

BioLog I

Überregionales Logistik- und Versorgungsnetzwerk
für Holz-Biomasse

P. Rauch, M. Gronalt, H. Häuslmayer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

51/2007

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

BioLog I

Überregionales Logistik- und Versorgungsnetzwerk
für Holz-Biomasse

DI Dr. Peter Rauch
Mag. Dr. Manfred Gronalt
Mag. Hans Häuslmayer

Wien, Februar 2007

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Projektleitung:

Universität für Bodenkultur

Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Institut für Produktionswirtschaft und Logistik

Mag. Dr. Manfred Gronalt

Projektpartner:

- Bäuerlicher Waldbesitzerverband Salzburg, 5024 Salzburg
- Biomasse Wolkersdorf GmbH & Co KEG, 2120 Obersdorf
- Fritz Egger GmbH & Co. KG, 3105 Unterradlberg
- Landwirtschaftskammer für OÖ Forst und Bioenergie, 4021 Linz
- Österreichische Bundesforste AG, 3002 Purkersdorf
- Waldverband NÖ, 3100 St.Pölten

Autoren:

DI Dr. Peter Rauch

Mag. Dr. Manfred Gronalt

Mag. Hans Häuslmayer

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT. Sie wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis.....	III
Glossar	IV
1 Zusammenfassung (kurz)	1
2 Summary (short)	2
3 Zusammenfassung (lang).....	3
4 Summary (long)	5
5 Ziele des Projekts	8
6 Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie	10
7 Einleitung	13
8 Mengenströme an Holzbiomasse	16
8.1 Bedarf der neuen Biomassekraftwerke.....	16
8.2 Energieholzsteigerungspotenzial im Forst	20
8.3 Bestimmung des freien Potentials.....	23
9 Holz-Logistik-Terminals.....	28
9.1 Varianten für Holz-Logistik-Terminals	28
9.1.1 Industrielles Terminal.....	28
9.1.2 Regionales Terminal.....	28
9.1.3 Agrarisches Terminal.....	29
10 Systemkosten des Versorgungsnetzwerks	31
10.1 Industrielles Terminal mit Produktionsholz-Synergien	33
10.2 Industrielles Terminal ohne Produktionsholz-Synergien	33
10.3 Agrarisches Terminal	33
10.4 Regionales Terminal.....	33
10.5 Systemkosten frei Hacker	34
10.6 Systemkosten frei Werk des Abnehmers	35
11 Dimensionierung eines regionalen Terminals	41
11.1 Anlieferkurve Forst und Bedarfskurve Abnehmer	41
11.2 Terminal Lungau	41
11.2.1 Bedarf Terminal Lungau	42
11.2.2 Dimensionierung des Terminals Lungau	43
11.2.3 Kennzahlen des/der Terminals im Lungau	46
11.2.4 Systemkosten Terminal Lungau	47
12 Taktische Optimierung der Holz-Biomassebereitstellung	49
12.1 LP Modell taktische Versorgung des Wirtschaftsraumes	51
12.2 Kostenvorteil kooperativer Versorgungsnetze	52
12.3 Risiko im Versorgungsnetzwerk	53
13 Design des operativen Versorgungsnetzwerks für Holz-Biomasse.....	58
13.1 LP Modell operative Versorgung des Wirtschaftsraumes.....	59
13.2 Design des Versorgungsnetzwerkes für Waldhackgut	60
13.3 Sensitivität des Liefernetzwerkes	62
14 Schlussfolgerungen und Ausblick	65
15 Literaturverzeichnis	68
16 Anhang	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Betrachteter Wirtschaftsraum des Projekts	13
Abbildung 2: Datenflussdiagramm des Projekts	14
Abbildung 3: Biomassekraft(heiz)werke im betrachteten Wirtschaftsraum	16
Abbildung 4 Jahreszeitliches Lieferaufkommen für Waldhackgut	19
Abbildung 5: Jahreszeitlicher Bedarf im Heizwerk in Lofer	19
Abbildung 6: Jahreszeitlicher Bedarf im Heizwerk in Tamsweg	20
Abbildung 7: Jahreszeitlicher Bedarf im Heizwerk in Strasswalchen.....	20
Abbildung 8: Waldhackgutbedarf der BMKs in Regionen ohne freies Potential	26
Abbildung 9: Prozesslandkarte industrielles Terminal mit stationärem Hacker.....	29
Abbildung 10: Prozesslandkarte regionales Terminal.....	30
Abbildung 11: Prozesslandkarte agrarisches Terminal	30
Abbildung 12: Versorgungsnetzwerk Wald-Biomasse	31
Abbildung 13: Systemkosten 1 für gehacktes Waldholz frei Hacker.....	34
Abbildung 14: Systemkosten 2 für gehacktes Waldholz frei Hacker.....	35
Abbildung 15: Systemkosten mit Synergie pro Srm (Entfernung 90 km).....	36
Abbildung 16: Systemkosten mit Synergie pro Srm (Entfernung 70 km).....	37
Abbildung 17: Systemkosten mit Synergie pro Srm (Entfernung 110 km).....	37
Abbildung 18: Systemkosten ohne Synergie pro Srm (Entfernung 90 km)	38
Abbildung 19: Systemkosten ohne Synergie pro Srm (Entfernung 70 km)	38
Abbildung 20: Systemkosten ohne Synergie pro Srm (Entfernung 110 km).....	39
Abbildung 21: Systemkosten regionale (rT) und industrielle (iT) Terminals	40
Abbildung 22: Systemkosten Terminal Lungau pro Srm frei Abnehmer.....	48
Abbildung 23: BMKs in Regionen ohne freies Waldhackgutpotential	50
Abbildung 24: Ergebnisse LP und Heuristiken (H1, H2, H3).....	53
Abbildung 25: Basisszenario – Konkurrenzverhältnisse in den Regionen	54
Abbildung 26: Gesamte Transportkosten (TK) und durchschnittliche Versorgungsentfernung (VE) für die kostenminimale Lösung (LP) unter verschiedenen Mobilisierungsszenarien.....	55
Abbildung 27 Beschaffungssituation im pessimistischen Szenario.	56
Abbildung 28 Beschaffungssituation im optimistischen Szenario.	56
Abbildung 29: räumliche Anordnung der Terminals.....	58
Abbildung 30 räumliche Anordnung der Terminals in der optimalen Lösung.....	61
Abbildung 31 Sensitivität der optimalen Lösung gegenüber Transportkosten	62
Abbildung 32 Sensitivität der optimalen Lösung gegenüber Änderungen in der Mobilisierungsrate	63
Abbildung 33 Verwendung der Terminals im optimalen Liefernetzdesign - Mobilisierung	64
Abbildung 34 Verwendung der Terminals im optimalen Liefernetzdesign - Transportkosten.....	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bedarf Waldhackgut BMKs Salzburg.....	17
Tabelle 2: Bedarf Waldhackgut BMKs Oberösterreich	17
Tabelle 3: Bedarf Waldhackgut BMKs Niederösterreich	18
Tabelle 4: Bedarf Waldhackgut BMKs Burgenland	18
Tabelle 5: Bedarf Waldhackgut BMKs Wien.....	18
Tabelle 6: Energieholzanfall in Prozent bei der Aktivierung der Durchforstungsreserven	22
Tabelle 7: Holzerntetechnische Nutzbarkeit der Flächen in Prozent des Ertragswaldes	22
Tabelle 8: Mobilisierungsfaktoren für das Projektgebiet	23
Tabelle 9: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut in Salzburg	24
Tabelle 10: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut im Bgld. und Wien.....	24
Tabelle 11: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut in Oberösterreich	24
Tabelle 12: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut im Projektgebiet.....	25
Tabelle 13: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut in Niederösterreich	25
Tabelle 14: Mobilisierungsszenarien für Waldhackgut im Wirtschaftsraum	27
Tabelle 15: In den Berechnungen verwendete Variablen	32
Tabelle 16: Anlieferkurve Waldhackgut aus dem Forst	41
Tabelle 17: Bedarf Waldhackgut bestehender BMKs (30 % der Gesamten Wärmemenge).....	42
Tabelle 18: Bedarf Waldhackgut neuer BMKs für Wärme	42
Tabelle 19: Bedarf Waldhackgut neue BMKs Strom (100 % der Strommenge).....	42
Tabelle 20: Bedarf Terminal Lungau	42
Tabelle 21: Berechnungsgrundlagen.....	43
Tabelle 22: Anlieferkurve Forst für den Lungau	43
Tabelle 23: Bedarfskurve Lungau.....	44
Tabelle 24: Eingestellter Servicelevel und Sicherheitsbestände.....	44
Tabelle 25: Iterativ bestimmter Mindeststartlagerbestand	45
Tabelle 26: Monatliche Anlieferfrequenz, Transportkapazitäten sowie durchschnittliche Lagerhaltungs- und Verwaltungskosten	45
Tabelle 27: Kennzahlen des Terminals Lungau 1	46
Tabelle 28: Kennzahlen des Terminals Lungau 2	46
Tabelle 29: Kennzahlen des Terminals Lungau 3	47
Tabelle 30 Liefermengen von den Regionen (REGION) direkt an die BMKs (PLANTS) Teil I	72
Tabelle 31 Liefermengen von den Regionen (REGION) direkt an die BMKs (PLANTS) Teil II	73
Tabelle 32 Liefermengen von den Regionen (REGION) an die Terminals Teil I.....	74
Tabelle 33 Liefermengen von den Regionen (REGION) an die Terminals Teil II	75
Tabelle 34 Liefermengen von den Terminals an die BMKs (PLANTS) Teil I	76
Tabelle 35 Liefermengen von den Terminals an die BMKs (PLANTS) Teil II	77

