energieagentur Lippe GmbH

# Handlungskonzept zur energetischen Nutzung holzartiger Biomasse in der Region Bergisches Städtedreieck mit den Städten Remscheid, Solingen und Wuppertal

-Juni 2003-

Erstellt von:

**Energieagentur Lippe GmbH**
**Rathausstr. 23**
**33813 Oerlinghausen**
**Tel. (0 52 02) 49 09 –19**

Beauftragt durch:

Regionalbüro Bergisches Städtedreieck
Facharbeitsgruppe Biomasse
Gemarker Ufer 17
42275 Wuppertal

# *Inhaltsverzeichnis*

I. Inhalt
II. Abbildungsverzeichnis
III. Abkürzungsverzeichnis

**1. Ziele der Untersuchung** ..... 1

**2. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes** ..... 3

**3. Potenzialabschätzung** ..... 7

**3.1 Energieholzfraktionen** ..... 9

**3.2 Waldholz** ..... 10

3.2.1 Struktur der Forstwirtschaft im Untersuchungsgebiet
3.2.2 Baumbestand im Untersuchungsgebiet
3.2.3 Abschätzung des Energieholzanteils
*3.2.3.1 Energieholzfraktion Nadelholz*
*3.2.3.1 Energieholzfraktion Laubholz*
3.2.4 Örtliche Zuordnung der Potenziale mittels Grobkatasters
3.2.5 Logistische Mindestanforderungen zur Erschließung der Potenziale
3.2.6 Handlungsempfehlungen zur energetischen Waldholznutzung

**3.3 Altholz der Kategorie A1** ..... 34

3.3.1 Alt- bzw. Gebrauchtholzverwerter im Untersuchungsgebiet
3.3.2 Abschätzung mittels Abfallbilanz
3.3.3 Altholz aus dem holzverarbeitenden Gewerbe
*3.3.3.1 Beispiele für die energetische Nutzung von Rest- und Altholz*
3.3.4 Logistische Mindestanforderungen zur Erschließung der Potenziale
3.3.5 Handlungsempfehlungen zur energetischen Altholznutzung

**3.4 Sägewerksrestholz** ..... 53

3.4.1 Struktur der Sägewerksindustrie im Untersuchungsgebiet
3.4.2 Anfallende Sägerestholzmengen
3.4.3 Verwendung und Entsorgung der Sägereste
3.4.4 Logistische Mindestanforderungen zur Erschließung der Potenziale

**3.5 Landschaftspflegeholz** ..... 61

**3.6 Zusammenfassung Energieholzpotenziale** ..... 66

**4. Bereitstellungskosten für Energieholz** ..... 67

**4.1 Einflussfaktoren auf die Bereitstellungskosten** ..... 67

**4.2 Ermittlung der Bereitstellungskosten** ..... 72

**5. Erzielbare Energieholzpreise und Rohmargen** ..... 78

**5.1 Einflussfaktoren auf die Preisgestaltung und –entwicklung** ..... 78

**5.2 Ermittlung der erzielbaren Preise und Rohmargen** ..... 80

**5.3 Prognose der Preisentwicklung** ..... 85

**5.4 Regionale Wertschöpfung durch Energieholznutzung** ..... 91

**6. Chancen und Risiken eines Holzenergiehofes** ..... 94

**6.1 Aufgaben und Ziele eines Holzenergiehofes** ..... 94

**6.2 Anforderungen an den Standort und die Infrastruktur** ..... 97

**6.3 Erforderliche Ausstattung eines Holzenergiehofes** ..... 98

**6.4 Betreibermodelle** ..... 103

6.4.1 Grundlagen zu Rechtsformen

6.4.2 Mögliche Akteure und Beteiligte aus dem Untersuchungsgebiet

6.4.3 Mögliche Betreiberstrukturen/Startmodelle

*6.4.3.1 Holzenergiehof “Potenzialmodell”*

*6.4.3.2 Holzenergiehof “Wachstumsmodell”*

**6.5 Beispiele für HEH und vergleichbare Konzepte** ..... 126

6.5.1 Holzenergiezentrum Olsberg (HEZ) in Olsberg /NRW

6.5.2 Holzenergiehof Nettersheim

6.5.3 Leese/Niedersachsen

6.5.4 Calw/Baden-Württemberg

6.5.5 Nahwärmeprojekt Lebenshilfe Solingen e.V.

**6.6 Zusammenfassung Holzenergiehof R-S-W** ..... 133

## 7. Abschätzung der Absatzchancen für Holzbrennstoffe in der Region

**7.1 Anforderungen an die potenziellen Wärmesenken** ..... 134

**7.2 Absatzchancen für Hackschnitzel** ..... 136

**7.3 Absatzchancen für Holzpellets** ..... 138

**7.4 Absatzchancen für Scheitholz** ..... 142

**7.5 Anlagenbestand im Untersuchungsgebiet** ..... 143

**7.3 Informationsveranstaltungen zum Thema „Holzenergienutzung“** ..... 144

## 8. Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Holzheizungsanlagen im Untersuchungsgebiet ..... 146

**8.1 Anlage „Alte Stadtgärtnerei“, Remscheid** ..... 146

8.1.1 Analyse und Darstellung des Ist-Zustandes

8.1.2 Konzeption und Dimensionierung der Anlage

8.1.3 Berechnung der Wärmekosten in Anlehnung an die VDI 20 67

8.1.4 Kostenvergleichsrechnung (VDI 20 67) mit konkurrierenden Brennstoffen

**8.2 Anlage Technisches Berufskolleg Solingen** ..... 169

8.2.1 Analyse und Darstellung des Ist-Zustandes

8.2.2 Konzeption und Dimensionierung der Anlage

8.2.3 Berechnung der Wärmekosten in Anlehnung an die VDI 20 67

8.2.4 Kostenvergleichsrechnung (VDI 20 67) mit konkurrierenden Brennstoffen

**8.3 Anlage Stadt Wuppertal, Schulzentrum „An der Blutfinke“** ..... 188

8.3.1 Analyse und Darstellung des Ist-Zustandes

8.3.2 Konzeption und Dimensionierung der Anlage

8.3.3 Berechnung der Wärmekosten in Anlehnung an die VDI 20 67

8.3.4 Kostenvergleichsrechnung (VDI 20 67) mit konkurrierenden Brennstoffen

**8.4 Mögliche Betreiber- und Finanzierungsmodelle** ..... 206

## 9. Zusammenfassung ..... 210

## 10. Quellenverzeichnis ..... 212

## 11. Anhang ..... 214

## Abbildungsverzeichnis

### *Abbildungen*

*Abbildung 1a* Nachhaltigkeitsszenario im Wärmesektor
*Abbildung 2a* Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes
*Abbildung 3a* Bestimmung des Potenzialbegriffs
*Abbildung 3.2.1a* Struktur der Forstwirtschaft im Untersuchungsgebiet
*Abbildung 3.2.1b* Angrenzende Forstämter
*Abbildung 3.2.1c* Digitale Waldkarte des Forstamtsbezirkes Mettmann
*Abbildung 3.2.2a* Baumartenverteilung im Stadtgebiet Remscheid
*Abbildung 3.2.2b* Baumartenverteilung im Stadtgebiet Solingen
*Abbildung 3.2.2c* Baumartenverteilung im Stadtwald Wuppertal
*Abbildung 3.2.3a* Theoretischer Energieholzanteil Waldholz
*Abbildung 3.2.4a* Energieholzpotenziale aus Waldholz nach Holzfraktionen im Städtevergleich
*Abbildung 3.2.4b* Energieholzpotenziale aus Waldholz nach Besitzverhältnissen im Städtevergleich
*Abbildung 3.2.5a* Einfache Verfahrenskette zur Hackschnitzelgewinnung
*Abbildung 3.2.5b* Erweiterte Verfahrenskette zur Hackschnitzelgewinnung
*Abbildung 3.3a* Altholzaufkommen
*Abbildung 3.3.1a* Typische Verfahrenskette bei der Altholzaufbereitung
*Abbildung 3.3.3a* Struktur der Holzverarbeitung im Untersuchungsgebiet
*Abbildung 3.3.6a* Möglichkeiten der energetischen Altholznutzung
*Abbildung 3.4.1a* Sägewerke im Untersuchungsgebiet
*Abbildung 3.4.2a* Ausbeute bei der Stammholznutzung
*Abbildung 3.4.2b* Einschnittvolumen der Sägewerke nach Regierungsbezirken NRW
*Abbildung 3.5a* Aufkommen von Landschaftspflegeholz im Untersuchungsgebiet
*Abbildung 4.1a* Abhängigkeitsfaktoren Bereitstellungskosten
*Abbildung 4.1b* Transportkosten Hackschnitzel
*Abbildung 4.2a* Verfahrenskette Bereitstellung Nadelholzhackschnitzel
*Abbildung 4.2b* Bereitstellungskosten in Abhängigkeit des BHD und der Transportentfernung (Nadelholzhackschnitzel)
*Abbildung 4.2c* Verfahrenskette Bereitstellung Laubholzhackschnitzel
*Abbildung 4.2d* Bereitstellungskosten in Abhängigkeit des BHD und der Transportentfernung (Laubholzhackschnitzel)
*Abbildung 4.2e* Spez. Energiekosten unter Berücksichtigung der Bereitstellungskosten inkl. Transport
*Abbildung 4.2f* Preise für Sägewerkrestholz
*Abbildung 5.1a* Preisgestaltung von Energieholzpreisen
*Abbildung 5.2b* Spez. Kosten einer Hackgutfeuerung
*Abbildung 5.2c* Preisband zur Preisbildung Holzbrennstoffe
*Abbildung 6.1a* Bereitstellungskette Holzbrennstoffe
*Abbildung 6.1b* Struktur eines Holzenergie-Nutzungskonzeptes mit HEH
*Abbildung 6.4.2a* Holzenergiehof Kompetenzgesellschaften
*Abbildung 6.4.3a* Struktur des Holzenergiehof-Potenzialmodells
*Abbildung 6.4.3b* Struktur des Holzenergiehof-Wachstumsmodells
*Abbildung 6.4.3.1a* Bilanzsummen-Abschätzung nach Variationsrechnung im Potenzialmodell
*Abbildung 6.4.3.1b* Bilanzsummen-Abschätzung Potenzialmodell-Variante 2
*Abbildung 6.5.4a* Regionale Energieholz-Partnerschaft Calw
*Abbildung 6.5.5a* Standort Nahwärmeprojekt Lebenshilfe Solingen e.V.
*Abbildung 7.1a* Einsatz biogener Brennstoffe

## II. Abildungsverzeichnis

*Abbildung 7.2a* Entwicklung des jährlichen Hackschnitzelbedarfs
*Abbildung 7.2b* Wärmekosten und Wärmemengen aus Hackschnitzel
*Abbildung 7.2c* Jährliche Investitions- und Brennstoffkosten
*Abbildung 7.3a* Heizölheizungen im Untersuchungsgebiet
*Abbildung 7.3b* Entwicklung des Holzpelletbedarfs im Untersuchungsgebiet
*Abbildung 7.3c* Holzpelletpreise 2002
*Abbildung 7.4a* Absatzprognose Scheitholz
*Abbildung 8.1.1a* Außenansicht Heizraum
*Abbildung 8.1.1b* Gebäudeplan „Alte Stadtgärtnerei Remscheid“
*Abbildung 8.1.1c* Kesselanlage Heizraum „Alte Stadtgärtnerei“
*Abbildung 8.1.1d* Hydraulische Verteilung „Alte Stadtgärtnerei“
*Abbildung 8.1.1e* Anlagenplan Heizraum
*Abbildung 8.1.2a* Anlagenkonfiguration „Alte Stadtgärtnerei“
*Abbildung 8.1.2b* Geordnete Jahresdauerlinie „Alte Stadtgärtnerei“, Status
*Abbildung 8.1.2c* Geordnete Jahresdauerlinie „Alte Stadtgärtnerei“, neu
*Abbildung 8.1.2d* Betriebszeiten Scheitholzkessel
*Abbildung 8.1.2d* Einbindung eines Scheitholzkessel $P_N$=50 kW
*Abbildung 8.1.2e* Scheitholzvergaserkessel
*Abbildung 8.1.2f* Absetzmulde zur Scheitholzlagerung
*Abbildung 8.1.2g* Wärmeanteil Holz bei verschiedenen Nennleistungen
*Abbildung 8.1.2h* Jahresdauerlinie mit Einbindung eines Hackschnitzelkessels
*Abbildung 8.1.2i* Aufstellungsvariante Hackschnitzelheizung mit Lagercontainer
*Abbildung 8.1.3a* Sensitivität Heizölpreis
*Abbildung 8.1.3b* Sensitivität Hackschnitzelpreis
*Abbildung 8.1.3c* Sensitivität Scheitholzkosten
*Abbildung 8.1.3d* Sensitivität Zinssatz Finanzierung
*Abbildung 8.2.1a* Übersichtsplan TBK Solingen
*Abbildung 8.2.1b* Wärmelastgang Gebäude 1-3, Heizzentrale 1+2
*Abbildung 8.2.1c* Wärmelastgang Gebäude 4+5, Heizzentrale 3+4
*Abbildung 8.2.1d* Wärmelastgang Gebäude 6, Heizzentrale 5
*Abbildung 8.2.1e* Monatsverbräuche Wärme TBK Solingen
*Abbildung 8.2.2a* Wärmeanteil Holzkessel Nahwärmenetz Gebäude 1-3
*Abbildung 8.2.2b* Wärmelastgang mit Holzkessel Gebäude 1-3
*Abbildung 8.2.2c* Anzahl der jährlichen Lieferfahrten
*Abbildung 8.2.2d* Wärmelastgang mit Holzkessel, Nahwärmenetz Gebäude 1-5
*Abbildung 8.2.2d* Wärmelastgang mit Holzkessel, Nahwärmenetz Gebäude *6*
*Abbildung 8.2.2e* Anlagenschema Heizzentrale 2
*Abbildung 8.2.2f* Ansicht Hackschnitzel-Lagerraum
*Abbildung 8.2.2g* Beispiel für Hackschnitzellagerrung im Container
*Abbildung 8.2.2h* Möglicher Lagerstandort TBK Solingen
*Abbildung 8.2.4a* Sensitivität Gaspreis
*Abbildung 8.2.4b* Sensitivität Holzpreis
*Abbildung 8.3.2a* Wärmelastgang Schulzentrum „An der Blutfinke“
*Abbildung 8.3.2b* Monatsverbräuche Schulzentrum „An der Blutfinke“
*Abbildung 8.3.2c* Wärmeanteil Holz bei verschiedenen Nennleistungen
*Abbildung 8.3.2d* Wärmelastgang mit Einbindung eines Hackschnitzelkessels 400 kW
*Abbildung 8.3.2e* WärmeverbrauchSchulzentrum „An der Blutfinke“
*Abbildung 8.3.2f* Lagerrauminhalt und Lagerraumbefüllung 400 kW
*Abbildung 8.3.2g* Anlagenschema Hackschnitzelheizung 400 kW
*Abbildung 8.3.2h* Wärmelastgang mit Einbindung eines Hackschnitzelkessels 550 kW
*Abbildung 8.3.2i* Lagerrauminhalt und Lagerraumbefüllung 550 kW
*Abbildung 8.3.2j* Anlagenschema Hackschnitzelheizung 550 kW
*Abbildung 8.3.2k* Schnittzeichnung Hackschnitzellagerraum

*Abbildung 8.3.4a* Sensitivität Heizölpreis
*Abbildung 8.3.4b* Sensitivität Hackschnitzelpreis
*Abbildung 8.3.4c* Sensitivität Energiegehalt Hackschnitzel
*Abbildung 8.4a* Kostenverteilung beim Contracting

## *Tabellen*

*Tabelle 2a* Strukturdaten des Bergischen Städtedreiecks
*Tabelle 2b* Endenergieabsatz im Untersuchungsgebiet
*Tabelle 3.2.2a* Waldbestand im Bergischen Städtedreieck
*Tabelle 3.2.2b* Baumartenverteilung im Bergischen Städtedreieck
*Tabelle 3.2.2c* Holzvorrat im Bergischen Städtedreieck
*Tabelle 3.2.3a* Rohdichten verschiedener Holzarten
*Tabelle 3.2.3b* Heizwertevergleich Buchen- und Fichtenholz
*Tabelle 3.2.3c* Umrechnungsfaktoren Volumeneinheiten
*Tabelle 3.2.3.1a* Energieholzpotenzial Nadelholz
*Tabelle 3.2.3.2a* Energieholzpotenzial Laubholz
*Tabelle 3.3a* Altholzzuordnung A1 im Regelfall
*Tabelle 3.3.2a* Auszüge aus der Abfallbilanz 2000
*Tabelle 3.3.2b* Altholz aus Aufbereitungs- und Sortieranlagen
*Tabelle 3.3.2c* Altholzmengen aus Abfall im Untersuchungsgebiet
*Tabelle 3.3.5a* Restholz aus der Holzverarbeitung
*Tabelle 3.4.1a* Ansässige Sägewerke
*Tabelle 3.4.2a* Sägerestholzmengen im Untersuchungsgebiet
*Tabelle 3.4.2b* Energieholzfraktionen Sägewerksrestholz
*Tabelle 3.5a* Durchschnittliches Aufkommen von Straßenbegleitholz
*Tabelle 4.1a* Stundenlohnsätze Waldarbeiter
*Tabelle 4.1b* Wassergehalt Hackschnitzel nach ÖNORM M 7133
*Tabelle 4.1c* Hackgutgrößen nach ÖNORM M 7133
*Tabelle 4.1d* Schüttdichte und Aschegehalt von Hackschnitzel nach ÖNORM M 7133
*Tabelle 4.2a* Kosten der Ernte und Aufbereitung von Nadelholzhackschnitzel
*Tabelle 4.2b* Kosten der Ernte und Aufbereitung von Laubhackschnitzel
*Tabelle 4.2c* Kalkulierte Lohn-, Maschinen- und Gesamtkosten der einzelnen Teilarbeiten
*Tabelle 6.4.3.1a* Investitionskosten Holzenergiehof
*Tabelle 6.4.3.1b* Betriebskosten Holzenergiehof
*Tabelle 6.4.3.1c* Einnahmen Holzenergiehof
*Tabelle 6.4.3.1d* Variationsrechnungen Holzenergiehof
*Tabelle 6.4.3.1e* Investitionskosten HEH Potenzialmodell-Variante 2
*Tabelle 6.4.3.2a* Investitionskosten Holzenergiehof “Wachstumsmodell”
*Tabelle 6.4.3.2b* Betriebskosten Holzenergiehof
*Tabelle 6.4.3.2c* Bilanz Holzenergiehof „Wachstumsmodell“
*Tabelle 7.5a* Holzheizungen mit HaFö-Förderung
*Tabelle 8.1.2a* Berechnungsparameter „Alte Stadtgärtnerei“, Status
*Tabelle 8.1.2b* Berechnungsparameter „Alte Stadtgärtnerei“, neu
*Tabelle 8.1.2c* Berechnung Brenndauer
*Tabelle 8.1.2d* Heizwert Scheitholz
*Tabelle 8.2.1a* Heizzentralen TBK Solingen
*Tabelle 8.3.1a* Kesselanlagen Schulzentrum „An der Blutfinke“
*Tabelle 8.3.1b* Hauptpumpen Schulzentrum „An der Blutfinke“

## Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| *ALH* | Alle Laubhölzer mit hoher Umtriebszeit |
| *ALN* | Alle Laubhölzer mit niedriger Umtriebszeit |
| *atro* | absolut trocken |
| *FA* | Forstamt |
| *FBG* | Forstbetriebsgemeinschaft |
| *GaLa* | Garten- und Landschaftsbau |
| *GO NRW* | Gemeindeordnung Nordrhein-Westfalen |
| *HEH* | Holzenergiehof |
| *kWh* | Kilowattstunde |
| *LÖBF* | Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen |
| *lutro* | lufttrocken |
| *LWK* | Landwirtschaftskammer |
| *MWh* | Megawattstunde |
| *PEV* | Primärenergiebedarf |
| *Sm³* | Schüttkubikmeter |
| *NAWAROS* | Nachwachsende Rohstoffe |
| *Srm* | Schüttraummeter, siehe Schüttkubikmeter |
| *TBK* | Technisches Berufskolleg |
| *UFB* | Untere Forstbehörde |
| *UG* | Untersuchungsgebiet |

# 1 Ziele der Untersuchung

Die Verknappung der Ressourcen fossiler Energieträger, die Veränderung des Klimas durch den vermehrten Ausstoß des Treibhausgases $CO_2$ und das Risiko der Nutzung von nuklearen Kernenergien sind die wichtigsten und am häufigsten formulierten Gründe die genannt werden, wenn über ein Umdenken und eine Umstrukturierung in der derzeitigen Energieversorgung diskutiert wird.

In diesem Zusammenhang taucht immer wieder der Begriff der *Nachhaltigkeit* auf. Unter dem Aspekt der Ökonomie ist die Nachhaltigkeit als eine Art des Wirtschaftens zu bezeichnen, die derzeitige Bedürfnisse befriedigt ohne zukünftigen Generationen die Lebensgrundlage zu entziehen. Diese Nachhaltigkeit zeichnet sich durch langfristig orientiertes Denken und Handeln aus, um ein Gleichgewicht von Nutzung und Entstehung natürlicher Ressourcen zu erreichen.

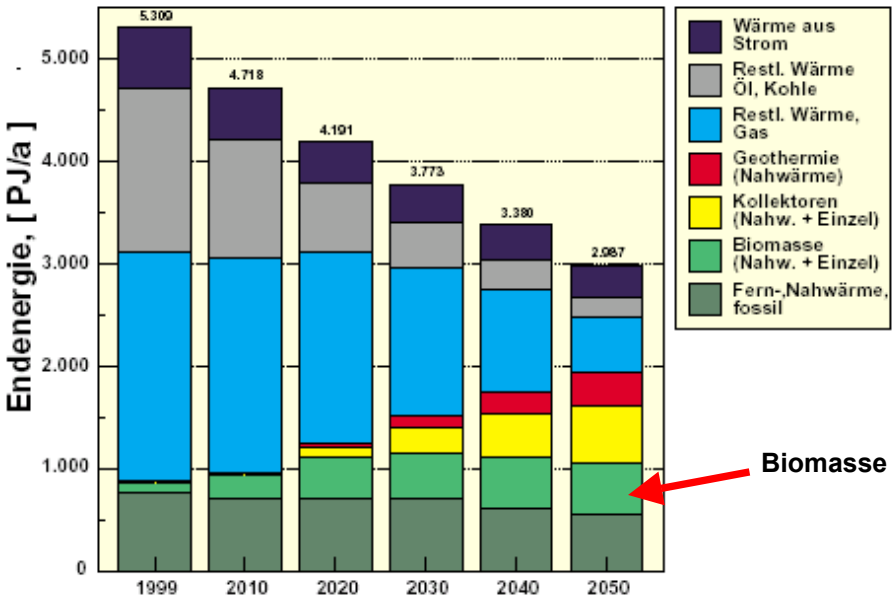



***Abbildung 1a*** Nachhaltigkeitsszenario im Wärmesektor
Quelle: [BMU97]

Die Steigerung der Energieeffizienz, das Energiesparen und der Einsatz erneuerbarer Energien gehören zu einem ausgewogenen Nachhaltigkeitskonzept. Eine Studie des Umweltbundesamtes über Langfristszenarien für eine nachhaltige Energieversorgung in der Bundesrepublik Deutschland zeichnet ein mögliches Szenario, bei dem der Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 um 54 % gesenkt und der Anteil der erneuerbarer Energieträger deutlich gesteigert wird. Die Abbildung

1a verdeutlicht, welche Rolle dabei die energetische Nutzung von biogenen Energieträgern im Wärmesektor spielen kann.

Im Gegensatz zur Windkraftnutzung oder zur direkten Nutzung der Sonnenenergie mittels Solarthermie- und Photovolatik-Anlagen führt die energetische Nutzung von Biomasse bislang ein Schattendasein. Dabei bieten gerade die nachwachsenden Rohstoffe gute Möglichkeiten für eine stoffliche und energetische Nutzung.

Unter den Aspekten der Luftreinhaltung, der Energieeffizienz durch unzureichende alte Feuerungstechnik und durch die preiswerten Alternativen in Form fossiler Brennstoffe, wurde der Brennstoff Holz in unseren Breiten weitgehend vom Energiemarkt verdrängt. Doch die technische Entwicklung im Bereich der Umwandlung von Holz in Nutzenergie ist in den letzten Jahren so weit vorangeschritten, dass die angebotenen Systeme ausgereift, komfortabel und marktreif geworden sind. Aus diesem Grund erlebt der Energieträger Holz in einigen waldreichen Gegenden Deutschlands und Europas derzeit eine wahre Renaissance.

Unter dem Grundgedanken „Global denken - lokal handeln“ legt die *„Arbeitsgruppe Biomasse“*[1-1] *des Regionalbüros Bergisches Städtedreieck* mit dieser Studie ein Handlungskonzept zur verstärkten Nutzung holzartiger Biomasse in der Region vor.
Dabei beschreibt die vorliegende Untersuchung die vorhandenen Energieholz-Potenziale in der Region des Bergischen Städtedreiecks -Remscheid-Solingen-Wuppertal- und versucht daraus Handlungsempfehlungen für die Nutzung dieser Potenziale zu geben. Des weiteren werden ausgewählte Wärmeverbraucher im Untersuchungsgebiet auf den möglichen Einsatz einer holzbefeuerten Anlage untersucht.
Ein grundlegendes Ziel ist die Information und die Sensibilisierung der Verantwortlichen und Entscheidungsträger in Kommunen, in sozialen und öffentlichen Einrichtungen, in Gewerbe und Industrie und nicht zuletzt des privaten Endverbrauchers für das Thema „Holzenergienutzung“.
Am Ende dieses Prozesses soll die Realisierung von konkreten Holzenergieprojekten stehen, um die aufgezeigten vorhandenen Energieholz-Potenziale, die in der waldreichen Region des Bergischen Städtedreiecks vorhanden sind, im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung zu nutzen.

[1-1] siehe Anhang 10l

# 2 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Die räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes umfasst den politischen Großraum der kreisfreien Städte Solingen, Remscheid und Wuppertal [Abbildung 2a] im Bundesland Nordrhein-Westfalen. Die drei genannten Städte bilden damit die Region „Bergisches Städtedreieck“.

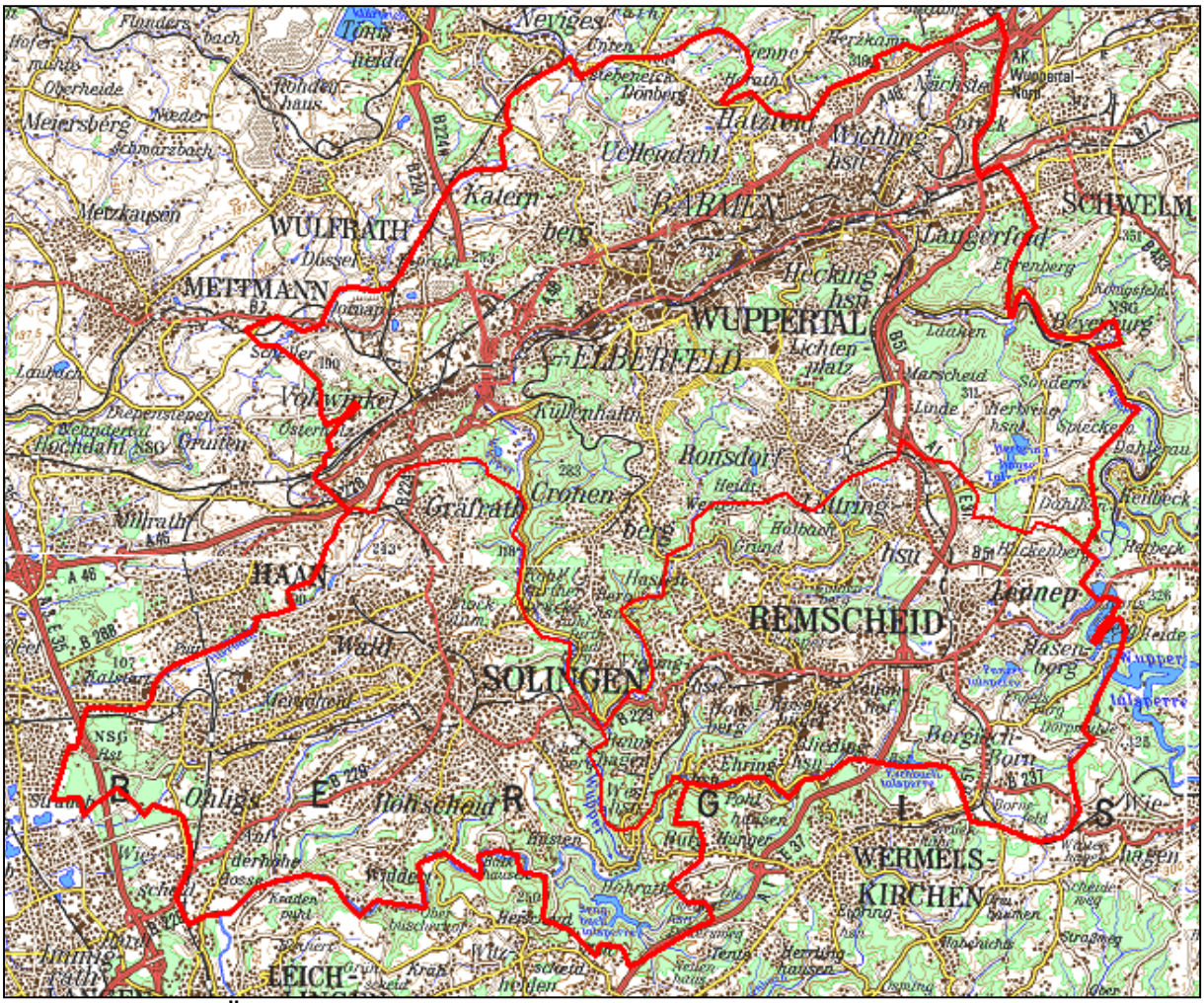



***Abbildung 2a*** Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes
Quelle: [Landesvermessungsamt NRW, Geogrid Viewer 1.1, TÜK 200]

Das Untersuchungsgebiet hat eine Gesamtfläche von 332,4 km² bei einer max. Nord-Süd Ausdehnung von 23 km und West-Ost Ausdehnung von 25 km. Die Bevölkerungszahl liegt bei ca. 652.000 [Tabelle 2a]. Die Bevölkerungsdichte liegt mit ca. 1.960 EW/km² deutlich über dem NRW-Landesdurchschnitt von 530 EW/km².
Die Stadt Wuppertal ist mit 168 km² Stadtfläche und seinen 366.000 Einwohnern die mit Abstand größte Stadt des Städtedreiecks.

| **Strukturdaten des Bergischen Städtedreiecks**[2.1] | | | |
|---|---|---|---|
| *Stadt* | *Einwohner* | *Fläche* | *Einwohnerdichte* |
| Remscheid | 122.070 | 74,6 km² | 1.636 Ew/km² |
| Solingen | 163.605 | 89,4 km² | 1.830 Ew/km² |
| Wuppertal | 366.244 | 168,4 km² | 2.175 Ew/km² |
| ***Gesamt*** | ***651.919*** | ***332,4 km²*** | ***1.961 Ew/km²*** |

***Tabelle 2a*** Strukturdaten des Bergischen Städtedreiecks

- Topografie

Das Untersuchungsgebiet liegt im rheinischen Schiefergebirge östlich der rheinischen Tiefebene und ist damit Teil des Bergischen Landes. Die Höhenlagen erstrecken sich zwischen 53 - 270 m ü. NN in Solingen, 96 - 380 m ü. NN in Remscheid und 100 - 350 m ü. NN in Wuppertal. Zahlreiche Flüsse (z.B. Wupper), Wasserläufe und kleinere Stauseen prägen die Landschaft im stadtnahen Gebiet. Die hohe Bevölkerungsdichte hat eine entsprechend hohe Bebauungsdichte zur Folge.

- Infrastruktur

Die Lage zwischen den urbanen Ballungszentren Köln-Bonn, Düsseldorf und Ruhrgebiet begünstigt die Infrastruktur im Untersuchungsgebiet.
Die Bundesautobahn A 1 bietet eine Anbindung an den Raum Köln/Bonn und das östliche Ruhrgebiet, die A 43 an das zentrale Ruhrgebiet und die A 46 bzw. A 3 an den Raum Düsseldorf/Niederrhein. Die mittleren Entfernungen zu den umliegenden Ballungszentren liegen bei ca. 40 km.
Alle drei Städte des Untersuchungsgebietes sind an das Streckennetz der Deutschen Bahn AG angeschlossen.
Die Flughäfen Köln/Bonn und Düsseldorf sind in einer halben Autostunde zu erreichen.

- Wirtschaft und Arbeitsmarkt

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Kammerbezirk der Industrie- und Handelskammer (IHK) Wuppertal-Solingen-Remscheid. In der Region dominieren die kleinen und mittleren Unternehmen des Mittelstandes die Wirtschaftslandschaft.

[2.1] Angaben aus den Internetpräsentationen der Städte Remscheid (Stand 31.12.2001), Solingen (Stand 30.6.2002) und Wuppertal (Stand 30.9.2002)

Besondere Bedeutung haben Unternehmen des Maschinen- und Werkzeugbaus, der Elektrotechnik, Chemische Industrie, Automobilzulieferindustrie, Textilindustrie und der Schneidwaren und Besteckindustrie. Besondere Bedeutung hat die Werkzeugindustrie und die Schneidwarenindustrie.
Aus den Feldern Schneidwaren und Metallbe- und -verarbeitung ist das Kompetenzfeld Produktdesign und Produktentwicklung entstanden. Viele Designpreise für Produkte aus dem Bergischen Städtedreieck belegen dies. Nahezu unbemerkt haben sich in den vergangenen Jahren zugleich vernetzte Kompetenzen in den Dienstleistungsfeldern der Event-Marketingagenturen sowie des Kommunikationsdesigns entwickelt. Durch die Intensität und Vielfältigkeit der Verflechtungen bildet der Bereich Autozuliefererindustrie die umfassendste Klammer für ein Kompetenznetzwerk in der Wirtschaftsregion Bergischen Städtedreieck. Nicht zuletzt als Gründungsstandort der Bayer AG ist das Bergische Städtedreieck auch im Bereich Gesundheit prominent vertreten. Hauptsitze verschiedener Krankenkassen, das Bayer-Pharmaforschungszentrum, Unternehmen der Orthopädie- und Medizintechnik zeichnen dieses Kompetenzfeld aus.[2.2]
Die zahlreichen Handwerksunternehmen der Region werden von der Handwerkskammer Düsseldorf und den untergeordneten Kreishandwerkskammern vertreten.
Die Arbeitslosenzahlen, bezogen auf alle Erwerbstätigen, liegen mit 9,6 % im Arbeitsamtbezirk Solingen/Remscheid und 10,4 % im Arbeitsamtsbezirk Wuppertal im Landestrend (10,4 % 3/03)[2.3].

Um die Region für die Zukunft und den europäischen Wettbewerb zu stärken wurde das Gemeinschaftsprojekt REGIONALE 2006 gegründet. Getragen wird es von den drei Städten Remscheid, Solingen und Wuppertal, gefördert wird es durch das Land Nordrhein-Westfalen. Die primäre Ausrichtung des Projektes liegt auf dem Strukturwandel in dieser frühindustrialisierten Region. Vorhandene Stärken und existierendes Know-How regionaler Unternehmen wird gebündelt und vernetzt. Im Jahr 2006 präsentiert sich die Region im Rahmen einer Leistungsschau als einzigartige Kulturlandschaft, lebenswerter Wohnstandort und als leistungsfähiger Wirtschaftsstandort.

[2.2] aus www.kompetenz3.de, Internetpräsenz der Wirtschaftsförderung der Städte -R-S-W-
[2.3] Quelle: Bundesanstalt für Arbeit

- Energieversorgung und -bedarf im Untersuchungsgebiet

In den drei Städten des Untersuchungsgebietes sind die Stadtwerke Remscheid (neu: Energie- und Wasser für Remscheid EWR), die Stadtwerke Solingen GmbH und die Wuppertaler Stadtwerke AG die dominierenden Energieversorger.
Nachfolgend einige Zahlen zum Endenergieabsatz der Unternehmen in der Region:

| **Endenergieabsatz der EVU im Untersuchungsgebiet** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *EWR GmbH*[1)] | *Stadtwerke Solingen GmbH*[2)] | *Wuppertaler Stadtwerke AG*[3)] | *Gesamt* |
| ***Strom*** | 627,7 GWh | 685,2 GWh | 2.088 GWh | 3.401 GWh |
| ***Erdgas*** | 1.169,9 GWh | 859,3 GWh | 3.457 GWh | 5.486,2 GWh |
| ***Wärme***[4)] | 27,7 GWh | - | 635,7 GWh | 663,4 GWh |
| | | | ***GESAMT*** | ***9.550,6 GWh*** |

[1)] Zahlen Geschäftsjahr 2000
[2)] Zahlen Geschäftsjahr 2002
[3)] Zahlen Geschäftsbericht 2001
[4)] Nah- und Fernwärme

***Tabelle 2b*** Endenergieabsatz im Untersuchungsgebiet

In den aufgeführten Zahlen sind Energiemengen die von anderen Energieversorgern im Netzgebiet vertrieben werden, nicht enthalten.
Im bundesweiten Durchschnitt haben Strom, Gas, Nah- und Fernwärme einen Anteil von 49 % am gesamten Endenergiebedarf. 44,5 % entfallen zusätzlich auf Mineralölprodukte (z.B. Treibstoffe, Heizöl). Daraus errechnet sich für die Region ein Endenergiebedarf von 19.770 GWh/a (71 PJ/a). Umgerechnet auf den Primärenergiebedarf ergibt sich ein Verbrauch von 108 PJ/a [46.000 kWh/(Person a), im Bundesschnitt 49.000 kWh/(Person a)].

# 3 Potenzialabschätzung

Eine verstärkte Nutzung von Holzbrennstoffen setzt voraus, dass dem Betreiber einer holzbefeuerten Anlage eine auf Jahre gesicherte Brennstoffversorgung garantiert werden kann. Die Frage nach einer zuverlässigen Versorgung und den damit verbundenen Unsicherheiten ist häufig der Grund für die Ablehnung des Brennstoffes Holz und das Ausweichen auf die bewährten, konservativen fossilen Brennstoffe.

Um den nachwachsenden, $CO_2$-neutralen Brennstoff Holz also auf Dauer in der Energieversorgung zu etablieren, ist es erforderlich, die vorhandenen Brennstoffvorräte, die u.a. in den Wäldern „vor der eigenen Haustür“ liegen, aufzuzeigen und die notwendigen logistischen Strukturen zur Erschließung dieser Potenziale zu entwickeln.

Neben einem Beitrag zum globalen und lokalen Klimaschutz ermöglicht die Nutzung dieses biogenen Festbrennstoffes eine nachhaltige regionale Wertschöpfung. Kapital, welches derzeit in die Beschaffung von fossilen Energieträgern (Importabhängigkeit bei Erdgas 80 %, bei Erdöl 98 %!) in andere Regionen der Welt abfließt, kann so zur Stärkung der regionalen Wirtschaftskraft beitragen.

Im den folgenden Abschnitten 3.2 bis 3.5 werden die vorhandenen Energieholzvorräte abgeschätzt, die im Untersuchungsgebiet „Bergisches Städtedreieck“ aus ökologischer und ökonomischer vernünftiger Sicht genutzt werden könnten.

Um die ermittelten Zahlen dieser Untersuchung in der Diskussion um die Nutzung erneuerbarer Energien präziser einordnen zu können, ist es wichtig die verschiedenen Potenzialbegriffe ausreichend zu unterscheiden. Grundsätzlich müssen das theoretische, das technische, das wirtschaftliche und das erschließbare Potenzial unterschieden werden.

Die nachfolgende Abbildung 3a zeigt die Hierarchie der verschiedenen Begriffsbestimmungen.

Das theoretische Potenzial beschreibt die nach den physikalischen Gesetzmäßigkeiten grundsätzlich angebotene Energie. Das technische Potenzial ist der Teil des theoretischen Potenzials, der unter den aktuellen technischen Voraussetzungen und unter Berücksichtigung der gesetzlichen Bedingungen erschlossen werden kann. Beides sind variable Größen, so dass sich das technische Potenzial im Laufe der Zeit verändern kann.

Das wirtschaftliche Potenzial ist der Teil des technischen Potenzials, der unter den aktuellen wirtschaftlichen Bedingungen effizient zu erschließen ist.

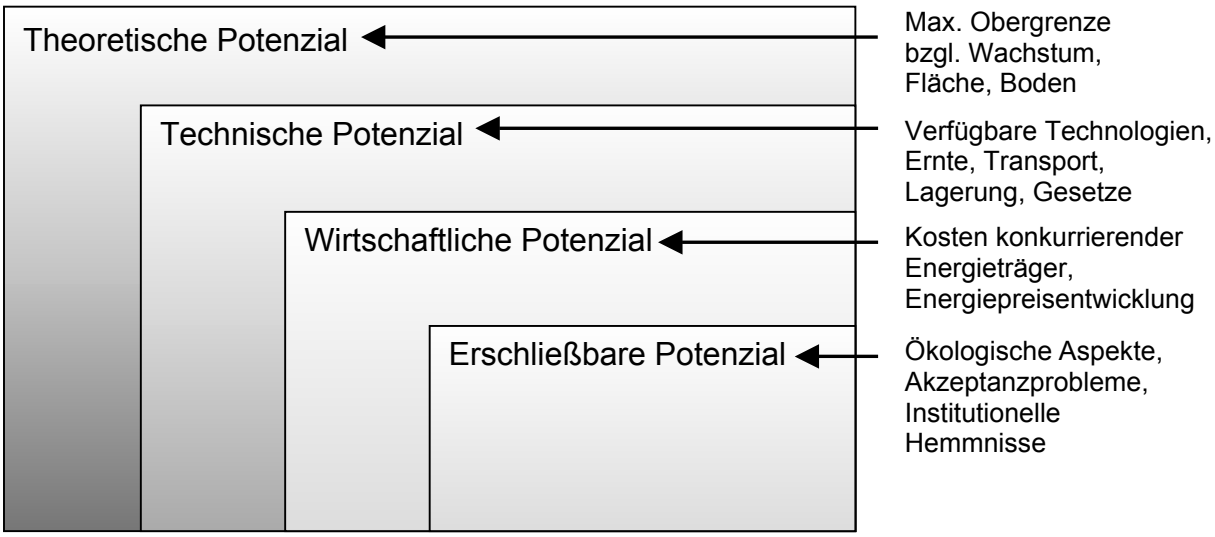



***Abbildung 3a*** Bestimmungen des Potenzialbegriffs

Diese Bedingungen werden in erster Linie von den Preisen der konkurrierenden, meist fossilen Energieträgern bestimmt. Hinzu kommen die politisch definierten Förderbedingungen für erneuerbare Energien und der Einfluss der politische Verhältnisse auf die Gestaltung der Weltenergiepreise.
Das erschließbare Potenzial ist der Teil des Potenzials, welcher in absehbarer Zeit voraussichtlich tatsächlich erschlossen wird.
Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die Ermittlung des technisch nutzbaren Potenzials. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich das wirtschaftlich nutzbare Potenzial innerhalb überschaubarer Zeitspannen deutlich vergrößern wird, also aktuell unwirtschaftliche Potenziale verwandeln sich durch die Verknappung und Verteuerung der fossilen Energieträger in wirtschaftliche Potenziale.
Unbeachtet dessen muss grundsätzlich zwischen einer betriebs- und einer volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise unterschieden werden. Ein großer Teil der Potenziale ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht unökonomisch, unter volkswirtschaftlicher Sicht jedoch bereits ökonomisch sinnvoll. Hohe volkswirtschaftliche Folgekosten (z.B. durch Naturkatastrophen) müssen bei diesen Betrachtungsweisen eigentlich den fossilen Energieträgern angerechnet werden.
Da es bei der vorliegenden Untersuchung jedoch um die konkrete Umsetzung und Machbarkeit von Projekten zur Nutzung der Holzenergie geht, stehen hier primär n betriebswirtschaftliche Dinge im Vordergrund. Daher werden aus den ermittelten technischen Potenziale auch die wirtschaftlich nutzbaren Mengen gefiltert. Trotzdem ist es grundsätzliches Ziel der Studie aufzuzeigen, welche Mengen Energieholz die Region grundsätzlich, also technisch, zur Verfügung stellt.

## 3.1 Energieholzfraktionen

Grundsätzlich lässt sich die Herkunft von Energieholz in zwei Bereiche gliedern: zum einen fällt Energieholz als Nebenprodukt oder Rückstand bzw. Altholz an *oder* es wird in Form von schnellwachsenden Baum- oder Straucharten in speziell dafür vorgesehenen Plantagen angebaut.
Energieholz als Nebenprodukt oder Rückstand unterteilt sich wiederum in die folgenden Unterfraktionen:

- *Durchforstungs- und Waldrestholz*. Die Forstwirtschaft ist primär auf die Gewinnung von hochwertigem Stammholz ausgerichtet. Bei der Stammholzernte fällt Waldrestholz als der Teil des Baumes an, der nicht als hochwertiges Stammholz genutzt werden kann. Dieses Waldrestholz bleibt derzeit oft ungenutzt im Bestand. Eine weitere Energieholzfraktion die unmittelbar aus dem Wald gewonnen werden kann ist das sog. Schwachholz, welches bei Durchforstungsmaßnahmen aus dem Wald entnommen wird. Durchforstungsmaßnahmen sind notwendig zur Stärkung und Konzentration des Bestandes auf starke hochwertige Bäume. Dies ist Vorraussetzung für eine optimale Stammholzernte. Schwachholz wird häufig als Industrieholz, z. B. für die Herstellung von Spanplatten, verwendet.
- *Landschaftspflegeholz*. Diese Fraktion besteht aus Straßenbegleitholz, Baumschnitt aus Parks und Friedhöfen, Grünschnitt von GaLa-Bauunternehmen und Schwemmholz.
- *Alt- bzw. Gebrauchtholz.* Es entsteht dort, wo Holz in der industriellen Produktion oder am Ende einer bestimmten stofflichen Nutzung aus dem Nutzungsprozess ausscheidet. Nach der neuen Altholzverordnung wird diese Fraktion abhängig vom Grad der Belastung in verschiedene Altholz-Klassen differenziert (siehe Kapitel 3.3).
- *Industrie- und Sägewerksrestholz.* In der holzverarbeitenden Industrie fallen bei der Herstellung von Hauptprodukten (z.B. Möbel) Säge- und weitere Bearbeitungsreste an. Zum Teil werden diese Reste zur Fraktion Altholz gezählt. Bereits bei der Verarbeitung des Stammholzes im Sägewerk fallen große Mengen Restholz in Form von Hackschnitzel, Schwarten, Spreißel oder Späne an.

## 3.2 Waldholz

### 3.2.1 Struktur der Forstwirtschaft im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (Städte Remscheid, Solingen, Wuppertal) gehört forsthoheitlich zum Forstamt (FA) Mettmann[3.1] der Landwirtschaftskammer Rheinland. Das FA Mettmann als untere Forstbehörde (UFB) liegt als eines von 13 Forstämtern im Bereich der höheren Forstbehörde Rheinland mit Sitz in Bonn.
Das FA Mettmann umfasst das Gebiet des Kreises Mettmann, sowie die Flächen der kreisfreien Städte Düsseldorf, Essen, Mülheim a. d. Ruhr, Wuppertal, Solingen und Remscheid. Mit einer Waldfläche von insgesamt 240 km² und einem damit verbundenen Bewaldungsanteil von 19 % (NRW Ì 26 %), ist das Zuständigkeitsgebiet eher waldarm.

Die folgende Abbildung 3.2.1a zeigt die Struktur der zuständigen Forststellen im Untersuchungsgebiet. Das FA Mettmann übernimmt als hoheitliche Aufgabe die Betreuung und Beratung des Privat- und Kommunalwaldes im Untersuchungsgebiet.

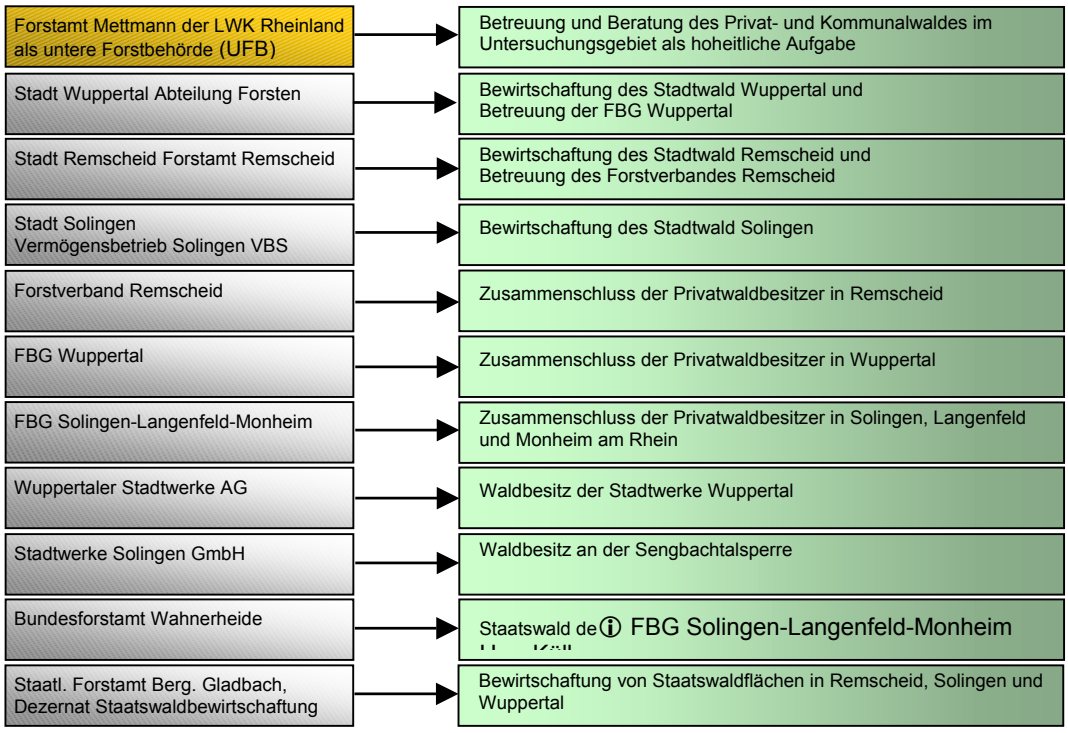



***Abbildung 3.2.1a*** Struktur der Forstwirtschaft im Untersuchungsgebiet

[3.1] @ http://www.forst.nrw.de/mettmann

Die Forstbetriebsgemeinschaften (FBG) sind freiwillige Zusammenschlüsse von privaten Waldbesitzern, die von den Stellen des Forstamtes betreut und beraten werden.

Im Südwesten grenzt das Forstamt Bergisch-Gladbach (UFB), im Südosten das Forstamt Wipperfürth (UFB) und im Nordosten das FA Gevelsberg (UFB) an das Untersuchungsgebiet.

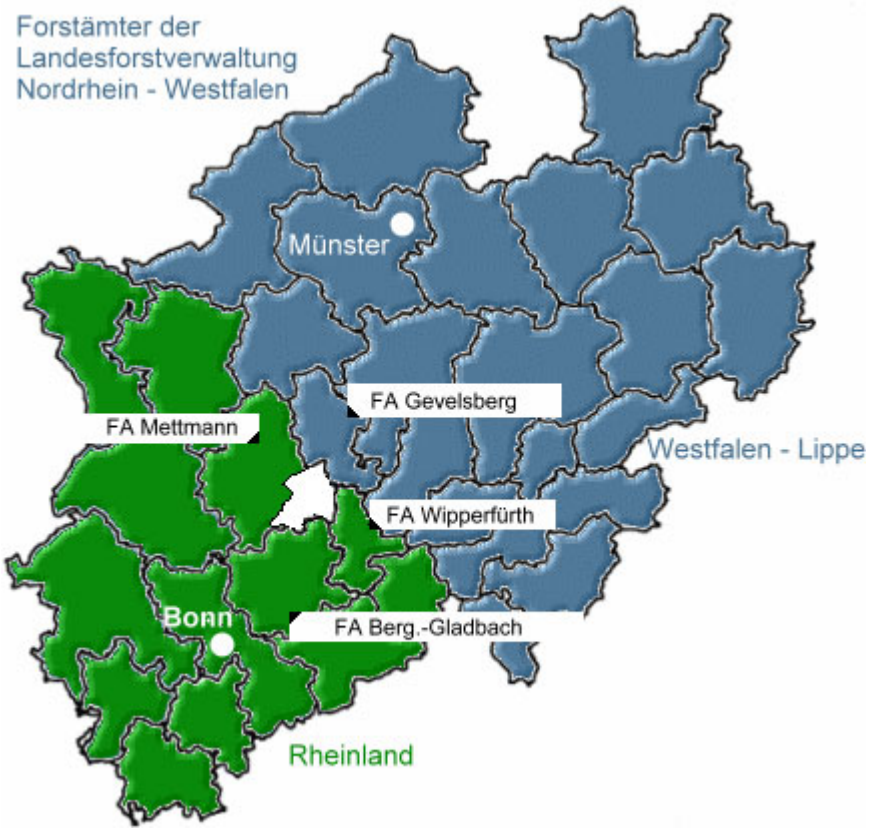



***Abbildung 3.2.1b*** Angrenzende Forstämter
Quelle: Landesforstverwaltung NRW

| Forstamt | Waldfläche | Bewaldungsanteil |
|---|---|---|
| Forstamt Mettmann der LWK Rheinland<br>Goldbergerstr. 32<br>40822 Mettmann<br>Tel. (0 21 04) 98 35 - 0 | 23.800 ha | 19,0 % |
| Staatl. Forstamt Berg. Gladbach<br>Broichen 1<br>51429 Bergisch Gladbach<br>Tel. (0 22 04) 95 26 – 0 | 18.600 ha | 20,2 % |
| Forstamt Wipperfürth der LWK Rheinland<br>Bahnstr. 27<br>51688 Wipperfürth<br>Tel. (0 22 67) 88 57 – 0 | 16.900 ha | 40,0 % |
| Forstamt Gevelsberg der LWK Rheinland<br>Kirchstr. 24a<br>58285 Gevelsberg<br>Tel. (0 23 32) 95 80 - 0 | 14.500 ha | 24,0 % |

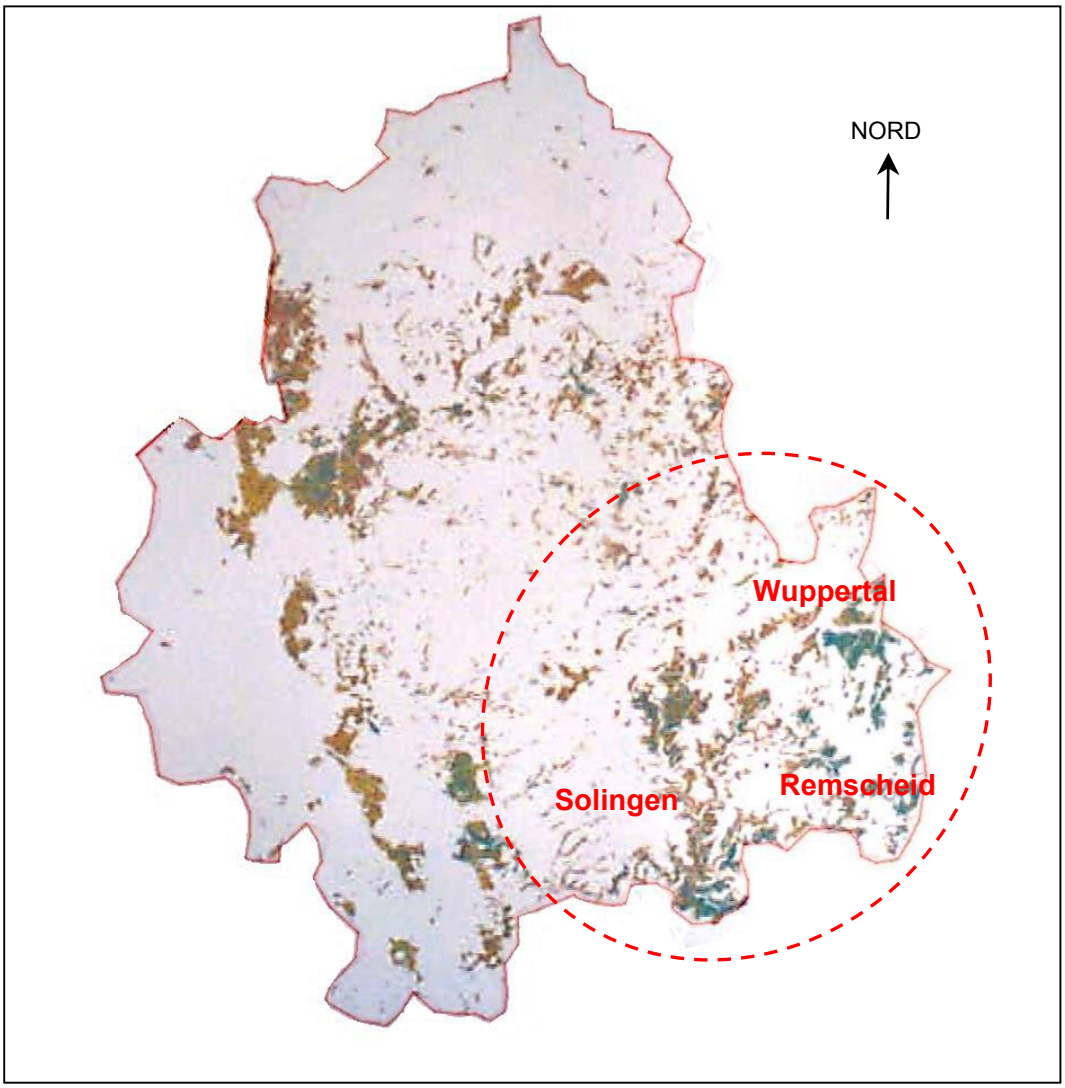



***Abbildung 3.2.1c*** Digitale Waldkarte des Forstamtsbezirkes Mettmann
Quelle: Finnische Forstliche Forschungsanstalt, 1995, im Auftrag der LÖBF

Die Karte in Abbildung 3.2.1c zeigt terrestrische Aufnahmen des Waldbestandes im Forstamtsbezirk Mettmann. Mit Hilfe dieser Aufnahmen wurden die Bewaldungsflächen der verschiedenen Baumarten kartiert. Der Raum -R-S-W- ist im unteren, rechten Teil der Karte zu sehen. Aufgrund der schlechten Auflösung der hier dargestellten Karte, lassen sich die einzelnen Abstufungen zwischen den Baumarten nicht ausreichend erkennen. Die dunkleren, grünen Waldflächen symbolisieren Fichtenbestände, die helleren, gelberen Buchenbestände. Die Karte verdeutlicht jedoch den im Verhältnis zum sonstigen FA-Gebiet hohen Bewaldungsanteil im Untersuchungsgebiet. Deutlich zu erkennen sind die Waldgebiete entlang der Wupper, die sich durch das Untersuchungsgebiet zieht.

### 3.2.2 Der Baumbestand im Untersuchungsgebiet

- *Stadtgebiet Remscheid*

Die Gesamtwaldfläche im Stadtgebiet Remscheid umfasst insgesamt ca. 2.200 ha. Das entspricht einem hohen Bewaldungsanteil von ca. 29 %.
52 % des Remscheider Waldes sind in Privatbesitz, 46 % sind Kommunal- und 2 % Staatswald.
Die Laubhölzer dominieren mit 64 %$_{\text{Fläche}}$ den Waldbestand. 76 % $_{\text{Fläche}}$ des Waldes im Stadtgebiet sind Mischbestände (Nadel- und Laubbäume). Die Abbildung 3.2.2a zeigt die Verteilung auf die einzelnen Baumarten.

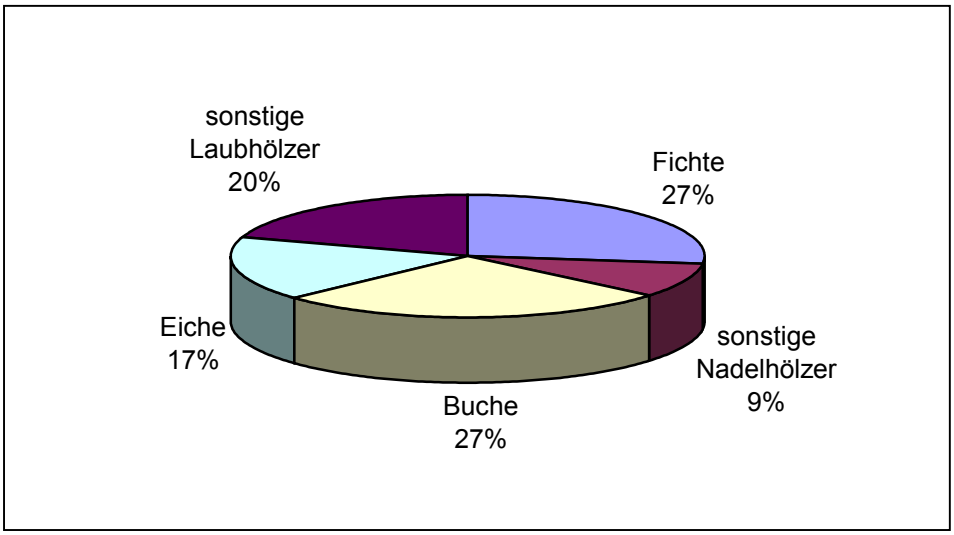



***Abbildung 3.2.2a*** Baumartenverteilung im Stadtgebiet Remscheid
Quelle: Forstamt Remscheid

Die Privatwaldbesitzer sind im „Forstverband Remscheid - Forstbetriebsverbund“ zusammengeschlossen. Derzeit hat dieser ca. 650 Mitglieder mit einer Waldfläche von 1.175 ha. Der Verband bietet seinen Mitgliedern folgende Leistungen:

- Abstimmung der für forstwirtschaftliche Erzeugung wesentlichen Vorhaben
- Ausführung von Kultur- und Waldverbesserungsmaßnahmen
- Durchführung des Holzeinschlages, der Aufarbeitung, der Holzbringung und des Holzverkaufes
- Erschließung des Waldes durch den Bau von Wirtschaftswegen
- Durchführung von Maßnahmen des Forstschutzes
- Abschluss einer Waldbrandversicherung

Die Bewirtschaftung des ca. 1.200 ha großen Kommunalwaldes und die Betreuung und Verwaltung des Forstverbandes Remscheid übernimmt das kommunale Forstamt Remscheid.

Aufgrund unterschiedlichster Umwelteinflüsse ist auch der Remscheider Wald geschädigt. Auffällig ist jedoch, dass die Gesamtschadensfläche im Stadtgebiet über dem Landesdurchschnitt liegt. Für diese Entwicklung kann der hohe Laubholzanteil und der von Westen kommende Steigungsregen mit großen Mengen belasteter Niederschläge verantwortlich gemacht werden. Als wichtigste Vorbeugung gegen weitere Schäden werden regelmäßig Waldkalkungen zur Verhinderung einer Bodenversauerung vorgenommen. Zum Schutz vor Borkenkäferbefall in den Fichtenbeständen werden die geschädigten Bäume konsequent aus den Beständen entfernt.

Der jährliche Hiebsatz im Stadtgebiet (Kommunal- und Privatwald) liegt bei ca. 9.000 fm, wovon derzeit schätzungsweise 10 % als Brennholz (Scheitholz) genutzt werden. Je 45 % werden als Stammholz weiterverarbeitet oder gelangen als Industrieholz in die holzverarbeitende Industrie. 60 % des Holzes werden im einem Umkreis von 50 km weitervermarktet.

Etwa 70 % des Einschlages werden manuell und 30 % vollmechanisiert unter Einsatz von Harvestern geerntet. Große Teile der Holzwerbung, z. B. alle Rückearbeiten, Harvestereinsätze etc. werden von externen Forstdienstleistungsunternehmen durchgeführt. Die eigene technische Ausstattung nur besteht aus Motorsägen.

ⓘ Stadt Remscheid
Forstamt
Hastener Str. 11
42849 Remscheid
Tel. (0 21 91) 16-39 95

ⓘ Forstverband Remscheid
Forstamt
Hastener Str. 11
42849 Remscheid
Tel. (0 21 91) 16-39 95

- *Stadtgebiet Solingen*

Die Gesamtwaldfläche im Stadtgebiet Solingen umfasst 2.170 ha. Das entspricht einem Bewaldungsanteil von 24 %. 29 % des Solinger Waldes sind in Privatbesitz, 52 % sind Kommunal- und 19 % Staatswald.

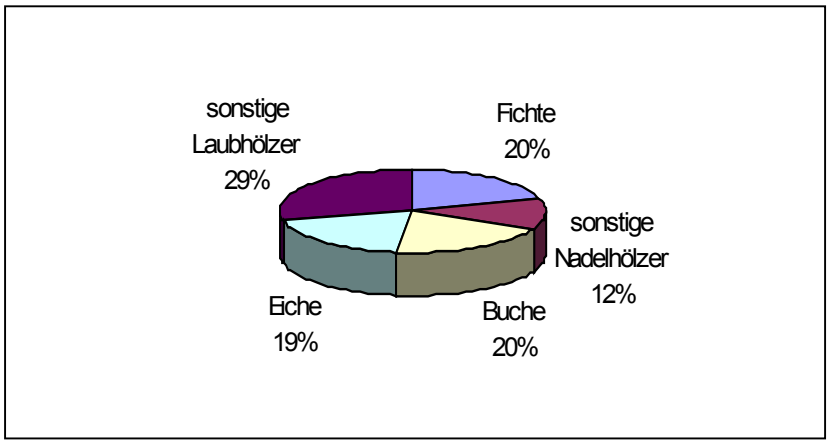



***Abbildung 3.2.2b*** Baumartenverteilung im Stadtgebiet Solingen
Quelle: vbs Solingen

Der Kommunalwald im Stadtgebiet Solingen wird von der *Abteilung Forst* des Vermögensbetriebs Stadt Solingen im Auftrag des *Stadtdienstes Natur und Umwelt* bewirtschaftet. Die Größe des kommunalen Stadtwaldes beträgt etwa 1.100 ha, wovon 68 $\%_{Fläche}$ aus Laubhölzern und 32 $\%_{Fläche}$ aus Nadelhölzern besteht.
170 ha des Stadtwaldes sind als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Bei der Pflege des Bestandes wird nach einigen grundsätzlichen Vereinbarungen gearbeitet. So wird u. a. auf Kahlschlag verzichtet; das Befahren der Bestände erfolgt nur auf ausgewiesenen Rückegassen; für die Bewirtschaftung kommen, wo immer möglich, Rückepferde zum Einsatz und bei der Stammholzernte werden Eingriffe über 30 Efm/ha vermieden. Im Mittelpunkt der Bewirtschaftung steht die Pflege von Auslesebäumen (Z-Bäume[3.2]). Die Entnahme von Einzelbäumen erfolgt somit ausschließlich zur Förderung und Stärkung der Z-Bäume.
Der Staatswald im Stadtgebiet mit einer Fläche von ca. 630 ha wird vom Forstamt Berg. Gladbach bewirtschaftet und verwaltet.
Die Privatwaldbesitzer sind in der FBG Solingen-Monheim-Langenfeld organisiert.

ⓘ Vermögensbetrieb der Stadt Solingen, ***vbs***
Abteilung Forst
Bonner Str. 100
42697 Solingen
Tel. (02 12) 2 90 - 66 76

ⓘ Stadtdienst Natur und Umwelt
Abtl. Grün- und Freiflächen
Frankfurter Damm 23
42719 Solingen
Tel. (02 12) 2 90 – 44 01

ⓘ FBG Solingen-Langenfeld-Monheim
Herr Küller
Wipperauer Str. 60
42699 Solingen
Tel. (02 12) 6 00 42

[3.2] **Z**ukunftsbäume

- *Stadtgebiet Wuppertal*

Die Gesamtwaldfläche im Wuppertaler Stadtgebiet umfasst 4.695 ha. Das entspricht einem Bewaldungsanteil von 28 %. 45 % des Wuppertaler Waldes sind in Privatbesitz, 35 % sind Kommunal-, 17 % Staatswald und 3 % sind Wald im Bundesbesitz.

Eine Besonderheit des kommunalen Wuppertaler Stadtwaldes (ca. 1.600 ha) ist der hohe Laubholzanteil von 80 $\%_{Fläche}$ (Vergleich: NRW 52%, BRD 35%). Dominierende Baumart ist die Buche mit 33 $\%_{Fläche}$. Sie findet in der Region optimale klimatische und bodentechnische Wachstumsbedingungen. Zahlreiche Altwälder mit Buchenbeständen die zwischen 100 und 245 Jahren alt sind bedecken eine Fläche von etwa 300 ha. (ca. 10.000 Altbäume). Die Erneuerung der Bestände soll durch natürliche Verjüngung erfolgen, so dass überwiegend auf Aufforstungsmaßnahmen verzichtet werden kann.

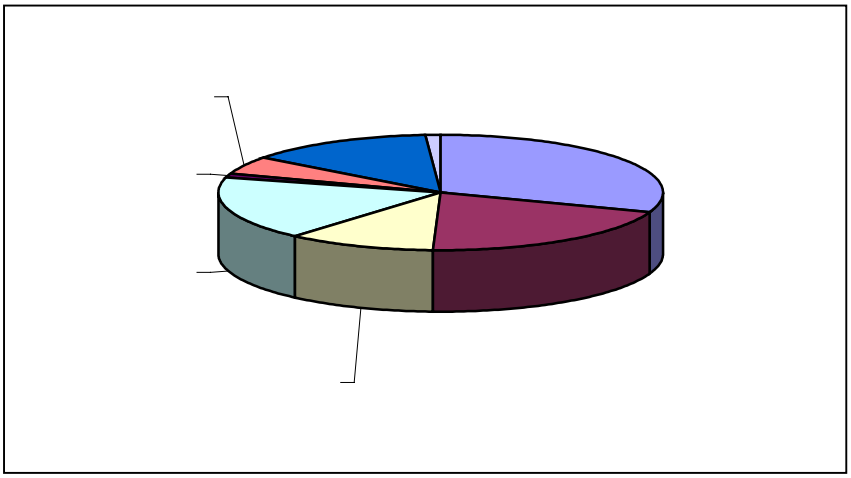


***Abbildung 3.2.2c*** Baumartenverteilung im Stadtwald Wuppertal
Quelle: Städtische Forstverwaltung Wuppertal

Der jährliche Holzzuwachs in den Kommunalwäldern beträgt etwa 12.000 fm. Die jährliche Holznutzung ist geringer als der Holzzuwachs, so dass der Holzvorrat stetig anwächst.

Rund 70 % der forstwirtschaftlichen Arbeiten werden in Eigenregie durchgeführt. Der Rest wird an externe Forstdienstleister vergeben. Für die Holzernte stehen eigene Motorsägen, Seilwinden, Schlepper mit Anhänger und ein Brennholzspalter zur Verfügung.

Der kommunale Stadtwald ist sehr kleinflächig. Er teilt sich auf ca. 400 Forstorte auf, was die Bewirtschaftung erschwert. Seit dem Jahr 2001 sind die Wuppertaler Stadtwälder nach PEFC[3.3] zertifiziert.

[3.3] Paneuropäisches Forstzertifikat

Auch im Stadtgebiet Wuppertal sind die Wald-Besitzstrukturen im Privatwaldbestand sehr kleinflächig. Um die damit verbundenen Nachteile auszugleichen, wurde die Forstbetriebsgemeinschaft Wuppertal e.V. gegründet. In dem Verein sind über 1.000 ha Privatwald zusammengeschlossen. Auch hier liegt der jährliche Einschlag mit etwa 4.400 fm unter dem Zuwachs. Der Großteil der forstwirtschaftlichen Arbeiten wird an externe Unternehmen vergeben. Etwa 60 % des Einschlags werden im Umkreis von <50 km vermarktet.

Besonderheiten im Stadtgebiet sind die zwei Naturwaldzellen „Steinsieperhöh“ (5 ha) und „Meersiepenkopf“ (13,5 ha). Sie liegen im Gebiet des Staatswaldes „Burgholz“. In den Naturwaldzellen werden jegliche forstwirtschaftlichen Maßnahmen gänzlich unterlassen.

Die Fläche des Bundeswehr-Standortübungsplatzes Wuppertal wird forstwirtschaftlich durch das Bundesforstamt Wahnerheide betreut.

Die Stadtwerke Wuppertal besitzen und bewirtschaften 700 ha Waldflächen. Dabei wird ein jährlicher Hiebsatz von bis zu 3.500 fm erreicht. Etwa 2/3 dieser Flächen liegen außerhalb des Untersuchungsgebietes an der Kirspetalsperre zwischen Wipperfürth und Kirspe. Nur 1/3 befinden sich im Untersuchungsgebiet rund um den Herbringhauser Stausee.

ⓘ Stadt Wuppertal
Abteilung Forsten
Grosse Flurstr. 10
42272 Wuppertal
Tel. (02 02) 563-55 48

ⓘ FBG Wuppertal
Herr Drache
Scheidtstraße 121
42369 Wuppertal
Tel. (02 02) 46 56 22

ⓘ Bundesforstamt Wahnerheide
Herr Pape
Schauenbergweg 2
53842 Troisdorf
Tel. (0 22 46) 44 72

- *Gesamtes Untersuchungsgebiet*

| **Waldbestand im Bergischen Städtedreieck** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Stadt** | **Waldfläche [ha]** | | | |
| | Gesamt | privat | kommunal | staatlich |
| Remscheid | 2.200 | 1.000 | 1.153 | 47 |
| Solingen | 2.170 | 627 | 1.127 | 416 |
| Wuppertal | 4.695 | 2.129 | 1.643 | 923 |
| ***Gesamt*** | ***9.065*** | ***3.756*** | ***3.923*** | ***1.386*** |

| **Stadt** | **Gesamtzuwachs[1] [fm/a)]** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Gesamt | privat | kommunal | staatlich |
| Remscheid | 16.346 | 7.430 | 8.567 | 349 |
| Solingen | 16.123 | 4.658 | 8.374 | 3.091 |
| Wuppertal | 34.883 | 15.818 | 12.207 | 6.858 |
| ***Gesamt*** | ***67.352*** | ***27.906*** | ***29.148*** | ***10.298*** |

| **Stadt** | **Nutzung[2] [fm/a]** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Gesamt | privat | kommunal | staatlich[3] |
| Remscheid | 9.421 | 3.546 | 5.631 | 244 |
| Solingen | 7.604 | 941 | 4.500 | 2.163 |
| Wuppertal | 16.371 | 4.400[4] | 7.171[4] | 4.800 |
| ***Gesamt*** | ***33.396*** | ***8.887*** | ***17.302*** | ***7.207*** |

[1] Annahme: jährliche Zuwachsrate von 7,43 fm/(ha a)
[2] Angaben FA Mettmann, bis auf [4]
[3] Annahme: Erntevolumen 5,2 fm/(ha a)
[4] Angaben Stadt Wuppertal, FBG Wuppertal

***Tabelle 3.2.2a*** Waldbestand im Bergischen Städtedreieck
Quelle: Forstamt Mettmann, diverse Forsteinrichtungen

Die Gesamtwaldfläche im Untersuchungsgebiet beträgt 9.065 ha (Bewaldungsanteil 27 %). 44 % des Waldes sind in kommunalen, 41 % in privaten und 15 % in staatlichen Besitz.

Bei der Betrachtung der Zahlen zum Baumbestand im Untersuchungsgebiet, fällt der überdurchschnittlich hohe Laubholzanteil auf. Die Tabelle 3.2.2b zeigt die Flächenanteil der einzelnen Baumarten.

| **Baumartenverteilung Bergisches Städtedreieck** | | |
|---|---|---|
| ***Baumart*** | ***Fläche [ha]*** | ***Anteil [%]*** |
| Eiche | 1.980 | 21 |
| Buche | 2.240 | 24 |
| ALH | 730 | 8 |
| ALN | 1.140 | 12 |
| Pappel | 170 | 2 |
| ***Laubholz*** | ***6.260***[1)] | ***67*** |
| Kiefer | 210 | 2 |
| Lärche | 510 | 5 |
| Fichte | 2.220 | 24 |
| Douglasie | 160 | 2 |
| ***Nadelholz*** | ***3.100***[1)] | ***33*** |

[1)] Abweichungen zu Zahlen aus Tabelle 3.2.2a aufgrund unterschiedlicher Datengrundlage

***Tabelle 3.2.2b*** Baumartenverteilung im Bergischen Städtedreieck
Quelle: Datenerhebung Forstamt Mettmann

Bei Betrachtung des Vorrates, d.h. der gesamten Holzmenge die in den Waldbeständen bevorratet ist, verschieben sich die Zahlen zugunsten der Nadelholzfraktion, da der spezifische Vorrat pro ha Waldfläche bei Nadelbäumen höher ist.

Besitzen die Laubhölzer im Untersuchungsgebiet einen Flächeanteil von 67 %, so haben sie beim Gesamtholzvorrat nur einen Anteil von 56 %. Die Fichte dominiert mit 34 % den Gesamtholzvorrat, gefolgt von der Buche folgt mit 24 %.

| **Holzvorrat Bergisches Städtedreieck** | | |
|---|---|---|
| ***Baumart*** | ***Vorrat [in fm]***[1)] | ***Anteil [%]*** |
| Eiche | 360.000 | 19 |
| Buche | 457.000 | 23 |
| ALH | 82.000 | 4 |
| ALN | 150.000 | 8 |
| Pappel | 36.000 | 2 |
| ***Laubholz*** | ***1.085.000*** | ***56*** |
| Kiefer | 47.000 | 3 |
| Lärche | 120.000 | 6 |
| Fichte | 660.000 | 34 |
| Douglasie | 28.000 | 1 |
| ***Nadelholz*** | ***855.000*** | ***44*** |

[1)] gerundet auf 1.000 fm

***Tabelle 3.2.2c*** Holzvorrat im Bergischen Städtedreieck
Quelle: Datenerhebung Forstamt Mettmann

### 3.2.3 Abschätzung des potenziellen Energieholzanteils

Der Energieholzanteil aus Waldholz setzt sich aus *Waldrestholz* und *Schwachholz* zusammen.

Das *Waldrestholz* ist der Teil des Holzzuwachses, der nach Entnahme sämtlichen Holzes, das unter den gegebenen ökonomischen Randbedingungen industriell oder anderweitig genutzt werden kann, im Bestand bleibt. Es besteht in aller Regel aus dem sog. Schlagabraum, d. h. das Kronenderbholz mit Rinde (zwischen 7 cm und der unteren Aufarbeitungsgrenze z. B. 14 cm), kurze Stammabschnitte, Reisholz mit Rinde und der Rinde (bei Waldentrindung). Waldrestholz fällt bei der Stammholzernte wie auch bei Durchforstungsmaßnahmen an.

Die Hauptholzmengen die bei der Durchforstungsmaßnahmen anfallen, werden als *Schwachholz* bezeichnet. Schwachholz ist verwertbares Derbholz (d.h. Durchmesser > 7 cm). Die besondere Notwendigkeit von Durchforstungseingriffen resultiert aus der Tatsache, dass es mit zunehmendem Alter und ständig steigendem Standraumbedarf der Einzelbäume, zu einem immer stärkeren Konkurrenzdruck im Bestand kommt. Unabhängig vor ihrer Qualität werden sich auf Dauer nur die vitalsten, konkurrenzkräftigsten Bäume durchsetzen. Die weniger vitalen Bäume werden dagegen überwachsen und fallen in der Folge mehr oder weniger ganz aus.

Daher ist es, um eine hohe Qualität des Stammholzes auf Dauer zu garantieren, notwendig, regelmäßige Durchforstungsmaßnahmen in den Beständen durchzuführen. Weil die Kosten für diese Maßnahmen oft die Einnahmen aus dem Verkauf des gewonnenen Schwachholzes übersteigen, wird die Durchforstung besonders in den kleineren Waldbeständen häufig vernachlässigt. Demnach müssen Privatwaldbesitzer in Zukunft verstärkt von der Notwendigkeit dieser Maßnahmen überzeugt werden.

Die Stammholzernte ist das primäre Ziel der nachhaltigen Forstwirtschaft. Im Untersuchungsgebiet ist die Buche die dominierende Baumart. Das Nutzungsalter von Buchen ist je nach Standort bei 140-160 Jahren erreicht. In dieser Zeit sollte sich ein BHD (Brust-Höhen-Durchmesser) von min. 60 cm entwickelt haben, um einen hohen Ertrag zu erzielen. Das Nutzungsalter von Fichten liegt bei ca. 100 Jahren bei einem BHD von >45 cm.

Um die Nachhaltigkeit der betriebenen Forstwirtschaft nicht zu gefährden, kann grundsätzlich nur so viel Holz genutzt werden, wie gleichzeitig nachwächst, d. h. der jährliche Hiebsatz darf maximal dem jährlichen Zuwachs entsprechen. Da die Forstwirtschaft jedoch primär auf die Gewinnung von hochwertigem Stammholz ausgerichtet ist, bleibt für die Nutzung als Energieholz nur ein bestimmter Teil des jährlichen Zuwachses übrig (siehe Abbildung 3.2.3a).

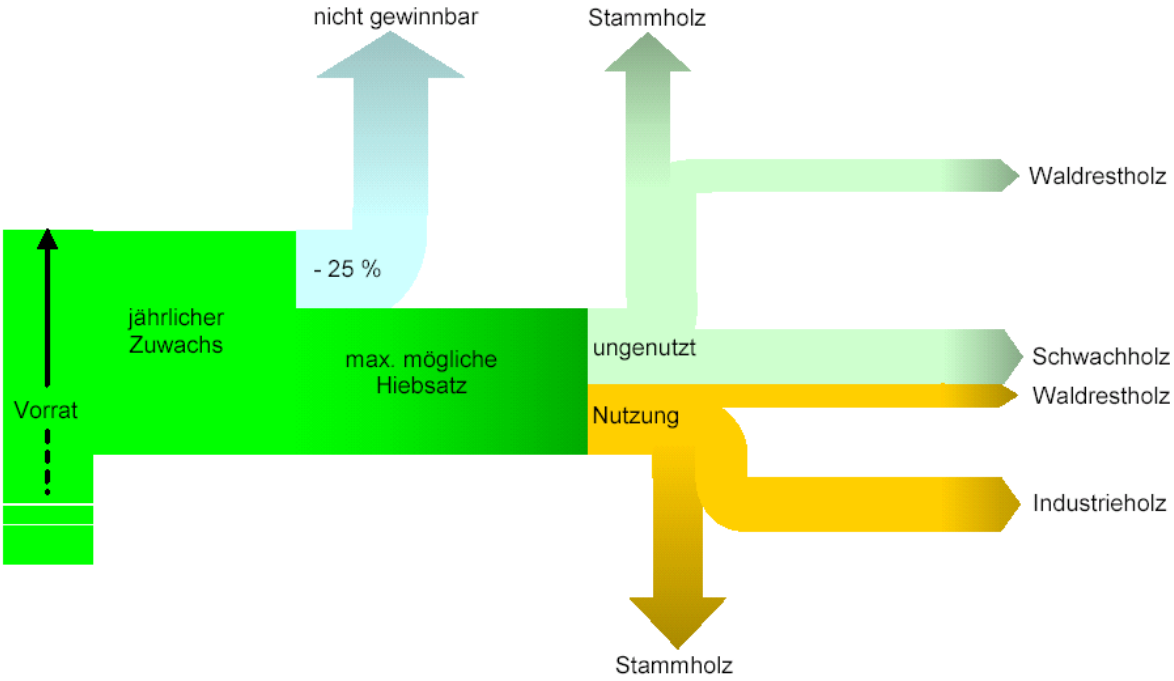



***Abbildung 3.2.3a*** Theoretischer Energieholzanteil Waldholz

Abhängig vom Stand der Industrieholzpreise kommt auch der Teil des Schwachholzes für die Energieholznutzung in Frage, der üblicherweise als Industrie- und Papierholz verwendet wird. Derzeit wird etwa 50 % dieses Holzes zu negativen Deckungsbeiträgen vermarktet, d. h. die Kosten für die Gewinnung übersteigen die Erlöse aus dem Verkauf. Damit kann die Energieholznutzung für Waldbesitzer eine lohnende sichere Absatz-Alternative zur Industrieholzvermarktung darstellen.
Für die Abschätzung der Energieholzmengen werden folgende Grundbedingungen angenommen:

*a)* jegliches Waldholz ist inkl. der Rinde zur energetischen Nutzung verwendbar
*b)* nutzbares Stammholz wird nicht als Energieholz genutzt
*c)* ein bestimmter Anteil an Biomasse soll aus waldökologischer Sicht im Wald verbleiben (Totholz). Dieser Anteil ergibt sich aus nichtverwertbaren Stämmen

Da Laubhölzer höhere Rohdichten (siehe Tabelle 3.2.3a) aufweisen, ergeben sich für diese, bezogen auf das Volumen, höhere Energiedichten.

| **Rohdichten verschiedener Baumarten[1)]** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Baumart*** | Eiche | Rotbuche | Kiefer | Fichte | Heizöl |
| ***Rohdichte [kg/m³]*** | 561 | 554 | 431 | 377 | 840 |

[1)] bei w=18%, lufttrocken

***Tabelle 3.2.3a*** Rohdichten verschiedener Holzarten

Laubhölzer, und hier insbesondere die im Untersuchungsgebiet weit verbreitete Buche, besitzen somit gute Eigenschaften für eine energetische Nutzung. Die nachfolgende Tabelle 3.2.3b vergleicht den spez. Energiegehalt von Buchenholz mit dem von Fichtenholz.

