Holzfeuchte - Proben-Temperatur - Umgebungstemperatur (0-40°C) - Oberflächen-Kondensat - falsche Probeneinwaage	- exakte Einwaage notwendig - vor Ort mehrere Messungen mögl. - MW-Bildung - Kundenkennlinien - Lieferantenverwaltung - Heizwertberechnung	FS3: 1.870,-Euro Waage: 98,-Euro
Schaller Messtechnik GmbH A-8200 Ludersdorf 148 Tel.: +43-(0)3112-61 200 Fax: +43-(0)3112-61 202 schaller.gmbh@nextra.at http://schaller-gmbh.at/fp/	Spänefeuchtemesser FS 2002-S	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	nein	ja	30-80g	kapazitiv	5-30%	1-5 min	0,5%	- Homogenität des Materials - Schütt-Dichte (=>wägen) - Holzfeuchte - Proben-Temperatur - Umgebungstemperatur (0-40°C) - Oberflächen-Kondensat - falsche Probeneinwaage	- exakte Einwaage notwendig - vor Ort mehrere Messungen mögl. - MW-Bildung	1.290,-Euro
Schaller Messtechnik GmbH A-8200 Ludersdorf 148 Tel.: +43-(0)3112-61 200 Fax: +43-(0)3112-61 202 schaller.gmbh@nextra.at http://schaller-gmbh.at/fp/	Pelletsfeuchtemesser FS 2002-P	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	nein	ja	280g	kapazitiv	3-20%	1-5 min	0,5%	- Homogenität des Materials - Schütt-Dichte (=>wägen) - Holzfeuchte - Proben-Temperatur - Umgebungstemperatur (0-40°C) - Oberflächen-Kondensat - falsche Probeneinwaage	- exakte Einwaage notwendig - vor Ort mehrere Messungen mögl. - MW-Bildung	990,-Euro
Tews Elektronik D-22459 Hamburg Tel: +49-40 / 555 911-0 Fax: +49-40 / 552 57 59 kontakt@tews-elektronik.com	Laborgerät MOIST LAB mit Messbecher	Schüttgut Hackschnitzel Pellets Rinde Späne	nein	ja	bis 1,8 Liter	Mikrowelle	0,1-85%	k.A.	0,5% Std- Abw.	k.A.	- unabhängig von Oberflächenstruktur, Dichte, Farbe - Probentemp. 0-70°C - Umgebungstemp. 0-40°C	k.A.
Vötsch Industrietechnik GmbH 35447 Reiskirchen-Lindenstruth +49 (0) 64 08 - 64 73 info-wt@v-it.com www.v-it.com oder www.voetsch.info	Wärme- und Trockenschranke TU, VTU	Scheitholz, Kappholz, Briketts, Pellets, Hackschnitzel, Rinde, Späne	nein	ja	nach Bedarf	Darrverfahren	0-100 %	12 - 24 h	0,1%	-Trocknungstemperatur -Temperaturverteilung -Plazierung im Trockenschrank bzw. Trocknungsdauer	Nutzraumvolumen 200 – 8.000 Litern Temperaturbereich 250 °C, 300 °C und 350 °C Luftzuführung vertikal oder horizontal	k.A.
WALZL A- 9462 Bad St.Leonhard Schiefling 62 Tel. Nr.:0043(0)4350 4114 4 E Mail: office@walzl.at http://www.walzl.at/	- Handgeräte mit Einschlagsonden LOGNG	Scheitholz Kappholz ev. Grobhackgut ev. Briketts	ja	nein	–	elektrischer Widerstand	8-50%	ca. 1 min	k.A.	Elektrolytgehalt Einstechtiefe Temperatur Holzart Rohdichte	mit Fühler für Oberflächenmessungen mit Hammer für Tiefenmessungen Temperaturanzeige: 10/50C	k.A.