Glossar

BFI		Bezirksforstinspektion
BHD		Brusthöhendurchmesser, gemessen in 1,3 m Höhe
BMK		Biomassekraftwerk
Derbholz		Holz mit Durchmesser $\geq 7\text{cm}$
Efm		Erntefestmeter, entspricht Vorratsfestmeter abzüglich Rindenverluste bzw. Verluste bei der Holzernte
fm		Festmeter, forstliches Raummass für Rundholz, entspricht m^3
FPP		Kooperationsabkommen zwischen Verbänden der Forst-, Papier- und Holzwirtschaft, das Kooperationsabkommen heißt seit Herbst 2005 FHP-Forst Holz Papier
GTP		Gross Technical Potential, das theoretisch nachhaltig nutzbare Potenzial an zusätzlichem Energieholz
Heizwert		Wärmemenge, die bei der vollständigen Verbrennung von 1kg festen Brennstoff frei wird
HS		Hackschnitzel
H_u		Heizwert eines festen Brennstoffes
MW		Megawatt
MW(bml)		Leistung Megawatt thermisch und elektrisch
MW(el)		Leistung Megawatt elektrisch
LP		Lineare Programmierung, Verfahren zur Optimierung linearer Zielfunktionen über einer Menge, die durch lineare Gleichungen und Ungleichungen eingeschränkt ist
NAP		Net available potential, unter Berücksichtigung der realen Mobilisierung wird das tatsächlich verfügbare Potenzial bestimmt
NSP		Net supply potential, das technisch mögliche und wirtschaftlich nutzbare Potenzial, um das Potential in unzugänglichen Flächen und Seilgelände reduziert
Polter		Lagerstandorte von geschlagenem Holz
Schutzwald außer Ertrag		Schutzwälder in schwer oder gar nicht begehbaren Lagen; keine oder nur unbedeutende Holznutzungen möglich. Bestände auf dürftigsten, ganz minderwertigen Standorten ohne Ertrag. Dazu zählen auch Krummholzkiefern-, Legbuchen- und Grünerlenflächen (Schieler et Hauk 2001, 46)

Schutzwald im Ertrag		Wälder, die so zu bewirtschaften sind, dass ihre Erhaltung als möglichst stabiler Bewuchs gewährleistet ist, unter Berücksichtigung der Schutzfunktion und Bodenerhaltung besonders in steilen Lagen (Schieler et Hauk 2001, 46)
Srm		Schüttraummeter, Maßeinheit für einen Raummeter geschütteter Holzteile (z.B. Waldhackgut)
Vfm		Vorratsfestmeter, gemessen mit Rinde, Holzvorrat eines stehenden Baumes /Bestandes, nur Derbholz
Waldhackgut		Hackgut, das aus Derb-/Reisholz erzeugt wurde
Wirtschaftswald		Wälder, die einem oder mehreren Wirtschaftszielen dienen und im Allgemeinen regelmäßig als Hochwald bewirtschaftet werden (Schieler et Hauk 2001, 45).

1 Zusammenfassung (kurz)

In Österreich wird seit dem Ökostromgesetz 2002 der Einsatz von Waldbiomasse zur Energieerzeugung in besonderem Maße gefördert. Eine Reihe von neu gebauten Biomassekraftwerken (BMKs) führt zu einem erheblichen Mehrbedarf an Brennstoff, auch in Form von Waldhackgut. Diese Studie entwirft für einen regionalen Wirtschaftsraum (Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich, Burgenland und Wien) ein kooperatives Versorgungssystem für Waldhackgut und legt die daraus erzielbaren Kostenvorteile gegenüber unabhängig optimierten Liefernetzen dar. Der Nutzen des vorgestellten Ansatzes liegt in der ganzheitlichen Koordination und Minimierung der Transporte zwischen Wald, Versorgungsknoten (Terminals zum Hacken oder Umschlagen) und Kraftwerken. Weitere Synergieeffekte können mit Produktionsunternehmen der Holz- bzw. Papierindustrie, die freie Kapazitäten (Hacker, Lager, Umschlaginfrastruktur) einsetzen können, genutzt werden.

Anhand der aktuellen Österreichischen Waldinventur wurde das mobilisierbare Energieholzsteigerungspotenzial bestimmt und die zur Sicherung der Versorgungssicherheit der neu geplanten Biomassekraftwerke (BMK) notwendigen Importströme quantifiziert. Kein Bundesland des betrachteten Wirtschaftsraumes kann seinen neuen Waldhackgutbedarf allein stillen, nur Salzburg und Oberösterreich haben ein annähernd ausgeglichenes Angebot-Nachfrageverhältnis. Deshalb ist der westliche Teil des Untersuchungsgebietes auch weniger stark von der aufkommenden Rohstoffkonkurrenz betroffen als der östliche, wo die regionale Nachfrage das in der Region vorhandene Angebot bei weitem übersteigt und circa 2,5 Mio. Schüttraummeter Waldhackgut fehlen.

Die kostengünstigste Versorgung der Biomassekraftwerke, die nicht allein durch die Wälder der Region, in der sie liegen, versorgt werden können, erfolgt zu Gesamtkosten von 17 Mio. Euro und mit einer minimalen durchschnittlichen Transportdistanz von 122 km. Die optimale Versorgungsstrategie wurde mit einem Ansatz der Linearen Programmierung (LP) ermittelt. Diese kooperative Versorgung aller neu entstehenden BMKs mit Waldhackgut weist zudem deutliche Einsparungspotenziale gegenüber der derzeitigen Situation auf, wo jedes Werk ein eigenständiges Versorgungssystem errichtet. Die Kosten der aktuellen Versorgungssituation liegen im Vergleich mit den Kosten der im LP-Modell bestimmten optimalen Versorgung des Wirtschaftsraumes um ca. 20 bis 40 % höher. Die Strategie einer kooperativen Versorgungsplanung erzielt also deutlich bessere Ergebnisse als bei einer unkoordinierten Beschaffung.