Die Schütt- bzw. Stapeldichte bei nichtschüttfähigen Brennstoffen sind wichtige Kriterien für die Dimensionierung von Lagerraumgrößen, Transportbehältern und bei der Auslegung der Brennraumgrößen von Konversionsanlagen. Hier zeigen sich die Vorteile der Laubholzfraktion.

| **Heizwertevergleich Buche-Fichte** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Wassergehalt [%]** | **Masse [kg]** | **Heizwert[1)] [MJ/kg]** | **Energiegehalt [MJ]** | **[kWh]** |
| *Hackgut [1 Sm³]* | | | | | |
| *Buche* | | | | | |
| *lufttrocken* | 18 | 283 | 14,6 | 4144 | 1151 |
| *waldtrocken* | 50 | 464 | 8,0 | 3792 | 1028 |
| *Fichte* | | | | | |
| *lufttrocken* | 18 | 202 | 14,9 | 3015 | 838 |
| *waldtrocken* | 50 | 332 | 8,1 | 2699 | 750 |

[1)] Heizwerte atro: Buche 18,4 MJ/kg und Fichte 18,7 MJ/kg

***Tabelle 3.2.3b*** Heizwertevergleich Buchen- und Fichtenholz
Quelle: [MoHo01]

Bezogen auf einen Schüttraummeter [Sm³] besitzt Buchenholz einen deutlich höheren Energiegehalt als Fichtenholz. Aus diesem Grund wird bei der nachfolgenden Potenzialabschätzung zwischen den Fraktionen Nadel- und Laubholz unterschieden. Da im Untersuchungsgebiet die Buche und die Fichte die dominierenden Baumarten sind, stehen diese beiden Arten exemplarisch für die Fraktionen Laub- und Nadelholz. Für die Berechnungen des Energiegehaltes der vorhandenen Holzpotenziale werden die Werte aus den Tabellen 3.2.3b und 3.2.3c verwendet.

| ***Umrechnungsfaktoren Volumeneinheiten*** | | |
|---|---|---|
| Massivholz [fm] | Schichtholz [Rm] | Schüttgut [Sm³] |
| **1** | =1,43 | =2,43 |
| =0,70 | **1** | =1,70 |
| =0,41 | =0,59 | **1** |

***Tabelle 3.2.3c*** Umrechnungsfaktoren Volumeneinheiten

### *3.2.3.1 Energieholzfraktion Nadelholz*

Nur 33 $\%_{Fläche}$ des Baumbestandes im Untersuchungsgebietes sind Nadelhölzer. Dabei ist die Fichte das dominierende Nadelgehölz. Aufgrund der höheren spezifischen Zuwachsraten bei Nadelhölzern, haben diese beim Holzvorrat einen Anteil von 44 % (entspricht 855.000 Vfm). Etwa 77 % davon ist Fichtenholz.
Für die Energieholzfraktion „Nadelholz“ ergeben sich, basierend auf den Daten für Fichtenholz, folgende Kriterien:

- Bäume mit einem Durchmesser unter 20 cm BHD bei Fichten
- Schlagabraum (Kronenderbholz, Stammabschnitte, Reisholz, Rinde)

| **Energieholzpotenzial Nadelholz** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ***Einheit*** | ***Remscheid*** | ***Solingen*** | ***Wuppertal*** | ***Gesamt*** |
| Zuwachs | [Vfm/a] | 7.500 | 6.900 | 11.900 | **26.300** |
| max. Hiebsatz[1)] | [Vfm/a] | 5.620 | 5.200 | 8.925 | **19.745** |
| Nutzung[2)] | [Efm/a] | 4.300 | 3.300 | 5.600 | **13.200** |
| ungenutzt[3)] | [Vfm/a] | 1.320 | 1.900 | 3.325 | **6.545** |
| Energieholzanteil (ungenutzte Menge)[4)] | [Vfm/a] | 660 | 940 | 1.660 | **3.260** |
| | [MWh/a][6)] | 1.100 | 1.560 | 2.750 | **5.410** |
| Energieholzanteil (genutzte Menge)[5)] | [Efm/a] | 1.075 | 825 | 1.400 | **3.300** |
| | [MWh/a][6)] | 1.780 | 1.370 | 2.320 | **5.470** |
| Zuschlag Waldrestholz[7)] | [fm/a] | 800 | 680 | 1.160 | **2.640** |
| Energieholzanteil[8)] (gesamt) | [fm/a] | 2.535 | 2.445 | 4.220 | **9.200** |
| | [MWh/a][6)] | 4.200 | 4.050 | 6.990 | ***15.240*** |

[1)] Zuwachs abzüglich 25 %
[2)] 50 % wird als Stammholz genutzt, 50 % als Industrieholz
[3)] Max. Hiebsatz abzgl. Nutzung
[4)] Ungenutzte Menge abzgl. 50 % Stammholzpotenzial
[5)] 50 % der genutzten Industrieholzmengen können energetisch genutzt werden
[6)] bei Wassergehalt lufttrocken w = 18 %, Heizwert 4,14 kWh/kg, [a] 1.656 kWh/fm
[7)] bei der Holzernte bleiben 16 % als Waldrestholz (Zopfholz etc.) im Bestand zurück
[8)] Energieholzanteil ungenutzte Menge + Energieholzanteil genutzte Menge + Zuschlag Waldrestholz

***Tabelle 3.2.3.1a*** Energieholzpotenzial Nadelholz

### *3.2.3.2 Energieholzfraktion Laubholz*

Etwa 67 $\%_{Fläche}$ des Baumbestandes im Untersuchungsgebiet sind Laubhölzer. Dabei ist die Buche, vor der Eiche, die dominierende Baumart. Aufgrund der geringeren spezifischen Zuwachsraten bei Laubhölzern, haben diese einen Anteil auf Holzvorrat von 56 % (1.085.000 Vfm). Etwa 42 % davon ist Buchenholz. Für die Energieholzfraktion „Laubholz“ ergeben sich, basierend auf den Daten für Buchenholz, folgende Kriterien:

- Bäume mit einem Durchmesser unter 30 cm BHD
- Schlagabraum (Kronenderbholz, Stammabschnitte, Reisholz, Rinde)

| **Energieholzpotenzial Laubholz** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ***Einheit*** | ***Remscheid*** | ***Solingen*** | ***Wuppertal*** | ***Gesamt*** |
| Zuwachs | [Vfm/a] | 8.850 | 9.200 | 23.000 | **41.050** |
| max. Hiebsatz[1)] | [Vfm/a] | 6.640 | 6.900 | 17.250 | **30.790** |
| Nutzung[2)] | [Efm/a] | 5.100 | 4.300 | 10.800 | **20.200** |
| ungenutzt[3)] | [Vfm/a] | 1.540 | 2.600 | 6.450 | **10.590** |
| Energieholzanteil (ungenutzter Menge)[4)] | [Vfm/a] | 770 | 1.300 | 3.225 | **5.295** |
| | [MWh/a][6)] | 1.720 | 2.900 | 7.200 | **11.820** |
| Energieholzanteil (genutzte Menge)[5)] | [Efm/a] | 1.170 | 990 | 2.480 | **4.640** |
| | [MWh/a][6)] | 2.610 | 2.210 | 5.540 | **10.360** |
| Zuschlag Waldrestholz[7)] | [fm/a] | 1.040 | 1.000 | 2.500 | **4.540** |
| Energieholzanteil[8)] (gesamt) | [fm m.R./a] | 2.980 | 3.290 | 8.205 | **14.475** |
| | [MWh/a][6)] | 6.650 | 7.350 | 18.320 | **32.320** |

[1)] Zuwachs abzüglich 25 %
[2)] Nutzung als Stammholz: 46 %, Industrieholz: 46 %, Brennholz: 8 %
[3)] Max. Hiebsatz abzüglich Nutzung
[4)] Ungenutzte Menge abzgl. 50 % Stammholzpotenzial
[5)] 50 % der genutzten Industrieholzmengen können energetisch genutzt werden
[6)] bei Wassergehalt lufttrocken w = 18 %, Heizwert 4,06 kWh/kg, $^{a}$ 2.233 kWh/fm
[7)] bei der Stammholzernte bleiben 19 % als Waldrestholz (Kronenholz etc.) im Bestand zurück
[8)] Energieholzanteil ungenutzte Menge + Energieholzanteil genutzte Menge + Zuschlag Waldrestholz

***Tabelle 3.2.3.2a*** Energieholzpotenzial Laubholz

### 3.2.4 Örtliche Zuordnung der Potenziale mittels Grobkataster

Die Abbildung 3.2.4a zeigt die Energiepotenziale aus Waldholz getrennt nach den Fraktionen Nadel- und Waldholz.
Insgesamt ergibt sich aus den Berechnungen ein Energieholzpotenzial mit einem Energiegehalt von 47.500 MWh/a. Von diesem Potenzial sind etwa 53 % im Stadtgebiet Wuppertal, 23 % in Remscheid und 24 % im Stadtgebiet Solingen zu finden.
Der Anteil des Laubholzes am Gesamtenergiegehalt beträgt 68 %, nur 32 % entfallen auf die Nadelhölzer.
Die derzeitige Nutzung, d. h. der aktuelle Hiebsatz liegt in allen Städten um die 60 % vom max. möglichen Hiebsatz. Lediglich im Stadtgebiet Remscheid wird bereits 75 % des möglichen Hiebsatzes genutzt.

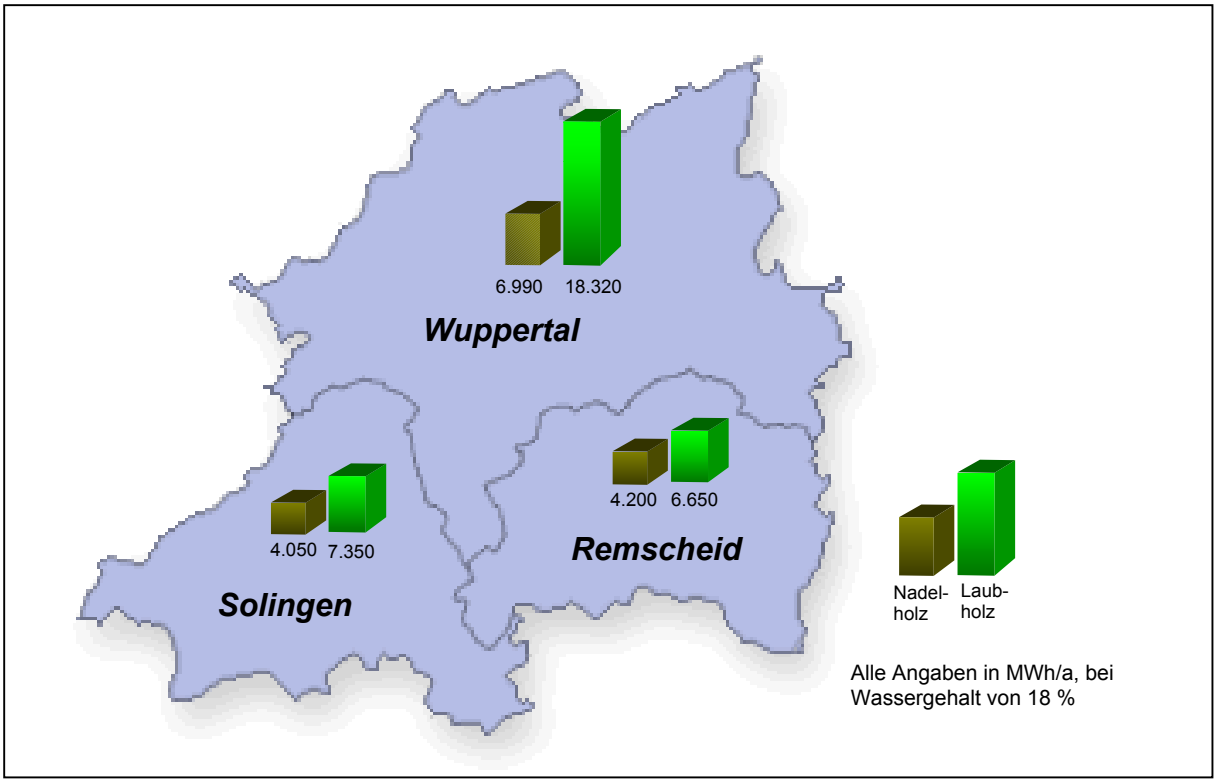



***Abbildung 3.2.4a*** Energiepotenziale aus Waldholz nach Holzfraktionen - Städtevergleich

Die Abbildung 3.2.4b zeigt die Energieholzpotenziale aus Waldholz aufgeschlüsselt, nach Besitzverhältnissen. Insgesamt sind etwa 44 % des Waldes in Privatbesitz, 41 % in kommunaler Hand und 15 % in Staatsbesitz. Auffällig sind die hohen Privatwaldanteile in den Stadtgebieten Wuppertal und Remscheid. Somit kommt den Privatwaldbesitzern, die in den Forstbetriebsgemeinschaften bzw. in anderen Forstverbänden organisiert sind, eine wichtige Rolle zu. Um die Potenziale erschließen zu können müssen die Privatwaldbesitzer (etwa 1.200) mit Hilfe der verschiedenen Organisationen als Kommunikationskanal informiert und mobilisiert werden.
Die kommunalen Waldflächen bieten Potenziale, um damit kommunale Liegenschaften günstig und langfristig mit Brennstoffen zu versorgen.
Der angegebene Energiegehalt entspricht der im Holz gespeicherten Energiemenge. Die verfügbare Nutzenergie (z. B. Raumwärme) ist ein um Transport-, Aufbereitungs- und Umwandlungsverluste reduzierter Anteil.

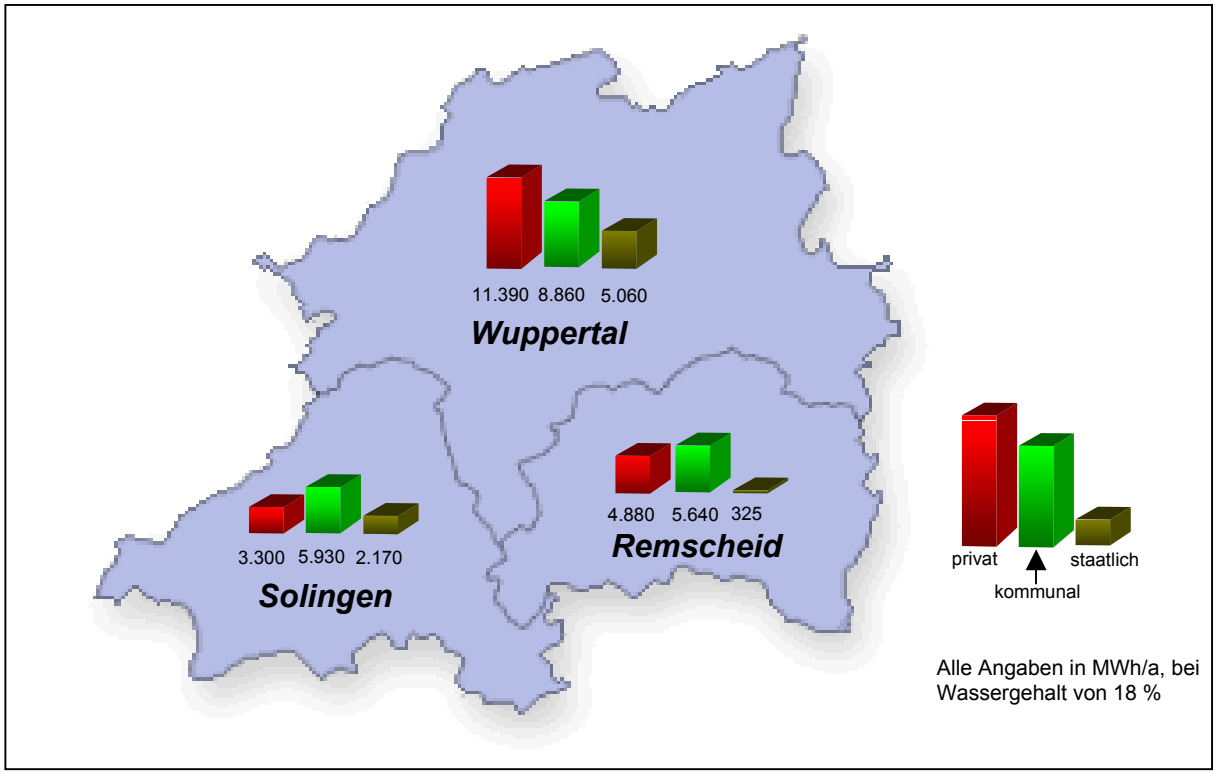



***Abbildung 3.2.4b*** Energiepotenziale aus Waldholz nach Besitzverhältnissen - Städtevergleich

### 3.2.5 Logistische Mindestanforderungen zur Erschließung der Potenziale

Die technischen und organisatorischen Anforderungen zur Erschließung der ungenutzten Potenziale sind in erster Linie abhängig von der gewählten Verfahrenskette zur Ernte und Aufbereitung des Holzes. Die Aufstellung und Optimierung dieser Verfahrenskette ist Aufgabe der Forstwirtschaft. Die einfachste Verfahrenskette für die Bereitstellung von Hackschnitzel ist in Abbildung 3.2.5a dargestellt.

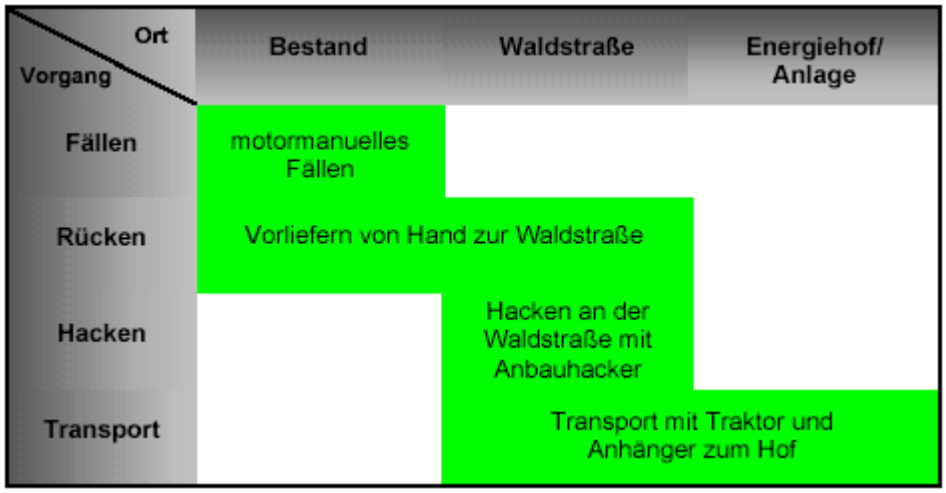



***Abbildung 3.2.5a*** Einfache Verfahrenskette zur Hackschnitzelgewinnung

Logistische Anforderungen an die Verfahrenskette:

Rücken: Das Rücken des Hackgutes erfolgt in dieser Kette manuell. Dieser Arbeitsschritt erfordert eine Arbeitskraft.

Hacken: Das zur Waldstraße gelieferte Holz wird mit einem Anbauhacker gehackt und direkt auf einen Anhänger geladen.

Transport: Ein Traktor mit Anhänger liefert die fertigen Hackschnitzel zum Hof. Je nach Bedarf müssen die Hackschnitzel einer Trocknung zugeführt werden.

Die dargestellte Verfahrenskette lässt sich durch Veränderung des Mechanisierungsgrades vielfach variieren. Aufgrund des hohen Anteils an manuellen Tätigkeiten beim Rücken und Vorliefern ist diese einfachste Form der Hackschnitzel-Bereitstellung im größeren Maßstab, d. h. Schwachholzernte, nicht durchführbar und wirtschaftlich sinnvoll. Sie ist nur im kleineren Maßstab, z.B. für die Eigenversorgung eines kleineren Objektes realisierbar.

Eine weitere Variante zeichnet sich durch einen höheren Mechanisierungsgrad aus. Zusätzlich findet das Hacken des Hackgutes nicht an der Waldstraße sondern am Energiehof bzw. direkt an der zu versorgenden Anlage statt.

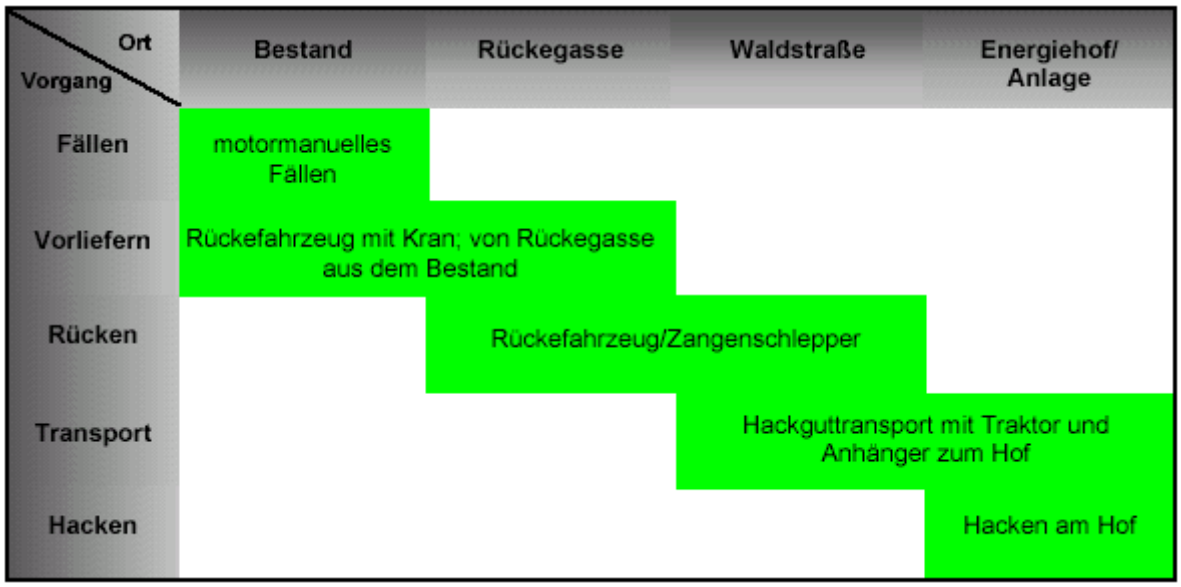



***Abbildung 3.2.5b*** Erweiterte Verfahrenskette zur Hackschnitzelgewinnung

Logistische Anforderungen an die Verfahrenskette:

Vorliefern: Das Vorliefern erfolgt mittels Rückefahrzeug mit Auslegekran. Dieser arbeitetet von der Rückegasse aus. Er liefert mit dem Auslegekran das vorkonzentrierte Holz aus dem Bestand zur Rückegasse. Zur Unterstützung dieses Arbeitsschrittes können auch motorische Seilwinden eingesetzt werden.

Rücken: Das an der Rückegasse liegende Holz wird mit einem Rückefahrzeug/Traktor zur Waldstraße geschleppt.

Transport: Ein Traktor mit Anhänger liefert das Hackgut zum Hof. Die Beladung des Anhängers erfolgt mit einen Anbaukran. Die Ausführung des Hängers ist abhängig vom Hackgut.

Hacken: Das Hacken des Hackgutes erfolgt am Hof. Hierbei kommt ein Anbauhacker oder ein mobiler bzw. stationärer Motorhacker zum Einsatz.

Für die verschiedenen Transportaufgaben innerhalb der Verfahrenskette können diverse Transportmittel verwendet werden. Nachfolgend sind einige der wichtigsten exemplarisch aufgeführt.

- Allzweckanhänger mit Schlepper[3-3]
  max. Füllvolumen: ca. 16 m³
  max. Nutzlast: ca. 14 t

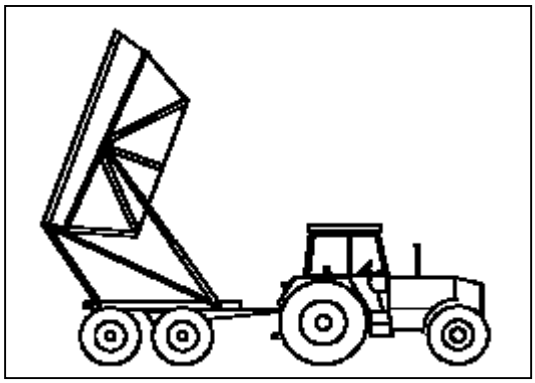
- Zugmaschine mit Wechselcontainer[3-3]
  max. Füllvolumen: ca. 40 m³
  max. Nutzlast: ca. 13 t

- Hochwandanhänger[3-3]
  max. Füllvolumen: 15 bis 30 m³
  max. Nutzlast: 10 bis 20 t

[3-3] Bilder: Hersteller Lindner und Fischer Fahrzeugbau GmbH

- LKW mit Hänger (je Container)[3-4]
  max. Füllvolumen: 45 m³
  max. Nutzlast : 10 t

- Sattelkipper[3-4]
  max. Füllvolumen: 25 bis 57 m³
  max. Nutzlast: 28 bis 28 t



- Hochkipper
  max. Füllvolumen: 14 m³
  max. Nutzlast: 10 t

Spezielle Maschinenringe für Forstwirtschaftliche Maschinen und Geräte sind im Untersuchungsgebiet nicht ansässig. Dagegen gibt es zahlreiche Forstdienstleistungsunternehmen, deren Ausstattung für die Gewinnung der Holzmengen ausreichend ist. Sie arbeiten bereits jetzt für die verschiedenen Forsteinrichtungen.
Landwirtschaftliche Maschinenringe und einzelne landwirtschaftliche Betriebe besitzen Transportfahrzeuge, die auch für den Transport von Hackschnitzel oder Hackgut verwendet werden könnten. Die regionale Landwirtschaft ist im Rheinischen Landwirtschaftsverband e.V. organisiert. Für das Untersuchungsgebiet ist die Kreisbauernschaft Mettmann zuständig. Diese beschäftigt sich seit einiger Zeit mit dem Thema Holzenergienutzung. Sie möchte durch den Aufbau einer Produktions-

[3-4] Bilder: Emil Mann GmbH & Co Kg, Langenbach

und Vertriebslogistik für Holzbrennstoffe eine neue Einkommensquelle für Landwirte aufbauen und sichern. Die Bemühungen konzentrieren sich dabei jedoch nicht nur auf die Nutzung von Holz, sondern auf das breite Feld der Nutzung biogener Energieträger.

Eine Erweiterung der Angebotspalette, z. B. das Herstellen und der Vertrieb von Hackschnitzel, wäre durch geringe Neuinvestitionen möglich.

In Anbetracht des ermittelten Energieholzpotenzials sind bereits wenige Hacker ausreichend, um die Holzmengen entsprechend aufzubereiten.

Die Stundenleistungen von durchschnittlichen Hackern für die Hackschnitzelproduktion liegen zwischen 15-100 Sm³/h. Für die ermittelten Waldholzmengen von ca. 24.000 fm/a (entsprechen ca. 58.000 Sm³) würden zwischen 580 und 3900 Vollbenutzungsstunden benötigt. 590 Stunden Planbeschäftigung lassen sich durchaus erreichen und als eine gute Auslastung bezeichnen. Demnach würden bereits 1 bis 6 Hacker im Untersuchungsgebiet ausreichen, um die Hackschnitzelproduktion sicherzustellen. Primär sollten jedoch die Auslastungen der vorhandenen Hacker verbessert werden, bevor über weitere Neuanschaffungen nachgedacht wird.

Für den Transport der Brennstoffe kann auf den vorhandenen Maschinenpark der Logistikunternehmen und Containerdienste bzw. der Landwirtschaft aus dem Untersuchungsgebiet zurückgegriffen werden. In den drei Städten sind etwa 40 Unternehmen mit Container- und LKW-Zügen für Transportaufgaben ausgerüstet. Unterstützt durch land- und forstwirtschaftlich genutzte Fahrzeuge ließe sich ein Transport- und Umschlag der Brennstoffe problemlos realisieren.

**Vorhandene Logistik im Untersuchungsgebiet**

- Logistikunternehmen
- Containerdienste
- Landwirte mit Fahrzeugpark
- Fahrzeuge der Fortwirtschaft
- Kommunale Fahrzeuge und Maschinen (Grünflächenämter, FA etc.)
- Weitere öffentliche Maschinen (Betriebe Straßen NRW, Autobahnmeisterei etc.)
- Fahrzeuge der öffentlichen und privaten Entsorgungsunternehmen (z.B. AWG)
- Private Unternehmen der Forstdienstleistung (Baumdienste, GaLa etc.)
- Landwirtschaftlicher Maschinenring Rheinland, Kreisbauernschaft Mettmann

**Vorhandene Unternehmen Forstdienstleistungen**

- Forstdienstleistungen Öko-Bau, Remscheid
- Hartkopf, Lindlar (Harvester)
- Forstbetrieb Ritschel, Harvester
- Kohnen, Ratingen (Selbstfahrender Häcksler)
- Forst-Garten Baumdienst Brands, Ratingen (Häcksler)
- Forstbetrieb Weber, Remscheid
- Forstbetrieb Fischbach-Westhofen, Solingen
- Forstbetrieb Isenberg, Wuppertal
- Einloos, Mettmann (Häcksler)
- Firma Kopf, Wuppertal

### 3.2.6 Handlungsempfehlungen für energetische Waldholznutzung

Es zeigt sich, dass aufgrund des hohen Privatwaldanteils ein großer Teil des jährlichen Holzzuwachses ungenutzt bleibt. Schätzungen zeigen, dass nur etwa 1/3 des Holzzuwachses in Privatwäldern geerntet wird. In den kommunal und staatlich genutzten Wäldern ist die Nutzung mit 60% bzw. 80% relativ hoch. Aber auch hier sind noch ungenutzte Potenziale für die energetische Nutzung vorhanden.
Wichtig für die Waldbauern und die Forstwirtschaft ist eine langfristig gesicherte Abnahme der produzierten Brennstoffe zu guten Preisen. Nur so lohnen sich Investitionen, die für die Gewinnung und Aufbereitung von Holz-Brennstoffen notwendig sind. Die Bildung von Maschinenringen oder die Gründung eines Holzenergiehofes können hier unterstützende Maßnahmen sein, da sie eine Bündelung von Aufgaben und eine Kostenverteilung auf mehrere Schultern erreichen.
Im Sinne der Nachhaltigkeit hat die Forstwirtschaft, und auch die Waldbauern mit kleinerem Waldbestand, ein großes Interesse daran, die Bewirtschaftung der Wälder weiterhin zu optimieren und zu verstärken. Dazu gehört vor allem die Durchführung von regelmäßigen Durchforstungsmaßnahmen, die dazu dienen, den Bestand auf die hochwertigen Z(ukunftsbäume)-Bäume zu reduzieren. Nur so kann langfristig die hohe Qualität des Stammholzes sichergestellt werden. Durchforstungsmaßnahmen sind aber sehr kostenintensiv und werden daher häufig von Privatwaldbesitzer nicht durchgeführt.
Weitere Möglichkeiten zur Nutzung von Energieholz liegen in der Verwertung des Waldrestholzes. Dieses verbleibt in aller Regel nach der Stamm- bzw. Schwachholzernte im Bestand. Es genügt nicht den Anforderungen an Industrie- und Papierholz. Eine energetische Nutzung dieser Fraktion bietet sich daher an. Die Kosten für die Gewinnung von Hackschnitzel aus Waldrestholz im größeren Maßstab übersteigen jedoch zur Zeit noch die erreichbaren Erlöse. Hier können in Zukunft verbesserte Erntetechniken und der Einsatz spezieller Maschinen, die den Schlagabraum (Waldrestholz) aufnehmen und bündeln können, für eine verbesserte Nutzung sorgen.
Sinnvoll erscheint daher zur Zeit lediglich die Produktion von Energie-Hackschnitzel aus Schwachholz, welches derzeit ungenutzt bleibt oder zu Grenz- bzw. Negativpreisen an die Holzindustrie vermarktet wird [Siehe Kapitel 4].

## 3.3 Altholz der Kategorie A1

Alt- bzw. Gebrauchtholz fällt überall dort an, wo Holz aus dem Nutzungsprozess ausscheidet. Dies kann bei industriellen Produktionsprozessen (z. B. Holzverarbeitungsreste, Gebäudeabbrüchen, Neubauten, Renovierungen) oder am Ende einer bestimmten stofflichen Nutzung (z.B. Altmöbel, Verpackungsmaterial) der Fall sein. Das jährliche Altholzaufkommen in der BRD beläuft sich auf schätzungsweise 8 Mio. t (Holzfeuchte unbekannt). Nach neuesten Recherchen liegt der verwertete Altholzanfall bei 6,2 bis 6,4 Mio. t jährlich.

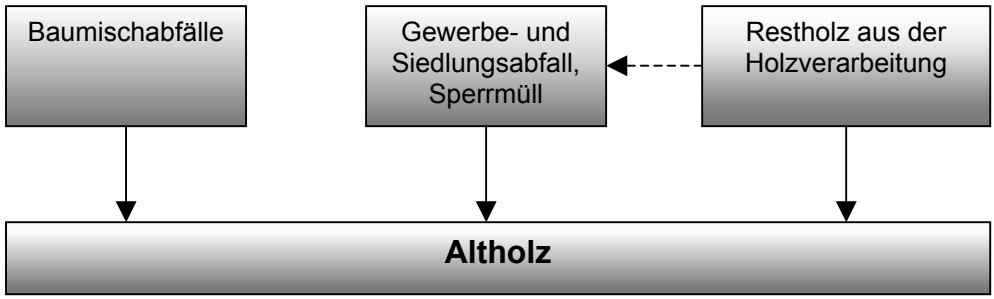



***Abbildung 3.3a*** Altholzaufkommen

Etwa 40 % des jährlichen, bundesweiten Altholzaufkommens wird in Holzwerkstoffbetrieben im In- und Ausland stofflich weiterverwertet. Der überwiegende Teil wird entsprechend den gesetzlichen Vorschriften durch die Verwendung als Sekundärrohstoff oder als Brennstoff entsorgt.
Die Baumisch-, Gewerbe- und Siedlungsabfälle und der Sperrmüll wird von lokalen Entsorgungsbetrieben (kommunale und private) am Entstehungsort abgeholt und einer entsprechenden Aufbereitung bzw. Entsorgung zugeführt. Restholz aus der Holzverarbeitung wird zu großen Teilen direkt an die Holzwerkstoffbetriebe zur stofflichen Weiterverarbeitung (z.B. Spanplattenindustrie) weitergegeben. In einzelnen Fällen findet eine eigene thermische Nutzung der Reststoffe in den Betrieben statt.
Die Abschätzung der Mengen aus dem Bereich der Baumischabfälle und des Gewerbe- und Siedlungsabfalls bzw. Sperrmülls erfolgt in den Kapiteln 3.3.1 bzw. 3.3.2. Die Potenziale aus dem holzverarbeitenden Gewerbe werden in Kapitel 3.3.3 beschrieben.
Zunächst folgen einige Erläuterungen zu den rechtlichen Bestimmungen im Umgang mit Altholz.

- Altholzverordnung – AltholzV

Das Abfallrecht wird in der BRD durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) geregelt. Das Gesetz beschreibt unter dem Begriff der „Kreislaufwirtschaft“ u. a. alle abfallwirtschaftlich relevanten Abfallverwertungsmaßnahmen. Diese sind notwendigerweise sehr allgemein gehalten und benötigen daher für die einzelnen Stoffströme konkretere Regelungen durch untergeordnete Verordnungen und Gesetze. Da Altholz ein bedeutender Stoffstrom in der Abfallwirtschaft darstellt, wurde im August 2002 von der Bundesregierung die *Verordnung über die Entsorgung von Altholz – Altholzverordnung* verabschiedet. Sie tritt im März 2003 in Kraft.
Die Verordnung legt konkrete Anforderungen an die stoffliche und energetische Nutzung und die Beseitigung von Altholz fest. Gleichzeitig werden die Anforderungen mit den Bestimmungen der ebenfalls zu beachtenden Bestimmungen des *Chemikalien- und Gefahrstoffrechts* und den *Vorschriften über die Führung von Verwertungs- und Beseitigungsnachweisen* harmonisiert.
*Definition von Altholz im Sinne der AltholzV:* Industrierestholz als auch zu Abfall gewordene Holzprodukte. Grundsätzlich sind dies z. B. Holz- und Holzwerkstoffreste aus der Holzbe- und verarbeitung sowie Altprodukte wie Möbel, Verpackungen oder Holz aus dem Bauabfallbereich. Voraussetzung ist dabei zum einen, dass im Falle von Verbundstoffen der Holzanteil mehr als 50 Masseprozent beträgt, und zum anderen, dass das Altholz als **Abfall** zu qualifizieren ist. Nicht unter den Anwendungsbereich fällt daher etwa Restholz, das als Koppel- oder Nebenprodukt einzustufen ist (z. B. Späne aus Sägewerken oder Schwachholz aus der Durchforstung).
Die Verordnung erfasst die heute gängigen Verwertungsverfahren für Altholz. Das sind im einzelnen: die Aufbereitung von Altholz zur Herstellung von Holzwerkstoffen, die Herstellung von Aktivkohle/Industrieholzkohle, die Erzeugung von Synthesegas als Chemierohstoff, sowie die energetische Verwertung von Altholz. Einen Vorrang der stofflichen oder energetischen Verwertung trifft die Verordnung nicht, da es keine eindeutigen Vorteile für eine der beiden Verwertungsarten gibt.
Für die energetische Verwertung gilt jedoch die Zulässigkeitsvoraussetzungen des *Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz* (§ 6 Abs. 2) und die Regelungen des *Bundes-Immissionsschutzgesetzes,* sowie die auf seiner Grundlage ergangenen Rechtsverordnungen.
In Abhängigkeit von der Belastung mit Schadstoffen wird das Altholz in fünf Altholzkategorien (A I bis A IV + PCB Altholz) eingeteilt werden. Die Zuordnung zu den Klassen kann statt durch aufwendige Analyseverfahren herkunftsbezogen

erfolgen. Für die gängigen Altholzsortimente enthält die Verordnung eine Regelvermutung, um somit die Einteilung zu erleichtern.
Für die stoffliche Verwertung von Altholz zur Herstellung von Holzwerkstoffen kommt nur schadstofffreies oder –armes Altholz in Frage. Hier werden verbindliche Schadstoffgrenzwerte und Analysemethoden festgeschrieben.
Die Beseitigung von Altholz ist nach *§ 9 Beseitigung von Altholz* nur noch in thermischen Behandlungsanlagen möglich. Eine Deponierung von Altholz kommt demnach nicht mehr in Frage.
Bei den Kontrollen der Einhaltung der AltholzV wird auf eine erhöhte Eigenverantwortung der Betriebe gesetzt, ergänzt um maßvolle Fremdkontrollen. Die Betreiber von Altholzverwertungsanlagen werden dazu verpflichtet, das Altholz den entsprechenden Kategorien zuzuordnen und dies regelmäßig zu kontrollieren. Unterstrichen wird dieses System durch Dokumentations- und Nachweispflichten.
Vergleichbare europäische Regelungen existieren bislang noch nicht, so dass Deutschland mit dieser Verordnung Neuland betritt.

- Altholzkategorien der AltholzV

Die AltholzV unterteilt die Altholzfraktion abhängig vom Belastungsgrad in 5 verschiedene Altholzkategorien.

- *Altholzkategorie A I:* naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde.
- *Altholzkategorie A II:* verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindung in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel.
- *Altholzkategorie A III:* Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel.
- *Altholzkategorie A IV:* mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz.
- *PCB Altholz:* Altholz, das PCB im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung ist und nach deren Vorschriften zu entsorgen ist, insbesondere Dämm- und Schallschutzplatten die mit Mitteln behandelt wurden, die polychlorierte Biphenyle enthalten.

Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich in ihrer Potenzialabschätzung auf die Altholzmengen der Kategorie A I. In der nachfolgenden Tabelle 3.3.2a wird die Zuordnung der Altholzsortimente im Regelfall (nach AltholzV) auf diese Kategorie dargestellt.

| **Altholzsortimente** | | **Zuordnung im Regelfall** | **Abfallschlüssel** |
|---|---|---|---|
| Holzabfälle aus der Holzbe- und Verarbeitung | Verschnitt, Abschnitte, Späne von naturbelassenem Vollholz | A I | 03 01 05 |
| Verpackungen | Paletten aus Vollholz wie z.B. Europaletten, Industriepaletten aus Vollholz | A I | 15 01 03 |
| | Transportkisten, Verschläge aus Vollholz | A I | 15 01 03 |
| | Obst-, Gemüse- und Zierpflanzenkisten sowie ähnliche Kisten aus Vollholz | AI | 15 01 03 |
| | Kabeltrommeln aus Vollholz (Herstellung nach 1989) | A I | 15 01 03 |
| Altholz aus Baubereich | Baustellensortimente, naturbelassenes Vollholz | A I | 17 02 01 |
| Möbel | Möbel aus naturbelassenem Vollholz | A I | 20 01 38 |

***Tabelle 3.3a*** Altholzzuordnung A I im Regelfall
Quelle: Altholzverordnung, Bundesanzeiger

Die Potenzialabschätzung bezieht sich in ihrem Umfang auf die genannten Altholzsortimente. Dabei sind die Mengen die sich aus der Holzbe- und verarbeitung ergeben besonders interessant. Die weiteren Fraktionen sind in ihrem Umfang nicht bedeutend. Hier ist es nur im konkreten Einzelfall sinnvoll genauere Betrachtungen anzustellen (z. B. Palettenhersteller).

In den folgenden Kapiteln erfolgt eine Abschätzung dieser Potenziale unter Berücksichtigung der vorhandenen Daten, die mittels Befragung der entsprechenden Unternehmen gesammelt wurden.

### 3.3.1 Alt- bzw. Gebrauchtholzaufbereitung im Untersuchungsgebiet

In Nordrhein-Westfalen existieren derzeit etwa 700 Aufbereitungsanlagen für die Behandlung verschiedenster Abfallstoffe. 23 Anlagen sind speziell für die Sortierung, Aufbereitung und Behandlung von Holzabfällen zuständig. Diese Anlagen haben eine Gesamtkapazität von 1,2 Mio. t/a. Im Jahr 1998 lag der Jahresdurchsatz bei etwa 190.000 t, was lediglich einer Auslastung von ca. 20 % entspricht. Ein flächendeckendes Netz von Altholzaufbereitungsanlagen besteht in NRW noch nicht. Die Abbildung 3.3.1a zeigt die typischen Verfahrensschritte bei der Altholzaufbereitung.

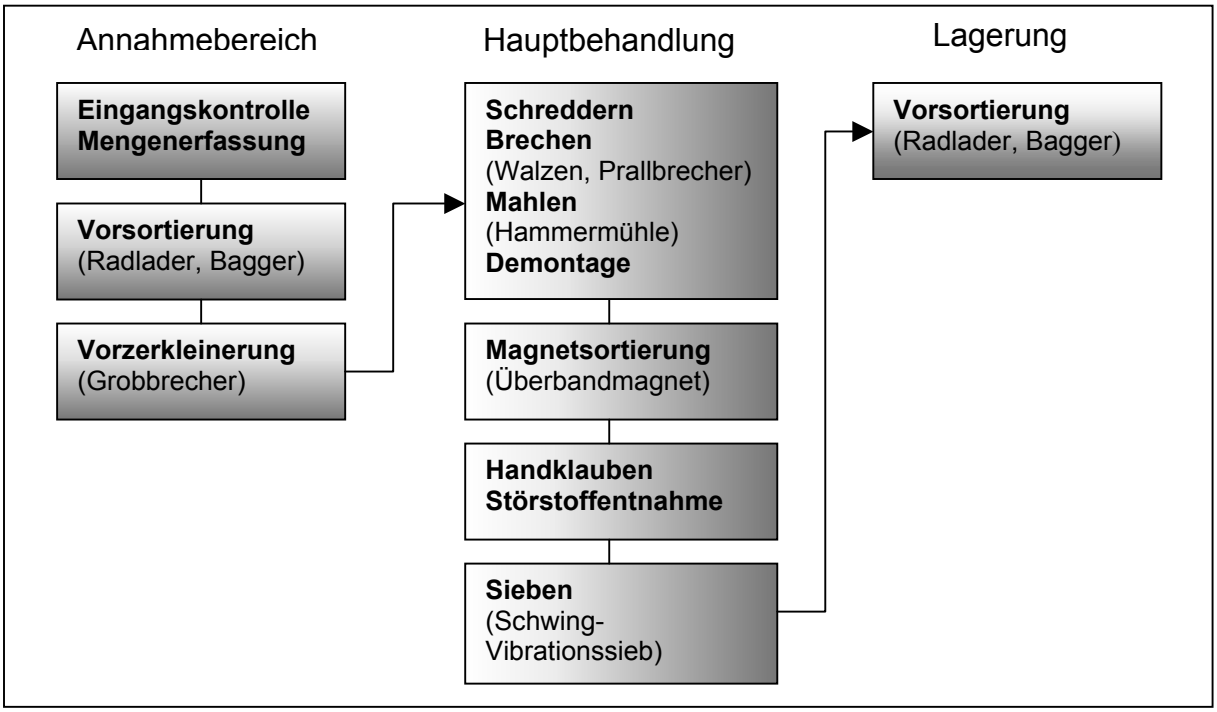



***Abbildung 3.3.1a*** Typische Verfahrenschritte bei der Altholzaufbereitung

Erst nach sorgfältiger Aufbereitung durch Störstoffaussortierung und Zerkleinerung zu Hackschnitzel oder Spänen, ist eine energetische oder stoffliche Weiternutzung des Altholzes möglich. Bei der stofflicher Wiederverwertung werden an den Ausgangsstoff höhere Anforderungen bezüglich Reinheit, Größe, Kontamination etc. gestellt. Für behandelte Hölzer kommen daher oft nur thermische Verwertungsvarianten in Frage. So können z. B. in der Zementindustrie auch mit Holzschutzmittel belastete Althölzer eingesetzt werden. Hier werden bei der Zementproduktion Prozesstemperaturen von bis zu 2000 °C benötigt.

Im Untersuchungsgebiet und in dessen Umland findet an mehreren Orten die Aufbereitung und Sortierung bzw. Entsorgung von Altholz statt.
Die Karte zeigt die Aufbereitungsstellen und Müllheizkraftwerke in einem Umkreis von 40 km.

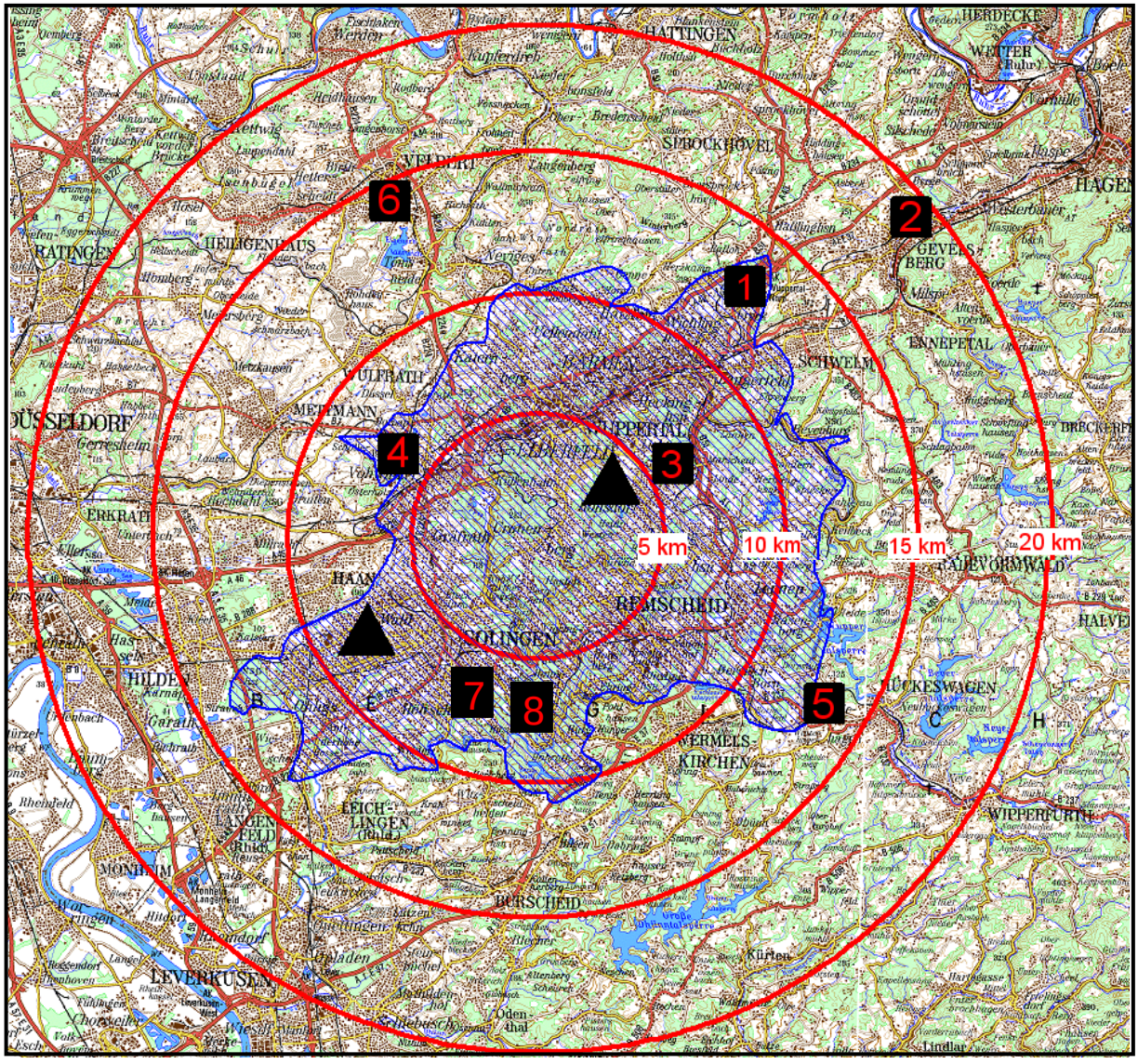



***Abbildung 3.3.1b*** Altholzaufbereitung im Untersuchungsgebiet

Nachfolgend sind die einzelnen Aufbereitungs- und Verwertungsanlagen mit den wichtigsten Kenndaten aufgeführt.

| | | |
|---|---|---|
| Anlage ❶ | *Bezeichnung:* | Holzaufbereitungsanlage Wuppertal |
| | *Betreiber:* | ISD Interseroh GmbH |
| | *Anschrift:* | Uhlenbruch 6<br>42279 Wuppertal<br>Tel. (02 02) 74 792 –0 |
| | *Beschreibung:* | In der Anlage wird das angelieferte Altholz nach einer maschinellen Vorsortierung mittels eines Radladers mit einem Schredder zerkleinert. |
| | *Durchsatz:* | 3000 - 4000 t/Monat |
| | *Verwendung:* | Geschreddertes Material geht zu 100 % in die Spanplattenindustrie. Einzugsbereich NRW. |
| Anlage ❷ | *Bezeichnung:* | Altholz- und Altreifenaufbereitung Gevelsberg |
| | *Betreiber:* | IMCOMATEX Benckert GmbH |
| | *Anschrift:* | Hagener Str. 79<br>58285 Gevelsberg<br>Tel. (0 23 32) 18 36 |
| | *Beschreibung:* | In einem Annahmebereich werden die Holzsortimente vorsortiert und dann einem Schredder zur Zerkleinerung zugeführt. |
| | *Kapazität:* | 6.000 t/a |
| | *Durchsatz:* | 1.000 t im Jahr 1999 |
| Anlage ❸ | *Bezeichnung:* | Sortieranlage Fa. Rethmann Wuppertal |
| | *Betreiber:* | Fa. Rethmann |
| | *Anschrift:* | Otto-Hahn-Str. 65<br>42369 Wuppertal<br>Tel. (02 02) 62 00 00 |
| | *Beschreibung:* | In der Anlage werden Sperrmüll, Baumischabfälle, Verpackungsabfälle und Altpapier in verschiedene Fraktionen getrennt. |
| | *Durchsatz:* | 100 t Holz-Output im Jahr 1997 |

| | | |
|---|---|---|
| Anlage ❹ | *Bezeichnung:* | Sperrmüllsortier- und Elektronikschrottaufbereitung |
| | *Betreiber:* | Fa. GESA |
| | *Anschrift:* | Essener Str. 59<br>42285 Wuppertal<br>Tel. (02 02) 79 963 19 |
| | *Beschreibung:* | In der Anlage wir Sperrmüll in verschiedene Fraktionen getrennt. |
| | *Kapazität:* | 6.400 t/a |
| | *Durchsatz:* | 2.484 t Holz Output im Jahr 2002 |
| | *Anteile:* | 6 % A1, 47 % A2, stofflichen Nutzung |
| Anlage ❺ | *Bezeichnung:* | Abfallsortieranlage Hückeswagen |
| | *Betreiber:* | Fa. Adolphs GmbH |
| | *Anschrift:* | Industriestr. 18<br>42499 Hückeswagen<br>Tel. (0 21 92) 92 220 |
| | *Beschreibung:* | In der Anlage werden Grünabfälle, Sperrmüll, Holz und Altpapier in verschiedene Fraktionen getrennt und von Störstoffen befreit. |
| | *Kapazität:* | 25.000 t/a |
| | *Durchsatz:* | 2.920 t Holz Output im Jahr 1999 |
| Anlage ❻ | *Bezeichnung:* | Abfallsortierung Velbert |
| | *Betreiber:* | Fa. H + R Recycling |
| | *Anschrift:* | Zeiss Straße 5<br>42551 Velbert<br>Tel. (0 20 51) 20 880 |
| | *Beschreibung:* | In der Anlage werden gewerbliche Abfälle vorsortiert und dann einer Vorbehandlung zerkleinert. |
| | *Kapazität:* | 22.000 t/a |
| | *Durchsatz:* | 4.146 t Holz Output im Jahr 2000 |
| Anlage ❼ | *Bezeichnung:* | k. A. |
| | *Betreiber:* | Fa. Scalabrin |
| | *Anschrift:* | Martinstr. 34<br>42655 Solingen<br>Tel. (02 12) 222 55-11 |
| | *Durchsatz:* | k. A. |

| | | |
|---|---|---|
| Anlage ❽ | *Bezeichnung:* | Sortieranlage Fa. WMD Böckmann |
| | *Betreiber:* | WMD Böckmann |
| | *Anschrift:* | Tersteegenstr. 21a |
| | | 42655 Solingen |
| | | Tel. (02 12) 25 804-0 |
| | *Durchsatz:* | Holzsortierung mit 1.490 t Output im Jahr 2000, Sortierung auch von Gewerbe- und Baustellenabfall |
| Anlage▲ | *Bezeichnung:* | MHKW Wuppertal |
| | *Betreiber:* | Abfallwirtschaftsgesellschaft Wuppertal |
| | *Anschrift:* | Korzert 15 |
| | | 42349 Wuppertal |
| | | Tel. (02 02) 40 42-0 |
| | *Kapazität:* | 360.000 t/a |
| | *Durchsatz:* | 1.426 t Holzabfälle im Jahr 2002 |
| Anlage▲ | *Bezeichnung:* | MHKW Solingen |
| | *Betreiber:* | Entsorgungsbetriebe Solingen |
| | *Anschrift:* | Sandstraße 16 a |
| | | 42653 Solingen |
| | | Tel. (02 12) 2 59 10 25 |
| | *Kapazität:* | 105.000 t/a |
| | *Durchsatz:* | 1.340 t Holzabfälle im Jahr 1999 |

Um die Sammlung, den Transport, die Verwertung und Entsorgung der diversen Abfallfraktionen kümmern sich im Untersuchungsgebiet die folgenden kommunalen Unternehmen:

- *Stadtgebiet Remscheid*

Remscheider Entsorgungsbetriebe
Nordstraße 48
42853 Remscheid
Tel.: (0 21 91) 16 - 23 15
Fax: (0 21 91) 16 - 32 82

Die Remscheider Entsorgungsbetriebe unterhalten einen Sammel- und Wertstoffhof auf dem angelieferte Reststoffe, u. a. Altholz, nach Fraktionen und Güte sortiert und weiterverwertet werden.

Remscheider Entsorgungsbetriebe
Deponie/Wertstoffhof Solinger Straße
Tel.: (0 21 91) 16 - 33 57

Auf dem Wertstoffhof „Solinger Straße“ wurden im Jahr 2001 ca. 799 t Altholz gesammelt. Das Altholz besteht aus Sperrholz und sonstigen Bauholzabfällen. Dabei werden lediglich Hölzer der Kategorie größer A 3 aussortiert und getrennt entsorgt. Eine weitere Trennung nach Kategorien ist aus Kostengründen und unter Berücksichtigung der Mengen nicht sinnvoll. Die Entsorgung des Altholzes erfolgt durch ein externes Entsorgungsunternehmen.
Grünschnitt und Gartenabfälle von Remscheider Bürgern können an einer stationären oder mobilen Sammelstation abgegeben werden. Im Jahr 2001 wurden hier 1.921 t Grünabfälle eingesammelt und einer externen Kompostierung zu geführt. Das Aufkommen an Grünschnitt und Grünabfälle aus den kommunalen Liegenschaften (Parks, Grünflächen, Straßenpflege) lässt sich nicht quantitativ bewerten, da diese Mengen häufig an den jeweiligen Entstehungsorten kompostiert werden. Erschwerend kommt hinzu, dass immer mehr Aufgaben von externen Unternehmen durchgeführt werden und somit eine genaue Erfassung und Verwertung nicht mehr möglich ist.

- *Stadtgebiet Solingen*

Entsorgungsbetriebe Solingen
Verwaltungsgebäude A
Dültgenstaler Straße 61
42719 Solingen-Wald
Tel. (02 12) 290 4200
Fax: (02 12) 290 4521

Die Entsorgungsbetriebe Solingen unterhalten eine eigene Mulch- und Kompostieranlage in der Garten- und sonstige Grünabfälle aufbereitet werden.

Mulch- und Kompostieranlage
Focher Straße 165
42719 Solingen-Wald
Tel. (02 12) 290 4389
Fax. (02 12) 230 8070

Für die Entsorgung der Abfälle betreiben die Solinger Entsorgungsbetriebe ein eigenes Müllheizkraftwerk, eine eigene Deponie und einen Wertstoffhof:

Müllheizkraftwerk
Sandstraße 16 a
42655 Solingen
Ortsteil Solingen-Mitte
Tel. (02 12) 290 83101
Fax: (02 12) 83-111

Deponie „Bärenloch“ und Werkstoffhof
Cronenberger Str.
42651 Solingen
Fax. (02 12) 2 54 12 71
Gesammelte Holzmenge: 1260 t/a. Holz geht dann an Recyclingunternehmen.

- *Stadtgebiet Wuppertal*

Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH
Korzert 15
42349 Wuppertal
Tel. (02 02) 40 42 - 0

Die Abfallwirtschaftsgesellschaft AWG kümmert sich im Stadtgebiet Wuppertal um die fachgerechte Entsorgung und Verwertung von Reststoffen und Abfällen. Dazu betriebt sie das Müllheizkraftwerk Wuppertal in dem bis zu 360.000 t/a Reststoffe thermisch verwertet werden können.

Der Geschäftsbereich Müllabfuhr betreibt zusätzlich 3 Recyclinghöfe die u. a. Grünschnitt und holzartige Bauschuttabfälle annehmen.

Recyclinghof Korzert
Korzerter Straße
Tel: 0202/4042-360

Recyclinghof Giebel
Giebel 30
Tel: 0202/4042-365

Recyclinghof Badische Straße
Badische Straße 70-72
Tel: 0202/4042-370

**Sammelmengen der AWG (für das Jahr 2002):**

| | |
|---|---|
| Bioabfälle | 2.703 t |
| Grünschnitt von den Recyclinghöfen | 4.542 t |
| Strauch- und Astwerk | 385 t |
| Tannenbäume | 202 t |
| Sperrgut | 21.044 t |

Weitere zahlreiche private Entsorgungsunternehmen sind für spezielle Entsorgungsaufgaben oder im Auftrag der genannten Unternehmen im Untersuchungsgebiet tätig. Der Schwerpunkt dieser privaten Unternehmen liegt in der Einsammlung und Logistik der Reststoffe. Im Untersuchungsgebiet sind ca. 50 Unternehmen als Containerdienst oder Entsorgungsbetrieb tätig.
Neben diesen Unternehmen agieren weitere externe Großunternehmen und Gesellschaften wie die *AGR Abfallentsorgungsgesellschaft Ruhrgebiet mbH* und die *Entsorgungsgesellschaft Berg. Region mbH* in den untersuchten Städten.

### 3.3.2 Abschätzung der Energieholzpotenziale mittels Abfalldaten

Die Abfallbilanz der drei Kommunen im Untersuchungsgebiet ist für das Jahr 2000 in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Betrachtet werden dabei nur die Sperrmüll- und Altholzmengen. Teile der Sperrmüllfraktion sind dabei dem Altholz zuzuordnen.

| **Auszüge aus der Abfallbilanz 2000** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Stadt** | **Fraktion** | **Gesamt** | **davon verwertet** | **thermisch beseitigt** |
| ***Remscheid*** | Sperrmüll | 4.203 t | 38 t | 4.165 |
| | Altholz | 874 t | 874 t | 0 t |
| ***Solingen*** | Sperrmüll | 4.989 t | 1.067 | 3.922 t |
| | Altholz | 461 t | 451 t | 10 t |
| ***Wuppertal*** | Sperrmüll | 23.520 t | 582 t | 22.938 t |
| | Altholz | 0 t | 0 t | 0 t |
| ***Gesamt*** | *Sperrmüll* | *32.712 t* | *1.687* | *31.025 t* |
| | *Altholz* | *1.335 t* | *1.325 t* | *10 t* |

***Tabelle 3.3.2a*** Auszüge aus der Abfallbilanz 2000
Quelle: [MUNLV00]

| **Altholz aus Aufbereitungs- und Sortieranlagen** | |
|---|---|
| Holzaufbereitungsanlage Wuppertal<br>*Betreiber:* ISD Interseroh GmbH | 36.000 t/a |
| Abfallsortieranlage Hückeswagen<br>*Betreiber:* Fa. Adolphs GmbH | 3.000 t/a |
| Altholz- und Altreifenaufbereitung Gevelsberg<br>*Betreiber:* IMCOMATEX Benckert GmbH | 1.000 t/a |
| Sortieranlage Fa. Rethmann Wuppertal<br>*Betreiber:* Fa. Rethmann | 100 t/a |
| Sperrmüllsortier- und Elektronikschrottaufbereitung<br>Betreiber: Fa. GESA | 2.500 t/a |
| Abfallsortierung Velbert<br>*Betreiber:* Fa. H + R Recycling | 4.200 t/a |
| Sortierung und Verwertung<br>*Betreiber:* Fa. Scalabrin | k. A. t/a |
| Sortieranlage Fa. WMD Böckmann<br>Betreiber: Fa. Böckmann | 1.500 t/a |
| ***Gesamtaufkommen*** | ***48.300t/a*** |

***Tabelle 3.3.2b*** Altholz aus Aufbereitungs- und Sortieranlagen

In den aufgeführten Anlagen werden Sperrmüll und Bauschuttabfälle gesammelt, sortiert und teilweise zu höherwertigen Produkten aufgewertet. Die anfallenden Mengen werden grob nach Qualitäten sortiert. Hochbelastete Hölzer (Kategorie IV und PCB-Holz) werden aussortiert und getrennt entsorgt. Die aufbereiteten Holzmengen gehen als Rohstoff in die Spanplattenindustrie oder werden als Brennstoff für Heizkraftwerke weitervermarktet. Eine genauere Trennung der einzelnen Kategorien der AltholzV ist vielen Unternehmen derzeit zu aufwendig und kostenintensiv. Daher wird bei der Sortierung davon ausgegangen, dass die minderwertigste Kategorie (hier AIII) auch als Einstufung für alle höherwertigen Fraktionen (AI und AII) gilt, d. h. AI- und AII-Holz wird wie AIII-Holz behandelt.
Der Einzugsbereich einiger Unternehmen beschränkt sich nicht ausschließlich auf das Untersuchungsgebiet. Besonders die großen Anlagen verwerten Altholz aus dem gesamten NRW-Landesgebiet um eine optimale, maximale Auslastung der Betriebsteile zu gewährleisten. Aus den vorliegenden Zahlenmaterial lassen sich Abschätzungen zu den Mengen von Altholz der Kategorie A1 nur sehr schwer treffen, da eine eindeutige Trennung in den meisten Fällen bisher nicht erfolgt.
Aus den geführten Gesprächen mit den Anlagenbetreibern und aus allgemeinen Erfahrungswerten wird geschlussfolgert, dass nur etwa 8 % der Menge der Kategorie A1 zugeordnet werden kann.
Aus diesen Erfahrungen und Angaben ergeben sich die nachfolgenden Gesamtmengen an Altholz aus Abfällen.

| **Altholzmengen aus Abfall** | |
|---|---|
| Abfallbilanz Sperrmül[1)]:<br>davon bereits thermisch verwertet:<br>Abfallbilanz Altholz:<br>davon bereits thermisch verwertet: | 32.712 t/a<br>31.025 t/a<br>1.335 t/a<br>10 t/a |
| aus Aufbereitung- und Sortierung<br>(derzeit stofflich und thermisch genutzt) | 48.300 t/a |
| ***Gesamt*** | 49.635 t/a |
| davon 8% Kategorie A1 | 3.970 t/a |
| ***durchschnittlicher Energiegehalt***[2)] | ***15.880 MWh/a*** |

[1)] davon 35% Altholz
[2)] bei w=20% und Annahme: 4 kWh/kg

***Tabelle 3.3.2c*** Altholzmengen aus Abfall

Zusätzlich zu den Mengen, die aus den Siedlungs- und Bauabfällen resultieren, fällt Altholz in großen Mengen in den Betrieben des holzverarbeitenden Gewerbes an.
Die Abschätzung und Ermittlung dieser Mengen erfolgt im nächsten Kapitel 3.3.3.

### 3.3.3 Altholz aus dem holzverarbeitenden Gewerbe

- Struktur des holzverarbeitenden Gewerbes im Untersuchungsgebiet

Die holzverarbeitenden Industrieunternehmen im Untersuchungsgebiet sind in der Industrie- und Handelskammer Wuppertal-Solingen-Remscheid organisiert. Die Interessensvertretung der kleineren und mittleren Handwerksunternehmen (Tischlereien, Zimmereien) übernehmen die Handwerkskammern, in denen die Innungen der verschiedenen Berufsgruppen zusammengefasst sind.
Die Abbildung 3.3.3a zeigt die Organisationsstruktur des holzverarbeitenden Gewerbes in der Region Remscheid – Solingen – Wuppertal.

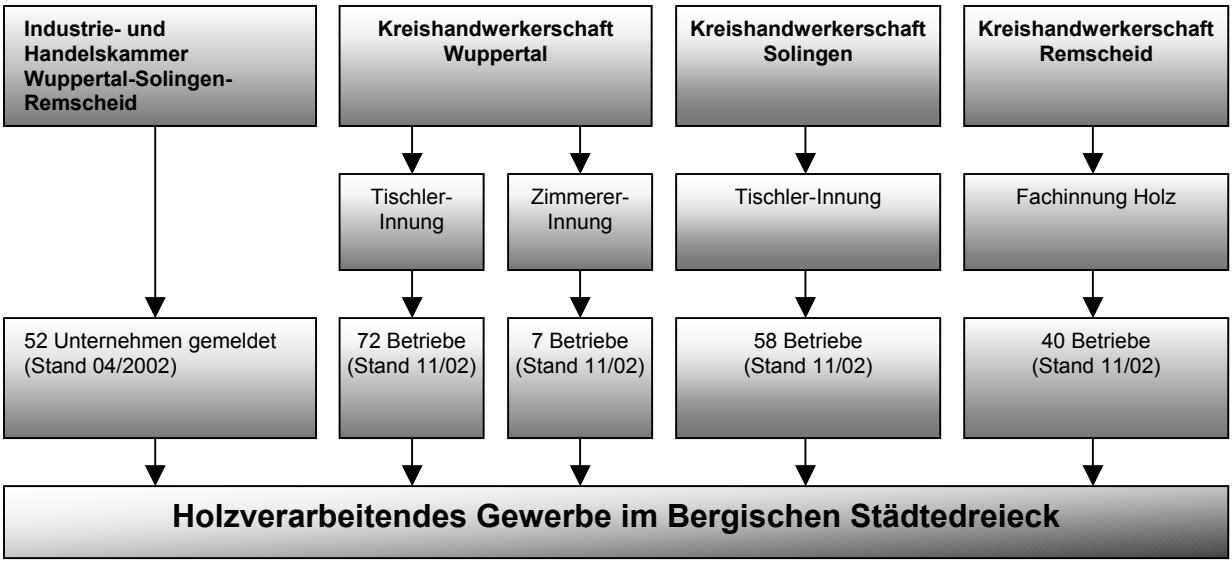



***Abbildung 3.3.3a*** Struktur der Holzverarbeitung im Untersuchungsgebiet

- Abschätzung der Altholzmengen

In den holzverarbeitenden Betrieben der Region fallen bei diversen Arbeitsschritten Restholzmengen an. Abhängig von der Art der Bearbeitung des Holzrohstoffes fallen die Reste in verschiedenen Fraktionen an.

a) Säge- und Hobelspäne
b) Hackschnitzel
c) kleines Stückholz (Sägereste)
d) großes Stückholz

Zur Ermittlung der vorhandenen Mengen und Potenziale wurden die im Untersuchungsgebiet ansässigen Betriebe mit Hilfe eines Fragebogens (siehe Anhang 10c) schriftlich befragt.

Im Zuge dieser Befragung wurde um Angaben über die anfallenden Restholzmengen von unbehandeltem und behandeltem Holz gebeten. Darüber hinaus sollten Angaben über die derzeitigen Entsorgungswege und über die vorhandenen Lagerungskapazitäten gemacht werden.
Aus den gewonnenen Angaben lassen sich folgende Annahmen ableiten.

a) bei der Mehrzahl der Betriebe überwiegen die Mengen von behandeltem Restholz (Altholz A II, z. B. beschichtete Spanplatten, Faserplatten. Sperrholz)
b) viele der Betriebe betreiben eine eigene Holzfeuerung, in der die Resthölzer energetisch genutzt werden.
c) die behandelten Resthölzer werden über Entsorgungsbetriebe kostenpflichtig entsorgt.
d) der überwiegende Teil der Resthölzer sind nicht der Kategorie A1 zuzuordnen. Das Verhältnis liegt etwa bei 2:1.
e) Das Restholz fällt überwiegend als Säge- und Hobelspäne und als kleineres Stückholz an.

***Abschätzung aus Befragung:***

- In den kleineren Betrieben der Holzverarbeitung, d.h. kleine Tischlereien, Schreinereien und Zimmereibetriebe, fallen im Durchschnitt jährlich 2 t unbehandeltes Restholz an. Etwa 2/3 davon sind Sägespäne, 1/3 kleineres Stückholz. Die Mengen sind nicht ausreichend um eine eigene Feuerungsanlage mit ausreichend Brennstoff zu versorgen.
- Angaben zur Potenzialen aus der holzverarbeitenden Industrie können aufgrund der fehlenden Daten nicht eindeutig getroffen werden. Die Betriebe sind in vielen Fällen nicht bereit ihre Zahlen offen zulegen. Genaue Zahlen liegen nur von 3 Betrieben vor. Dabei liegen die Mengen bei 30, 40 t und 250 t unbehandeltem Altholz pro Jahr. Besonders große Mengen Altholz aus den Werken von *Bilstein Paletten* und OKS Verpackungen (*Kalkum)* werden bereits energetisch genutzt.

Aus den gewonnen Daten und Erkenntnissen lassen sich folgende Ableitungen über die Holzpotenziale herstellen.

| **Restholzmengen (A1) aus der Holzverarbeitung** | | | |
|---|---|---|---|
| | ***Anzahl*** | ***Jahresmenge*** | ***Gesamtmenge [t/a]*** |
| kleine Betriebe | 177 | 1-4 t | 177-708 |
| holzverarbeitende Industrie | 52 | 30-250 t | 1.560 – 13.000 |
| ***Gesamt*** | | | ***1.737 - 13.708 t/a*** |
| ***durchschnittlicher Energiegehalt[1)]*** | | | ***6.948 – 54.832 MWh/a*** |

[1)] bei Annahme: 4 kWh/kg

***Tabelle 3.3.3a*** Restholz aus der Holzverarbeitung

### *3.3.3.1 Beispiele für die energetische Nutzung von Alt- und Restholz*

- Firma Holtwick, Solingen

Die Tischlerei Holtwick aus Solingen betreibt ein neues Heizsystem mit dem die anfallenden Holzreste energetisch verwertet werden können. Zur Anlage gehört ein Hacker zum zerkleinern der anfallenden Holzreste und ein Vorratsbunker zur Lagerung. Die moderne Heiztechnik ermöglicht auch das Verfeuern von Spanplatten und sonstigen Resthölzern der Kategorie A2.

- Firma Bilstein, Wuppertal

Die *Firma Bilstein Paletten* ist ein mittelständisches Unternehmen im Bereich der Herstellung, Vermietung und Reparatur von Holzpaletten. Zum Angebot des Unternehmens gehören neben den genormten Europaletten auch Sonder- und Einwegpaletten. Das Unternehmen stellt die verschiedenen Produkte an drei Standorten in NRW her. Zwei davon liegen im Untersuchungsgebiet (Wuppertal und Remscheid). Neben der Herstellung der Produkte vermietet *Bilstein* Europaletten an Industrie- und Gewerbeunternehmen. Neben diesen Leistungen gehört auch die Reparatur von beschädigten Paletten zum Leistungsangebot. Neben dem Herstellungsprozess fallen hier Restholzmengen für die energetische Nutzung an.
Das Unternehmen betreibt seit einiger Zeit eine eigene thermische Verwertung der anfallenden Resthölzer. Dazu ist derzeit ein 1,1 MW Kessel in Betrieb, die Errichtung eines weiteren 1 MW Kessels ist in Planung. Mit der erzeugten Wärme werden die eigenen Betriebsgebäude und Betriebsabläufe versorgt. In Zukunft sollen auch umliegende Gewerbeunternehmen über ein Nahwärmenetz an die Wärmeversorgung angeschlossen. Für einen optimalen Betrieb der Anlagen werden weitere Restholzmengen gesucht, da die eigenen Mengen nicht ausreichen.

- Firma Kirschbaum, Wuppertal
- Firma Münter, Wuppertal
- Firma OKS Verpackungen, Otto Kalkum & Söhne KG, Solingen

Das Unternehmen entwickelt und produziert Verpackungen für verschiedenste Branchen der Industrie. Dazu zählen Paletten, Exportverpackungen und Industriekisten aus Holz. Die anfallenden unbehandelten Restholzmengen werden seit kurzer Zeit in einer eigenen Holzheizung mit einer Leistung von 400 kW verfeuert. Jährlich fallen bei den unterschiedlichsten Produktions- und Reparaturschritten 250 t unbehandeltes Altholz A I an.

### 3.3.4 Logistische Mindestanforderungen zur Erschließung der Potenziale

Die notwendige Logistik zur Erschließung der vorhandenen Alt- und Restholz-Potenziale aus dem Untersuchungsgebiet ist grundsätzlich vorhanden. Der überwiegende Teil der Rest- und Altholzmengen wird bereits über verschiedenste Transportwege verteilt. Bei einer energetischen Nutzung müssten die existierenden Stoffströme somit nur umgelenkt werden.
Die Herstellung von Hackschnitzel aus Altholz unterscheidet sich von der Waldholzhackschnitzelproduktion. Herkömmliche Scheibenradhacker kommen dabei nicht zum Einsatz, da diese mögliche anorganische Fremdstoffe (z. B. Metallreste) im Altholz nicht tolerieren. Die Aufbereitung erfolgt daher überwiegend mit Brecher- und Schredderanlagen. Das Material wird dabei im Brecher vorzerkleinert, durchläuft dann einen Magnetabscheider zum Aussortieren der Metallteile und wird anschließend in einem Schredder zu Hackschnitzel entsprechender Größe weiterverarbeitet. In Abhängigkeit der aufbereiteten Altholzkategorien A I – A IV sind entsprechende Lärm- und Staubemissionsminderungsmaßnahmen zu treffen. Zusätzlich sind boden- und wasserschutzrechtliche Vorschriften bei der Lagerung der Altholzsortimente zu beachten.
Die im Untersuchungsgebiet ansässigen Altholzverwerter und -aufbereiter sind im Besitz der notwendigen Aufbereitungsanlagen. Die Logistik kann von den lokalen Transportunternehmen übernommen werden.
Entscheidend ist die Einbindung aller an der Altholznutzung beteiligten Akteure. Dazu zählen vor allem die kommunalen und privaten Entsorgungsunternehmen.
Der Handel mit Altholz ist nicht auf den regionalen Markt konzentriert. Große Mengen werden überregional gehandelt.

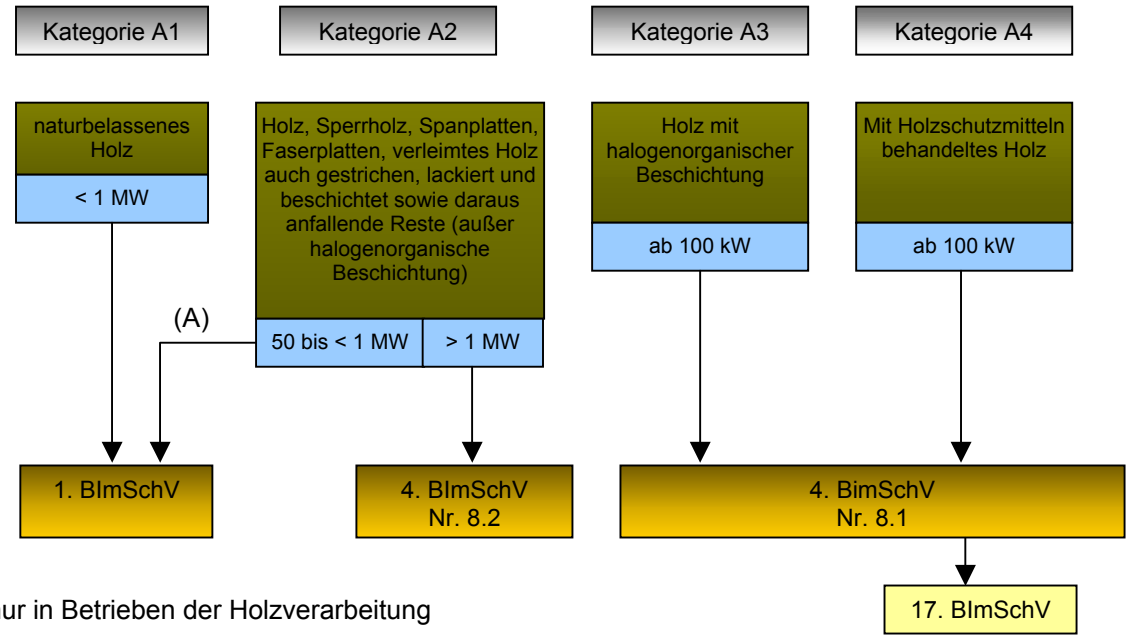
**Vorhandene Logistik im Untersuchungsgebiet**[3-5]

- Logistikunternehmen
- Containerdienste
- Fahrzeuge der öffentlichen und privaten Entsorgungsunternehmen
- Fahrzeuge des holzverarbeitenden Gewerbes

[3-5] siehe Anhang 10f

### 3.3.5 Handlungsempfehlungen zur energetischen Altholznutzung

Die nachfolgende Abbildung 3.3.5a zeigt die anzuwendenden Immissionsschutzverordnungen für die energetische Nutzung der verschiedenen Altholzsortimente. Holzbearbeitende Betriebe haben danach die Möglichkeit Althölzer der Kategorie A II energetisch in Anlagen < 1MW zu verwerten. Dabei sind diese Anlagen nach 1.BImSchV nicht genehmigungspflichtig. Die Kategorie A II sollte dabei bei einer weiteren Forcierung des Energieträgers Holz im Untersuchungsgebiet eine Rolle spielen.




(A) nur in Betrieben der Holzverarbeitung

***Abbildung 3.3.5a*** Möglichkeiten der energetischen Altholznutzung

Unter der Annahme, dass es sich bei dem vorhandenen Alt- und Restholz um einen Mix aus verschiedenen Holzsorten handelt, ergeben sich aus den abgeschätzten Mengen ein Energiegehalt von 23.000 bis 70.000 MWh/a.

Ein großer Teil des unbehandelten Restholzes aus der Holzverarbeitung wird bereits in kleinen Anlagen energetisch genutzt. Da jedoch die Verbrennung von Sägespäne in vielen Anlagen nicht möglich ist, haben viele kleine Unternehmen Interesse an der Vermarktung dieser Reste. Ansonsten findet besonders diese hochwertige Fraktion des Restholzes genügend Abnahmenmöglichkeiten in der stofflichen Weiterverwertung.
Die Errichtung weniger Anlagen zur energetischen Verwertung würde ausreichen um die vorhandenen Mengen im Untersuchungsgebiet auszuschöpfen.

Vorhandene Anlagen (z. B. Fa. Bilstein) wären in der Lage weitere Restholzmengen aufzunehmen. Die energetische Nutzung der Resthölzer ist derzeit also eher ein logistisches Problem, als ein Problem der mangelnden Anlagenkapazität.
Da die Restholzmengen aus den holzverarbeitenden Betrieben (z. B. Tischlereien) jeweils kleine Teilmengen sind, ist ein Zusammenschluss dieser Betriebe zu empfehlen. Der so entstandene Restholzpool bietet Möglichkeiten einer energetischen Nutzung in einem sinnvollen Maßstab. Dabei kann auch an eine Weitervermarktung an ein externes Heizwerk nachgedacht werden.
Die vorhandenen Alt- und Restholzmengen sind aufgrund der großen Anzahl von geplanten und realisierten Heiz(kraft)werk-Projekten in Deutschland sehr stark nachgefragt. Da die Kosten für Altholzsortimente weit unter den Preisen für Waldholz liegen, lassen sich Heizwerke mit Altholz weitaus wirtschaftlicher bzw. *nur* mit Altholz wirtschaftlich betreiben.
Neben der energetischen Nutzung kommt für Alt- und Restholz jedoch immer noch primär eine stoffliche Weiterverwertung in Frage.
Aufgrund der großen Nachfrage zur stofflichen und energetischen Weiterverwertung sind die vorhandenen Altholzmengen von ca. 8 Mio. t/a in Deutschland größtenteils verplant. In Zukunft ist daher mit einem Anstieg der Altholzpreise zu rechnen. Von einer Fokussierung auf die vorhandenen Altholzmengen ist daher abzuraten.

## 3.4 Sägewerksrestholz

### 3.4.1 Struktur der Sägewerksindustrie im Untersuchungsgebiet

Die Anzahl der Sägewerke zur Verarbeitung von Stammholz aus der Forstwirtschaft ist im Untersuchungsgebiet sehr gering. Im den Stadtgebieten Remscheid, Solingen und Wuppertal ist lediglich 1 Unternehmen dieser Branche tätig.
Auch im direkten Umkreis des Untersuchungsgebietes befinden sich nur wenige entsprechende Unternehmen. Der überwiegende Teil des Stammholzes aus der Region wird an Sägewerke in den umliegenden Regionen, im übrigen Bundesgebiet oder ins europäische Ausland geliefert.

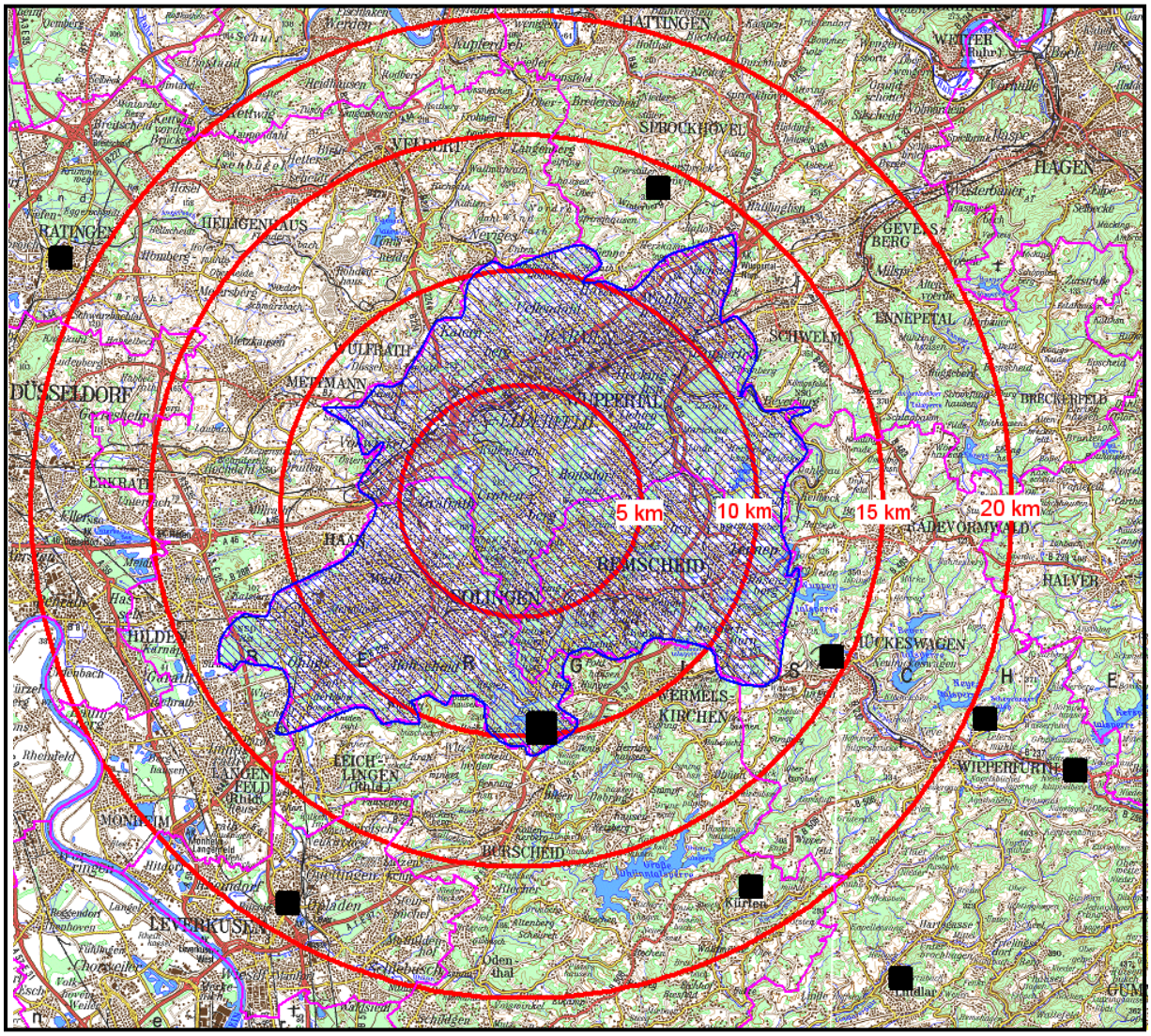



***Abbildung 3.4.1a*** Sägewerke in der Region

Die meisten Unternehmen besitzen einen Einzugradius zur Rohholzbeschaffung von bis zu 150 km. Die verarbeiteten Rohholzmengen liegen zwischen 20.000 fm/a und 40.000 fm/a. Verarbeitungsmenge und Einzugradius sind u.a. abhängig von besonderen Naturereignissen, wie z.B. Sturmereignissen oder Schneewurf.

Hauptprodukte der Sägewerke sind Bau- und Industrieschnittholz und Verpackungsholz. Dazu werden in erster Linie Nadelhölzer verarbeitet.

Folgende Sägewerke sind im Untersuchungsgebiet bzw. im Umkreis des Untersuchungsgebietes ansässig.

| **Ansässige Sägewerke** | |
|---|---|
| Bördgen Holzproduktion & -handel<br>Ober-Habbach<br>51789 Lindlar | Firma Lenninghausen<br>Krautweg 6<br>51515 Kürten-Neuensaal |
| Messerschmidt & Hausberger<br>Niederklüppelberg 2<br>51688 Wipperfürth | Sägewerk Uwe Stricker<br>Höhrath-Angerscheid 13<br>42659 Solingen |
| Firma Zeppenfeld GmbH<br>Wiehagener Str. 118<br>42499 Hückeswagen | Sägewerk Lemmermöhle<br>Im Kirberg 31<br>51377 Leverkusen |
| Firma Brands<br>Essener Str. 55<br>40885 Ratingen | Firma Baumgartner<br>Altbossel 8<br>45549 Sprockhövel |
| Gustav Fleischer<br>Brückenweg 41<br>42929 Wermelskirchen | |

***Tabelle 3.4.1a*** Anschriften der ansässigen Sägewerke

Mit Hilfe eines Fragebogens wurde versucht, die notwendigen Daten und Zahlen der Sägewerksindustrie zu ermitteln. Von den befragten Unternehmen waren nicht alle bereit, die benötigten Zahlen vorzulegen. Die nachfolgenden Abschätzungen der Sägerestholzpotenziale erfolgt daher auf den vorliegenden Zahlen in Verbindung mit Durchschnittswerten aus der allgemeinen bundesdeutschen Sägewerksindustrie.

### 3.4.2 Anfallende Sägerestholzmengen

Die optimale Ausbeute, d.h. das Verhältnis vom Volumen des Nutzholz-Produkts und des Gesamtvolumens des Rohholzstammes, liegt bei modernen Anlagen bei 65 bis 70 %. Dabei kommen häufig rechnergestützte Systeme zum Einsatz, die die optimalen Produktdimensionen bestimmen. Mit traditionellen Techniken liegt die Ausbeute im Bereich von 45 bis 50 %.

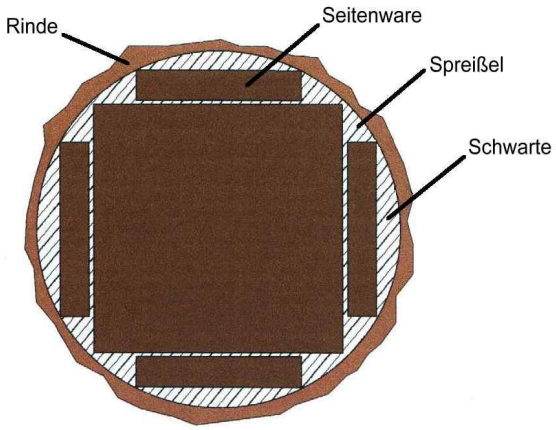



***Abbildung 3.4.2a*** Ausbeute bei der Stammholznutzung

Bei den untersuchten Sägewerken fallen etwa 32 % der eingesetzten Rohholzmasse nach dem Bearbeitungsprozess als Restholz an. Dieses fällt in verschiedenen Formen und Qualitäten an.

*a) Rinde:* Die Rinde ist die äußere Schutzschicht des Baumes. Chemischer Unterschied zwischen Rinde und Holz: weniger Cellulose und Holzpolyosen; mehr Lignin; wesentlich mehr nebensächliche Bestandteile.
Dieser unterschiedliche chemische Aufbau führt in der Regel dazu, dass die gemeinsame Verarbeitung von Holz und Rinde nicht günstig ist. Außerdem ist die Rinde häufig stark verschmutzt, was zu hohen Schmutzanteilen in den Endprodukten führt bzw. die Standzeiten der Bearbeitungswerkzeuge sehr verringert.
Aufgrund des Verschmutzungsgrad und der hohen Feuchte der Rinde werden bei einer energetischen Nutzung hohe Anforderungen an die Verbrennungstechnik gestellt (z.B. hohe Brennraumtemperaturen). Für die stoffliche Nutzung kommt Rinde im Bereich der Spanplattenherstellung in Frage. Die Nutzung als Zellstoff ist dagegen ausgeschlossen.