2 Summary (short)

In Austria, the use of bio fuels has been promoted by law since the year 2002. Several bio-fuel-fired power plants have been built, in turn resulting in a strongly increased demand for fuel, and especially for forest fuel. The present study presents the design of a cooperative forest fuel supply network for an area including the five Federal States of Austria (Salzburg, Upper Austria, Lower Austria, Burgenland, and Vienna) and outlines the resulting cost advantages compared to uncoordinated procurement. Coordination as well as minimizing transports between the forest, terminals, and power plants and synergies with enterprises of the forest-based industry offering free capacities for chipping, storing, and the manipulation of forest fuels are the main benefits of the presented cooperative supply network.

The procurement of all CHPs that cannot be supplied with forest fuel by their nearby surroundings (district) can be ensured with costs of 17 M Euro and within an average transport distance of 122 km. This optimal procurement strategy was derived by solving an LP model. The LP model states a cooperative procurement strategy that results in lower costs than in the actual situation where each CHP plans its procurement alone. Approximately 20 to 40% of the actual procurement costs could be saved by way of cooperative planning.

Scenario analyses show that rising inland energy wood utilization rates is tremendously important for CHPs' economic performance. Compared with the actual inland energy wood utilization rate (base scenario) an increase of approx. 50% would lead to a cost reduction of approx. 33%.

Using LP, a forest fuel supply network ensuring minimum procurement costs is designed for the study region including 5 Federal States of Austria. The network design defines for each CHP its supply channels and respective supply volumes. Furthermore, it decides which terminals to open as well as the terminal volumes. 19 regional terminals were set mainly in districts with a high forest fuel potential and a low inner-district demand. In each of the 5 Federal States, one potential location for an industrial terminal was found, 4 of them are part of an existing forest based industry plant and one is located at Austria's largest new CHP (Vienna). The agricultural terminals are only available in beet growing regions, in which 14 of them were selected. Five agricultural terminals are available year-round, whereas 9 others are not during beet harvest season. Terminals should be diffused over the total study area, but because of the low system costs and enormous capacity of the industrial terminals, nearly no terminal was located in their nearer surroundings.

3 Zusammenfassung (lang)

In Österreich wird seit dem Ökostromgesetz 2002 der Einsatz von Waldbiomasse zur Energieerzeugung in besonderem Maße gefördert. Eine Reihe von neu gebauten Biomassekraftwerken (BMKs) führt zu einem erheblichen Mehrbedarf an Brennstoff, auch in Form von Waldhackgut. Diese Studie entwirft für einen regionalen Wirtschaftsraum (Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich, Burgenland und Wien) ein kooperatives Versorgungssystem für Waldhackgut und legt die daraus erzielbaren Kostenvorteile gegenüber unabhängig optimierten Liefernetzen dar. Der Nutzen des vorgestellten Ansatzes liegt in der ganzheitlichen Koordination und Minimierung der Transporte zwischen Wald, Versorgungsknoten (Terminals zum Hacken oder Umschlagen) und Kraftwerken. Weitere Synergieeffekte können mit Produktionsunternehmen der Holz- bzw. Papierindustrie, die freie Kapazitäten (Hacker, Lager, Umschlaginfrastruktur) einsetzen können, genutzt werden.

Mit der vorliegenden Studie wird das Nutzungspotenzial von Waldhackgut dem Bedarf gegenübergestellt, wobei auf die regionale Verteilung des Anfalls und des Bedarfes eingehend Bezug genommen wird. Anhand der aktuellen Österreichischen Waldinventur wurde das mobilisierbare Energieholzsteigerungspotenzial bestimmt und die zur Sicherung der Versorgungssicherheit der neu geplanten Biomassekraftwerke (BMK) notwendigen Importströme quantifiziert. Kein Bundesland des betrachteten Wirtschaftsraumes kann seinen neuen Waldhackgutbedarf allein stillen, nur Salzburg und Oberösterreich haben ein annähernd ausgeglichenes Angebot-Nachfrageverhältnis. Deshalb ist der westliche Teil des Untersuchungsgebietes auch weniger stark von der aufkommenden Rohstoffkonkurrenz betroffen als der östliche, wo die regionale Nachfrage das in der Region vorhandene Angebot bei weitem übersteigt und circa 2,5 Mio. Schüttraummeter Waldhackgut fehlen. Die im Projekt realistisch angenommenen Importraten für die Nachbarstaaten werden in Zukunft aufgrund des in diesen Staaten steigenden Eigenbedarfes möglicherweise sinken.

Die kostengünstigste Versorgung der Biomassekraftwerke, die nicht allein durch die Wälder der Region, in der sie liegen, versorgt werden können, erfolgt zu Gesamtkosten von 17 Mio. Euro und mit einer minimalen durchschnittlichen Transportdistanz von 122 km. Die optimale Versorgungsstrategie wurde mit einem Ansatz der Linearen Programmierung (LP) ermittelt. Diese kooperative Versorgung aller neu entstehenden BMKs mit Waldhackgut weist zudem deutliche Einsparungspotenziale gegenüber der derzeitigen Situation auf, wo jedes Werk ein eigenständiges Versorgungssystem errichtet. Die Kosten der aktuellen Versorgungssituation liegen im Vergleich mit den Kosten der im LP-Modell bestimmten optimalen Versorgung des Wirtschaftsraumes um ca. 20 bis 40 % höher. Die Strategie einer kooperativen Versorgungsplanung erzielt also deutlich bessere Ergebnisse als bei einer unkoordinierten Beschaffung.

Die Wichtigkeit einer Mobilisierung der heimischen Holzreserven untermauern auch die Ergebnisse der Szenarienanalyse. Im Vergleich zum Basisszenario mit aktuell realistisch abgeschätzten Mobilisierungsraten bewirkt ein Ansteigen des

im Inland mobilisierten Waldhackgutes um 50 % eine Verringerung der Versorgungskosten um ein Drittel. Sinkt allerdings das Inlandsaufkommen im selben Ausmaß, so würde dies ein Ansteigen der Gesamtkosten um 25 % nach sich ziehen.

Die operationale Umsetzung der bereits auf taktischer Ebene erzielten positiven Ergebnisse liegt im konkreten Design des Versorgungsnetzwerkes, wobei verschiedene Arten von Terminals (industrielle bzw. regionale und agrarische Terminals) und die Variante der Direktlieferung aus dem Forst derart miteinander kombiniert werden, dass die BMKs des Wirtschaftsraumes möglichst kostengünstig und sicher beliefert werden können. Die optimale Lösung verwendet lediglich 19 der 38 vorgeschlagenen Terminals. Das Versorgungsnetzwerk besteht neben 10 regionalen noch aus 6 agrarischen Terminals. Von den vorgeschlagenen 5 industriellen Terminals werden nur die Standorte in den Bundesländern Salzburg und Burgenland nicht genützt. Die Höhe der Direktlieferungen von den Regionen zu den BMKs beläuft sich auf 59 % der Gesamtnachfrage der BMKs. Regionale oder agrarische Terminals in Nähe von industriellen Terminals wurden nicht genutzt (z.B. Herzogenburg und Zwentendorf–Unterradlberg). Weiters liefern Regionen mit hoher inner-regionaler Nachfrage oft direkt an das Werk und vorgeschlagene regionale Terminals werden nicht eröffnet (z.B. im Bezirk Scheibbs, Steyr und Amstetten). Über industrielle Terminals werden im Jahr ca. 1,1 Mio. Srm Waldhackgut transferiert, während regionale Terminals in Summe 363.000 und agrarische Terminals 239.000 Srm Waldhackgut umschlagen.

4 Summary (long)

In Austria, the use of bio fuels has been promoted by law since the year 2002. Several bio fuel-fired power plants have been built, in turn resulting in a strongly increased demand for fuel, and especially for forest fuel. The present study presents the design of a cooperative forest fuel supply network for an area including the five Federal States of Austria (Salzburg, Upper Austria, Lower Austria, Burgenland, and Vienna) and outlines the resulting cost advantages compared to uncoordinated procurement. Coordination as well as minimizing transports between the forest, terminals, and power plants and synergies with enterprises of the forest-based industry offering free capacities for chipping, storing, and the manipulation of forest fuels are the main benefits of the presented cooperative supply network.

The present study estimates the energy wood potential and investigates the regional demand and supply. The actual data of the Austrian forest inventory 2002 were used as the calculation basis for the net available energy wood potential. Furthermore, the required import possibilities were checked to secure the forest fuel supply of all CHPs. There are high unused potentials of forest fuels in Austrian forests. For each district the available potential was to be estimated keeping in mind that there are technical and economic restrictions, as along with the varied attitudes of forest owners. Calculations were made for forest areas where harvesting operations are permitted. The available supply potential of forest fuels was calculated in two steps. At first, the total sustainable potential parts that cannot be harvested at all or cannot be harvested economically were removed. Then, the resulting supply potential was reduced according to a mobilization factor giving in turn the part of the owners who are supposed to really harvest forest fuels. The mobilization factor has been assessed by the employees of the chamber of agriculture and forest owner cooperations. Within the study region, no federal state is able to fully satisfy its CHP's demand, in which only Salzburg and Upper Austria have a nearly balanced supply and demand ratio. This is why the western part of the study region faces lower competition than the eastern, in which it is there that approx. 2.5 Mlcbm of forest fuel is lacking. In the future, import rates from neighboring countries could decrease because of rising self-imposed requirements.

The procurement of all CHPs that cannot be supplied with forest fuel by their nearby surroundings (district) can be ensured with costs of 17 M Euro and within an average transport distance of 122 km. This optimal procurement strategy was derived by solving an LP model. The LP model states a cooperative procurement strategy that results in lower costs than in the actual situation where each CHP plans its procurement alone. Approximately 20 to 40% of the actual procurement costs could be saved by way of cooperative planning.

Scenario analyses show that rising inland energy wood utilization rates is tremendously important for CHPs' economic performance. Compared with the actual inland energy wood utilization rate (base scenario) an increase of approx. 50% would lead to a cost reduction of approx. 33%.

Using LP, a forest fuel supply network ensuring minimum procurement costs is designed for the study region including 5 Federal States of Austria. The network design defines for each CHP its supply channels and respective supply volumes. Furthermore, it decides which terminals to open as well as the terminal volumes. 19 regional terminals were set mainly in districts with a high forest fuel potential and a low inner-district demand. In each of the 5 Federal States, one potential location for an industrial terminal was found, 4 of them are part of an existing forest based industry plant and one is located at Austria's largest new CHP (Vienna). The agricultural terminals are only available in beet growing regions, in which 14 of them were selected. Five agricultural terminals are available year-round, whereas 9 others are not during beet harvest season. Terminals should be diffused over the total study area, but because of the low system costs and enormous capacity of the industrial terminals, nearly no terminal was located in their nearer surroundings.

The solution of the operative LP models provides a design of the procurement system for the entire study region combining different types of terminals as well as a direct supply from forest fuel to plants. For the given demand and supply volumes, the optimum supply network is determined by considering transport, chipping, and overall system costs. Forest fuel can be supplied directly from a district to a CHP in a chipped or non-chipped form. Furthermore, different types of terminals are used as intermediate storage and chipping locations. Three kinds of terminals are considered. At first there is the type of a regional terminal storing round wood and chips for one or several CHPs. A regional terminal is located in the forest where access has to be ensured throughout the year. Converting round wood into chips is performed by a mobile truck mounted chipper visiting the regional terminal on demand. The area of the regional terminal has to be determined according to the maximum amount of forest fuel stored at a particular time of the year. This amount depends on the seasonality of both the fuel supply out of the forest and fuel demand of the CHP(s). Regional terminals need part-time employees for the acceptance of forest fuel shipment and for organizing chipping and transport to plants.

The second type of terminal is an industrial terminal where a stationary chipper is available. Sometimes the chipper is also used for chipping pulp wood or wood for panel boards. Fuel chipping in connection with chipping for paper or panel board production leads to low chipping costs. Furthermore, using existing infrastructure and personal resources make the industrial terminal a rather efficient fuel distributor. In the study region, for each Federal state, one industrial terminal is assumed, 4 are part of a forest based industry where a CHP is also included, and one is the fuel terminal of Austria's largest CHP.

The third terminal type is an agricultural terminal that is usually used for beet campaigns, and therefore, equipped with a weighbridge. Agricultural terminals can accept forest fuel supply on a weight and moisture content basis. Some of the agricultural terminals are not used any longer for beet campaigns, so they

are available year-round. Others cannot be used from the middle of September until the end of December where beet campaigns are made.

Therefore, the forest fuel network includes the option of direct supplies by using terminals. This method ensures that the total costs for supplying all the plants are minimized. The optimal solution requires 19 terminals out of the 38 suggested. The network uses, besides 3 industrial terminals, 10 regional and 6 agricultural. The direct fuel flow from the forest to CHPs is approx. 60% of the total demand and 27% is supplied by 3 industrial terminals. The supply volume of the 10 regional is 8%, whereas agricultural terminals supply only 5%. Regional or agricultural terminals in the nearer surroundings of an industrial terminal are not used. In regions with high demand forest fuel supply, it is often done directly and no terminal is opened in the region.

Various changes in important parameters of the business environment are defined in order to test the sensitivity of the optimal network design. One parameter is transport costs where an increase is tested. The second parameter is the inland energy wood utilization rate where scenarios are defined with 10 by 50% less or more from the actual rate. With the abovementioned changes, the input parameters for the LP model are newly calculated, and then LP is solved again.

Simulation of the transport cost changes shows in turn that the optimal network design is stable within an increase of 20 to 50% as well as between 70 to 110%. For an increase between 20 to 50%, the network uses the same 17 terminals, in which only the optimal solution for an increase of 30% needs one terminal less. The second stable area constantly necessitates 13 terminals, in which one solution to the next only one terminal location is changed. Solutions of the other increase rates show that the amount of used terminals is decreasing when transport cost are rising.

The amount of terminals needed for the optimal supply of the study area is decreasing when the inland mobilization rate increases. At the same time, the volume of the direct supply from forests to CHPs is rising. However, if the inland mobilization rate is decreasing by 20% or more, a stable set of 18 terminals is used for the forest fuel supply network. For an inland mobilization rate decrease of 10%, two additional terminals would be needed.

5 Ziele des Projekts

Mit dem Ökostromgesetz und seinen Novellen wurde der Einsatz von Waldbiomasse zur Energieerzeugung besonders gefördert. In Österreich wurde eine Reihe von neuen Biomassekraftwerken gebaut bzw. geplant, was zu einem erheblichen Mehrbedarf von Brennstoff, auch in Form von Waldhackgut führen wird.

Primäres Ziel dieses Projektes war die Entwicklung eines innovativen Logistikkonzeptes zur kooperativen Brennstoffversorgung der Bioenergiekraftwerke eines großen Wirtschaftsraumes (Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich und Wien), um Synergien zu nutzen, die Transport- und Lagerkosten zu senken sowie die Versorgungssicherheit zu erhöhen.

Verschiedene Arten von Logistikterminals (zentrale bzw. regionale Terminals) werden im Konzept so miteinander kombiniert, dass die Bioenergiewerke dieses Wirtschaftsraumes möglichst kostengünstig und sicher beliefert werden können. Für den betrachteten Wirtschaftsraum werden entsprechende Berechnungen durchgeführt und ein effizientes Design des Liefernetzwerkes für biogene Brennstoffe entwickelt.

Ziel des Projektes war auch zu zeigen, dass durch die kooperative Planung der Versorgung wesentliche Synergien wie gemeinsame Nutzung von Lagerplätzen und von Aufbereitungstechnologie zu Kostensenkungen führen, dass durch die höheren gemeinschaftlichen Mengen Skaleneffekte erzielt werden können und dass durch gemeinsame Sicherheitsbestände Versorgungsengpässe in einzelnen Regionen besser überbrückt werden können.