R*indenverwertung:*

- bei Zellstoff- und Holzschlifferzeugung ist eine Verwendung der Rinde unerwünscht
- bei Sulfatzellstoffherstellung zwar möglich, führt aber zu höheren Chemikalienverbrauch und zu geringerer Produktivität.
- bei der Spanplattenerzeugung ist die Verarbeitung von Holz mit Rinde möglich
- Rindenverbrennung zur Energiegewinnung Heizwert mit Wassergehalt 40 bis 50 % etwa 2,3 kWh/ kg
- Pyrolyse der Rinde zur Gasherstellung
- Plattenwerkstoffe aus Rinde mit gutem Quellverhalten und günstiger Wärmedämmung
- Rindenmulch mit Einsatz im Garten- und Landschaftsbau, darunter ist zerkleinerte und teilweise fraktionierte rohe Rinde ohne Zusätze zu verstehen, die nicht kompostiert ist --»Vorteile: keimungshemmend, Schutz vor Austrocknung, temperaturausgleichend. Außerdem gibt es noch Rindenhumus (aufbereitete gemahlene Rinde) und Rindenkultursubstrate (fertige Pflanzerden).

*b) Hackschnitzel:* Sägewerke, die bereits entrindetes Stammholz verarbeiten, liefern Hackschnitzel höchster Qualität, da diese nicht durch Rindenholz verunreinigt sind. Schwarten und Spreißel werden in einigen Betrieben direkt zu Hackschnitzel aufbereitet. Das Profilzerspanen vereinigt die Prozesse des Sägens und des Zerkleiners in einem Arbeitsschritt. Dadurch werden direkt Hackschnitzel erzeugt.

*c) Schwarten/Spreißel:* Diese fallen je nach Sägeprozess in Länge des gesamten Stammes an. Abhängig vom Anlieferungszustand des Stammholzes mit oder ohne Rinde. Werden die Schwarten und Spreißel nicht direkt zu Hackschnitzel verarbeitet, werden sie zu Bündeln von 4-6m Länge und üblicherweise 80 cm Durchmesser verpackt.

*d) Kappholz:* Zu Beginn des Sägeprozesses wird am dickeren unteren Ende des Stammes ein Stück abgetrennt. Daraus ergibt sich das sog. Kappholz als massives, zum Teil unentrindetes Stück. Für eine energetische Nutzung muss das Holz in Zerspanern zerkleinert werden.

*e) Späne:* Etwa 1/3 der gesamten Restholzmenge sind Späne die beim Sägen anfallen. Sie werden in Vorratsbehältern gesammelt und anschließend einer stofflichen Nutzung (z.B. Spanplatten) zugeführt. Eine thermische Nutzung kommt nur dann in Frage, wenn sie eine kostengünstige Alternative darstellt. Dafür werden die Späne zur Holzpellets oder –briketts verarbeitet.

| **Sägerestholzmengen** | | |
|---|---|---|
| **Fraktion** | **Mengen**[1)] | |
| Rohholz | 140.000 | [fm/a] |
| Rohholz | 56.000 | [t/a] |
| Restholz | 19.600 | [t/a] |
| *davon:* | | |
| Späne & Sägemehl | 6.470 | [t/a] |
| Schwarten/Spreißel/Hackschnitzel | 9.210 | [t/a] |
| Rinde | 2.240 | [t/a] |
| Kappholz | 1.680 | [t/a] |

[1)] alle Angaben bei Wassergehalt lutro w = 20%, 1fm= 0,4 t

***Tabelle 3.4.2a*** Sägerestholzmengen im Untersuchungsgebiet

Von den verarbeitenden Rohholzmengen werden im Schnitt nur 65 % zu Holzendprodukten aufgearbeitet. Das anfallende Restholz verteilt sich auf die verschiedenen Fraktionen, wobei die Sägespäne etwa ein Drittel des Restholzes ausmachen. Der Rindenanteil wird mit etwa 4 % und der Kappholzanteil mit 3 % vom Restholzaufkommen berechnet. Die Herstellung der Hackschnitzel erfolgt überwiegend mit Hackern aus den Schwarten und Spreißeln die beim Sägeprozess oder beim Besäumen anfallen.
Beim Vorgang des Profilzerspanens fallen die Hackschnitzel direkt bei der Fertigung des Holzendproduktes an. Bei diesem Verfahren werden die Seitenwaren abgefräst, wobei Kanthölzer und Hackschnitzel entstehen. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass keine Sägespäne anfallen, dafür jedoch ca. 50% Hackschnitzel, die sich jedoch gut weiter vermarkten bzw. verarbeiten lassen.
Da in den Betrieben überwiegend Nadelhölzer (Fichtenholz) verarbeitet wird, kann man weitere Berechnungen zu den entsprechenden Energiegehalten mit Werten für diese Holzart anstellen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die anfallenden Holzmengen durch Trocknung auf den Zustand „Lufttrocken“ gebracht werden. Unter diesen Umständen ergeben sich bei einem spezifischen Energiegehalt von 4 kWh/kg (bei Fichtenholz) abzgl. der Rindenanteile ein Gesamtenergiegehalt von ca. 63.000 MWh/a.

Aus den angenommenen Restholzmengen könnten folgende Fraktionen Energieholz hergestellt werden.

| **Energieholzfraktionen Sägewerksrestholz** | | |
|---|---|---|
| ***Fraktion*** | ***Menge*** | ***Energie*** |
| Rohholz | 56.000 t/a | |
| Pellets<br>aus Sägespäne und -mehl | 5.900 t/a | 29.500 MWh/a |
| Hackschnitzel<br>aus Kappholz, Schwarten, Spreißel | 36.800 Sm³/a | 29.000 MWh/a |
| Rinden | 2.240 t/a | 4.480 MWh/a |
| ***Gesamt*** | | ***62.980 MWh/a*** |

***Tabelle 3.4.2b*** Energieholzfraktionen Sägewerksrestholz

Die Abbildung 3.4.2b zeigt das Einschnittvolumen der Sägewerke in NRW aufgeteilt nach Regierungsbezirken. Der Reg. Bez. Düsseldorf hat mit einem Volumen von rund 60 Tsd. m² den geringsten Anteil am Gesamteinschnitt. Da das Untersuchungsgebiet im Südosten an die Regierungsbezirke Arnsberg und Köln grenzt ergeben sich jedoch weitere Potenzialmöglichkeiten.

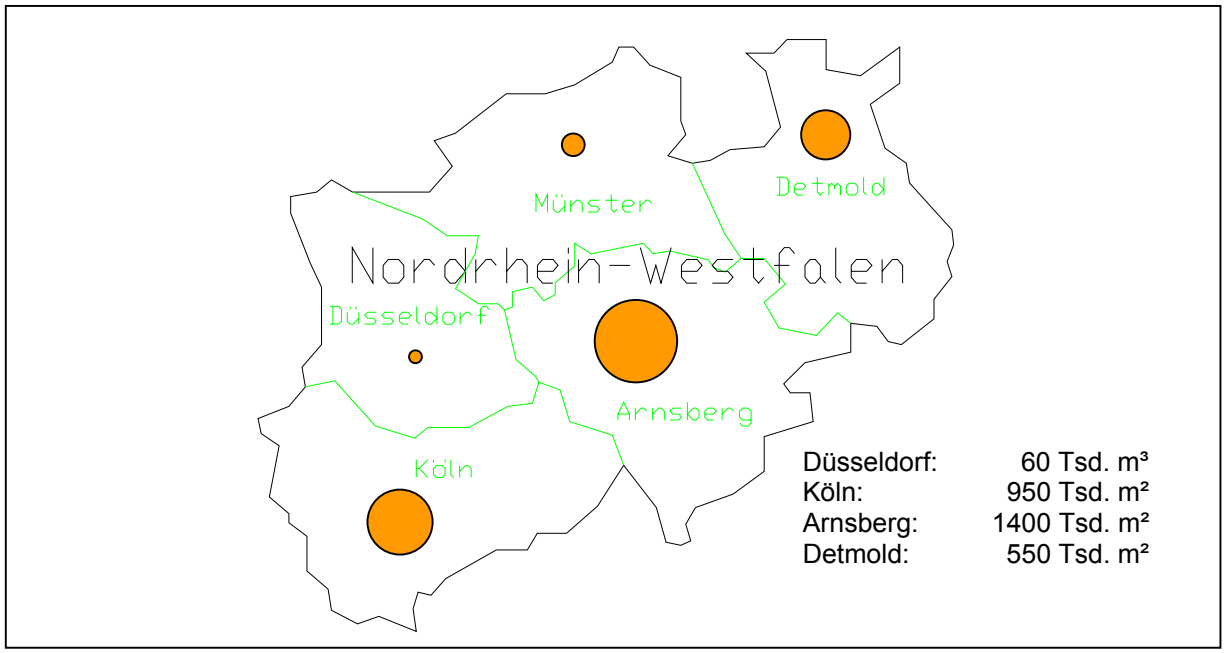



***Abbildung 3.4.2b*** Einschnittvolumen der Sägewerke nach Regierungsbezirken NRW
Quelle: [SdHo02]

### 3.4.3 Verwendung und Entsorgung der Sägereste

Der überwiegende Teil des Sägewerksrestholzes geht direkt in die Holzwerkstoffindustrie oder in den Handel. Hochwertige Hackschnitzelsortimente aus Nadelholz gehen in die Holzschliff- und Zellstoffindustrie. Nur etwa 0,5 % des Restholzes wird bereits an Energieunternehmen zur energetischen Nutzung geliefert. Sägespäne gehen zu Teilen als Einstreu in die Landwirtschaft. Da die Lagerkapazitäten der großen Sägewerke auf ca. 1 Tag beschränkt sind, ist eine kontinuierliche und sichere Entsorgung zwingend notwendig, um einen reibungslosen Betrieb des Sägewerkes gewährleisten zu können.
Trotz der funktionierenden Entsorgung ist die Sägewerksindustrie an alternativen Absatzmöglichkeiten für die anfallenden Restholzmengen interessiert. Ein Grund sind die schwankenden Preise für Restholz, die von der weiterverarbeitenden Industrie gezahlt werden. Eine Vermarktung der Reste zu stabilen, kalkulierbaren Preisen würde den Sägewerksbetreiber unabhängiger machen.
Die folgende Tabelle zeigt Richtpreise zu denen die Resthölzer derzeit an die holzverarbeitende Industrie oder sonstige Verwertern verkauft werden. Leider waren die wenigsten der untersuchten Betriebe bereit, ihre Verkaufspreise offen zu legen. Die angegebenen Werte sind daher als Richtwerte zu verstehen, mit denen sich ein zukünftiger Preis für Energieholz messen lassen muss. Exakte Preise lassen sich aus saisonalen Gründen und aufgrund der hohen Preisdynamik, die auf Sonderereignisse reagiert, nicht angeben.

| **Preise für Sägewerksrestholz** | | |
|---|---|---|
| ***Fraktion*** | ***Preis (Spanne)*** | ***Einheit*** |
| Späne | 3 bis 6 | €/m³ |
| Hackschnitzel | 20 bis 30 | €/t |
| Kappholz | 18 bis 22 | €/t |
| Rinde | 2 bis 3 | €/t |
| Großbünde | 25 bis 30 | €/t |

***Tabelle 3.4.3a*** Preise für Sägewerksrestholz

### 3.4.4 Logistische Mindestanforderungen zur Erschließung der Potenziale

Die notwendige Logistik zur Entsorgung der Sägewerksnebenprodukte ist bereits vorhanden. Die existierenden Stoffströme müssten lediglich umgelenkt werden. Aufgrund der geringen Lagerkapazitäten der Sägewerke müsste die benötigte Brennstoffmenge der Heizwerke den anfallenden Mengen entsprechen (Just-in-time mit kleinem Pufferspeicher) bzw. müssten an den Heizwerken ausreichende Lagerkapazitäten geschaffen werden.
Grundsätzlich werden für den Transport von Sägenebenprodukten folgende Fahrzeuge benötigt:

- Gebläsezüge für die Absaugung von Hobel- und Sägespänen aus Bunkern und Silos
- Kranzüge für Schwarten und Industrieholz
- Abrollcontainer-Fahrzeuge für die mittelgroßen Sägewerke, Rinden-, Kappholz- und Brennstofftransporte.
- Walking-Floor Sattelzüge für die Entsorgung der Großsägewerke, Hackgut- und Spänetransporte.

Aufgrund der relativ großen Transportentfernung zu möglichen Heizwerken im Untersuchungsgebiet, ist eine sorgfältige Kalkulation mit den entstehenden Brennstoffpreisen notwendig.

## 3.5 Landschaftspflegeholz

Unter dem Begriff Landschaftspflegeholz (LPH) versteht man Holz aus Pflegearbeiten und Baumschnittaktivitäten in der Land- und Gartenbauwirtschaft oder aus sonstigen landschaftspflegerischen oder gärtnerischen Tätigkeiten. Landschaftspflegeholz ist der holzartige Teil des Landschaftspflegematerials zu dem u.a. auch halmartige Biomasse gehört. Diese Fraktion fällt an unterschiedlichen Orten an, die ausschlaggebend für folgende begriffliche Differenzierungen sind.

- *Straßenbegleitholz.* Zur Instandhaltung des Straßennetzes gehört die regelmäßig durchgeführte Straßenrandpflege: das Mähen der Straßenbegrünung und das Beschneiden des Straßenbegleitbewuchses der häufig aus Bäumen oder Sträuchern besteht. Die Arbeiten können manuell oder maschinell durchgeführt werden. In vielen Fällen wird das geschnittene Holz an Ort und Stelle gehäckselt und verbleibt dann am Straßenrand oder es wird gesammelt und an Grüngutsammelplätzen zusammengetragen. Hier wird es kompostiert und steht dann als Bodenverbesserer zur Verfügung. Teilweise wird es im Rahmen der kommunalen Müllentsorgung in Müllverbrennungsanlagen verbrannt und somit als Energieträger genutzt. Flächenspezifisch betrachtet ist das Aufkommen von Straßenbegleitholz gering. Im Zuge des Ausbaus des Verkehrsnetzes hat man in den letzten Jahrzehnten verstärkt auf eine Begrünung der Verkehrswege gesetzt, so dass mittlerweile ein beachtenswertes Potenzial an Biomasse vorhanden ist.
  Für die Nutzung dieses Potenzials ist sowohl die bestehende gute Infrastruktur und Logistik von Vorteil.
  Der flächenspezifische Anfall von Straßenbegleitholz ist erheblichen Variationen unterworfen. Die durchschnittlichen spezifischen Aufkommen können der Tabelle 3.5a entnommen werden. Der durchschnittliche Anfall ist dabei im Wesentlichen von der Bepflanzungsdichte und der Grünstreifenbreite abhängig.

| **Aufkommen von Frischmasse an** | | |
|---|---|---|
| Gemeindestraßen | Bundes-, Land-, Kreisstraßen | Bundesautobahnen |
| 1 t/(km a) | 3 t/(km a) | 4 t/(km a) |

***Tabelle 3.5a*** Durchschnittliches Aufkommen von Straßenbegleitholz
Quelle: [KaHa01]

- *Gehölze in der freien Landschaft*. LPH fällt auch bei der Pflege von Feld- oder Windschutzhecken, Gebüschen oder Gehölzwuchses in Schutzgebieten an. Ein kleiner Teil dieses Aufkommens wird derzeit bei der Biotoppflege von Naturschutzbehörden, Naturschutzverbänden oder von Landwirten geschnitten.

Häufig werden diese Pflegemaßnahmen jedoch nicht durchgeführt, so dass die Biomasse in diesem Fall ungenutzt bleibt. Dabei wäre es in den meisten Fällen aus ökologischen Gründen sinnvoll, die Bestände in regelmäßigen Abständen auf den Stock (komplettes zurückschneiden) zu setzen. Genauere Angaben zum flächenspezifischen Aufkommen gibt es nicht. Diese müssen im Einzelfall ermittelt und beurteilt werden.

- *Baumschnitt aus Parks, Anlagen und Friedhöfen.* Auch hier fallen erhebliche Mengen an holzartiger und anderer Biomasse an. Meistens wird das Material kompostiert und als Bodenverbesserer genutzt oder es wird kostenlos an Privatpersonen zur eigenen, energetischen Nutzung abgegeben. Sogar der Einsatz in Müllverbrennungsanlagen ist denkbar. Da die Vielfalt der Baumarten sehr groß ist, lassen sich über die genaue Zusammensetzung und die Eigenschaften der Biomasse keine genauen Aussagen treffen. Die Menge ist ebenso schwer zu beziffern. Es lassen sich nur im Einzelfall genaue Aussagen treffen.
- *Baumschnitt aus Obstplantagen, Streuobstwiesen, Rebflächen u.ä.* Aus diesem Bereich stammen ebenfalls große Mengen holzartiger Biomasse. Diese Fraktion ist für die Region des Berg. Städtedreiecks nicht von Bedeutung.
- *Schwemmholz.* Durch natürliche Einträge kann Holz in die Fließgewässer gelangen. Dieses *Schwemmholz* wird dann in den Rechenanlagen wasserbaulicher Einrichtungen abgeschieden (z.B. an Wasserkraftwerken, Schleusen) und muss anschließend einer Verwertung zugeführt werden. In seiner Zusammensetzung ist *Schwemmholz* besser in die Kategorie Altholz einzustufen, da häufig noch Fremdstoffe mit abgeschieden werden. Eine energetische Nutzung ist naheliegend und wird häufig praktiziert.

Aufgrund der Heterogenität der Landschaftspflegeholzfraktion ist die energetische Nutzung des Holzes häufig mit Problemen verbunden. Durch Verunreinigungen mit weiteren Landschaftspflegematerialien (z. B. durch Grünschnitt, Blattwerk, Pflanzenreste etc.) werden an die Verbrennungstechnik erhöhte Anforderungen gestellt. Voraussetzung für eine energetische Nutzung ist somit eine möglichst große Homogenität und eine Trocknung des Brennstoffes. Die Verbrennungstechnik muss speziell auf die vorhandene Brennstoffqualität ausgelegt sein.

Die Herkunft des Landschaftspflegeholzes im Untersuchungsgebiet ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

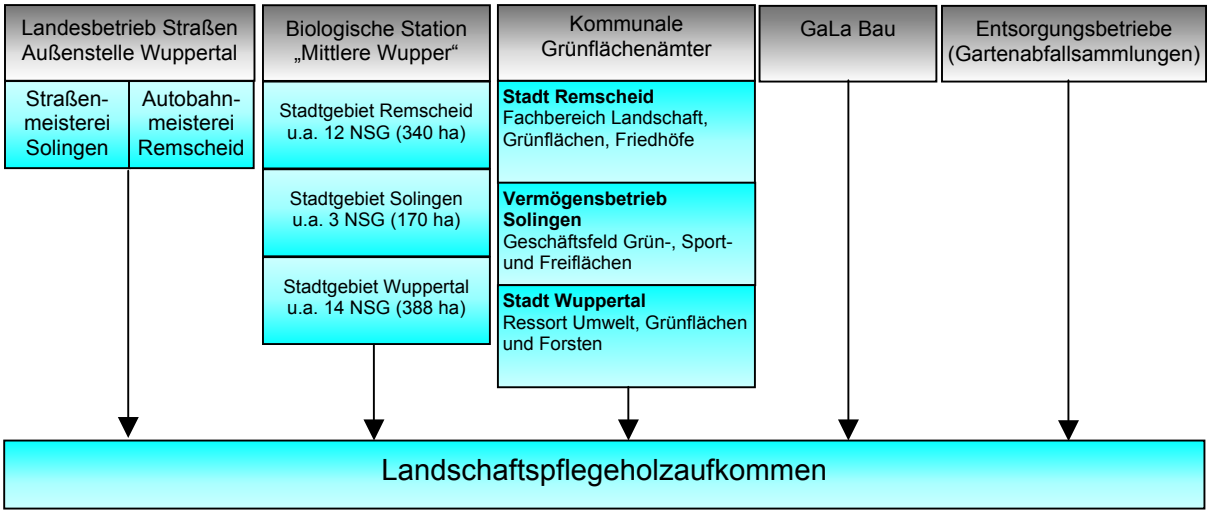



***Abbildung 3.5a*** Aufkommen von Landschaftspflegeholz im Untersuchungsgebiet

- *Straßenmeisterei Solingen*

Die Straßenmeisterei ist zuständig für die Pflege und Unterhaltung der Landes- und Bundesstraßen. Für die Grünpflege kommen u. a. 2 Anbauhacker zum Einsatz. Das Pflegematerial wird a) gehäckselt und im Bestand verteilt, b) Kleinmaterial bleibt unbehandelt im Bestand, c) Material wird gehäckselt und Kompostierung zugeführt oder d) Material wird in MHKW einer thermischen Verwertung zugeführt.

- *Autobahnmeisterei Remscheid*

Die Autobahnmeisterei ist für die Pflege und Unterhaltung von 66 km Bundesautobahn zuständig. Die Pflege der Grünstreifen wird maschinell mit Auslegeschneidern und fahrbaren Hackern oder manuell durchgeführt. Ein Großteil der Mengen wird am Straßenbahnrand gehäckselt und zeitgleich im Bestand verblasen. Größeres Material wird gehäckselt und einer Kompostierung der Fa. Küpper in Gummersbach zugeführt. Genaue Angaben über die Stoffströme und Mengen lassen sich von Seiten der Autobahnmeisterei nicht angeben. Nachfolgende Zahlen basieren auf dem durchschnittlichen Aufkommen an Autobahnen.

| | | |
|---|---|---|
| **jährliches Aufkommen** | ca. 264 | **[t/a]** |

- *Biologische Station „Mittlere Wupper“*

Die jährlich anfallenden Mengen sind marginal. Das Material bleibt aus ökologischen Gründen zum größten Teil im Bestand.

- *Stadt Remscheid, Fachbereich Landschaft, Grünflächen, Friedhöfe*
  Der Fachbereich ist zuständig für die Unterhaltung und Pflege von Parks, Grünflächen, Spielplätzen, Verkehrsgrün, Kleingärten und von Grün an öffentlichen Gebäuden. Zusätzlich werden 3 städtische Friedhöfe betreut. Insgesamt ergibt sich so eine Grünfläche von 123 ha. Genaue Zahlen zum jährlichen Aufkommen konnten nicht gemacht werden. Große Mengen werden dezentral gelagert oder von externen Dienstleistungsunternehmen entsorgt. Weitere Anteile werden von den Remscheider Entsorgungsbetrieben entsorgt.

- *Vermögensbetrieb Solingen, Geschäftsfeld Grün-, Sport- und Freiflächen*
  Die Kosten für die Kompostierung der anfallenden Strauch- und Astwerkmengen inkl. Wurzeln belaufen sich auf jährlich ca. 100.000 €.

| | | |
|---|---|---|
| **jährliches Aufkommen (2002)** | **1.777** | **[t/a]** |

- *Stadt Wuppertal, Ressort Umwelt, Grünflächen und Forsten*
  Das Ressort ist zuständig für die Unterhaltung und Pflege von Parks, Grünflächen, Spielplätzen, Verkehrsgrün und von Grün an öffentlichen Gebäuden. Im Stadtgebiet betreut das Ressort Grünflächen mit einer Größe von insgesamt 580 ha und ca. 16.000 Straßenbegleitbäume. Bei angenommenen Kompostierungskosten von 50 €/t entstehen jährliche Kosten von ca. 140.000 €.

| | | |
|---|---|---|
| **jährliches Aufkommen** | ca. 250 | **[t/a]** |

- *Garten- und Landschaftsbauunternehmen*
  Im Untersuchungsgebiet sind ca. 150 Betriebe im Bereich Garten- und Landschaftsplanung und Gartenbau tätig. 32 der Betriebe sind im Verband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau Rheinland e.V.[3-6] organisiert. Etwa 7 dieser Betriebe haben sich u.a. auf Baumfällungen und Baumpflege spezialisiert. Die GaLa Betriebe sind überwiegend in der Errichtung neuer Gartenanlagen beschäftigt. Lediglich 18 % der Tätigkeiten werden für die Pflege von bestehenden Anlagen aufgewendet, bei denen hauptsächlich Grünschnitt bzw. sonstige Abfälle anfallen.

| | | |
|---|---|---|
| **jährliches Aufkommen** | ca. 600 | **[t/a]** |

- *Entsorgungsbetriebe (AWG, Remscheider Entsorgungsbetriebe, Entsorgungsbetrieb Solingen)*
  Jährliches Aufkommen an Ast- und Strauchschnitt (2002)

| | | |
|---|---|---|
| **jährliches Aufkommen (AWG)**[1)] | **587** | **[t/a]** |
| **jährliches Aufkommen (Remscheider Entsorgungsbetrieb)** | ca. 230 | **[t/a]** |
| **jährliches Aufkommen (Entsorgungsbetrieb Solingen)** | ca. 500 | **[t/a]** |

[1)] inkl. Tannenbäume

[3-6] siehe Anhang 10k

***Geschätztes Gesamtaufkommen im Untersuchungsgebiet:***

Aus den ermittelten Angaben und Abschätzungen ergeben sich für das Untersuchungsgebiet die folgenden jährlichen Mengen an LPH in [t/a].

| | | |
|---|---|---|
| **jährliches Aufkommen** | **4.208** | **[t/a]** |
| **Energiegehalt**[1)] | **10.500** | **MWh/a** |

[1)] bei 2,5 kWh/kg

Der überwiegende Anteil des LPH wird derzeit einer Kompostierung zugeführt. Weitere Mengen verbleiben im Bestand oder werden dezentral auf kleineren Lagerplätzen gelagert. Die Entsorgung und Lagerung der Abfälle verursacht hohe Kosten. Für die Lagerung müssen große Flächen vorgehalten werden. Ein GaLa-Betrieb mit 10 Mitarbeitern benötigt durchschnittlich eine Betriebsfläche von 1.000 bis 1.500 m². Große Teile davon entfallen auf die Ablagerung von Grünmaterial.
Die Entsorgungs- und Kompostierungskosten liegen bei 50 – 60 €/t.
Eine energetische Nutzung des Ast- und Strauchschnitts kann daher Entsorgungskosten minimieren respektive in Erlöse umwandeln.

## 3.6 Zusammenfassung Energieholzpotenziale

Nachfolgend werden die ermittelten und abgeschätzten Energieholzpotenziale, die in der Region des Bergisches Städtedreiecks vorhanden sind, im Einzelnen aufgeführt.

| **Energieholzpotenziale „Bergisches Städtedreieck“** | | |
|---|---|---|
| ***Fraktion*** | ***Menge*** | ***Ì Energiegehalt*** |
| *Waldholz* | | |
| Nadelholz | 9.200 fm/a | 15.200 MWh/a |
| Laubholz | 14.500 fm/a | 32.300 MWh/a |
| *Altholz* | | |
| Alt- und Gebrauchtholz[1)] | 3.900 t/a | 15.600 MWh/a |
| aus Holzverarbeitung[2)] | 7.700 t/a | 30.800 MWh/a |
| *Sägewerksrestholz*[3)] | 19.600 t/a | 63.000 MWh/a |
| *Landschaftspflegeholz*[4)] | 4.200 t/a | 10.500 MWh/a |
| ***Gesamt*** | | ***167.400 MWh/a*** |

[1)] Abschätzung aus Abfalldaten und Altholzaufbereitungsanlagen
[2)] Abschätzung aus den Angaben des holzverarbeitenden Gewerbes
[3)] derzeit stoffliche Verwertung des Restholzes, Sägewerke im Umland des UG
[4)] Abschätzung der diversen Fraktionen des LPH; 2,5 kWh/kg

***Tabelle 3.6*** Zusammenfassung Energieholzpotenziale

Das angegebene Potenzial entspricht einem Energieäquivalent von ca. 16 Mio. Liter Heizöl respektive 17 Mio. m³ Erdgas.
Bei einem geschätzten jährlichen Endenergiebedarf in der Region von 19.800 GWh, könnten ca. 1 % durch den Einsatz holzartiger Biomasse gedeckt werden.
Ca. 44 %[3-7] des Endenergiebedarf werden für die Bereitstellung von Wärme benötigt. Unter Berücksichtigung von Energieeinsparungen durch Wärmedämmung und effizienter Energienutzung ließe sich durch holzartige Biomasse etwa 5 % des benötigten Wärmebedarfs abdecken.

[3-7] Durchschnittswerte für BRD der AG Energiebilanzen, Zahlen 2001

# 4 Bereitstellungskosten für Energieholz

## 4.1 Einflussfaktoren auf die Bereitstellungskosten

Die Bereitstellungskosten für Waldholzhackschnitzel sind abhängig von einer Vielzahl variabler Faktoren. Primär entscheidend ist jedoch die Aufstellung der Bereitstellungskette. Grundsätzlich unterscheiden sich diese Varianten durch den Grad ihrer Mechanisierung respektive ihres manuellen Arbeitsorganisation.

a) *motormanuelle Verfahren*: Das Fällen der Bäume erfolgt mittels Motorsägen. Die weiteren Arbeitsschritte wie vorliefern und rücken werden manuell vorgenommen.
b) *teilmechanisierte Verfahren*: Das Vorliefern und Rücken erfolgt mit motorisierter Unterstützung (Seilwinden, Klemmbankschlepper).
c) *vollmechanisierte Verfahren:* Harvester[4-1] zum Fällen und Vorliefern, teilweise auch direkt mit Anbauhacker ausgerüstet.

Innerhalb dieser drei grundsätzlichen Verfahren gibt es eine größere Anzahl Unterverfahren, die sich aus verschiedensten Kombinationsmöglichkeiten ergeben. Die Bereitstellungsverfahren unterscheiden sich also einerseits in ihrer technischen Ausstattung und andererseits im Umfang der Arbeitsorganisation.

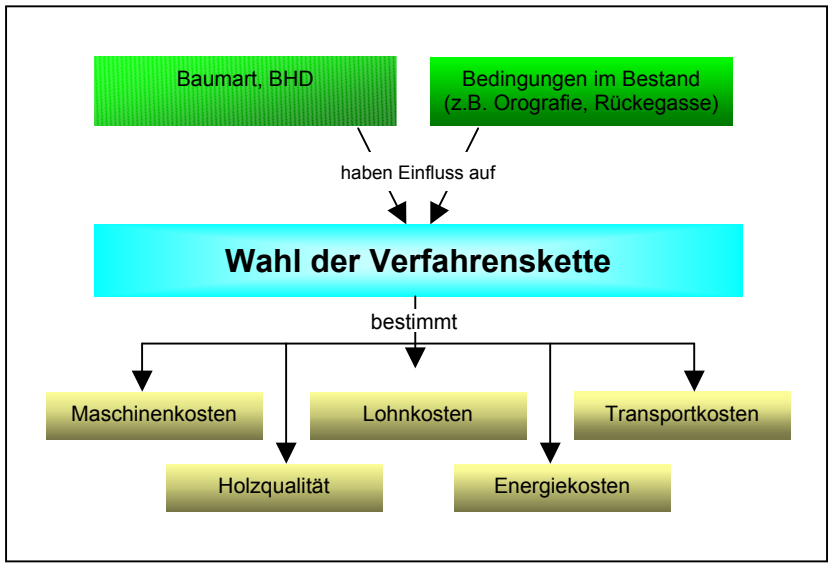



***Abbildung 4.1a*** Abhängigkeitsfaktoren Bereitstellungskosten

Die Bedingungen im Bestand (Rückegasse, Hanglage etc.), die zu erntende Baumart, der BHD der Erntebäume und die zur Verfügung stehende technische Ausstattung bestimmt die Art der Bereitstellungskette. Daraus resultieren die Kosten für die Bereitstellung, die sich aus den Maschinen-, Lohn-, Transport- und

[4-1] motorisierte Erntemaschinen

Energiekosten zusammensetzen. Die Energiekosten sind häufig in den Maschinen- und Transportkosten enthalten. Die Bereitstellungskette beeinflusst jedoch nicht nur die Bereitstellungskosten. Sie ist auch mitbestimmend für die Qualität der erzeugten Hackschnitzel.
Im Nachfolgenden werden die einzelnen Kostenanteile und die entstehende Qualitätsmerkmale präziser beleuchtet.

- Maschinenkosten

Die Maschinenkosten setzen sich aus 5 Kostenpositionen zusammen:
*1. kalkulatorische Abschreibung* $K_A$ setzt sich aus dem Wiederbeschaffungswert und der voraussichtlichen Nutzungsdauer zusammen. Der Wiederbeschaffungswert ist der geschätzte Preis der unter Berücksichtigung der Preissteigerung zum heutigen Zeitpunkt für die Maschine bezahlt werden müsste. Die Nutzungsdauer ist die Zeit, die die Maschine voraussichtlich genutzt wird.
*2. kalkulatorische Zinsen* $K_Z$ sind Zinsen, die für das im Unternehmen vorhandene Fremdkapital gezahlt werden. Die Zinsen werden vom halben Wiederbeschaffungswert errechnet.
*3. Instandhaltungskosten* $K_I$ beinhalten Kosten für die Herstellung (Reparatur) und Erhaltung (Wartung) der Funktionsfähigkeit der Maschine. Auch maschinenabhängige Betriebsstoffe z.B. Schmierstoffe gehören zu den Instandhaltungskosten.
*4. Raumkosten* $K_R$ sind kalkulatorische Kosten durch von der Maschine beanspruchte Grundfläche inkl. Nebenfläche. Die Raumkosten enthalten des weiteren Abschreibungen und Zinsen auf Gebäude und Werkanlagen.
*5. Energiekosten* $K_E$ entstehen durch Verbrauch von Strom, Gas, Benzin, Wasser usw. Ermittelt werden diese aus Jahresdurchschnittswerten vergangener Jahre.

Der Maschinenstundensatz errechnet sich aus der Summe der aufgeführten Kosten, dividiert durch die sog. Planbeschäftigung d.h. die Stundenzahl die die Maschine jährlich genutzt wird. Für den Einsatz der forstwirtschaftlichen Maschinen ergibt sich folgende Plannutzungsdauer:

| | |
|---|---|
| Kalendertage | 365 |
| Samstage, Sonntage | -104 |
| Feiertage | -10 |
| Stillstand durch Urlaub, Krankheit | -40 |
| Gesamttage | 211 |
| Gesamttage · 7 Stunden | 1.477 h |
| Abzug durch Störung, Wartung, Wartezeit (-50 %) | -738h |
| ***Planbeschäftigung [h/a]*** | ***739 h*** |

- Lohnkosten (Fach-/Hilfskräfte)

Für die Entlohnung der Waldarbeit werden in den Landesforstverwaltungen und in vielen Kommunen verschiedene Lohnmodelle angewendet. In Nordrhein-Westfalen wird seit 1997 ein Monatslohn mit Forstzulage bezahlt. Seitdem gelten für die in der Waldarbeit beschäftigten der Manteltarifvertrag für Waldarbeiter MTW mit den Anpassungen der Sonderregelungen SR-F-MTW. Nach dem Tarifvertrag liegen die Bruttomonatslöhne zwischen 1.530 und 2.375 € (Lohngruppe 1 bis 8a) bei einer wöchentlichen Arbeitszeit von 38,5 Stunden. Aus diesen Zahlen ergibt sich unter Berücksichtigung der Lohnnebenkosten ein Stundenlohnkostensatz der bei den folgenden Berechnungen angenommen wird (siehe Tabelle 4.1a).
Die Lohnsätze der Maschinenringen liegen deutlich unter den tariflichen Löhnen.

| ***Lohnkosten [€/h]*** *inkl. Lohnnebenkosten* | | |
|---|---|---|
| Waldarbeiter nach MTW | Stundesätze Maschinenringe | angenommener Stundenlohn |
| 27 €/h | 10 €/h | 20 €/h |

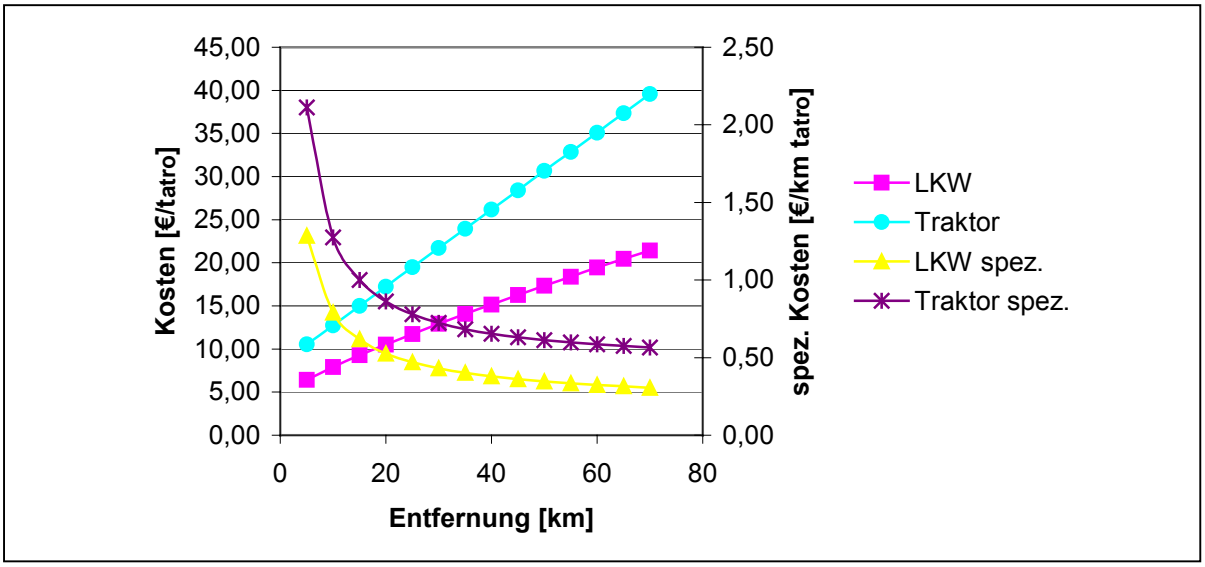
***Tabelle 4.1a*** Stundenlohnsätze Waldarbeiter

- Energiekosten

Die Energiekosten sind in den Maschinenkosten bzw. in den Transportkosten enthalten.

- Transportkosten – Entfernung zum Lagerplatz oder zur Wärmesenke

Die spez. Transportkosten von Holzhackschnitzel in €/km $t_{atro}$ sinken mit zunehmender Entfernung, abnehmendem Wassergehalt und mit steigender Transportkapazität.




Bemerkung: Transportvolumen LKW: 80 Sm³, Transportvolumen Traktor mit Anhänger: 30 Sm³, w= 30%

***Abbildung 4.1b*** Transportkosten für Holzhackschnitzel

Die aufgeführten Kosten basieren auf der Beschickung der Transportfahrzeuge mittels Hacker. Bei Beschickung mittels Radlader verringern sich die Transportkosten aufgrund der kürzeren Wartezeiten um durchschnittlich 15 %.
Die Kostenvorteile beim Transport mittels LKW-Containerzug ergeben sich aus der höheren Transportkapazität und der höheren Fahrgeschwindigkeit.

- BHD des Schwachholzes

Je größer der Brusthöhendurchmesser der geernteten Bäume, desto geringer sind die spez. Kosten/fm. Die Erntemenge pro Arbeitsstunde steigt mit dem BHD der Bäume.

Die Art der Ernte, Aufbereitung und Lagerung bestimmt die Qualitätsmerkmale der Hackschnitzel. Die ÖNORM M 7133 legt dafür erforderliche Kriterien fest.

*Wassergehalt:* Der Wassergehalt ist einer der entscheidenden Merkmale, da er unmittelbar Einfluss auf den Heizwert und die Lagerfähigkeit hat. Je nach Wassergehalt und Einsatzbereich muss über zusätzliche Maßnahmen zur Trocknung entschieden werden.

| ***Klasse*** | ***Grenzwert (Wassergehalt in %)*** | ***Bezeichnung*** |
|---|---|---|
| w 20 | < 20 | lufttrocken |
| w 30 | 20 - 29 | lagerbeständig |
| w 35 | 30 - 34 | beschränkt lagerbeständig |
| w 40 | 35 - 39 | feucht |
| w 50 | 40 - 49 | erntefrisch |

***Tabelle 4.1b*** Wassergehalt Hackschnitzel nach ÖNORM M 7133

Bei hoher Holzfeuchte entstehen biologische Aktivitäten, die eine längere Lagerung ohne eine entsprechende Belüftung unmöglich machen.
Der Heizwert der Hackschnitzel nimmt linear mit steigendem Wassergehalt ab. So hat lufttrockenes Holz (w = 18%, Fichte) etwa einen Heizwert von 4,1 kWh/kg und erntefrisches Holz (w = 50%,Fichte) nur 2,3 kWh/kg.
Durch Trocknung können die Brenneigenschaften des Holzes verbessert werden. Hierfür werden natürliche und technische Trocknungsverfahren verwendet.

*Größe des Hackgutes:* Bei automatischer Beschickung der Feuerungsanlage und beim eigentlichen Verbrennungsvorgang spielt die Größe des Hackgutes eine wichtige Rolle. So dürfen z. B. für das Funktionieren des Brennstofftransports mittels Schneckenförderer die Hackschnitzel eine gewisse Größe nicht überschreiten, um ein Festsetzen der Fördereinrichtung zu verhindern.

| Hackgutklasse | zulässige Massenanteile und jeweilige Bandbreite für Teilchengröße (Siebanalyse) | | | | zulässige Extremwerte für Teilchen | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. 20 % | 60-100 % | max. 20 % | max 4% | max. Querschnitt | max. Länge |
| G 30 | > 16 mm | 16-2,8 mm | 2,8-1 mm | < 1mm | 3 cm² | 8,5 cm |
| G 50 | > 31,5 mm | 31,5-5,6 mm | 5,6-1 mm | < 1mm | 5 cm² | 12 cm |
| G 100 | > 63 mm | 63-11,2 mm | 11,2-1 mm | < 1mm | 10 cm² | 25 cm |

***Tabelle 4.1c*** Hackgutgrößen nach ÖNORM M 7133

Weitere Qualitätsmerkmale für Hackschnitzel sind die Schüttdichte im wasserfreien Zustand, der Aschegehalt und der Fremdstoffanteil.

| | Hackgutklasse | Klassengrenzen | Erläuterung |
|---|---|---|---|
| Schüttdichteklassen:<br>(Angaben für wasserfreien Zustand) | S 160<br>S 200<br>S 250 | < 160 kg/m³<br>160-250 kg/m³<br>> 250 kg/m³ | "geringe Schüttdichte"<br>"mittlere Schüttdichte"<br>"hohe Schüttdichte" |
| Aschegehaltsklassen: | A 1<br>A 2 | < 1 %<br>1-5 % | "geringer Aschegehalt"<br>"erhöhter Aschegehalt |

***Tabelle 4.1d*** Schüttdichte und Aschegehalt von Hackschnitzel nach ÖNORM M 7133

Diese weiteren Größen sind entscheiden bei der Bestimmung der Transport-, Lager- und Trocknungskosten.
Ein hoher Ascheanteil hat einen erhöhten Wartungsaufwand (u.a. Kesselreinigung) zur Folge. Zusätzlich fallen u. U. Asche-Entsorgungskosten an.
Eine Einteilung und Überprüfung der Hackschnitzel nach den genannten Kriterien ist teilweise mit einem hohen Aufwand (z.B. Feuchte- und Ascheanteilmessung) verbunden und wird deshalb in vielen Fällen noch nicht strikt vorgenommen. Im Sinne einer Versorgung mit qualitativ hochwertigen Brennstoffen ist jedoch anzustreben, die Einhaltung bestimmter Qualitätskriterien zu beachten.

## 4.2 Ermittlung der Bereitstellungskosten

Bei der folgenden Ermittlung der Bereitstellungskosten für Waldholzhackschnitzel werden zwei unterschiedliche Verfahren betrachtet. Beim Ersten handelt es sich um die Gewinnung von Nadelholzhackschnitzel, beim Zweiten um die Gewinnung von Laubholzhackschnitzel. Dabei basieren die Ermittlungen der Zahlen und Kosten auf den Ausführungen der *„Bayrischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft“* die in einem aufwendigen Versuch die teilmechanisierte Bereitstellung, Aufbereitung und Logistik von Waldholzhackschnitzel untersucht hat. Beide Verfahren haben nicht die Verwertung von Waldrestholz zum Ziel. Im Untersuchungsgebiet liegen derzeit keine weitreichenden Erfahrungen mit der Produktion von Hackschnitzel vor.

### *Verfahren Nadelholzhackschnitzel*

*Beschreibung:* Die Bereitstellung erfolgt in zwei getrennten Arbeitsbereichen. Zunächst wird in der sog. „Zangenzone“ geerntet. Diese Zone besteht aus der Fläche die innerhalb der Reichweite des Zangenschleppers liegt. Das Fällen innerhalb dieser Zone erfolgt motormanuell durch 2 Personen. Anschließend wird in der „Seilzone“ gearbeitet. Hier wird das Hackgut mittels Seilwinde zur Rückegasse vorgeliefert. Auch das Fällen erfolgt mit Unterstützung von Seilwinden. Von der Rückegasse transportiert ein Zangenschlepper das Hackgut zur Waldstraße. Hier wird es mit einem Mobilhacker zu Hackschnitzel aufbereitet.

***Abbildung 4.2a*** Verfahrenskette Bereitstellung Nadelholzhackschnitzel

Die nachfolgende Tabelle 4.2a zeigt die ermittelten Kosten bei dem genannten Bereitstellungsverfahren. Fichtenbäume mit einem BHD größer 20 cm werden als Stammholz geerntet und weiterverarbeitet.

| BHD (in cm) | Kosten (€/fm) | | | | | | Gesamtkosten (€) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zangenzone | | Seilzone | | | | | | |
| | Fällen | Rücken | Fällen | Vorliefern | Rücken | Hacken | je fm | je Sm³ | je t[a)] |
| 10 | 5,70 | 11,75 | 6,15 | 9,00 | 8,45 | 12,75 | 32,65 | 12,10 | 36,25 |
| 11 | 5,05 | 10,30 | 5,40 | 7,85 | 7,65 | 12,75 | 30,35 | 11,15 | 33,70 |
| 12 | 4,55 | 9,20 | 4,85 | 6,70 | 7,05 | 12,75 | 28,40 | 10,55 | 31,55 |
| 13 | 4,10 | 8,30 | 4,35 | 5,70 | 6,50 | 12,75 | 26,80 | 9,95 | 29,80 |
| 14 | 3,80 | 7,75 | 3,95 | 5,00 | 6,05 | 12,75 | 25,55 | 9,45 | 28,35 |
| 15 | 3,50 | 6,90 | 3,65 | 4,40 | 5,65 | 12,75 | 24,45 | 9,05 | 27,20 |
| 16 | 3,25 | 6,40 | 3,35 | 3,95 | 5,25 | 12,75 | 23,60 | 8,75 | 26,20 |
| 17 | 3,00 | 5,95 | 3,15 | 3,70 | 4,95 | 12,75 | 22,85 | 8,45 | 25,40 |
| 18 | 2,85 | 5,55 | 2,90 | 3,40 | 4,70 | 12,75 | 22,20 | 8,20 | 24,65 |
| 19 | 2,75 | 5,20 | 2,75 | 3,10 | 4,45 | 12,75 | 21,60 | 8,00 | 24,00 |
| 20 | 2,50 | 4,90 | 2,60 | 2,90 | 4,20 | 12,75 | 21,10 | 7,80 | 23,40 |

a) waldfrisch w=45%

***Tabelle 4.2a*** Kosten der Ernte und Aufbereitung von Nadelholzhackschnitzel
Quelle: Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Ausgehend von den ermittelten Zahlen liegen die Bereitstellungskosten für Hackschnitzel aus Nadelholz zwischen 8 und 12 €/Sm³ waldfrisch frei ab Waldstraße. Unter Berücksichtigung der Transportkosten ergeben sich in Abhängigkeit der Transportentfernung die in der Abbildung 4.2b aufgeführten Bereitstellungskosten.

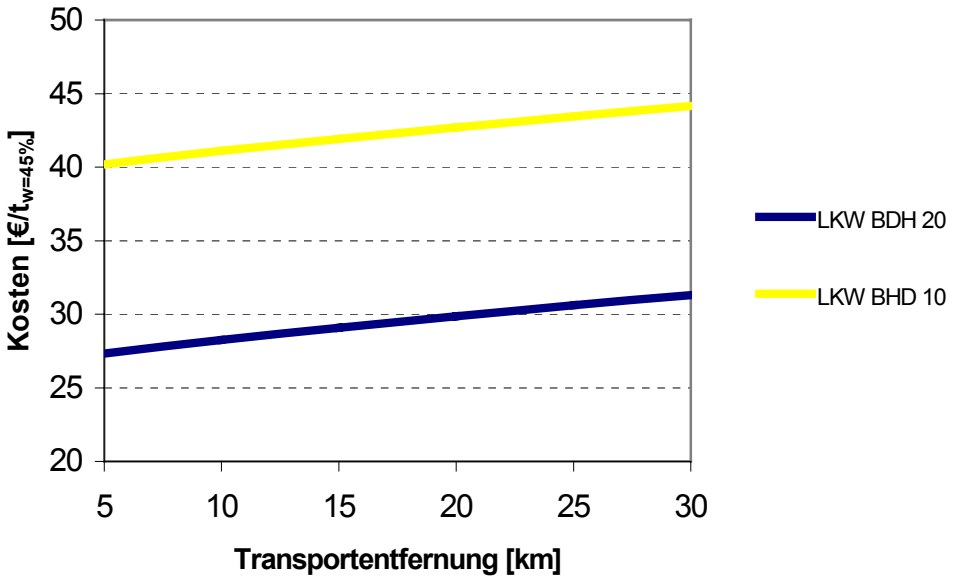



***Abbildung 4.2b*** Bereitstellungskosten in Abhängigkeit des BHD und der Transportentfernung (Nadelholzhackschnitzel)

### *Verfahren Laubholzhackschnitzel*

*Beschreibung:* Das Verfahren ist durch eine geringe Mechanisierung und einen niedrigen Organisationsaufwand gekennzeichnet. Die Hackguternte entspricht weitgehend der Industrieholzbereitstellung baumfallender Längen. Um Rückeschäden zu vermeiden, wurden die Stämme meist in zwei Teile aufgetrennt. Das Verfahren ist überwiegend entkoppelt, lediglich das Hacken und der Hackschnitzeltransport werden kombiniert. Die folgende Abbildung zeigt schematisch die Arbeitsschritte des Verfahrens.

***Abbildung 4.2c*** Verfahrenskette Bereitstellung Laubholzhackschnitzel

Die nachfolgende Tabelle 4.2b zeigt die ermittelten Kosten des genannten Bereitstellungsverfahren. Laubbäume mit einem BHD größer 28 cm werden als Stammholz geerntet und weiterverarbeitet.

| **BHD (cm)** | **Kosten (€/fm)** | | | **Gesamtkosten (€)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fällen | Rücken | Hacken | je fm | je Sm³ | je t[a)] |
| 10 | 20,76 | 18,88 | 10,82 | 50,46 | 21,02 | 47,60 |
| 11 | 18,11 | 17,40 | 10,82 | 46,33 | 19,28 | 43,72 |
| 12 | 16,07 | 16,12 | 10,82 | 43,01 | 17,91 | 40,56 |
| 13 | 14,39 | 15,05 | 10,82 | 40,25 | 16,78 | 38,01 |
| 14 | 13,06 | 14,08 | 10,82 | 37,96 | 15,82 | 35,82 |
| 15 | 11,99 | 13,26 | 10,82 | 36,07 | 15,00 | 33,98 |
| 16 | 11,02 | 12,50 | 10,82 | 34,34 | 14,34 | 32,40 |
| 17 | 10,25 | 11,84 | 10,82 | 32,91 | 13,72 | 31,02 |
| 18 | 9,54 | 11,22 | 10,82 | 31,58 | 13,16 | 29,79 |
| 19 | 8,93 | 10,66 | 10,82 | 30,41 | 12,70 | 28,72 |
| 20 | 8,42 | 10,20 | 10,82 | 29,44 | 12,24 | 27,75 |

a) waldfrisch w=45%

***Tabelle 4.2b*** Kosten der Ernte und Aufbereitung von Laubhackschnitzel
Quelle: Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Ausgehend von den ermittelten Zahlen liegen die Kosten für Hackschnitzel aus Laubholz zwischen 12 und 21 €/Sm³ waldfrisch frei ab Waldstraße. Unter Berücksichtigung der Transportkosten ergeben sich in Abhängigkeit der Transportentfernung die in der Abbildung 4.2d aufgeführten Bereitstellungskosten.

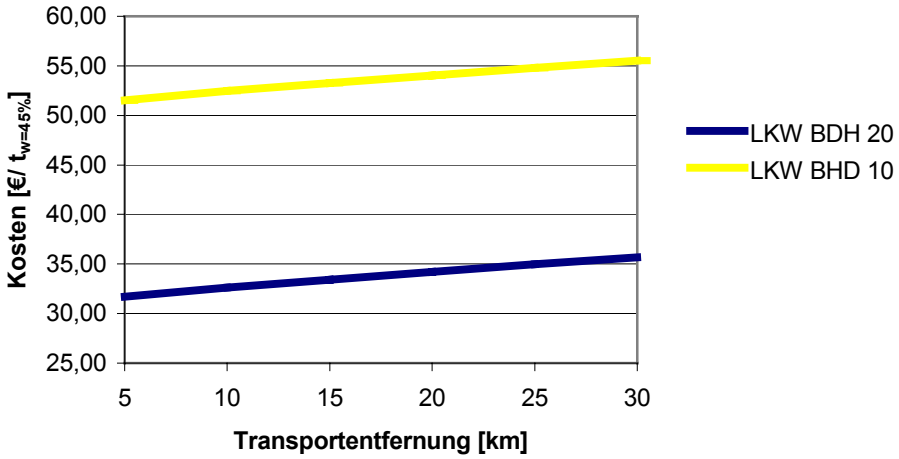



***Abbildung 4.2d*** Bereitstellungskosten in Abhängigkeit des BHD und der Transportentfernung (Laubholzhackschnitzel)

Die Bereitstellungskosten liegen in einem Kostenband zwischen 32 und 56 €/$t_{w=45\%}$ (Laubholz) bzw. 27 und 44 €/$t_{w=45\%}$ (Nadelholz) abhängig vom BHD und der Transportentfernung. Unter Berücksichtigung bestimmter Feuchte- und Energiegehalte ergeben sich aus den Bereitstellungskosten der beiden Verfahren spez. Energiekosten in €-cent/kWh.

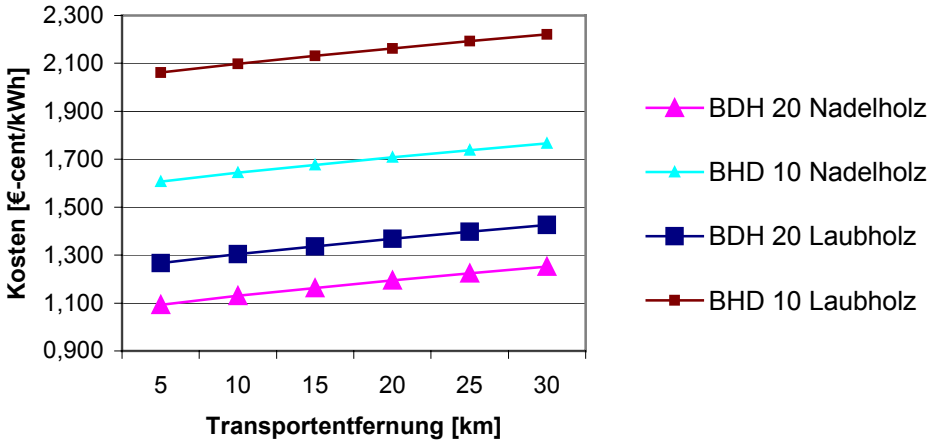



***Abbildung 4.2e*** Spez. Energiekosten unter Berücksichtigung der Bereitstellungskosten inkl. Transport

Für die Berechnung der spez. Kosten/kWh Energiegehalt wird von einem Wassergehalt von 40 bis 50 % (waldfrisch) ausgegangen. Dabei hat 1 t waldfrisches Nadel- und Laubholz einen Energiegehalt von 2.500 kWh. Der Transport der Hackschnitzel erfolgt mittels eines LKW-Zuges mit 40 m³ Wechselcontainer.

Die beiden genannten Verfahren wurden mit den in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Kosten kalkuliert.

| Teilarbeit | Maschine | Kosten €/h | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Maschine | Lohn | Gesamt |
| Fällen/Aufarbeiten | Leichte/Mittlere Motorsäge | 4,5,- | 20,- | 25,5,- |
| Vorliefern/Rücken | Seilschlepper | 15,- | 20,- | 35,- |
| Rücken | Zangenschlepper | 35,- | 20,- | 55,- |
| Hacken | Mobiler Hacker | 85,- | 20,- | 105,- |
| Transport | Landwirtschaftl. Schlepper und Anhänger | 20,- | 20,- | 40,- |
| | LKW mit einem Wechselcontainer | 45,- | 20,- | 65,- |

***Tabelle 4.2c*** Kalkulierte Lohn-, Maschinen- und Gesamtkosten der einzelnen Teilarbeiten
Quelle: [Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik 1996; Remler u. Fischer 1996]

Bei der Bereitstellung von Hackschnitzel aus Waldrestholz verändern sich die errechneten Werte nach oben. Hauptgrund hierfür sind die geringeren Produktionsleistungen [Sm³/h] durch den erhöhten manuellen Einsatz.
Neue Vollerntemaschinen ermöglichen es, dass das bei der Entastung und Entzopfung anfallende Restholz direkt beim eigentlichen Ernte- und Ablängvorgang gebündelt wird [Fa. Valmet[4-2]]. Die Nutzung von Waldrestholz wird damit erleichtert. Die notwendige Technik befindet sich derzeit im Erprobungsstadium.
***Definition:*** Das *Waldrestholz* ist der Teil des Holzzuwachses, der nach Entnahme sämtlichen Holzes, dass unter den gegebenen ökonomischen Randbedingungen industriell oder anderweitig genutzt werden kann, im Bestand bleibt. Häufig entspricht das Waldrestholz dem sog. *Schlagabraum*. Dazu zählen das Kronenderbholz mit Rinde (zwischen 7 und 14 cm Durchmesser), kurze Stammabschnitte, Reisholz mit Rinde (kleiner 7 cm Durchmesser) und die Rinde des ge ern teten Holzes, sofern eine Waldentrindung stattgefunden hat.

Die Menge des Schlagabraumes lässt sich als Anteil vom geernteten Derbholzaufkommen angeben. Bei Fichten liegt der Anteil bei etwa 15 %, bei Kiefer bei 18 %, bei Buchen bei 20 % und bei Eichen bei 19 % des Derbholzmenge.

[4-2] www.valmet.de

Die genauen Bereitstellungskosten für Hackschnitzel aus Waldrestholz lassen sich nur schwer kalkulieren.
Nach ermittelten Angaben liegen die Bereitstellungskosten für Hackschnitzel aus Waldrestholz bei etwa 110 €/$t_{atro}$. Dies entspricht den Kosten von 60 €/t bei waldfrischem Holz (w=45%). Durch erhöhte Mechanisierung lassen sich diese Kosten auf etwa 22 €/t senken. Hierfür ist jedoch ein sehr hoher Mechanisierungsgrad nötig (Hackschnitzelharvester in der Rückegasse übernimmt die Aufgaben des Fällens/Vorlieferns und des Hackens. Das Rücken der Hackschnitzel zur Waldstraße übernimmt ein weiterer Shuttle).

Die Bereitstellungskosten für Altholzfraktionen wird bestimmt durch die anfallenden Arbeitsschritte und deren Grad der Mechanisierung. Die Arbeitschritte unterteilen sich in Sammeln, Trennen, Befreiung von Störstoffen, Brechen und Hacken, Ver- und Umladen und abschließend der Transport.
Abhängig von der Herkunft und der Qualität des Altholzes sind unterschiedliche Bereitstellungskosten anzusetzen. Die Deckung dieser Kosten werden durch die Entsorgungserlöse gedeckt.

In Sägewerken entstehen beim sog. Profilzerspanen die Hackschnitzel als Neben- oder Abfallprodukt direkt bei der Bearbeitung. Die Herstellung der Hackschnitzel aus Schwarten und Spreißel mit separaten Hacker verursachen dem Betreiber zusätzliche Kosten, erhöhen aber die Qualität des Restholzes.
Der Verkaufspreis der Hackschnitzel an die holzverarbeitende Industrie (z.B. Spanplattenindustrie) liegt bei etwa 20 bis 30 €/t. Das entspricht etwa einem Preis von 10 bis 20 €/Sm³.

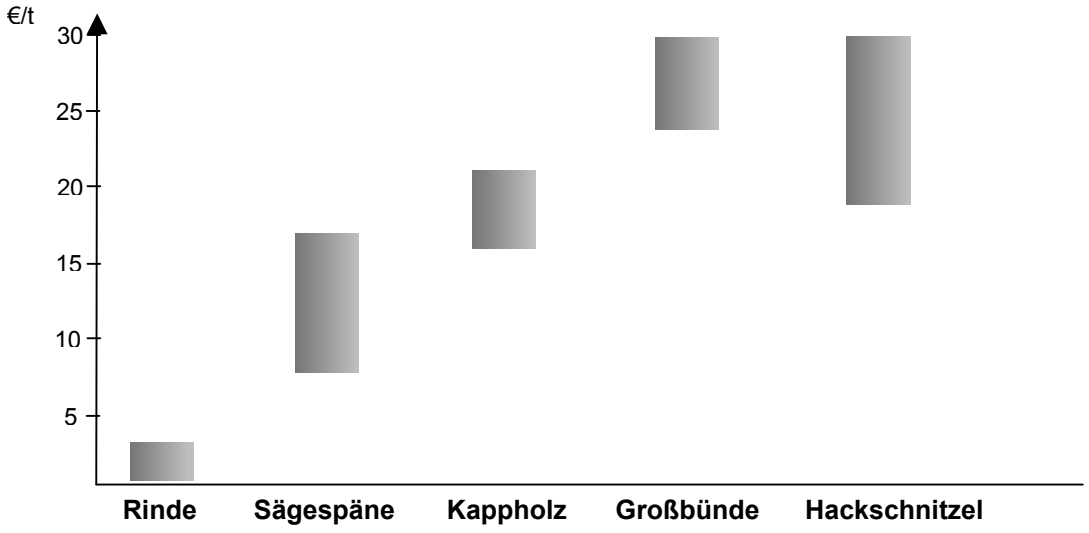



***Abbildung 4.2f*** Preise für Sägewerksrestholz

# 5 Erzielbare Energieholzpreise und Rohmargen

## 5.1 Einflussfaktoren auf die Preisgestaltung und –entwicklung

Die Preise für Energieholz und die daraus resultierenden Margen für die Anbieterseite sind abhängig von einer Reihe verschiedener Faktoren. Diese sind:

- Bereitstellungskosten
- Transportentfernung
- Ort der Übergabe (frei Waldstraße/Zwischenlager/Heizwerk)
- Brennstoffqualität
- Brennstoffmenge
- Anzahl und Konditionen der Konkurrenzanbieter
- Preise der fossilen Konkurrenz-Energieträger
- Preise für Industrieholz

Die Bildung der Energieholzpreise wird, wie bei Preisbildungen allgemein üblich, von der Anbieter- und der Nachfragerseite beeinflusst.
Die Waldbesitzer sind daran interessiert zumindest ihre Selbstkosten für die Bereitstellung der Hackschnitzel zu erwirtschaften. Die Preisforderungen orientieren sich daher in erster Linie an den Bereitstellungskosten. Heizwerkbetreiber dagegen bewegen sich aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in einem engen Kostenrahmen. Sie orientieren sich primär am Preisniveau der fossilen Konkurrenzbrennstoffe. Die Abbildung 5.1a zeigt schematisch die Entstehung der Energieholzpreise.
Die Anbieterseite (z. B. Waldbesitzer) berücksichtigt die Bereitstellungskosten, die Gemeinkosten (Werbung, Verwaltung etc.) und einen kalkulatorischen Gewinn. Abhängig von den aktuellen Preisen, die für Industrieholz erzielt werden können, fällt die Entscheidung, ob eine Vermarktung des Holzes als Industrie- *oder* Energieholz stattfindet.
Die Nachfrageseite dagegen betrachtet die Preise der Konkurrenzbrennstoffe und die Angebote von weiteren Anbietern von Brennstoffen die am Markt agieren. Die Preise der Konkurrenzbrennstoffe sind ausschlaggebend für das Erreichen eines wettbewerbsfähigen Wärmepreises.

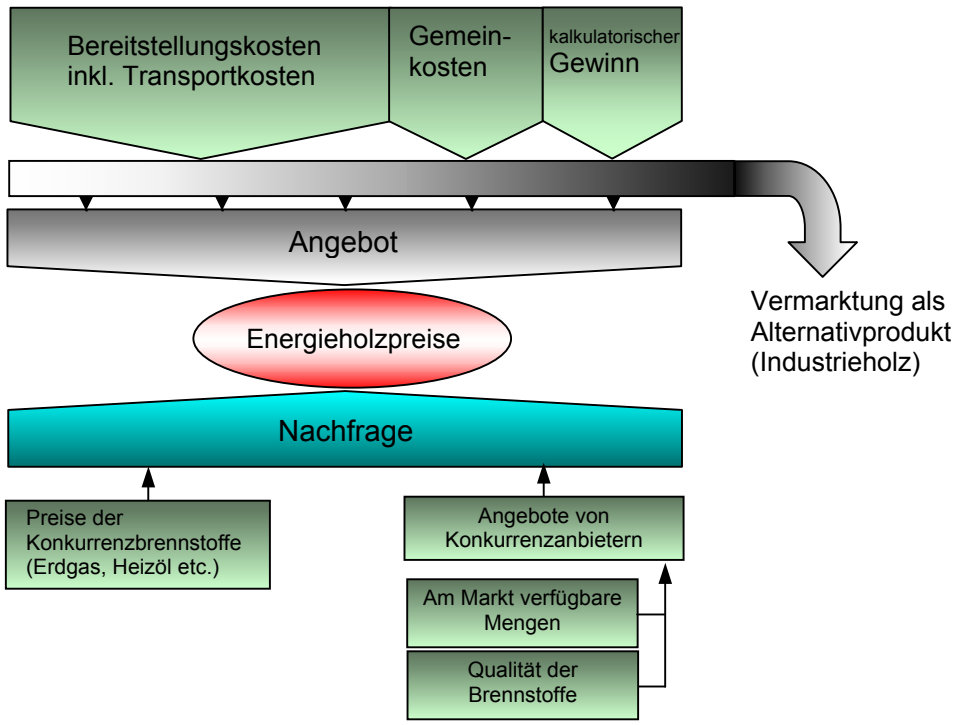



***Abbildung 5.1a*** Preisgestaltung von Energieholzpreisen

Die zukünftige Preisentwicklung der fossilen Konkurrenzbrennstoffe wird für die erfolgreiche Durchdringung des Brennstoffes Holz eine entscheidende Rolle spielen. Aufgrund der natürlichen und anthropogenen Verknappung der Rohstoffe, muss mittelfristig mit einer Verteuerung der Preise für fossile Energieträger gerechnet werden. Daraus entwickeln sich für die erneuerbaren Energieträger, besonders auch im Wärmesektor, neue Perspektiven.
Mit steigenden Produktionsmengen lassen sich die Bereitstellungskosten reduzieren. Bei größeren Absatzmengen lohnen sich auf der Anbieterseite Investitionen in neuere, effektivere Ernte- und Aufbereitungsmaschinen. Die Holzbrennstoffkosten sind jedoch bereits auf einem niedrigen Niveau, sodass hier keine größeren Spielräume mehr bestehen. Anpassungen müssen in Zukunft vermehrt auf der Nachfrageseite geschehen. Dies kann durch Reduzierung der Anlagenkosten oder durch Erhöhung des Wärmepreises erfolgen.

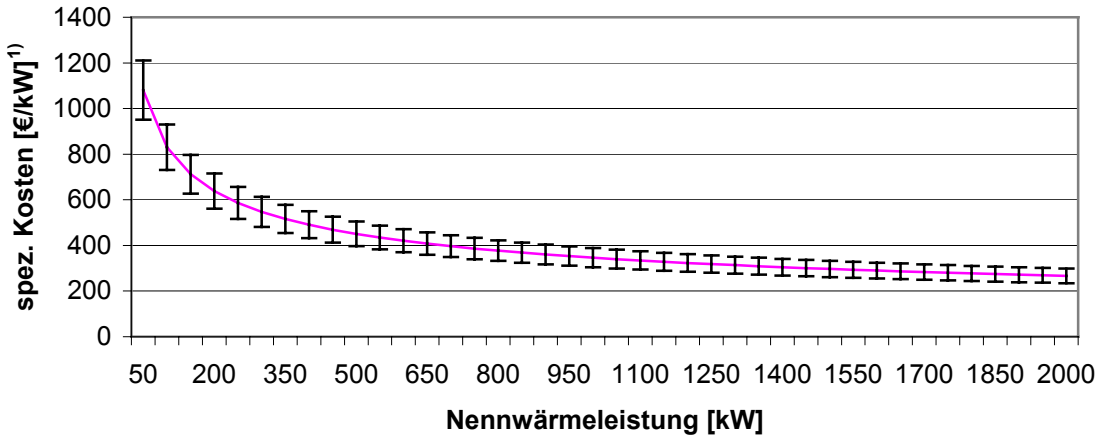
## 5.2 Ermittlung der erzielbaren Preise und Rohmargen

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflussfaktoren kann ein Preisband für Holzbrennstoffe ermittelt werden.
Zur Ermittlung des erzielbaren Preises ist es nötig, dieses aus Sicht der Anbieter- und der Nachfrageseite (Betreiber) zu betrachten. Wie in Abbildung 5.1a bereits aufgezeigt, ist die Preisbildung nur durch das Zusammenspiel beider Interessen möglich.
Das Bestreben des Anlagenbetreibers ist es, einen wettbewerbsfähigen Wärmepreis zu erreichen. Dazu muss er die Wärmegestehungskosten minimieren. Mit steigender Nennwärmeleistung der Anlage sinken die spez. Anlagenkosten [siehe Abbildung 5.2a]. Gleichzeitig steigt der benötigte Brennstoffbedarf. Dieser erhöhte Bedarf hat wiederum verbesserte Einkaufkonditionen zur Folge.
Die *Wärmegestehungskosten* (z. B. in €/MWh) ist eine kennzeichnende Größe einer Wärmeversorgungseinrichtung. Sie setzten sich wie folgt zusammen:

$$k = \frac{K_{Kapital} + K_{Betrieb} + K_{Verbrauch}}{W} \quad mit \quad \begin{aligned} K_{Kapital} &= Kapitalkosten \\ K_{Verbrauch} &= Verbrauchskosten \\ K_{Betrieb} &= Betriebskosten \\ W &= Wärmemenge \end{aligned}$$

Der eingesetzte Brennstoff bestimmt dabei nicht nur die Verbrauchskosten, d.h. die Kosten für den Brennstoff selbst, sondern auch die Höhe der notwendigen Investitionen (Kapitalkosten) für die Anlage und die notwendige Peripherie (Lagerung, Beschickung etc.) und die anfallenden Betriebskosten durch Wartung und Instandhaltung. Mit Hilfe der Wärmegestehungskosten lässt sich zwischen den verschiedenen Brennstoffen eine Kostenvergleichsrechnung anstellen. Die Brennstoffkosten (Verbrauchskosten) spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Der Anbieter möchte mit dem Verkauf seiner Ware einen Gewinn erwirtschaften. Wird die Gewinnung des Hackgutes bzw. der Hackschnitzel nur als sekundäre Maßnahme betrachtet, um durch die Durchforstungsmaßnahme die Stammholzernte als primäres Ziel zu verbessern, so genügt dem Anbieter bereits die Deckung der Selbstkosten.




1) in Kessel integrierte Hackgutfeuerung (Rostfeuerung) mit Lamda-Regelung, inkl. Raumaustragung, Brennstoffbeschickung, Planung und hydraulische und elektrische Einbindung

***Abbildung 5.2a*** Spez. Kosten einer Hackgutfeuerung
Quelle: [HoFi02]

Unter der vereinfachten Annahme der aufgeführten Punkte ergibt sich das in der folgenden Abbildung 5.2b dargestellte Band in dem sich die Preise für Hackschnitzel bewegen können.

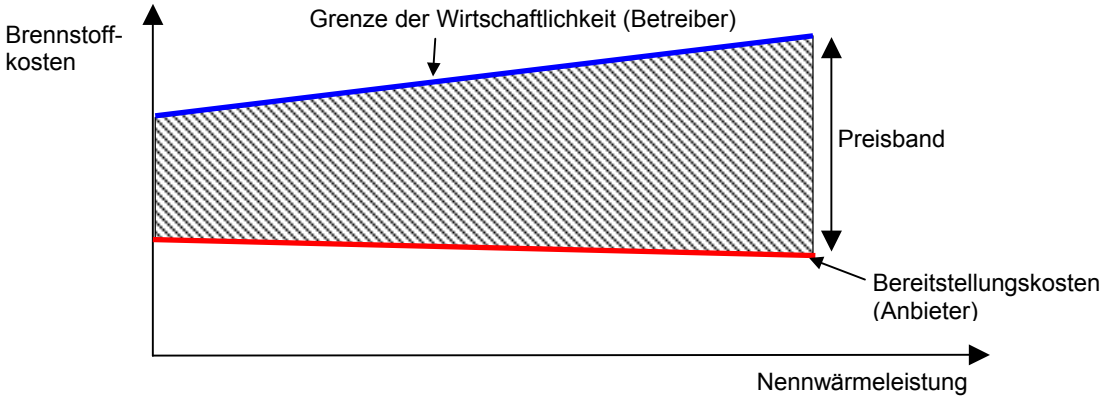



***Abbildung 5.2b*** Preisband zur Preisbildung Holzbrennstoffe

Eine allgemein gültige Berechnung der Wärmegestehungskosten ist schwierig, da eine Vielzahl von Faktoren auf diese Berechnung Einfluss haben. Auch eine exakte Kostenvergleichsrechnung ist schwer durchführbar, da eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten und variabler Randbedingungen berücksichtigt werden müssen. Sie ist nur im konkreten Einzelfall anzustellen.

Die spez. Investitionskosten für Hackgutfeuerungen sind vor allem im kleineren Leistungsbereich hoch, da die Kosten für den Lagerraum und die Brennraumbeschickung ins Gewicht fallen. Bei den gas- und ölbefeuerten Feuerungsanlagen sind die Wärmegestehungskosten stark von den Brennstoffkosten abhängig. Grund sind die deutlich geringeren Investitionskosten.

Erfahrungswerte über die Höhe von Bereitstellungskosten für Waldholzhackschnitzel liegen im Untersuchungsgebiet nicht vor.
Altholz- und Sägewerksrestholz werden auch überregional gehandelt. Sie sind daher den üblichen Markt- und Preisschwankungen unterworfen.
Aufgrund der geringen Größe des Untersuchungsgebiete haben die Transportkosten einen geringeren Einfluss auf die Preisgestaltung. Die erforderlichen Logistikunternehmen aus dem Bereich der Altholz- und Abfallentsorgung sind vorhanden und für den Transport der Brennstoffe ausgerüstet.
Anbieter von Holzbrennstoffen sind im Untersuchungsgebiet nur vereinzelt vorhanden [siehe Anhang 10j].

- ***Preisbindungen und Preisgleitklausel***

Zur Berücksichtigung verschiedener zeitlich variabler Faktoren können in den Lieferverträgen zwischen Lieferant und Abnehmer Preisgleitklauseln vereinbart werden. Diese Klauseln bieten beiden Vertragspartnern diverse Vor- und Nachteile. Nachfolgend wird die Preisbindung an die Preise konkurrierender Brennstoffe genauer dargestellt.

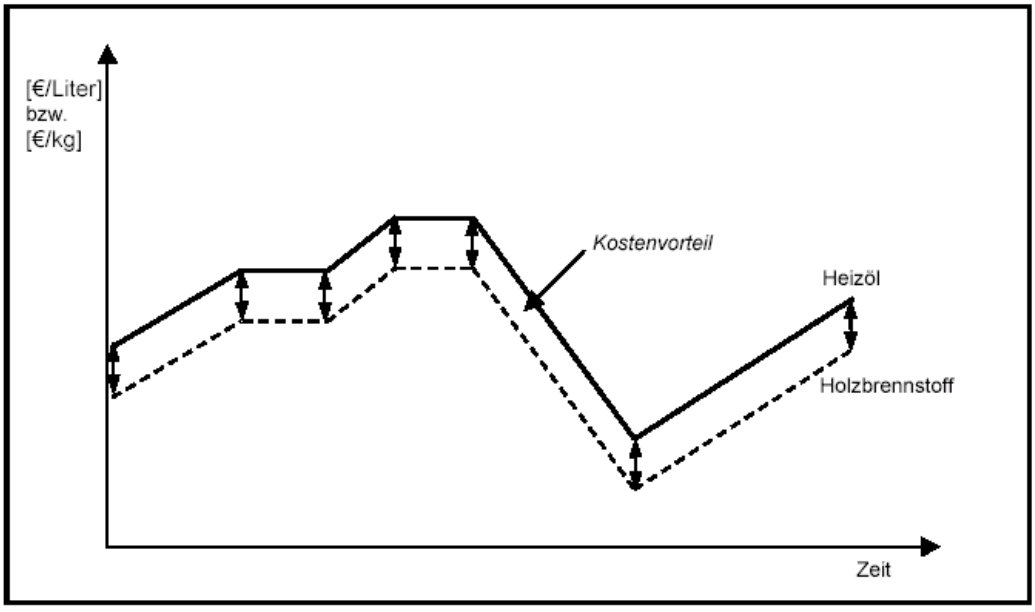



***Abbildung 5.2c*** Preisbindung Holzpreis-Heizölpreisentwicklung, Nachfrageseite

Die Abbildung 5.2c zeigt die Preisbindung aus Sicht der Nachfrageseite. Die Kostenvorteile, die sich gegenüber dem fossilen Konkurrenzbrennstoff ergeben, sind in diesem Fall statisch. Auch bei einem hohen Heizölpreis ergeben sich für den Nutzer keine größeren Vorteile. Sinkt jedoch der Heizölpreis, so profitiert auch der Holzenergieanwender.
Aus der Sicht des Anbieters bietet die Preisbindung andere Vor- bzw. Nachteile. In Abbildung 5.2d ist eine mögliche Preisentwicklung vereinfacht dargestellt. Mit steigenden Energiepreisen steigt die Gewinnspanne für den Anbieter. Bei stark sinkenden Preisen besteht jedoch das theoretische Risiko, dass die Gewinnzone verlassen und ein Verlust hingenommen werden muss.

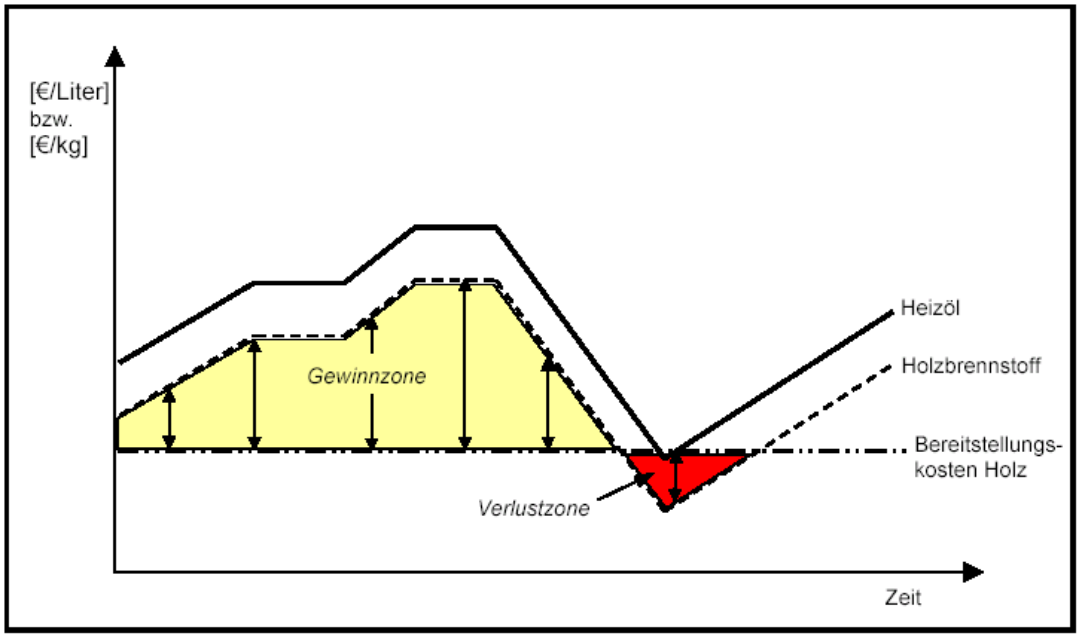



***Abbildung 5.2d*** Preisbindung Holzpreis-Heizölpreisentwicklung, Anbieterseite

Neben der Bindung an den Preis konkurrierender Brennstoffe kann sich ein vertraglich geregelter Preis auch an Lohnkosten (Aufbereitung, Transport), an den Industrieholzpreisen oder an durchschnittlichen Altholzpreisen orientieren.
Mit Hilfe geeigneter Preisgleitklauseln ist es so möglich, den Holzpreis den gegebenen Umständen auf Basis greifbarer Fakten zur Zufriedenheit beider Vertragspartner anzupassen.

Beispiel für Preisgleitklausel:

$$K_{Holz} = x \cdot K_{Waldholz} + (1-x) \cdot K_{Altholz}$$

$$K_{Waldholz} = \left( 0{,}5 \cdot \frac{K_{Industrieholz}}{K_{Basiswert\ Industrieholz}} + 0{,}5 \cdot \frac{Lohnkostenindex}{Lohnkostenindex_{Basis}} \right) \cdot K_{BasiswertWaldholz}$$

Im Beispiel setzt sich der Holzpreis aus den Waldholz- und Altholzpreisen zusammen. Bei der Berechnung des Waldholzpreises wird der aktuelle Industrieholzpreis und die Veränderung der Lohnkosten berücksichtigt. Der Altholzpreis kann über durchschnittliche Preise bestimmt.
Die Entwicklung der Preise für fossile Brennstoffe bzw. für Konkurrenzbrennstoffe ist das entscheidende Maß für die Bildung des Holzpreises. Die Wärmepreise mit denen die Holzenergie konkurrieren muss, werden durch die konventionellen Energieträger bestimmt. Dieser Zustand wird sich kurz- und mittelfristig nicht ändern.
In Verbindung mit den Bereitstellungskosten, unter denen der Holzbrennstoffpreis niemals liegen darf, ergeben sich für Hackschnitzel aus Waldrestholz Preise zwischen 15 und 20 €/Sm³, wobei sich dabei Margen zwischen 1 und 3 €/Sm³ erzielen lassen.
Preisbildungen müssen im konkreten Einzelfall zwischen dem Lieferanten und Abnehmer durchgeführt werden. Die Preisfindung ist dabei frei und unterliegt keinerlei gesetzlichen Bestimmungen oder Vorschriften. Da, wie bereits beschrieben, verschiedenste Faktoren zu berücksichtigen sind, kann die Preisbildung nicht wie marktwirtschaftlich üblich allein aus dem Angebot und der Nachfrage gebildet werden. In den meisten Fällen werden die Brennstoffpreise zwischen dem Lieferanten und dem Heizwerkbetreiber ausgehandelt. In den seltensten Fällen kann der Lieferant die Preise vorgeben.
Grundsätzlich ist es wichtig, dass ein Hackschnitzelliefervertrag[5-1] abgeschlossen wird, der alle wichtigen Kriterien (Menge, Qualität, Preis und Vertragslaufzeit) vertraglich festschreibt.
Für die Abrechnung der Brennstoffe kommen verschiedene Varianten in Betracht. Die Abrechnung der Brennstoffe nach Volumen ist die einfachste Form. Da der Energiegehalt jedoch schwanken kann, können sich hierbei Nachteile für den Heizwerkbetreiber ergeben. Weitere Möglichkeiten sind die Abrechnung nach dem Gewicht der feuchten Holzmasse, der trockenen Holzmasse oder nach der abgegebenen Wärme der Wärmeerzeugungsanlage. Hierbei sollte im Einzelfall nach der für beide Seiten günstigsten und einfachsten Alternative gesucht werden.

[5-1] Beispiel im Anhang 10m

## 5.3 Prognose der Preisentwicklung

- ***Entwicklung der Preise für Konkurrenzbrennstoffe***

Die Abbildung 5.3a zeigt die Entwicklung des Rohölpreises der letzten 150 Jahre. Die Rohölpreise reagieren stark auf weltweite Ereignisse (Kriege, wirtschaftliche Krisen etc.). Die Verknappung der Ressourcen wird in Zukunft zu weiteren Auseinandersetzungen um die verbleibenden Rohöl- und Erdgasvorräte führen.

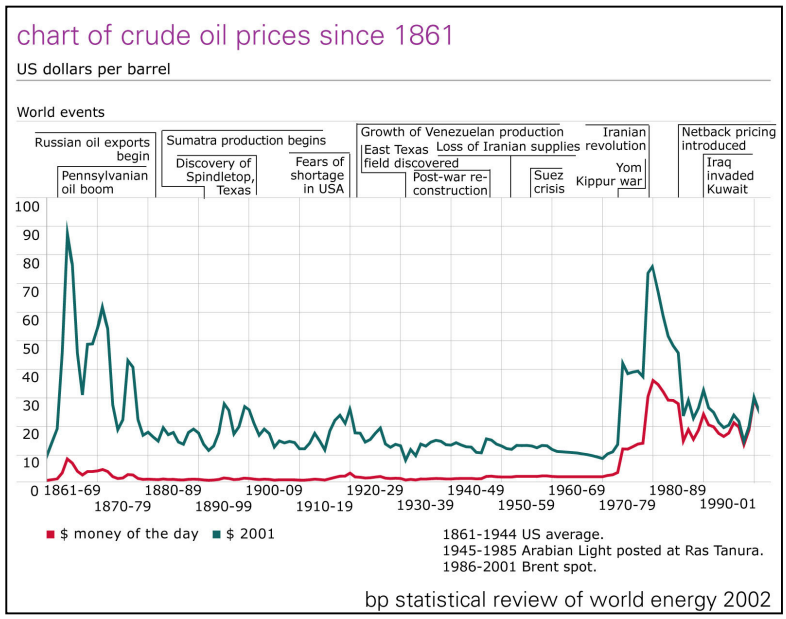
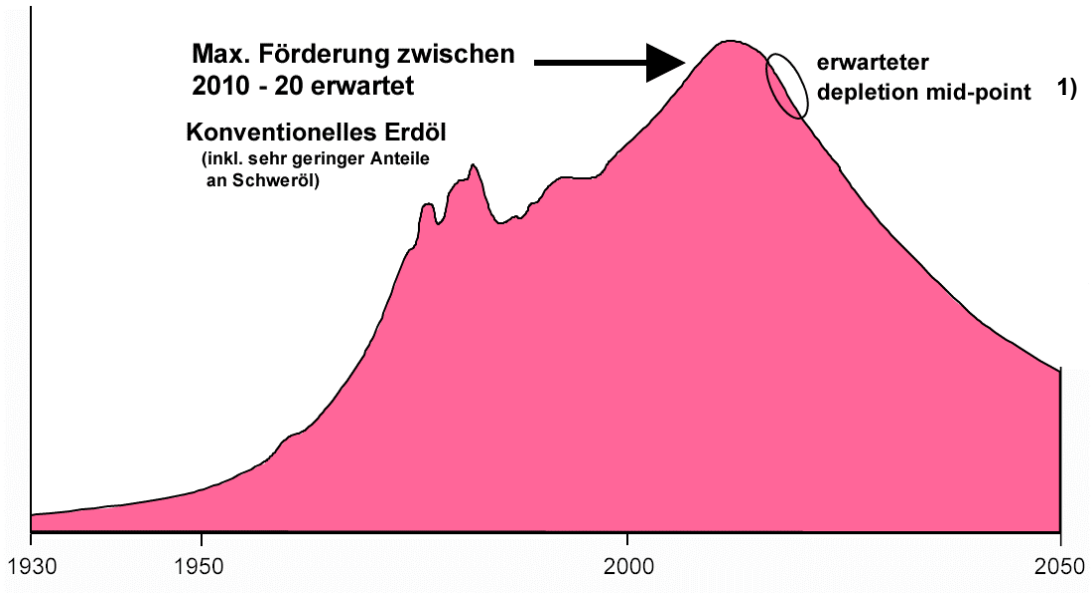



***Abbildung 5.3a*** Entwicklung des Rohölpreises seit 1861
Quelle: [BP02]

Die tägliche Erdölförderung betrug im Jahr 2001 rund 75 Mio. Barrel (1 Barrel = 159 Liter). Die bekannten Ölreserven umfassten Ende 2001 ca. $1049 \cdot 10^3$ Mio. Barrel. Bei gleichbleibender Fördermenge würden diese Vorkommen also in etwa 40 Jahren erschöpft sein. Verschiedene Prognosen gehen jedoch davon aus, dass sich der Weltenergieverbrauch in den nächsten Jahren, vorrangig durch die steigende Weltbevölkerung, drastisch erhöhen wird. So geht eine Studie des Unternehmens *„Shell“* davon aus, dass sich der „Energiehunger“ in den nächsten 50 Jahren verdreifachen wird. Hauptursache dafür sieht die Studie in der wachsenden Weltbevölkerung (Anstieg von 6 auf 10 Milliarden Menschen) und im Nachholbedarf der Entwicklungs- und Schwellenländer. Ausgehend von diesem Szenario wird deutlich, dass die Erdölreserven, trotz der Entdeckung neuer Vorkommen und der Nutzung nicht-konventioneller Quellen (Schweröle), in Verlauf des 21. Jahrhunderts erschöpft sein werden.