Ein weiteres Ziel dieses Projektes war also somit die Überwindung isolierter Ansätze, die Vermeidung von Insellösungen und damit das Ausnutzen von systemimmanenten Synergien. Zusätzlich sollten bei den Partnern (Rohstoffbereitsteller, Transporteure, Abnehmer) Lerneffekte in der übergreifenden Zusammenarbeit erzielt werden.

Weiters führen Kostenersparnisse durch Synergien zur Möglichkeit der erhöhten Mobilisierung von Rohstoff aus dem Kleinwald. Ein wesentliches Element dieser Studie ist die realistische Abschätzung des frei verfügbaren Potenzials an Waldhackgut, wobei das mobilisierbare Potenzial an Waldbiomasse dem erwarteten Bedarf der künftigen Energieerzeugung gegenübergestellt wird, um daraus optimale Versorgungslinien ableiten zu können.

Nicht zuletzt war es somit auch Ziel des Projektes, durch die Berechnung der Mobilisierungsmöglichkeiten und Kooperationseffekte dem österreichischen Kleinwaldbesitzer langfristig zu ermöglichen, an der Wertschöpfung bei der Erzeugung von Bioenergie aus Holz zu partizipieren. Damit sich Kleinwaldbesitzer an der Versorgung dieser Werke beteiligen, muss der in kleinen Mengen im Kleinwald anfallende Brennstoff in regionalen Logistikterminals gesammelt, aufbereitet und gelagert werden, um den entstehenden Bedarf in den Biomassekraftwerken vor Ort bedienen zu können.

Die zusätzliche Möglichkeit der Beteiligung des einzelnen Kleinwaldeigentümers, nämlich in Form einer Waldwirtschaftsgemeinschaft (WWG) oder über den jeweiligen Waldverband (WV) Betreiber dieser Logistikterminal zu sein, motiviert dazu, vermehrt Waldhackgut im eigenen Wald zu ernten, bisher ungenutztes Potential zu mobilisieren und damit die Versorgungssicherheit der neu entstehenden oder neu geplanten Biomassekraftwerke zu erhöhen.

6 Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie

Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“

Das Anliegen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ ist es, Technologien und Konzepte für ein auf der Nutzung erneuerbarer Energieträger aufbauendes, energieeffizientes und flexibles Energiesystem zu entwickeln, und deren Umsetzbarkeit durch Demonstrationsvorhaben zu zeigen.

Das hiermit vorliegende Projekt trägt durch die Entwicklung eines kooperativen Versorgungsnetzwerkes für einen großen Wirtschaftsraum Österreichs dazu bei, die Deckung der Energiebedürfnisse flexibel, zuverlässig und kostengünstig aus erneuerbaren Energieträgern, wie Biomasse, durch kooperative Ansätze zu ermöglichen. Negative Umweltauswirkungen und Gesamtsystemkosten werden, bei gleichzeitiger Sicherstellung der Versorgungssicherheit aufgebauter oder projektierte Kapazitäten, minimiert.

Beitrag zu den Detailzielen: Energieeffizienz

Zu Fragen der Energieeffizienz im technologischen Sinne der Energieerzeugung trägt das Projekt nicht direkt bei. Allerdings kann durch das entwickelte Netzwerk regionaler Logistikterminals für Biomasse eine effiziente Versorgung der einzelnen Kraftwerke ermöglicht werden. Dadurch werden dafür eingesetzte Ressourcen so effizient und nachhaltig wie möglich genutzt, Transportwege kurz gehalten und Energieverschwendung im Zuge der Versorgung vermieden.

Beitrag zu den Detailzielen: Nutzung erneuerbarer Energieträger

Im Projekt wurde ein Regionen übergreifendes kooperatives Versorgungsnetzwerk für Biomasse bei gleichzeitiger Schaffung von Anreizen der Mobilisierung von bisher ungenutzten Potentialen berechnet. Das Aufzeigen des Benefits der gemeinsamen Nutzung der Rohstoffe bei gleichzeitiger Erhöhung der Nutzmengen durch Mobilisierungsanreize und Minimierung der dafür notwendigen Kosten und Umweltauswirkungen, statt Konkurrenz um knappe Ressourcen, stellt das Hauptergebnis des Projekts dar. Dadurch wird das Potential der Nutzung der erneuerbaren Energieträger im betrachteten Wirtschaftsraum, aber auch für die zukünftige Umlegung des Konzepts auf Gesamt-Österreich, erhöht und notwendige logistische Voraussetzungen im Beschaffungsmanagement der nachwachsenden Rohstoffe geschaffen.

Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie

Beitrag zu den Detailzielen: Systemfragen und geeignete Implementierungsstrategien und Verbesserungen der Gesamteffizienz von Energiesystemen und ihren Komponenten

Die Studie entwickelte eine neuartige, kosteneffiziente, kooperative Implementierungsvariante für die wichtige Frage der Versorgung neuer Biomassekraftwerke. Dadurch wird in einem der wichtigsten Wirtschaftsräume Österreichs ein Referenzsystem erarbeitet, welches auch in der Projektfortsetzung auf andere Teile des Landes übertragen angewandt wird. Erst durch das Konzept einer effizienten Versorgung der bestehenden und projektierten Energiesystem-Infrastruktur werden weitere Schritte der effizienten Erzeugung und Verwertung ermöglicht. Das erarbeitete Konzept bildet demnach auch bei entsprechendem Umsetzungswillen die Basis für weitere Schritte und Projekte im Sinne der Programmlinie.

Beitrag zu den Detailzielen: Schaffung einer technologischen Basis zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energieträger

In diesem Thema setzte das Projekt aufgrund seines Konzeptcharakters keine direkten technologischen Schritte. Da das Projekt aber ein Versorgungsnetzwerk für Biomasse für einen konkreten Wirtschaftsraum für definierte Abnehmer erarbeitet hat, wird dadurch wiederum die Basis der erhöhten Nutzung der erneuerbaren Energieträger geschaffen. Auch stehen die beteiligten Projektpartner als Interessensvertreter des Kleinwalds für eine erhöhte Mobilisierung vorhandenen Potentials des erneuerbaren Energieträgers Holz.

Beitrag zu den Detailzielen: Verbesserung der Kooperation Wissenschaft-Wirtschaft und Ausbau der Forschungskompetenz

Das Projektkonsortium bestand im Kern aus Experten des Instituts für Produktionswirtschaft und Logistik der Universität für Bodenkultur Wien, welches im Bereich der Forst- und Holzwirtschaft sowie in der Nutzung von erneuerbarer Energie erhebliches Know-how in der Logistik und dem Beschaffungsketten- und Versorgungsmanagement von nachwachsenden Rohstoffen aufweist. Weiters waren Interessensverbände und Kooperationen der "Produzenten" des Rohstoffs aus allen beteiligten Regionen (Salzburg, Niederösterreich, Oberösterreich) als auch Abnehmer des Rohstoffs aus der Energiewirtschaft Teil des Projektkonsortiums. Die Darlegung des erarbeiteten Konzeptes zeigt, dass hier von einem Musterbeispiel der Kooperation von Know-how der Wissenschaft und Praxis der Wirtschaft gesprochen werden kann.

Ein bereits beauftragtes Nachfolgeprojekt belegt die Qualität der Fortsetzung dieser erfolgreichen Partnerschaft, und ermöglicht somit den Ausbau der Kompetenz des Forschungsstandortes Österreichs durch die Programmlinie Energiesysteme der Zukunft.

7 Einleitung

Weltweit steigt das Bewusstsein, dass fossile Energieträger langsam zur Neige gehen können. Andererseits benötigen bevölkerungsreiche Länder wie China und Indien gerade jetzt fossile Energieträger für ihre wirtschaftliche Entwicklung. Vor diesem Hintergrund ist die Verwendung von erneuerbaren Energieträgern ein komplementäres Konzept zur Sicherung der Energieversorgung. Diese Energieträger weisen jedoch erhebliche Bereitstellungskosten auf, sodass einer optimierten Zulieferung große Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

In Österreich wurde mit dem Ökostromgesetz 2002 der Einsatz von Waldbiomasse zur Energieerzeugung besonders gefördert. Eine Reihe von neu gebauten Biomassekraftwerken (BMKs) führt zu einem erheblichen Mehrbedarf an Brennstoff, auch in Form von Waldhackgut. Für einen regionalen Wirtschaftsraum (Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich, Burgenland und Wien) wird in dieser Studie ein kooperatives Versorgungssystem für Waldhackgut entworfen und die daraus erzielbaren Kostenvorteile gegenüber unabhängig optimierten Liefernetzen dargelegt.

Abbildung 1 zeigt die betrachteten Regionen Österreichs.

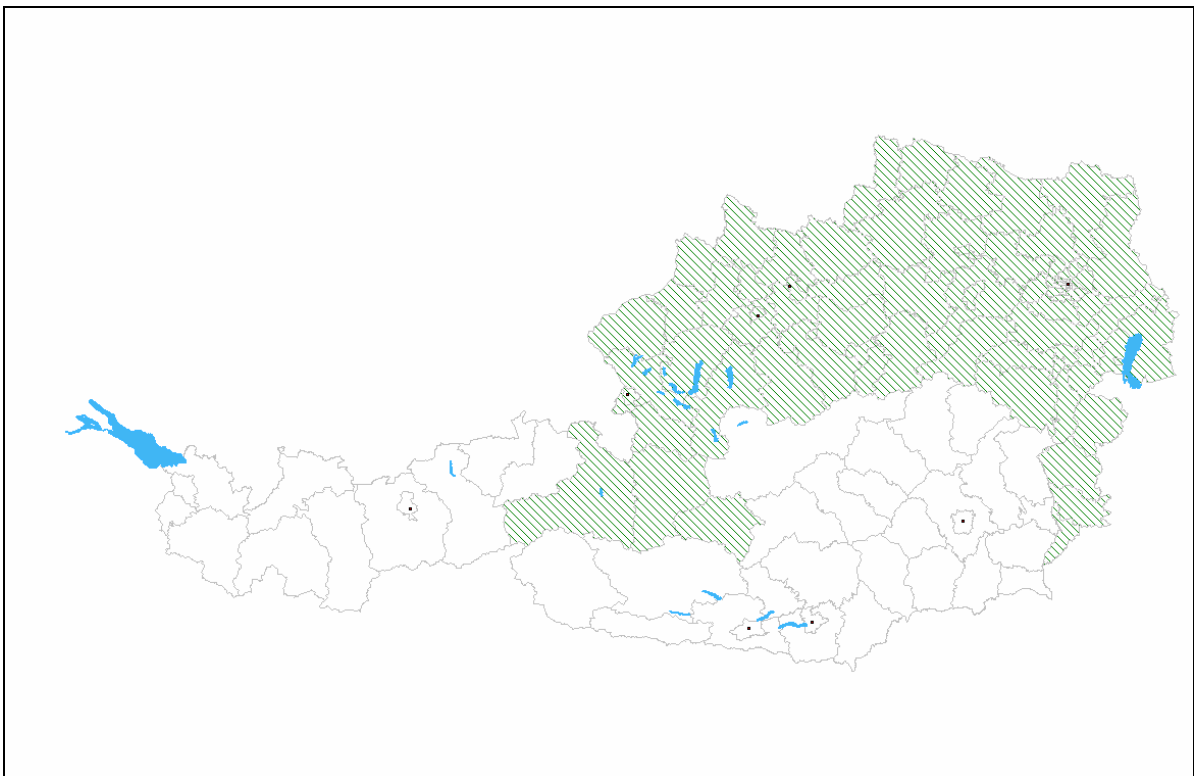


Abbildung 1: Betrachteter Wirtschaftsraum des Projekts

Zunächst muss für die betrachteten Regionen das frei verfügbare Potenzial an Waldhackgut bestimmt werden. Das mobilisierbare Potenzial an Waldbiomasse wird dem erwarteten Bedarf der künftigen Energieerzeugung auf regionaler und überregionaler Ebene gegenübergestellt, um so potenzielle Versorgungslücken offenlegen zu können.

Mittels Linearer Programmierung (Transportmodell) werden optimale Versorgungslinien für alle BMKs des betrachteten Wirtschaftsraumes abgeleitet. Nach dieser taktischen Zuordnung der Liefergebiete zu den Kraftwerken erfolgt in der operativen Optimierung das konkrete Design der Lieferkette, das neben direkten Lieferungen auch den Materialumschlag sowie die Aufbereitung in verschiedenen Terminaltypen vorsieht.

Ein umfassendes Kostenmodell, das die Transportkosten sowie die Systemkosten der Terminals beinhaltet, wird zum Vergleich verschiedener Versorgungslinien entwickelt, und für die Standortentscheidungen der zu errichtenden Terminals und der kostengünstigsten Versorgung des Wirtschaftsraumes wird ein Modell der Linearen Programmierung gelöst.

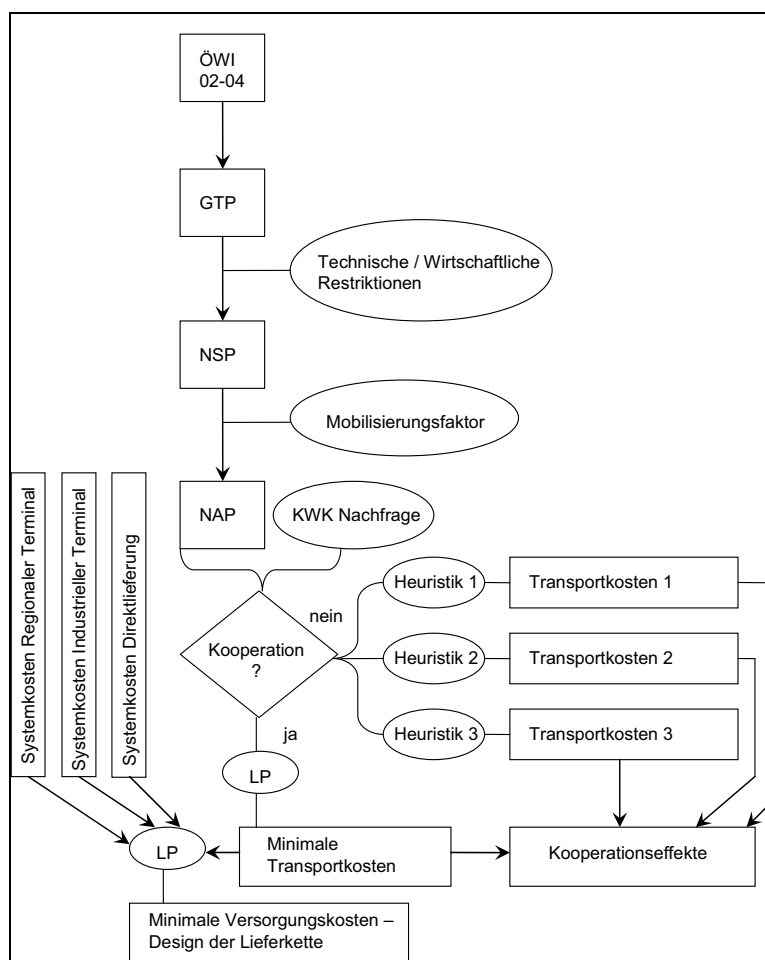


Abbildung 2: Datenflussdiagramm des Projekts

In Abbildung 2 ist das dem Projekt zugrunde liegende Datenflussdiagramm dargestellt. Es zeigt, welche Daten für die Berechnung des tatsächlich verfügbaren Potentials an Waldhackgut (NAP) und welche weiterführenden Daten zur Bestimmung von optimalen Versorgungslinien benötigt werden.

Der Nutzen des vorgestellten Ansatzes liegt in der ganzheitlichen Koordination und Minimierung der Transporte zwischen Wald, Versorgungsknoten (Terminals zum Hacken oder Umschlagsterminal) und Kraftwerken. Weitere

Synergieeffekte ergeben sich, wenn Produktionsunternehmen der Holz- bzw. Papierindustrie freie Kapazitäten (Hacker, Lager, Umschlaginfrastruktur) einsetzen.