1) „hälftige Vorratserschöpfung", Hälfte der Vorräte gewonnen

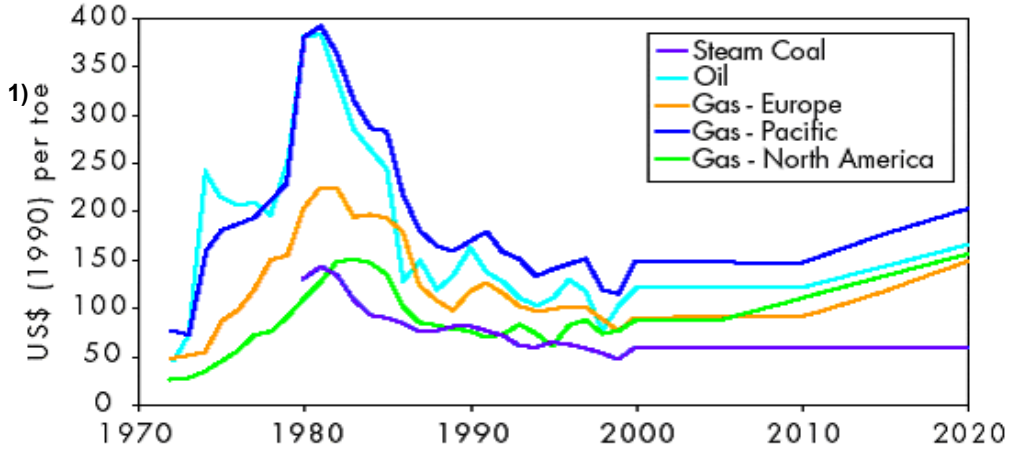
***Abbildung 5.3b*** Weltweite Erdölproduktion 1930-2050
Quelle: nach Udall und Andrews, 1999

Bereits im zweiten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts wird die maximale jährliche Erdöl-Fördermenge erreicht, kurz darauf wird die Hälfte aller Reserven verbraucht sein. Diese Entwicklung wird einen weiteren Anstieg der Rohölpreise zur Folge haben.
Der Energieträger Erdgas wird in den nächsten Jahren einen weiteren Aufschwung erleben, weil er im Vergleich zum Erdöl eine umweltfreundlichere Alternative darstellt. Die sicher gewinnbaren Reserven reichen nach Angaben des *BP Statistik Report 2002* für ca. 60 Jahre.
Wie sich die Weltmarktpreise für Rohöl und Erdgas in den nächsten Jahrzehnten entwickeln, wird in erster Linie von der geopolitischen Situation abhängen. Die Vorräte von Erdgas- und öl sind in wenigen Gebieten der Welt konzentriert. 36 % der Erdgasreserven liegen im Mittleren Osten, ebensoviel in den Staaten der ehemaligen Sowjetunion. Noch eindeutiger sind die Zahlen der Erdölreserven, von denen 66 % in den Gebieten des Nahen und Mittleren Ostens liegen.
Der Zugang zu den vorhandenen Reserven wird zu einem wichtigen Politikum des 21. Jahrhunderts werden. Immer mehr Menschen greifen auf immer geringere Reserven zu. Konflikte und kriegerische Auseinandersetzungen werden die Folge dieser Entwicklung sein. Bereits heute werden von den Industriestaaten hohe Summen für die (militärische) Sicherung und den freien Zugang auf die Energie-Reserven ausgegeben. Sekundäre Kosten, die heute noch nicht unmittelbar in den Energiepreis einfließen. Eine „Subvention" gegen die die Förderung der erneuerbaren Energien marginal erscheint.

Annahmen über die künftigen Entwicklungen im Energiebereich zu formulieren, sind immer mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Hauptfehlerquellen betreffen die makroökonomischen Bedingungen, Angebot und Kosten fossiler Energieträger, Energie- und Umweltpolitik (einschließlich Liberalisierungs- und Klimaänderungsmaßnahmen), die Rolle der Kernenergie und die Entwicklungen in der Energietechnologie. Das Wirtschaftswachstum hat den bei weitem größten Einfluss auf die Energieverbrauchstrends und stellt somit einen besonders schwerwiegenden Unsicherheitsfaktor dar. Infolge der engen Beziehung zwischen Energieverbrauch und Wirtschaftstätigkeit ziehen Abweichungen vom angenommenen wirtschaftlichen Wachstumspfad relativ berechenbare Effekte auf den Energieverbrauch nach sich. Weitere Unsicherheiten resultieren aus staatlichen Initiativen, insbesondere im Zusammenhang mit Umweltzielen, wie etwa der Begrenzung von $CO_2$-Emissionen.
Eine Prognose über die Entwicklung der Preise abzugeben ist daher kompliziert. Grundsätzlich kann bei einer solchen Prognose von 2 verschiedenen Szenarien ausgegangen werden.

***Szenario 1:*** Hauptsäulen der zukünftigen Energieversorgung bleiben die fossilen und nuklearen Energieträger. Die Energiepreise steigen rasant, da das Angebot und die Nachfrage weiter auseinander driften.

***Szenario 2:*** Erneuerbare Energiequellen werden kontinuierlich ausgebaut, Energieeffizienzmaßnahmen sorgen für einen Rückgang des PEV, trotz steigender Weltbevölkerung und wachsenden Wohlstandes. Die Energiepreise für fossile Energieträger steigen kontinuierlich an, da die Kosten für die Förderung und die Verteilung wachsen. Fossile Energieträger haben nur noch spezielle Anwendungsfelder. Aus anderen Bereichen (Wärmeversorgung) sind sie weitestgehend verdrängt.




1) toe = Tonnen Öleinheiten, 1 toe = 11.630 kWh

***Abbildung 5.3c*** Energiepreisentwicklung bis 2020
Quelle: [WEO00]

Die Abbildung 5.3c zeigt eine prognostizierte Energiepreisberechnung der Internationalen Energie Agentur (IEA) die Im Rahmen des „World Energy Outlook 2000“ durchgeführt würde. Nach dieser Berechnung ist im 2. Jahrzehnt des Jahrhunderts mit einem kontinuierlichen Anstieg der Energiepreise zu rechnen. Die Zahlen der IEA basieren jedoch auf den Annahmen, dass die Förderung der Energie zu annähernd konstanten Preisen möglich und das die Deckung des steigenden Energiebedarfs mit den gegebenen Möglichkeiten problemlos ist.
Bei Betrachtung der folgenden Zahlen des Statistischen Bundesamtes über die Preisentwicklung der Endenergie in der BRD der letzten 6 Jahre bestätigt sich, dass die derzeitige Hochpreisphase ein anhaltender Zustand sein wird.

| **Preisentwicklung ausgewählter Energieträger[1]; 1995 = 100** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Jahres-durchschnitt | Steinkohlen-briketts[2] | Heizöl leicht[3] | Superbenzin[4] | Erdgas[5] | Strom[6] |
| 1996 | 101,5 | 117,9 | 104,1 | 98,1 | 92,4 |
| 1997 | 102,6 | 120,6 | 107,2 | 102,5 | 92,7 |
| 1998 | 103,9 | 100,1 | 102,1 | 103,6 | 93,9 |
| 1999 | 102,1 | 119,6 | 108,9 | 100,4 | 100,1 |
| 2000 | 108,3 | 183,5 | 128,1 | 119,4 | 95,5 |
| 2001[7] | 109,7 | 175,0 | 129,7 | 148,5 | 98,9 |

1) bis 1998 alte Bundesländer
2) bei Annahme von 1000 kg frei Keller
3) bei Abnahme 3000 l
4) Bleifreie Markenware bei Selbstbedienung (1990 = 100)
5) Grund- und Arbeitspreis bei 2300 kWh
6) Verbrauch 200 kWh je Monat, Grund- und Arbeitspreis
7) Vorläufige Werte

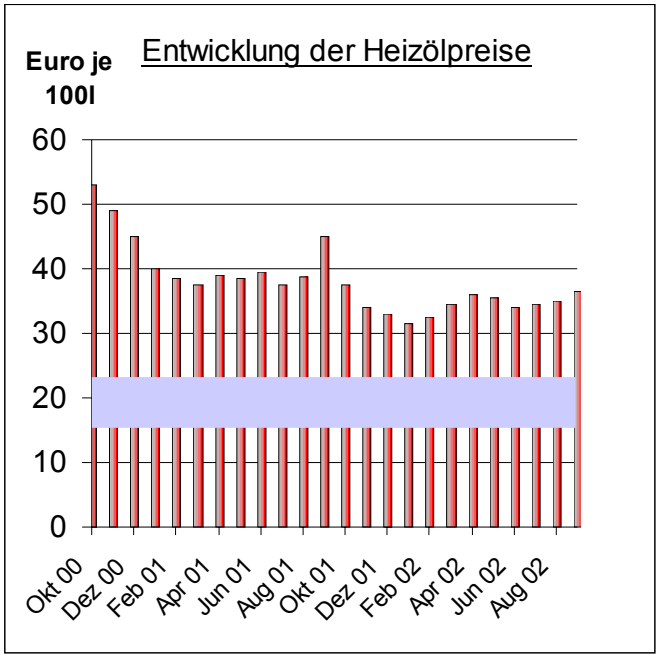
***Tabelle 5.3a*** Preisentwicklung ausgewählter Energieträger
Quelle: [Statistisches Bundesamt]

- ***Entwicklung der Holzbrennstoffpreise***

Ganzheitliche Preisuntersuchungen über die Entwicklung von Holzbrennstoffpreisen liegen in Deutschland nicht vor. Daher ist die Abgabe einer Prognose über die zukünftige Entwicklung der Energieholzpreise schwierig. Die Preisgestaltung ist, im Gegensatz zu den fossilen Konkurrenzbrennstoffen, regional sehr unterschiedlich.
Erfahrungen aus Ländern in denen die Nutzung von Holzenergie einen höheren Stellenwert einnehmen zeigen jedoch, dass die Preise für Brennstoffe in den letzten Jahren kontinuierlich abgenommen haben. So sind die Preise für Hackschnitzel in Finnland zwischen 1982 und 1999 im Durchschnitt um 40 % zurückgegangen. Diese günstige Entwicklung ergibt sich aus den folgenden Fakten:

- Entwicklung der Holzernte- und Transportgeräte und Anschaffungssysteme
- Entwicklung der Transportlogistik
- Größere Ernteoperationen
- Übergang von entastetem Rundholz zu preiswerten Ganzbäumen und zum Schlagabraum

Finnland betreibt zudem eine kontinuierliche Förderpolitik um den Einsatz von Energieholz weiter zu forcieren.
Viele der Entwicklungstendenzen lassen sich auf die Situationen in Deutschland übertragen, wenn der Ausbau der Holzenergienutzung in den nächsten Jahren durch die verschiedensten Maßnahmen weiter vorangetrieben wird.




← Kostenspektrum in € für
300 kg Hackschnitzel, feucht, frei Heizwerk
(Energie-Äquivalent von ca. 100 l Öl)

***Abbildung 5.3d*** Entwicklung Heizölpreise im Vergleich Hackschnitzel

Können die entscheidenden Kostenfaktoren wie in Finnland reduziert werden, so ist es möglich die Brennstoffpreise zu senken oder zumindest auf einem konstanten Niveau zu halten. Dazu ist eine Optimierung der Bereitstellungskette inkl. Transport und Aufbereitung das wichtigste Ziel.
Der Kostenvorteil, der sich gegenüber den Konkurrenzbrennstoffen Erdgas und Heizöl ergibt ist somit in Zukunft sicher aufrecht zu erhalten. Selbst bei einem Anstieg der Holzbrennstoffpreise ist parallel mit einem stärkeren Anstieg der fossilen Brennstoffpreise zu rechnen.

- ***Entwicklung der Industrieholzpreise***

Die Abbildung 5.3e zeigt die Entwicklung der Energieholzpreise im Bereich des Forstamtes Mettmann. Die Entwicklung ist relativ stabil. Saisonale Ereignisse (z.B. Wetterereignisse) führen zu Preisschwankungen. Beim Nadelholz ist ein anhaltender negativer Trend zu erkennen.

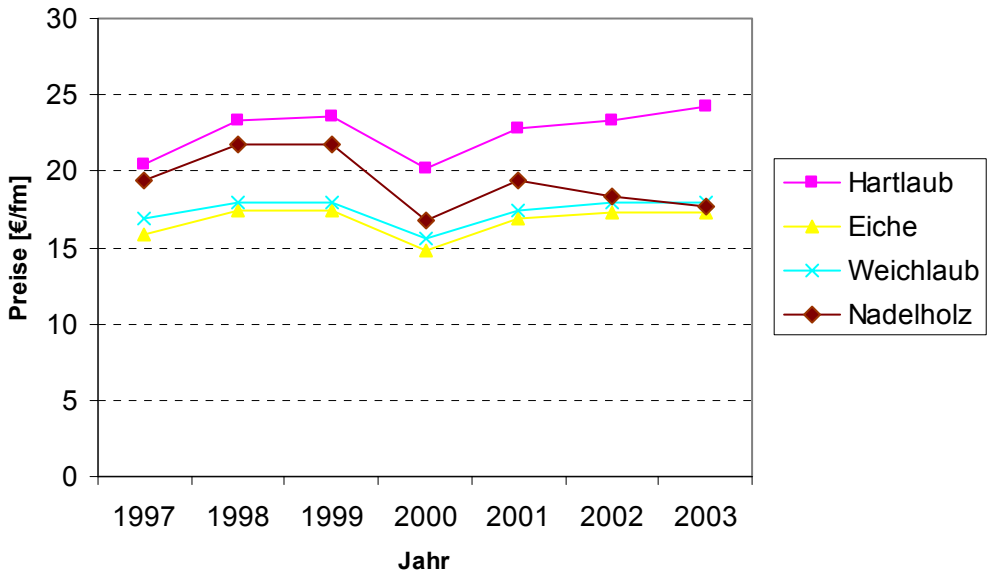



***Abbildung 5.3e*** Entwicklung der Industrieholzpreise 1997-2003

Der Anstieg der Löhne und Gehälter für Arbeiter in Körperschaftswäldern und die gestiegenen Maschinenkosten haben dazu geführt, dass mit den Erlösen aus dem Verkauf des Industrieholzes die entstehenden Bereitstellungskosten immer schlecher gedeckt werden können. Das hat dazu geführt, dass große Mengen des Holzes bereits zu negativen Erlösen gewonnen und vermarktet werden. Die Nutzung des Holzes als Energieholz kann also eine Alternative darstellen.

## 5.4 Regionale Wertschöpfung durch Energieholznutzung

Im Jahr 2001 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 8,2 Mrd. € [ZSW] mit erneuerbaren Energien umgesetzt. Davon wurden etwa 5 Mrd. € in den Bau neuer Anlagen investiert und 3 Mrd. € durch den Anlagenbetrieb erwirtschaftet. Allein in Nordrhein-Westfalen sind ca. 2.000 Betriebe mit 10.000 Beschäftigten im Bereich der erneuerbaren Energien tätig.
Der Bereich Biomasse hat einen Anteil am Gesamtumsatz von ca. 30 %. In Biomasse(heiz-)kraftwerke wurden ca. 220 Mio. € und in Festbiomasse-Kleinstanlagen ca. 940 Mio. € investiert. In Verbindung mit dem Anlagenbetrieb biogener Festbrennstoffe (überwiegend Holz) wurden ca. 350 Mio. € umgesetzt.
Diese Zahlen verdeutlichen, welche ökonomische Bedeutung der Ausbau der regenerativen Energien für den Standort hat.
Etwa 80 % des in Deutschland benötigten Naturgases und 98 % des Erdöls müssen importiert werden. Diese Abhängigkeit hat zur Folge, dass der Volkswirtschaft jährlich große Summen entzogen werden. Da Deutschland eine starke Exportwirtschaft betreibt, fließt ein bestimmter Teil in den Kreislauf zurück. Andere bleiben jedoch für den Wirtschaftskreislauf unweigerlich verloren. Die verstärkte Nutzung des einheimischen Energieträgers Holz, kann zur Reduzierung dieser hohen Importquote beitragen. Vom zur Energiebeschaffung eingesetzten Kapital fließen ca. 80 % in andere Regionen ab, nur 20 % verbleiben im eigenen Land. Bei der Nutzung biogener Energieträger kehrt sich dieses Verhältnis um.
Die Abbildung 5.4a zeigt eine vereinfachte Gegenüberstellung der Wertschöpfungskette für den Energieträger Holz und Heizöl. Sie macht deutlich, dass der Energieträger Heizöl für die Region des Bergischen Städtedreiecks wenig Wertschöpfungspotenzial birgt. Im Gegensatz dazu steht die Möglichkeit den heimischen Rohstoff Holz zu nutzen. Hier lassen sich in den verschiedenen Schritten der Bereitstellung Wertschöpfung generieren, die im regionalen Kreislauf verbleibt.

Die Nutzung biogener Energieträger ist ein Schritt zur Dezentralisierung des Energiemarktes. Sie können somit vor allem zur regionalen Wertschöpfung beitragen. Investitionen in den Bereich der Biomassenutzung schaffen regional 5 mal mehr Arbeitsplätze als vergleichbare Investitionen in fossile Energiesysteme [Untersuchung des Österreichischen Biomasseverbandes].

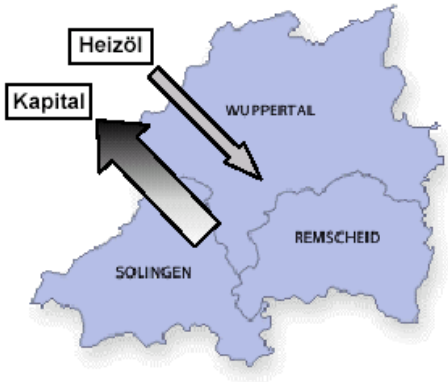
| Vereinfachte Wertschöpfungskette Energieholz <> Heizöl | | |
|---|---|---|
| | ***Energieholz*** | ***Heizöl*** |
| Vorrat | privater und kommunaler Waldbesitz, Staats- und Bundeswald | Ölkonzerne, Ölscheichs<br>R/S/W: keine Vorkommen |
| Gewinnung | Fällen und Rücken<br>R/S/W: Forst- und Waldarbeiter | Erdölquellen (98 % Import)<br>R/S/W: keine Vorkommen |
| Transport | Transport vom Wald zu Aufbereitung<br>R/S/W: Containerdienste, Landwirtschaft, Maschinenringe | Schifftransport, Pipelinetransport zu Umschlagplätzen (z. B. Rotterdam)<br>R/S/W: keine Wertschöpfung |
| Aufbereitung | Hacken, Pelletieren, Spalten der Holzfraktionen<br>R/S/W: Forstdienstleitungsunternehmen, Landwirte, Forstämter, Holzenergiehof | Weiterverarbeitung in Raffinerie zu höherwertigen Produkten (z.B. Gelsenkirchen, Köln)<br>R/S/W: keine Wertschöpfung |
| Lagerung | Lagerung und Trocknung der Holzbrennstoffe<br>R/S/W: Forstdienstleistungsunternehmen, Landwirte, Forstämter, Holzenergiehof | Transport und Lagerung zu zentralen Verteillagern<br>R/S/W: keine Wertschöpfung |
| Transport | Transport zum Endkunden<br>R/S/W: Containerdienste, Landwirtschaft, Maschinenringe | Transport zum Endkunden<br>R/S/W: Mineralölhandel (ca. 45 Unternehmen) |
| Schema | |  |

***Abbildung 5.4a*** Vereinfachte Wertschöpfungskette Energieholz <> Heizöl

Folgende Akteure können in verschiedenster Art und Weise von der Energieholznutzung profitieren:

- *HKL-Handwerksunternehmen:* Installation, Wartung und Reparatur der Heizungsanlagen
- *Ofenbauer:* Entwicklung, Konstruktion und Verkauf von Holzheizungen, Know-how Bereitstellung. Entwicklung benötigter Peripherie (Lagerung, Beschickung etc.)
- *Logistikunternehmen:* Transport, evtl. Lagerung und Aufbereitung des Energieholzes. Bessere Auslastung vorhandener Maschinen.
- *Forst- und Landwirtschaftsbetriebe:* Ernte, Aufbereitung und Verkauf des Energieholzes, Betrieb eigener Anlagen mit Verkauf und Eigennutzung der erzeugten Wärme.

- *Maschinen- und Werkzeugbaubetriebe:* Herstellung von Ernte- und Aufbereitungsmaschinen (Pelletpressen, Hacker, Ernter etc.)
- Ingenieurbüros: Planung von Versorgungsanlagen, Baubegleitung
- Energieversorger: Anbieten neuer Energiedienstleistungen (Contracting), Verkauf neuer Brennstoffe (Pellets etc.).
- *GaLa Bau, holzverarbeitende Industrie, Kommunen:* Profitieren durch Entsorgungserlöse, d.h. Brennstoff muss nicht teuer entsorgt werden.

Innerhalb der Region müssten Investitionen in Feuerungsanlagen, in die Logistik, in Aufbereitungsanlagen getätigt werden. Bei einer spez. Investitionssumme von etwa 500 €/kW und einer angenommenen Gesamtfeuerungsleistung von 1,5 MW/a, ergibt sich ein Investitionsvolumen von 0,75 Mio. €/a.

Ausgehend von dem ermittelten Energieholzpotenzial mit einem durchschnittlichen Energiegehalt von 167.000 MWh/a [107.000 MWh/a][5-2] könnten hiermit jährlich 16 [11] Mio. Liter Heizöl bzw. etwa 17 [11] Mio. m³ Erdgas substituiert werden. Bei Energiepreisen von 0,35 €/ Liter HE bzw. 5 Cent/kWh$_{Erdgas}$ entspricht dies einem Gegenwert von 5,6 [3,8] Mio. € bzw. 8,3 [5,3] Mio. €. Davon fließen derzeit 80 % aus der Region ab. Dieses Kapital könnte dem regionalen Wirtschaftskreislauf erhalten bleiben.

Neben der regionalen Wertschöpfung im ökonomischen Sinne vermag die Nutzung einheimischer Energieträger auch die Identifikation der Menschen mit der Region zu stärken. Sozusagen entsteht hier eine regionale soziale Wertschöpfung.

Im Sinne „aus der Region – für die Region“ lässt sich eine Akzeptanz für den Energieträger Holz bei den Menschen herstellen. Der Bezug zu einem Brennstoff der „vor der eigenen Haustür“ gewonnen wird, ist unmittelbarer, als der zu global gewonnenen, fossilen Energieträgern. Energieholz ist fass- und greifbar. Begriffe wie Energieverbrauch und der Endlichkeit der Ressourcen werden für den Einzelnen verständlicher, wenn die Energieressource „Wald“ täglich wahrgenommen werden kann.

Das Verhältnis zu und der Umgang mit Energie und den natürlichen Ressourcen unserer Umwelt wird durch die Nutzung einheimischer erneuerbarer Energieträger positiv beeinflusst.

[5-2] [...] ohne Sägewerksrestholz, da Aufkommen außerhalb der Region

# 6 Chancen und Risiken eines Holzenergiehofes

## 6.1 Aufgaben und Ziele eines Holzenergiehofes

Die Schnittstelle zwischen der Erzeugung bzw. Ernte und dem Verbraucher bzw. der Konversionsanlage ist derzeit noch eine der Schwachstellen in der Bereitstellungskette von Holzbrennstoffen.

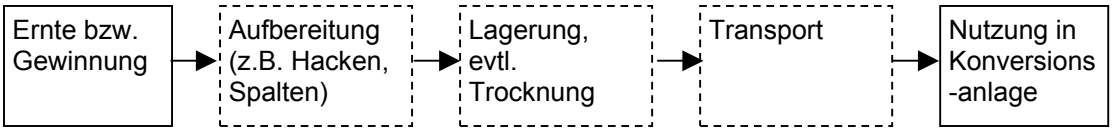



***Abbildung 6.1a*** Bereitstellungskette Holzbrennstoffe

Die Abbildung 6.1a zeigt eine vereinfachte Darstellung der Bereitstellungskette von Holzbrennstoffen. Hierbei ist zu beachten, dass der dargestellte Ablauf keine festgelegte Struktur besitzt. Die zwischengelagerten Arbeitsschritte (hier gestrichelt dargestellt) können in ihrer Abfolge variieren. So ist z.B. die Aufbereitung zu Hackschnitzel direkt nach der Ernte im Wald möglich oder nach dem Transport zu einem Sammelplatz; die Lagerung kann direkt vor Ort an der Konversionsanlage erfolgen oder wiederum an einem zentralen Sammelplatz.
Die Bereitstellungskette ist so zu organisieren und auszuführen, dass ein qualitativ hochwertiger Brennstoff bei minimalen Kosten entsteht.
Die Betreiber von Holzfeuerungsanlagen benötigen für den optimalen Betrieb ihrer Anlage eine Garantie über eine gesicherte Lieferung von benötigten Brennstoffmengen bei konstanter, vereinbarter Brennstoffqualität.
Um u. a. auch die Privatwaldbesitzer mit kleinem Waldbeständen mit in die Brennstoffbereitstellungskette einbinden zu können, ist eine Bündelung auf Anbieterseite notwendig. Diese Bündelung bringt auch dem Abnehmer einen Nutzen, da dieser bei einer zentralen Stelle zu stabilen Preisen die benötigten Brennstoffmengen beziehen kann.
Der Privatwaldanteil im Untersuchungsgebiet ist mit 44 % recht hoch. Durch die Einrichtung eines Holzenergiehofes könnten die verschiedenen Holzfraktionen der vielen verschiedenen Akteure gebündelt und für eine energetische Nutzung zur Verfügung gestellt werden.

In welchem Kontext könnte ein Holzenergiehof zur Bereitstellung von Holzenergieträger stehen?! Dazu muss die allgemeine Komplexität eines Holzenergie-Nutzungskonzeptes erläutert werden. Der Weg vom Holz aus dem Wald bis zur Nutzwärme z.B. im Wohnbereich ist ein langer, verschachtelter Weg der von vielen Akteuren begleitet und geebnet wird. Die Abbildung 6.1b zeigt die mögliche Einbindung eines Holzenergiehofes in die Struktur der beteiligten Akteure.

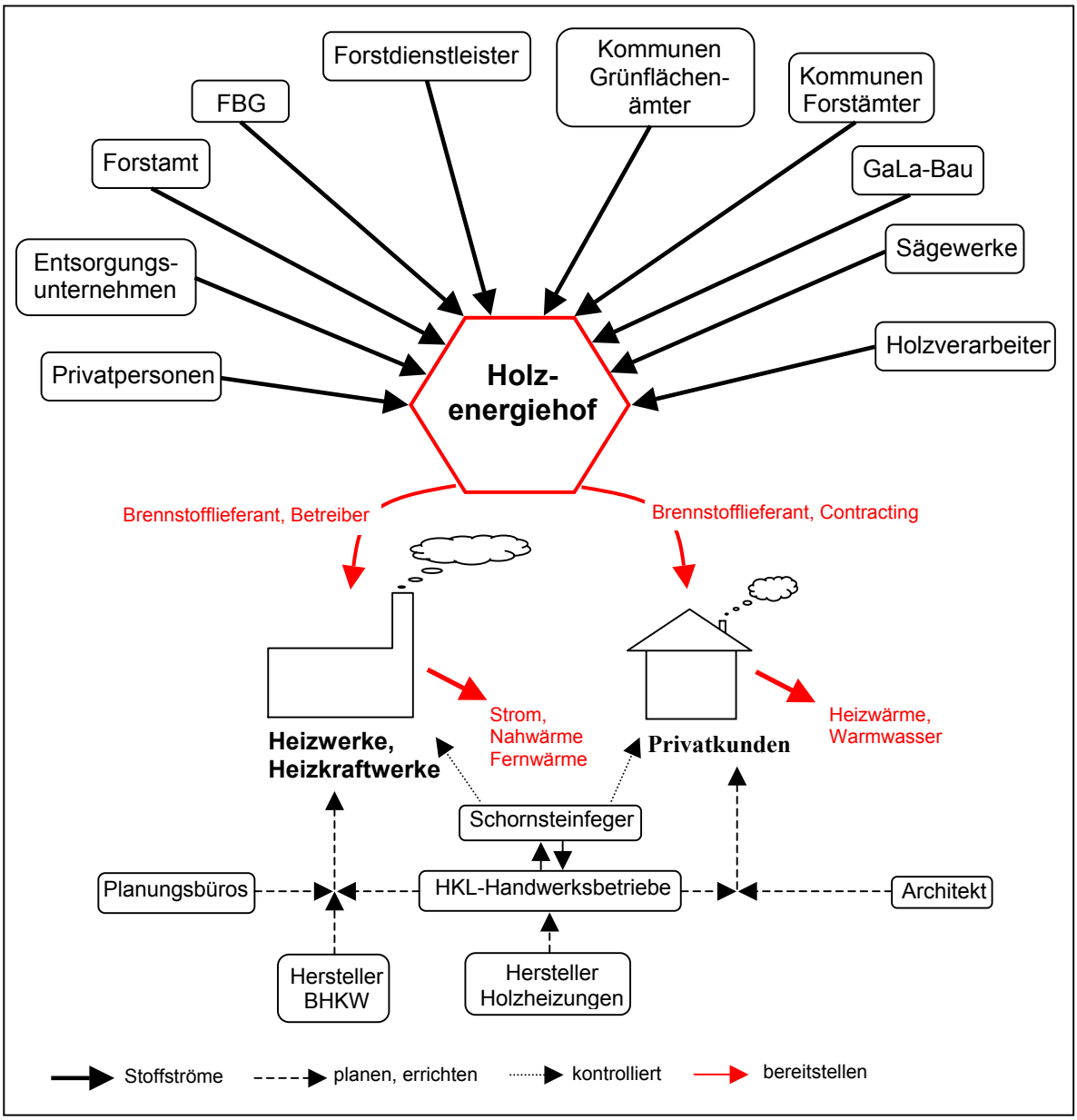



***Abbildung 6.1b*** Struktur eines Holzenergie-Nutzungskonzeptes mit HEH

An der Bereitstellung und der Nutzung von Holzbrennstoffen sind eine Vielzahl von Akteuren beteiligt. Ein Holzenergiehof kann eine zentrale Schnittstelle zwischen der Erzeugung und der anschließenden Nutzung bilden. Dabei können folgenden Aufgaben und Dienstleistungen angeboten werden:

- *Produktion, Lagerung und Vertrieb von Holzbrennstoffen.* Die genannten Aufgaben sind das primäre Ziel des Holzenergiehofes. Potenzielle Holzlieferanten (siehe Abbildung 6.1b) liefern Holzfraktionen verschiedener Konfektion an den HEH. Aus den verschiedenen Fraktionen werden anschließend unterschiedlichste Holzbrennstoffe (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets, Briketts, Holzkohle) hergestellt. Der HEH hält zur Lagerung und gleichzeitiger Trocknung entsprechend große Lagerflächen (-hallen) bereit. Der Vertrieb der produzierten Brennstoffe erfolgt mit eigenen Fahrzeugen oder ein externes Logistik- und Transportunternehmen wird mit dieser Aufgabe beauftragt. Zusätzlich besteht für Selbstabholer die Möglichkeit Brennstoffe vor Ort zu beziehen.
- *Verleih von Häckslern zur Hackschnitzelherstellung*
- *Verleih und Reparatur von forstwirtschaftlichen Geräten*
- *Betrieb eigener Energieerzeugungsanlagen (extern/intern)*
  Zur Trocknung der Holzbrennstoffe und Beheizung der eigenen Betriebsflächen oder zur Versorgung anderer Objekte.
- *Anbieten von Contracting-Leistungen*
- *Ausbildung von Hilfspersonal im Forstwesen*
- *Anbieten von Forstdienstleistungen*
  Zur besseren Ausnutzung des eigenen Maschinenparks können zusätzlich Forstdienstleistungen und Baumdienstleistungen angeboten werden.
- *Ausbildung und Information von HKL-Betrieben*
- *Informationsveranstaltungen zum Thema Holzenergie*
- *Kooperation mit Heizungsherstellern*
  Verbesserung der Verbrennungseigenschaften durch Erfahrungen mit dem Umgang mit Brennstoffen unterschiedlichster Qualität und Eigenschaften.
- *Errichtung weiterer Sammelhöfe für Holzenergieträger in der Region*

## 6.2 Anforderungen an den Standort und die Infrastruktur

Folgende Kriterien sind an den Standort eines Holzenergiehofes zu stellen

- *es muß eine größere Betriebsfläche für Lagerung der angelieferten und verarbeiteten Holzfraktionen zur Verfügung stehen. Diese sollte aufgrund des Transportaufwandes und der Lärmemissionen der Arbeitsmaschinen möglichst in einem Gewerbe- oder einem Mischgebiet liegen*
- *der Holzenergiehof sollte relativ zentral im Absatzgebiet angesiedelt werden, um Transportkosten gering zu halten*
- *es muß eine günstige Verkehrsanbindung vorliegen. Auch größere LKW zur Anlieferung und Abfuhr der Holzfraktionen müssen den HEH erreichen können*
- *in unmittelbarer Nähe des Holzenergiehofes sollten potenzielle Absatzmöglichkeiten für die produzierten Brennstoffe oder für eine direkte Wärmeversorgung aus einer eigenen Konversionsanlage am HEH-Standort vorhanden sein*

Als Standorte kommen bereits bestehende Kompost- und Mulchanlagen oder Wertstoffsammelhöfe in Betracht, falls ausreichend Erweiterungsfläche zur Verfügung steht.

- Kompostier- und Mulchanlage EBS Solingen, derzeit Focherstraße (Anbindung Schulzentrum Vogelsang, Städt. Klinikum), eine Verlagerung des Betriebs zur Deponie „Bärenloch“ ist geplant
- Lebenshilfe Gärtnereibetrieb , Bonner Straße (Anbindung St. Lukas Klinik, St. Josef Altenheim, Stadtverwaltung Bonner Str., in Planung!)
- Deponie Remscheider Entsorgungsbetriebe, Solinger Straße (Anbindung Altenheim, Realschule Gruner Straße)

## 6.3 Erforderliche Ausstattung eines Holzenergiehofes

Um die unter 6.1 genannten Holzbrennstoffe und Dienstleistungen anbieten zu können ist folgende Ausstattung des Holzenergiehofes notwendig:

- *Aufbereitungsanlagen für die angelieferten Holzfraktionen*
- *Lager- und Trocknungsmöglichkeiten für die angelieferten und aufbereiteten Holzfraktionen*
- *eigene Konversionsanlage für Trocknung der Brennstoffe und Wärmecontracting*
- *Fahrzeugpark*

*Aufbereitungsanlagen*

Zur Herstellung von Hackschnitzeln aus den angelieferten Hölzern können prinzipiell schnelllaufende Hacker und Schredder oder langsamlaufende Zerspaner verwendet werden. Die Hacker unterteilen sich zudem in Trommel-, Scheiben- und Schneckenhacker. Während Schredder und Zerspaner vorwiegend für die Verarbeitung von Holzresten und –abfällen eingesetzt werden, werden Hacker aufgrund der notwendigen geordneten Zuführung zur Verarbeitung von Stämmen und Ästen verwendet.

Der Leistungsbereich der Schneckenhacker liegt dabei zwischen 5 und 40 Sm³ Hackschnitzeln pro Stunde bei einer maximalen Holzstärke von 160 bis 270 mm. Nachteilig ist, daß die Hacklänge nicht einstellbar ist. Sie richtet sich nach der Steigung der Schneckenwindungen, die im Bereich von 20 bis 80 mm liegt.

Scheibenhacker sind in einem Leistungsbereich von 2 bis 60 Sm³ Hackschnitzeln pro Stunde erhältlich. Die Hacklängen sind einstellbar (4 bis180 mm). Die maximalen zu verarbeitenden Holzstärken liegen zwischen 100 und 300 mm.

Den größten Leistungsbereich decken Trommelhacker ab. Sie sind in einem Bereich zwischen 15 und 100 Sm³ Hackschnitzel pro Stunde erhältlich und erlauben zudem die Verarbeitung von Holzstärken zwischen 18 bis hin zu 450 mm. Auch bei den Trommelhackern läßt sich die Hacklänge einstellen (5 bis 80 mm).

Da Schredder keine Schneidwerkzeuge besitzen, können in ihnen auch Steine und Metalle verunreinigte Rohmaterialien verarbeitet werden, das stark zersplitterte Hackgut ist im Frischzustand aber einem schnelleren biologischen Abbau unterworfen. Schredder werden deshalb in erster Linie zur Aufbereitung von Mulch und Kompostsubstrat eingesetzt.

Zerspaner können hingegen gut zur Aufbereitung von sperrigen Abfallhölzern wie beispielsweise Paletten verwendet werden, da sie ebenfalls einen hohen Anteil an Störmaterialien tolerieren und durch ihren langsamen Lauf die Drehrichtung zur Störbeseitigung schnell gewechselt werden kann.

Für die Herstellung von Brennholzscheiten in kleineren Stückzahlen sind kombinierte Säge- und Spaltmaschinen erhältlich. Die Rundhölzer (bis ca. 300 mm Durchmesser) werden in zwei Arbeitsschritten zu fertigen Kaminholz verarbeitet. Hierzu werden die Hölzer über einen einstellbaren Anschlag erst auf die gewünschte Scheitholzlänge gesägt und darauffolgend über ein Spaltkreuz gespalten. Zur Bedienung der Maschinen wird ein Arbeiter benötigt, der für das Nachführen des Rundholzes sorgt und das Sägeblatt bedient. Das Spalten und der Abtransport der Scheite erfolgt automatisch über ein Förderband. Je nach Arbeitsgeschwindigkeit können so 6 bis 10 fm stündlich aufbereitet werden.

Für die Herstellung von Holzpellets und –briketts sind in erster Linie drei Maschinentypen erhältlich.
Die Brikettierung erfolgt meist über Kolbenstrangpressen, in denen das zu verpressende Gut, teils über eine Zufuhrschnecke vorverdichtet, einem Presskanal zugeführt wird. Im Presskanal wird das Material mittels eines Kolbens gegen bereits verdichtetes Material gepresst, so daß ein verdichteter Materialstrang im Kanal entsteht, der nach Austritt aus dem Kanal je nach verwendeter Maschine entweder aufgrund seines Eigengewichtes bricht oder auf eine bestimmte Länge gebrochen wird. Die vom Durchmesser des Presskanals abhängigen Brikettdurchmesser liegen üblicherweise zwischen 50 und 70 mm. Das Leistungsspektrum der Kolbenstrangpressen liegt zwischen 25 und 1.800 kg pro Stunde.
Zur Herstellung von Holzpellets werden meist Kollergangpressen eingesetzt, in denen durch Rollen (sogenannte Koller) das zerkleinerte Pressgut durch eine Matrize gedrückt wird. Die Leistung der Presse ist vom Feinheitsgrad des Pressgutes und der Größe der verwendeten Matrize abhängig und liegt zwischen 3 und 8 t/h.
Erhältlich sind auch Zahnradpressen, in denen die Verpressung über zwei gegenläufig rotierende Zahnrädern erfolgt. Das Pressgut wird dabei über eine Schnecke vorverdichtet und den Zahnrädern zugeführt und aufgrund der gegenläufigen Rotation durch eine Preßlingsform ins Innere des Zahnrades gepresst, wo die Presslinge durch ein Abschermesser auf Länge geschnitten werden. Die üblichen Durchsatzraten von Zahnradpressen liegen zwischen 3 und 7 t/h.

Da Pelletierpressen vorzerkleinertes Pressgut benötigen, werden zur Vermeidung eines Produktionsschrittes meist Sägespäne zur Preßlingsherstellung verwendet.

*Lagerflächen und Trocknung*

Zur Zwischenlagerung der angelieferten frischen Holzfraktionen und hergestellten Brennstoffe sind entsprechende offene und überdachte Lagerflächen auf dem Betriebsgelände vorzuhalten.
Um eine bestimmte Qualität an Brennstoffen, insbesondere an Hackschnitzeln, anbieten zu können, ist zudem eine teilweise Trocknung des Hackgutes notwendig.
Die Trocknung der Hackschnitzel hat die Vorteile:

- *verbesserte Verbrennungseigenschaften und höherer Energiegehalte*
- *Verringerung von Pilzsporen*
- *Verringerung von Transportkosten*

Die Trocknung im Lager kann dabei natürlich oder technisch erfolgen.

Bei der natürlichen oder Freilufttrocknung werden die Hackschnitzel in einer offenen Halle gelagert und durch die örtliche Witterung abgetrocknet. Die Trockenzeiten und die erreichbare Restfeuchte richten sich in erster Linie nach den lokalen klimatischen Verhältnissen während der Trockendauer, wie beispielsweise der mittleren Windgeschwindigkeit, der Luftfeuchtigkeit und –temperatur sowie der Schüttdichte und –höhe. Die natürlicher Trocknung ist entsprechend zeitaufwendig und erfordert entsprechend große Lagerkapazitäten.
Im Gegensatz zur Freilufttrocknung erfolgt die technische Trocknung unter künstlichen klimatischen Bedingungen, wodurch die Trocknungszeiten wesentlich verkürzt und geringere Endfeuchten erreicht werden können. Die Trocknung erfolgt über einen durch die Schüttung geblasenen entweder kalten (Belüftungskühlung) oder erwärmten Luftstrom (Belüftungstrocknung). Bei der Belüftungskühlung wird der Effekt der biologischen Selbsterwärmung der Schüttung genutzt. Durch die Erwärmung kann die in den Hackschnitzeln enthaltene Feuchtigkeit leichter von der in regelmäßigen Abständen eingeblasenen Kaltluft aufgenommen und abgeführt werden, und somit eine Trocknung schneller als bei der natürlichen Belüftungstrocknung erfolgen.
Eine weitere Verkürzung der Trockenzeiten kann durch die Erwärmung der eingeblasenen Luft erreicht werden. Bei der Warmlufttrocknung wird der Luftstrom auf 40°C bis 130°C erwärmt, die Heißlufttrocknung arbeitet mit Lufttemperaturen zwischen 600°C und 1.000°C. In den Belüftungstrocknungsverfahren werden je nach

Lufttemperatur Trocknungszeiten zwischen 10 und 120 Minuten für 10 Sm³ erreicht. Dieses Verfahren ist aufgrund des damit möglichen hohen Durchsatzes auf die Bewältigung großer Hackschnitzelmengen, wie sie auf einem Holzenergiehof anfallen, ausgelegt.

*Konversionsanlage*

Die benötigte Energie für die Lufterwärmung kann über eine eigene Konversionsanlage auf dem Betriebsgelände erfolgen. Bei einem geeigneten Standort des Holzenergiehofes kann diese Anlage zusätzlich zur Wärmeversorgung benachbarter Betriebe eingesetzt werden, was zum einen die Auslastung der Anlage erhöht, zum anderen werden über die mit den Betrieben abzuschließenden Wärmelieferungsverträge relativ sichere und langfristige Umsatz- und Ertragsmöglichkeiten geschaffen.
Zusätzlich denkbar ist der Betrieb einer gekoppelten Wärme- und Stromerzeugungsanlage auf dem Holzenergiehof, wobei die erzeugte Wärme weiterhin den Eigenbedarf zur Trocknung deckt und überschüssige Wärme im Contracting verkauft wird. Die erzeugte elektrische Energie kann bei Einsatz von Holzbrennstoffen nach Erneuerbaren-Energien-Gesetz zu derzeit 10,12 €-Cent je Kilowattstunde (bei Anlagen kleiner 500 kW elektrisch) ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Zur Stromerzeugung kann beispielsweise eine Dampfturbine eingesetzt werden, oder aus dem Holzbrennstoff wird Holzgas gewonnen (CarboV-Verfahren), welches direkt einer motorischen Verbrennungsanlage (Blockheizkraftwerk) zugeführt wird. Letzteres befindet sich derzeit im Versuchsstadium und ist daher für einen zuverlässigen Betriebseinsatz noch nicht bereit.

*Fahrzeugpark*

Auf dem Holzenergiehof ist neben dem oben beschriebenen Maschinen- und Anlagenpark zur Abdeckung des anfallenden Transportaufwandes auch ein entsprechender Fahrzeugpark vorzuhalten, wobei zu unterscheiden ist zwischen hofinternen, betriebsbedingtem Transportaufwand und dem Aufwand der Auslieferung der produzierten Brennstoffe. Während der zweitgenannte Vertrieb der Brennstoffe wie genannt auch an ein externes Unternehmen vergeben werden kann, sind die betriebinternen Transportaufgaben durch eigene Fahrzeuge abzudecken. Zu diesen Transportaufgaben zählen

- *Transport der angelieferten Holzfraktionen zu den Zwischenlagerplätzen oder direkt zu den Aufbereitungsanlagen*
- *Abtransport der aufbereiteten Fraktionen zu den Brennstofflagern bzw. zur Trocknung*
- *Umlagern der getrockneten Brennstoffe*
- *Beladen der zur Auslieferung der Brennstoffe bereitstehenden LKW*

Die genannten Aufgaben können durch Schlepper mit entsprechendem Zubehör (Frontlader, Anbaukran), Gabelstapler, Rad- oder Teleskoplader abgedeckt werden, wobei der Schlepper am universellsten einsetzbar ist.

## 6.4 Betreibermodelle

### 6.4.1 Grundlagen zu Rechtsformen

Die Wahl der passenden Rechtsform bei der Gründung eines Holzenergiehofes wird durch handelsrechtliche Voraussetzungen bestimmt. Hinzu sollten steuer-, haftungsrechtliche und individuelle Begebenheiten berücksichtigt werden.
Im deutschen Rechtssystem besteht eine klassische Einteilung in

a) Personengesellschaften
b) Kapitalgesellschaften

Zu den *Personengesellschaften* zählen die Gesellschaft bürgerlichen Rechts GbR, die offene Handelsgesellschaft OHG, die Kommanditgesellschaft KG und die stille Gesellschaft.
Zu den *Kapitalgesellschaften* werden die Gesellschaft mit beschränkter Haftung GmbH, die Aktiengesellschaft AG und die Kommanditgesellschaft auf Aktien KGaA gezählt.
Neben diesen beiden Hauptgruppen gibt es eine Vielzahl von Misch- und Sonderformen (z.B. GmbH & Co. KG). Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Gesellschaftsformen ist, dass bei einer Personengesellschaft mindestens ein Gesellschafter für die Schulden der Gesellschaft persönlich haftet, wogegen die Kapitalgesellschaft als juristische Person mit ihrem Gesellschaftskapital haftet.
Bei der Wahl der Rechtsform sollten verschiedene Kriterien beachtet werden:

- *Gründungsaufwand.* Die Gründung des Unternehmens unterliegt gewissen formalen Anforderungen. Hierzu zählen der Eintrag ins Handelsregister, die Beantragung der Genehmigung des Gewerbeamtes, die Mitteilung an das Arbeits- und Finanzamt, die Anmeldung bei der entsprechenden Berufskammer (hier IHK), die Anmeldung bei der Berufsgenossenschaft und die Meldung der Arbeitnehmer bei der Renten- und Krankenversicherung.
  Bei Kapitalgesellschaften muss bei der Gründung ein bestimmtes Mindestkapital als Geld oder Sachwert in das Unternehmen eingebracht werden.
- *Handhabbarkeit.* GmbH und AG stellen hohe Anforderungen an die kaufmännische Führung der Gesellschaft. Zusätzlich sind die Gründungsaktivitäten bei einer GmbH vergleichsweise aufwendig.
- *Haftungsfragen.* Wer haftet, mit welchem Kapital, in welcher Höhe für Verbindlichkeiten des Unternehmens?

- *Leitungsbefugnis.* Wer übernimmt die Leitung und Entscheidungsbefugnis im Unternehmen?
- *Steuerliche Behandlung.* Wie wird das Unternehmen und wie werden die Anteilseigner bzw. Gesellschafter steuerlich behandelt?
- *Rechtsformwechsel.* Besteht die Möglichkeit im Laufe der Unternehmensgeschichte die Rechtsform zu wechseln und wenn ja, wie sind dabei Aufwand, Nach- und Vorteile zu bewerten?

▪ *Eingetragene Genossenschaft eG*

Die eingetragene Genossenschaft (eG) ist eine Kooperation von mindestens 7 Gründungsmitgliedern zur Förderung und Verwirklichung einer Geschäftsidee. Durch die Kooperation soll für die Mitglieder ein Eigennutz entstehen, verbunden mit dem Solidaritätsprinzip zur Erfüllung der gemeinsamen Idee.
Die Mitglieder können mittelständische Unternehmen, öffentliche Betriebe mit wirtschaftlicher Tätigkeit, Freiberufler oder Existenzgründer sein.
Die eingetragene Genossenschaft ist eine juristische Person und damit Träger von Pflichten und Rechten. Sie wird geprägt durch die Grundsätze der Selbsthilfe, Selbstverwaltung und Selbstverantwortung. Selbsthilfe bedeutet die Bündelung ähnlicher wirtschaftlicher Interessen, um die Kräfte zu summieren. Selbstverwaltung und Selbstverantwortung bedeuten, dass jede Genossenschaft autonom ist, sich selber verwaltet und in erster Linie der Selbstkontrolle unterliegt.
Besondere Merkmale der eG sind:

- *Offene Mitgliederzahl*. Die Struktur eine eG zielt auf eine Vielzahl von Mitgliedern und auf die Unabhängigkeit von der Anzahl der Mitglieder ab. Der Ein- und Austritt ist durch einfache schriftliche Erklärung möglich.
- *Rechts- und Handlungsfähigkeit.* Die Genossenschaft besitzt wie die Kapitalgesellschaften den Vorteil der Rechtsfähigkeit einer juristischen Person. Sie ist also selbständiger Vermögensträger. Für die Verbindlichkeiten der Genossenschaften haften die Mitglieder nur mit den eingezahlten Beträgen bzw. mit einer evtl. in der Satzung vorgesehenen Haftsumme.
- *Beteiligung an der Genossenschaft.* Es bedarf keines gesetzlich festgelegten einzubringenden Mindestkapitals.
- *Rechte der Mitglieder.* Stimmrecht haben ausschließlich die Mitglieder, unabhängig von der kapitalmäßigen Beteiligung.
- *Organe.* Die eG muss 3 Organe einsetzen: einen Vorstand, den Aufsichtsrat und die General-(Mitglieder)versammlung. Der Vorstand übernimmt die

Geschäftsführung und die gesetzliche Vertretung. Der Aufsichtsrat ist für die Kontrolle der Tätigkeiten des Vorstandes zuständig und die Generalversammlung bietet den Mitgliedern die Möglichkeit der Mitbestimmung.

- *Prüfung.* Die eG wird durch einen genossenschaftlichen Regionalverband geprüft. Gesetzliche Bestimmungen schreiben die Mitgliedschaft in einem Genossenschafts-Verband vor.

***Beispiel für eine erfolgreiche Genossenschaftsgründung:***[6-1]

Energiegenossenschaft Lieberhausen eG
„Von Bürgern für Bürger: Ökologische Energieversorgung ökonomisch günstig“

*Nachdem feststand, dass das RWE und andere Energieversorger einen Ortsteil von Gummersbach wegen zu hoher Kosten zukünftig nicht an ihr Energieversorgungsnetz anschließen wollten, hat sich in diesem Ortsteil eine „Bürgerinitiative“ gebildet mit dem Ziel, die Energieversorgung dauerhaft in ökologisch sauberer Weise für die Haushalte sicherzustellen.*

*Dabei wurde ein Holzhackschnitzelheizwerk erbaut. Aufgrund entsprechender vertraglicher Vereinbarungen mit dem Forstamt wurde sichergestellt, dass der Genossenschaft entsprechendes Feuerungsmaterial kostengünstig zur Verfügung gestellt wird. Die abnehmenden Haushalte sind mit passender Ausrüstung vor Ort ausgestattet worden.*

*Erstmalig wurde im Jan. 2001 Wärme geliefert.*

*Diese Neugründung zeigt, wie in Eigeninitiative ökologische Energieversorgung ökonomisch sinnvoll, d.h. preiswerter für kleinere Bereiche (Ortsteile, kleinere Gemeinden) erbracht werden kann.*

[6-1] aus „Neue Genossenschaften“ unter @ http://www.neuegenossenschaften.de

- *Gesellschaft mit beschränkter Haftung GmbH*

Die GmbH ist eine Handelsgesellschaft mit körperschaftlicher Organisation und eigener Rechtspersönlichkeit, deren Gesellschafter mit Einlagen an dem in Geschäftsanteile zerlegten Stammkapital (gezeichnetes Kapital) beteiligt sind. Das Stammkapital muß mindestens 25.000 € betragen. Die minimale Stammeinlage beträgt 250 €.

Ebenso wie die Genossenschaft ist die GmbH eine juristische Person und kann für jeden gesetzlich zulässigen Zweck gegründet werden. Gründer einer GmbH können sowohl inländische als auch ausländische natürliche und juristische Personen sein, außerdem Personenhandelsgesellschaften (oHG, KG und EWIV) und Gesellschaften bürgerlichen Rechts (GbR). Zur Gründung ist ein notariell beglaubigter und von allen Gesellschaftern unterschriebenen Gesellschaftsvertrag aufzusetzen, der den Sitz der Gesellschaft, den Gegenstand des Unternehmens sowie dessen Stammkapital und –einlagen enthält. Ebenso ist die Eintragung ins Handelregister zu beantragen.

Nach außen wird die GmbH durch einen Geschäftsführer, der von der Gesellschafterversammlung bestellt, überwacht und entlastet wird, vertreten. Die Versammlung hat zusätzlich die Jahresabschlüsse festzustellen und über die Verwendung der Gesellschaftsgewinne zu entscheiden.

Besondere Merkmale der GmbH sind:

- *Rechts- und Handlungsfähigkeit:* die GmbH mit der Rechtsfähigkeit einer juristischen Person selbstständiger Vermögensträger. Das Verlustrisiko beschränkt sich auf die Stammeinlagen. Der Vorzug der GmbH besteht in der Flexibilität dieser Rechtsform. Es herrscht weitgehende Freizügigkeit in der Gestaltung des Gesellschaftsvertrages.
- *Beteiligung an der Gesellschaft:* eine Kapitalbeschaffung ist durch Aufnahme neuer Gesellschafter möglich. Die Anteilseignung oder -übertragung ist aufgrund der notariellen Beurkundung aber umständlich.
- *Rechte der Gesellschafter:* die Gesellschafter sind jeweils in der Gesellschaftsversammlung vertreten. Über die Versammlung besteht die Möglichkeit der Weisung an den Geschäftsführer
- *Organe:* die GmbH muß mindestens den Geschäftsführer und die Gesellschaftsversammlung einsetzen. Optional kann auch ein Aufsichtsrat zur Überwachung der Geschäftsführung eingesetzt werden
- *Prüfung:* Die GmbH ist als Handelsgesellschaft verpflichtet, Handelsbücher zu führen und am Schluss eines jeden Geschäftsjahres eine Bilanz und eine Gewinn- und Verlustrechnung aufzustellen.
  Die Prüfung des Jahresabschlusses ist für große und mittelgroße GmbH

zwingend vorgeschrieben. Kleine GmbH sind verpflichtet, dem Handelsregister zusammengefasste Bilanzen einzureichen. Kleine Kapitalgesellschaften sind dabei solche, die mindestens zwei der drei nachstehenden Merkmale nicht überschreiten:

- ⇨ 3.438.000 € Bilanzsumme
- ⇨ 6.875.000 € Jahresnettoumsatz
- ⇨ im Jahresdurchschnitt 50 Arbeitnehmer

- *Personengesellschaften: OHG, GbR, KG und stille Gesellschaft*

*OHG:* ist ein Zusammenschluss mehrerer Kaufleute. Dieser wird durch den Eintrag ins Handelsregister rechtsgültig. Alle Gesellschafter haften unbeschränkt mit ihrem gesamten persönlichen Vermögen.

*GbR:* Zusammenschluss mehrer Personen zum Erreichen eines gemeinsamen Zweckes. Das Gesellschaftsvermögen ist „gesamthänderisch gebunden“ und kann nur von allen gemeinsam verfügt werden. Für Schulden der Gesellschaft haftet jeder Gesellschafter unbeschränkt, auch mit seinem Privatvermögen.

*KG:* hierbei sind unterschiedliche Haftungsbedingungen vorhanden. Es haftet mindestens ein Gesellschafter mit seinem Gesamtvermögen und mindestens einer nur mit seiner Gesellschaftereinlage. Dieser hat gesetzlich keine Geschäftsführungs- und Vertretungsrechte.

*Stille Gesellschaft:* ist keine Rechtsform nach Außen. Sie tritt nur nach Innen auf und ist geeignet der Gesellschaft zusätzliches Eigenkapital zur Verfügung zu stellen. Der Kapitalgeber erhält danach eine Verlust- oder Gewinnbeteiligung.

### 6.4.2 Mögliche Akteure und Beteiligte aus dem Untersuchungsgebiet

- Hersteller von Pelletpressen

Im Umkreis des Untersuchungsgebietes sind vier Unternehmen angesiedelt, die Maschinen zur Herstellung von Holzpresslingen und –briketts herstellen und vertreiben.

| | |
|---|---|
| Münch Edelstahl GmbH<br>Weststr. 26<br>40721 Hilden<br>Tel. (0 21 03) 58 99-6<br>Fax (0 21 03) 58 99-77<br>www.muench-edelstahl-gmbh.de | Ring- und Flachmatritzenpressen von 0,1 bis 3 t/h, Hammermühlen, Herstellung von Matrizen und Rollen, sämtliches Zubehör für den Aufbau kompletter Fertigungsstraßen |
| M.B.Z. Günther Zahn Mühlen- und Pelletierpressen<br>Hofstr. 64<br>40721 Hilden<br>Tel. (0 21 03) 33 60 94<br>Fax (0 21 03) 33 60 96<br>www.holzpelletpressen.de | Pelletpressen und Hammermühlen inkl. sämtlicher Zusatzkomponenten für den Aufbau kompletter Fertigungsstraßen |
| Ulrich Walter Maschinenbau GmbH<br>Bollenhöhe 4<br>40822 Mettmann<br>Tel. (0 21 04) 14 03-0 | Hersteller von Brikettier- und Pelletierpressen |
| Krupp Industrietechnik<br>Postfach 14 19 60<br>47209 Duisburg<br>Tel. (0 21 35) 78-0 | Hersteller von Brikettier- und Pelletierpressen |

Die Firma M.B.Z. plant bereits eine eigene Pelletproduktion in Kooperation mit einem Vertriebspartner für Pelletheizungen.
Das Know-How, welches für die Pelletierung und Brikettierung erforderlich ist, ist also im Untersuchungsgebiet vorhanden.

- SW Solingen, EWR GmbH, SW Wuppertal

Im Untersuchungsgebiet sind die drei genannten Stadtwerke ansässig.

| | |
|---|---|
| **EWR GmbH**<br>Neuenkamper Str. 81-87<br>42855 Remscheid<br>Tel. (0 21 91) 16-0<br>www.ewr-gmbh.de | Gesellschafter: Stadtwerke Remscheid (80 %) und Ruhrgas Energie Beteiligungs-AG (20 %)<br>ca. 290 Beschäftigte,<br>Betätigungsfelder: Strom, Gas- und Wasserversorgung, Wärmeversorgung, Verkehr- und Bäderbetrieb |
| **Stadtwerke Solingen GmbH**<br>Beethovenstr. 210<br>42655 Solingen<br>Tel. (0 2 12) 295 – 0<br>www.sws-solingen.de | Gesellschafter: Stadt Solingen und MVV Energie AG, ca. 860 Beschäftigte,<br>Betätigungsfelder: Strom, Gas- und Wasserversorgung, Nahverkehr |
| **Wuppertaler Stadtwerke AG**<br>Bromberger Str. 39-41<br>42281 Wuppertal<br>Tel. (02 02) 569 – 0<br>www.wsw-online.de | ca. 2.950 Beschäftigte,<br>Betätigungsfelder: Strom, Gas- und Wasserversorgung, Fernwärme und Nahverkehr |

Das primäre Interesse der Energieversorgungsunternehmen liegt in der Forcierung der bestehenden Geschäftsfelder, d.h. der Verkauf von Gas, Strom, Wärme etc. Die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern und damit die Erschließung neuer Betätigungsfelder wird als neue Dienstleistungsangebot für Kunden forciert.

Mit dem vorhandenen Kow-how im Bereich der Energieversorgung können die Stadtwerke wertvolle Partner bei der Gründung eines Energiehofes sein. Die bestehenden Kontakte und Kenntnisse des Energiemarktes und der Versorgungsstruktur im Untersuchungsgebiet sind wichtige Voraussetzungen für den Aufbau einer Holzenergieversorgung.
Durch den Betrieb eigener Wärmeversorgungsanlagen können die EVU auch als Abnehmer auftreten.

Die Stadtwerke Solingen sind gemeinsam mit dem Mitgesellschafter MVV AG Mannheim an dem Energiedienstleister ENSERVA beteiligt. Beide sind auf dem Gebiet des Wärmecontractings und der Biomassenutzung seit Jahren aktiv.

- Entsorgungsbetriebe

Die Entsorgungsbetriebe des Untersuchungsgebietes besitzen die notwendigen logistischen Voraussetzungen zum Vertrieb und zum Einsammeln des Holzes bzw. der fertigen Holzbrennstoffe. Sie sind teilweise spezialisiert auf die Verwertung und Behandlung von Alt- und Restholz.
Neben den kommunalen Entsorgungsbetrieben könnten zahlreiche private Unternehmen beteiligt werden.

- Kommunen, kommunale Betriebe

Die Kommunen sind in Besitz von Waldflächen und haben somit Interesse an der Vermarktung der Holzmengen. In den betreuten Grünflächen fallen große Mengen Landschaftspflegeholz an, welches derzeit hohe Entsorgung- und Verwertungskosten verursacht. Dieses Holz könnte auf einem HEH verwertet werden und u. U. Verkaufserlöse erwirtschaften.

- Landwirtschaft

Viele Landwirte sind gleichzeitig in Besitz von Waldflächen. Gleichzeitig unterhält die Landwirtschaft einen großen Maschinenpark, der für die Logistik der Brennstoffe genutzt werden könnte. Die Landwirtschaft in Vertretung der Kreisbauernschaft Mettmann ist bereits selber seit einiger Zeit mit dem Thema Holzenergiehof beschäftigt.

- Soziale Einrichtungen

Die Errichtung eines Holzenergiehofes bringt auch die Schaffung von Arbeitsplätze mit sich. Die anfallenden Tätigkeiten sind auch für nichtqualifizierte Arbeitnehmer/innen durchführbar. Soziale Einrichtungen könnten daher auf dem HEH Arbeitsplatzmaßnahmen platzieren.

- Forstbetriebsgemeinschaften (Privatwaldbesitzer)
- Heizungsinstallateure, Planungsbüros, Maschinenhersteller
- Sägewerke

Bei der Bildung einer gemischten Gesellschaft aus öffentlichen und privaten Partnern sind vergaberechtliche Vorschriften zu berücksichtigen. Für öffentliche Unternehmungen müssen öffentliche Ausschreibungen stattfinden. Da es Ziel ist regionale Partnerschaften und Beteiligungen zu bilden, besteht dabei die Möglichkeit, dass sich auch externe, überregionale Akteure in das Konzept einbinden. Bei einem Zusammenschluss von öffentlichen Unternehmen ist eine Ausschreibung nicht erforderlich, da es sich um eine Organisationsangelegenheit handelt. Dabei ist es jedoch schwierig weitere private Akteure in den Holzenergiehof-Konzept einzubinden.

Denkbar wäre, den Holzenergiehof in mehrere Arbeitsbereiche und Untergesellschaften zu unterteilen. Dabei bilden verschiedene Partner mit ihren speziellen Kompetenzen kleinere Einheiten, die miteinander kooperieren. So können z. B. die Energieversorgungsunternehmen für die Bereitstellung der Wärme respektive des Stroms zuständig sein, wogegen sich die Transportunternehmen nur auf ihr Kerngebiet der Logistik beschränken.

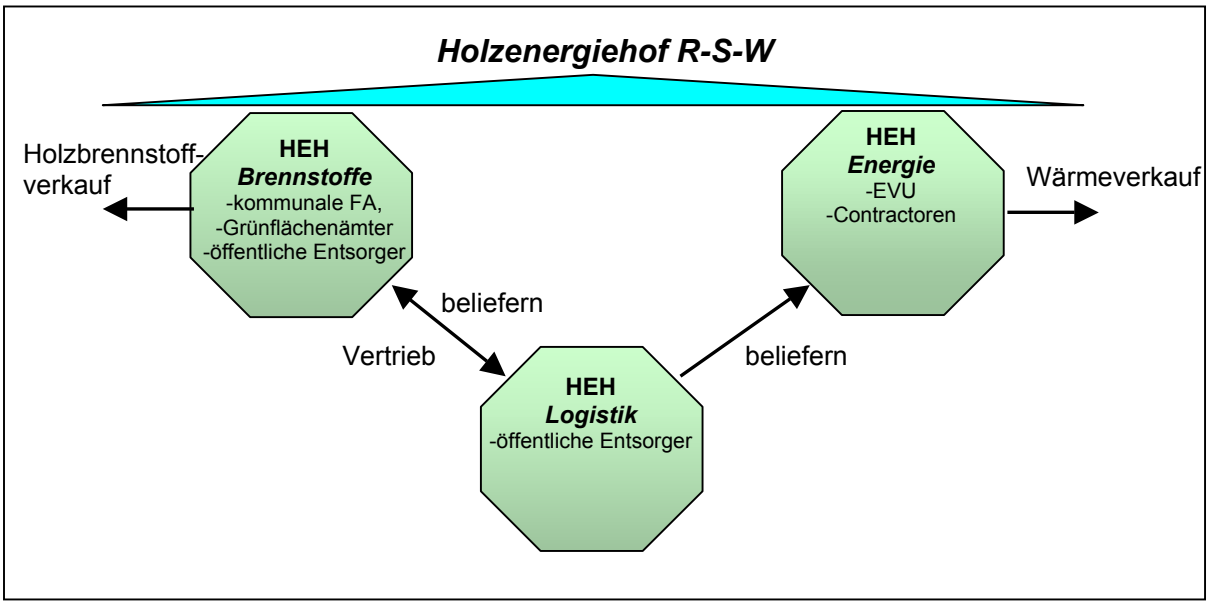



***Abbildung 6.4.2a*** Holzenergiehof Kompetenzgesellschaften

Gesetzliche Vorschriften über die Beteiligung von Gemeinden an wirtschaftlichen Unternehmungen finden sich in der *Gemeindeordnung für das Land Nordrhein-Westfalen*. Im 11. Teil der Ordnung werden hier Vorgaben für die wirtschaftliche und nichtwirtschaftliche Betätigung von Gemeinden getroffen.
Im Sinne der Verordnung gilt der Betrieb von [§ 107 (2)] 3. Einrichtungen, die der Straßenreinigung, der Wirtschaftsförderung, der Fremdenverkehrförderung oder der

Wohnraumversorgung dienen, 4. Einrichtungen des Umweltschutzes, insbesondere der Abfallentsorgung oder Abwasserbeseitigung.... *nicht* als wirtschaftliche Betätigung.
Eine wirtschaftliche Betätigung im Sinne einer Beteilung oder Gründung einer Einrichtung des privaten Rechts darf eine Gemeinde durchführen, wenn [§ 107 (2)] 1. ein öffentlicher Zweck die Betätigung erfordert, 2. die Betätigung nach Art und Umfang in einem angemessenen Verhältnis zu der Leistungsfähigkeit der Gemeinde steht und 3. bei einem Tätigwerden außerhalb der Energieversorgung, der Wasserversorgung, des öffentlichen Verkehr sowie des Betriebs von Telekommunikationsleitungsnetzen einschließlich der Telefondienstleistungen der öffentliche Zweck durch andere Unternehmen nicht besser und wirtschaftlicher erfüllt werden kann.
Das sog. Örtlichkeitsprinzip, d. h. die öffentliche Unternehmungen sind auf das Gemeindegebiet zu beschränken, findet in der GO NRW im § 107 Absatz 3 und 4 zwei Ausnahmeregelungen. Des weiteren besteht die Möglichkeit der interkommunalen Zusammenarbeit zwischen den Städten des Untersuchungsgebietes, womit das Örtlichkeitsprinzip weitestgehend umgangen werden kann.
Für Eigenbetriebe der Kommunen, also gemeindliche wirtschaftliche Unternehmungen ohne Rechtspersönlichkeiten, gelten gesonderte Bestimmungen.
Im Rahmen einer Rechtsform des Privatrechts können auch kommunale Unternehmen relativ frei agieren, auch wenn sie durch gewisse rechtliche Vorschriften gebunden sind. Unter den gegebenen gesetzlichen Rahmenbedingungen wäre es möglich, eine Beteiligung der öffentlichen Akteure an einem Holzenergiehof zu realisieren.
Auf eine Ausschreibung kann evtl. auch bei Einbindung von privaten Partnern verzichtet werden, wenn es sich um ein Pilot- oder Versuchsprojekt handelt, zu denen man die Errichtung eines Holzenergiehofes zählen kann.
Die speziellen Alternativen wären im konkreten Umsetzungsfall zu prüfen.

### 6.4.3 Mögliche Betreiberstrukturen/Startmodelle

Für den Aufbau eines Holzenergiehofes werden grundsätzlich zwei alternative Startmodelle bzw. Ablaufstrukturen gesehen:
Im ersten Modell, dem „Potenzialmodell“, beruht die Planung und Umsetzung des Holzenergiehofes auf den ermittelten kurz- und mittelfristigen Absatzprognosen für den Brennstoff Holz. Es wird bereits bei der Gründung des HEH ein Grossteil der unter 6.1 genannten Aufgaben und Dienstleistungen umgesetzt bzw. angeboten. Entscheidend ist dabei Punkt 1, die Produktion, Lagerung und der Vertrieb von Holzbrennstoffen, d.h. der HEH wird von Beginn an mit eigenen Maschinen zur Verarbeitung der Fraktionen, Lagerflächen und einem eigenen betriebsinternen Fuhrpark ausgestattet sein (siehe Abbildung 6.4.3a).

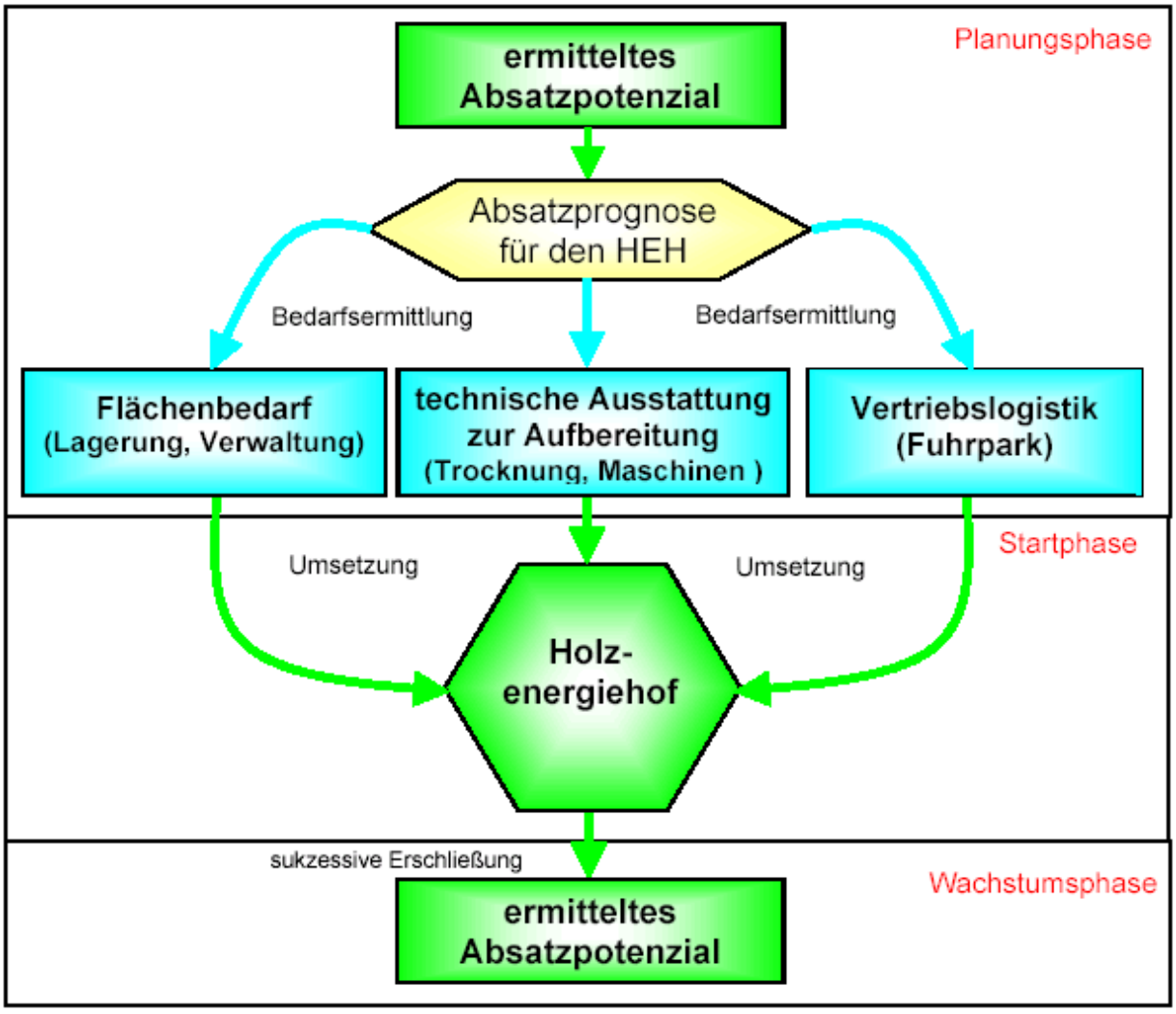



***Abbildung 6.4.3a*** Struktur des Holzenergiehof-Potenzialmodells

In diesem Modell schließt der HEH Lieferverträge mit potenziellen Holzlieferanten, veredelt den angelieferten Rohstoff zu Holzbrennstoffen und vermarktet diese. Über die Steigerung der Umsatzmengen und damit sinkenden Ein- und Verkaufspreisen wird sukzessiv das ermittelte Absatzpotenzial erschlossen. Die Gesellschafterstruktur des Holzenergiehofes sollte sich aus Holzanbietern (FBG, Industrie und Handwerk etc.), den kommunalen Beteiligten und bei Betrieb eigener Erzeugungsanlagen aus Energiedienstleistern (Stadtwerke, externe Energiedienstleister) zusammensetzen.

Das „Wachstumsmodell“ hingegen beinhaltet ein nachhaltiges Wachstum des Holzenergiehofes von einem zu Beginn lediglich koordinierenden „Holzenergiebüro“ in Abhängigkeit der Ausweitung der Absatztätigkeiten hin zu dem unter 6.1 beschriebenen Holzenergiehof (Abbildung 6.4.3b).
In der Startphase dieses Modells werden Kooperations- bzw. Lieferverträge zwischen der zu gründenden Gesellschaft (oder Genossenschaft) „Holzenergiehof“ und Holzlieferanten (FBG, FÄ etc.) auf der einen und Betreibern von Konversionsanlagen (Stadtwerke, Kommunen, Wirtschaft) auf der anderen Seite abgeschlossen. Die Konversionsanlagen sind idealerweise Neu- oder Bestandanlagen von einem der Gesellschafter des HEH, so daß eine Grundabsatzmenge für die neue Gesellschaft gesichert ist. Die zu Beginn lediglich aus einem Büro bestehende Gesellschaft koordiniert Ein- und Verkauf der von den Kooperationspartner gelieferten Holzmengen und versucht, seine Absatzmenge auf weitere Anlagen auszuweiten. Im weiteren Verlauf der Geschäftsausweitung werden Lagerflächen bei einem der Gesellschafter, z. B. auf dem Betriebsgelände eines der Stadtwerke, angemietet, eigene Maschinen zur Holzaufbereitung (beispielsweise zum Restwert von den Kooperationspartnern) erworben und eigene Transportmöglichkeiten geschaffen. Am Ende dieses Wachstumsprozesses steht der Kauf und Aufbau eines eigenen Betriebsgeländes.
Als Variations- oder Erweiterungsmöglichkeit des oben beschriebenen Modells kann der gegründete „Holzenergiehof“ in der Startphase auch eine eigene Konversionsanlage errichten. Aus den Reihen der Gesellschafter wird dazu ein geeignetes Versorgungsobjekt zur Verfügung gestellt, welches der Energiehof im Contracting mit Wärme versorgt. Die Kooperationsverträge mit Lieferanten bleiben in oben genannter Form bestehen. Überschüssige Holzmengen werden vom Holzenergiehof vermarktet und so sukzessiv die Absatzmengen erhöht. Bei Erreichen einer Umsatzmenge, die wirtschaftlich ein Wachstum zulässt, wird wiederum oben beschriebene Geschäftausweitung bis hin zum eigenen Betriebsgelände umgesetzt.

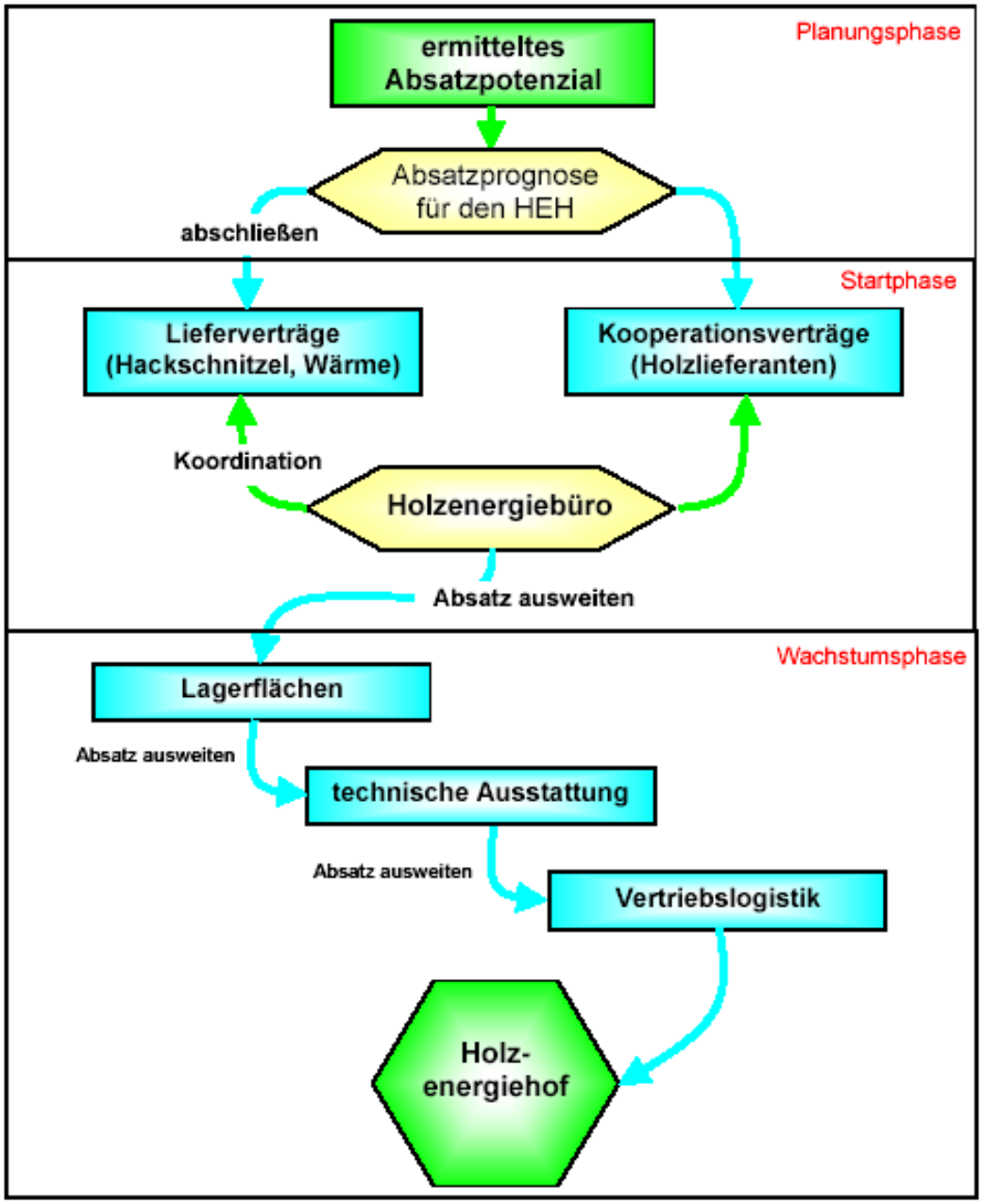



***Abbildung 6.4.3b*** Struktur des Holzenergiehof-Wachstumsmodells

Es stellt sich in beiden Modellen die Frage, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen ein wirtschaftlicher Betrieb eines Holzenergiehofes in der Startphase möglich ist und welche wirtschaftlichen Chancen und Risiken die Startmodelle beinhalten. Folgende Kriterien sind hierfür ausschlaggebend:

- ⇨ Investitionskosten für
  - *bauliche Komponenten*
  - *technische Komponenten*
  - *logistische Komponenten*
- ⇨ Betriebskosten für
  - *Personal*
  - *Holzeinkauf*
  - *Wartung, Instandhaltung und Versicherung der Komponenten*
- ⇨ Erlöse aus
  - *Brennstoffverkauf*
  - *Vermietung von Maschinen*
  - *Contractingobjekten (Wärmeverkauf)*

Im folgenden werden die notwendigen Investitionen, Betriebskosten und Erlöse des Holzenergiehofes in der Startphase der zwei skizzierten Modelle näher betrachtet, um eine erste wirtschaftliche Abschätzung vorzunehmen.

#### *6.4.3.1 Holzenergiehof „Potenzialmodell“*

Im Potenzialmodell waren für diese Bewertung Annahmen zu den Holzumsätzen des Holzenergiehofes auf Basis der vorliegenden Daten zu treffen, und so entsprechend eine erste Abschätzung des Absatzpotenzials vorzunehmen.
Diese Annahmen wiederum ermöglichen eine Einschätzung der erforderlichen Flächen und Größenordnungen der maschinellen und personellen Ausstattung des HEH. Variationen der Holzumsatzmengen ermöglichen zudem eine Abschätzung der Chancen und Risiken diese Modells.

Für die Bewertung wurden folgende Annahmen getroffen:

Ausgehend von einem jährlichen Holzeinsatz von 15.000 Festmetern und 12.000 Sm³ Sägespänen werden auf dem HEH jährlich 35.000 Sm³ Hackschnitzel, 1.550 Tonnen Pellets und 1.200 Rm Scheitholz produziert. Von den 35.000 Sm³ Hackschnitzeln gehen 28.800 Sm³ in den Verkauf. Die verbleibenden 6.200 Sm³ werden als Eigenbedarf für den Betrieb einer Hackschnitzelfeuerungsanlage benötigt. Die erzeugte Wärme der Hackschnitzelanlage wird wiederum zu etwa 40 %

für die Trocknung der Hackschnitzel eingesetzt und zu 60 % im Rahmen einer Wärmedienstleistung an angrenzende Objekte verkauft.

Daraus resultierend wurden nachstehende Flächen und Ausstattungen der groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zugrundegelegt:

- *Betriebsfläche* — *ca. 1,5 ha*
- *Bürogebäude*
- *Lagerfläche/-halle* — *ca. 12.000 m³*
- *Trockenkammer*
- *Schlepper* — *Leistung ca. 100 PS*
- *Hackschnitzelhacker* — *Leistung ca. 30 Sm³/h*
- *Hackschnitzelanlage* — *Leistung ca. 800 kW*
- *Spalter* — *Leistung ca. 5 Rm/h*
- *Pelletpresse* — *Leistung ca. 1 Sm³ /h*
- *Personal Holzenergiehof* — *ca. 3 Personen*
- *Sonstige technische Ausstattung (Container, Kleinmaschinen etc.)*

Für oben genannte Ausstattung des Holzenergiehofes ist einschließlich einer einkalkulierten Förderung von 15 %[6-2] ein Investitionsvolumen von 2,1 Mio. € aufzubringen. Der höchste Anteil davon entfällt mit 1,5 Mio. € auf die baulichen Komponenten (Betriebsgelände, Lagerflächen, Verwaltung), gefolgt von den Arbeitsmaschinen mit 500.000 €. Nach annuitätischer Betrachtung errechnen sich bei einem Zinssatz von 6 % und Nutzungsdauern zwischen 8 Jahren für die Bearbeitungsmaschinen und 50 Jahren für das Betriebsgelände aus diesem Investitionen jährliche Kapitalkosten von 188.000 €.

[6-2] angenommene durchschnittliche Förderrate unter Berücksichtigung von Förderhöchstgrenzen und sonstigen Förderkonditionen

| Investitionskosten Holzenergiehof | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Investition | Nutzungs-dauer | Zinssatz | Annuität | Kapital-dienst |
| | € | Jahre | % | % | €/a |
| Betriebsfläche | 900.000 | 50 | 6% | 6,34% | 57.100 |
| Bürogebäude | 150.000 | 30 | 6% | 7,26% | 10.897 |
| Lagerfläche-/halle | 480.000 | 30 | 6% | 7,26% | 34.871 |
| Trocknung | 150.000 | 20 | 6% | 8,72% | 13.078 |
| Arbeitsmaschinen | 500.000 | 8 (12) | 6% | 16,10 % (11,93%) | 77.177 |
| Hackschnitzelanlage | 275.000 | 15 | 6% | 10,30% | 28.315 |
| Förderung (15 %) | -368.250 | 18,9 | 6% | 8,99% | -33.098 |
| ***Gesamt (Mittelwert)*** | ***2.086.750*** | ***(18,9)*** | | ***(9,03%)*** | ***188.340*** |

***Tabelle 6.4.3.1a*** Investitionskosten Holzenergiehof

Zusätzlich fallen die in nachstehender Tabelle aufgeführten jährlichen Betriebskosten an:

| Betriebskosten Holzenergiehof | |
|---|---|
| | Betriebskosten |
| | €/a |
| Personalkosten | 105.600 |
| Lagerung/Trocknung | 50.730 |
| Arbeitsmaschinen | 174.900 |
| Hackschnitzelanlage | 34.600 |
| Instandhaltung | 28.600 |
| Nebenkosten | 80.000 |
| Einkauf Holzfraktionen | 454.100 |
| Transportkosten Auslieferung | 159.200 |
| ***Gesamt*** | **1.087.700** |

***Tabelle 6.4.3.1b*** Betriebskosten Holzenergiehof

Bei den Personalkosten wurde ein durchschnittlicher Stundensatz von 20 € angesetzt. Der Einkauf der Holzfraktionen erfolgt zu 23 € den Festmeter bzw. 9 € den Schüttkubikmeter für Sägespäne. Als externe Transportkosten für Auslieferung der Brennstoffe wurde ein Kostensatz von 5 € je Schüttraummeter einberechnet. Die Kostensätze für die Arbeitsmaschinen richten sich nach deren Art und erforderlichem Energieaufwand und wurden mit 10 bis 25 € je Betriebsstunde angesetzt.

Aus Summe der Kapital- und Betriebskosten ergeben sich damit jährliche Gesamtkosten von 1,28 Mio. €.