8 Mengenströme an Holzbiomasse

Im folgenden Abschnitt werden die Potenziale des sowohl wichtigsten, als auch teuersten Brennstoffsortimentes (Waldhackgut) berechnet, die Mengenanforderungen der BMKs innerhalb der Regionen erhoben, sowie die sich daraus ergebende Grundversorgung mit Waldhackgut dargestellt. Diese Angebotserhebung dient als Ausgangspunkt der Überlegungen zur Aufstellung des Versorgungsnetzwerkes.

8.1 Bedarf der neuen Biomassekraftwerke

Der zusätzliche Bedarf an Waldhackgut ab 2006 wurde für die neuen BMKs (vgl. Abbildung 3) berechnet bzw. abgeschätzt. Die Daten basieren sowohl auf Angaben der Betreiber als auch auf Planungs- und Einreichdaten bzw. auf Berechnungen von Energieagenturen (vgl. Tabelle 1 bis 5). Neben der Gesamtbrennstoffwärmeleistung sind die elektrische Leistung sowie Daten zum Baustatus, den angenommenen Volllaststunden und die vorgeschriebene/ benötigte Waldhackgutmenge angeführt.

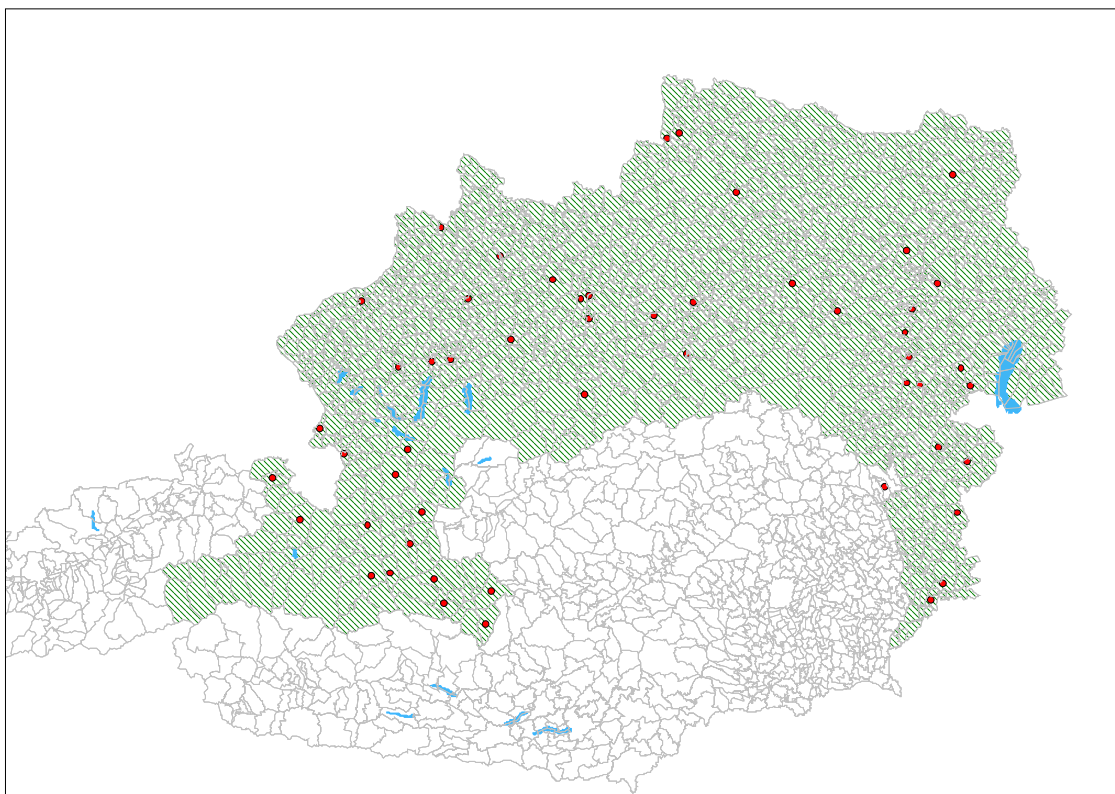


Abbildung 3: Biomassekraft(heiz)werke im betrachteten Wirtschaftsraum

Tabelle 1: Bedarf Waldhackgut BMKs Salzburg

Standort	Leistung		Status	Volllast	Waldhackgut
	Brennstoff MVV(bml)	Strom MW(el)			
Abtenau Schachl	7,7	1,1			25.050
Altenmarkt	9,6	0,5	2005	5.000	26.008
Bischofshofen	5,6	0,8	2006	4.900	6.000
Filzmoos	0,08	0			43
Großarl	4,95	0,5	2005	4.900	5.083
Hallein	31	5	2006	7.000	250.000
Kleinarl	2,5	0			1.906
Lofer	4,2	0,6			35.714
MDF-Hallein	6,93	0,99			19.000
Obertauern	6,5	0		4.000	5.490
Ramingstein	0,35	0		4.000	363
Schösswendter	21,5	5			100.000
St. Michael Netz	2	0			1.265
Tamsweg	3,5	0,5			7.937
Strobl	1,5	0			915
Wals Siezenheim	9,99	1,5	2006	7.000	17.846
Summe	117,9	16,49			502.620

Tabelle 2: Bedarf Waldhackgut BMKs Oberösterreich

Standort	Leistung		Status	Volllast	Waldhackgut
	Brennstoff MVV(bml)	Strom MW(el)			
Altheim	.	4	2005	7.000	7.000
Attnang Puchheim	14	1,6	2005	7.500	0
Engelhartzell	1	0,2	2005	4.000	4.200
Enns	26	5	2005	7.000	367.500
Frankenmarkt	26	5	2005	7.000	0
Aschach/Donau	10	2	2006	7.000	91000
Friedburg	3	0,1	2006	7.000	2100
Grieskirchen	1	0,2	2006	6.000	0
Linz	32,5	8,5	2006	7.500	34.300
Reichraming	0,5	0	2006	4.000	3.300
Sattledt	1	0,1	2006	4.000	1.680
Timelkam	49,7	14,9	2006	6.000	17.500
Summe	236,7	56,5			528.580

Tabelle 3: Bedarf Waldhackgut BMKs Niederösterreich

Standort	Leistung		Status	Volllast	Waldhackgut
	Brennstoff MVV(bml)	Strom MW(el)			
Amstetten	25	5	2006	7.200	124.200
Brand	22	4,3	2005	7.000	16.800
Gmünd	25	5	2006	5.000	189.000
Klosterneuburg	4	0,2	2003	3.500	4.200
Mistelbach	5	1	2005	7.000	35.100
Sollenau	22	4,3	2005	7.000	16.800
Unterradlberg	40	8	2006	7.000	96.768
Wiener Neustadt	3	0,6	2003	4.900	22.500
Ybbs	22	4,4	2004	7.000	0
Schrems	10	2	2006		75.000
Rastefeld	10	2	2006		75.000
Baden	20	5	2006		150.000
Mödling	20	5	2006		150.000
Gresten		2			105.000
Ennsdorf		5			252.000
Ensthofen		5			450.000
Summe	315,5	64,2			1.762.368

Tabelle 4: Bedarf Waldhackgut BMKs Burgenland

Standort	Leistung		Status	Volllast	Waldhackgut
	Brennstoff MVV(bml)	Strom MW(el)			
Rechnitz	10	2	2006	7.000	105.000
Güssing 1	8	2	2002	6.000	69.000
Güssing 2	10	2	2006	7.000	105.000
Güssing 3	1,5	0,4	2006	7.000	15.000
Heiligenkreuz	33	10	2006	7.000	172.500
Markt St. Martin	10	2	2006	7.000	105.000
Neudörfel	49	10	2006	7.000	122.500
Oberpullendorf	10	2	2006	7.000	105.000
Eisenstadt	10	2	2006	7.000	105.000
Siegersdorf	10	2	2006	7.000	105.000
Summe	152,5	34,4			1.009.000

Tabelle 5: Bedarf Waldhackgut BMKs Wien

Standort	Leistung		Status	Volllast	Waldhackgut
	Brennstoff MVV(bml)	Strom MW(el)			
Simmering	62,5	12,4	2006	6500	600.000

Neben der reinen Jahresmenge ist auch der Bedarf über den Jahresverlauf hinweg zu betrachten, da die reinen Heizwerke den Hauptbedarf im Winter haben. Es zeigt sich, dass sich die Schwankungen im jahreszeitlichen Aufkommen des Waldhackgutes vor allem durch Witterungseinflüsse ergeben, die den Transport bzw. die Holzernte aus dem Wald verhindern und in der Nachfrage gegenläufig sind (vgl. Abbildung 4).