Diesen Ausgaben stehen jährliche Einnahmen aus Verkauf der produzierten Brennstoffe und Wärme von insgesamt 0,9 Mio. € entgegen, die sich wie folgt aufteilen:

| **Einnahmen Holzenergiehof** | |
|---|---|
| | **Erlöse €/a** |
| Hackschnitzelverkauf | 431.500 |
| Wärmeverkauf | 160.000 |
| Pelletverkauf | 276.900 |
| Scheitholzverkauf | 60.000 |
| ***Gesamt*** | ***928.400*** |

***Tabelle 6.4.3.1c*** Einnahmen Holzenergiehof

Der Verkauf der produzierten Hackschnitzel wurde mit 15 € pro Schüttraummeter, der Wärmeverkauf mit 50 € je Megawattstunde, der Pelletverkauf mit 180 € die Tonne und der Verkauf des Scheitholzes mit 50 € pro Raummeter bewertet.

Aus der Bilanz der Einnahmen und Ausgaben ergibt sich in dieser Modellvariante ein jährliches Defizit von 347.600 €.
Unter den genanten Annahmen wird im Potenzialmodell ein negatives Betriebsergebnis des Holzenergiehofes erwartet, wobei nicht die Investitionskosten, sondern die Betriebskosten die entscheidende Größe darstellen. Entscheidend sind die Ausgaben für Holzeinkauf, Personalkosten, Transportkosten und Betriebskosten der Arbeitsmaschinen.

Zur Abschätzung der Chancen und Risiken wurden zwei Variationsrechnungen (Variante „-“ und Variante „+“) mit jährlichen Holzumsatzmengen von 10.000 bzw. 25.000 fm für die Hackschnitzelproduktion und 9.000 bzw. 15.000 Sm³ Sägespänen für die Pelletproduktion durchgeführt. Der Verkauf der Brennstoffe wurde entsprechend angepasst, wobei der Wärmecontractingumfang nicht verändert wurde. In den Hackschnitzelverkauf gehen in den Varianten 17.500 bzw. 52.500 Sm³ jährlich, der Scheitholzabsatz wurde zwischen 600 und 1.800 Raummetern variiert und der Pelletabsatz auf die verarbeiteten Sägespänmengen abgestimmt.

Auf der Investitionsseite wurden zum einen die Ausgaben für das Betriebsgelände modifiziert. In der kleinen Variante „-“ kann dieses um 5.000 $m^2$ kleiner ausfallen, in der großen Variante „+“ wird es in ihrer Größe beibehalten, da die Ursprungsvariante entsprechende Flächenreserven vorsieht. Zum anderen wurden die Investitionen für Lagerflächen und –hallen und die Betriebskosten der technischen Ausstattung den umgesetzten Holzmengen angepasst. Ebenfalls verändert wurde der Personaleinsatz. In der „-“ -Variante wurden das Personal des Hofes auf 2 Mitarbeiter reduziert, in der „+“-Variante auf 5 Mitarbeiter erhöht.

In den Variationsrechnungen ergeben sich folgende Kosten und Erlöse:

| **Variationsrechnungen Holzenergiehof** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Variante „-“** | **Variante „+“** | **Ursprungs-variante** | |
| Holzeinsatzmenge | 10.000 | 25.000 | 15.000 | fm |
| Kapitalkosten | 163.885 | 207.273 | 188.340 | €/a |
| Betriebskosten | 834.281 | 1.567.456 | 1.087.764 | €/a |
| Einnahmen | 612.644 | 1.431.644 | 928.394 | €/a |
| **Bilanz** | **-385.522** | **-343.086** | **-347.710** | **€/a** |

***Tabelle 6.4.3.1d*** Variationsrechnungen Holzenergiehof

Wird die Bilanzsumme der drei dargestellten Varianten als Funktion der Holzumsatzmenge dargestellt, ergibt sich eine nach unten geöffnete Parabel der Form $f(x) = - ax^2 + bx - c$ mit x als Holzumsatzmenge, f(x) als Bilanzsumme und den Faktoren a = 0,0003, b = 17,37 und c = 552.900 (Abbildung 6.4.3.1a), anhand derer eine Chancen-Risiken-Einschätzung im relevanten Bereich der Umsatzmengen vorgenommen werden kann.

Über den gesamten Bereich von 5.000 bis 40.000 Festmetern Holzeinsatz ist demnach unter den vorgenannten Annahmen ein negatives Bilanzergebnis im Potenzialmodell zu erwarten. Das maximale Betriebsergebnis liegt nach dieser Funktion bei 28.955 Festmetern Holzumsatz jährlich. Bei geringeren Umsätzen fällt die Bilanzsumme um bis zu 10 € pro Festmeter und Jahr ab, bei höheren Umsätzen sinkt sie weniger stark um etwa 3,5 € pro Festmeter und Jahr. Entsprechend hoch ist das wirtschaftliche Risiko aufgrund von Umsatzeinbußen einzuschätzen. Die Chancen bei Umsatzsteigerungen sind zudem als gering einzustufen, da eine

Steigerung von 19.000 auf 28.955 Festmeter (Scheitelpunkt der Funktion) nur eine geringe Bilanzverbesserung von etwa 3 € pro Festmeter und Jahr, darüber hinaus eine geringe Bilanzverschlechterung erwarten läßt.

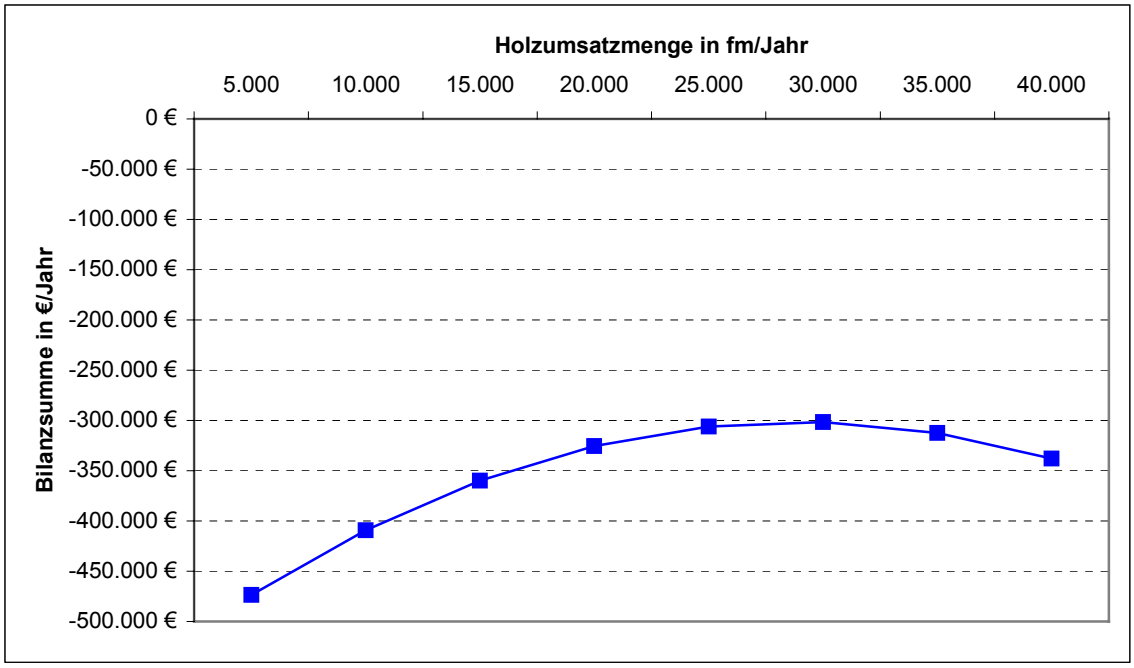


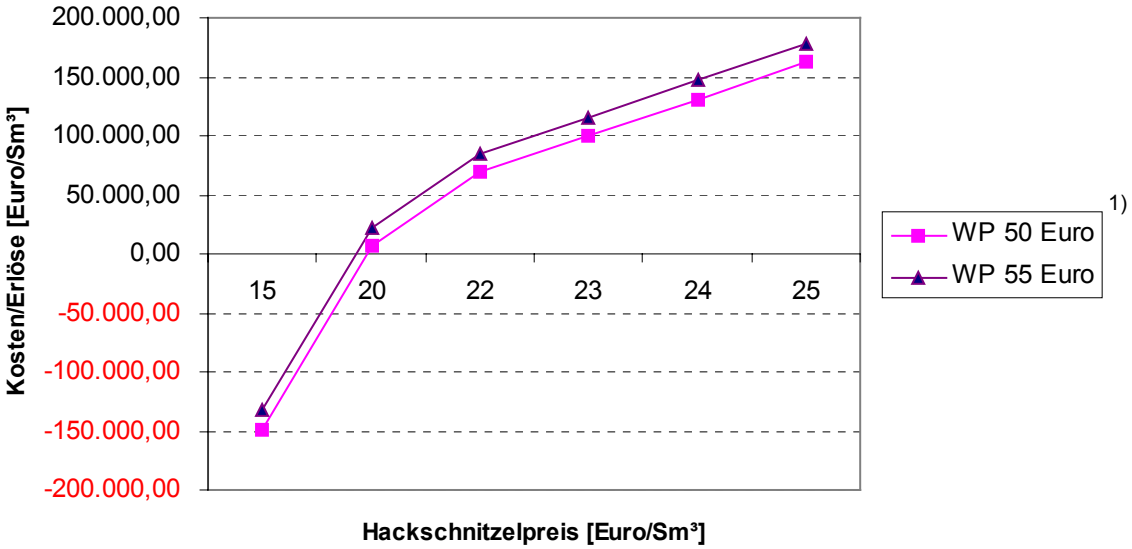

***Abbildung 6.4.3.1a*** Bilanzsummen-Abschätzung nach Variationsrechnung im Potenzialmodell

Da über den gesamten Holzumsatzbereich die Bilanzsumme negativ ausfällt, stellt sich zudem die Frage, ob auch bei anderen Grundannahmen kein positives Ergebnis in diesem Modell erreicht werden kann.
Möglichkeiten bieten auf der Kostenseite in erster Linie die Betriebskosten und hier die größten Positionen Holzeinkauf, Arbeitsmaschinen und Transport. Es kann sich eventuell als vorteilhaft erweisen, sich in der Startphase allein auf Lagerung, Trocknung und Vertrieb des Brennstoffs Hackschnitzel zu konzentrieren und hierfür direkt ab Wald frische Hackschnitzel einzukaufen.
Auf der Verkaufseite werden die Möglichkeiten höherer Verkaufspreise als eher gering eingeschätzt. Da insgesamt eine Steigerung der Bilanzsumme in sechsstelliger Größenordnung erreicht werden muß, wird eine wirtschaftliche machbare Umsetzung dieses Modells als schwierig angesehen.
Nachfolgend werden einige Variationen des Potenzialmodells dargestellt. Darin soll untersucht werden, ob eine Konzentration auf die Lagerung, Trocknung und den Vertrieb von Hackschnitzel eine wirtschaftliche Machbarkeit ermöglicht.

| Investitionskosten Holzenergiehof - Potenzialmodell Variante 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Investition** | **Nutzungs -dauer** | **Zinssatz** | **Annuität** | **Kapital-dienst** |
| | **€** | **Jahre** | **%** | **%** | **€/a** |
| Betriebsfläche | 600.000 | 50 | 6% | 6,34% | 38.067 |
| Bürogebäude | 150.000 | 30 | 6% | 7,26% | 10.897 |
| Lagerfläche-/halle | 400.000 | 30 | 6% | 7,26% | 29.060 |
| Trocknung | 150.000 | 20 | 6% | 8,72% | 13.078 |
| Arbeitsmaschinen | 230.000 | 8 (12) | 6% | 16,10 % (11,93%) | 33.697 |
| Hackschnitzelanlage | 275.000 | 15 | 6% | 10,30% | 28.315 |
| Förderung (15 %) | -270.750 | 18,9 | 6% | 8,03% | -21.754 |
| ***Gesamt (Mittelwert)*** | ***1.534.250*** | ***(23,6)*** | | ***(8,56%)*** | ***131.360*** |

***Tabelle 6.4.3.1e*** Investitionkosten HEH Potenzialmodell-Variante 2

Bei dieser Variante kann die Betriebsfläche auf 1 ha und die Lagerhallenvolumen auf 10.000 m³ reduziert werden. Die Maschinenkosten reduzieren sich durch den Wegfall der Hacker-, Spaltmaschinen- und Pelletmaschinenkosten. Die Kosten für weitere Arbeitsmaschinen belaufen sich auf 150.000 €.
Da die Betriebskosten durch die Betriebsablaufveränderungen nicht im gewünschten Ausmaß sinken, lässt sich auch so kein positives Betriebsergebnis erreichen.
Dies kann nur durch verbesserte Einkaufkonditionen beim Holz bzw. durch Erhöhung der Hackschnitzelpreise und des Wärmepreises erreichen.
Die Erhöhung bzw. Reduzierung der Holzabsatzmenge bringt keine Verbesserung der Bilanzsumme mit sich.
In der nachfolgenden Variante liegt der Einkaufspreis des Rohholzes bei 20 €/fm, und die Transportkosten bei 3 €/Sm³. Der Holzumsatz liegt bei 15.000 fm/a, wobei 2.000 fm/a aus Alt-, Rest- und Landschaftspflegeholz besteht. Für diese Mengen entstehen keine Ankaufskosten. Die daraus resultierende Reduzierung der jährlichen Betriebskosten reicht nicht aus, um in den Gewinnbereich zu gelangen.
Nur in Verbindung mit einer Erhöhung des Holz- und Wärmepreises lässt sich mit dem Modell eine wirtschaftliche Lösung finden.
Die Abbildung 6.4.3.1b zeigt den Verlauf der Bilanzkurve bei Erhöhung des Holzpreises. Ab einem Verkaufspreis von etwa 19 €/Sm³ lässt sich eine positive Bilanz realisieren. Weiterhin verdeutlicht der Kurvenverlauf den Einfluss des Wärmepreises auf die Bilanz. Eine Veränderung hat nur eine marginale Auswirkung auf die Bilanz.




[1)]WP = Wärmepreis

***Abbildung 6.4.3.1b*** Bilanzsummen-Abschätzung Potenzialmodell-Variante 2

Der erforderliche Verkaufspreis von etwa 20 €/Sm³ liegt über den erzielbaren Marktpreisen. Eine erfolgsversprechende Umsetzung des Modells unter den genannten Konditionen ist daher nicht zu erwarten.

### *6.4.3.2 Holzenergiehof "Wachstumsmodell"*

Im Wachstumsmodell wurde für eine wirtschaftliche Bewertung von der Umsetzung eines Wärmecontracting-Projektes durch das Holzenergiebüro ausgegangen. Hierzu errichtet und betreibt das Büro eine Holzhackschnitzelanlage einer mittlerer thermischen Leistung von 800 kW. Das Holzenergiebüro besteht zu Anfang aus lediglich einem Mitarbeiter, der zum einen die Anlage betreut, zum anderen vertriebliche Tätigkeiten übernimmt. Die notwendigen Räumlichkeiten werden angemietet.

Anfangsinvestitionen fallen damit lediglich für die Büroausstattung und die Hackschnitzelanlage an. Einschließlich einer einkalkulierten Förderung von 30 %[6-3] für die Hackschnitzelanlage ist ein Investitionsvolumen von 199.500 € aufzubringen. Nach annuitätischer Betrachtung errechnen sich bei einem Zinssatz von 6 % und

[6-3] angenommene durchschnittliche Förderung unter Berücksichtigung von Förderhöchstgrenzen und sonstigen Förderkonditionen

Nutzungsdauern zwischen 5 Jahren für die Büroausstattung und 15 Jahren für die Hackschnitzelanlage aus diesen Investitionen jährliche Kapitalkosten von etwa 22.000 €.

| **Investitionskosten Holzenergiehof „Wachstumsmodell“** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Investition** | **Nutzungsdauer** | **Zinssatz** | **Annuität** | **Kapital-dienst** |
| | **€** | **Jahre** | **%** | **%** | **€/a** |
| Bürogebäude | 10.000 | 5 | 6% | 23,74% | 2.374 |
| Hackschnitzelanlage | 275.000 | 15 | 6% | 10,30% | 28.325 |
| Förderung (30 %) | -85.500 | 15 | 6% | 10,30% | -8.806 |
| ***Gesamt (Mittelwert)*** | ***199.500*** | ***(11,7)*** | | ***(10,96%)*** | ***21.893*** |

***Tabelle 6.4.3.2a*** Investitionskosten Holzenergiehof „Wachstumsmodell“

Zusätzlich fallen die in nachstehender Tabelle aufgeführten jährlichen Betriebskosten an:

| **Betriebskosten Holzenergiehof** | |
|---|---|
| | **Betriebskosten €/a** |
| Personalkosten | 61.600 |
| Büromiete und -nebenkosten | 29.600 |
| Hackschnitzelanlage | 75.000 |
| ***Gesamt*** | ***166.200*** |

***Tabelle 6.4.3.2b*** Betriebskosten Holzenergiehof

Bei den Personalkosten wurde ein durchschnittlicher Stundensatz von 35 € angesetzt. Die Büromiete wurde mit 800 € im Monat einberechnet. Zusätzlich wurden 20.000 € jährliche Nebenkosten für Büromittel, werbliche und vertriebliche Ausgaben etc. angesetzt. Der Einkauf der Hackschnitzel erfolgt zu 15 € je Schüttkubikmeter.

Aus Summe der Kapital- und Betriebskosten ergeben sich damit jährliche Gesamtkosten von ca. 188.000 €.
Diesen Ausgaben stehen jährliche Einnahmen aus dem Wärmeverkauf entgegen. Wie auch im Potenzialmodell wurde der Wärmepreis wiederum mit 50 € je Megawattstunde bewertet, womit sich Verkaufseinnahmen von 160.000 € jährlich ergeben.
Die Bilanzierung der Aus- und Eingaben ergibt in der Modellvariante „Wachstum“ ein jährliches Defizit von 28.000 €.

Zur Abschätzung der Chancen und Risiken wurde eine Ausweitung der Wärmelieferungstätigkeiten von einer auf drei Anlagen mit jeweils 800 kW thermischer Leistung betrachtet. Der Hackschnitzelumsatz erhöht sich von 5.000 in der Ausgangsvariante auf 15.000 Schüttkubikmetern.
Auf der Investitionsseite und bei den Betriebskosten sind lediglich die zusätzlichen Ausgaben für die zwei weiteren Anlagen zu berücksichtigen, die Personal- und Büroausgaben werden nicht verändert, so daß vom Mitarbeiter des Holzenergiebüros nach Ausweitung drei Anlagen zu betreuen sind.
Es ergeben damit sich folgende Investitionen, Kosten und Erlöse:

| **Bilanz Holzenergiehof „Wachstumsmodell“** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***Anlagenanzahl*** | ***1*** | ***2*** | ***3*** | |
| Hackschnitzelmenge | 5.000 | 10.000 | 15.000 | Sm³ |
| Investition | 199.500 | 392.000 | 584.500 | € |
| Betriebskosten | 166.200 | 241.200 | 316.200 | €/a |
| Kapitalkosten | 21.893 | 42.015 | 61.835 | €/a |
| Einnahmen | 160.000 | 320.000 | 480.000 | €/a |
| **Bilanz** | **-28.093** | **36.785** | **101.965** | **€/a** |

***Tabelle 6.4.3.2c*** Bilanz Holzenergiehof „Wachstumsmodell“

Unter den vorgenannten Annahmen ist bereits bei der Umsetzung von zwei Wärmecontracting-Projekten ein positives Bilanzergebnis im Wachstumsmodell zu erwarten. Ab einer Umsatzmenge von etwa 7.000 Schüttkubikmetern kann bei Umsetzung mittelgroßer Anlagen der weitere Aufbau des Holzenergiehofes vorangetrieben werden, beispielsweise durch Optimierung der Hackschnitzeleinkauf durch Anmietung von Lagerflächen.

Das wirtschaftliche Risiko ist entsprechend als eher gering einzustufen, da langfristige Lieferverträge abgeschlossen werden. Die Ausweitung des Holzenergiebüros kann der wirtschaftlichen Entwicklung des Unternehmens gut angepasst werden. Das Modell beinhaltet aber die Gefahr, daß eine vollständige Umsetzung der Idee des Holzenergiehofes einen langen Zeitraum in Anspruch nehmen kann oder in der Startphase stehen bleibt, weil beispielsweise innerhalb dieser Zeitspanne anderweitig das ermittelte Absatzpotenzial erschlossen werden konnte. Auch bei veränderten Grundannahmen (z.B. kleinere Anlagengrößen) wird ein positives Ergebnis, wenn auch geringer, erst bei höheren Umsatzmengen, erwartet.

## 6.5 Beispiele für HEH und vergleichbare Konzepte

### 6.5.1 Holzenergiezentrum (HEZ) in Olsberg /Nordrhein-Westfalen

Im Vordergrund des Gründungsgedankens des Holzenergiezentrums in Olsberg/Sauerland stand die Idee einer gemeinschaftlichen Vermarktung von Spaltholz. Im weiteren Verlauf wurde der anvisierte Vermarktungsbereich auf alle Energieholzbrennstoffe (Hackschnitzel, Pellets, Holzbriketts) ausgeweitet. In der Konzeptentwicklung fanden sich als Kooperationspartner alle regionalen Akteure der Holzwirtschaft (Forstbetriebe, Sägewerke, Industrie- und Handwerksbetrieb sowie die Stadt Olsberg) wieder. Aus diesem Kreis wurde 1999 die Holz-Energie-Zentrum Olsberg GmbH zur Produktion und Vermarktung des Energieträgers Holz gegründet. Die Gesellschafterstämme dieses Unternehmen sind

- *8 Sägewerksbetriebe (Holzbearbeitungs GbR)*
- *Stadt Olsberg (Kommune)*
- *Ofenbaufirma / Installationsbetrieb (Industrie & Handwerk GbR)*
- *Waldverwertungsgemeinschaft e. V. (8 forstlichen Zusammenschlüsse und Einzelwaldbesitzer)*
- *1 Entsorgungsbetrieb*

Da die Konzeption eine alle Energieholzarten umfassende Vermarktung vorsah, die sich in kleinem Maßstab nicht darstellen ließ, sollte die Gesellschaft auf die Produktion und Lieferung großer Mengen qualitativ hochwertiger Brennstoffe ausgerichtet sein.

Folgende Geschäftsbereiche werden derzeit von der Gesellschaft abgedeckt:

1. Scheitholzproduktion

   Aus regional eingekauftem Wald-Industrieholz wird im Holz-Energie-Zentrum auf eigenen Maschinen Scheitholz produziert, auf 20 % Restfeuchte getrocknet und in Einheiten zu 12 kg in Kartons abgepackt.. Ausgelegt ist die Anlage auf eine Verarbeitung von jährlich 12.000 Fm. Die abgepackten Scheithölzer werden dem Einzelhandel (Tankstellen, Baumärkte, Lebensmitteldiscounter) angeboten sowie in loser Form regional vermarktet.

2. Holzbriketts
   Zusätzlich zu den Scheithölzern wurde der Vertrieb von Holzbriketts (gepresste Hobel- und Sägespäne), die in den holzverarbeitenden Betrieben produziert werden, übernommen.
3. Holzhackschnitzel
   Für größere Heizanlagen ab einer thermischen Leistung von 100 kW werden vom Holz-Energie-Zentrum Holzhackschnitzel hergestellt und diese Anlagen passend mit dem Brennstoff beliefert.
4. Holzpellets
   Für kleinere Heizanlagen werden Holzpellets produziert und überregional (in NRW, Hessen und Niedersachsen) vermarktet.

In Olsberg wurde sich für die Umsetzung eines „Potenzialmodells“, also die Umsetzung einer großen, umfassenden Lösung mit den entsprechend höheren wirtschaftlichen Risiken, aber auch Chancen entschieden, um von Beginn an die anvisierte Produktpalette anbieten zu können. Dieses wäre mit einer kleineren Lösung, kleineren Losgrößen wirtschaftlich nicht umsetzbar gewesen.

### 6.5.2 Holzenergiehof Nettersheim

Die Gemeinde Nettersheim, eine Gemeinde in der Nordeifel mit einem der größten Kommunalwälder von 2.500 Hektar, ist Initiator der Holzenergiehof Nettersheim GmbH (HenNe). Dieser Holzenergiehof wurde unter anderem zur Belieferung der Biowärme Nettersheim (BiNe), einer ebenfalls von der Gemeinde mitgetragenen Gesellschaft, die über ein Holzheizwerk mit Nahwärmenetz kommunale und private Liegenschaften in Nettersheim versorgt, mit regionalem, unbelastetem Energieholz gegründet.
Gesellschafter des Unternehmens sind die Biowärme Nettersheim, deren Gesellschafter wiederum die Gemeinde und zwei Energiedienstleister sind, und die Kaller Kreis-Energie-Versorgung (KEV). Die Gesellschaft besteht aus den zwei Unternehmensbereichen Holzenergiehof und einem Holzheizkraftwerk. Das aus einer Holzkesselanlage mit Dampfturbine bestehende Heizkraftwerk (4 MW thermisch, 400 kW elektrisch) versorgt zum einen umliegende Gewerbebetriebe mit Wärme, zum anderen wird die Abwärme zur Trocknung der hergestellten Hackschnitzel genutzt.

Der erzeugte Strom wird nach gesetzlicher Einspeisevergütung gemäß Erneuerbaren-Energien-Gesetz ins öffentliche Netz eingespeist.
Für den Holzenergiehof ist mittelfristig die Produktion aller Energieholzarten (Holzhackschnitzel, Scheitholz, Pellets) geplant. Das Hofkonzept beinhaltet neben der Produktion ebenfalls die Lieferung der hergestellten Hackschnitzel.
Vorerst werden lediglich Holzhackschnitzel aus den angelieferten oder eingeholten Fraktionen produziert. Als Produktionskapazität werden 8.000 Tonnen Hackschnitzel bei einem Holzeinsatz von 25.000 Tonnen für den Verkauf anvisiert. Die übrigen Mengen werden im eigenen Holzkraftwerk verwertet. Der bei der Brennstoffproduktion entstehende Kompost wird für den Garten- und Landschaftsbau verwendet.
Zur Hackschnitzelproduktion werden folgende Holzfraktionen eingesetzt::

- *Resthölzer aus der holzverarbeitenden Industrie*
- *Schwach- und Waldhölzer*
- *Durchforstungs- und Landschaftspflegehölzer*
- *unbehandelte Althölzer*

Letztgenannte Althölzer sind überwiegend Paletten und Verpackungshölzer, die von den Unternehmen direkt abgeholt werden.

Auf dem Holzenergiehof werden zu Beginn etwa 7 bis 9 Mitarbeiter auf einer Gesamtfläche von 2,5 Hektar beschäftigt sein. Investiert wurden insgesamt etwa 6 Millionen Euro.

Im Gegensatz zum Holz-Energie-Zentrum Olsberg wird in Nettersheim eher das beschriebenen „Wachstumsmodell“ umgesetzt, daß auf der Basis eigener Erzeugungsanlagen und sukzessiven Ausbau der Vermarktungsaktivitäten setzt. Die wirtschaftlichen Risiken wurden zudem durch die regenerative Stromerzeugung und die damit verbundenen über 20 Jahre gesicherten Einnahmen aus der Einspeisevergütung zusätzlich reduziert.

### 6.5.3 Leese/ Niedersachsen

Die Raiffeisengenossenschaft eG Agil Leese vertreibt und betreibt zusammen mit dem Schweizer Heizungsbauer Schmid Holzfeuerungsanlagen, die stationär oder mobil (im Container) betrieben werden können.
Darüber hinaus bietet die eG Hackschnitzel aus Holz, als ökologischen Brennstoff, die aus verschiedenen Rohmaterialien hergestellt werden: Holz aus der Forstpflege- Pappel- und Weidenholz von speziellen Kurzumtriebs-Plantagen, die alle 3-4 Jahre abgeerntet werden - Naturbelassenes Abfallholz (z.B. Sägerestholz, Paletten, Verpackungsholz).

### 6.5.4 Calw/ Baden-Württemberg

Gestützt wird das Projekt in der Baden-Württembergischen Kreisstadt Calw vom ansässigen Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Calw. Ausgehend vom Umweltausschuss des Landkreises wurde die Landkreisverwaltung Calw im Jahr 2000 beauftragt, Konzepte zur Nutzung von Waldresthölzer zu erarbeiten und vorzulegen. Aus diesem Konzept entstand der Beschluss des Kreistages zum Bau eines Holzheizkraftwerkes mit einer thermischen Leistung von 32,5 MW und einer elektrischen Leistung von 6,5 MW. Nach Bekanntmachung dieses Beschlusses entwickelte sich in den potenziellen Standortgemeinden Widerstand gegen den Bau des Kraftwerkes. Dadurch wurde der geplante Zeitrahmen derart verändert, dass die Berechnungen der Wirtschaftlichkeit und der Machbarkeit nun den aktuellen neuen Rahmenbedingungen angepasst werden müssen.
Grundlage des Projektes „Holzheizkraftwerk“ ist eine Energieholzpartnerschaft in die Kommunen, benachbarte Landkreise, holzverarbeitende Betriebe, insbesondere Sägewerke und die Forstverwaltung, eingebunden werden sollen. Das heißt: All diese Partner beliefern auf fester vertraglicher Basis den sogenannten Energieholzpool. Dabei soll minderwertiges Material direkt im Heizkraftwerk verbrannt werden. Das hochwertige Holz, z.B. Sägespäne aus der Sägerwerksindustrie oder stärkere Hölzer aus Waldholz, werden zu höherwertigen Holzbrennstoffen aufgearbeitet (Pelletierung, Hackschnitzelaufbereitung etc.) und an dezentrale Konversionsanlagen weiterverkauft.

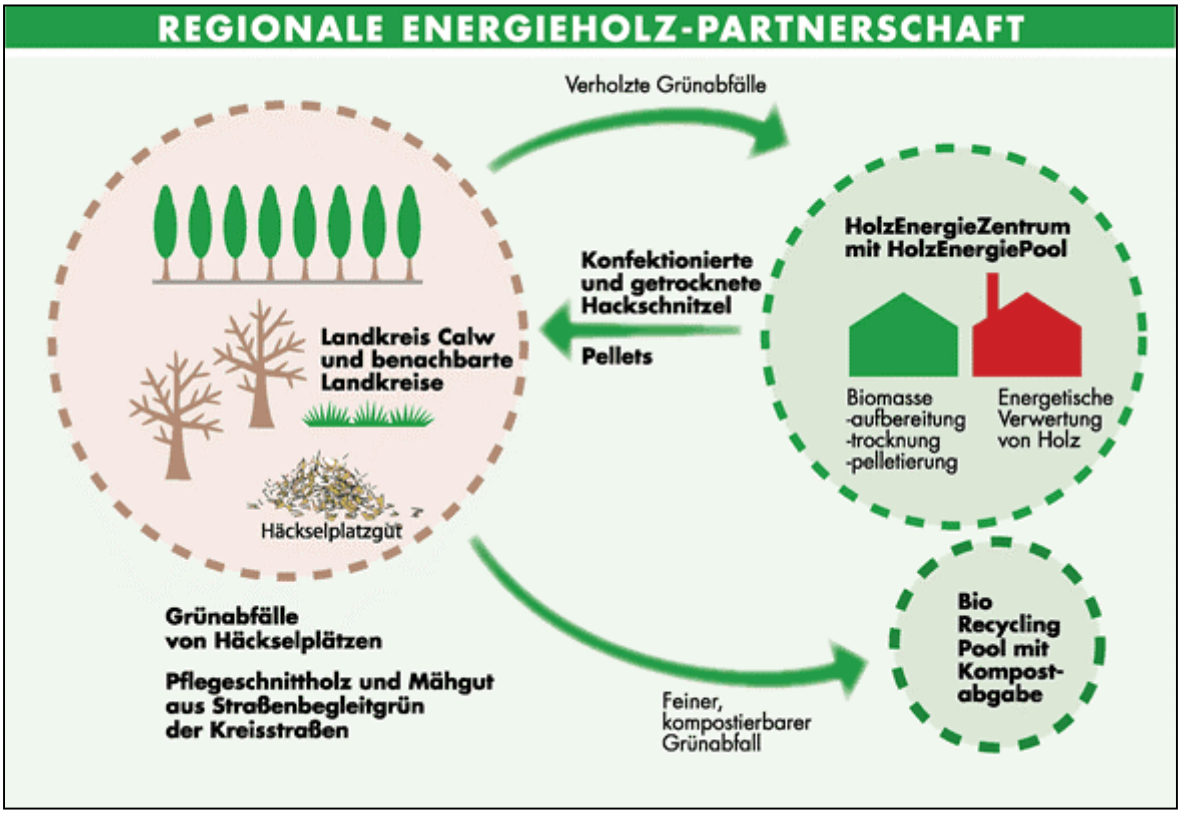



***Abbildung 6.5.4a*** Regionale Energieholz-Partnerschaft Calw

### 6.5.5 Nahwärmeprojekt Lebenshilfe Solingen e.V.

Der Verein *Lebenshilfe für Geistigbehinderte Ortsvereinigung Solingen e.V.* wurde 1959 durch betroffene Eltern, auf Anregung vom damaligen Sonderschullehrer Wilhelm Hartschen, gegründet. Der Verein ist ein Zusammenschluss von Eltern, Fachleuten und Freunden behinderter Menschen und hat die Zielsetzung, Einrichtungen und Maßnahmen zu fördern und zu initiieren, die der Verbesserung der Lebensqualität von Menschen mit Behinderung dienen. Dazu unterhält die Lebenshilfe eine Frühförder- und Beratungsstelle, eine integrative Kindertagesstätte, einen Werkhof und diverse Werkstätten mit unterschiedlichsten Aufgabengebieten.
Die *Lebenshilfe Werkstatt für Behinderte gGmbH Solingen* betreibt einen handwerklich technischen (WISUB), einen gastronomischen (interner Kantinenbetrieb und Cateringservice) und einen gärtnerischen Bereich mit GaLa-Bau und Gärtnerei.
Der Gärtnereibetrieb liegt im Westen der Stadt Solingen am Rand des Naturschutzgebietes „Ohligser Heide“. Derzeit sind hier ca. 30 Mitarbeiter beschäftigt. Neben dem Ziehen von Zierpflanzen unter Glas, betreibt die Gärtnerei

einen Garten- und Landschaftsbaubetrieb. Zu den Kunden des GaLa gehören neben der Stadt Solingen, den Stadtwerken Solingen und zahlreichen Kirchengemeinden viele Privatkunden.
Die derzeitige Wärmeversorgung des Gebäudebestandes wird von einem alten Heizölkessel gedeckt, der Anfang der 80er Jahre installiert wurde. Eine Anbindung an das Erdgasnetz der Stadtwerke Solingen ist nicht vorhanden.
Die Erneuerung der bestehenden Heizungsanlage ist notwendig. Daraufhin entstand die Überlegung, den Energieträger Heizöl mit dem Einbau einer automatisch beschickten Hackschnitzelheizung durch den Energieträger Holz zu substituieren.
Der nächste Schritt soll die hydraulische Anbindung der St. Lukas Klinik über ein neu zu errichtendes Nahwärmenetz sein. Die bestehende erdgasbefeuerte Heizungsanlage des Klinikums wird mit einer Feuerungsleistung von 2 MW die Spitzen- und Teillastabdeckung übernehmen. Diese Anlage wurde erst im Jahr 1995 neu errichtet. Eine Erweiterung des Wärmeverbundes durch die Anbindung des städt. Verwaltungsgebäudes an der Bonner Straße und des St. Josef Altenheimes sind denkbar.
Für die technische Projektierung hat sich die Lebenshilfe mit dem Energiedienstleistungsunternehmen ENSERVA zusammengetan. ENSERVA wurde im Jahr 2002 als Gemeinschaftsunternehmen der MVV-Energie AG Mannheim und der Stadtwerke Solingen gegründet. MVV ist seit Jahren auf den Gebiet der energetischen Biomassenutzung tätig und daher ein kompetenter Partner für Projekte dieser Art. Das Unternehmen hat sich auch als zukünftiger Contractor angeboten.
Die Bereitstellung des Brennstoffes (Holzhackschnitzel) soll Aufgabe des Gartenbetriebes der Lebenshilfe sein . Auf dem betriebseigenen Gelände sollen mit Hilfe geeigneter Hacker die Hackschnitzel hergestellt und bei Bedarf getrocknet und gelagert werden.
Als Holzrohstoff stehen die Abfälle aus dem eigenen GaLa Betrieb zur Verfügung. Um den jährlichen Holzbedarf decken zu können, muss jedoch weiteres Landschaftspflegeholz und unbehandeltes Altholz von den umliegenden Entsorgungsbetrieben (z.B. Entsorgungsbetrieben Solingen) angeliefert werden. Dies wiederum erspart den Entsorgungsbetrieben jährlich hohe Entsorgungs- oder Kompostierungskosten.

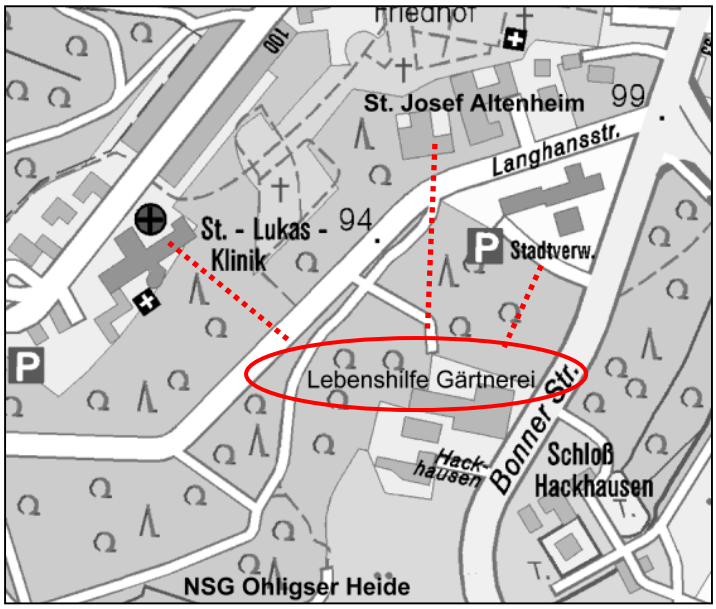



***Abbildung 6.5.5a*** Standort Nahwärmeprojekt Lebenshilfe Solingen e.V.

Der Vorgang der Hackschnitzel-Bereitstellung ist ein arbeitsintensiver Vorgang. Er erfordert einen erhöhten manuellen Arbeitseinsatz. Er bietet daher zahlreiche, gute Beschäftigungsmöglichkeiten für Menschen mit Behinderung.

Das Projekt verbindet somit ökonomische, ökologische und soziale Aspekte. Diese Verknüpfung verleiht dem Projekt über die Region hinaus Vorbildcharakter.
Geplant ist daher, die Heizungsanlage in seiner baulichen Ausführung transparent zu gestalten und der interessierten Öffentlichkeit als Anschauungsobjekt zu präsentieren.

Langfristig ist es denkbar, den genannten Projektstandort für einen Holzenergiehof zu nutzen, der weitere Holzfeuerungsanlagen im Umkreis mit Brennstoffen versorgt.

***Projektanschrift:***
Lebenshilfe-
Werkstatt für Behinderte gGmbH Solingen
Freiheitstr. 9-11
42719 Solingen
Tel. (02 12) 59 95 – 101
Fax (02 12) 59 95 – 110

## 6.6 Zusammenfassung Holzenergiehof R-S-W

Die Errichtung eines Holzenergiehofes in der Region des Städtedreiecks Remscheid, Solingen und Wuppertal, kann entscheidend die Erschließung der ungenutzten Holzpotenziale fördern.

Das hier skizzierte Potenzialmodell ist aufgrund der hohen jährlichen Betriebskosten mit hohen wirtschaftlichen Risiken verbunden. Als Startmodell ist daher das Wachstumsmodell vorzuziehen. Hier bieten sich später Möglichkeiten zu einem sukzessiven Ausbau des Holzenergiehofes. Im Endausbau steht die eigene Erzeugung und Vertrieb von Holzbrennstoffen. Zahlreiche Beispiele für vergleichbare Konzepte haben die Umsetzbarkeit dieser Variante bewiesen. Die erforderlichen Abnehmer, also lokale Holzfeuerungsanlagen, sind im Untersuchungsgebiet vorhanden (siehe auch Kapitel 8).

Gegenüber der wirtschaftlichen Risiken die mit der Errichtung einer neuen Unternehmung mit vielen unbekannten Variablen vorhanden sind, steht der wirtschaftliche und ökologische Nutzen für die Region. Bei Erschließung der gesamten Energieholzmengen ließen sich fossile Brennstoffe im Wert von 3 bis 5 Mio. € substituieren. Dieses Kapital würde dem regionalem Wirtschaftskreislauf weiterhin zur Verfügung stehen (vgl. Kapitel 5.4). Eine sehr vereinfachte Rechnung verdeutlicht die beschäftigungspolitische Bedeutung dieser Summe. Bei angenommenen Kosten von 40.000 €/a für einen durchschnittlichen Arbeitsplatz, könnten somit zwischen 75 und 100 neue Beschäftigungsverhältnisse geschaffen werden. In Zeiten hoher Arbeitslosigkeit ein

Diese regionalwirtschaftlichen Überlegungen und Auswirkungen müssen trotz der betriebswirtschaftlichen Risiken bei den weiteren Planungsüberlegungen mit berücksichtigt werden. Hier sind kommunale Akteure gefordert ihrer Fürsorgepflicht für die Menschen der Region entgegenzukommen.

# 7 Abschätzung der Absatzchancen für Holzbrennstoffe in der Region

## 7.1 Anforderungen an die potenziellen Wärmesenken

In diesem Abschnitt werden zunächst die Anforderungen formuliert und beschrieben, die an Wärmesenken gestellt werden, die potenziell für den Betrieb einer holzbetriebenen Feuerungsanlage in Frage kommen.

*Definition „Wärmesenke*“: Eine Wärmesenke benötigt zum Erreichen und Halten eines bestimmten Temperaturniveaus eine bestimmte Menge Nutzenergie. Sie ist damit ein „Verbraucher“ von Wärmeenergie. Die von einem Heizkessel oder einer sonstigen Wärmequelle erzeugte Wärmeenergie wird in der Wärmesenke auf ein niedrigeres Temperaturniveau gesenkt.

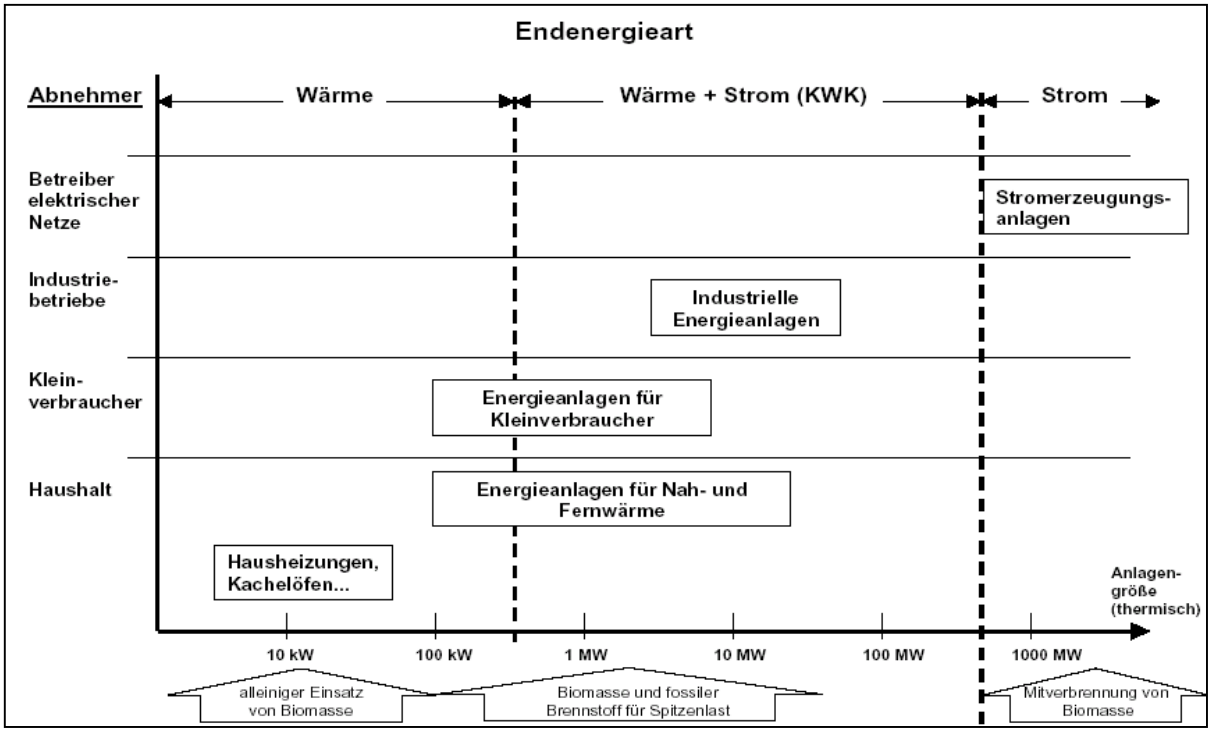



***Abbildung 7.1a*** Einsatz biogener Brennstoffe
Quelle: Leitfaden Bioenergie, FNR

Nicht jede Wärmesenke bietet sich für den Einsatz eines holzbefeuerten Heizkessels an. Folgende grundlegenden Kriterien sind zu berücksichtigen:

- Wärmelastgang, Wärmebedarf des Objektes

Der Wärmelastgang des zu versorgenden Objektes sollte eine gewisse Charakteristik aufweisen. Da Holzfeuerungsanlagen im Gegensatz zu Erdgas- oder ölbefeuerten Anlagen in ihrer Teillastfähigkeit beschränkt sind (min. 30 bis 50%), eignen sich Holzkessel zur Abdeckung der Grund- und Mittellast. Ein Holzkessel muss also so eingebunden werden, dass er einen möglichst hohen Anteil des Gesamtwärmebedarfs zur Verfügung stellen kann. Bei der Leistungsauslegung muss ein Optimum zwischen den Betriebsstunden, den Anteil am Gesamtwärmebedarf und den Investitionskosten für Kessel und Peripherie gefunden werden.

- Alter der bestehenden Anlage

Die Wärmekosten aus Holz lassen sich besser darstellen und rechnen, wenn die bestehende Anlage aufgrund des älteren Baujahres zum Austausch ansteht. Übliche Nutzungsdauern (Abschreibungszeitraum nach VDI 2067) für Öl- und Gaskessel liegen bei 15 Jahren.

- Umgebung, Lage des Objektes

Durch Anlieferfahrten können bei ungünstigen Lagen in Wohn- oder Mischgebieten zusätzliche Lärm- und Abgasemissionen entstehen. Die Abgasführung muss so ausgelegt sein, dass für Anlieger keine Geruchsimmissionen entstehen.
Das Objekt muss eine Zufahrt für die Anlieferung der Brennstoffe besitzen. Je nach Brennstoffmengenbedarf muss die Zufahrt für verschiedene Transportfahrzeuge befahrbar sein. Bei den Zufahrten wird unterschieden zwischen der öffentlichen Anbindung des Grundstückes und den Transportwegen auf dem Objektgrundstück.

- Platzbedarf im Heizraum und im/am Objekt

Für die Lagerung des Brennstoffes wird ausreichend Platz benötigt. Die Lagerräume können in bestehenden Gebäuden oder in extern Lagerstätten untergebracht werden.
Weiterer Platzbedarf ist für den Standort der Kesselanlage, der Brennstoffbeschickung und Entaschung erforderlich. Es muss weiterhin die Möglichkeit bestehen den Kessel in den Heizraum einbringen zu können. Gibt es im bestehenden Heizraum keine Möglichkeit den Kessel und die notwendige Peripherie unterzubringen, kann eine externe Heizzentrale in einem separaten Gebäude installiert werden.

## 7.2 Absatzchancen für Hackschnitzel

Die Errichtung von Holzkesselanlagen ist im Vergleich zur konventionellen Heiztechnik mit höheren Investitionskosten verbunden. Diese höheren Investitionen können jedoch durch geringere Brennstoffkosten und durch öffentliche Fördergelder kompensiert werden. Der höhere Invest, die Unsicherheiten verbunden mit der langfristigen, sicheren Versorgung mit Holzbrennstoffen und die Unwissenheit über die vorhandene Technik zur Holzenergienutzung sind Gründe, warum Holzkessel bei der Planung von Heizzentralen wenig Berücksichtigung finden.
Im Nachfolgenden wird für das Untersuchungsgebiet ein mögliches Szenario dargestellt, welches von einer verstärkten Holzenergienutzung ausgeht.
Die möglichen Nutzer/Betreiber werden in drei Gruppen eingeteilt. Die Gruppe der *Kommunen* repräsentiert dabei die Städte Remscheid, Solingen und Wuppertal mit den zuständigen Ämtern und Betrieben für die Unterhaltung und Versorgung der kommunalen Liegenschaften. Die Gruppe der *sozialen Einrichtungen* beinhaltet Krankenhäuser, Altenheime, Kirchen etc. In der Gruppe *Gewerbe/Privat* sind neben den Industrie- und sonstigen Gewerbebetrieben auch die örtlichen Energieversorgungsunternehmen zusammengefasst.
Das Szenario geht von einem jährlichen Leistungsausbau bis zum Jahr 2008 aus:

| | | |
|---|---|---|
| Kommunen | 2 x 300 kW | je 1.200 MWh/a |
| Soziale Einrichtungen | 1 x 300 kW | je 1.350 MWh/a |
| Gewerbe/Privat | 1 x 600 kW | je 2.700 MWh/a |
| ***Gesamt*** | ***1.500 kW/a*** | ***bis 2008*** |

Auf Basis dieser Annahmen ergibt sich der in Abbildung 7.2a dargestellte jährliche Bedarf an Holzhackschnitzel.

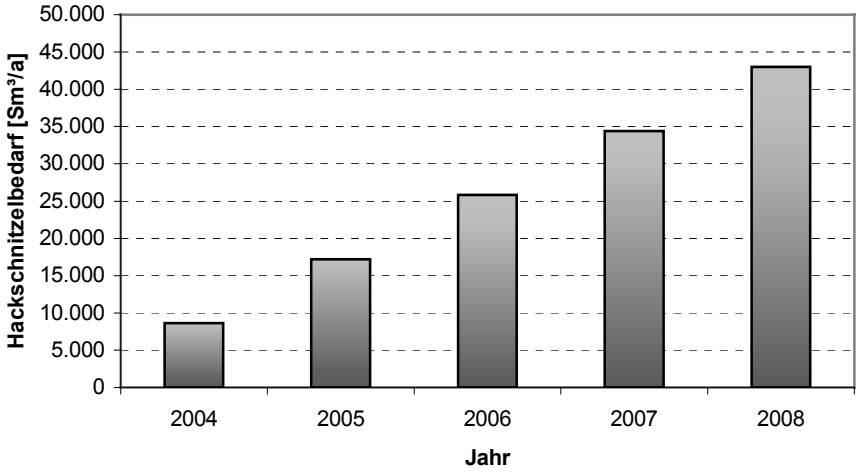



***Abbildung 7.2a*** Entwicklung des jährlichen Hackschnitzelbedarfs

Die Nennleistung von 300 kW ist eine realistische Größenordnung für Holzkessel, die in Liegenschaften mit einem Wärmebedarf von 1.600 bis 2.000 MWh/a eingesetzt werden können. Dieser Wärmebedarf ist in zahlreichen kommunalen Einrichtungen vorhanden. Für den industriellen Bereich wird aufgrund des höheren Wärmebedarfs mit einer größeren Nennleistung von 600 kW gerechnet. Diese Leistungsgröße ist auch für die Errichtung von Nahwärmenetzen mit zentralem Heizwerk vorstellbar.

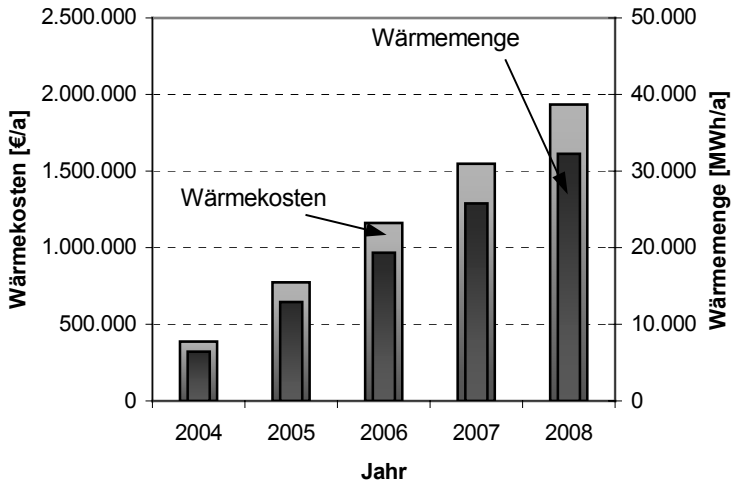



***Abbildung 7.2b*** Wärmekosten und Wärmemengen aus Holzhackschnitzel

Im Ausbaustadium im Jahr 2008 könnten danach im Untersuchungsgebiet jährlich etwa 33.000 MWh aus Holzenergie (Hackschnitzel) gewonnen werden. Bei einem angenommenen Wärmepreis von 60 €/MWh errechnen sich Gesamtwärmekosten von etwa 2 Mio. €/a.

Für das genannte Szenario müssten jährlich 700.000 € ( Ì spez. 470 €/kW) in die Anlagentechnik investiert werden. Der Umsatz im Bereich des Brennstoffhandels würde im Ausbaustadium im Jahr 2008 etwa 780.000 € (18 €/Sm³) erreichen.

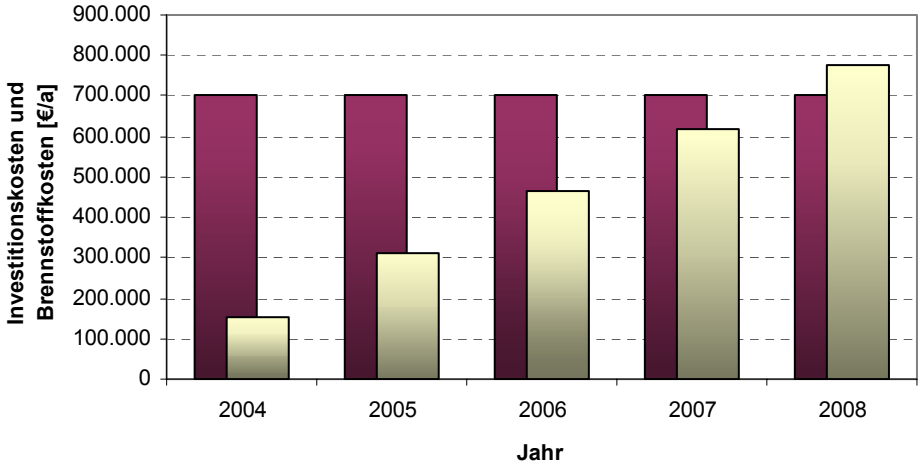



***Abbildung 7.2c*** Jährliche Investitions- und Brennstoffkosten

## 7.3 Absatzchancen für Holzpellets

Der Einsatz von Holzpelletanlagen ist nur sinnvoll und annähernd wirtschaftlich darstellbar bei Anlagen mit einer Feuerungsleistung bis max. 50 kW. Die angebotene Produktpalette der Hersteller von Pelletfeuerungen bewegt sich überwiegend in diesem Leistungsband von 10 bis 35 kW.
Vergleichbare Leistungsgrößen sind im Bereich der Wohngebäudeversorgung zu finden. Basierend auf den statistischen Zahlen zum Wohngebäudebestand und über die Versorgungsstruktur der im Untersuchungsgebiet ansässigen Energieversorgungsunternehmen, werden Abschätzungen für den Absatz von Holzpellets getroffen.

***Energieversorgungsstruktur:***

| | | |
|---|---|---|
| *Stadtwerke Wuppertal AG* | WSW | Gasversorgung: 34.500 Hausanschlüsse<br>Betrieb von 4 Heizkraftwerken |
| *EWR GmbH*[7-1]<br>*Energie und Wassser für Remscheid GmbH* | ewr | Gasversorgung: 13.000 Hausanschlüsse<br>Betrieb 4 BHKW: Versorgung ca. 300 WE |
| *Stadtwerke Solingen GmbH* | SWS EINFACH FÜR SIE DA. | Gasversorgung: 21.200 Hausanschlüsse<br>Keine Nah- und Fernwärme |

***Gebäudestruktur:***

| | | |
|---|---|---|
| *Stadt Wuppertal* | | 360.000 Einwohner<br>ca. 193.000 Wohnungen<br>ca. 50.000 Wohngebäude |
| *Stadt Remscheid* | | 123.000 Einwohner<br>ca. 20.000 Wohngebäude |
| *Stadt Solingen* | Solingen | 164.000 Einwohner<br>ca. 78.000 Wohnungen<br>ca. 28.000 Wohngebäude |

[7-1] Ein Unternehmen der Stadtwerke Remscheid GmbH, Ausgliederung der Sparten Energie- und Wasserversorgung

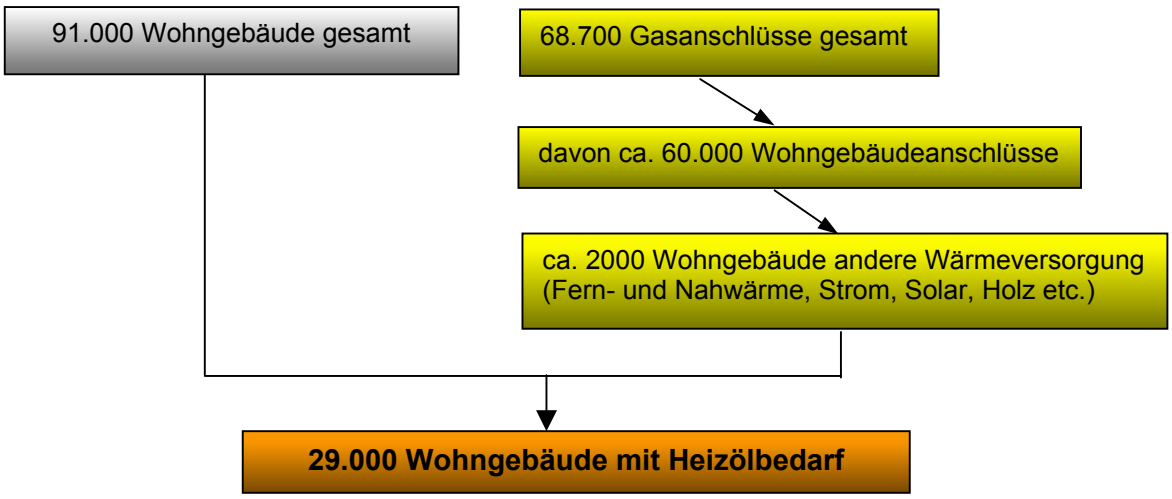



***Abbildung 7.3a*** Heizölheizungen im Untersuchungsgebiet

Zur Abschätzung der möglichen Absatzmengen von Holzpellets im Untersuchungsgebiet wird davon ausgegangen, dass 5 % der Ölheizungen in den nächsten 5 Jahren aufgrund der Anforderungen der neuen Energieeinsparverordnung oder aus Erneuerungsbedarf gegen eine Holzpelletheizung ausgetauscht werden. Die Erreichbarkeit dieser Größenordnung ist durchaus realistisch, da sie in Österreich und der Schweiz bereits umgesetzt wurde. Der durchschnittliche Jahresbrennstoffbedarf bei den Heizungsanlagen die umgerüstet werden könnten wird auf 7 t geschätzt.
Bei Wohngebäuden mit Erdgasanschluss wird davon ausgegangen, dass die Bereitschaft auf den komfortablen und relativ umweltverträglichen Brennstoff Erdgas zu verzichten, sehr gering ist.
Zu den Umrüstungen im Altbaubestand kommt ein Zubau von Pelletheizungen im Neubaubereich. Im Durchschnitt werden im Untersuchungsgebiet jährlich ca. 400 Wohngebäude neu errichtet. Im Neubaubereich kann davon ausgegangen werden, dass sich etwa 10 % der Hausbesitzer für den Einbau einer modernen Pelletheizung entscheiden. Aufgrund der erhöhten Anforderung an Wärmedämmung und sonstigen Energieeffizienzmaßnahmen kann bei Anlagen in Neubauten mit einen durchschnittlichen Brennstoffbedarf von 4 t/a gerechnet werden.
Ausgehend von diesen Zahlen ergeben sich die in Abbildung 7.3b dargestellten benötigten jährlichen Brennstoffmengen. Nach 5 Jahren ergibt sich demnach ein Gesamtvolumen von ca. 11.000 t/a, bei 1.650 installierten Anlagen im Untersuchungsgebiet.

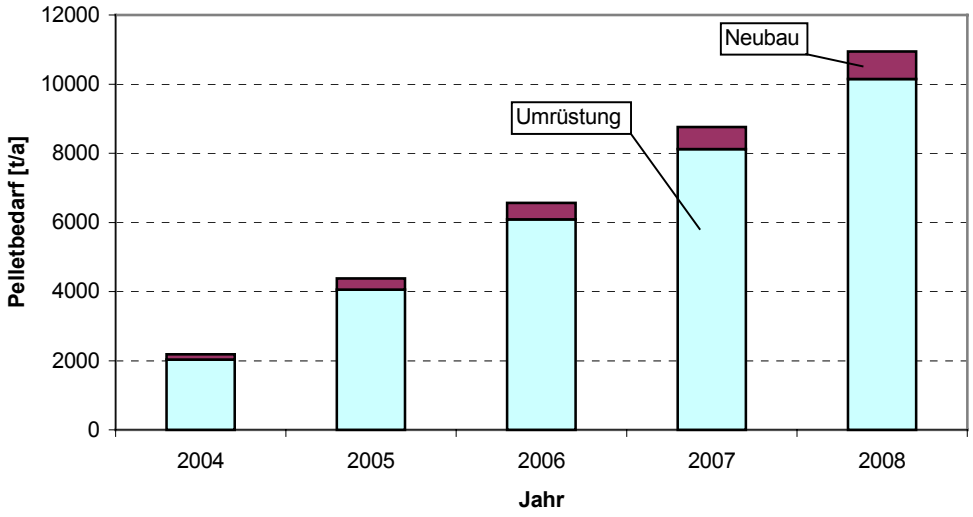



***Abbildung 7.3b*** Entwicklung des Holzpelletbedarfs im Untersuchungsgebiet

Der überwiegende Teil der Absatzmengen sind nur zu erschließen, wenn bestehende Anlagen auf den neuen Brennstoff umgerüstet werden. Im Bereich des Wohnungsneubaus sind nur geringere Zuwächse zu erwarten.
Die gesamte Produktionskapazität für Holzpellets lag in Deutschland im Jahr 2002 bei ca. 63.000 t/a. Ein weiterer Ausbau dieser Kapazitäten ist zu erwarten und wäre für das dargestellte Szenario notwendig.
Diese aufgeführten Zahlen sind jedoch nur zu erreichen, wenn der Anlagenausbau schnell und zeitnah erfolgt, bevor der Erneuerungsbedarf der bestehenden Altanlagen für die nächsten Jahre wieder durch andere konventionelle Energieträger gedeckt wird.
Die höheren Investitionskosten, die der Einbau einer Pelletfeuerung mit sich bringt, lässt sich derzeit nur die eine konsequente Förderung von Land und Bund kompensieren bzw. dämpfen. Die Preise für qualitativ hochwertige Holzpellets liegt derzeit auf einem hohen Niveau (170-200 €/t, 3,4 bis 4 €-cent/kWh), so dass sich bei den verbrauchsgebundenen Kosten gegenüber fossilen Energieträgern nur geringe Kostenvorteile ergeben.

Nach Österreich und der Schweiz hat sich der Brennstoff Holzpellet auch in Deutschland einen eigenen Markt geschaffen, der kontinuierlich auf Anbieter- und Nachfrageseite wächst. Derzeit liegt der Anteil von Pelletheizungen am gesamten deutschen Markt für Kleinfeuerungen bei weniger als 2 %. Vorrangig hat sich dieser Markt im Bereich der Neubauten entwickelt. Unter dem Aspekt der anstehenden Ersatzinvestitionen im Altbaubestand lassen sich aber hier erhebliche Potenziale erschließen. Die Energie-Einspar-Verordnung EnEV schreibt vor, bis zum Jahr 2004 solche Heizungsanlagen auszutauschen, die vor 1978 installiert wurden. Schätzungen gehen davon aus, dass hiervon 3 bis 7 Mio. Anlagen betroffen sind.

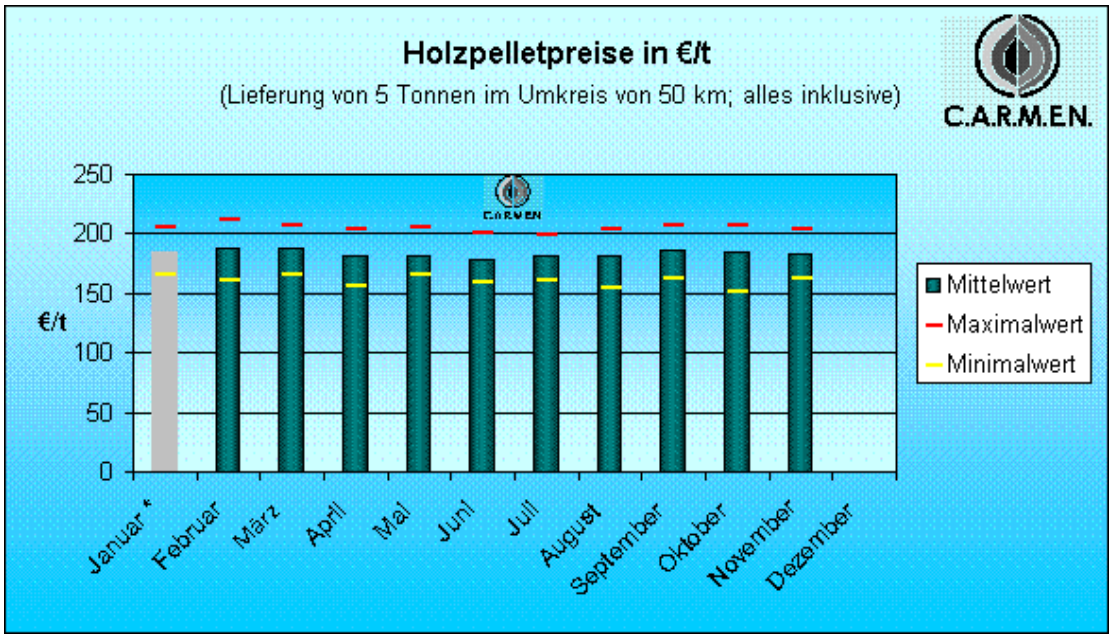



***Abbildung 7.3c*** Holzpelletpreise 2002
Quelle: [CARMEN]

Der Brennstoffbedarf in der BRD lag im Jahr 2001 bei etwa 38.000 t. Dagegen stand im Land lediglich eine Produktionskapazität von 23.100 t zur Verfügung. Aus diesem Grund bestand ein erheblicher Importbedarf der überwiegend aus Österreich gedeckt wurde. Anders die Zahlen für das Jahr 2002. Hohe Investitionen in die Pelletproduktion haben für eine Steigerung der Produktionskapazität auf etwa 63.000 t/a gesorgt. Derzeit sind in der BRD etwa 25 Hersteller tätig. Für das Jahr 2003 wird mit einem weiteren rapiden Ausbau der Produktionslinien bis auf etwa 100.000 t/a gerechnet.

## 7.4 Absatzchancen für Scheitholz

Der Absatz von Scheitholz für Kamin- oder Scheitholzzentralheizungen ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Dies ist vor allem der Verbesserung der Heizungstechnik zu verdanken. Dank modernsten Scheitholzvergaserkessel ist es möglich mit Scheitholz komfortabel und umweltschonend zu heizen.
Scheitholz kann benutzerfertig (gespalten und abgelängt) bezogen werden. Dagegen besteht die Möglichkeit als Selbstwerber, mit sog. Selbstwerberscheinen, entsprechendes Waldrestholz zu sammeln und selbst aufzubereiten.
Die Preise für fertig aufbereitetes Scheitholz liegen je nach Abnahmemenge, Holzart und Feuchtegehalt zwischen 35 und 65 €/Rm. Nach einer Lagerzeit von mindestens 2 Jahren kann das Holz genutzt werden.
Abnehmer sind in erster Linie Privatkunden mit Kesselanlagen von 15 bis 50 kW. Hier findet Scheitholz Verwendung in Kaminen, Einzelraumöfen, Kachelöfen oder modernen Scheitholzvergasern als Zentralheizung. Scheitholzkessel stellen eine kostengünstige Alternative zur Holzpelletkessel dar, wobei der Nutzungskomfort durch die manuelle Beschickung geringer ist.
Weitere Kunden sind vermehrt Pizzerien die wieder verstärkt auf die Nutzung von holzbefeuerten Backöfen setzten. Einige Sonderkunden wie z. B. Museen die traditionelle Handwerkstechniken präsentieren, benötigen häufig hochwertiges Brennholz.

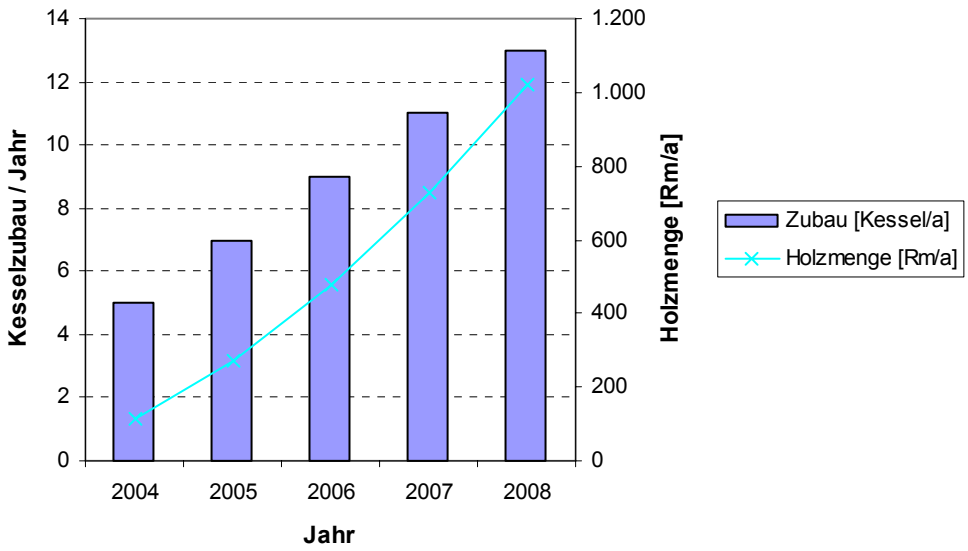



***Abbildung 7.4a*** Absatzprognose Scheitholz

Eine genaue Prognose über die Absatzentwicklung abzugeben ist schwierig. Da sich die Technik aber rasant weiterentwickelt und die Nutzung von Brennholz wieder „up to date“ ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Zunahme des Scheitholzabsatzes anhält. In der Abbildung 7.4a wird von einem kontinuierlich wachsenden Ausbau von modernen Scheitholzkesseln im Untersuchungsgebiet ausgegangen. Im ersten Jahr werden 5, im zweiten 7, im dritten 9 usw. Kessel mit einer jeweiligen Durchschnittsleistung von 20 kW zugebaut. Bei angenommenen 2.100 Vollbenutzungsstunden ergibt sich daraus eine jährlich erzeugte Wärmemenge, die durch eine bestimmte Holzmenge [in Rm] abgedeckt wird. Im Jahr 2008 wird eine Holzmenge von etwa 1.000 Rm Scheitholz benötigt. Das entspricht einer Energiemenge von etwa 1.850 MWh (bei Buchenscheitholz). Bei Brennstoffkosten von 55 €/Rm ergeben sich Gesamtbrennstoffkosten von etwa 56.000 €/a.

## 7.5 Anlagenbestand im Untersuchungsgebiet

Der Bestand der Anlagen zur energetischen Nutzung von Holz im Untersuchungsgebiet lässt sich durch die Förderanträge ermitteln, die beim Forstamt Mettmann gestellt wurden. Neben den aufgezeigten Anlagen kann davon ausgegangen werden, dass zahlreiche Betriebe der Holzverarbeitung seit Jahren eigene Anlagen in Betrieb haben. Weiterhin sind neu errichtete Scheitholzanlagen nicht mit erfasst, da diese von der Förderung ausgenommen sind.

| **Holzheizungen im Untersuchungsgebiet mit HaFö-Förderung** | | | |
|---|---|---|---|
| ***Leistung*** | ***Holzpellet*** | ***Hackschnitzel*** | ***Gesamtzahl*** |
| kleiner 25 kW | 9 | | 9 |
| 26-50 kW | 3 | | 3 |
| 51-100 kW | | 1 | 1 |
| 101-300 kW | | | |
| 301-1000 kW | | | |
| 1 – 5 MW | | 2[1)]+(1)[2)] | 2 |
| 5 – 20 MW | | | |
| 20 – 50 MW | | | |

1) eine Anlage ohne Förderung
2) in Planung

***Tabelle 7.5a*** Holzheizungen mit HaFö-Förderung
Quelle: [FA Mettmann]

Die gesamte Installationsleistung liegt nach den vorliegenden Angaben bei 2,4 MW. Besonders im mittleren Leistungsbereich von 300-1000 kW sind keine Anlagen installiert. Hier besteht ein Nachholbedarf, der durch die Vorlage dieser Studie mit generiert werden soll.

## 7.6 Informationsveranstaltung zum Thema „Holzenergienutzung“

Ein wichtiges Ziel des *Arbeitskreise Biomasse* des *Regionalbüros Bergisches Städtedreieck* ist die Information von interessierten Bürgern über das Thema „Holzenergie“. Durch diese Sensibilisierung der Menschen verspricht man sich die Generierung von weiteren Holzenergieprojekten in der Region und damit eine Steigerung des Absatzes dieses regionalen, erneuerbaren Energieträgers Holz. Aus diesem Grund veranstaltete der AK Biomasse am 1. April 2003 im Deutschen Werkzeugmuseum in Remscheid eine Informationsveranstaltung zum Thema „Energetische Nutzung von Holz im Bergischen Städtedreieck“.
Zielgruppe waren potenzielle Anwender/Nutzer/Betreiber von Holzheizungen aus den Städten Remscheid, Solingen und Wuppertal. Im Vorfeld der Veranstaltung wurden verschiedenste Institutionen, Unternehmen und Verantwortliche aus Vereinen, Verwaltungen und Politik (insgesamt 300 Einladungen) mittels eines Einladungsschreibens und Infofaltblatts zur Teilnahme eingeladen. Für die Erstellung des Verteilers zeichneten sich die Mitglieder des AK Bioenergie verantwortlich.
Ziel der Veranstaltung war, die Teilnehmer zunächst grundsätzlich über die Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Holz zu informieren. Aus dem Interesse der Teilnehmer sollte ein möglicher Absatzbedarf von Holzbrennstoffen abgeschätzt werden. Weiterhin sollte die Veranstaltung als eine Plattform für Dialog und Austausch dienen. Dieser fand im Anschluss an die Vortragsreihe rege statt.

Die Beteiligung war mit etwa 45 Besuchern zufriedenstellend. Die Zuhörerschaft setzte sich aus Vertretern verschiedenster Bereiche (Landwirtschaft, Kommunen, privat, Politik etc.) zusammen. Eine Teilnehmerliste und das Programm-Infoblatt sind dem Anhang [11d +e] beigelegt.
Der *AK Bioenergie* bot den Teilnehmern an, im folgenden Monat an einer Besichtigungsfahrt zu einer in Betrieb befindlichen Hackschnitzelanlage teilzunehmen. An diesem Angebot bestand leider kein reges Interesse.
Der Arbeitskreis überlegt nun weitere Informations- und Austauschveranstaltungen zum Thema „Holzenergie“ durchzuführen. Dabei sollen in Zukunft auch mögliche Brennstofflieferanten mit eingebunden werden, um so Kontakte zwischen Anbietern und Nutzern zu fördern.
Der Informationsbedarf zum Thema energetische Nutzung von Holz ist immer noch vorhanden. Anhand von positiv realisierten Projekten kann den potenziellen Nutzern gezeigt werden, wie ein Anlagenkonzept aussehen kann.
Mittelfristig können aus vergleichbaren Veranstaltungen Impulse und Kontakte entstehen, die dann zur Umsetzung von Holzenergieprojekten führen.

***Veranstaltungsprogramm:***

Grußworte

*Susanne Fiedler, Vorsitzende des Ausschusses für Umwelt, Grünflächen und Ordnungsangelegenheiten der Stadt Remscheid*

Stand der energetischen Nutzung von Holz in Nordrhein-Westfalen

*Steffen Hofmann, Energieagentur NRW*

Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Holz in den Städten des Bergischen Städtedreiecks

*Jens Sieweke, Energieagentur Lippe GmbH*

Erste kommunale Holzhackschnitzelheizung im Kreis Lippe, Projektvorstellung

*Frank Senge, Energieagentur Lippe GmbH*

Moderation:

*Wolfgang Putz, Leiter des Umweltamtes der Stadt Remscheid*

Für die Eröffnung der Veranstaltung konnte Frau Susanne Fiedler, die Vorsitzende des Ausschusses für Umwelt, Grünflächen und Ordnungsangelegenheiten der Stadt Remscheid gewonnen werden. Die Energieagentur NRW, vertreten durch Herrn Steffen Hofmann, stellte den derzeitigen Stand der Holzenergienutzung in Nordrhein-Westfalen dar. Es wurde deutlich, dass die Region des Bergischen Städtedreiecks im Bereich der Holzenergienutzung im landesweiten Vergleich hinterher hinkt.
Die Energieagentur Lippe GmbH, vertreten durch Herrn Jens Sieweke und Herrn Frank Senge, stellten Techniken der Holzenergienutzung, die ersten Ergebnisse der Holzenergiestudie und anhand eines Praxisbeispiels die erfolgreiche Umsetzung einer Holzenergienutzung dar.
Geleitet und moderiert wurde die Veranstaltung von Herrn Wolfgang Putz, dem Leiter des Umweltamtes Remscheid und Sprecher des Arbeitskreises Bioenergie.

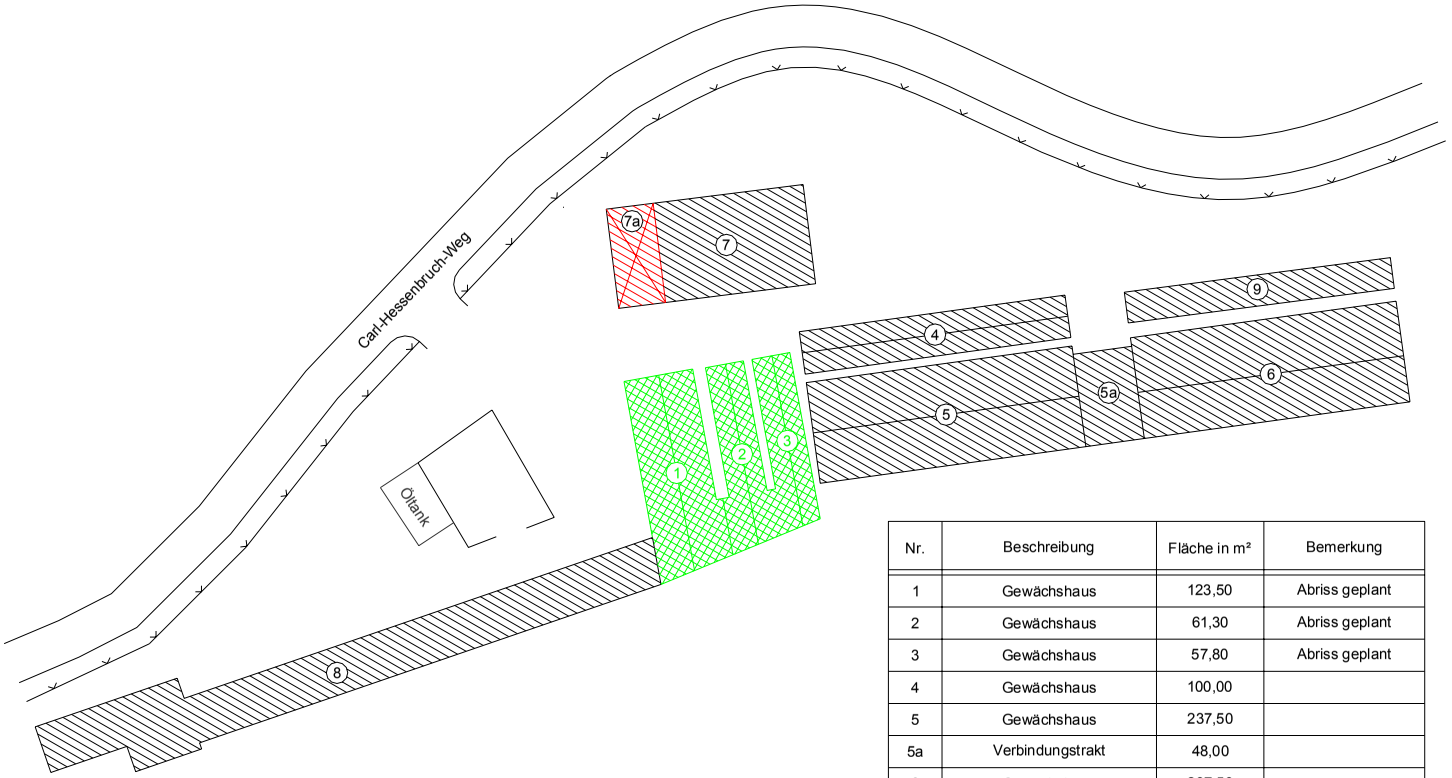
# 8 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Holzheizungsanlagen im Untersuchungsgebiet

## 8.1 Anlage „Alte Stadtgärtnerei“ Remscheid

### 8.1.1 Analyse und Darstellung des Ist-Zustandes

Der Verein Jugendberufshilfe und Sozialarbeit e.V. betreibt in den Gebäuden der ehemaligen Stadtgärtnerei Remscheid einen Gärtnereibetrieb der Beet-, Balkonpflanzen und Bodendecker produziert und vermarktet.
Der Betrieb bietet Jugendlichen und jungen Erwachsenden die auf dem Arbeitsmarkt schwer vermittelbar sind, die Möglichkeit, eine berufliche Ausbildung zur Florist/in, Gärtner/in oder Garten- und Landschaftsbauer/in zu absolvieren.
Neben dem Gärtnereibetrieb unterhält der Verein einen weiteren Ausbildungsbetrieb für Gas-, Wasserinstallation und Heizungsbau. Daher sind bei einer Erneuerung der Heizungsanlage Arbeiten auch in Eigenleistung durchführbar.
Die Liegenschaft inkl. der bestehenden Gebäudetechnik sind im Besitz der Stadt Remscheid. Der Fachbereich Hochbau und Gebäudebewirtschaftung der Stadt Remscheid ist für die Wartung und Instandsetzung der Heizungsanlage zuständig. Die Verbrauchskosten werden vom Verein getragen. Die Verträge zwischen der Stadt und dem Verein laufen bis zum Jahr 2006. 2004 ist eine Sanierung der Heizungsanlage vorgesehen. Weiterhin sind Baumaßnahmen am Gebäudebestand geplant. So werden 3 Gewächshäuser mit einer Fläche von insgesamt 243 m² abgerissen. Die grundlegende Sanierung der Werkstätten und Sozialräume ist dringend erforderlich.
Der Heizungsraum ist einem abgetrennten Teil eines Gewächshauses untergebracht (vgl. Abbildung 8.1.1a, markierter Bereich).

***Abbildung 8.1.1a*** Außenansicht Heizungsraum




| Nr. | Beschreibung | Fläche in m² | Bemerkung |
|---|---|---|---|
| 1 | Gewächshaus | 123,50 | Abriss geplant |
| 2 | Gewächshaus | 61,30 | Abriss geplant |
| 3 | Gewächshaus | 57,80 | Abriss geplant |
| 4 | Gewächshaus | 100,00 | |
| 5 | Gewächshaus | 237,50 | |
| 5a | Verbindungstrakt | 48,00 | |
| 6 | Gewächshaus | 237,50 | |
| 7 | Gewächshaus | 131,80 | |
| 7a | Heizungsraum | 41,10 | |
| 8 | Werkstätten und Sozialräume | 289,70 | |
| 9 | Pflanzkasten | 73,50 | |

***Abbildung 8.1.1b*** Gebäudeplan „Alte Stadtgärtnerei“ Remscheid

Die Wärmeversorgung des Gebäudebestandes wird derzeit von 2 Heizölkessel der Fa. Vaillant mit einer Leistung von 210 bzw. 310 kW gedeckt. Die Kessel sind mit Heizölbrenner WL 30 Z-A der Firma Weishaupt ausgestattet. Diese sind für die Verfeuerung von leichtem Heizöl EL ausgelegt.

***Abbildung 8.1.1c*** Kesselanlage Heizraum „Alte Stadtgärtnerei“

Über die hydraulische Verteilung werden die Gewächshäuser, ein 300 Liter Wärmespeicher und der Sozial- und Werkstatttrakt mit Wärme versorgt.

| *Aufbau Heizungsverteiler* | | | |
|---|---|---|---|
| *Bezeichnung* | *Kurz-bezeichnung* | *Nennweite* | *Pumpe* |
| Kesselvorlauf | KV | DN 100 | 50-30 |
| Gewächshaus | GN | DN 40 | 42-42 |
| Wärmespeicher | WS | DN 32 | 20-35 |
| Unterstationen | HL | DN 100 | 20-45 |
| Sozialtrakt | ST | DN 25 | 40-75 |
| Reserve | RS | DN 32 | |

***Abbildung 8.1.1d*** Hydraulische Verteilung Heizraum “Alte Stadtgärtnerei”

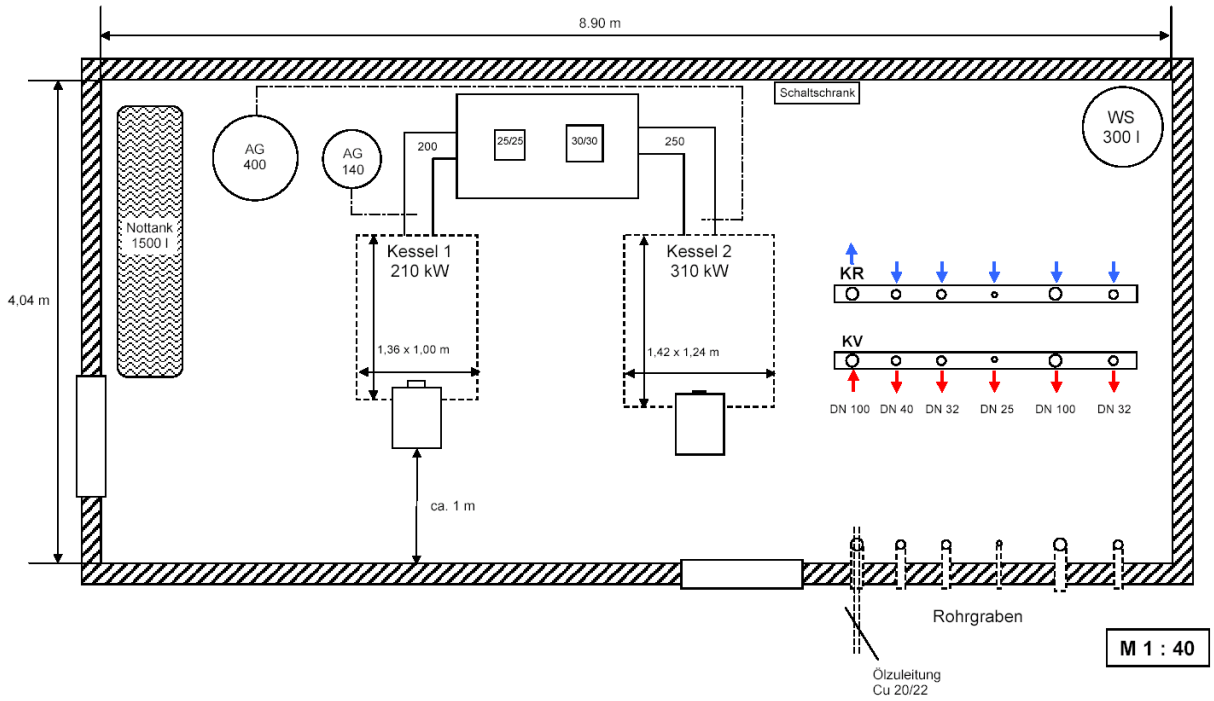



***Abbildung 8.1.1e*** Anlagenplan Heizraum

Das Heizöl wird in einem separaten oberirdischen Tank auf dem Gelände gelagert. Der Tank hat ein Fassungsvermögen von 40.000 Litern. Über eine unterirdische Ölringleitung aus Kupfer ist der Heizraum an die Tankanlage angebunden. Die Ölförderpumpe ist in Tanknähe angebracht. Die Leitungen sind im Erdreich in einem Schutzrohr verlegt. Im Heizraum ist ein Nottank aus GFK (**G**las**f**aser verstärktes **K**unstharz) mit einem Fassungsvermögen von 1.500 Liter montiert. Bei Bedarf kann die Heizölversorgung der Brenner, durch das Öffnen von Absperrventilen, über diesen Nottank erfolgen.

Der Vorlaufverteiler und der Rücklaufsammler sind im rechten Teil des Heizungsraumes angeordnet. Die Zu- und Ableitungen sind in einem Rohrgraben verlegt und werden unterirdisch in das Gebäude eingeführt.

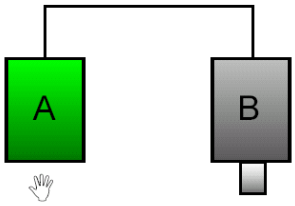
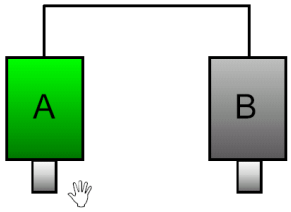
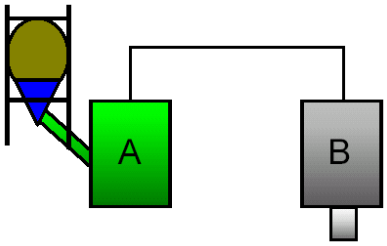
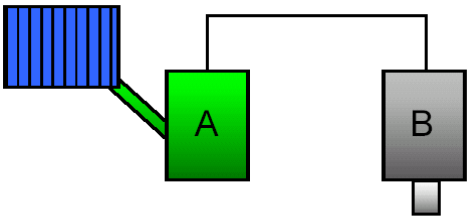
Die Warmwasserversorgung des Sozial- und Werkstatttraktes wird durch einen 300 Liter Wärmespeicher sichergestellt. Eine Warmwasser- und Zirkulationsleitung sind unterirdisch in einem Mantelrohr verlegt.

Die Kessel sind mit jeweils einem eigenen Ausdehnungsgefäß ausgerüstet. Das MAG des kleineren Kessels 1 (210 kW) hat eine Volumen von 140, das des größeren Kessels 2 (310 kW) von 400 Litern.

Die Abgase werden über einen Schornstein mit zwei Zügen (25/25 und 30/30 Querschnitt) abgeleitet. Die Anschlüsse der Kessel erfolgen seitlich über ein Abgasrohr DN 200 bzw. DN 250.

### 8.1.2 Konzeption und Dimensionierung der Anlage

Durch die Anlagenerweiterung durch den Einbau eines holzbefeuerten Kessels soll der jährliche Heizölbedarf reduziert werden. Für die Erneuerung kommen verschiedene Anlagenkonfigurationen in Frage.

| | | |
|---|---|---|
| 1) |  | **A:** Stückholzkessel manuell beschickt für den Grundlastbetrieb<br>**B:** Ölkessel für Teil- und Spitzenlastbetrieb |
| 2) |  | **A:** Stückholzkessel mit Ölzusatzbrenner für den Grund- und Teillastbetrieb<br>**B:** Ölkessel für den Spitzenlastbetrieb |
| 3) |  | **A:** Pelletkessel mit automatischer Beschickung, Brennstofflagerung in externem Silo (Big-Bag) oder Erdtank mit Saugaustrag<br>**B:** Ölkessel für Spitzenlast |
| 4) |  | **A:** Hackschnitzelkessel mit automatischer Beschickung, Brennstofflagerung in externem Container<br>**B:** Ölkessel für Spitzenlastbetrieb |

***8.1.2a*** Anlagenkonfigurationen „Alte Stadtgärtnerei“ Remscheid

Die Ermittlung des Wärmebedarfs und die Erstellung einer geordneten Dauerlinie ist Voraussetzung für die Dimensionierung der neuen Wärmeversorgungsanlage. Dabei wird der Zustand des vorhandenen Gebäudebestand berücksichtigt. Die Ermittlung des Warmwasserbedarfes wird anhand von Nutzungsgewohnheiten abgeschätzt.

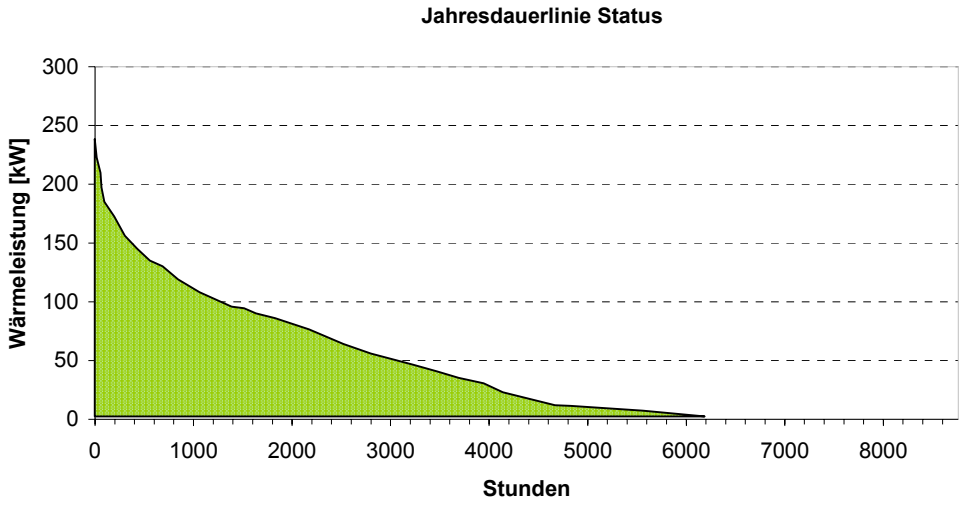



***Abbildung 8.1.2b*** Geordnete Jahresdauerlinie „Alte Stadtgärtnerei“ Remscheid [erstellt mit COPRA]

Aus den vorhandenen Angaben lässt sich die in der Abbildung 8.1.2b dargestellte geordnete Jahresdauerlinie errechnen. Die Gesamtwärmebedarf liegt danach bei ca. 356 MWh/a. Er setzte sich aus dem Heizwärme- und Warmwasserbedarf der Gewächshäuser und der Sozial- und Werkstatträume zusammen. Der Heizölverbrauch lag in den letzten Jahren zwischen 31.000 und 39.000 Litern HEL (entspricht bei einem Hu von 10,2 kWh/l HEL ca. 316 bis 398 MWh/a).
Der Berechnung liegen folgende Parameter zu Grunde:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Gewächshäuser** | *Heizwärme* | spez. Normwärmebedarf | 280 | W/m² |
| | | Bruttogeschoßfläche | 1060 | m² |
| | | Auslegungsleistung | 297 | kW |
| | | Rauminnentemperatur | 14 | °C |
| | | Jahreswärmebedarf | 320 | MWh |
| | *Warmwasser* | kein Bedarf | | |
| **Sozial- und Werkstatträume** | *Heizwärme* | spez. Normwärmebedarf | 70 | W/m² |
| | | Bruttogeschoßfläche | 290 | m² |
| | | Auslegungsleistung | 20 | kW |
| | | Rauminnentemperatur | 20 | °C |
| | | Nachtabsenkung | 16 | °C |
| | | Jahreswärmebedarf | 32 | MWh |
| | *Warmwasser* | Personenzahl | 5 | |
| | | spez. Verbrauch/Person | 30 | Liter/d |
| | | Wochenendbedarf | 0 | % |
| | | WW Speichervolumen | 300 | Liter |
| | | Jahreswärmebedarf | 4 | MWh |

***Tabelle 8.1.2a*** Berechnungsparameter “Alte Stadtgärtnerei” Remscheid, Status

Durch den Abriss der Gewächshäuser 1-3 wird sich die Bruttogeschossfläche um ca. 240 m² verringern. Analog dazu wird sich der Wärmebedarf anpassen. Die Abbildung 8.1.2b zeigt die modifizierte Jahresdauerlinie.

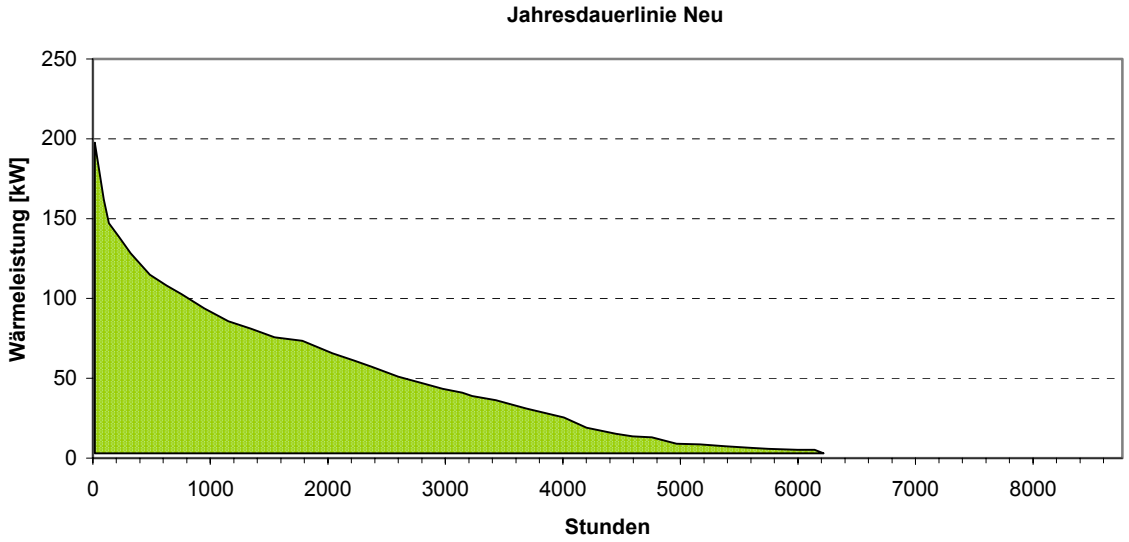



***Abbildung 8.1.2c*** Geordnete Jahresdauerlinie „Alte Stadtgärtnerei“ Remscheid, neu

Die Gesamtwärmebedarf liegt danach bei ca. 286 MWh/a. Er setzte sich aus dem Heizwärme- und Warmwasserbedarf der Gewächshäuser und der Sozial- und Werkstatträume zusammen. Der Berechnung liegen folgende Parameter zu Grunde:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Gewächshäuser** | *Heizwärme* | spez. Normwärmebedarf | 280 | W/m² |
| | | Bruttogeschoßfläche | 830 | m² |
| | | Auslegungsleistung | 232 | kW |
| | | Rauminnentemperatur | 14 | °C |
| | | Jahreswärmebedarf | 250 | MWh |
| | *Warmwasser* | kein Bedarf | | |
| **Sozial- und Werkstatträume** | *Heizwärme* | spez. Normwärmebedarf | 70 | W/m² |
| | | Bruttogeschoßfläche | 290 | m² |
| | | Auslegungsleistung | 20 | kW |
| | | Rauminnentemperatur | 20 | °C |
| | | Nachtabsenkung | 16 | °C |
| | | Jahreswärmebedarf | 32 | MWh |
| | *Warmwasser* | Personenzahl | 5 | |
| | | spez. Verbrauch/Person | 30 | Liter/d |
| | | Wochenendbedarf | 0 | % |
| | | WW Speichervolumen | 300 | Liter |
| | | Jahreswärmebedarf | 4 | MWh |

***Tabelle 8.1.2b*** Berechnungsparameter „Alte Stadtgärtnerei” Remscheid, Neu

Die modifizierte Jahresdauerlinie dient als Grundlage für die Auslegung der neuen Wärmeversorgungsanlage.
Eine mögliche Variante ist die bivalente Betriebsweise eines Holzscheitkessels mit einem Heizölkessel. Diese Variante ist bereits von der Betriebsleitung des Gärtnereibetriebes und der Stadt Remscheid diskutiert und favorisiert worden.

***Variante:*** *Bivalenter Betrieb eines Holzvergaserkessels und eines Heizölkessels*

Im folgenden wird der Betrieb eines manuell beschickten Holzvergaserkessels in Kombination mit einem konventionellen Heizölkessels betrachtet.
Die erforderliche Gesamtwärmeleistung liegt bei 250 kW. Der Holzvergaserkessel (Scheitholzkessel) kann nur zu den Betriebszeiten von den Mitarbeitern bestückt werden. Außerhalb dieser Zeiten muss der Ölkessel die nötige Wärmeleistung zur Verfügung stellen. Daher muss dieser eine Nennleistung in Höhe der erforderlichen Gesamtwärmeleistung von 250 kW haben.
Die Beschickung des Holzkessel erfolgt durch die Mitarbeiter/innen bzw. Auszubildenden des Betriebes. Die Betriebszeiten des Kessels richtet sich daher nach den Arbeitszeiten der Beschäftigten. Sie beginnen mit dem ersten Befüllen zu Betriebsbeginn um 7 Uhr. Nach ca. 15 Minuten hat der Kessel seine volle Nennleistung erreicht. Das letzte Befüllen erfolgt am Nachmittag kurz vor Ende der Arbeitszeit. Gegen 19-20 Uhr ist der Ausbrand des Kessels erfolgt. Eine Glutbetterhaltung ermöglicht einen schnellen Betriebsbeginn am darauffolgenden Tag. In der Nacht und an den Wochenenden bleibt der Holzkessel außer Betrieb bzw. in der Glutbettunterhaltung. In dieser Zeit übernimmt der Heizölkessel die gesamte Wärmeversorgung.

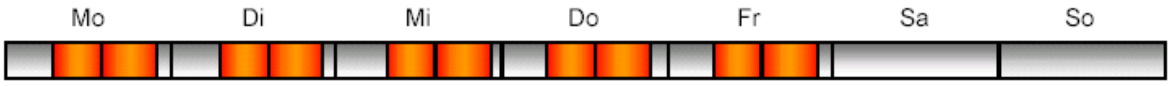



***Abbildung 8.1.2d*** Betriebszeiten Scheitholzkessel

Aus den Arbeits- und Betriebszeiten ergeben sich für den Holzkessel wöchentlich ca. 65 Betriebsstunden. Bei einer Dauer der Heizperiode von 31 Wochen errechnen sich somit 2.015 Betriebsstunden.
Da der Holzkessel nur zu den genannten Zeiten betrieben werden kann, sind für die Auslegung der Nennleistung auch nur die Leistungswerte in diesem bestimmten Zeitfenster von 7 bis 20 Uhr ausschlaggebend.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Einbindung des Scheitholzkessel mit einer Nennwärmeleistung von 50 kW. Dabei ist der geordnete Wärmelastgang für den Beschickung- bzw. Betriebszeitraum von 7-20 Uhr aufgeführt.

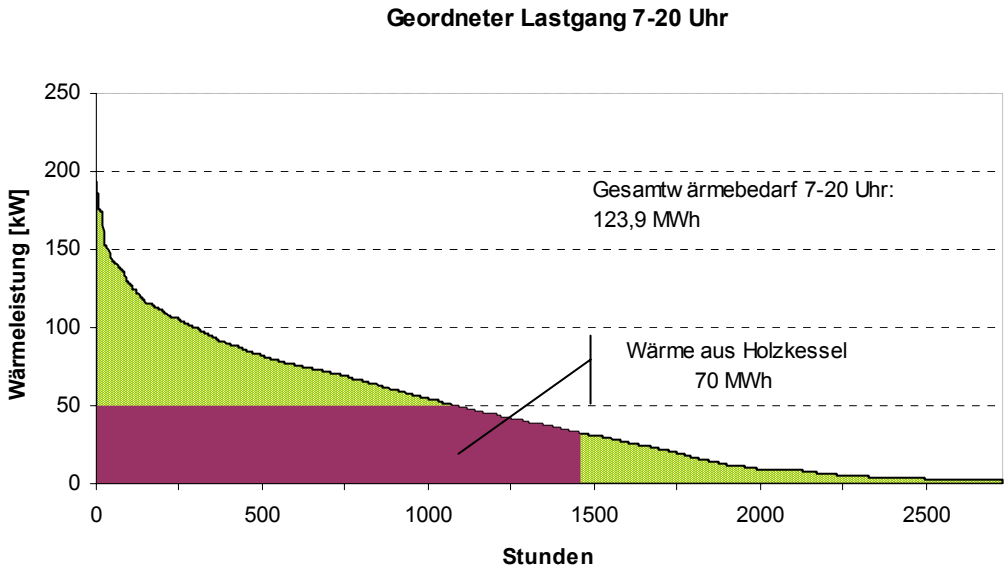



***Abbildung 8.1.2d*** Einbindung eines Scheitholzkessels mit $P_N$ = 50 kW

Der Holzkessel kann liefert eine Wärmemenge von ca. 70 MWh/a. Das entspricht einem Anteil am Gesamtjahreswärmebedarf von etwa 25 %. Die fehlenden 75 % werden vom ölbefeuerten Kessel geliefert.
Hersteller von modernen Scheitholzvergaserkesseln bieten mittlerweile eine große Produktpalette mit Nennleistungen von 20 – 150 kW an. Wichtiges Unterscheidungskriterium ist die Größe bzw. die Länge des Füllraumes. Danach lässt sich festlegen, welche Scheitholzlänge eingesetzt werden kann. Scheitholz mit einer Länge von 0,5 m lässt sich gut und einfach manuell transportieren und handhaben.
Die Beschickung des Kessel erfolgt manuell durch die Auszubildenden des Betriebs. In Abhängigkeit vom Füllraumvolumen des Kessels ergibt sich ein Füllintervall von 2 - 3 mal am Tag. Die Brenndauer einer Brennstofffüllung errechnet sich nach folgender Formel:

| **Füllraum-volumen** | **Umrechnung** | **Rohdichte** | **Heizwert** | **Kesselwirk-ungsgrad** | **Energiegehalt einer Füllung** | **Leistungs-abgabe** | **Brenndauer** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [l] | [m³ a Rm] | [kg/l] | [kWh/kg] | | [kWh] | [kW] | [h] |
| 160 x | 0,6 x | 0,8 x | 3,1 x | 0,85 = | 200 : | 50 (Volllast) | **4,0** |
| 160 x | 0,6 x | 0,8 x | 3,1 x | 0,85 = | 200 : | 38 (Teillast) | **5,3** |

***Tabelle 8.1.2c*** Berechnung Brenndauer

***Abbildung 8.1.2e*** Scheitholzvegaserkessel
[Fa. KÖB-Schäfer]

Pufferspeicher: Die Größe eines Pufferspeichers kann mit ca. 50 l/kW Nennleistung bemessen werden. Da der Holzkessel nur wenige Stunden im Teillastbereich läuft und in den übrigen Zeiten der geringen Teillast der Ölkessel die Wärmeversorgung übernimmt, kann auf die großzügige Auslegung eines Pufferspeichers verzichtet werden. Weiterhin ist das weiträumige Leitungsnetz des zu versorgenden Objektes als Speicher anzusehen. Die Größe des Pufferspeichers wird daher auf 700 Liter festgelegt.

***Brennholz:*** Die häufigsten Längen von Scheit- oder Stückholz sind 23, 33, 50 und 100 cm. Im aufgeführten Beispiel kommen Scheite mit einer Länge von 50 cm zum Einsatz.
Waldfrisches Holz hat einen Wassergehalt von 50 - 60 %. Bei Lagerung über einen Sommer lang reduziert sich dieser bereits auf 25 - 35 %. Nach 2 bis 3-jähriger Lagerung ist ein Wassergehalt von 20 % erreicht, der eine energetische Nutzung möglich macht.

| **Heizwert bei Wassergehalt von 20%** | |
|---|---|
| **Baumart** | **Heizwert** |
| Pappel | 1.110 kWh/Rm |
| Fichte | 1.300 kWh/Rm |
| Kiefer | 1.570 kWh/Rm |
| Buche | 1.850 kWh/Rm |

***Tabelle 8.1.2d*** Heizwert Scheitholz

Um einen hochwertigen Brennstoff einzusetzen, wird Buchenscheitholz mit einem max. Wassergehalt von 20 % verwendet. Der Brennstoff wird über das kommunale Forstamt der Stadt Remscheid bzw. dem Forstverband Remscheid bezogen.

Die Kosten für das Scheitholz werden mit 55 €/Rm angenommen. Das Holz ist dabei fertig konfektioniert und getrocknet, so dass eine langjährige Lagerung und Aufbereitung nicht mehr erforderlich ist. Für die Lagerung des Holzes muss eine überdachter Raum geschaffen werden, um eine bestimmte Menge an Scheitholz zwischenlagern zu können. Bei einem Jahresbedarf von ca. 40 Rm sollten etwa 4 Rm gelagert werden.
Um die Lagerung und die Anlieferung zu erleichtert, kann das Holz in Absetzmulden angeliefert werden. Das Scheitholz kann so durch einen einfache Abdeckplane vor der Witterung geschützt werden.

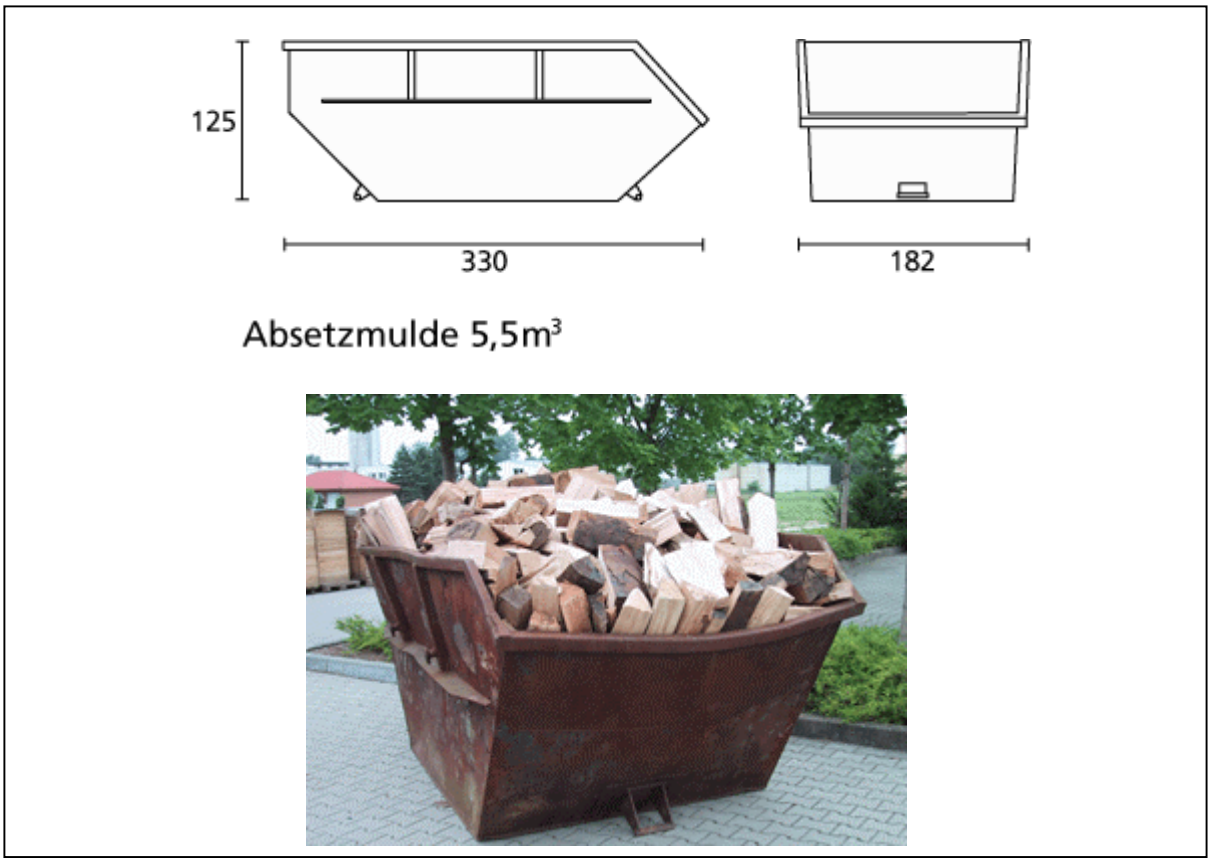



***Abbildung 8.1.2f*** Absetzmulde zur Scheitholzlagerung
Quelle: [A+B Umweltservice Stuttgart]

Die abgebildet Absetzmulde hat ein Fassungsvermögen von ca. 4 Rm geschichtetes Scheitholz. Die Absetzmulde kann direkt vor dem Heizraum abgestellt werden, um längere Transportwege zur Anlage zu ersparen.

Die Entleerung der Aschelade und die Reinigung des Wärmetauschers kann von den Auszubildenden der Jugendberufshilfe durchgeführt werden. Die anfallende Asche kann als Dünger im Gartenbau verwendet werden (jährlicher Ascheanfall 200-400 kg).

### *Variante:* Holzfeuerung mit Hackschnitzel

Als weitere Variante wird die Installation einer Hackschnitzelfeuerung aufgezeigt. Ausgehend vom berechneten Wärmelastgang ergibt sich bei einer Kesselauslegung mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW ein maximaler Anteil der Wärme aus Holz. Dieser beträgt 85 % am Gesamtwärmebedarf. Der Vorteil einer Hackschnitzelheizung ist, dass sie kontinuierlich einen Anteil zur Wärmeversorgung leisten kann.

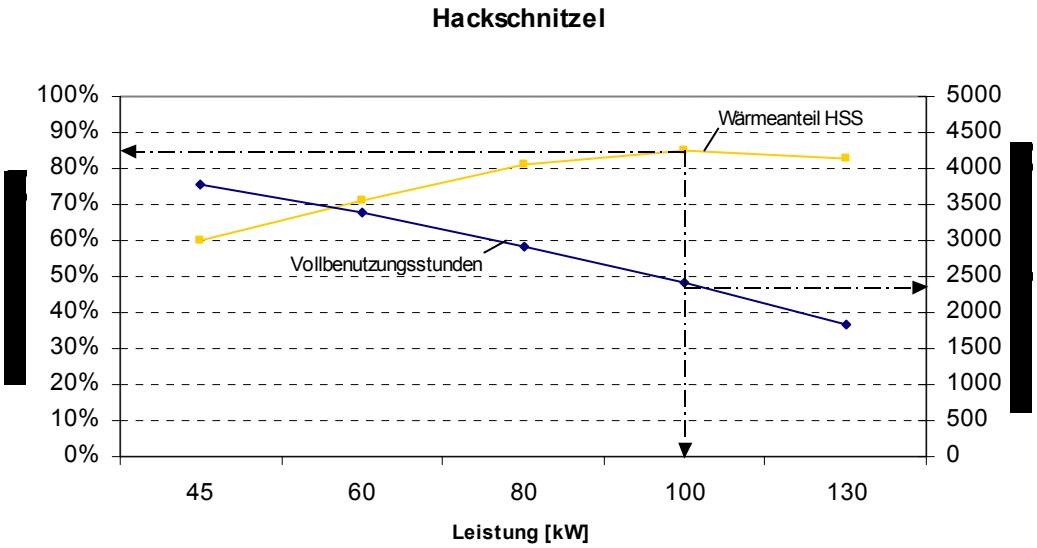



***Abbildung 8.1.2g*** Wärmeanteil Holz bei verschiedenen Nennleistungen

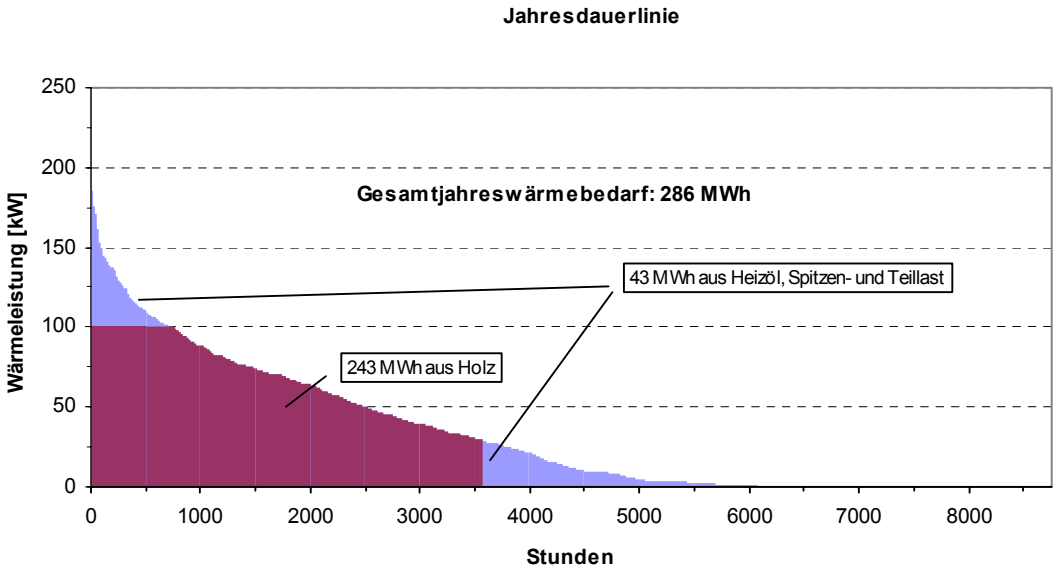



***Abbildung 8.1.2h*** Jahresdauerlinie mit Einbindung eines Hackschnitzelkessels

Aufgrund der engen Platzverhältnisse im Bereich des Heizraumes, ist es dort nicht möglich einen entsprechenden separaten Lagerraum zu schaffen. Aus diesem Grund erfolgt die Lagerung der erforderlichen Hackschnitzel in externen Wechselcontainer mit Schubbodenaustrag. Dieser wird direkt neben dem Heizraum platziert. Über einen Schneckenförderer wird der Brennstoff in den Heizraum zur Hackschnitzelheizung transportiert. Der Container [siehe auch Abbildung 8.2.2g] hat ein Fassungsvermögen von 30 Sm³. Bei einem Energiegehalt von 800 kWh/Sm³ und einer Feuerungsleistung von 111 kW (Volllast) ergibt sich somit eine Reichweite von 215 Stunden (9 Tage). Zur Sicherstellung einer durchgehenden Brennstoffversorgung werden 2 Container mit Schubbodenaustrag angeschafft. Der entleerte Container muss somit bei Bedarf nur gegen einen befüllten ausgetauscht werden. Damit entstehen nur geringe Betriebspausen.

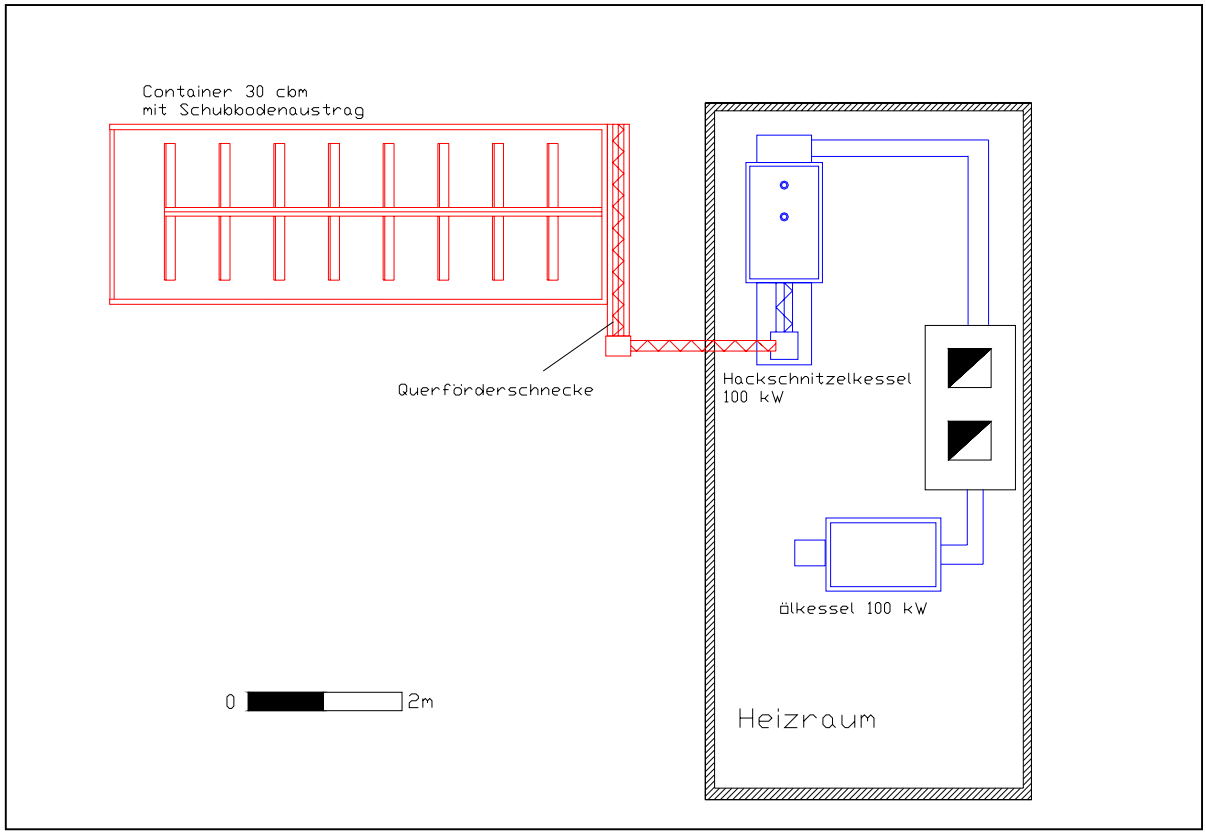



***Abbildung 8.1.2i*** Aufstellungsvariante Hackschnitzelheizung mit Lagercontainer

Die Lieferung der Hackschnitzel erfolgt könnte durch die Lebenshilfe Solingen e.V. erfolgen, die auf ihrem Gelände an der Ohligser Heide eine Hackschnitzelproduktion planen. Die Anlage benötigt eine jährliche Brennstoffmenge von etwa 320 Sm³. Dies hat demnach etwa 10 Anlieferfahrten zur Folge.

### 8.1.3 Berechnung der Wärmekosten in Anlehnung an die VDI 20 67

Bei der Berechnung der Wärmegestehungskosten werden die Kapitalkosten berücksichtigt, die aus den Investitionskosten resultieren. Weiterhin werden die jährlichen Betriebs- und Verbrauchskosten aufgeführt, die in erster Linie aus Personal-, Wartungs- und Brennstoffkosten bestehen.
Nachfolgend ist eine überschlägige Berechnung der Wärmegestehungskosten für die *Variante Scheitholzvergaser* und die *Variante Hackschnitzel* aufgeführt:

**Variante: Scheitholzvergaserkessel (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)**

| | | |
|---|---|---|
| **Kenngrößen Ölkessel** | | |
| Norm-Wärmeleistung $P_N$ | 225 | $kW_N$ |
| Wärmeerzeugung Kessel | 215.000 | $kWh_N/a$ |
| Kessel-Feuerungsleistung | 237 | $kW_N$ |
| Spez. Bereitschaftsverlust | 0,5% | [-] |
| Bereitschaftszeit | 3.500 | h/a |
| Vollbenutzungsstunden | 956 | h/a |
| Bereitschaftswirkungsgrad | 98,7% | [-] |
| Abgasverluste | 7,0% | [-] |
| Kesselwirkungsgrad | 93,0% | [-] |
| Verschmutzungsfaktor | 98,0% | [-] |
| Jahresnutzungsgrad | 89,9% | [-] |
| Brennstoffbedarf Kessel (Hu) | 239.042 | $kWh_{Pr}/a$ |
| Brennstoffbedarf Kessel (l) | 23.714 | l/a |
| | | |
| **Kenngrößen Scheitholzvergaser** | | |
| Norm-Wärmeleistung $P_N$ | 50 | $kW_N$ |
| Wärmeerzeugung Holzkessel | 71.000 | $kWh_N/a$ |
| Kessel-Feuerungsleistung | 57 | $kW_N$ |
| Spez. Bereitschaftsverlust | 1,0% | [-] |
| Bereitschaftszeit | 2.500 | h/a |
| Betriebsstunden | 1.420 | h/a |
| Bereitschaftswirkungsgrad | 99,2% | [-] |
| Abgasverluste | 7,0% | [-] |
| Kesselwirkungsgrad | 90,0% | [-] |
| Verschmutzungsfaktor | 96,0% | [-] |
| Jahresnutzungsgrad | 85,7% | [-] |
| Brennstoffbedarf | 82.801 | $kWh_{Pr}/a$ |
| Brennstoffbedarf Rm | 45 | Rm/a |

## Investitionskosten

| | Investitionen [€] | Wartung [%] | [€/a] |
|---|---|---|---|
| Demontagearbeiten/Umbau/Lager | 1.500 | 0,00% | 0 |
| Scheitholzvergaser 50 kW | 10.000 | 2,50% | 250 |
| Ölkessel 225 kW | 14.000 | 2,00% | 280 |
| Speicher | 1.000 | 2,00% | 20 |
| Regelung / Steuerung | 1.500 | 3,00% | 45 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | 2,00% | 100 |
| Montage | 6.600 | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (3%) | 990 | -- | -- |
| Förderung | 0 | -- | -- |
| **Summe** | **40.590** | | **695** |

## Kapitalkosten

| | Investitionen [€] | Jahre [a] | Annuität [%] | Kapitaldienst [€/a] |
|---|---|---|---|---|
| Demontagearbeiten/Umbau/Lager | 1.500 | 20 | 8,02% | 120 |
| Scheitholzvergaser 50 kW | 10.000 | 15 | 9,63% | 963 |
| Ölkessel 225 kW | 14.000 | 15 | 9,63% | 1.349 |
| Speicher | 1.000 | 20 | 8,02% | 80 |
| Regelung / Steuerung | 1.500 | 12 | 11,28% | 169 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | 20 | 8,02% | 401 |
| Montage | 6.600 | 20 | 8,02% | 530 |
| Planung / Genehmigung (3%) | 990 | 20 | 8,02% | 79 |
| Förderung | 0 | 20 | 8,02% | 0 |
| **Kapitalkosten** | **40.590** | **18** | **9,10%** | **3.692** |
| **Zinssatz** | **5%** | | | |
| **Förderquote** | **0%** | | | |

## Verbrauchskosten

| | | |
|---|---|---|
| Heizölpreis (als ungefährer Mittelwert 2002) | 35,0 | ct/l |
| Kosten Scheitholz (Einkauf) | 55 | €/Rm |
| Brennstoffkosten Ölkessel | 8.300 | €/a |
| Brennstoffkosten Holzkessel | 2.462 | €/a |
| Stromarbeitspreis ca. | 18,00 | ct/kWh$_{el}$ |
| Hilfsenergie Holz-Kessel (ca.0,2 kWh$_{el}$/Bh) | 475 | kWh$_{el}$/a |
| Hilfsenergiekosten Scheitholzkessel | 86 | €/a |
| Elektrische Umwälzung Wärmenetz | 3.000 | kWh$_{el}$/a |
| Kosten für Umwälzung | 540 | €/a |
| **Verbrauchskosten** | **11.387** | **€/a** |

## Betriebskosten

| | | |
|---|---|---|
| Wartungskosten Anlagenteile | 695 | €/a |
| Personalkosten (0,5h pro Woche a 40 €) | 1.000 | €/a |
| **Betriebskosten** | **1.695** | **€/a** |

| **Wärmegestehungskosten** | | |
|---|---|---|
| Kapitalkosten | 3.692 | €/a |
| Verbrauchskosten | 11.387 | €/a |
| Betriebskosten | 1.695 | €/a |
| **Jahreskosten** | **16.775** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **286.000** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **5,87** | **ct/kWh$_N$** |

Durch den Kombination eines Scheitholzvergaserkessels mit einem konventionellen Ölkessel lassen sich Wärmegestehungskosten von 5,87 €-cent/kWh erreichen.

| **Variante: Hackschnitzelanlage (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)** | | |
|---|---|---|
| **Kenngrößen Ölkessel** | | |
| Norm-Wärmeleistung $P_N$ | 105 | kW$_N$ |
| Wärmeerzeugung Kessel | 43.000 | kWh$_N$/a |
| Kessel-Feuerungsleistung | 111 | kW$_N$ |
| Spez. Bereitschaftsverlust | 0,5% | [-] |
| Bereitschaftszeit | 3.000 | h/a |
| Vollbenutzungsstunden | 410 | h/a |
| Bereitschaftswirkungsgrad | 96,9% | [-] |
| Abgasverluste | 7,0% | [-] |
| Kesselwirkungsgrad | 93,0% | [-] |
| Verschmutzungsfaktor | 98,0% | [-] |
| Jahresnutzungsgrad | 88,3% | [-] |
| Brennstoffbedarf Kessel (Hu) | 48.672 | kWh$_{Pr}$/a |
| Brennstoffbedarf Kessel (l) | 4.829 | l/a |
| | | |
| **Kenngrößen Hackschnitzel-Anlage** | | |
| Norm-Wärmeleistung $P_N$ | 100 | kW$_N$ |
| Wärmeerzeugung HHS-Kessel | 243.000 | kWh$_N$/a |
| Kessel-Feuerungsleistung | 111 | kW$_N$ |
| Spez. Bereitschaftsverlust | 1,0% | [-] |
| Bereitschaftszeit | 3.500 | h/a |
| Betriebsstunden | 2.430 | h/a |
| Bereitschaftswirkungsgrad | 99,6% | [-] |
| Abgasverluste | 10,0% | [-] |
| Kesselwirkungsgrad | 90,0% | [-] |
| Verschmutzungsfaktor | 96,0% | [-] |
| Jahresnutzungsgrad | 86,0% | [-] |
| Brennstoffbedarf HHS-Kessel (Hu) | 282.488 | kWh$_{Pr}$/a |
| Brennstoffbedarf HHS-Kessel (Sm³) | 321 | Srm/a |

## Investitionskosten

| | Investitionen [€] | Wartung [%] | Wartung [€/a] |
|---|---|---|---|
| Demontagearbeiten/Umbau | 1.500 | 0,00% | 0 |
| Hackschnitzelkesselanlage | 21.000 | 2,50% | 525 |
| Ölkessel 100 kW | 9.000 | 2,00% | 180 |
| Containerlager (2x), Beschickung | 40.000 | 1,50% | 600 |
| Regelung / Steuerung | 2.000 | 3,00% | 60 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | 2,00% | 100 |
| Montage | 15.700 | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (3%) | 2.355 | -- | -- |
| Förderung Hafö | -38.622 | -- | -- |
| **Summe** | **57.933** | | **1.465** |

## Kapitalkosten

| | Investitionen [€] | Jahre [a] | Annuität [%] | Kapitaldienst [€/a] |
|---|---|---|---|---|
| Demontagearbeiten/Umbau | 1.500 | 20 | 8,02% | 120 |
| Hackschnitzelkesselanlage | 21.000 | 15 | 9,63% | 2.023 |
| Ölkessel 100 kW | 9.000 | 15 | 9,63% | 867 |
| Containerlager (2x), Beschickung | 40.000 | 20 | 8,02% | 3.210 |
| Regelung / Steuerung | 2.000 | 12 | 11,28% | 226 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | 20 | 8,02% | 401 |
| Montage | 15.700 | 20 | 8,02% | 1.260 |
| Planung / Genehmigung (3%) | 2.355 | 20 | 8,02% | 189 |
| Förderung Hafö | -38.622 | 20 | 8,02% | -3.099 |
| **Kapitalkosten** | **57.933** | **19** | **8,97%** | **5.197** |
| **Zinssatz** | **5%** | | | |
| **Förderquote Hafö** | **40%** | | | |

## Verbrauchskosten

| | | |
|---|---|---|
| Heizölpreis (ungefährer Mittelwert aus 2002) | 35,0 | ct/l |
| Kosten Hackschnitzel (Einkauf) | 15,0 | €/Sm³ |
| Brennstoffkosten Kessel | 1.690 | €/a |
| Brennstoffkosten HHS-Kessel | 4.815 | €/a |
| Stromarbeitspreis ca. | 18,00 | ct/kWh$_{el}$ |
| Hilfsenergie HHS-Kessel (ca.2 kWh$_{el}$/Bh) | 4.860 | kWh$_{el}$/a |
| Hilfsenergiekosten HHS-Kessel | 875 | €/a |
| Elektrische Umwälzung Wärmenetz | 3.000 | kWh$_{el}$/a |
| Kosten für Umwälzung | 540 | €/a |
| **Verbrauchskosten** | **7.920** | **€/a** |

## Betriebskosten

| | | |
|---|---|---|
| Wartungskosten Anlagenteile | 1.465 | €/a |
| Personalkosten (0,5 h pro Woche a 40 €) | 1.000 | €/a |
| **Betriebskosten** | **2.465** | **€/a** |

| **Wärmegestehungskosten** | | |
|---|---|---|
| Kapitalkosten | 5.197 | €/a |
| Verbrauchskosten | 7.920 | €/a |
| Betriebskosten | 2.465 | €/a |
| **Jahreskosten** | **15.582** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **286.000** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **5,45** | **ct/kWh$_N$** |

Bei angelegten Hackschnitzelpreisen von 15 €/Sm³ (Mix aus A1 Altholz und Waldholz) lässt sich ein Wärmepreis von 5,45 €-cent/kWh erreichen.

### 8.1.4 Kostenvergleichsrechnung (VDI 20 67) mit konkurrierenden Brennstoffen

Im folgenden werden die Wärmegestehungskosten der Varianten *Scheitholzvergaser* und *Hackschnitzel* mit den Wärmegestehungskosten einer neuen Ölkesselfeuerung verglichen.
Anschließend findet eine Sensitivitätsanalyse statt, bei der verschiedene Faktoren variiert werden:

a) Veränderung des Heizölpreises
b) Veränderung der Holzpreise
c) Veränderung der Personalkosten
d) Veränderung der Zinssätze zur Finanzierung

Als Vergleichsvariante dient die Erneuerung der bestehenden Anlage durch einen konventionellen Ölkessel. Die Berechnung der Wärmegestehungskosten auf Basis von Heizöl folgt auf den nächsten Seiten:

| **Variante: Ölkessel (alle Kosten inkl. der gesetzlichen MwSt.)** | | |
|---|---|---|
| **Kenngrößen Ölkessel** | | |
| Norm-Wärmeleistung $P_N$ | 225 | kW$_N$ |
| Wärmeerzeugung Kessel | 286.000 | kWh$_N$/a |
| Kessel-Feuerungsleistung | 237 | kW$_N$ |
| Spez. Bereitschaftsverlust | 0,5% | [-] |
| Bereitschaftszeit | 3.000 | h/a |
| Vollbenutzungsstunden | 1.271 | h/a |
| Bereitschaftswirkungsgrad | 99,3% | [-] |
| Abgasverluste | 7,0% | [-] |
| Kesselwirkungsgrad | 93,0% | [-] |
| Verschmutzungsfaktor | 98,0% | [-] |
| Jahresnutzungsgrad | 90,5% | [-] |
| Brennstoffbedarf Kessel (Hu) | 315.937 | kWh$_{Pr}$/a |
| Brennstoffbedarf Kessel (l) | 31.343 | l/a |

| **Investitionskosten** | Investitionen | | Wartung | |
|---|---|---|---|---|
| | [€] | | [%] | [€/a] |
| Demontagearbeiten | 1.500 | | 0,00% | 0 |
| Ölkessel 225 kW | 14.000 | | 2,50% | 350 |
| Holzkessel | 0 | | 2,50% | 0 |
| Speicher | 0 | | 2,00% | 0 |
| Regelung / Steuerung | 1.000 | | 3,00% | 30 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | | 2,00% | 100 |
| Montage | 4.300 | | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (3%) | 645 | | -- | -- |
| Förderung Hafö | 0 | | -- | -- |
| **Summe** | **26.445** | | | **480** |

| **Kapitalkosten** | Investitionen | Jahre | Annuität | Kapitaldienst |
|---|---|---|---|---|
| | [€] | [a] | [%] | [€/a] |
| Demontagearbeiten | 1.500 | 20 | 8,02% | 120 |
| Ölkessel 225 kW | 14.000 | 15 | 9,63% | 1.349 |
| Holzkessel | 0 | 15 | 9,63% | 0 |
| Speicher | 0 | 30 | 7,26% | 0 |
| Regelung / Steuerung | 1.000 | 12 | 11,28% | 113 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | 20 | 8,02% | 401 |
| Montage | 4.300 | 20 | 8,02% | 345 |
| Planung / Genehmigung (3%) | 645 | 20 | 8,02% | 52 |
| Förderung Hafö | 0 | 20 | 8,02% | 0 |
| **Kapitalkosten** | **26.445** | **19** | **9,00%** | **2.380** |
| **Zinssatz** | **5%** | | | |

| **Verbrauchskosten** | | |
|---|---|---|
| Heizölpreis (ungefährer Mittelwert 2002) | 35,0 | ct/l |
| Brennstoffkosten Kessel | 10.970 | €/a |
| Stromarbeitspreis ca. | 18,00 | ct/kWh$_{el}$ |
| Hilfsenergie Ölkessel (0,2 kWh/Bh) | 254 | kWh/a |
| Hilfsenergiekosten Ölkessel | 46 | €/a |
| Elektrische Umwälzung Wärmenetz | 3.000 | kWh$_{el}$/a |
| Kosten für Umwälzung | 540 | €/a |
| **Verbrauchskosten** | **11.556** | **€/a** |

| **Betriebskosten** | | |
|---|---|---|
| Wartungskosten Anlagenteile | 480 | €/a |
| Personalkosten (0,5h pro Woche a 40€) | 1.000 | €/a |
| **Betriebskosten** | **1.480** | **€/a** |

| **Wärmegestehungskosten** | | |
|---|---|---|
| Kapitalkosten | 2.380 | €/a |
| Verbrauchskosten | 11.556 | €/a |
| Betriebskosten | 1.480 | €/a |
| **Jahreskosten** | **15.416** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **286.000** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **5,39** | **ct/kWh$_N$** |

Bei einem Heizölpreis von 35 €-cent/Liter inkl. MwSt. lassen sich Wärmegestehungskosten von 5,39 €-cent/kWh erreichen.

***Sensitivitätsanalyse:***

a) Variierung des Heizölpreises

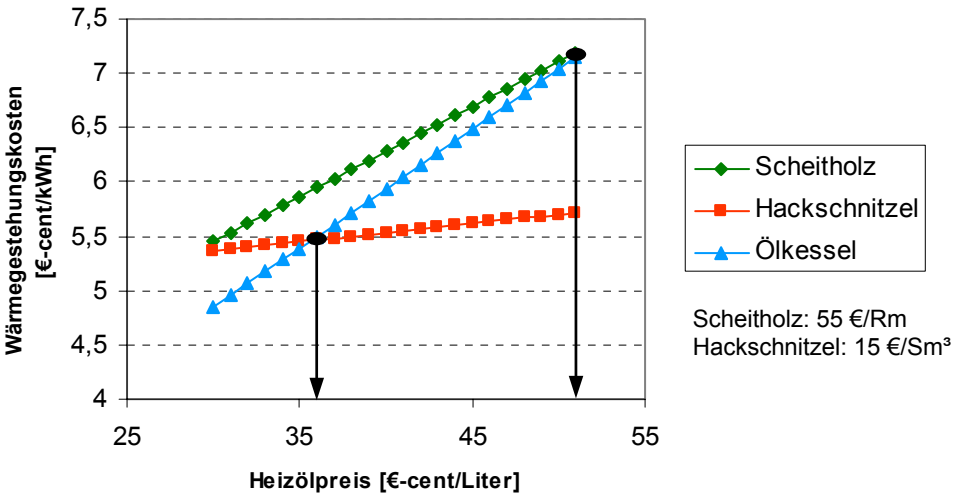



***Abbildung 8.1.3a*** Sensitivität Heizölpreis

Die Abbildung 8.1.3a zeigt die Entwicklung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit der Heizölpreise. In weiten Bereichen sind die Kosten bei der Wärmeerzeugung durch den Ölkessel am geringsten. Trotz der hohen Investitionskosten für die Hackschnitzelheizung, lässt sich bei Heizölkosten im Bereich 35-37 €-cent/Liter eine kostengünstigere Wärme erzeugen. Die Variante Scheitholzkessel wird erst im Bereich von 45-50 €-cent/Liter wirtschaftlicher.

b) Variierung der Holzpreise

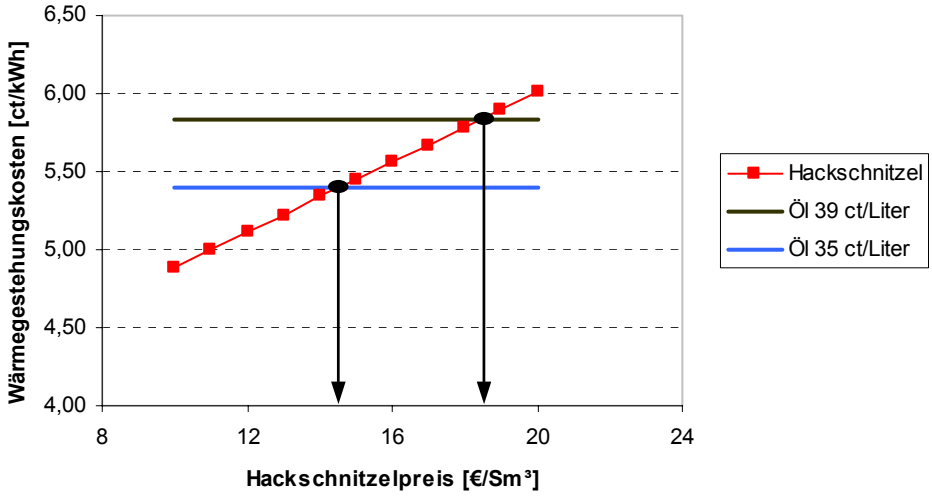



***Abbildung 8.1.3b*** Sensitivität Hackschnitzelpreis

Wie der Abbildung 8.1.3b zu entnehmen ist, lässt sich mit der Hackschnitzelanlage bei einem Heizölpreis von 35 €-cent/Liter erst bei einem Hackschnitzelpreis von 14-15 €/Sm³ ein gleichwertiger Wärmepreis erzielen. Diese Hackschnitzelpreise sind nur bei gleichzeitigem Einsatz von Wald- und Altholz zu erreichen. Bei steigenden Heizölpreisen (hier 39 €-cent/Liter) können die Hackschnitzelpreise auf 16-18 €/Sm³ steigen.

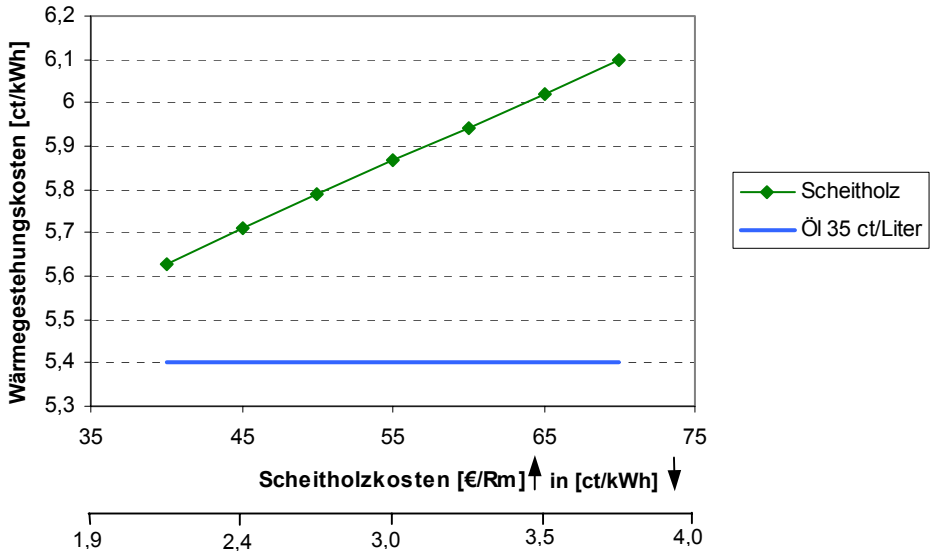



***Abbildung 8.1.3c*** Sensitivität Scheitholzkosten

Durch Veränderung der Scheitholzkosten lassen sich die Wärmegestehungskosten nur marginal beeinflussen. Der Anteil der Wärme aus Holz ist mit 25 % am Gesamtwärmebedarf zu gering. Eine Steigerung dieses Anteil bei gleichzeitiger Senkung der Brennstoffkosten kann zu einer deutlichen Reduzierung der Wärmegestehungskosten führen. Die Abbildung 8.1.3c zeigt, dass die Brennstoffkosten bezogen auf den Heizwert bei Scheitholz zur Zeit im Bereich der Preise für Heizöl (Heizölpreis 1 Liter ª 10 kWh ª 3,5 €-cent/kWh) liegen.

c) Veränderung der Personalkosten

Beim Betrieb des Scheitholzvergaserkessel wird nun davon ausgegangen, dass ein Großteil der anfallenden Arbeiten, die einen Personalkostenanteil mit sich bringen, in Eigenregie durchgeführt werden. Dazu zählt die Reinigung und Entaschung des Kessels. Es fällt eine jährliche Wartung der Kesselanlagen an, die jedoch kostengünstig durch den Eigenbetrieb HKL der Jugendberufshilfe durchgeführt wird. Durch die Reduzierung der Personalkosten können die Wärmegestehungskosten um durchschnittlich 4 % gesenkt werden.

d) Veränderung der Zinssätze zur Finanzierung

In dieser Variante erfolgt die Finanzierung der Hackschnitzelanlage über einen zinsgünstigen Kredit. Der effektive Zinssatz ist dabei beispielhaft auf 4 $\%_{eff}$ festgelegt. Eine Förderung über die Programme der *Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW* ist bei einer Nennwärmeleistung über 100 kW möglich. Eine Kumulierung der Förderprogramme ist grundsätzlich möglich. Der Förderbetrag darf nur nicht 40 % der Investitionssumme übersteigen. In Kombination mit den Hafö-Mitteln ist dies daher aufgrund der hohen Hafö-Förderung nicht möglich.

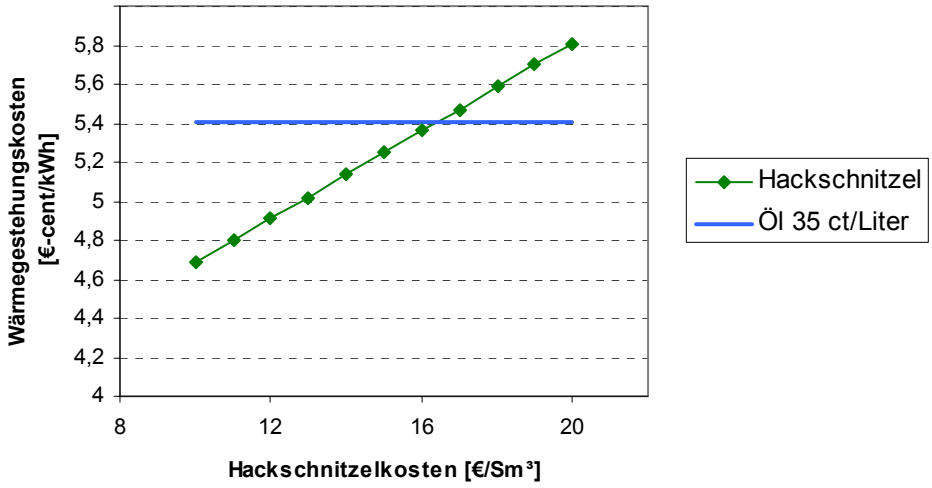



***Abbildung 8.1.3d*** Sensitivität Zinssatz Finanzierung

Die Abbildung 8.1.3d zeigt deutlich, dass bei einer zinsgünstigen Finanzierung der Hackschnitzelanlage in großen Bereichen der Hackschnitzelkostenspanne auch bei niedrigen Heizölpreisen ein konkurrenzfähiger Wärmepreis zu erzielen ist.

***Fazit und Empfehlung:***

Die Errichtung einer *Hackschnitzelanlage* auf dem Gelände lässt sich durch den Einsatz von Wechsel-Containern zur Brennstofflagerung realisieren. Die Lagerraumgröße kann zwischen 20 und 40 m³ variieren, woraus unterschiedliche Befüllintervalle resultieren. Der Hackschnitzellieferant kann sich an den Kosten die durch die Anschaffung der Container entstehen, beteiligen. Werden im Untersuchungsgebiet mehrere Anlagen nach diesem Prinzip errichtet, besteht die Möglichkeit, die Lagercontainer flexibel an verschiedenen Standorten einzusetzen. Der Transport und die Lagerung lassen sich so in einer kostengünstigen Alternative miteinander verbinden.
Aufgrund der niedrigen Brennstoffkosten lassen sich mit der Hackschnitzelanlage, auch im Vergleich zur Ölkesselvariante, konkurrenzfähige Wärmepreise abbilden. Ein Einsatz dieser Variante ist daher weiter zu prüfen und zu konkretisieren.

Bei der Variante *Scheitholzvergaserkessel* lassen sich nur 25 % des Gesamtwärmebedarfs des Objektes durch den Holzkessel abdecken. Der Scheitholzkessel fungiert dabei nur als zusätzlicher Kessel. Ein Heizölkessel zur Abdeckung der gesamten erforderlichen Wärmelast wird weiterhin benötigt, da der Scheitholzkessel nur während der Beschickungszeiten einsatzbereit ist.
Der Einsatz eines Kessels höherer Leistung würde die Installation eines Pufferspeichers mit großer Kapazität mit sich bringen. Da der Holzwärme-Anteil dadurch jedoch nicht entscheidend vergrößert werden kann, ist diese Alternative nicht sinnvoll.
Zu den Investitionskosten (Scheitholz- + Ölkessel) kommen die hohen Kosten für das Scheitholz. Diese entsprechen mit ca. 3 €-cent/kWh (55 €/Rm) in etwa den Kosten für Heizöl. Durch den Einsatz anderer Holzsortimente, z. B. nicht abgelängtes Holz, können diese Brennstoffkosten reduziert werden.
Der Einsatz eines Scheitholzkessels in daher aus wirtschaftlicher Sicht nur sinnvoll, wenn er durch einen längeren Beschickungszeitraum eine größere Einsatzbereitschaft aufweist und dadurch kontinuierlich einen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten kann. Aufgrund des geringen Bauaufwandes und der geringeren Investitionskosten kann aber auch der Einsatz eines modernen Scheitholzvergaserkessels als sinnvolle Ergänzung zur konventionellen Technik gesehen werden. Immerhin kann der jährliche Holzabsatz in der Stadt Remscheid durch den Betrieb um ca. 40 Rm gesteigert werden.

## 8.2 Anlage Technisches Berufskolleg Solingen

### 8.2.1 Analyse und Darstellung des Ist-Zustandes

Als Schule der Sekundarstufe II bietet das Technische Berufskolleg Solingen (kurz: TBK) diverse Bildungsgänge für die berufliche Aus- und Weiterbildung an. Das Kolleg setzt sich aus der Berufschule (u.a. Berufsgrundschuljahr), der Fachoberschule (Fachhochschulreife), Fachschule für Technik (Maschinentechnik), der Fachschule für Gestaltung und der Höheren Berufsfachschule (u.a. Gymnasiale Oberstufe) zusammen.
Die Gebäude des Berufskollegs verteilen sich auf einem 27.000 ha großen Grundstück am Ohligschläger Weg zwischen Augustastraße, Blumenstraße und Weyersberger Straße im Solinger Ortsteil Mitte.
Die Unterrichtsräume und Werkstätten sind in 8 Gebäudekomplexen mit einer Bruttogeschossfläche von 15.000 m² untergebracht.
Die Gebäude werden dezentral aus 5 Heizzentralen mit insgesamt 7 Heizkessel versorgt. Alle Kesselanlagen werden mit Erdgas betrieben. Die Brennstofflieferung übernimmt die Stadtwerke Solingen GmbH als örtlicher Gasnetzbetreiber. Die Abbildung 8.2.1a zeigt eine Übersicht der Gebäude und die Lage der Heizzentralen. In der Tabelle 8.2.1a sind nachfolgend die Daten der vorhandenen Kessel und Brenneranlagen aufgeführt.

| *Heizzentrale* | *Kesseltyp* | *Leistung* | *Baujahr* | *Brennertyp* | *Baujahr* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Remeha 3119-9 | 180 kW | 1984 | Vaillant atmosphärisch | - |
| 2 | Rheinstahl GP 310-06 | 250 kW | 1978 | Weishaupt WG 30 N/1AZ | 1988 |
| 2 | Vaillant GP 310-11 | 483 KW | 1981 | Weishaupt G3/1 E | 1989 |
| 3 | Buderus 305/115-7 | 115 kW | 1993 | ELCO EG 02A120 R2G | 1992 |
| 4 | Buderus B12/8 | 133 kW | 1976 | Weishaupt WG 30 N/1A | 1995 |
| 5 | Vaillant VKG 323/2U | 323 kW | 1981 | Vaillant atmosphärisch | - |
| 5 | Vaillant VKG 189/2U | 189 kW | 1991 | Vaillant atmosphärisch | - |

***Tabelle 8.2.1a*** Heizzentralen TBK Solingen

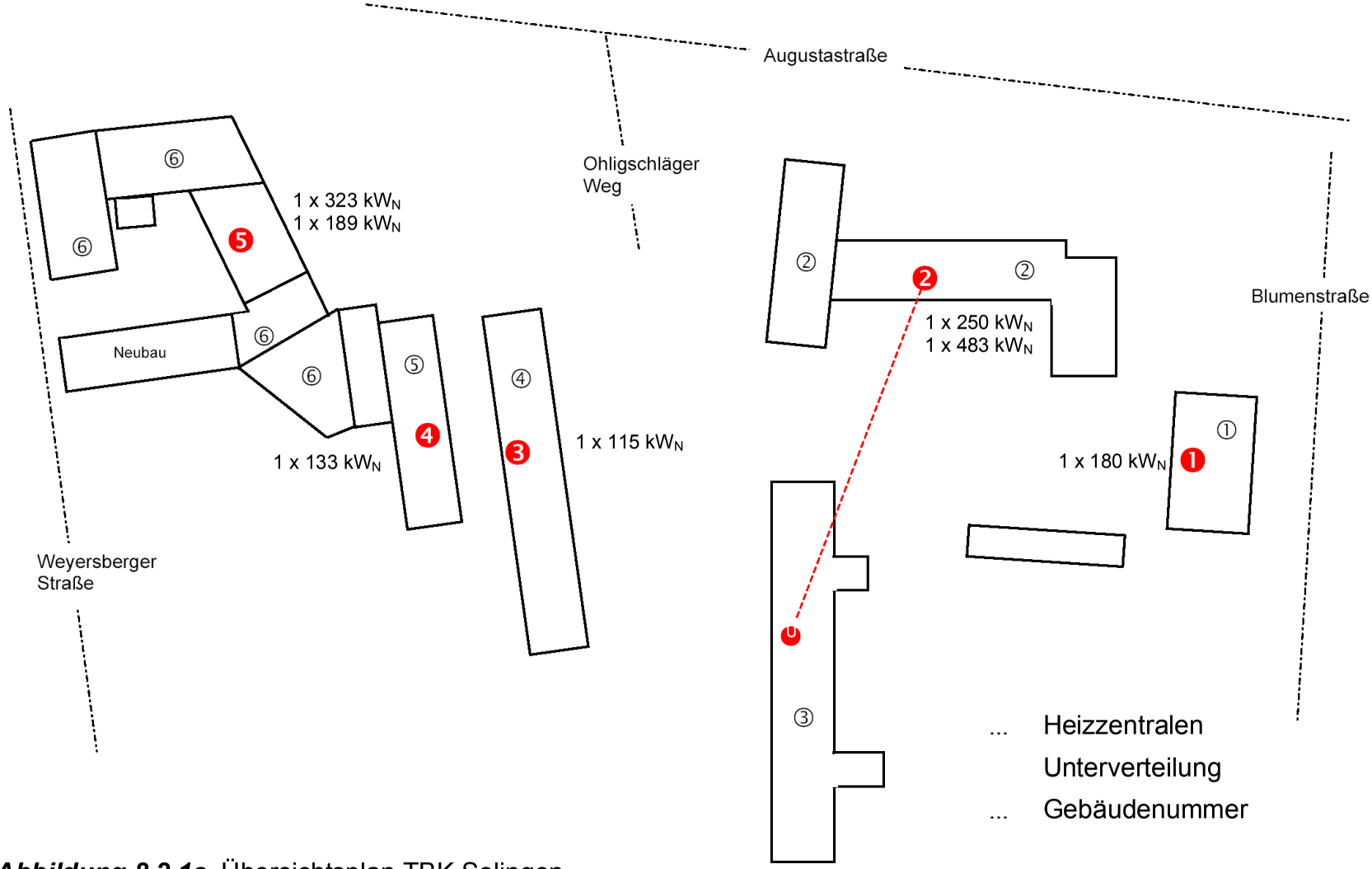



***Abbildung 8.2.1a*** Übersichtsplan TBK Solingen

Angaben über Brennstoffverbräuche liegen anhand von Abrechnungszahlen und Ableseprotokollen vor. Dabei werden die Erdgasverbräuche der Heizzentralen 1+2, 3+4 und 5 gesondert erfasst.
Aus den vorliegenden Zahlen für das Jahr 2002 ergibt sich ein Gesamtverbrauch von ca. 220.000 m³ Erdgas. Dies entspricht einem Endenergieeinsatz von ca. 2.150 MWh (bei 9,8 kWh/$m^3_{Erdgas}$).
Aus Berechnung mit aktuellen Gebäude- und Verbrauchsdaten ergeben sich für das vorhandene Objekt die nachfolgenden geordneten Jahresdauerlinien (Wärmelastgänge).

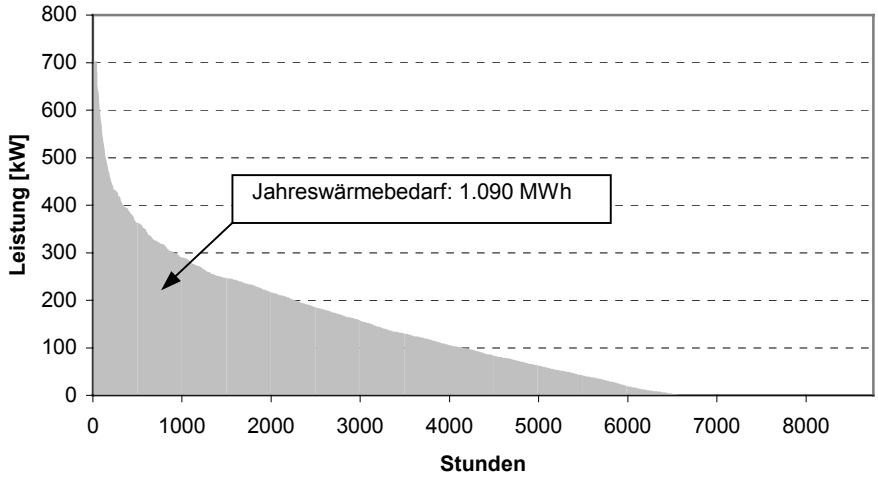



***Abbildung 8.2.1b*** Wärmelastgang Gebäude 1-3, Heizzentrale 1+2

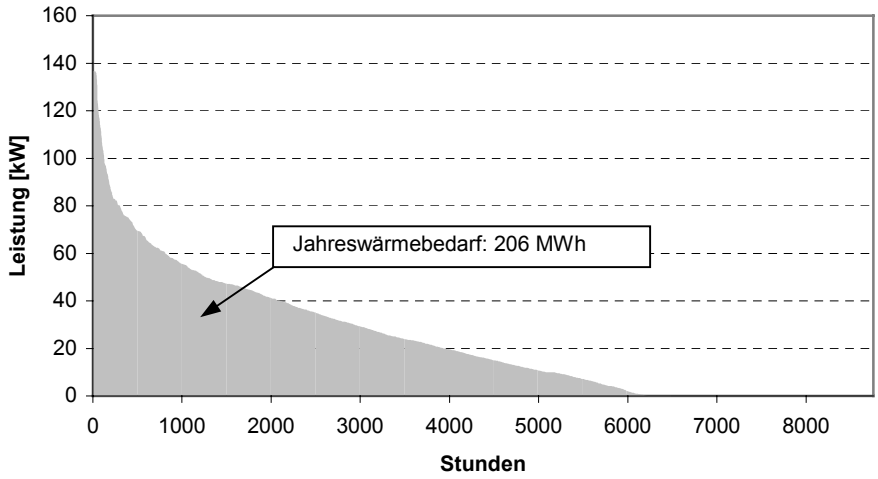



***Abbildung 8.2.1c*** Wärmelastgang Gebäude 4+5, Heizzentrale 3+4

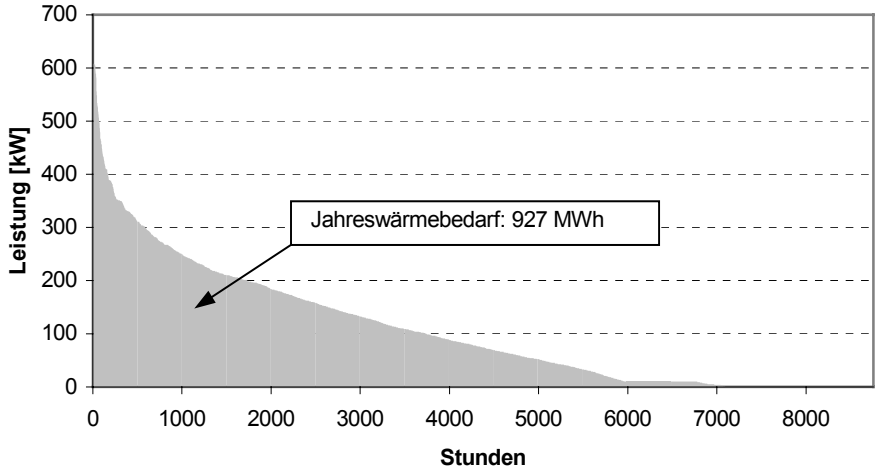



***Abbildung 8.2.1d*** Wärmelastgang Gebäude 6, Heizzentrale 5

Die maximal bereitgestellte Wärmeleistung der Heizzentralen 1+2 liegt bei 700 kW, die der Heizzentralen 3+4 bei 140 kW und die der Heizzentrale 5 bei 600 kW. Etwa 50 % der Wärme wird von den Heizungszentralen 1+2 bereitgestellt und in den Gebäuden 1,2 und 3 benötigt. Die Heizzentrale 5 erzeugt mit ihren zwei Kesselanlagen etwa 42 % der Wärme. Die Kessel der Heizzentrale 3+4 haben mit ca. 8 % nur einen geringen Anteil an der Gesamtwärmeversorgung. In den Gebäuden 3 und 4 sind überwiegend Werkstätten eingerichtet. Die dort installierten Maschinen verursachen einen hohen inneren Wärmegewinn.
Aus den vorliegenden Verbrauchsdaten ergeben sich die in Abbildung 8.2.1e gezeigten monatlichen Wärmeverbräuche. Außerhalb der Heizperiode wird ein geringer Wärmebedarf für die Bereitstellung von Warmwasser benötigt. In den Schulferien wird kein Warmwasser benötigt.

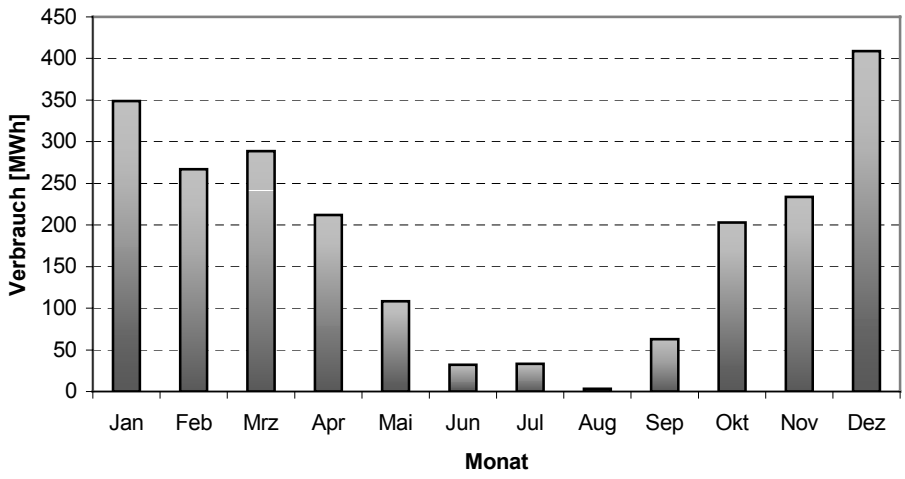



***Abbildung 8.2.1e*** Monatsverbräuche Wärme TBK Solingen

### 8.2.2 Konzeption und Dimensionierung der Anlage

Die Kesselanlagen in den Heizzentralen 2 und 4 sind aufgrund ihres älteren Baujahres (1976, 1978 und 1981) erneuerungsbedürftig. Dabei ist eine partielle Umstellung vom Energieträger Erdgas auf Holz zu prüfen. Des weiteren soll der Aufbau eines Nahwärmenetzes mit zentraler Heizzentrale geprüft werden. Im folgenden werden drei mögliche Alternativen dargestellt:

1. Nahwärmenetz Gebäude 1 bis 3 / Heizzentrale 2
2. Nahwärmenetz Gebäude 1 bis 5 / Heizzentrale 2
3. Nahwärmenetz gesamter Gebäudekomplexes / Heizzentrale 2

*1. Nahwärmenetz Gebäude 1 bis 3 / Heizzentrale 2*

In dieser Variante wird ein Nahwärmenetz zur Versorgung der Gebäude 1 bis 3 aufgebaut. Es wird zentral aus der bestehenden Heizzentrale 2 versorgt. Die beiden bestehenden Heizkessel werden demontiert und durch einen Holzhackschnitzelkessel und einen Gaskessel ersetzt. Der Gaskessel fungiert dabei als Spitzen- und Teillastkessel. Die Grund- und Mittellast wird vom Holzkessel abgedeckt. Dabei soll ein möglichst hoher Anteil der benötigten Wärme vom Holzkessel bereitgestellt werden. Die Abbildung 8.2.2a zeigt den Anteil der Wärme aus Holz in Abhängigkeit der eingesetzten Kesselleistung. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Kessel in seiner Leistung auf minimal 0,3 $P_N$ regelbar ist. Der maximale Holzwärmeanteil läßt sich bei einer eingesetzten Kesselleistung von 300 bis 350 kW erzielen. Dabei erreicht der Holzkessel 4000 bis 4400 Betriebsstunden im Jahr.

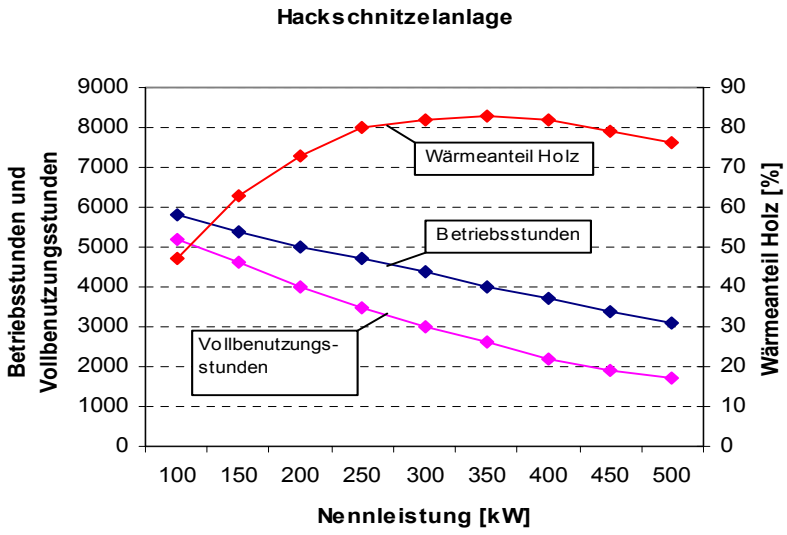



***Abbildung 8.2.2a*** Wärmeanteil Holzkessel Nahwärmenetz Gebäude 1-3

Bei Einbindung eines 300 kW Holzkessels läßt sich die in Abbildung 8.2.2b dargestellte Wärmemenge von etwa 820 MWh/a durch Holz erzeugen. Dies entspricht einem Anteil am Gesamtwärmebedarf von 82 %. Der jährliche Brennstoffbedarf liegt bei ca. 1.000 Sm³.

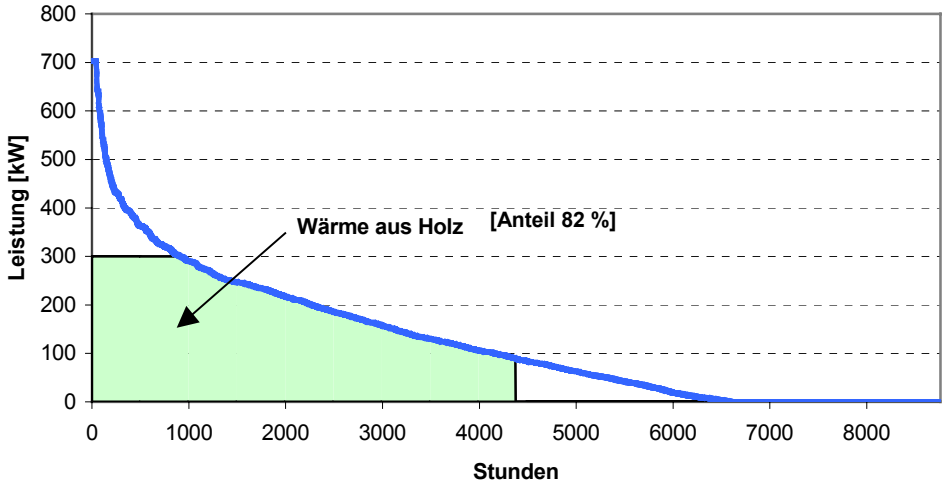



***Abbildung 8.2.2b*** Wärmelastgang mit Holzkessel Nahwärmenetz Gebäude1-3

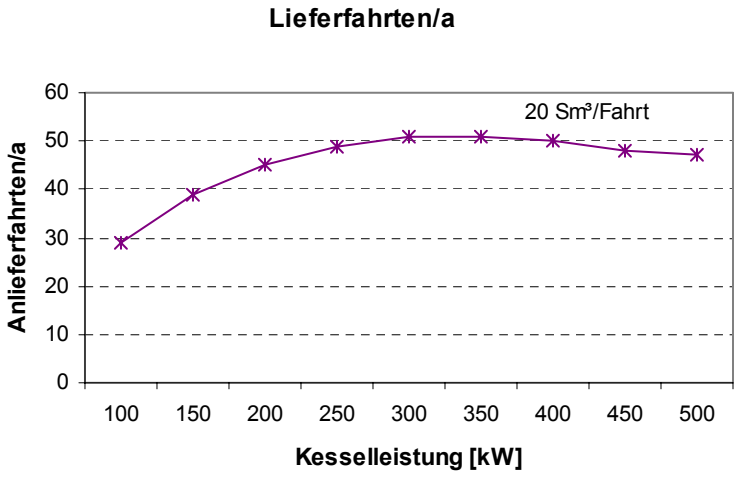



***Abbildung 8.2.2c*** Anzahl der jährlichen Anlieferfahrten

Bei der Berechnung der jährlichen Anlieferfahrten wird davon ausgegangen, dass der Vorratsraum auf einen 12-Tage Betrieb der Anlage ausgelegt ist. Mit diesem Lagervolumen können auch längere Perioden (z.B. Ferienperioden, Weihnachtstage, längere Wocheenden) ohne Belieferungen überbrückt werden. Die Anlieferung erfolgt mit Transportfahrzeugen mit einem Ladevolumen von 20 Sm³ (übliche Fahrzeuge aus Land- und Forstwirtschaft).

Die bauliche Ausführung der Heizzentrale 2 inkl. der Lager- und Beschickungsvorrichtung wird später beschrieben.

*2. Nahwärmenetz Gebäude 1 bis 5 / Heizzentrale 2*

In dieser Variante wird ein Nahwärmenetz zur Versorgung der Gebäude 1 bis 5 aufgebaut. Es wird zentral aus der bestehenden Heizzentrale 2 versorgt. Die beiden bestehenden Heizkessel in Heizzentrale 2 werden demontiert und durch einen Holzhackschnitzelkessel und einen Gaskessel ersetzt. Der Gaskessel fungiert dabei als Spitzen- und Teillastkessel. Die Grund- und Mittellast wird vom Holzkessel abgedeckt. Dabei soll ein möglichst hoher Anteil der benötigten Wärme vom Holzkessel bereitgestellt werden.

Die Heizzentralen 3+4 in den Gebäuden 4 und 5 werden nicht mehr benötigt. Die Kesselanlagen werden demontiert. Der Buderus Kessel aus Heizzentrale 3 kann in anderen Liegenschaften eingesetzt werden. Die Abbildung 8.2.2d zeigt den Anteil der Wärme aus Holz in Abhängigkeit der eingesetzten Kesselleistung. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Kessel in seiner Leistung auf minimal 0,3 $P_N$ regelbar ist. Der maximale Holzwärmeanteil lässt sich bei einer eingesetzten Kesselleistung von 350 bis 450 kW erzielen. Dabei erreicht der Holzkessel 3800 bis 4400 Betriebsstunden im Jahr.

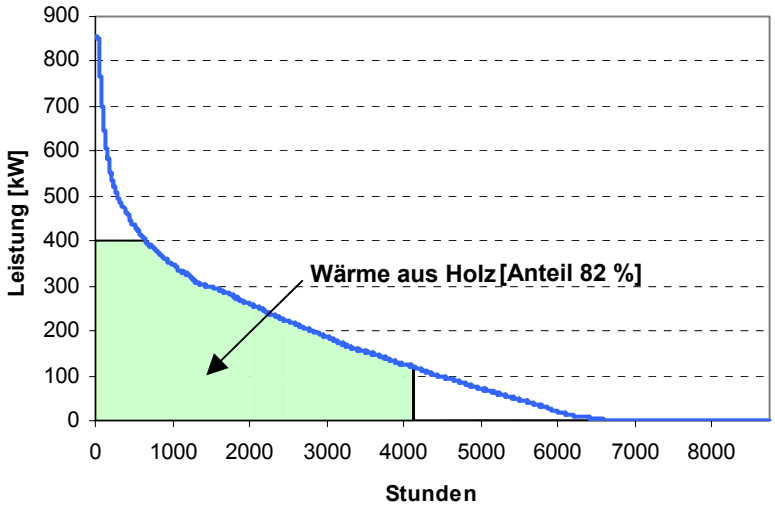



***Abbildung 8.2.2d*** Wärmelastgang mit Holzkessel, Nahwärmenetz Gebäude1-5

Beim Einsatz eines 400 kW Hackschnitzelkessels liegt der Wärmeanteil aus Holz bei 82 %. Das entspricht etwa 970 MWh/a. Bei einem durchschnittlichen Energiegehalt von 3 kWh/kg werden 1.300 Sm³ Hackschnitzel im Jahr benötigt. Das erforderliche

Lagerraumvolumen bei 12-Tage Vorhaltung liegt bei etwa 130 Sm³. Jährlich fallen dabei etwa 55 Lieferfahrten an um den Brennstoffbedarf zu decken.

Für die erforderlichen Nahwärmeleitungen ist ein Wärmeverlustzuschlag eingerechnet.

Die bauliche Ausführung der Heizzentrale 2 inkl. der Lager- und Beschickungsvorrichtung wird später beschrieben.

*3. Nahwärmenetz gesamter Gebäudekomplexes / Heizzentrale 2*

In dieser Variante wird ein Nahwärmenetz zur Versorgung des gesamtes Gebäudekomplexes aufgebaut. Es wird aus der bestehenden Heizzentrale 2 versorgt. Die beiden bestehenden Heizkessel in Heizzentrale 2 werden demontiert und durch einen Holzhackschnitzelkessel und einen Gaskessel ersetzt. Der Gaskessel fungiert dabei als Spitzen- und Teillastkessel. Die Grund- und Mittellast wird vom Holzkessel abgedeckt. Dabei soll ein möglichst hoher Anteil der benötigten Wärme vom Holzkessel bereitgestellt werden.

Die Heizzentralen 3+4 und 5 in den Gebäuden 4, 5 und 6 werden nicht mehr benötigt. Die Kesselanlagen werden demontiert. Der Buderus Kessel aus Heizzentrale 3 kann in anderen Liegenschaften eingesetzt werden, da er jüngeren Baujahres ist. Die Abbildung 8.2.2d zeigt den Anteil der Wärme aus Holz in Abhängigkeit der eingesetzten Kesselleistung. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Kessel in seiner Leistung auf minimal 0,3 $P_N$ regelbar ist. Der maximale Holzwärmeanteil lässt sich bei einer eingesetzten Kesselleistung von 700 bis 750 kW erzielen. Dabei erreicht der Holzkessel 4000 bis 4100 Betriebsstunden im Jahr.

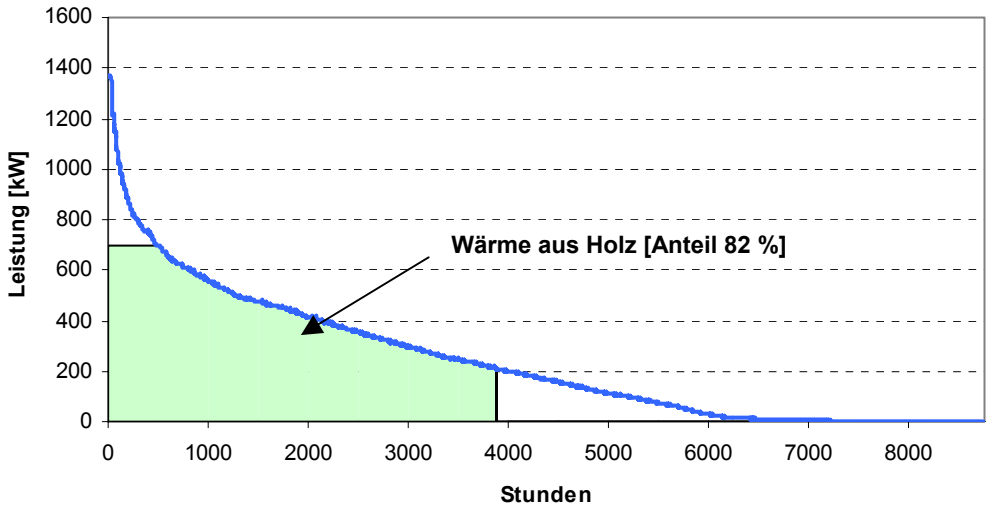



***Abbildung 8.2.2d*** Wärmelastgang mit Holzkessel Nahwärmenetz Gebäude 1-6

Beim Einsatz eines 700 kW Hackschnitzelkessels liegt der Wärmeanteil aus Holz bei 82 %. Das entspricht etwa 1.700 MWh/a. Bei einem durchschnittlichen Energiegehalt von 3 kWh/kg werden 2.500 Sm³ Hackschnitzel im Jahr benötigt. Das erforderliche Lagerraumvolumen bei 12-Tage Vorhaltung liegt bei etwa 220 Sm³. Jährlich fallen dabei etwa 100 Lieferfahrten an um den Brennstoffbedarf zu decken.

Für die erforderlichen Nahwärmeleitungen ist ein Wärmeverlustzuschlag eingerechnet.

Die bauliche Ausführung der Heizzentrale 2 inkl. der Lager- und Beschickungsvorrichtung wird später beschrieben.

- ***Anlagenkonfiguration Heizzentrale 2***

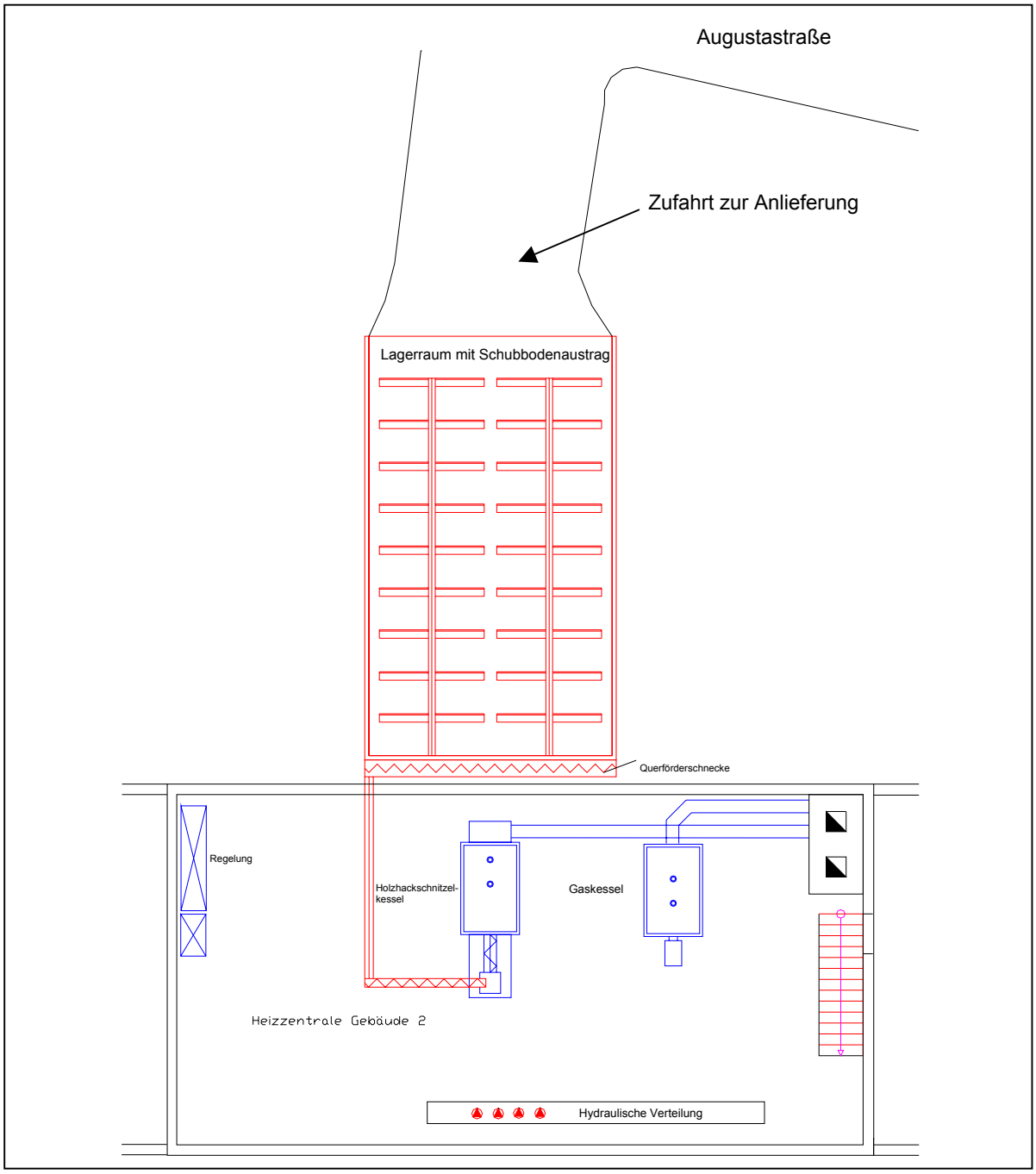



***Abbildung 8.2.2e*** Anlagenschema Heizzentrale 2

Der Zeichnung in der Abbildung 8.2.2e ist nicht maßstabsgerecht.
Der Lagerraum wird in einer halboffenen Bauweise an der Nordseite des Gebäudes 2 errichtet. Die Anlieferung und Beschickung des Lagers erfolgt über eine anzulegende Zufahrt von der Augustastraße aus.

Im Lagerraum wird ein befahrbarer hydraulischer Schuboden installiert. Die Lieferanten können mit ihren Fahrzeugen in den Lagerraum einfahren und die Hackschnitzel abladen. Ein zusätzlicher Hackschnitzel-Verteiler ist nicht erforderlich.

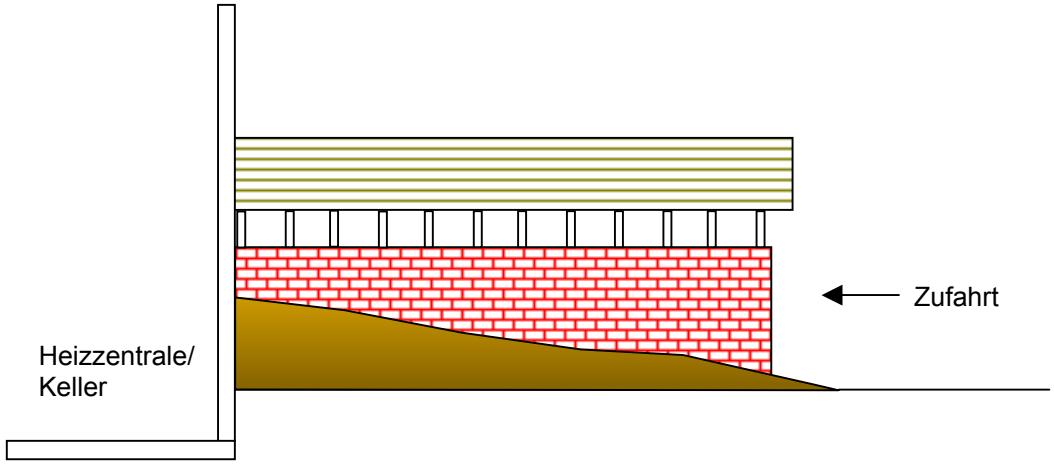



***Abbildung 8.2.2f*** Ansicht Hackschnitzel-Lagerraum

Der Lagerraum ist überdacht um den Brennstoff vor Witterungseinflüssen zu schützen. Der Dachaufbau ist jedoch seitlich geöffnet, um eine natürliche Belüftung des Lagerraum zu erreichen. Eine zusätzliche elektrische Abluftanlage ist daher nicht mehr notwendig.
Der Austrag der Hackschnitzel aus dem Lagerraum erfolgt mittels Schuboden und einer Querförderschnecke. Von dieser Schnecke gelangt das Material über eine weitere Förderschnecke, einem Kettenförderer oder einer Rutsche in die Heizzentrale, die sich in dem Lagerraum anschließenden Kellerraum befindet. Über weitere Transporteinrichtungen, die explizit zu planen sind, gelangt der Brennstoff in die Konversionsanlage.
Von der Augustastraße aus ist eine befestigte Zufahrt zum Lagerraum zu errichten. Die gesamte Außenanlage ist mit einem Tor bzw. einer Zaunanlage zu sichern, um den Lagerraum vor dem Betreten von Unbefugten zu schützen.

Für die Anlagenkonfiguration mit einem 300 kW Holzkessel besteht die Möglichkeit, die Hackschnitzel in Container [siehe Abbildung 8.2.2g] zu lagern. Diese verfügen über einen eingebauten Schubbodenaustrag. Das Lagervolumen liegt zwischen 20 und 40 Sm³. Zur Reduzierung der Anlieferfahrten wird im folgenden mit einem 40 m³ Container gerechnet. Die Querförderschnecke zum Weitertransport wird am Abstellort fest installiert. Auch für diese Lagervariante muss eine neue Zuwegung von der Augustastraße und eine Zaunanlage geschaffen werden.

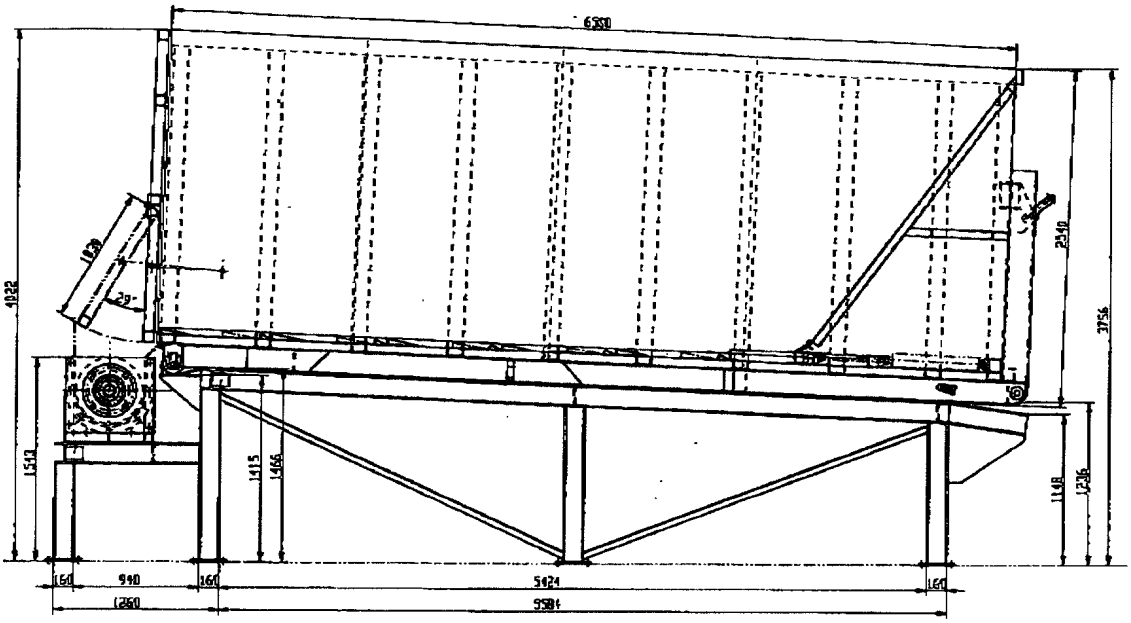



***Abbildung 8.2.2g*** Beispiel für Hackschnitzellagerung im Container
Quelle: [Fa. L&M, Meppen]

Die Abbildung 8.2.2h zeigt das Gelände, welches für den Lagerraum respektive der Lagercontainer zur Verfügung steht. Der Heizraum im Keller grenzt an diese Gebäudeseite, so dass ein beim Transport vom Lager in den Kellerraum keine großen Entfernungen überbrückt werden müssen.

***Abbildung 8.2.2h*** Möglicher Lagerstandort TBK Solingen

### 8.2.3 Berechnung der Wärmekosten in Anlehnung an die VDI 20 67

Im folgenden werden die Wärmegestehungskosten für die drei skizzierten Anlagenvarianten überschlägig berechnet. Die drei Varianten sind nicht direkt miteinander vergleichbar, da sie unterschiedliche Teile des Gesamtwärmebedarfs des TBK abdecken. Um eine annähernde Vergleichbarkeit zu erreichen, werden neben den Wärmegestehungskosten der jeweiligen Neuanlage (Holz + Spitzenlastkessel Gas) auch die Wärmekosten der bestehenden Altanlagen hinzugerechnet. Daraus ergeben sich allgemeine Wärmegestehungskosten für das gesamte Objekt.

Variante 1: Nahwärmenetz Gebäude 1-3

| **Investitionskosten (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)** | | | |
|---|---|---|---|
| | *Investitionen* | *Wartung* | |
| | [€] | [%] | [€/a] |
| Demontagearbeiten/Umbau Heizraum | 10.000 | 0,00% | 0 |
| Hackschnitzelkesselanlage 300 kW | 50.000 | 2,50% | 1.250 |
| Gaskessel 460 kW | 20.000 | 2,00% | 400 |
| Rauchgasreinigung | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Lagerraum inkl. Zuwegung, Umzäunung | 90.000 | 2,00% | 1.800 |
| Beschickung | 20.000 | 2,00% | 400 |
| Regelung / Steuerung | 3.000 | 3,00% | 90 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Nahwärmenetz Gebäude 1,2 und 3 | 15.000 | 2,00% | 300 |
| Montage | 45.600 | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (12%) | 27.360 | -- | -- |
| Förderung (Hafö 40 %) | -120.384 | -- | -- |
| **Summe** | **180.567** | | **4.340** |

| **Wärmegestehungskosten Neuanlage (Holz + Gas)** | |
|---|---|
| Kapitalkosten | 15.876 €/a (bei Zinssatz 5%$_{eff}$) |
| Verbrauchskosten | 22.798 €/a (bei 15 €/Sm³ Hackschnitzel und 3,5 €-Cent/kWh) |
| Betriebskosten | 5.340 €/a (Personal- und Wartungskosten) |
| **Jahreskosten** | **44.014 €/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **970.000 kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,54 ct/kWh$_N$ (aus Neuanlage)** |

| **Verbrauchskosten Altanlagen:** | |
|---|---|
| Brennstoffkosten Gas (Heizzentrale 3+4+5) | 44.061 €/a |
| Hilfsenergiekosten Gas-Kessel (3+4+5) | 162 €/a |
| Kosten für Umwälzung (3+4+5) | 864 €/a |
| **Verbrauchskosten** | **45.087 €/a** |
| **Betriebskosten Altanlagen** | |
| Wartungskosten (3+4+5) | 750 €/a |
| Personalkosten | 1.200 €/a |
| **Betriebskosten** | **1.950 €/a** |

| **Gesamte Wärmegestehungskosten** | |
|---|---|
| Jahreskosten Neuanlage | 44.014 €/a |
| Jahreskosten Altanlagen | 47.037 €/a |
| **Jahreskosten Gesamt** | **91.051 €/a** |
| **erzeugte Wärmemenge gesamt** | **2.123.600 kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,29 ct/kWh$_N$ (Alt- und Neuanlage)** |

## Variante 2: Nahwärmenetz Gebäude 1-5

**Investitionskosten (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)**

| | *Investitionen* | *Wartung* | |
|---|---|---|---|
| | [€] | [%] | [€/a] |
| Demontagearbeiten/Umbau Heizraum | 20.000 | 0,00% | 0 |
| Hackschnitzelkesselanlage 400 kW | 60.000 | 2,50% | 1.500 |
| Gaskessel 460 kW | 20.000 | 2,00% | 400 |
| Rauchgasreinigung | 12.000 | 2,00% | 240 |
| Lagerraum inkl. Zuwegung, Umzäunung | 100.000 | 1,50% | 1.500 |
| Beschickung | 20.000 | 2,00% | 400 |
| Regelung / Steuerung | 5.000 | 3,00% | 150 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Nahwärmenetz Gebäude 1,2,3,4 und 5 | 35.000 | 2,00% | 700 |
| Montage | 56.000 | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (12%) | 33.840 | -- | -- |
| Förderung | -148.896 | -- | -- |
| **Summe** | **223.344** | | **4.390** |

**Wärmegestehungskosten (Holz + Gas)**

| | | |
|---|---|---|
| Kapitalkosten | 19.566 | €/a (bei Zinssatz 5 %) |
| Verbrauchskosten | 27.921 | €/a (bei 15 €/Sm³ Hackschnitzel und 3,5 €-Cent/kWh) |
| Betriebskosten | 5.390 | €/a (Wartungs- und Personalkosten) |
| **Jahreskosten** | **52.877** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **1.160.000** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,56** | **ct/kWh$_N$ (aus Neuanlage)** |

**Verbrauchskosten Altanlagen:**

| | | |
|---|---|---|
| Brennstoffkosten Gas (Heizzentrale 5) | 32.445 | €/a |
| Hilfsenergiekosten Gas-Kessel (5) | 54 | €/a |
| Kosten für Umwälzung (5) | 324 | €/a |
| **Verbrauchskosten** | **32.823** | **€/a** |

**Betriebskosten Altanlagen**

| | | |
|---|---|---|
| Wartungskosten (5) | 250 | €/a |
| Personalkosten | 400 | €/a |
| **Betriebskosten** | **650** | **€/a** |

**Gesamte Wärmegestehungskosten**

| | | |
|---|---|---|
| Jahreskosten Neuanlage | 52.877 | €/a |
| Jahreskosten Altanlagen | 33.473 | €/a |
| **Jahreskosten Gesamt** | **86.350** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge gesamt** | **2.179.700** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **3,96** | **ct/kWh$_N$ (Alt- und Neuanlage)** |

Variante 3: Nahwärmenetz Gebäude 1-6

| **Investitionskosten** | | | |
|---|---|---|---|
| | Investitionen | Wartung | |
| | [€] | [%] | [€/a] |
| Demontage/ Umbau Heizraum | 25.000 | 0,00% | 0 |
| Hackschnitzelkessel 700 kW | 75.000 | 2,50% | 1.875 |
| Gaskessel 800 kW | 35.000 | 2,50% | 875 |
| Rauchgasreinigung | 60.000 | 2,00% | 1.200 |
| Lagerraum inkl. Zuweg, Umzäunung | 110.000 | 2,00% | 2.200 |
| Beschickung | 30.000 | 2,00% | 600 |
| Regelung / Steuerung | 10.000 | 3,00% | 300 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Nahwärmenetz Gebäude 1-6 | 50.000 | 2,00% | 1.000 |
| Montage | 81.000 | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (12%) | 48.600 | -- | -- |
| Genehmigung BImSchG | 2.000 | -- | -- |
| Förderung | -200.060 | -- | -- |
| **Summe** | **321.960** | | **7.250** |
| **Wärmegestehungskosten** | | | |
| Kapitalkosten | 27.259 €/a (bei Zinssatz 5 %) | | |
| Verbrauchskosten | 54.320 €/a (bei 15 €/Sm³ Hackschnitzel und 3,5 €-cent/kWh) | | |
| Betriebskosten | 8.350 €/a (Wartungs- und Personalkosten) | | |
| **Jahreskosten** | **89.929 €/a** | | |
| **erzeugte Wärmemenge** | **2.250.000 kWh/a** | | |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,00 ct/kWh$_N$** | | |
| **Gesamte Wärmegestehungskosten** | | | |
| Jahreskosten Neuanlage | 90.569 €/a | | |
| Jahreskosten Altanlagen | 0 €/a | | |
| **Jahreskosten Gesamt** | **89.929 €/a** | | |
| **erzeugte Wärmemenge gesamt** | **2.250.000 kWh/a** | | |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,00 ct/kWh$_N$** | | |

Die Berechnungen zeigen, dass bei Erhöhung des Anteils der Wärme aus Holz, die spezifischen Wärmegestehungskosten sinken. In den drei gezeigten Varianten liegen die Wärmegestehungskosten um die 40 €/MWh$_N$.

Die Errichtung eines Nahwärmenetzes mit Anbindung aller Gebäude des TBK generiert trotz der hohen Investitionskosten von ca. 500.000 € die niedrigsten Wärmgestehungskosten von 4,00 €-cent/kWh$_N$.

Im folgenden Kapitel werden die Wärmegestehungskosten ermittelt, die anfallen, wenn die Erdgaskessel in den vorhandenen Heizzentralen erneuert werden (Heizzentrale 3 ist nicht erneuerungsbedürftig). Die Objektversorgung erfolgt in diesem Fall weiterhin dezentral aus den bestehenden Heizzentralen 1 bis 5.

### 8.2.4 Kostenvergleichsrechnung (VDI 20 67) mit konkurrierende Brennstoffen

Die Kessel der Heizzentrale 1, 2 und 4 werden erneuert. In Heizzentrale 5 wird nur der Kessel aus dem Baujahr 1981 erneuert. Der Kessel aus Heizzentrale 3 bleibt bestehen. Nach dieser Modellvariante entstehen folgende Investitionskosten respektive folgende Wärmegestehungskosten.

| **Investitionskosten (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *Investitionen* | | *Wartung* | |
| | [€] | | [%] | [€/a] |
| Demontage/ Umbau Heizraum | 5.000 | | 0,00% | 0 |
| Gaskessel Heizzentrale 1, 170 kW | 13.000 | | 2,50% | 325 |
| Gaskessel Heizzentrale 2, 225 kW | 15.000 | | 2,50% | 375 |
| Gaskessel Heizzentrale 2, 460 kW | 17.000 | | 2,00% | 340 |
| Gaskessel Heizzentrale 4, 130 kW | 9.000 | | 2,00% | 180 |
| Gaskessel Heizzentrale 5, 345 kW | 16.000 | | 2,00% | 320 |
| Regelung / Steuerung | 5.000 | | 3,00% | 150 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 10.000 | | 2,00% | 200 |
| Montage | 18.000 | | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (3%) | 10.800 | | -- | -- |
| Förderung | 0 | | -- | -- |
| **Summe** | **118.800** | | | **1.890** |
| **Wärmegestehungskosten** | | | | |
| Kapitalkosten | 10.283 | €/a (bei Zinssatz 5 %) | | |
| Verbrauchskosten | 63.298 | €/a (bei 3,5 €-cent/kWh) | | |
| Betriebskosten | 2.990 | €/a (Wartungs- und Personalkosten) | | |
| **Jahreskosten** | **76.571** | **€/a** | | |
| **erzeugte Wärmemenge** | **1.754.000** | **kWh/a** | | |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,37** | **ct/kWh$_N$ (nur Neuanlagen)** | | |
| **Verbrauchskosten Altanlagen:** | | | | |
| Brennstoffkosten Gas | 16.520,00 | €/a | | |
| Hilfsenergiekosten Gas-Kessel | 108,00 | €/a | | |
| Kosten für Umwälzung | 540,00 | €/a | | |
| **Verbrauchskosten** | **17.168** | **€/a** | | |
| **Betriebskosten Altanlagen** | | | | |
| Wartungskosten | 500 | €/a | | |
| Personalkosten | 800 | €/a | | |
| **Betriebskosten** | **1.300** | **€/a** | | |
| **Gesamte Wärmegestehungskosten** | | | | |
| Jahreskosten Neuanlage | 76.571 | €/a | | |
| Jahreskosten Altanlagen | 18.468 | €/a | | |
| **Jahreskosten Gesamt** | **95.039** | **€/a** | | |
| **erzeugte Wärmemenge gesamt** | **2.226.000** | **kWh/a** | | |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,27** | **ct/kWh$_N$ (Alt- und Neuanlagen)** | | |

***Sensitivitätsanalyse:***

Die folgende Abbildung 8.2.4a zeigt die Entwicklung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit der Gaspreise. Dabei werden die 3 verschiedenen Varianten mit Hackschnitzelkessel und die Variante *Erneuerung Gaskessel* miteinander verglichen. Der Hackschnitzelpreis wird dabei auf 15 €/Sm³ festgelegt.

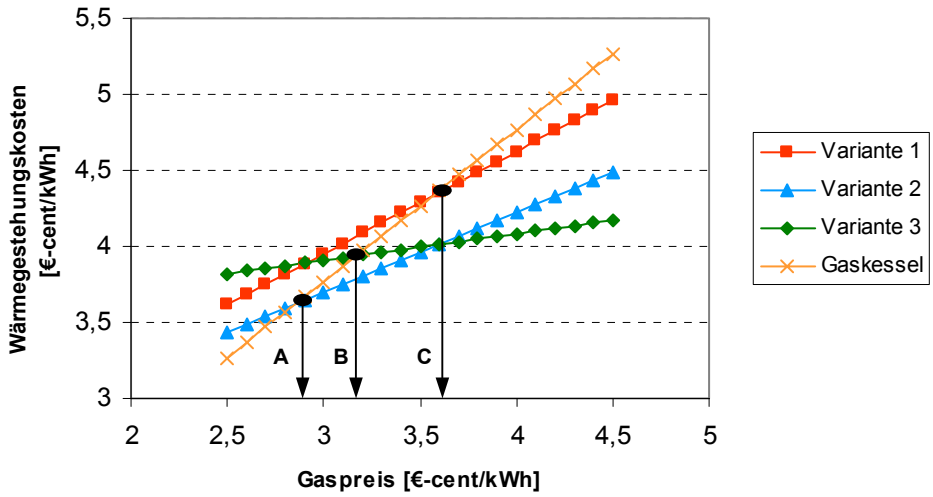



***Abbildung 8.2.4a*** Sensitivität Gaspreis

Bei Gaspreisen unter 3 €-cent/kWh inkl. MwSt. ist die Alternative der Erneuerung der bestehenden Gaskesselanlagen die wirtschaftlichste Möglichkeit zur Modernisierung der Wärmeversorgung des Objektes des TBK Solingen.
Bei Gaspreisen über 3 €-cent/kWh [A] lässt sich mit der Variante 2 (Hackschnitzel 460 kW) ein konkurrenzfähiger Wärmepreis erzeugen. Bei Anstieg der Gaspreise über 3,2 €-cent/kWh [B] wird die Variante 3 zur Versorgung des gesamten Gebäudekomplexes durch einen Holzhackschnitzel (700 kW) + Gasspitzen- und Teillastkessel interessant. Bei Gaspreisen über 3,6 €-cent/kWh [C] bietet auch die Variante 1 (Hackschnitzelkessel 300 kW) eine wirtschaftliche Alternative.
Bei weiter steigenden Gaskosten zeigt sich die Variante 3 als die günstigste, da diese, aufgrund des hohen Wärmeanteils aus Holz (82 %), am wenigsten von den Gaspreisen abhängig ist.
Die jährlichen Kosten für den Bezug von Erdgas für das TBK lagen bereits im Jahr 2002 in einer Höhe, bei dem sich der Einsatz einer der aufgeführten Varianten mit Holzhackschnitzel lohnt.

In der nachfolgenden Abbildung 8.2.4b wird die Abhängigkeit der Wärmegestehungskosten von Kosten für Holzhackschnitzel gezeigt.

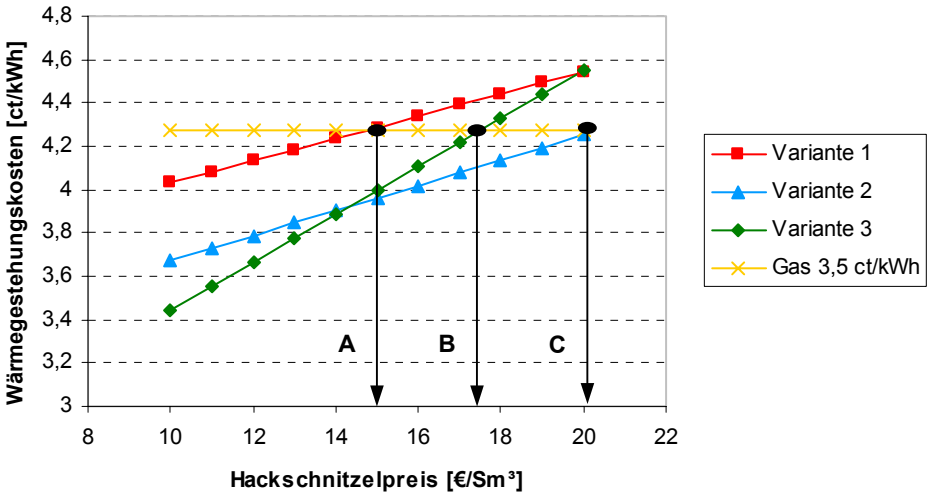



***Abbildung 8.2.4b*** Sensitivität Holzpreis

Bei einem angenommenen Gaspreis von 3,5 €-cent/kWh inkl. MwSt. lässt sich die Variante 1 (Hackschnitzelkessel 300 kW), im Vergleich zur Variante *Erneuerung Gaskessel*, bis zu einem maximalen Hackschnitzelpreis von 15 €/Sm³ [A] wirtschaftlich betreiben.
Bei Variante 2 (460 kW Holzhackschnitzel) kann dieser sogar 20 €/Sm³ [C], respektive 18 €/Sm³ [B] bei Variante 3 (700 kW Holzhackschnitzel), betragen.
Bei den Varianten 2 und 3 ist daher der Einsatz von Hackschnitzel aus Waldholz denkbar. Bei Hackschnitzelpreisen bis 15 €/Sm³ ist mit einem Anteil von A 1 Alt- bzw. Restholz zu planen.

***Fazit und Empfehlung:***

Das Objekt des *Technischen Berufskollegs Solingen* (TBK) bietet sich aufgrund seines Wärmebedarfs für den Einsatz einer Hackschnitzelfeuerung an. Durch die Erneuerungsbedürftigkeit einiger der Heizkessel, kann über eine komplette oder teilweise Umstellung auf alternative Energieträger nachgedacht werden. Die benötigten Holzbrennstoffmengen, die zwischen 1.000 und 2.500 Sm³/a liegen, stellen für die regionale Forst- und Holzwirtschaft eine zusätzliche, gesicherte Einkommensquelle dar.
Aufgrund der hohen erforderlichen Lagerkapazität respektive Lagerraumgröße der Variante 3, und den damit verbundenen häufigen Transportverkehr (ca. 100-120 Anlieferungen im Jahr), ist von dieser Variante abzuraten.

Da bei der Variante 2 über eine große Bandbreite der Hackschnitzelkosten (bis 20 €/Sm³) ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist, und die erforderlichen baulichen Maßnahmen (Lagerraumgröße, Einbringung Kessel, Bau Nahwärmenetz) in einem angemessenen Verhältnis stehen, sollte diese Alternative weiter verfolgt werden.

## 8.3 Anlage Stadt Wuppertal, Schulzentrum „An der Blutfinke“

### 8.3.1 Analyse und Darstellung des Ist-Zustandes

Im folgenden wird das *Schulzentrum „An der Blutfinke“* in Wuppertal-Ronsdorf auf den Einsatz einer Hackschnitzelheizung untersucht.
Zunächst erfolgt die Erfassung und Aufstellung des Ist-Zustandes.
Der Heizraum des Schulzentrums ist im Kellergeschoss untergebracht. Die Kesselanlage besteht aus drei baugleichen Kesseln.

| **Kesselanlage Schulzentrum „An der Blutfinke“** | |
|---|---|
| *Kessel 1* | *Brenner 1* |
| Fabr. Viessmann | Fabr. Oertli |
| Typ Turbomat-R 130 55-07 | Typ 180 ULOZ 338 |
| Nennleistung auf 1.500 kW eingestellt | 2-stufig |
| Baujahr 1981 | Baujahr 1981 |
| *Kessel 2* | *Brenner 2* |
| Fabr. Viessmann | Fabr. Euroflamm |
| Typ Turbomat-R 130 55-07 | Dunphry Combustion |
| Nennleistung auf 1.500 kW eingestellt | Typ TL 35 ZHL LX, 2-stufig |
| Baujahr 1978 | Baujahr 1992 |
| *Kessel 3* | *Brenner 3* |
| Fabr. Viessmann | Fabr. Weißhaupt |
| Typ Turbomat-R 130 55-07 | Typ L7Z Ausführung Z |
| Nennleistung auf 1.500 kW eingestellt | 2- stufig |
| Baujahr 1978 | Baujahr 1992 |

***Tabelle 8.3.1a*** Kesselanlage Schulzentrum „An der Blutfinke“

Die gesamte installierte Leistung beträgt 4,5 MW. Für jeden Kessel ist ein separater Schornstein vorhanden. Die Kessel werden in einer Kesselfolgeschaltung betrieben. Die Kesseltemperatur ist auf 75 - 80°C eingestellt. Bei unterschreiten einer Vorlauftemperatur von 70°C wird ein Folgekessel zugeschaltet.
Die Brenner sind 2-stufig ausgeführt. Die erste Stufe wird jedoch nur zum Zünden benutzt. Direkt danach schaltet der Brenner in die zweite Stufe.
In der Übergangszeit (Mai) wird nur ein Kessel benötigt. Der Brenner taktet in dieser Betriebsphase relativ häufig.

Für die Verteilung der Volumenströme zu den Unterzentralen respektive zu den Kesseln, sind zwei Hauptpumpen installiert. Diese arbeiten redundant. In den einzelnen Heizkreisen sind separate Heizkreispumpen mit Dreiwege-Ventilen im Rücklauf installiert.

| **Hauptpumpen Schulzentrum „An der Blutfinke“** |
|---|
| *2 x (redundant)* |
| Typ KSB Etanorm 100-200 |
| Nenndurchfluß: 47,2 m³/h |
| Nennhöhe: 10 m |
| Drehzahl: 1450 1/min |
| Baujahr: 1978 |
| Motorleistung: 7,5 kW |

***Tabelle 8.3.1*** Hauptpumpen Schulzentrum „An der Blutfinke“

Die hydraulischen Komponenten der Heizzentrale werden im Zuge einer Modernisierung noch im Jahr 2003 erneuert.

Die gesamte Wärmeversorgung erfolgt durch die ölbefeuerten Kessel. Das Heizöl wird in drei großen Tanks bevorratet, die in den Räumen neben der Heizzentrale untergebracht sind. Die Tanks haben unterschiedliche Fassungsvermögen von 91.000, 59.800 und 47.680 Liter.

Die Warmwasserbereitstellung übernimmt ein Warmwasserbereiter mit 4000 Liter Speichervolumen mit innenliegender Heizschlange.
Warmwasserbedarf besteht überwiegend für die Duschen in der Sporthalle sowie für die Küche.
Die Beheizung der Räume erfolgt über statische Heizkörper und über Lüftungsanlagen. Ingesamt sind 4 Lüftungszentralen für das Hauptgebäude, die Mensa und Küche, die 3-fach Sporthalle und die vierte Sporthalle vorhanden.

Auf eine präzisere Ausführung der technischen Ausstattung wird an dieser Stelle verzichtet. Im Jahr 1998 wurde vom *Ingenieurbüro LTG 3E* eine genaue Untersuchung der Wärmeversorgung der Schule durchgeführt. Hier sind genauere Angaben über die Ausstattung zu finden. Im Zuge der Sanierung der hydraulischen Einrichtungen der Hauptverteilung werden sich jedoch weitere Veränderungen ergeben.

### 8.3.2 Konzeption und Dimensionierung der Anlage

Für die Auslegung einer Hackschnitzelanlage wird zunächst die geordnete Jahresdauerlinie für das Objekt berechnet. Sie ist in Abbildung 8.3.2a zu sehen.

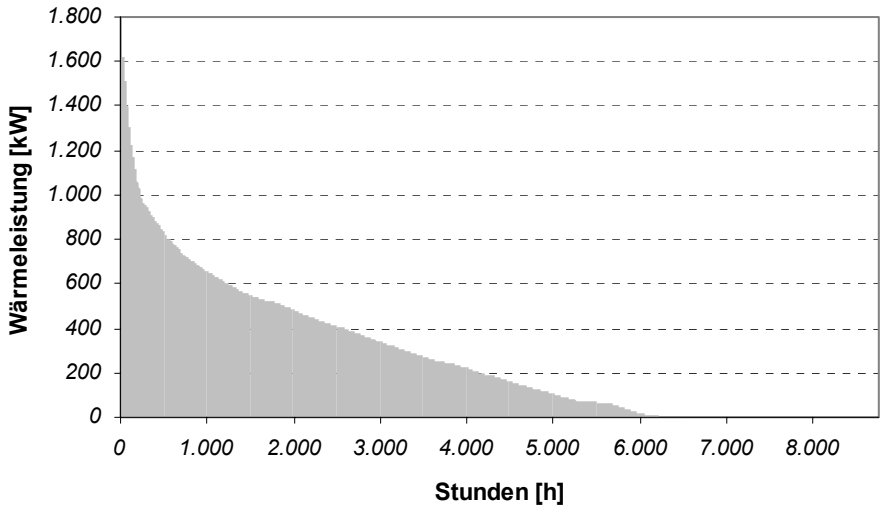



***Abbildung 8.3.2a*** Wärmelastgang Schulzentrum „An der Blutfinke“
[berechnet mit COPRA]

Aus den Berechnungen ergibt sich für das Objekt eine Gesamtjahreswärmebedarf von etwa 2.390 MWh/a. Diese berechneten Werte decken sich mit den Angaben über die jährlichen Heizölverbräuche der letzten Jahre (Angaben der Jahre 1990-1997). Die Verbrauchswerte lagen demnach zwischen 240.000 und 280.000 Liter Heizöl im Jahr.

Aufgrund der Sporthalle und des Mensa-Betriebes wird ein Teil des Wärmebedarfs für die Bereitstellung von Warmwasser benötigt. Somit ist fast über das ganze Jahr hinweg ein Grundlastverbrauch vorhanden.

Die Aufteilung des Wärmebedarfs auf die Monate hängt ab von den herrschenden Außentemperaturen. In der Abbildung 8.3.2b ist die Aufteilung auf die Monate dargestellt. In den Sommermonaten reduziert sich der Bedarf auf die Bereitstellung des Warmwassers.

Die maximale Wärmelast liegt bei 1.600 kW. Die vorhandenen Kesselanlagen mit einer Gesamtleistung von 4,5 MW sind demnach überdimensioniert bzw. für eine redundante Betriebsweise ausgelegt.

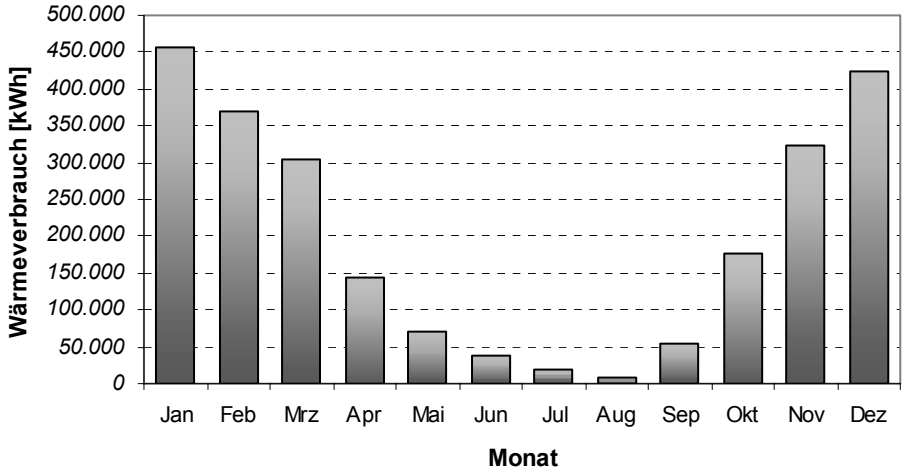



***Abbildung 8.3.2b*** Monatswärmeverbrauch Schulzentrum „An der Blutfinke“

Die Auslegung einer Hackschnitzelheizung erfolgt unter mehreren Gesichtspunkten. Primäres Ziel es ist, einen möglichst hohen Anteil des Wärmebedarfs aus dem kostengünstigen Energieträger Holz zu generieren. Aufgrund der beschränkten Teillastfähigkeit ist daher eine optimale Konfiguration zu wählen. Zusätzlich müssen bauliche Maßnahmen berücksichtigt werden, die aus den unterschiedlichen Nenngrößen der Kessel resultieren. Hierzu gehören in erster Linie die Auslegung des Brennstofflagers und der Standort bzw. die Einbringung des Kessels.
Die Abbildung 8.3.2c zeigt den Anteil der Wärme aus Holz bei Auslegung verschiedener Kesselleistungen.

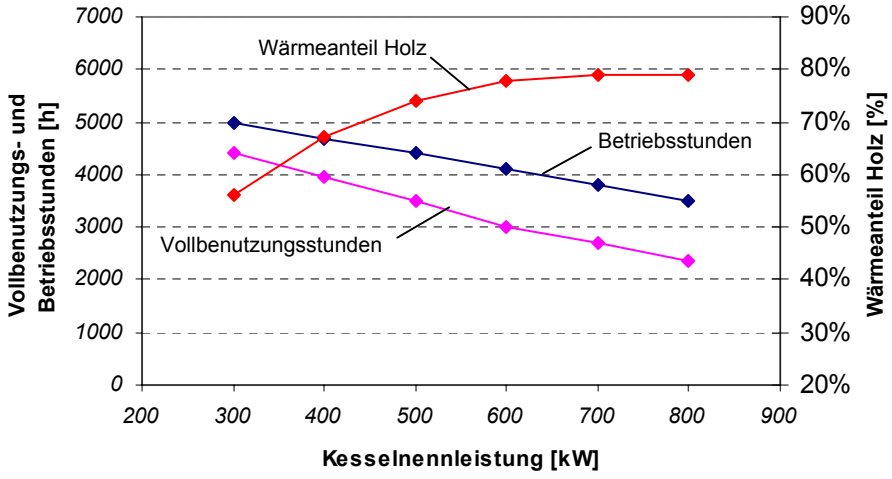



***Abbildung 8.3.2c*** Wärmeanteil Holz bei verschiedenen Nennleistungen

Aufgrund der baulichen Vorrausetzungen zur Schaffung eines geeigneten Lagerraums, kann die Anlage nicht in der maximalen Nennleistung ausgelegt werden. Diese erfordern einen Lagerraum von mindestens 200 Sm³ Kapazität, um die Anlieferungsintervalle in einem vernünftigen Maße begrenzen zu können.
Außerdem sind aufgrund der geringen Heizraumhöhe von ca. 3,50 - 3,90 m keine größeren Kesselanlagen zu installieren.
Das Hauptproblem bei der Installation einer Holzfeuerungsanlage ist die Lagerung der Hackschnitzel. Da die spezifische Energiedichte von Hackschnitzel im Vergleich zu Heizöl etwa 1/12 beträgt, wird dementsprechend ausreichend Lagerraum benötigt. Als weiteres Problem ergibt sich dabei, dass die Fließ- und Schütteigenschaften von Hackschnitzel ungleich schlechter sind als die von Heizöl. Dies wiederum sorgt für Probleme bei der Befüllung des Lagerraums. Das Heizöl kann problemlos durch entsprechende Leitungen in bzw. aus dem Tank gepumpt werden. Die Befüllung bzw. Entleerung eines Hackschnitzellagerraums ist dagegen weitaus umfangreicher und umständlicher.

***Variante A: Hackschnitzelanlage 400 kW***

Unter den genannten Umständen wird der Holzkessel auf eine Nennleistung von 400 kW ausgelegt. Damit lässt sich zwischen 67 und 70 % des gesamten Wärmebedarfs des Schulzentrums über die Holzheizung abdecken. Dies entspricht einer Wärmemenge von etwa 1.600 MWh/a.
Die Einbindung des 400 kW Hackschnitzelkessels mit einer Teillastfähigkeit von 35 % zeigt die Abbildung 8.3.2d.

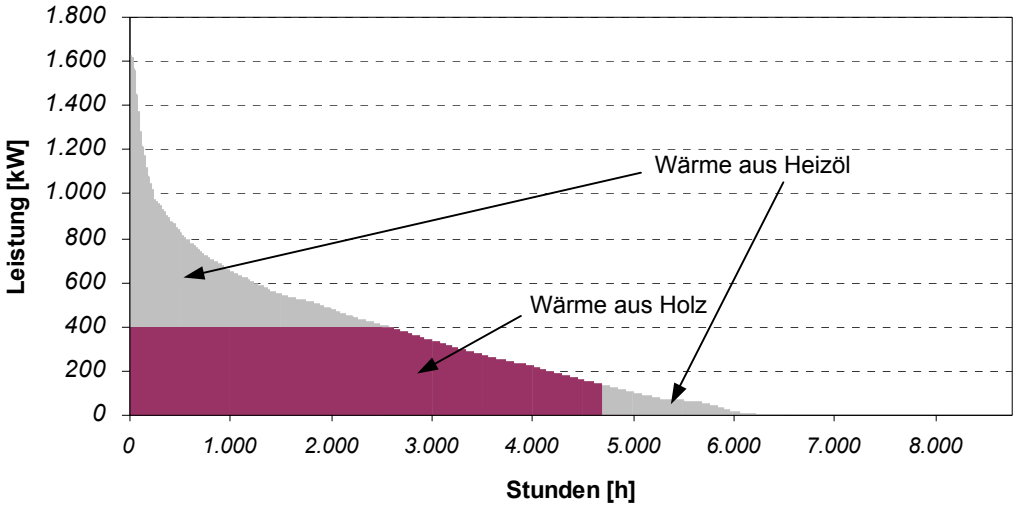



***Abbildung 8.3.2d*** Wärmelastgang mit Einbindung eines Hackschnitzelkessels 400 kW

Die Abbildung 8.3.2e zeigt den Wärmeverbrauch über das Jahr verteilt. Unter Annahme dieses Verlaufs und einer Lagerraumkapazität von 100 Sm³ ergibt sich der in Abbildung 8.3.2f dargestellte Lagerraumbefüllungsintervall. In den Wintermonaten muss der Lagerraum alle 7-8 Tage befüllt werden. In der Übergangszeit vergrößern sich diese Intervalle auf 14 bis 20 Tage.
Die Befüllungen zwischen Tag 150 und 270 können entfallen, da die Anlage in den Sommermonaten außer Betrieb genommen wird. Somit können Wartungskosten gespart werden und die Verweildauer des Brennmaterials im Lagerraum wird beschränkt.

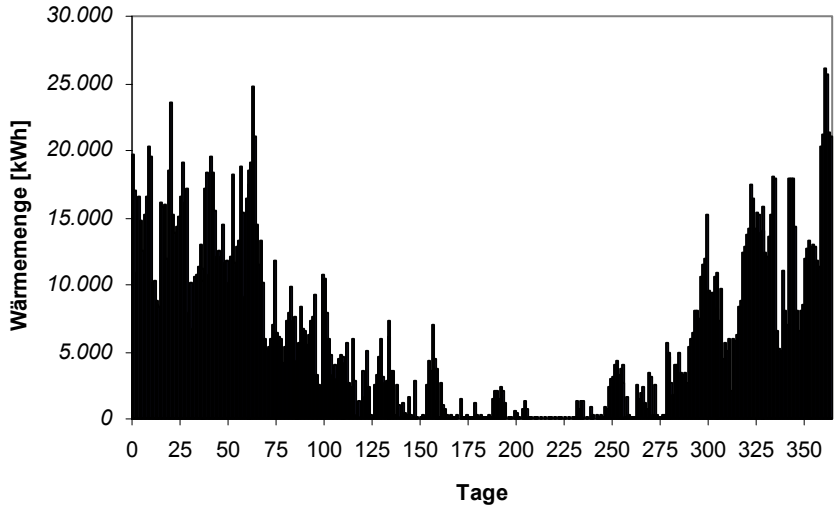



***Abbildung 8.3.2e*** Wärmeverbrauch Schulzentrum „An der Blutfinke“

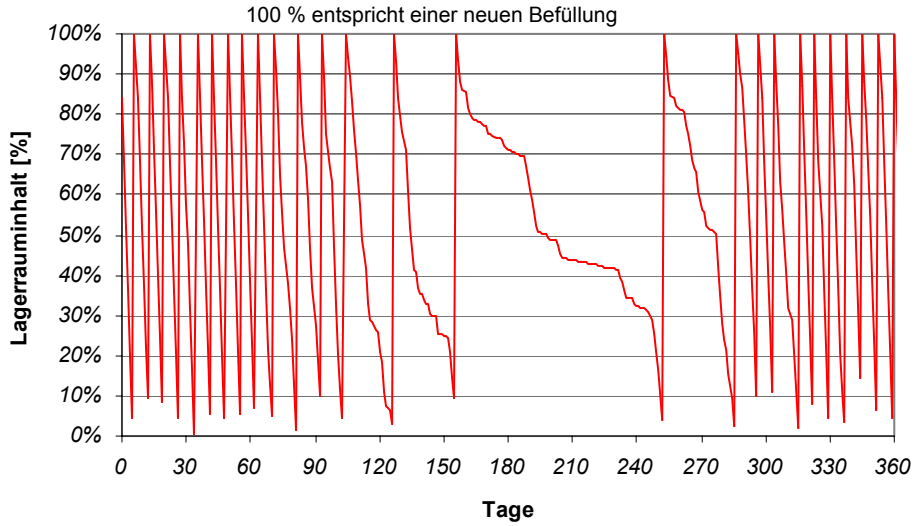



***Abbildung 8.3.2f*** Lagerrauminhalt und Lagerraumbefüllung bei 400 kW, 100 Sm³

Zur Abdeckung des Wärmebedarfs benötigt der 400 kW Kessel im Jahr ca. 2.300 Sm³ Hackschnitzel.
Zur Abdeckung der Spitzen- und Teillast wird ein zusätzlicher Ölkessel mit einer Nennleistung von 1,2 bis 1,5 MW benötigt. Bei Auslegung auf 1,5 MW ist er annähernd in der Lage aus bei Ausfall des Holzkessels die erforderliche Wärmelast abzudecken. Der Heizölkessel hat trotz der Einbindung des Holzkessels etwa 4200 Betriebsstunden im Jahr (dagegen nur 540 Vollbenutzungsstunden). Auf den nächsten Seiten folgt ein Vorentwurf für die Einbringung und Montage eines Hackschnitzelkessel in den bestehenden Heizraum.

***Anlagenschema: Hackschnitzelkessel $P_N$=400 kW***

In dieser Variante werden die bestehenden Heizöllagerräume nicht für die Bevorratung der Hackschnitzel verwendet. Dagegen wird der benötigte Lagerraum an der Westseite des Heizraumes installiert. Dort besteht bereits eine teilweise ca. 8 x 6 m große Ausschachtung, in der sich der Notausgang und der Zugang zum Transformatorenraum befindet. Durch geeignete Umbaumaßnahmen wird dieser Raum vergrößert und umgebaut, so dass er anschließend als Hackschnitzellagerraum verwendet werden kann. Die Befüllung des Lagers erfolgt von oben. Im Lagerraum sorgt ein Hackschnitzelverteiler und ein Schubboden mit Querförderschnecke für den Austrag des Brennstoffes. Der Hackschnitzelkessel wird nicht an dem Standort der jetzigen Kessel installiert. Um den Transport der Hackschnitzel vom Lagerraum zum Kessel zu vereinfachen, wird er in einer 45° versetzten Anordnung vor der Wand zum Hausanschlussraum aufgestellt. Daraus resultieren einige Umbaumaßnahmen an den bestehenden hydraulischen Komponenten. Die Ausdehnungsgefäße und die Hauptpumpen müssen an einem anderen Standort neu installiert werden. Da jedoch 2 Heizölkessel demontiert werden, besteht im Heizraum kein Platzproblem. Die Abbildung 8.3.2g zeigt den schematischen Aufbau der Anlagenvariante.

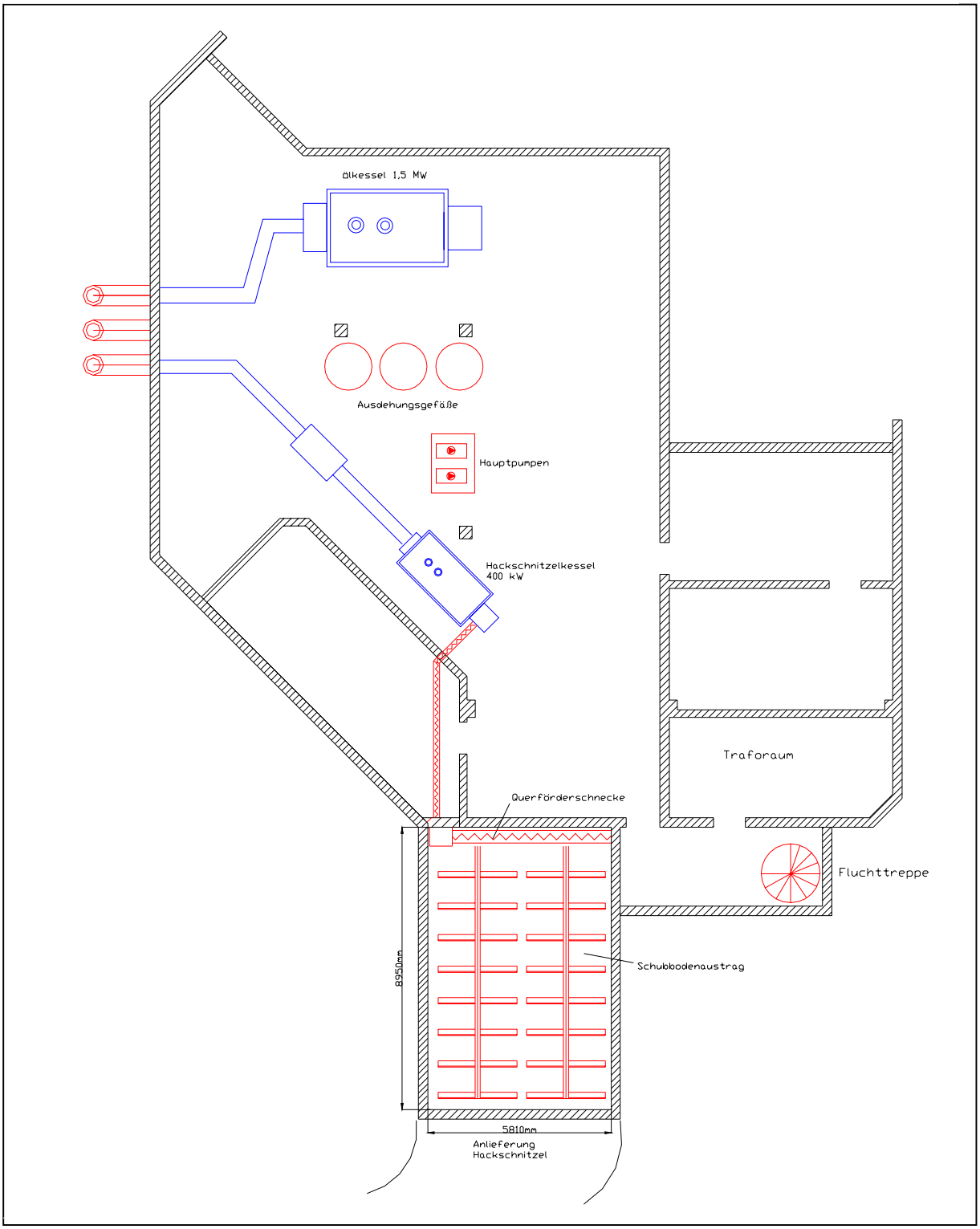



***Abbildung 8.3.2g*** Anlagenschema Hackschnitzelheizung 400 kW

Die Brennstoffförderschnecke wird von der Querförderschnecke aus durch den Hausanschlussraum geführt. Über eine Steigschnecke gelangt das Material in den Kesselraum. Die Abgasanbindung des Hackschnitzelkessels ist länger als die

Anbindung der bestehenden Kessel. Ein Abgasgebläse befördert die Abgase über eine Entfernung von ca. 9 m zum Schornstein.

Um den Zugang zum Traforaum und den Notausgang für den Heizraum weiter benutzten zu können, wird einen Wendeltreppe in die vorhandenen Ausschachtung montiert.

Die Lagerraumabdeckung wird begehbar ausgeführt. Zwei Befülldeckel ermöglichen eine Beschickung des Lagerraums. Ein Hackschnitzelverteiler wird an der Decke des gesamten Lagerraums installiert, der dafür sorgt, dass die angelieferten Hackschnitzel nach Anlieferung im gesamten Lagerraum verteilt werden. So wird ausgeschlossen, dass sich unter den Anlieferöffnungen ein Hackschnitzelkegel bildet, der dafür sorgt, dass nicht das gesamte Lagerraumvolumen ausgenutzt werden kann.

Die vorhandenen Öllagerräume können inkl. der Tanks in Takt gelassen werden.

***Variante B: Hackschnitzelkessel 550 kW***

In der zweiten Variante B wird die Einbindung eines 550 kW Hackschnitzelkessels aufgeführt. In Abbildung 8.3.2h ist der Wärmelastgang mit Einbindung des Holzkessels dargestellt. Bei einer Nennleistung von 550 kW lassen sich etwa 76 % des Jahreswärmebedarfs durch den Holzkessel abdecken (ca. 1.810 MWh/a).

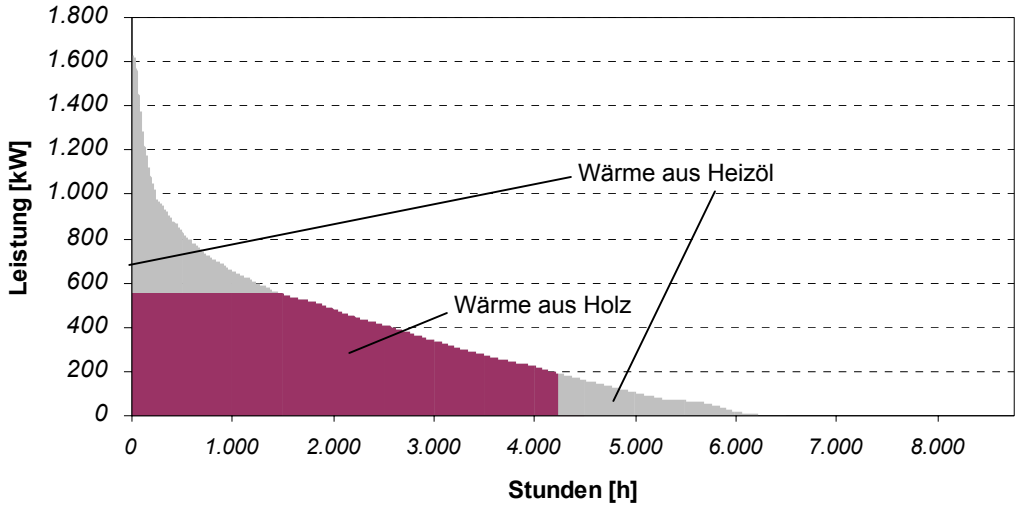



***Abbildung 8.3.2h*** Wärmelastgang mit Einbindung eines Hackschnitzekessels 550 kW

Zur Abdeckung des Holzwärmebedarfs werden jährlich ca. 2.600 Sm³ Hackschnitzel benötigt. Bei einem Lagerraumvolumen von ca. 140 Sm² sind jährlich 22 Befüllungen nötig [siehe Abbildung 8.3.2i].

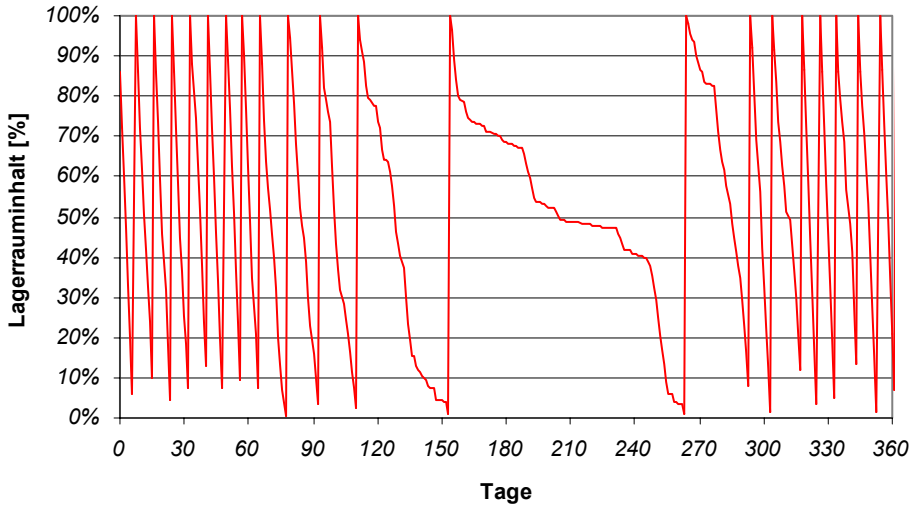



***Abbildung 8.3.2i*** Lagerrauminhalt und Lagerraumbefüllung bei 550 kW, 140 Sm³

Zur Abdeckung der Spitzen- und Teillast wird ein zusätzlicher Ölkessel mit einer Nennleistung von 1,2 bis 1,5 MW benötigt. Bei Auslegung auf 1,5 MW ist er annähernd in der Lage aus bei Ausfall des Holzkessels die erforderliche Wärmelast abzudecken. Der Heizölkessel hat trotz der Einbindung des Holzkessels etwa 3.500 Betriebsstunden im Jahr (dagegen nur 380 Vollbenutzungsstunden). Auf den nächsten Seiten folgt ein Vorentwurf für die Einbringung und Montage eines Hackschnitzelkessel in den bestehenden Heizraum.

Im ersten Teil wird die Anlagenkonfiguration für die Variante A: 400 kW und anschließend die Anlagenkonfiguration der Variante B: 550 kW beschrieben.

### *Anlagenschema: Hackschnitzelkessel $P_N$=550 kW*

Da die derzeit installierten Kessel mit Heizöl betrieben werden, sind drei Heizöltanks in den Kellerräumen untergebracht. Die Tankräume haben zusammen eine Fläche von ca. 170 m². Zwei Öltanks sind nebeneinander in zwei separaten Räumen untergebracht. Die Zwischenwand könnte, ohne statische Probleme hervorzurufen, entfernt werden. Dadurch würde ein Raum mit einer Gesamtfläche von 110 m² entstehen. Wurde man den Raum rechteckig ausbauen, könnte eine Fläche von ca. 75 m² für die Lagerung von Hackschnitzel verfügbar gemacht werden. Der dritte Öltank steht in einem Raum der durch einen Durchgang von den anderen

Lagerräumen getrennt ist. Seine Fläche beträgt ca. 60 m². Der Öltank mit einem Fassungsvermögen von 59.800 Liter könnte für die Versorgung des Spitzenlastkesseln verwendet werden. Der Hackschnitzelkessel kann in dem neu

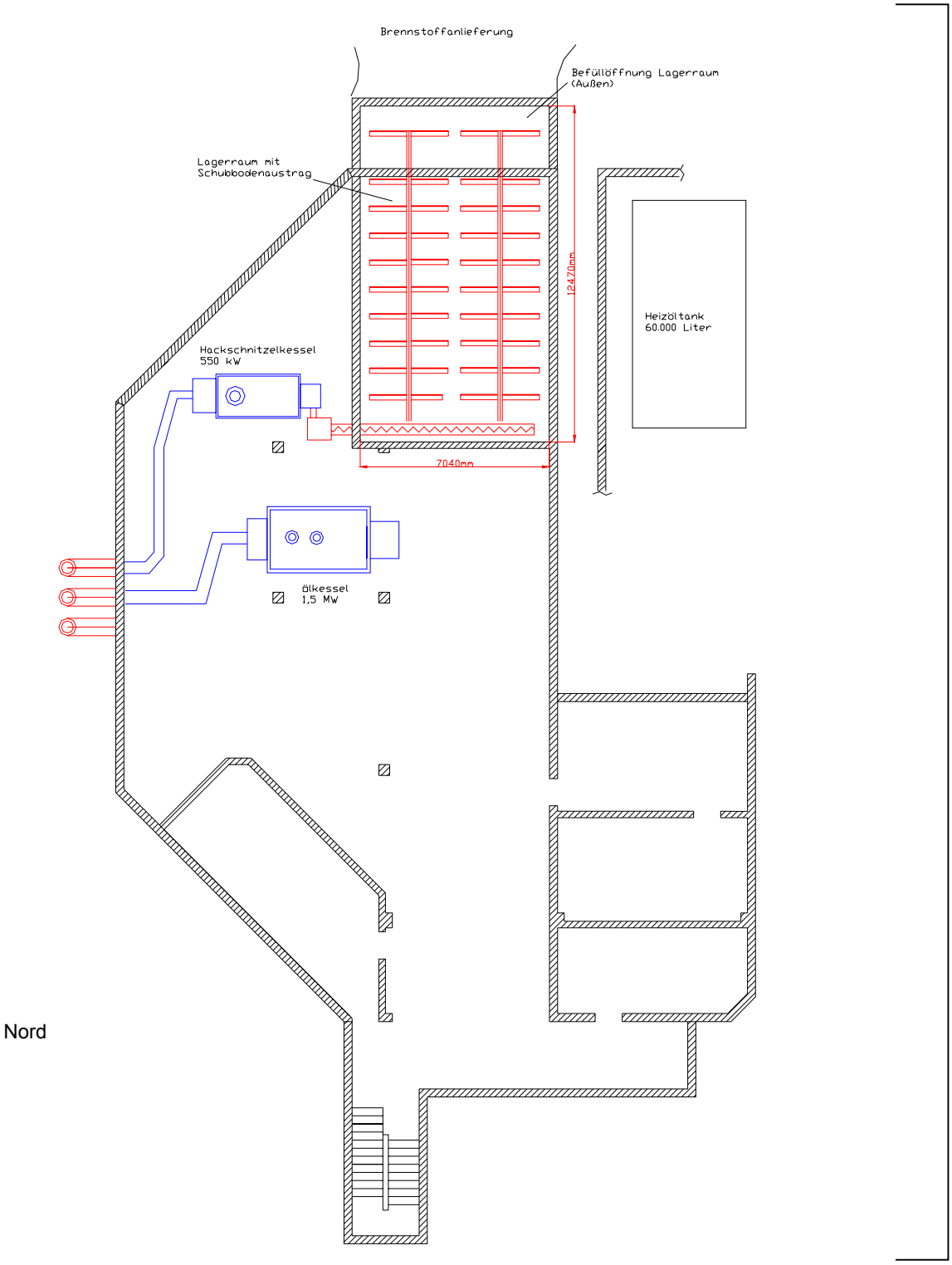



***Abbildung 8.3.2j*** Anlagenschema Hackschnitzelheizung 550 kW

gewonnen Raum (Nordseite der Öllagerräume) installiert werden. Abbildung 8.3.2j zeigt den schematischen Aufbau der Anlage.
Die Öltanks 1 + 2 (91.000, 47.680 Liter) müssen demontiert werden. Die Wand zwischen den beiden Tankräumen wird entfernt und an der Nordseite wird einen neue Trennwand für den Hackschnitzellagerraum errichtet. Zwei Schubböden (jeweils 3 m breit) sorgen für den Austrag des Brennstoffs.
Die Befüllung des Lagerraum ist bei dieser Variante das größte Problem. Die Abbildung 8.3.2k zeigt einen Schnitt durch den Lagerraum.
Es ist vorgesehen, an der Ostseite (Richtung Haupteingang) vor der Außenwand einen 2,8 x 8 m Belieferungs- und Lagerschacht anzulegen. Dafür muss ein Abschnitt der am Gebäude befindlichen Teichfläche entfernt werden. Der ausgekofferte Schacht wird mit einem begehbaren Dach (Stahl- Wellblechkonstruktion) ausgestattet. In das Dach wird ein (evtl. zwei) Befülldeckel eingelassen. Durch diesen kann der Brennstoff in den Lagerraum eingebracht werden. Bei Bedarf kann die Anlieferzone mit einer Zaunanlage vor dem Zutritt Unbefugter gesichert werden. Der Hackschnitzelverteiler unter der Decke des Lagerraums sorgt für die Verteilung der Hackschnitzel, die sich beim Abladen kegelförmig anhäufen.

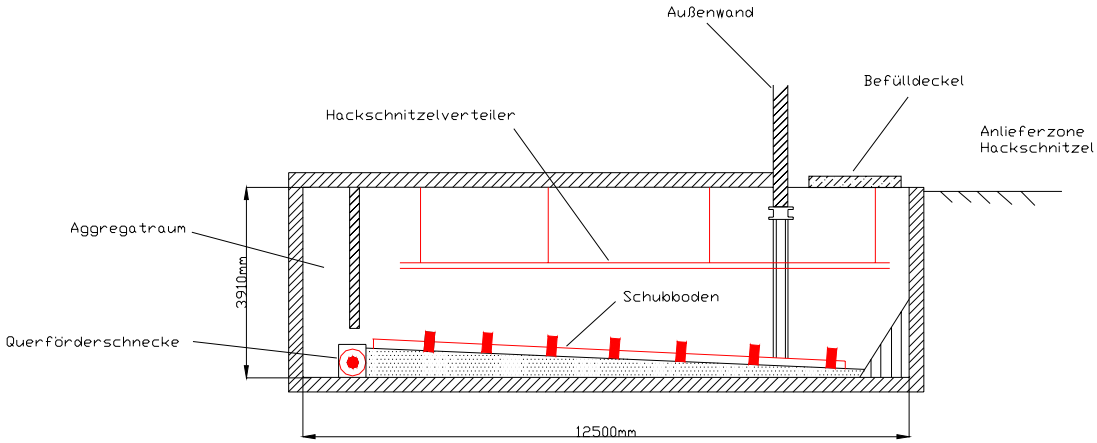



***Abbildung 8.3.2k*** Schnittzeichnung Hackschnitzellagerraum

Die Anlieferung der Hackschnitzel muss, da es sich bei dem Objekt um ein Schulgebäude handelt, außerhalb der Unterrichts- bzw. Belegungszeiten der Schule erfolgen. Mit den Lieferanten müssen daher Vereinbarungen getroffen werden, die eine Versorgung an den Wochenenden respektive werktags nach 16.30 Uhr festlegt.

### 8.3.3 Berechnung der Wärmekosten in Anlehnung an die VDI 20 67

Im nachfolgenden werden die Wärmegestehungskosten für die Variante A und B errechnet. Dabei wird in beiden Fällen von einer Erneuerung des bestehenden Heizölkessels ausgegangen. Dieser fungieren im bivalenten Betrieb als Spitzen- und Teillastkessel. Für alle nachfolgenden Berechnungen gilt: Energiegehalt 1 Sm³ Hackschnitzel = 800 kWh, 1 Liter Heizöl = 10,08 kWh.

**Variante A: Hackschnitzelkessel 400 kW**

**Investitionskosten (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)**

| | *Investitionen* | *Wartung* | |
|---|---|---|---|
| | [€] | [%] | [€/a] |
| Demontagearbeiten Öltank | 0 | 0,00% | 0 |
| Demontage Heizkessel | 2.500 | 0,00% | 0 |
| Umbaumaßnahmen Heizraum | 10.000 | 0,00% | 0 |
| Hackschnitzelkesselanlage 400 kW | 50.000 | 2,50% | 1.250 |
| Ölkessel 1,2 MW | 32.000 | 2,00% | 640 |
| Rauchgasreinigung | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Lagerraum | | | |
| Erdarbeiten 40 m³ | 6.000 | 0,00% | 0 |
| Betonarbeiten 30m³ | 10.000 | 0,00% | 0 |
| Befülldeckel | 7.500 | 1,00% | 75 |
| Abdeckung | 10.000 | 0,00% | 0 |
| Schubboden | 25.000 | 2,00% | 500 |
| Hackschnitzelverteiler | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Querförderschnecke | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Sonstiges | 12.000 | 2,00% | 240 |
| Abgasführung | 8.000 | 1,50% | 120 |
| Treppe Notausgang | 2.500 | 1,00% | 25 |
| Tür Notausgang, Zuluftgitter | 4.000 | 2,00% | 80 |
| Zaunanlage Befüllzone | 5.500 | 1,00% | 55 |
| Umbau Zufahrt Lagerraum | 1.500 | 0,00% | 0 |
| Beschickung | 10.000 | 2,00% | 200 |
| Regelung / Steuerung | 5.000 | 3,00% | 150 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | 2,00% | 100 |
| Montage | 47.300 | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (12%) | 28.380 | -- | -- |
| Genehmigung BimSchG | 2.000 | -- | -- |
| zzgl. MwSt. 16% | 50.269 | -- | -- |
| Förderung | -145.780 | -- | -- |
| **Summe** | **218.669** | | **4.035** |

**Wärmegestehungskosten (Holz + Heizöl)**

| | | |
|---|---|---|
| Kapitalkosten | 20.077 | €/a (bei Zinssatz 5 %) |
| Verbrauchskosten | 75.224 | €/a (bei 15 €/Sm³(Netto) Hackschnitzel und 35 €-cent/Liter brutto) |
| Betriebskosten | 6.235 | €/a (Wartungs- und Personalkosten) |
| **Jahreskosten** | **101.536** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **2.400.000** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,23** | **ct/kWh$_N$** |

Bei den Betriebskosten wird davon ausgegangen, dass während der Heizperiode (30 Wochen im Jahr) wöchentlich 1,5 Stunden für die Reinigung respektive Wartung der Anlage benötigt werden. Hierzu gehört die Entleerung der Asche, die Reinigung der Kesselzüge und die Sichtung der Beschickungs- und Fördereinrichtungen. Während der Zeit, in der die Hackschnitzelanlage nicht in Betrieb ist, wird mit einer wöchentlichen Wartungszeit von 0,5h gerechnet. Hierbei wird mit einem durchschnittlichen Stundenlohn von 40 € gerechnet. Reparaturarbeiten sind zusätzlich in den Wartungskosten enthalten. Mit der Anlagenkonfiguration A lassen sich Wärmegestehungskosten von 42,3 €/MWh generieren. Diese Größenordnung ist aufgrund der niedrigen Brennstoffkosten und der Förderung der Investitionskosten zu erreichen.

**Variante B: Hackschnitzelkessel 550 kW**

**Investitionskosten (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)**

| | *Investitionen* | | *Wartung* | |
|---|---|---|---|---|
| | [€] | | [%] | [€/a] |
| Demontagearbeiten Öltank inkl. Entsorgung | 7.000 | | 0,00% | 0 |
| Demontage Heizkessel | 2.500 | | 0,00% | 0 |
| Umbaumaßnahmen Heizraum | 10.000 | | 0,00% | 0 |
| Hackschnitzelkesselanlage 550 kW | 60.000 | | 2,50% | 1.500 |
| Ölkessel 1,2 MW | 32.000 | | 2,00% | 640 |
| Rauchgasreinigung | 10.000 | | 2,00% | 200 |
| Lagerraum | | | | |
| Erdarbeiten 80 m³ | 12.000 | | 0,00% | 0 |
| Betonarbeiten | 5.000 | | 0,00% | 0 |
| Befülldeckel | 7.500 | | 1,00% | 75 |
| Abdeckung | 10.000 | | 0,00% | 0 |
| Schubboden | 25.000 | | 2,00% | 500 |
| Hackschnitzelverteiler | 12.000 | | 2,00% | 240 |
| Querförderschnecke | 12.000 | | 2,00% | 240 |
| Sonstiges | 12.000 | | 2,00% | 240 |
| Abgasführung | 5.000 | | 1,50% | 75 |
| GaLa Bau (Teichanlage) | 4.500 | | 0,00% | 0 |
| Zaunanlage Befüllzone | 4.500 | | 1,00% | 45 |
| Umbau Zufahrt Lagerraum | 0 | | 0,00% | 0 |
| Beschickung | 3.500 | | 2,00% | 70 |
| Regelung / Steuerung | 5.000 | | 3,00% | 150 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | | 2,00% | 100 |
| Montage | 48.900 | | -- | -- |
| Planung / Genehmigung (12%) | 29.340 | | -- | -- |
| Genehmigung BimSchG | 2.000 | | -- | -- |
| zzgl. MwSt. 16% | 51.958 | | -- | -- |
| Förderung | -150.679 | | -- | -- |
| **Summe** | **226.019** | | | **4.075** |

| | | |
|---|---|---|
| **Wärmegestehungskosten (Holz + Heizöl)** | | |
| Kapitalkosten | 20.641 | €/a (bei Zinssatz 5 %) |
| Verbrauchskosten | 72.184 | €/a (bei 15 €/Sm³ Netto Hackschnitzel und 35 €-Cent/Liter Brutto) |
| Betriebskosten | 6.275 | €/a (Wartungs- und Personalkosten) |
| **Jahreskosten** | **99.099** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **2.400.000** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,13** | **ct/kWh$_N$** |

Die Zusammensetzung der Betriebskosten ist identisch mit der in der Variante A. Mit der Variante B lassen sich Wärmegestehungskosten von 41,3 €/MWh generieren. Trotz der höheren Investitionskosten lassen sich niedrige Wärmegestehungskosten erreichen, da der Anteil der Wärme aus Holz etwa 8% höher ist als in Variante A.

### 8.3.4 Kostenvergleichsrechnung (VDI 20 67) mit konkurrierenden Brennstoffen

Nachfolgend ist eine Kostenvergleichrechnung aufgeführt. Es ist dargestellt, welche Wärmegestehungskosten entstehen, wenn die vorhandenen Kessel durch neue Heizölkessel ersetzt werden.

**Variante: Heizölkesselerneuerung**

**Investitionskosten (alle Kosten inkl. gesetzlicher MwSt.)**

| | *Investitionen* | | *Wartung* | |
|---|---|---|---|---|
| | [€] | [%] | | [€/a] |
| Demontage/ Umbau Heizraum | 2.500 | 0,00% | | 0 |
| Ölkessel 1 800 kW | 28.000 | 2,50% | | 700 |
| Ölkessel 2 800 kW | 28.000 | 2,00% | | 560 |
| Regelung / Steuerung | 4.000 | 3,00% | | 120 |
| Zusätzliche Heizungstechnik | 5.000 | 2,00% | | 100 |
| Montage | 13.500 | -- | | -- |
| Planung / Genehmigung (12%) | 8.100 | -- | | -- |
| Genehmigung BImSchG | 2.000 | -- | | -- |
| zzgl. MwSt. 16% | 14.576 | -- | | -- |
| Förderung | 0 | -- | | -- |
| **Summe** | **105.676** | | | **1.480** |

| | | |
|---|---|---|
| **Wärmegestehungskosten (Heizöl)** | | |
| Kapitalkosten | 9.529 | €/a (bei Zinssatz 5 %) |
| Verbrauchskosten | 98.372 | €/a (35 €-Cent/Liter Brutto) |
| Betriebskosten | 1.980 | €/a (Wartungs- und Personalkosten) |
| **Jahreskosten** | **109.881** | **€/a** |
| **erzeugte Wärmemenge** | **2.400.000** | **kWh/a** |
| **Wärmegestehungskosten** | **4,58** | **ct/kWh$_N$** |

Aufgrund der hohen Verbrauchskosten lassen sich nur Wärmegestehungskosten von 45,8 €/MWh erreichen. Die Betriebs- und Kapitalkosten sind deutlich geringer als bei den Varianten A und B.

***Sensitivitätsanalyse:***

Die folgenden Abbildung zeigt die Entwicklung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit der Heizölpreise. dabei werden die Variante A und B mit der Variante Heizölkessel-Erneuerung verglichen.

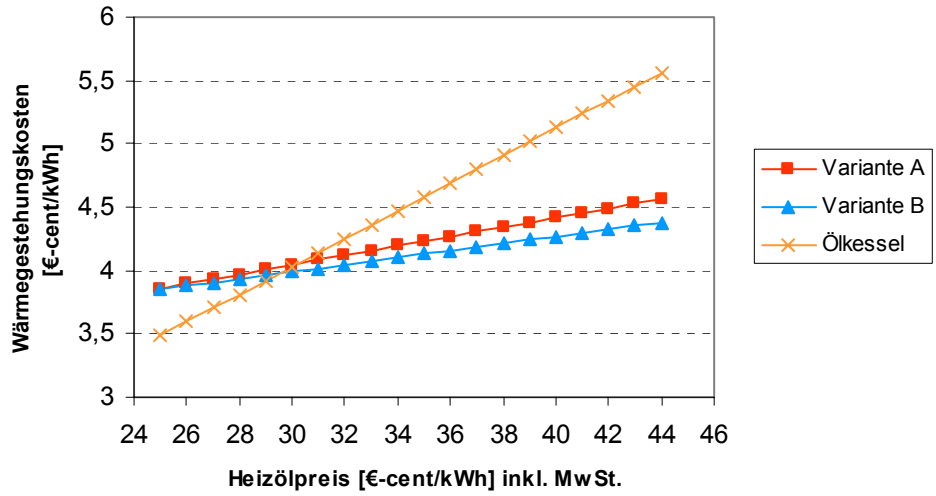



***Abbildung 8.3.3a*** Sensitivität Heizölpreis

Bei Heizölpreisen unter 30 – 32 €-cent/Liter ist die Erneuerung der bestehenden Heizölkessel die wirtschaftlichste Alternative. Bei steigenden Heizölpreisen oberhalb von 30 – 32 €-cent/Liter lassen sich mit den Holzhackschnitzelkessel kostengünstigere Wärmegestehungskosten generieren.

Die folgenden Abbildung 8.3.3b zeigt die Entwicklung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit der Preise für Holzhackschnitzel. Bei den Varianten wird von einem Heizölpreis von 35 €-cent/Liter ausgegangen.

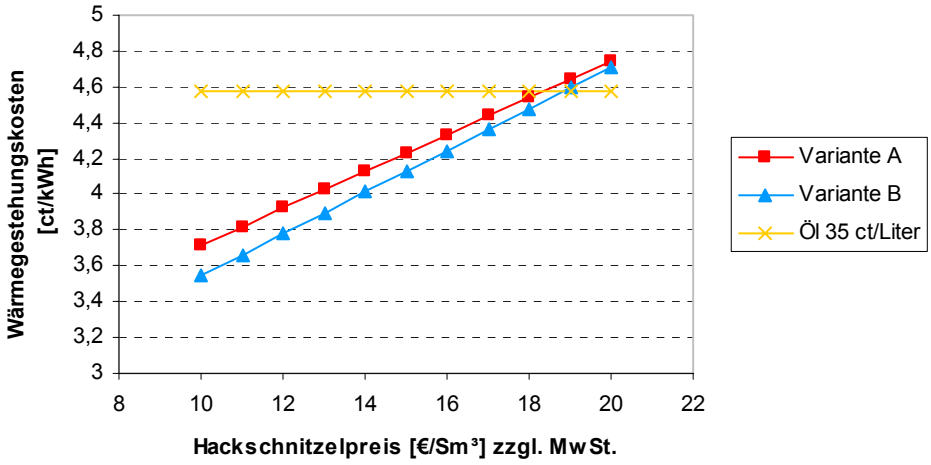



***Abbildung 8.3.3b*** Sensitivität Hackschnitzelpreis

Über einen großen Bereich lässt sich der Hackschnitzelpreis variieren, ohne dass die Wärmegestehungskosten über den Vergleichskosten Heizöl liegen. Ein Einsatz von kostenintensivem Waldholz ist daher möglich. Zu beachten ist, dass in dieser Berechnung von einem Heizölpreis von 35 €-cent/Liter ausgegangen wird.

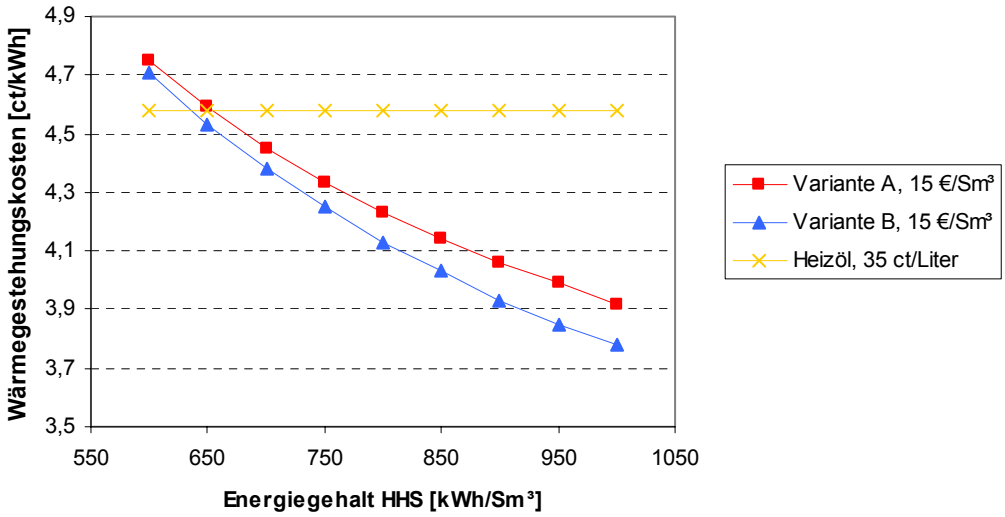



***Abbildung 8.3.3 c*** Sensitivität Energiegehalt Hackschnitzel

Die Abbildung 8.3.3c zeigt die Wichtigkeit der Hackschnitzelqualität. Diese zeichnet sich in erster Linie durch einen hohen spezifischen Energiegehalt aus. Sinkt der Energiegehalt (bezogen auf den Sm³) so hat diese Einfluss auf die Wärmegestehungskosten. Der Energiegehalt sollte im Mittel zwischen 700 und 800 kWh/Sm³ liegen.

***Fazit und Empfehlung:***

Das Objekt *Schulzentrum „An der Blutfinke“* in Wuppertal-Ronsdorf bietet sich aufgrund seines Wärmebedarfs für den Einsatz einer Hackschnitzelfeuerung an. Durch die Erneuerungsbedürftigkeit der bestehenden Heizölkessel kann über eine teilweise Umstellung auf einen alternativen Energieträger nachgedacht werden.
Eine Umstellung von Heizöl auf den umweltverträglicheren Energieträger Erdgas ist aufgrund der vorhandenen Vor-Ort-Kapazität des Erdgasnetzes des Stadtwerke Wuppertal AG nur bis zu einer Anschlussleistung von 500 kW möglich. Eine Leistungssteigerung ist nur mit einem hohen Investitionsaufwand möglich. Auch in Verbindung mit einem Holzkessel reicht eine Anschlussleistung von 500 kW als Spitzen- und Teillastkessel nicht aus. Daher wird in Verbindung mit einem Hackschnitzelkessel die Nutzung von Heizölkessel weiterhin erforderlich bleiben.
Da die Variante B einen höheren baulichen Aufwand und einige Veränderungen am Gebäudebestand erfordert, wird dazu geraten, die Alternative A weiter zu verfolgen.

## 8.4 Mögliche Betreiber- und Finanzierungsmodelle

Im nachfolgenden werden kurz einige Betreibermodelle aus dem Bereich des Contractings erläutert.

- Anlagencontracting

Beim Anlagen-Contracting schließt der Contracting-Nehmer, also der Eigentümer einer Immobilie, einen Vertrag mit einem Contractor, dem Wärmelieferant, über die Lieferung von Wärme zur Versorgung eines oder mehrerer Objekte ab. Hierbei plant, installiert, betreibt und finanziert der Contractor die Heizungsanlage in eigener Verantwortung. Die erzeugte Wärme verkauft er an den Gebäudeeigentümer zu vorher festgelegten Preisen. Die Re-Finanzierung der Investitionskosten erfolgt über den Grundpreis der Wärmekosten. In diesen sind auch die Kosten für den Betrieb und die Wartung enthalten. Mit den Arbeitspreis werden die laufenden Verbrauchskosten (Brennstoffkosten, Stromkosten Hilfsenergie) gedeckt.

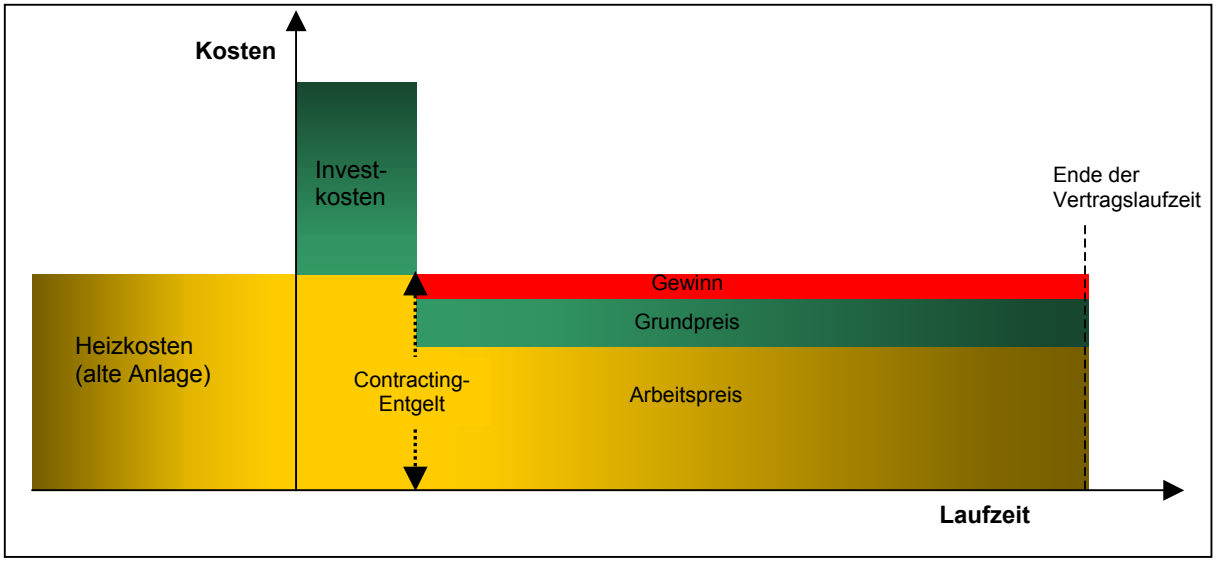



***Abbildung 8.4a*** Kostenverteilung beim Contracting

a) Betriebsführungs-Contracting

Für Eigentümer größerer Immobilienbestände, deren Wärmeerzeugungsanlagen insgesamt oder zum Teil innerhalb der nächsten 10 Jahre saniert werden müssen, bietet der Contractor professionelle Hilfe bei der Modernisierung und eine Entlastung der Verwaltung durch Übernahme des gesamten Wartungs- und Servicemanagements.

b) Teilcontracting mit bestehenden Anlagen

Für Immobilieneigentümer, die bereits über zeitgemäße Heizungstechnik verfügen, aber beim Betrieb der Anlage die Vorteile des Contracting nutzen möchten, besteht

die Möglichkeit, das Eigentum an der Heizungstechnik als Selbstbeteiligung in den Contract einzubringen.

c) Vollcontracting

Für Immobilieneigentümer, die eine neue Wärmeerzeugungsanlage installieren oder eine technisch überholte Anlage sanieren müssen, bietet der Contractor eine liquiditätsschonende Alternative. Der Contractor übernimmt die Sanierung oder die Installation der neuen Heizungsanlage und entlastet den Eigentümer von der Investition und dem Betrieb.

d) Vollcontracting bei variabler Laufzeit

Für den Fall, dass Immobilienbesitzer die Vorteile des Vollcontracting nutzen, aber das Risiko der vertraglichen Bindung nicht eingehen möchten, bietet der Contractor eine Partnerschaft auf Probe. Er bietet alle Leistungen und Vorteile des Vollcontractings, lässt jedoch die Möglichkeit offen, den Contractor während der Laufzeit zu wechseln, unter der Erstattung der Aufwendungen durch den Übernehmer.

Weiterbetriebsgarantie bietet der Verband für Wärmelieferanten (VfW) für den Fall an, dass der Contractor in Konkurs gehen muss, so dass die Zins- und Tilgungsleistungen weiterhin geleistet werden können.

- Kombiniertes Energieeinspar- und Anlagen-Contracting[8-1]

Der Contractinggeber stellt dem Dienstleister ein jährliches Budget abzgl. einer garantierten Energieeinsparung zur Verfügung. Dieses Budget ist an der Höhe der bisherigen Kosten für die Energieversorgung des Objektes angelehnt. Der Contractor deckt aus diesem Budget alle Aufwendungen des laufenden Energie- und Wasserbezugs, die Bewirtschaftung der Energieanlagen einschließlich investiver Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs sowie auch alle erforderlichen Ersatzinvestitionen im Rahmen der Instandhaltung.

- Outsorcing

Beim Outsorcing werden bestimmte Tätigkeiten und Kosten auf externe Spezialisten übertragen, die diese Fachaufgaben effektiver und kostengünstiger erledigen können. Durch diese Maßnahmen erhofft man sich Einsparungen bei den Fixkosten. Bei Holzheizungsprojekten wäre die denkbar die Betriebsführung der Anlage an externe Dienstleister abzugeben. Kommt zu dieser Betriebsführung auch die Wartung- und Instandhaltung hinzu, wird vom sog. „Betriebsführungs-Contracting“ gesprochen.

[8-1] „Hagener Budgetmodell“ zur Energiebewirtschaftung der Stadt Hagen

Nachfolgend soll kurz auf finanzielle Fördermöglichkeiten und Finanzierungsmodelle eingegangen werden.

- Fördermöglichkeiten

Für das Untersuchungsgebiet des Bergisches Städtedreiecks kommen Förderprogramme des Landes Nordrhein-Westfalens, des Bundes und der EU in Betracht. Die wichtigsten sind:

| | |
|---|---|
| ***NRW*** | |
| **Holzabsatzförderrichtlinie Hafö 2000** | Dieses Programm fördert u.a. die Errichtung von automatisch beschickten Holzheizungsanlagen. Bis zu einer Nennleistung von 100 kW wird ein Zuschuss von 55 €/kW gewährt (mindestens 1.500 €). Bei Anlagen >100 kW bis 49 MW werden die Investitionen mit bis zu 40% bezuschusst. |
| **REN-Programm** | Biomasseheizanlagen in Verbindung mit der Errichtung einer solarthermischen Anlage in Gebäuden die der neuen Energieeinsparverordnung entsprechen. Hier wird ein 25%iger Zuschuss zum Invest gewährt. |
| **Modernisierung von Wohnraum in NRW, ModR 2001** | Mit zinsgünstiges Darlehen werden hier u.a. Maßnahmen zur Erneuerung von Heizungsanlagen gefördert. |
| **Agrarinvestitionsprogramm, AFP** | Dieses Programm ist für die Landwirtschaft ausgelegt. In Abhängigkeit der Investitionshöhe werden Zuschüsse oder zinsgünstige Kredite gewährt. |
| ***Bund*** | |
| **Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien** | Die Errichtung automatisch beschickter Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse zur Wärmeerzeugung werden ab einer installierten Nennwärmeleistung von 3 kW mit 55,- EUR/kW gefördert. Beträgt der Wirkungsgrad des Kessels bei Kleinanlagen mind. 90 %, so wird die Anlage mit mind. 1.500,- EUR bezuschusst. Anlagen mit einer installierten Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW werden durch Darlehen gefördert und zusätzlich mit einem Teilschulderlass von 55,- EUR/je kW errichteter Nennwärmeleistung gefördert, max. 250.000,- EUR/Einzelanlage. |
| **Gesetz zum Vorrang erneuerbarer Energien EEG** | Das Gesetz garantiert eine Mindestvergütung für Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Biomasse-Anlagen über 20 $MW_n$ werden nicht gefördert. Bis 500 KW wird die Vergütung mit 10,23 Cent/kWh, bis 5 $MW_n$ mit 9,21 Cent/kWh und über 5 $MW_n$ mit 8,70 Cent/kWh gezahlt. Seit Januar 2002 sinkt die Vergütung für Neuanlagen um jährlich 1 %. |
| **KfW-$CO_2$-Gebäudesanierungsprogramm** | Dieses fördert durch Darlehen Modernisierungsmaßnahmen zur Energieeinsparungen. Diese müssen in speziellen Maßnahmenpakten erfolgen, d.h. z.B. die Kombination von Heizungserneuerung mit Maßnahmen zur Wärmedämmung. |
| **KfW-Programm zur $CO_2$-Minderung** | Dieses fördert mit zinsgünstiges Darlehn u.a. den Einbau von Biomasseheizungen |

| | |
|---|---|
| **ERP-Umwelt und Energiesparprogramm der DtA** | Antragsberechtigt sind Gewerbeunternehmen mit einem max. Jahresumsatz von 250 Mio. €. Gefördert werden mittels zinsgünstigen Darlehen u.a. Maßnahmen zur Heizungserneuerung und zur rationellen Energieanwendung. |
| **Förderprogramm NAWAROS** | Projektförderung durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Gefördert werden Projekte zur Förderung des Absatzes und der Nutzung Nachwachsender Rohstoffe. |
| **DtA-Umweltprogramm** | Förderung durch Darlehen von Projekten, die eine deutliche Umweltentlastung zur Folge haben. Antragsberechtigt sind Unternehme der gewerblichen Wirtschaft und Freiberufler. |
| ***Europäische Union*** | |
| **Darlehen der Europäischen Investitionsbank EIB** | Antragsberechtigt sind öffentliche Projektträger, Gemeinden sowie andere Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts, Private Projektträger (Produktions-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen) aller Länder der EU. Gefördert werden u.a. Maßnahmen zur rationellen Energieanwendung. |

Die speziellen Förderkonditionen sind im Einzelfall genauer zu betrachten. Eine Kumulation der Fördermaßnahmen ist in einigen Fällen möglich.

- konventionelle Objektfinanzierung über Bankkredite

- Leasing

Als Form der Finanzierung findet das Leasing immer mehr Anwendung. Dabei bedeutet Leasing grundsätzlich die mittel- und langfristige Vermietung von Wirtschaftsgütern. Auch bei der Errichtung von Energieversorgungsanlagen wird immer häufiger auf dieses Investitionsinstrument zurückgegriffen. Dabei steht für den Leasing-Nehmer nicht das Eigentum am Investitionsgut im Vordergrund, sondern das Recht zur Nutzung dieses Gutes. Der Leasing-Nehmer schont beim Leasing seinen Eigenkapitalstamm und seine Kreditlinien. Ebenfalls bleiben bankmäßige Sicherheiten unberührt. Wesentliche Vorteile gegenüber einer bankmäßigen Objektfinanzierung sind:
Feste gleichbleibende Zinsen durch stabile Leasing-Raten; Kreditspielräume bleiben erhalten; keine investitionsbedingten Steuern.

# 9 Zusammenfassung

Die Nutzung biogener Festbrennstoffe wird in naher Zukunft, neben weiteren erneuerbaren Energieformen, ein wichtiger Bestandteil unserer Energieversorgung sein. Besonders der Brennstoff Holz erlebt bereits aktuell eine wahre Renaissance. Im Vergleich zu den fossilen Konkurrenzbrennstoffen Heizöl und Erdgas stellt er, gemessen an den reinen Brennstoffkosten, eine kostengünstige Alternative dar. Gleichzeitig generiert er, aufgrund der lokalen Verfügbarkeit, lokale und regionale Wertschöpfung. Aufgrund einer konsequenten, politisch gewollten Förderpolitik des Landes und des Bundes, können die höheren Investitionskosten, die für Holzheizungen noch notwendig sind, häufig kompensiert werden.
Auch die Region des Bergischen Städtedreiecks kann von der Nutzung dieses regenerativen, klimaschonenden Energieträgers auf verschiedenste Art und Weise profitieren.

Trotz der Urbanität des Untersuchungsgebietes ist der Waldanteil mit etwa 27 % sehr hoch. Dies hat zur Folge, dass große Mengen ungenutzter Holz-Potenziale zur energetischen Nutzung zur Verfügung stehen. Aufgrund der geringen geografischen Ausmaße des Bergisches Städtedreiecks fallen die Brennstoff-Transportkosten bei der Bildung der Brennstoffbezugskosten nicht übermäßig ins Gewicht. Ein großes Plus für die Nutzung dieses Energieträgers. Neben den Potenzialen aus Waldholz sind auch Mengen von Altholz und Landschaftspflegeholz ausreichend vorhanden. Die Verfügbarmachung dieser Potenziale ermöglicht die Umwandlung von Entsorgungskosten in Verkaufserlöse bzw. Energiegewinne.
Die Sägwerksindustrie ist im Untersuchungsgebiet nicht stark vertreten. Sie konzentriert sich auf die umliegenden waldreichen Gegenden des bergischen Landes. Daher sollte ein Fokussierung auf die im UG anfallenden Holzmengen aus Wald-, Alt- und Landschaftspflegeholz im Vordergrund stehen. Die verfügbaren Potenziale sind in Kapitel 3.6 detailliert aufgeführt.

Primäres Ziel weiterer Bemühungen muss es sein, einerseits die Logistik und Bereitstellung der Energieträger der verschiedenen Fraktionen zu optimieren und andererseits auf der Abnehmerseite eine Nachfrage zu generieren.
Ein möglicher Schritt zur Verfügbarmachung der vorhandenen Potenziale kann die Errichtung eines Holzenergiehofes für die Städte Remscheid, Solingen, Wuppertal und deren Umland sein. In Kapitel 6 dieser Untersuchung werden dazu die ersten wichtigen Grundüberlegungen angestellt. Im Untersuchungsgebiet gibt es bereit

interessante Projekte und Ansätze die es zu unterstützten gilt. Sie können als Grundstein für einen Holzenergiehof dienen.
Die regionalen Akteure sind gefordert, bei der Umsetzung und Gestaltung der Konzepte zu helfen. Dazu müssen die vorhandenen Kompetenzen an den richtigen Stellen gezielt eingesetzt werden.

Auf der Nachfrageseite müssen vorhandene Versorgungsobjekte (z.B. Schulen, Krankenhäuser, Altenheime, Gewerbebetriebe etc.) auf die Einsatztauglichkeit einer holzbefeuerten Heizung untersucht werden. Die vorliegende Studie hat dies in Kapitel 8 anhand von drei Projektbeispielen gezeigt. Aufgrund des derzeitigen beschränkten Investitionsspielraums der Kommunen, öffentlicher Träger und Privatpersonen sind neue Betreibermodelle gefragt. Hier sei nur kurz die Möglichkeit des Anlagen-Contractings erwähnt.

Ein Holzenergie-Projekt im Untersuchungsgebiet kann als „Leuchtturmprojekt“ fungieren. Die geplante Anlage der Lebenshilfe Solingen e.V. an der Ohligser Heide bietet sich hier an. Durch Anlagenbesichtigungen und weitere Informationsveranstaltungen, kann das Interesse am Energieträger Holz geweckt werden. Häufig können so vorhandene Vorbehalte und Vorurteile abgebaut und der Weg frei gemacht werden für den verstärkten Einsatz dieses regionalen, erneuerbaren Energieträgers.

Die Mitglieder des *Arbeitskreise Biomasse* zeigen mit dem Vorlegen dieser Untersuchung und mit ihrem weitergehenden Engagement, dass sie den Einsatz des Energieträgers Holz in der Region weiter forcieren möchten

Dieses Anliegen sollte im Sinne des *globalen und lokalen Klimaschutzes* und im Sinne einer Steigerung der *regionalen Wertschöpfung* unterstützt werden.

# 10 Quellenverzeichnis

[BMU97] Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums, Forschungsbericht 200 97 104
UBA-FB 000314/kurz

[BP02] BP Statistik Report 2002

[CARMEN] Centrales Agrar- Rohstoff- Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V. , Straubing, www.carmen-ev.de

[FrPo01] A. Frühwald, C.M. Pohlmann, *Holz - Rohstoff der Zukunft*, Informationsdienst Holz der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., München, 2001

[GVR01] Bericht: *Kooperation statt Konzentration*, Genossenschaftsverband Rheinland GVR e.V., 2001

[HaHa98] Johannes Haas, Roger Hackstock, *Brennstoffversorgung mit Biomassepellets*, Energie und Umwelt – Unternehmensberatung, Gleisdorf Österreich, 1998

[HaNu96] Phillip Hasler, Thomas Nussbaumer, *Brennstoffeigenschaften und Anforderungen an Feuerungstechnik und Abgasreinigung für die Nutzung von Industrierest- und Altholz*, Projekt DIANE 8, Zürich, 1996

[Hartmann97] Hartmann, H.; Strehler, A.; Madeker, U. und Maier, L. (1997): *Biogene Festbrennstoffe und deren Nutzung in Feuerungsanlagen bis 1 MW Nennleistung - Verfahrenstechniken, Marktbetrachtungen, Brennstoffhandel und Kosten,* Studie für die Bayernwerk AG München, Selbstverlag Bayernwerk, München, 155 S.

[HoFi02] *Holzenergie-Fibel*, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, 1. Auflage Mai 2002

[KaHa01] Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, *Energie aus Biomasse*, Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York, 2001

[KlMe93] Manfred Kleemann, Michael Meliß, *Regenerative Energiequellen*, Springer Verlag Berlin, 1993

[LoFe95] Diverse Autoren, *Logistik bei der Nutzung biogener Festbrennstoffe*, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Münster, 1995

[LWI99] *Landeswaldinventur Nordrhein-Westfalen*, Landesamt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen Dezernat 43 in Recklinghausen, 1999

[MoHo01] Wilfried Schneider u. Andere, *Moderne Holzfeuerungsanlagen, Holzabsatzfonds*, Bonn, 2. Auflage 2001

[MUNLV00] *Abfallbilanz Nordrheinwestfalen für Siedlungsabfälle 2000*, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, 2000

[ReFi96] N.Remler, M.Fischer, *Kosten und Leistung bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln*, aus *„Berichte aus der Bayrischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft*, Ausgabe 11, Freising, 1996

[SdHo02] Udo Mantau, Holger Weimar, Roland Wieling, *Standorte der Holzwirtschaft*, Universität Hamburg, Januar 2002

[WEO00] *World Energy Outlook 2000*, Herausgeber: Internationale Energie Agentur IEA, 2001, diverse Autoren

[ZSW] aus : *Jahrbuch Erneuerbare Energien 2001*, Bieberstein Fachbuchverlag 2002,
Angaben des „Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg ZSW“

# 11. Anhang

- *11a Umfragebogen Sägewerksindustrie*
- *11b Umfragebogen Holzverarbeitung*
- *11c Umfragebogen Altholz-Recycling*
- *11d Teilnehmerliste Informationsveranstaltung 1.April 2003*
- *11e Einladungsblatt Informationsveranstaltung*
- *11f Container- und Transportsunternehmen im Untersuchungsgebiet*
- *11g Anschriften der Forstwirtschaft im Untersuchungsgebiet*
- *11h Anschriften der holzverarbeitenden Betriebe im Untersuchungsgebiet*
- *11i Anschriften Sägewerke*
- *11j Anschriften Brennholzlieferanten*
- *11k Anschriften GaLa-Bauunternehmen*
- *11l Mitglieder Arbeitskreis Biomasse*
- *11m Beispiel: Hackschnitzelliefervertrag*

- **Anhang 11a: Umfragebogen Sägewerksindustrie**

Fragebogen zur Potenzialrecherche:

**1.** Standort des Unternehmens: _____

**2.** Unternehmensanschrift/Ansprechpartner:_____

_____

_____

**3.** Welche Nutz-Holzprodukte stellen Sie her?

_____

_____

**4.** Wie hoch ist die jährlich verarbeitete Rohholzmenge? _____ [fm/a]

**5**. Wie groß ist der Einzugsradius/Beschaffungsradius Ihres Werkes? _____ km

| | | Anteil an Gesamtmenge: |
|---|---|---|
| **6.** Welche Holzarten verarbeiten Sie? | ë Fichte | _____ % |
| | ë Kiefer | _____ % |
| | ë Buche | _____ % |
| | ë sonstige Nadelhölzer | _____ % |
| | ë sonstige Laubhölzer | _____ % |

**7.** Wie hoch ist die durchschnittliche Ausbeute (Verhältnis Volumen Nutzholz-Produkt/ Gesamtvolumen Rohholzstamm)?

_____ %

**8.** Restholzfraktionen und –mengen:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ë Rinde | _____ t/a; Monatsschwankungen : | _____ | bis | _____ | t/Monat |
| ë Kappholz | _____ t/a; Monatsschwankungen : | _____ | bis | _____ | t/Monat |
| ë Sägespäne | _____ t/a; Monatsschwankungen : | _____ | bis | _____ | t/Monat |
| ë Schwarten/Spreißel | _____ t/a; Monatsschwankungen : | _____ | bis | _____ | t/Monat |
| ë Hackschnitzel | _____ t/a; Monatsschwankungen : | _____ | bis | _____ | t/Monat |

**9.** Verwendung der Restholzmengen:

**bitte ankreuzen!**

| | Späne | Hackschnitzel | Kappholz | Schwarten/ Spreißel | Rinde |
|---|---|---|---|---|---|
| Zellstoffindustrie | | | | | |
| Spanplattenindustrie | | | | | |
| eigene thermische Nutzung | | | | | |
| fremde thermische Nutzug | | | | | |
| Entsorgung über Entsorgungsbetrieb | | | | | |
| eigen stoffliche Weiterverarbeitung | | | | | |
| | | | | | |

**10.** Entsorgung/Vermarktung der Restholzmengen

- ë eigene Lagerkapazität vorhanden für _____ Stunden bzw. Tage
- ë Vermarktung über Großhändler-Transportunternehmen
  - ë dabei vertragliche Bindungen über eine Zeitraum von _____ Jahren/Monaten
- ë Vermarktung direkt an die Industrie
- ë Interesse an alternativen Absatzmöglichkeiten besteht

**11.** Preise für Restholz (ab Sägewerkwerk)

- ë Späne von _____ bis _____ €/m³
- ë Hackschnitzel von _____ bis _____ €/t
- ë Kappholz von _____ bis _____ €/t
- ë Rinde von _____ bis _____ €/t
- ë Großbünde von _____ bis _____ €/t

- **Anhang 11b: Umfragebogen Hozverarbeitung**

Fragebogen zur Potenzialrecherche:

1. Standort des Unternehmens: _____

2. Unternehmensanschrift: _____

_____

3. Branche:

| | |
|---|---|
| ë Fensterbau | ë Holzhalbwaren |
| ë Fertighausbau | ë Tischlerei |
| ë Serienmöbelhersteller | ë Zimmerer |
| ë Küchenhersteller | ë _____ |

4. Fällt bei Produktions- und Arbeitsprozessen Restholz an?

ë ja ë nein

**4.1 bei unbehandeltem Holz (Naturholz):**

| *4.1.1 Form:* | *Menge:* | *Preise:* |
|---|---|---|
| ë Säge- und Hobelspäne | _____ t/a | _____ €/t |
| ë Hackschnitzel | _____ t/a | _____ €/t |
| ë kleineres Stückholz | _____ t/a | _____ €/t |
| ë großes Stückholz | _____ t/a | _____ €/t |
| ë _____ | _____ t/a | _____ €/t |

4.1.3 Was geschieht mit den Restholzmengen?

ë eigene thermische Verwertung ë stoffliche Weiternutzung ë fremde thermische Nutzung
ë Entsorgung über Entsorgungsbetrieb ë Interesse an alternativen Absatzmöglichkeiten besteht

**4.2 bei behandeltem Holz/Holzwerkstoffen (z.B. Spanplatten):**

| *4.2.1 Form:* | *Menge:* | *Preise:* |
|---|---|---|
| ë Säge- und Hobelspäne | _____ t/a | _____ €/t |
| ë Hackschnitzel | _____ t/a | _____ €/t |
| ë kleineres Stückholz | _____ t/a | _____ €/t |
| ë großes Stückholz | _____ t/a | _____ €/t |
| ë _____ | _____ t/a | _____ €/t |

4.2.3 Was geschieht mit den Restholzmengen?

ë eigene thermische Verwertung ë stoffliche Weiternutzung ë fremde thermische Nutzung
ë Entsorgung über Entsorgungsbetrieb ë Interesse an alternativen Absatzmöglichkeiten besteht

4.3 ë eigene Lagerkapazitäten sind vorhanden für _____ Stunden bzw. Tage

- **Anhang 11c: Umfragebogen Altholzaufbereitung**

Potenzialrecherche Altholzaufbereitung

Unternehmen: _____

Anschrift: _____

_____

1. Wieviel Altholz wird in Ihrem Unternehmen jährlich umgeschlagen? _____ t/a

2. Wird das Altholz aufbereitet? ë sortiert
ë von Störstoffen befreit
ë geschreddert

3. Wird das Altholz nach Altholzklassen sortiert? (AI bis AIV) ë ja ë nein

wenn ja, Menge der Klasse AI _____ t/a

4. Herkunft Altholz: ë Baumischabfälle
ë Sperrmüll
ë aus Holzverarbeitung

5. Woher kommen die Abfälle? ë Stadt Wuppertal
ë Stadt Remscheid
ë Stadt Solingen
ë Umland
ë _____

6. Haben Sie Interesse an der Logistik von Holzbrennstoffen? ë ja ë nein

7. Fahrzeug- und Containerbestand des Unternehmens:

_____

_____

_____

_____

_____

8. Vertreiben Sie bereits Holzbrennstoffe (Altholz bzw. Waldholz)?
ë ja ë nein

- **Anhang 11d: Teilnehmerliste Informationsveranstaltung 1.April 2003**

| ***Name*** | ***Institution*** | ***Telefon*** | ***Email*** |
|---|---|---|---|
| Benkel, Lothar | privat, Remscheid | (0 21 91) 3 14 15 | benkel@str.de |
| Bethlehem, Wilhelm | Stadt Köln | (0 2 21) 59 555 14 | wilhelm.bethlehem@stadt-koeln.de |
| Biller, Bernd | Wuppertal | (02 02) 77 34 32 | |
| Braun, Achim | EWR GmbH | (0 21 91) 16 –46 80 | a.braun@ewr-gmbh.de |
| Bröcker, Karl | FBG Wuppertal | (02 02) 73 18 51 | |
| Brücher, Klaus-Dieter | Stadt Remscheid | (0 21 91) 16 – 25 12 | bruecher28@str.de |
| Daubner, Thomas | Wuppertaler Stadtwerke AG | (02 02) 569 –40 96 | thomas.daubner@wsw-online.de |
| Dieluneit, Ute | Gesamtverband RS | (0 21 91) 49 48 32 | |
| Dillbohner, Bernd | AWG mbH | (02 02) 40 42 169 | bernd.dillbohner@awg.wuppertal.de |
| Dittmar, Rüdiger | Stadt Solingen | (0 212) 290 – 43 47 | s.dittmar@solingen.de |
| Eberhard, Rainer | Vermögensbetrieb Stadt Solingen | (02 12) 290 -6772 | r.eberhard@solingen.de |
| Frey, Rainer | Ev. Stiftung Tannenhof | (0 21 91) 12 21 50 | technik@stiftung-tannenhof.de |
| Ginsberg, Ingo | privat, Remscheid | (0 21 91) 34 97 85 | |
| Gleim, Christian | Stadt Wuppertal Gebäudemanagement | (02 02) 563 59 45 | christian.gleim@gmw.wuppertal.de |
| Hasenpflug, Joachim | privat, Remscheid | (0 21 91) 80 7 19 | joachim.hasenpflug@wtal.de |

| ***Name*** | ***Institution*** | ***Telefon*** | ***Email*** |
|---|---|---|---|
| Hassel, Rheinhart | Forstamt Mettmann | (0 21 04) 98 35-21 | reinhart.hassel@fa-mettmann.lfv.nrw.de |
| Honscheid, Ernst F. | Stadt Solingen | (02 12) 290 – 43 01 | ef.honscheid@solingen.de |
| Janssen, Oliver | Oeco Vision GmbH & Co. KG | (0 2 12) 28 31 897 | oliver-jansen@t-online.de |
| Kaiser, Jörg | Stadt Remscheid | (0 21 91) 16 26 45 | kaiser@str.de |
| Kemper, W. | F.V.B. Remscheid | (0 21 91) 24 03 | |
| Krämer, Karl B. | privat, Remscheid | (0 21 91) 66 23 02 | |
| Künz, Wolfgang | Stadt Remscheid | (0 21 91) 16 39 09 | kuenz@str.de |
| Markert, Ralf | GUG eG Remscheid | (0 21 91) 2 99 99 | kontakt@gug-remscheid.de |
| Meschede, Peter | Forstamt Remscheid | (0 21 91) 16 –39 95 | forstwirtschaft@str.de |
| Neumann, Georg. B. | Der Neumann GmbH | (0 20 56) 92 11 50 | info@derneumann.de |
| Piontkowski, Martina | Stadtwerke Solingen | (02 12) 295 -24 54 | m.piontkowski@sws-solingen.de |
| Rehl, Karl-Heinz | Regionalbüro R-S-W | (02 02) 56 34 132 | karl-heinz.rehl@bergisches-staedtedreieck.de |
| Schäfer, Arnd-Oliver | privat, Remscheid | (0 21 91) 7 55 34 | |
| Scharenberg, Frank | Stadtwerke Solingen | (02 12) 295 –24 50 | f.scharrenberg@sws-solingen.de |
| Serwe, H.-J. | Kreis Mettmann | (0 21 04) 99 1005 | hj.serwe@kreis-mettmann.de |
| Steinmann, Herbert | privat, Remscheid | (0 21 91) 71 978 | steinmann@str.de |
| Stibbe, Kunth-Erik | Kreisbauernschaft Mettmann | (0 21 04) 22 181 | kb-me@t-online.de |

| ***Name*** | ***Institution*** | ***Telefon*** | ***Email*** |
|---|---|---|---|
| Theisen, Bernd | Rheinische Post | (02 11) 98 46 850 | |
| Thien, Leonhard | Landesinitiative Zukunftsenergien NRW | (02 11) 45 66-671 | leonhard.thien@munlv.nrw.de |
| Vorkötter, Peter | Stadt Solingen | (02 12) 290 – 43 47 | p.vorkötter@solingen.de |
| Vosteen, Albert | Stadt Wuppertal | (02 02) 563 55 48 | albert.vosteen@stadt.wuppertal.de |

- **Anhang 11e: Faltblatt Infoveranstaltung**

## Der Arbeitskreis Biomasse

Im Arbeitskreis Biomasse unter der Koordination des Regionalbüros Bergisches Städtedreieck sind verschiedene Akteure aus der Region zusammengeschlossen, die die energetische Nutzung von Biomasse forcieren möchten.
Dem Arbeitskreis gehören an:

- Städte Remscheid, Solingen und Wuppertal
- EWR GmbH
- Stadtwerke Solingen GmbH
- Wuppertaler Stadtwerke AG
- Forstamt Mettmann
- Abfallwirtschaftsgesellschaft Wuppertal GmbH
- Regionalbüro Bergisches Städtedreieck -R-S-W-
- Energieagentur NRW
- Ev. Stiftung Tannenhof, Remscheid
- Verbraucherzentrale NRW, Energieberatung R/S
- Kreis Mettmann

Neben dem Schutz des globalen Klimas sollen durch ein Handlungskonzept zur energetischen Nutzung von Holz, weitere Absatzchancen für die Forstwirtschaft, die Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen und die ortsnahe und preisgünstige Verwertung von unbehandeltem Altholz erreicht werden.
Ziel ist es, die ungenutzten Biomasse-Potenziale in der Region aufzuzeigen und verfügbar zu machen.
Dazu sollen mögliche Akteure zusammmengeführt und der Aufbau einer regionalen Versorgungsstruktur gefördert werden.
Ein weiteres Bestreben des Arbeitskreises Biomasse ist die Information und die Sensibilisierung der Menschen über und mit dem Thema „Holzenergie". So sollen die oft vorherrschenden Vorurteile gegenüber dem Brennstoff Holz abgebaut werden um den Weg zu ebnen für einen Energieträger
***aus der Region - für die Region!***

***Kontakt:***
Regionalbüro Bergisches Städtedreieck
-Arbeitskreis Biomasse-
Gemarker Ufer 17
42275 Wuppertal
Tel. (02 02) 563 – 41 32

## Veranstaltungsprogramm

1. April 2003, Beginn 18 Uhr

Grußworte
*Susanne Fiedler, Vorsitzende des Ausschuss für Umwelt, Grünflächen und Ordnungsangelegenheiten der Stadt Remscheid*

Stand der energetischen Nutzung von Holz in Nordrhein-Westfalen,
*Steffen Hofmann, Energieagentur NRW*

Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Holz in den Städten des Bergischen Städtedreiecks
*Jens Sieweke, Energieagentur Lippe*

Erste kommunale Holzhackschnitzelheizung im Kreis Lippe, Projektvorstellung
*Frank Senge, Energieagentur Lippe*

anschließend Dialog und Austausch bei einem kleinen Imbiss

Veranstaltungsende: ca. 20 Uhr

Moderation:
*Wolfgang Putz, Leiter des Umweltamtes der Stadt Remscheid*

Veranstaltungsort:
Deutsches Werkzeugmuseum Remscheid
Cleffstr. 2-6
42855 Remscheid

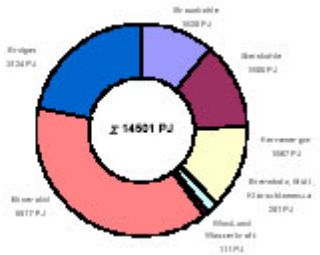
# Energetische Nutzung von Holz im Bergischen Städtedreieck -Remscheid · Solingen · Wuppertal-

1. April 2003,
Deutsches Werkzeugmuseum Remscheid

Eine Informationsveranstaltung
des Arbeitskreises Biomasse des Regionalbüros
Bergisches Städtedreieck

## Holzenergie - Nachhaltigkeit

Die Klimaproblematik, verursacht durch vermehrte $CO_2$-Emissionen, und die Endlichkeit der fossilen Energieressourcen werden mittelfristig die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien notwendig machen. Ein Blick auf die Zahlen der derzeitigen Energienutzung zeigt die Dominanz der fossilen und nuklearen Energieträger.




Primärenergiebedarf Deutschland 2001
Quelle: AG Energiebilanzen 2002

Die Nutzung des erneuerbaren, klimafreundlichen Energieträgers Holz birgt besonders für die Wärmebereitstellung große ungenutzte Potenziale.

Derzeit leisten biogene Festbrennstoffe in Deutschland einen Beitrag von ca. 187 PJ/a* an der Wärmebereitstellung (ca. 3 % Anteil am Endenergieverbrauch-Bedarfsart Wärme).

Die Entwicklung modernster Holzfeuerungstechnik und neue, verbesserte Holzbrennstoffe (z. B. Pellets) haben in letzter Zeit für eine wahre Renaissance des Energieträgers Holz gesorgt.

Nun gilt es die regional vorhandenen Energieholzpotenziale für Nutzer verfügbar zu machen. Dazu zählt u. a. der Aufbau eines flächendeckenden Brennstoffversorgungsnetzes.

*1 PJ = $10^{15}$ J = 278.000 MWh = 278.000.000 kWh

## Holz – Energie, die nachwächst

Im Holz ist die Sonnenenergie gespeichert, die während des Wachstums des Baumes aufgenommen wird. Während fossile Energieträger, wie Gas und Öl, endlich sind und die Atmosphäre mit Kohlendioxid anreichern, kann Energieholz nachhaltig, regional, klima- und umweltfreundlich zur Verfügung gestellt werden.

Stammt das Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft, so entsteht bei der Verbrennung nur so viel $CO_2$, wie vom nachwachsenden Wald wieder aufgenommen wird.

***Herkunft von Energieholz***

- Waldholz
- Sägewerksrestholz
- Restholz aus der Holzverarbeitung
- Altholz (behandelt/unbehandelt)
- Landschaftspflegeholz
- schnellwachsende Baumarten aus der Energiepflanzenproduktion

Je nach Anforderungen der modernen Holzfeuerungstechnik unterscheidet man folgende ***Energieholz-Sortimente***:

- Scheitholz für handbeschickte Anlagen
- Hackschnitzel für den automatischen Betrieb von mittleren bis größeren Holzfeuerungen
- Holzpellets sind Presslinge aus naturbelassenen Säge- und Hobelspänen für kleinere automatische Feuerungsanlagen.
- Holzbriketts werden ähnlich wie Pellets hergestellt und sind überwiegend für die manuelle Beschickung von Öfen und Kachelöfen geeignet.

Der ***Heizwert*** ist ein Maß für den Energiegehalt des Holzes. Er ist primär abhängig vom Wassergehalt(w). Ein $m^3$ Hackschnitzel (w=18 %, Buche) hat einen Energiegehalt von etwa 1150 kWh. Dies entspricht etwa 120 Liter Heizöl oder 130 $m^3$ Erdgas.

## Regionaler Energieträger: Holz

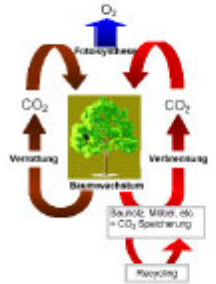
Die energetische Nutzung von Holz ist jedoch nicht nur ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz. Sie trägt auch zur Stärkung der ***regionalen Wertschöpfung*** bei. Die Importabhängigkeit bei der Beschaffung fossiler Energieträger liegt zwischen 80 (Erdgas) und 98 % (Erdöl). Etwa 80 % der Beschaffungskosten gehen dem regionalen Wirtschaftskreislauf verloren. Durch die Substitution mit dem Energieträger Holz kann Kapital an die Region gebunden werden. Für die Land- und Forstwirtschaft, das Handwerk, Logistikunternehmen etc. eröffnen sich neue, nachhaltige Einkommensquellen.

***Holzenergie - kurz und bündig***

+ annähernd $CO_2$-neutral, klimaschonend
+ erneuerbar, weil nachwachsend
+ Schonung der fossilen Energieressourcen
+ regionaler Energieträger, regionale Wertschöpfung
+ Schaffung von Arbeitsplätzen in der Region
+ Sicherung der Waldpflege und Schutz der Kulturlandschaft
+ geringes Transportrisiko

- höhere Investitionskosten
- größerer Platzbedarf
- Brennstoffversorgung lückenhaft
- Feinststaubemissionen

Energieträger Holz: ***klimaschonend!***
Geschlossener $CO_2$-Kreislauf bei der energetischen Holznutzung!



- **Anhang 11f: Container- und Transportsunternehmen im Untersuchungsgebiet**

| *Unternehmen* | *Straße* | *PLZ* | *Ort* | *Telefon* |
|---|---|---|---|---|
| Peters Reconcept | Borner Str. 28 | 42897 | Remscheid | (0 21 91) 60 021 |
| Bouss | Auf dem Knapp 19 | 42855 | Remscheid | (0 21 91) 93 95-0 |
| Bröcking GmbH & Co. | Morsbachtal 20 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 2 20 51 |
| Nau&Kilp | Reinshagener Str. 51 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 7 04 68 |
| Wilms Containerdienst | Küppelsteiner Str. 11 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 7 17 66 |
| Wirths | Hindemithstr. 25 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 7 05 80 |
| Böckmann | Tersteegenstr. 21a | 42653 | Solingen | (02 12) 25 80 40 |
| Maurer & Wissing | | 42653 | Solingen | (02 12) 2 2158 83 |
| Flocke | Brühlerstr. 4a | 42657 | Solingen | (02 12) 20 13 31 |
| Klären | Eschbach 6 | 42719 | Solingen | (02 12) 31 77 83 |
| Scalabrin Recycling | Martinstr. 34 | 42655 | Solingen | (02 12) 2 22 55-11 |
| Stock | Grimmstr. 23 | 42655 | Solingen | (02 12) 2 22 80-0 |
| Rittersen | Farbmühle 14 | 42285 | Wuppertal | (02 02) 2 54 05 82 |
| Harmuth | Briller Str. 39 | 42105 | Wuppertal | (02 02) 3 70 20 55 |
| Ernenputsch | Harzstr. 16 | 42349 | Wuppertal | (02 02) 4 07 11 |
| Geldsetzer | Hölker Feld 16 | 42279 | Wuppertal | (02 02) 62 20 35 |
| Göke | Winchenbachstr. 15 | 42281 | Wuppertal | (02 02) 250 900 |
| Heintke | Rhönstr. 8 | 42349 | Wuppertal | (02 02) 4 08 51 00 |
| Kämco | | 45549 | Sprockhövel | (02 02) 2 42 47 26 |
| Müller | Gasstr. 38 | 42369 | Wuppertal | (0171) 4 10 79 08 |
| Oberste-Hedtbleck | Rauental 13 | 42289 | Wuppertal | (02 02) 60 34 80 |
| Rethmann | Uhlenbruch 6 | 42279 | Wuppertal | (02 02) 6 20 00-0 |
| Rosenthal | Im Hölken 11 | 42279 | Wuppertal | (02 02) 66 27 11 |
| Seibel | Mettmanner Str. 77-79 | 42115 | Wuppertal | (02 02) 2 71 22 00 |
| Steinwachs | Oberbergische Str. 107 | 42349 | Wuppertal | (0202) 8 54 29 |
| Tamm GmbH | Gasstr. 49 | 42369 | Wuppertal | (0202) 4 69 83 72 |

## Anhang 11g: Forstwirtschaft/Forstbetriebe/Baumdienste im Untersuchungsgebiet

| ***Institution*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Kommunale FA Remscheid | Hastener Str. 11 | 42849 | Remscheid | (0 21 91) 16 -39 95 |
| Stadt Wuppertal Abteilung Forsten | | 42269 | Wuppertal | (02 02) 563-55 48 |
| Forstamt Mettmann (UFB) | Goldberger Str. 32 | 40822 | Mettmann | (0 21 04) 98 35-21 |
| Stadt Solingen- Stadtdienst Natur und Umwelt | Frankfurter Damm 23 | 42719 | Solingen | (02 12) 290 -42 24 |
| Vermögensbetrieb Solingen, Abteilung Forst | | | | (02 12) 290 -43 01 |
| FBG Solingen-Remscheid-Monheim | Wipperauerstr. 60 | 42699 | Solingen | (02 12) 6 00 42 |
| FBG Wuppertal | Am Tescher Busch 26 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 74 41 14 |
| Waldbauernverband NRW Bergisch Land | Ermannstr.5 | 42287 | Wuppertal | (02 02) 55 71 76 |
| FA Berg. Gladbach | Broichen 1 | 51429 | Berg. Gladbach | (0 22 04) 95 26 -31 |
| Forstverband Remscheid | Hastener Str. 11 | 42849 | Remscheid | (0 21 91) 16 – 39 95 |
| Stadtwerke Wuppertal | Bromberger Str. 39-41 | 42281 | Wuppertal | (02 02) 569 - 0 |
| | | | | |
| ***Baumdienste/Forstbetriebe:*** | | | | |
| Firma Wolfgang Kopf | Wüste 6 | 42369 | Wuppertal | |
| Firma Turk | Industriestr. 5 | 58553 | Halver | |
| Forstdienstleistungen Öko-Bau | Nüdelshalbach 68 | 42855 | Remscheid | (0 21 91) 83 45 3 |
| Michael Alterauge | Am Papenberg 15 | 57489 | Drolshagen | (0 27 61) 7 12 10 |
| Maic Hartkopf | Remshagener Str. 27 | 51789 | Lindlar | (0 22 66) 52 90 |
| Forstbetrieb Thomas Ritschel | An der alten Schule 11 | 51 519 | Odenthal | (0 22 07) 48 42 |
| Andreas Kohnen | Rommeljahnsweg 10 | 40882 | Ratingen | (01 72) 2 52 89 21 |
| Forst-Garten-Baumdienst | Essener Str. 55 | 40885 | Ratingen | (0 20 54) 44 35 |
| Werner Einloos | Diepensiepen 1b | 40822 | Mettmann | (0 21 04) 6 05 04 |
| Forstbetrieb Rainer Weber | Liegnitzer Str. 20 | 42897 | Remscheid | (0 21 91) 66 62 14 |
| Fischbach & Westhofen Forstbetrieb | Altenhofer Str. 71 | 42719 | Solingen | (02 12) 31 98 21 |
| Isenberg Forstbetrieb | Am Techer Busch 26 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 74895 44 |
| Forstverwaltung Graf von Spee | Forsthaus Hülsdieken | | | (0 21 02) 70 10 99 |

## Anhang 11h: Holzverarbeitende Betriebe im Untersuchungsgebiet

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| BHS Holzbau | Am Ostbahnhof 5 | | Remscheid | (0 21 91) 3 55 20 |
| DRELU Holzverabreitungs GmbH | Am Weidenbroich 22 | | Remscheid | (0 21 91) 56 47 50 |
| Rolladen und Markisenbau Rühl KG | Auf dem Knapp 31 | 42855 | Remscheid | (0 21 91) 3 10 21 |
| Ganguin & Co. | Brückenstr. 19 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 7 25 24 |
| Gustav Luhn | Dreherstr. 19 | | Remscheid | (0 21 91) 5 29 77 |
| Gustav Wende | Dreherstr. 4 | 42899 | Remscheid | (0 21 91) 57 89 |
| Paul Theis KG | Gesundheitstr. 16 | 42855 | Remscheid | |
| Karl Friedrich Michel GmbH | Glassiepen 12 | 42855 | Remscheid | |
| Wolter GmbH | Greuel 17 | 42897 | Remscheid | (0 21 91) 5 28 60 |
| Heinz Mottmann Kistenfabrik GmbH | Königstr. 199 | 42853 | Remscheid | (0 21 91) 8 21 33 |
| Nau-Industrie-Packmittel GmbH | Losenbücheler Str. 25 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 7 25 22 |
| Metafol Metall-Konststoff GmbH | Oberhützer Str. 48 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 8 87-0 |
| Bätzold GmbH&Co. KG | Platz 80 | 42855 | Remscheid | (0 21 91) 92 78 - 73 |
| Holger Wehn, Inh. Meik Brinkmann | Rädchen 2 | 42899 | Remscheid | |
| Carl Rauhaus | Rennbaumer Str. 51 | 42855 | Remscheid | (02 02) 40 26 52 |
| Wortmann Verpackungen GmbH & Co. KG | Schlachthofstr. 1 | 42897 | Remscheid | (0 21 91) 96 36 93 |
| Arndt Mennenöh | Solinger Str. 2-4 | 42857 | Remscheid | (0 21 91) 7 74 00 |
| Daniel Schürmann | Wallstr. 49 | 42897 | Remscheid | (0 21 91) 66 81 23 |
| Ernst Schell | Baumstr. 35 | | Solingen | (02 12) 20 27 04 |
| Ludwig Schäfer GmbH | Beethovenstr. 260-262 | 42655 | Solingen | (02 12) 16 0 91 |
| HANEU Transportgeräte GmbH | Dellenfeld 24 | 42653 | Solingen | (02 12) 25 80 90 |
| Heinrich Schmitz | Gläßner Str. 13 | 42657 | Solingen | |
| KC-Paletten | Hermannstr. 41A | 42657 | Solingen | |
| Rainer Boes | Lindgesfeld 20 | | Solingen | (02 12) 2 59 10 60 |
| Art & Deko H.A. Gesink GmbH | Lindgesfeld 27 | 42653 | Solingen | (02 12) 59 - 882 |
| Herbes Holz GmbH | Mangenberger Str. 379b | 42655 | Solingen | (02 12) 20 53 15 |

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Kammann | Merscheider Str. 112 | | Solingen | (02 12) 33 42 69 |
| Diefenbach GmbH | Rosenkamper Str. 40 | 42719 | Solingen | (02 12) 31 - 00 72 |
| Kalkum Otto & Söhne | Schlachthofstr. 15 | 42651 | Solingen | (02 12) 2 52 16 - 0 |
| Holtwick, Dietmar | Schlagbaumer Str. 10 | | Solingen | |
| MP-Holztechnik | Schulte vom Brühl 9 | | Solingen | (02 12) 2 33 18 63 |
| Tischlerei Reuber | Steinstr. 20 | 42697 | Solingen | (02 12) 33 51 80 |
| Oberdörfer | Wermelskirchener Str. 91 | | Solingen | (02 12) 4 43 28 |
| Riemann, Heinrich | Alte Rottsieper Str. 12a | | Wuppertal | (02 02) 47 00 04 |
| Lüttringhause, Helmut | Am Mirker Bach 12 | | Wuppertal | (02 02) 75 19 23 |
| Ramps Roll Holzmarkt | Auf der Bleiche 29 | 42289 | Wuppertal | (0 23 32) 24 38 |
| Münter, Dirk | Beckacker-Schulstr. 18 | | Wuppertal | (02 02) 64 56 04 |
| Schmidt, Karsten und Gelbrich, Wolfgang | Blombacher Bach 3 | | Wuppertal | (02 02) 60 04 46 |
| Kappel Holzbearbeitung | Bockmühle 81 | 42289 | Wuppertal | (02 02) 62 02 71 |
| Siedenbieler | Bredde 24 | | Wuppertal | (02 02) 55 49 83 |
| Emil Schwarzkopf Teppichboden GmbH | Bredde 99 | 42275 | Wuppertal | |
| Küther GmbH | Breite Str. 7b | | Wuppertal | (02 02) 46 49 29 |
| Tepel, Friedhelm | Bromberger Str. 9 | | Wuppertal | (02 02) 51 13 33 |
| Althöfer & Sohn GmbH | Bruch 4 | 42279 | Wuppertal | (02 02) 2 66 81 - 01 |
| Vach, Wilfried | Bruch 4 | | Wuppertal | (02 02) 26 38 30 |
| Tischlerwerkstatt Franz Knoche KG | Buchenhofener Str. 23 | 42329 | Wuppertal | (02 02) 7 86 68 93 |
| Kuhr, Werner | Buchenhofer Str. 23 | | Wuppertal | (02 02) 78 32 32 |
| Gerd Altfeld | Bülowstr.3 | 42389 | Wuppertal | |
| Rayegan, Nasser | Bundesallee 245 | | Wuppertal | (02 02) 44 44 60 |
| G. Benn | Charlottenstr. 66 | 42105 | Wuppertal | (02 02) 30 14 66 |
| Günter Püschmann GmbH & Co. | Clausewitzstr. 99 | 42389 | Wuppertal | (02 02) 6 08 78-0 |
| Leipacher Holz | Cronenberger Str. 264 | 42119 | Wuppertal | (02 02) 45 22 22 |
| Michael Becker und Peter Block | Cronenfelder Str. 34 | | Wuppertal | (02 02) 8 12 55 |

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Huckenbeck Produktionstechnik GmbH | Derken 15 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 2 65 58 55 |
| Heuke & Schmidt | Derken 17 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 73 30 94 |
| Studniczek, Karl-Heinz | Derken 18 | | Wuppertal | (02 02) 73 62 38 |
| Linder, Jürgen | Derken 3 | | Wuppertal | (02 02) 73 21 19 |
| CISTA GmbH Holzpackmittel und | Deutscher Ring 105-111 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 27 43 50 |
| HVT Holzverpackungstechnik | Deutscher Ring 105-111 | 42327 | Wuppertal | |
| Karl Steinberg | Deutscher Ring 67 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 74 01 02 |
| Blank Clemens | Deutscher Ring 73 | | Wuppertal | (02 02) 2 74 12 77 |
| Eckermann, Karl-Heinz | Dönberger Str. 161 | | Wuppertal | (02 02) 77 10 40 |
| Mönkemöller, Jürgen | Dorotheenstr 10 | | Wuppertal | (02 02) 30 02 91 |
| Schwerter, Thomas | Echoer Str. 25 | | Wuppertal | (02 02) 4 69 02 86 |
| Lorenz, Otto | Eichenstraße 7 | | Wuppertal | (02 02) 47 51 41 |
| Werth, Andreas | Eintrachtstr. 85 | | Wuppertal | (02 02) 50 52 88 |
| Hegmann Tischlerei | Erlenrode 11 | | Wuppertal | |
| Büttgen Fabricari Holzwerkstatt | Ernststr. 33 | 42117 | Wuppertal | (0 23 02) 1 40 73 |
| Bartel | Farbmühle 22a | 42105 | Wuppertal | (02 02) 8 15 83 |
| Bahr | Ferdinand-Thun Str. 44 | 42289 | Wuppertal | (02 02) 30 95 89 |
| Smoch Ludger | Ferdinand-Thun Str. 44 | | Wuppertal | (02 12) 30 46 20 |
| Udo Bilstein Paletten | Flügel 1 | 42369 | Wuppertal | (02 02) 246 –17 01 |
| Klaus Dabringhausen | Friedrich-Ebert Str. 121a | | Wuppertal | (02 02) 3 09 68 70 |
| Arenz-Haus, Finnische Holzhäuser | Friedrich-Engels-Allee 123 | 42285 | Wuppertal | (0 23 31) 40 60 21 |
| CERO Rosenlöcher GmbH&Co. | Friedrich-Engels-Allee 347 | 42283 | Wuppertal | (02 02) 55 50 49 |
| Holzland Holzhandels-Marketing GmbH | Friedrich-Engels-Allee 432 | 42283 | Wuppertal | (02 02) 70 11 82 |
| Antweiler | Friedrich-Tillmanns Str. 22 | 42277 | Wuppertal | (02 02) 47 39 86 |
| Knorr GmbH & Co KG | Fürstenstr. 6-12 | | Wuppertal | (02 02) 66 23 47 |
| Figge Dirk, Franzgrote, Jörg, Dahlmann, Andreas | Garterlaie 42 | | Wuppertal | (02 02) 74 43 91 |
| Stein, Paul | Gosenburg 12 | | Wuppertal | (02 02) 62 66 22 |

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Cardinal | Gronaustr. 60 | | Wuppertal | (02 02) 46 40 04 |
| Kisten Eigenbrodt GmbH & Co. | Güterbahnhof Mirke | 42109 | Wuppertal | (02 02) 75 -18 25 |
| Reichardt, Michael | Hahnenfurth 29 | | Wuppertal | (0 20 58) 83 85 |
| Dietz, Marco | Handelstr.68 | | Wuppertal | (02 02) 55 83 95 |
| Rüggeberg, Karl-Hermann | Hastener Str. 6 | | Wuppertal | (02 02) 47 40 96 |
| Bolender e.K. | Heidter Berg 25 | | Wuppertal | (02 02) 62 20 52 |
| Peters, Dirk | Hermann-Enters-Str. 3 | | Wuppertal | (02 02) 2 60 22 90 |
| Luhn, Ingo | Hohenstein 156 | | Wuppertal | (02 02) 55 93 54 |
| Berhäuser & Sohn Holzbearbeitung | Hölker Feld 44 | 42279 | Wuppertal | (02 02) 2 66 89 -0 |
| Holzbau Neuhaus | Homannstr. 29 | 42327 | Wuppertal | (0 23 04) 9 42 01 -0 |
| Meister, Uwe | Im Vogelsholz 33 | | Wuppertal | (02 02) 46 45 41 |
| Welteke GmbH | Jessinghauser Str. 5 | | Wuppertal | (02 02) 60 60 60 |
| Kolk & Co. KG Holzgroßhandlung | Kaiserstr. 29 | 42329 | Wuppertal | (0 23 32) 22 20 |
| Meger Holzbearbeitung | Konradswüste 18 | 42289 | Wuppertal | (02 02) 62 61 75 |
| Halbach e.K. | Kratzkopfstr. 14 | | Wuppertal | (02 02) 46 49 02 |
| Dähler Innenausbau | Kreuzstr. 20 | | Wuppertal | (02 02) 25 23 00 |
| Westerholz | Kreuzstr. 46a | 42277 | Wuppertal | (0 23 71) 4 69 40 |
| Böhlke Klaus | Krummacherstr. 106 | | Wuppertal | (02 02) 71 26 92 |
| Brühne Zimmerei Holzhandlung | Kurfürstenstr. 120 | 42369 | Wuppertal | (0 23 31) 7 73 78 |
| Wegener, Frank | Ladestr. 5a | | Wuppertal | (0 20 58) 82 86 |
| Giesen, Martin | Lange Str. 8 | | Wuppertal | (02 02) 42 45 07 |
| Arcobaleno Wohnungsbau und Immobilien GmbH | Laurentiusstr. 18 | 42103 | Wuppertal | |
| HBB Holzbau und BeadachungsGmbH | Lienhardstr. 3 | 42329 | Wuppertal | |
| Deutschmann, Karl Heinz | Lindenallee 23a | | Wuppertal | (02 02) 47 37 66 |
| Friedrichs | Linderhauser Str. 126 | 42369 | Wuppertal | (0 23 92) 6 07 57 |
| Evers und Schütz Tischlerei | Lockfinke 57a | | Wuppertal | (02 02) 2 70 19 52 |
| Podestbau Kleu GmbH | Ludwig-Richter-Str. 7 | 42329 | Wuppertal | (02 02) 27 90 90 |

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Schmidt Holzhandlung | Mählersbeck 1 | 42279 | Wuppertal | (02 02) 64 00 21 |
| Bahr | Marienstr. 85 | 42105 | Wuppertal | (0 23 36) 1 37 54 |
| Rüb, Werner | Markomannenstr. 5a | | Wuppertal | (02 02) 2 44 35 64 |
| Windgaße, Jörg | Möddinghofe 14a | | Wuppertal | (02 02) 6 48 06 26 |
| Heidtmann GmbH | Monschaustr. 59 | 42369 | Wuppertal | (0 23 92) 7 02 23 |
| Frank, Johann | Nevigeser Str. 214 | | Wuppertal | (02 02) 7 67 00 88 |
| Reinhold Schack | Oberheidt 31a | 42349 | Wuppertal | (02 02) 47 36 17 |
| Greiling und Jochum | Oberkamper Str. 24a | | Wuppertal | (02 02) 47 77 83 |
| Heidenreich Rainer | Opphofer Str. 11a | | Wuppertal | (02 02) 4 49 10 24 |
| Küpper, Dirk | Otto-Hahn Str. 50 | | Wuppertal | (02 02) 4 67 00 26 |
| Walter Gerhardt Bau und Möbelschreinerei | Paulstr. 12a | | Wuppertal | (02 02) 55 73 32 |
| Felsch & Co. GmbH | Rathausstr. 30 | | Wuppertal | (02 02) 47 28 81 |
| Hermetic CEBOX Verpackung | Rauer Werth 5 | 42275 | Wuppertal | (02 02) 2 55 75 - 0 |
| TARA Palettenhandel u. Reparaturdienst GmbH | Remscheider Str. 113 | 42369 | Wuppertal | |
| Landsiedel, Thomas | Rhönstr. 8 | | Wuppertal | (02 02) 40 26 04 |
| Niederprüm GmbH | Rödiger Str. 92 | | Wuppertal | (02 02) 50 36 79 |
| Hörster, Axel | Rottscheider Str. 35 | | Wuppertal | (02 02) 78 11 61 |
| Glade, Friedel | Rubenstr. 36 | | Wuppertal | (02 02) 73 18 78 |
| MAV Maschinen und Anlagenvertrieb | Saarschleife 23 | 42107 | Wuppertal | |
| Otterbein, Hermann | Schulweg 39 | | Wuppertal | (0 25 02) 40 10 88 |
| Felder & Co. | Siegersbusch 45 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 78 52 37 |
| Benninghoven GmbH & Co. | Staubenthaler Str. 3 | | Wuppertal | (02 02) 2 46 94 -0 |
| Merten Gebr. GmbH | Steinenfeld 62 | | Wuppertal | (02 02) 45 48 72 |
| Budde | Tente 25 | 42281 | Wuppertal | (02 02) 70 17 94 |
| Huber Ladenbau GmbH & Co.KG | Tiergartenstr. 214-218 | 42117 | Wuppertal | (02 02) 2 74 15 35 |
| Koch, Peter | Troostr. 6 | | Wuppertal | (02 02) 45 15 15 |
| Schlechter & Co. | Uellendahler Str. 178 | | Wuppertal | (02 02) 27 50 40 |

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Spiel Holzbearbeitung | Uellendahler Str. 479a | 42109 | Wuppertal | (0 23 24) 3 38 78 |
| D+B Möbeldesign und Innenausbau | Unterkirchen 50 | | Wuppertal | (02 02) 47 50 51 |
| Durst Holzverarbeitung | Waldfrieden 10 | 42369 | Wuppertal | (02 02) 46 73 10 |
| Lade, Bernd und Gammler, Christian | Wernerstr. 15 | | Wuppertal | (02 02)2 80 13 40 |
| Witte, Joachim | Westfalenweg 32 | | Wuppertal | (02 02) 72 47 42 |
| Wehmeier, Bernd | Westkotter Str. 112 | | Wuppertal | (0 23 39) 31 56 |
| Heine, Heinrich | Wichlinghauser Str. 31 | | Wuppertal | (02 02) 66 24 31 |
| Kotzyba, Axel | Wiescherstr.15 | | Wuppertal | (02 02) 52 69 66 |
| Malunat, Arndt und Röver, Daniel | Wiesenstr. 118 | | Wuppertal | (02 02) 31 43 63 |
| Oppermann, Peter | Wiesenstr. 118 | | Wuppertal | (02 02) 30 26 11 |
| Runte, Karl-Helmut | Wikinger Str. 1 | | Wuppertal | (02 02) 66 42 42 |
| DHS Holzbau | Winchenbachstr. 12g | 42281 | Wuppertal | (02 02) 50 78 30 |
| Antweiler Holzberarbeitung | Wittener Str. 35b | 42277 | Wuppertal | (02 02) 66 24 66 |
| Hermann Kluge GmbH | Wuppermannstr. 23-27 | 42275 | Wuppertal | (02 02) 55 01 08 |
| Schöpp & Co. | Wüstenhofer Str. 31 | 42105 | Wuppertal | (0 23 32) 60 94 67 |
| Werner-Jürgen Albracht | Zimmerstr. 23 | | Wuppertal | (02 02) 31 17 38 |

## Anhang 11i: Anschriften Sägewerke

| *Unternehmen* | *Straße* | *PLZ* | *Ort* | *Telefon* |
|---|---|---|---|---|
| Firma Bördgen Holzproduktion-Handel | Ober-Habbach | 51789 | Lindlar | (0 22 66) 4 57 73 |
| Firma Gustav Fleischer | Brückenweg 41 | 42929 | Wermelskirchen | (0 21 96) 26 21 |
| Firma Rainer Lemmermöhle | Im Kirberg 31 | 51377 | Leverkusen | (02 14) 9 15 76 |
| Firma Lenninghausen | Krautweg 6 | 51515 | Kürten-Neuensaal | (0 22 68) 63 85 |
| Messerschmidt&Hausberger | Niederklüppelberg 2 | 51688 | Wipperfürth | (0 22 69) 92 89 - 0 |
| Firma Uwe Stricker | Höhrath-Angerscheidt 13 | 42659 | Solingen | (0 21 96) 26 09 |
| Firma Josef Zeppenfeld | Wiehagener Str. 118 | 42499 | Hückeswagen | (0 21 92) 9 16 50 |
| Kistenfabrik Martin Jansen GmbH | Raiffeisenstr. 10 | 40764 | Langenfeld | |
| Firma Brands | Essener Str. 55 | 40885 | Ratingen | (0 20 54) 44 35 |
| Firma Baumgartner | Altbossel 8 | 45549 | Sprockhövel | (0 23 24) 7 33 50 |

- **Anhang 11j: Anschriften Brennholzlieferanten (Scheitholz, Pellets, Hackschnitzel)**

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Dietmar Donner | Albert Schweitzer Str. 117 | 42109 | Wuppertal | (02 02) 75 19 85 |
| Fa. Menger | Heidestr. 40 | 42349 | Wuppertal | (02 02) 47 28 99 |
| FBB Altenberg | Forsthaus Höhrath 81 | 42659 | Solingen | (0 21 96) 66 80 |
| FBB Burgholz | Friedensstr. 67 | 42349 | Wuppertal | (02 02) 47 33 00 |
| FBG Hückeswagen | Braßhagen 2 | 42499 | Hückeswagen | (0 21 92) 44 68 |
| FBG Leichlingen-Leverkusen | Stieglitzweg 6 | 42799 | Liechlingen | (0 21 71) 3 09 03 |
| FBG Neviges-Velbert | Rottberger Str. 203 | 42551 | Velbert | (0 20 51) 2 11 60 |
| FBG Ruhrtal | Gut Berge | 58285 | Gevelsberg | (0 23 32) 8 20 11 |
| FBG Solingen-Remscheid-Monheim | Wipperauerstr. 60 | 42699 | Solingen | (02 12) 6 00 42 |
| FBG Wuppertal | Am Tescher Busch 26 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 74 41 14 |
| FGB Wipperfeld | Mittelschneppen 3 | 51688 | Wipperfürth | (0 22 68) 67 86 |
| Forstbetrieb Schnitzer | Hagdorn 2 | 40880 | Ratingen | (0 21 02) 4 65 46 |
| Forstgut Ehringhausen | | 42859 | Remscheid | (0 21 91) 34 25 39 |
| Genossenschaft Berg und Mark eG | Bahnstr. 27 | 51688 | Wipperfürth | (0 22 67) 6 81 26 |
| Gut zur Linden | Gruitener Str. 308 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 73 18 51 |
| Hackschnitzel, Kompost, Verwerter | Vorderschöneberg 4 | 51688 | Wipperfürth | (0 22 67) 82 82 16 |
| Johann Kampmann | Nordrather Str. 355 | 42553 | Velbert | (0 20 52) 21 70 |
| Kommunale FA Remscheid | Hastener Str. 11 | 42849 | Remscheid | (0 21 91) 16 -39 95 |
| LVA-Rheinprovinz Forst- und Liegenschaftsverwaltung | Roderweg 1 | 42799 | Leichlingen | (0 21 75) 46 02 |
| Meinolf Gierse | Mittelschwarzen | 51688 | Wipperfürth | (0 22 67) 27 04 |
| Stadt Velbert Stadtamt 82 | Thomasstr. 1 | 42551 | Velbert | (0 20 51) 26 24 -38 |
| Stadt Wuppertal, Abteilung Forsten | | 42269 | Wuppertal | (02 02) 5 63 –55 48 |
| Willi Dörpfeld | Wickesberg | 42499 | Hückeswagen | (0 21 92) 23 25 |
| Fa. Lesche (Projektplanung: Holzbetriebshof in Ortsteil Kleinsporkert | | | Wuppertal | |

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| ***Überregional:*** | | | | |
| Westerwälder Holzpellets GmbH | Schulweg 8-14 | 57520 | Langenbach | (0 26 61) 62 62 -0 |
| Holzenergie-Zentrum Olsberg | Carls-Aue Str. 91 | 59939 | Olsberg | (0 29 62) 80 24 -71 |

- **Anhang 11k: Anschriften GaLa-Bauunternehmen [1)]**

| *Unternehmen* | *Straße* | *PLZ* | *Ort* | *Telefon* |
|---|---|---|---|---|
| Dirk Angermann | Kronprinzenallee 73 | 42119 | Wuppertal | (02 02) 43 75 05 |
| Alfred Berghöfer | Baisieper Straße 32 | 42859 | Remscheid | (0 21 91) 34 44 55 |
| BIOTOPIC Natursteine GmbH | Hahnenfurth 5 | 42327 | Wuppertal | (0 20 58) 78 26 90 |
| Thomas Borisch | Sohl 1 a | 42499 | Hückeswagen | (0 21 92) 37 55 |
| Georg Buiting | Keusenhof 37 | 42697 | Solingen | (02 12) 7 24 77 |
| Christiansen | Woltersberg 1 | 42111 | Wuppertal | |
| Frank Dethloff | Jakob-Kaiser-Weg 72 | 42111 | Wuppertal | (02 02) 70 80 09 |
| Werner Drögemeier | Küllenhahnerstraße 29 | 42349 | Wuppertal | (02 02) 40 37 57 |
| H.-C. Eckhardt | Woltersberg 1 | 42111 | Wuppertal | (02 02) 72 13 85 |
| Ralf Feick | Heusiepen 2 | 42369 | Wuppertal | (02 02) 46 79 38 |
| Bernd Frenzel | Breite Straße 94 | 42369 | Wuppertal | (02 02) 46 79 79 |
| Ernst Greiser | Schnittert 11 | 42697 | Solingen | |
| Adolf Günßler & Sohn | Winchenbachstraße 83 | 42281 | Wuppertal | |
| Heinz Hamel GmbH | Am Eickhof 56 | 42111 | Wuppertal | (02 02) 77 12 53 |
| Ewald Holste GmbH | Schlieffenstraße 59 | 42329 | Wuppertal | (02 02) 2 78 12 54 |
| Christoph Janthur | Grüne 3 | 42369 | Wuppertal | (02 02) 4 60 31 47 |
| Jost -Tietze + Esplör OHG | Am Goldenbergshammer 130c | 42897 | Remscheid | (0 21 92) 18 13 |
| Wilhelm Juchem | Marscheid 17 | 42287 | Wuppertal | (02 02) 4 69 86 30 |
| Georg Kaspers | Nevigeser Straße 575 c | 42111 | Wuppertal | (0 20 53) 42 38 84 |
| Jakob Leonhards Söhne GmbH | Düsseldorfer Straße 255 | 42327 | Wuppertal | (02 02) 27 14 00 |
| Hubert Mayer | Virchowstraße 20 | 42699 | Solingen | (02 12) 65 34 70 |
| Klaus Pawlik GmbH | Am Singerberg 2 | 42855 | Remscheid | (0 21 91) 2 39 94 |
| Heinrich Petry GmbH & Co. KG | Nützenberger Straße 283 | 42115 | Wuppertal | (02 02) 7 19 55 - 0 |
| Pieper + Stalz GbR | Am Schnapsstüber 56 | 42285 | Wuppertal | (02 02) 70 27 43 |
| Herbert Plöttner | Breite Straße 42/44 | 42369 | Wuppertal | (02 02) 46 47 35 |
| Riess GmbH | Schaberfeld 33-35 | 42659 | Solingen | (02 12) 2 42 20-0 |

| ***Unternehmen*** | ***Straße*** | ***PLZ*** | ***Ort*** | ***Telefon*** |
|---|---|---|---|---|
| Thomas Schmitt | Karl-Theodor-Straße 2 | 42119 | Wuppertal | |
| Robert Schmitz | Grünenberg 4 | 51688 | Wipperfürth | (0 22 67) 8 21 90 |
| Storsberg GaLaBau GmbH | Löhdorfer Straße 61 | 42699 | Solingen | (02 12) 68 60 |
| Stratmann GmbH & Co. KG | Böcklinstraße 25 | 42719 | Solingen | (02 12) 31 28 74 |
| Terra Grün GmbH | Vohwinkeler Straße 159 | 42329 | Wuppertal | (02 02) 7 69 26 90 |
| Alfred Tillmanns | Ueberfeld 12 | 42855 | Remscheid | (0 21 91) 3 01 81 |

[1)] In der Liste sind nur Unternehmen aufgeführt, die im Verband *Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau Rheinland e.V.* organisiert sind. Der Organisationsgrad (Mitgliedsunternehmen) in NRW liegt bei ca. 15 %, dagegen haben die Mitgliedsunternehmen einen Anteil von ca. 70 % am gesamten Lohnaufkommen der Branche.

***Anschrift:***

**Verband Garten-, Landschafts-**
**und Sportplatzbau Rheinland e.V.**
**Sühlstr. 6**
**46117 Oberhausen-Borbeck**
**Telefon: (02 08) 8 48 30 -0**
**Telefax: (02 08) 8 48 30 -57**
**Email: info@galabau-nrw.de**

## Anhang 11l: Mitglieder Arbeitskreis Biomasse

| *Mitglied* | *Straße* | *PLZ* | *Ort* | *Telefon* |
|---|---|---|---|---|
| Abfallwirtschaftsgesllschaft Wuppertal mbH | Korzert 15 | 42349 | Wuppertal | (02 02) 40 42 -0 |
| Energieagentur NRW | Kasinostraße 19-21 | 42103 | Wuppertal | (02 02) 2 45 55 -24 |
| Ev. Stiftung Tannenhof e.V. | Remscheider Str. 76 | 42899 | Remscheid | (0 21 91) 12 -0 |
| EWR GmbH, Remscheid | Neuenkamper Str. 81-87 | 42855 | Remscheid | (0 21 91) 16 - 46 80 |
| Forstamt Mettmann (UFB) | Goldberger Str. 32 | 40822 | Mettmann | (0 21 04) 98 35 21 |
| Kreis Mettmann | Goethestraße 23 | 40806 | Mettmann | (0 21 04) 99 - 10 05 |
| Regionalbüro Bergisches Städtedreieck | Gemarker Ufer 17 | 42269 | Wuppertal | (02 02) 5 63 41 32 |
| Stadt Remscheid | Hastener Str. 11 | 42849 | Remscheid | (0 21 91) 16 - 26 01 |
| Stadt Solingen | Frankfurter Damm 23 | 42719 | Solingen | (0 21 91) 2 90 - 42 24 |
| Stadt Wuppertal | Große Flurstraße 10 | 42275 | Wuppertal | (02 02) 5 63 - 55 48 |
| Stadtwerke Solingen GmbH | Beethovenstr. 210 | 42665 | Solingen | (02 12) 2 95 - 24 50 |
| Verbraucherzentrale NRW R/S | Alleestraße 101-103 | 42853 | Remscheid | (0 21 91) 29 34 11 |
| Wuppertaler Stadtwerke AG | Bromberger Str. 39-41 | 42271 | Wuppertal | (02 02) 5 69 - 40 96 |

- **Anhang 11m: Beispiel Hackschnitzelliefervertrag**

# Vertrag über die Lieferung von Holz

zwischen der .....

mit Sitz in .....

- nachfolgend **Lieferant** genannt -

vertreten durch .....

und der .....

mit Sitz in .....

- nachfolgend **Abnehmer** genannt –

vertreten durch .....

Inhaltsverzeichnis

*§ 1 Vertragsgegenstand ..... 2*
*§ 2 Qualitätskriterien der Holzhackschnitzel..... 2*
*§ 3 Qualitätskontrolle ..... 3*
*§ 4 Vergütung der gelieferten Holzhackschnitzel ..... 4*
*§ 5 Preisgleitklausel ..... 4*
*§ 6 Abrechnung und Zahlungsmodalitäten..... 5*
*§ 7 Leistungen des Lieferanten ..... 5*
*§ 8 Rücknahme der Asche ..... 6*
*§ 9 Grundstücksnutzung..... 243*
*§ 10 Vertragslaufzeit und Kündigungsfristen..... 243*
*§ 11 Haftung ..... 243*
*§ 12 Rechtsnachfolgeregelung..... 243*
*§ 13 Allgemeine Bestimmungen..... 243*

**Präambel :**

# Vertragsgegenstand

Bei diesem Vertrag handelt es sich um einen Vertrag über die Lieferung und Abnahme von Holzhackschnitzel als Brennstoff zur Versorgung des Objekts ..... ..... mit einer Abnahmemenge von mindestens ..... Srm im Jahr.

Die Abrechnung erfolgt nach Schüttraummeter (Srm), Wassergehalt, Schüttdichte und Rindenanteil der Holzhackschnitzel. *(nicht Zutreffendes streichen)*

# Qualitätskriterien der Holzhackschnitzel

Die Einteilung nach Qualitätskriterien erfolgt in Anlehnung an die österreichische Norm (ÖNORM M 7133). Qualitätskriterien, bei denen Abweichungen zulässig sind, werden mit einem Korrekturfaktor versehen der bei der Preisbestimmung berücksichtigt wird.
Der Brennstoff soll eine augenscheinlich homogene Mischung darstellen und frei von Verunreinigungen sein.

1. Wassergehaltsklassen von Hackschnitzeln

| Klasse | Grenzwert (Wassergehalt in %) | Bezeichnung | Korrektur-faktor |
|---|---|---|---|
| W 20 | ^ 20 | lufttrocken | 1,2 |
| W 25 | 21-25 | | 1,1 |
| W 30 | 26-30 | lagerbeständig | 1 |
| W 35 | 31-35 | beschränkt lagerbeständig | 0,9 |
| W 40 | 36-40 | feucht | 0,8 |
| W 50 | 41-50 | erntefrisch | 0,6 |

2. Größenverteilung von Hackschnitzeln

| Klasse | Massenanteil des relevanten Korngrößenbereichs | | | | Extremwerte | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. 20 % [mm] | 60-100 % [mm] | max. 20 % [mm] | max. 4 % [mm] | Querschnitt [cm²] | Länge [cm] |
| G 30 fein | > 16 | 16 - 2,8 | 2,8 -1 | < 1 | 3 | 8,5 |
| G 50 mittel | > 31,5 | 31,5 - 5,6 | 5,6 -1 | < 1 | 5 | 12 |
| G 100 grob | > 63 | 63 - 11,2 | 11,2-1 | < 1 | 10 | 25 |

3. Schüttdichte von Hackschnitzeln

| Klasse | Grenzwert [Schütt-dichte in kg TS/m³] | Bezeichnung | Korrek-turfaktor |
|---|---|---|---|
| S 160 | < 160 | geringe Schüttdichte [Fichte, Tanne, Pappel, Weide] | 0,8 |
| S 200 | 160-200 | mittlere Schüttdichte [Kiefer, Lärche, Birke, Erle, Ahorn, Ulme, Douglasie] | 1 |
| S 250 | > 200 | hohe Schüttdichte [Eiche, Robinie, Esche, Buche] | 1,2 |

4. Aschegehaltsklassen
(Der Aschegehalt steigt mit dem im Holzhackgut enthaltenen Rindenanteil)

| Klasse | Rindenanteil | Bezeichnung | Korrek-turfaktor |
|---|---|---|---|
| A 0,5 | ^ 0,5 % | geringer Rindenanteil [entrindet] | 1 |
| A 2 | 0,6 - 2 % | erhöhter Rindenanteil [mit Rinde oder andere holzartige Stoffe] | 0,9 |

Der Lieferant verpflichtet sich Holzhackschnitzel der folgenden Qualität zu liefern: (*jeweils zulässige Klassen eintragen*)

Wassergehalt: .....
Größe: .....
Schüttdichte: .....
Rindenanteile: entrindet / mit Rinde *(nicht zutreffendes bitte streichen)*
Herkunft: ..... Anteil an Waldrestholz und Landschaftspflegeholz
.....(sonstige Sortimente)

Verunreinigungen wie z.B. Steine, Metallteile und sonstige Fremdkörper sowie brennbare nicht den obigen Beschreibungen entsprechende Brennstoffe sind unzulässig.

**Qualitätskontrolle**

Die Qualitätsprüfung erfolgt anhand von:
a) Rückstellprobe

☐ stichprobenartig
☐ bei jeder Lieferung (*Zutreffendes bitte ankreuzen*)

Beide Vertragspartner entnehmen bei Anlieferung je eine Rückstellprobe (mindestens 10 Liter). Jeder Vertragspartner kann bei vermuteten Qualitätsabweichungen jederzeit die Überprüfung der Rückstellprobe verlangen. Ergibt die Prüfung einer Rückstellprobe eine Überschreitung der Verkehrsfehlergrenzen, so ist der zuviel berechnete Betrag zu erstatten bzw. zu vergüten. Die Kosten der Analyse übernimmt im Falle einer Vertragsabweichung der Lieferant, andernfalls der Abnehmer. Die Rückstellprobe ist in einem luft- und wasserdampfdichten Gefäß 1 Jahr aufzubewahren.

b) Darrmethode

Zur Bestimmung des Wassergehaltes wird bei Anlieferung der Holzhackschnitzel die Darrmethode angewendet. Die Kosten trägt der Abnehmer.

c) Massebestimmung
Die Massebestimmung erfolgt bei Anlieferung mittels Waage.

*(Punkte a-c entsprechend auswählen)*

# Vergütung der gelieferten Holzhackschnitzel

Die Abnahme der gelieferten Holzhackschnitzel erfolgt nach ....., mit einem Fassungsvermögen von ..... Srm (Schüttraummeter). Der Preis je Schüttraummeter richtet sich nach der jeweiligen Qualitätsstufe gemäß § 2 und der Korrekturfaktoren.

Der Brennstoffbasispreis ($BP_0$) beträgt ...,.... Euro/Srm. Die Preisberechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$BP_L = BP \cdot K_W \cdot K_S \cdot K_A$$

$BP_L$ = Brennstoffpreis für die Lieferung

BP = aktueller Brennstoffpreis nach Preisgleitklausel

$K_W$ = Korrekturfaktor für Wassergehalt

$K_S$ = Korrekturfaktor Schüttdichte

$K_A$ = Korrekturfaktor Rindenanteil

Transportkosten und Anlieferungspauschale:

Für die Anlieferung ab Werk fällt eine Transport- und Anlieferungspauschale von ..... Euro/Anfahrt an.

Den Netto-Preisen ist die jeweils gültige gesetzliche Mehrwertsteuer hinzuzurechnen.

# Preisgleitklausel

Der vereinbarte Brennstoffpreis wird gemäß der folgenden Gleichung angepasst:

$$BP = BP_O \cdot (0{,}2\ L/L_O + 0{,}2\ HEL/HEL_O + 0{,}6\ H/H_O)$$

darin bedeuten:

**L =** Tarifliche Stundenvergütung für Angestellte des Bundes/der Länder: VergütungsTV (Bund/Länder), § 6, Vergütungsgruppe IVa.

HEL Preis für Heizöl extra leicht in Euro/hl entsprechend den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamts Fachserie 17, Reihe 2 für Lieferungen von 40 bis 50 hl frei Verbraucher “Rheinschiene“, inkl. Verbrauchssteuern ohne Mehrwertsteuer.

H Erzeugerpreisindex für Schwarten, Spreißel und Reststoffspäne entsprechend den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamts Fachserie 17, Reihe 2. Es gilt das

arithmetische Mittel der letzten 12 veröffentlichten Monatsindizes, inkl. Verbrauchssteuern ohne Mehrwertsteuer.

**Lo =** Die Basis-Stundenvergütung zum Stand 01.10.01 beträgt 16,13 Euro.

**$HEL_o$** Der Basis-Preis für Heizöl extra leicht beträgt 31,77 Euro/hl.

**$H_o$** Die Basis für den Erzeugerpreisindex für Schwarten, Spreißel und Reststoffspäne beträgt 88,6.

Die Anpassung der Preise erfolgt zum 1. Januar und 1. Juli eines jeden Vertragsjahres. Für HEL und H dienen dabei die Durchschnittswerte der vergangenen 12 Monate als Berechnungsgrundlage. Für die tarifliche Stundenvergütung wird für das jeweilige gesamte Abrechnungsjahr der Wert zur Anwendung gebracht, der zum 1.10. des Vorjahres Gültigkeit hatte.

# Abrechnung und Zahlungsmodalitäten

Die Zahlung hat in verlustfreier Kasse durch Banküberweisung innerhalb von 21 Tagen nach Rechnungsdatum zu erfolgen. Fällt der letzte Tag der Zahlungsfrist auf einen Samstag, Sonntag oder gesetzlichen Feiertag, so tritt an dessen Stelle der nächstfolgende Werktag.

Bei verspätetem Zahlungseingang hat der zahlungspflichtige Vertragspartner, ohne dass es einer besonderen Mahnung bedarf, vom Ablauf der Zahlungsfrist an Verzugszinsen in Höhe von 4%–Punkten über dem jeweils gültigen Basiszinssatz der Europäischen Zentralbank zu bezahlen.

Zahlt der Kunde trotz Mahnung nicht oder nicht vollständig oder gerät der Kunde wiederholt in Zahlungsverzug, dann ist der Lieferant zur Kündigung aus wichtigem Grunde berechtigt.

Alle Zahlungen haben auf untenstehendes Konto mit dem Vermerk „HHS-Lieferung für ....." (*Name des Objekts eintragen*) und Lieferdatum zu erfolgen:

Empfänger: .....
Name der Bank: .....
BLZ: .....
Konto-Nummer: .....

# Leistungen des Lieferanten

Der Lieferant verpflichtet sich bis zu ..... Srm für die unter § 1 genannten Holzheizungsanlagen zu liefern.

Der Lieferant verpflichtet sich nur Holzhackschnitzel nach den in § 2 angegebenen Qualitätskriterieren und Herkunft zu liefern.

Der Lieferant verpflichtet sich innerhalb von .... Werktagen ab telefonischer / schriftlicher (Fax) Benachrichtigung zu liefern.
Die Lieferung hat in der Zeit von ..... bis ..... zu erfolgen. Als Ansprechpartner steht .....(Tel. .....) zur Verfügung.

Kommt der Lieferant auch nach zweimaliger Mahnung seinen Leistungspflichten nicht nach, ist der Abnehmer zur Kündigung aus wichtigem Grunde berechtigt.
Unbeschadet bleiben Schadensersatzansprüche, die durch Mehrkosten im Rahmen der Beschaffung über einen anderen Lieferanten entstehen.

# Rücknahme der Asche

Der Lieferant sorgt kostenfrei für eine allen gültigen Vorschriften und gesetzlichen Regelungen entsprechende Entsorgung der Rost- und Zyklonasche. Er führt die gesetzlich notwendigen Entsorgungsnachweise.
Die Kosten für eine eventuell notwendige Ascheanalyse trägt der Lieferant der HHS.

# Grundstücksnutzung

Der Abnehmer gestattet dem Lieferanten eine Nutzung des Grundstücks im Rahmen der Belieferung mit Holzhackschnitzel und stellt während der unter § 7 vereinbarten Zeiten einen ungehinderten Zugang zum Holzhackschnitzellager sicher.

# Vertragslaufzeit und Kündigungsfristen

Beide Vertragspartner sind sich darüber einig, dass dieser Vertrag über eine Laufzeit von ... Jahren geschlossen wird. Beginn der Laufzeit ist der Tag der Aufnahme der Holzlieferung gemäß § 1. Der Vertrag verlängert sich automatisch um weitere ... Jahre, wenn er nicht mit einer Frist von sechs Monaten zum Ende der vereinbarten Laufzeit gekündigt wird.

Eine Kündigung des Vertrages ist innerhalb der vereinbarten Laufzeit, für beide Vertragspartner nur aus wichtigem Grunde zulässig.

# Haftung

Soweit in diesem Vertrag nichts anderes bestimmt ist, gelten für die Haftung der Vertragspartner die allgemeinen gesetzlichen Regelungen. Eine Haftung für leicht fahrlässig verursachte Schäden ist ausgeschlossen.

Der Lieferant haftet bei Lieferausfall oder Lieferverzögerung sowie bei Nichteinhaltung der Qualitätskriterien nach § 2 für die entstandenen Schäden. Insbesondere haftet er bei Nichteinhaltung der vereinbarten Herkunft des Holzbrennstoffs für den durch eine Rückforderung öffentlicher Förderungen entstehenden Schaden. Die Höhe des Schadens ist vom Abnehmer nachzuweisen.

# Rechtsnachfolgeregelung

Jeder Vertragspartner ist berechtigt, seine Rechte und Pflichten aus diesem Vertrag auf einen Dritten zu übertragen. Die ausscheidende Vertragspartei haftet für die Vertragserfüllung weiter, bis der Rechtsnachfolger der ausscheidenden Vertragspartei die uneingeschränkte Übernahme der Vertragsverpflichtungen schriftlich bestätigt und die verbleibende Partei hierin schriftlich eingewilligt hat.

# Allgemeine Bestimmungen

Sollte eine Bestimmung dieses Vertrags unwirksam sein oder werden, berührt dies nicht die Wirksamkeit der übrigen Bestimmungen. Die Vertragspartner verpflichten sich, die unwirksame Regelung durch eine rechtlich gültige Regelung zu ersetzen, durch die der wirtschaftliche und sachliche Zweck der ungültigen Bestimmung so weit wie möglich erreicht wird und die von Beginn der Unwirksamkeit an gilt.

Sollte in diesem Vertrag ein regelungsbedürftiger Punkt versehentlich nicht geregelt worden sein, so verpflichten sich die Vertragspartner, diese Lücke im Sinne und Geiste dieses Vertrags durch eine ergänzende Vereinbarung zu schließen.

Die Vertragspartner werden bemüht sein, eventuelle Meinungsverschiedenheiten aus diesem Vertrag außergerichtlich beizulegen. Ungeachtet dessen wird als ausschließlicher Gerichtsstand ..... vereinbart.

Alle Änderungen und Ergänzungen sowie die Aufhebung des Vertrags einschließlich der Schriftformklausel bedürfen der Schriftform.

Jeder Vertragspartner erhält eine Ausfertigung des Vertrages.

....., den ..... ....., den .....

für den Lieferanten für den Abnehmer

..... .....

***Musterliefervertrag der HESSEN.Energie***