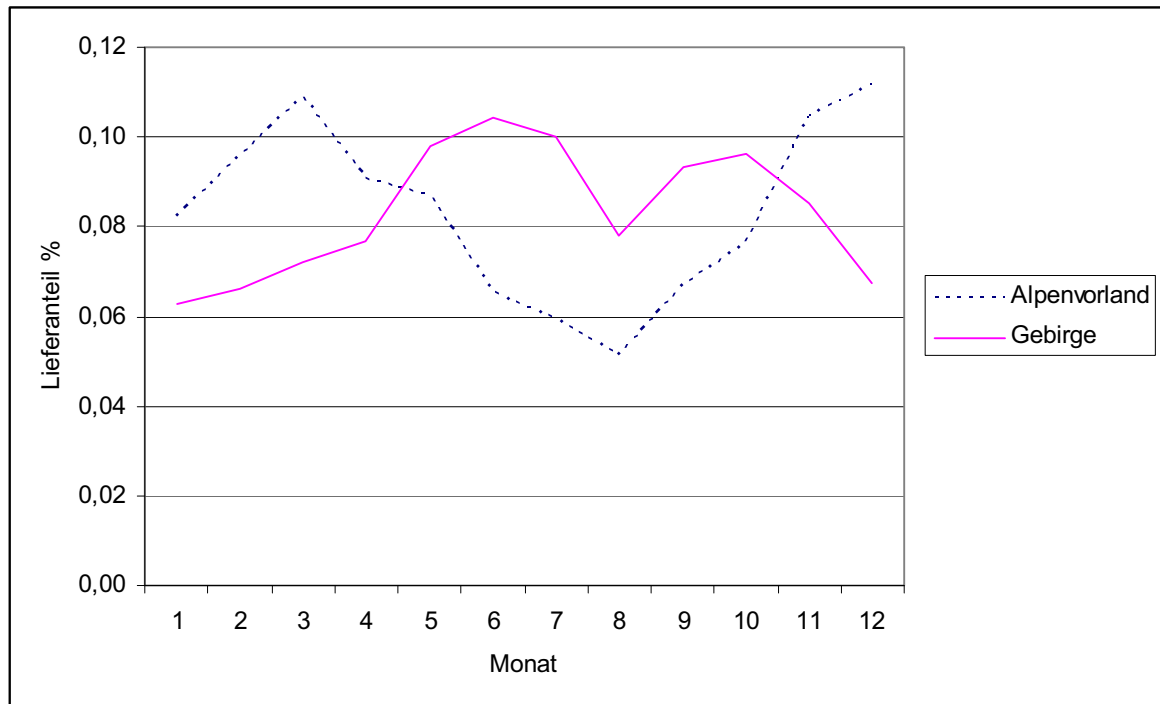


Abbildung 4: Jahreszeitliches Lieferaufkommen für Waldhackgut

Die nachfolgenden Abbildungen 5–7 zeigen drei Beispiele für Heizwerke und die Ergebnisse der Bedarfsberechnung über den Jahresverlauf.

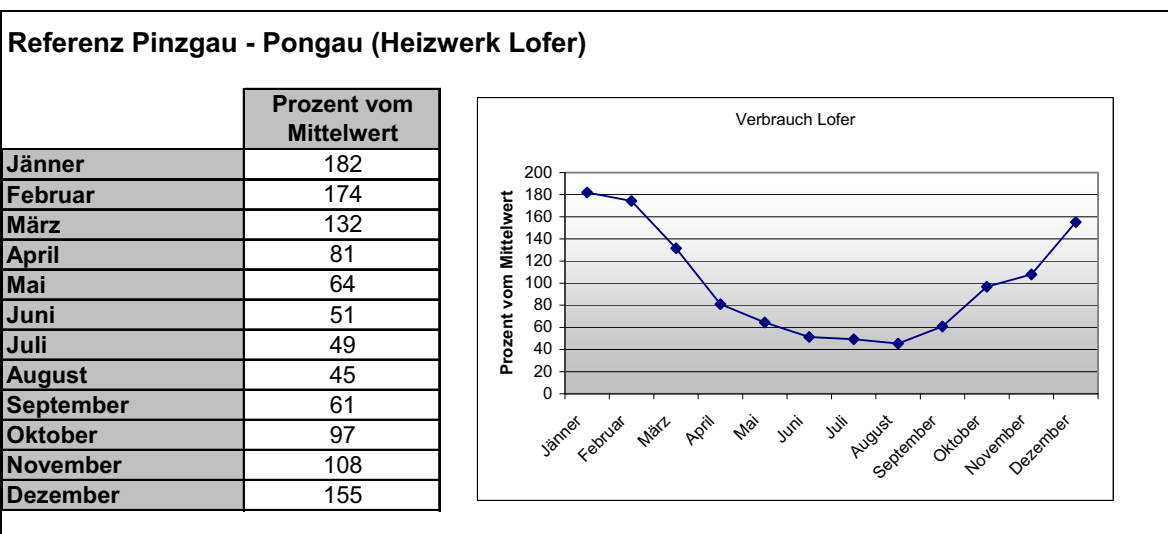


Abbildung 5: Jahreszeitlicher Bedarf im Heizwerk in Lofer

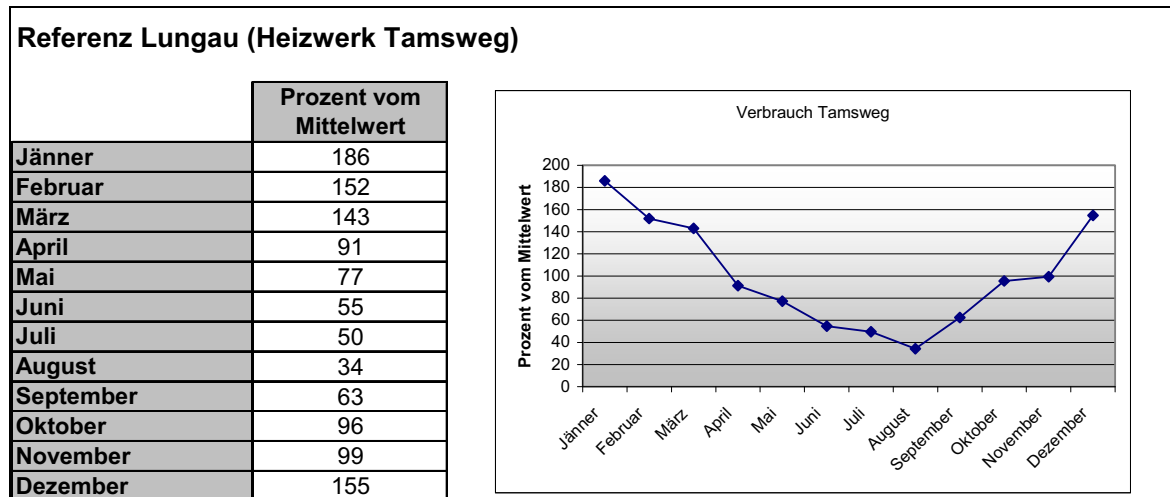


Abbildung 6: Jahreszeitlicher Bedarf im Heizwerk in Tamsweg

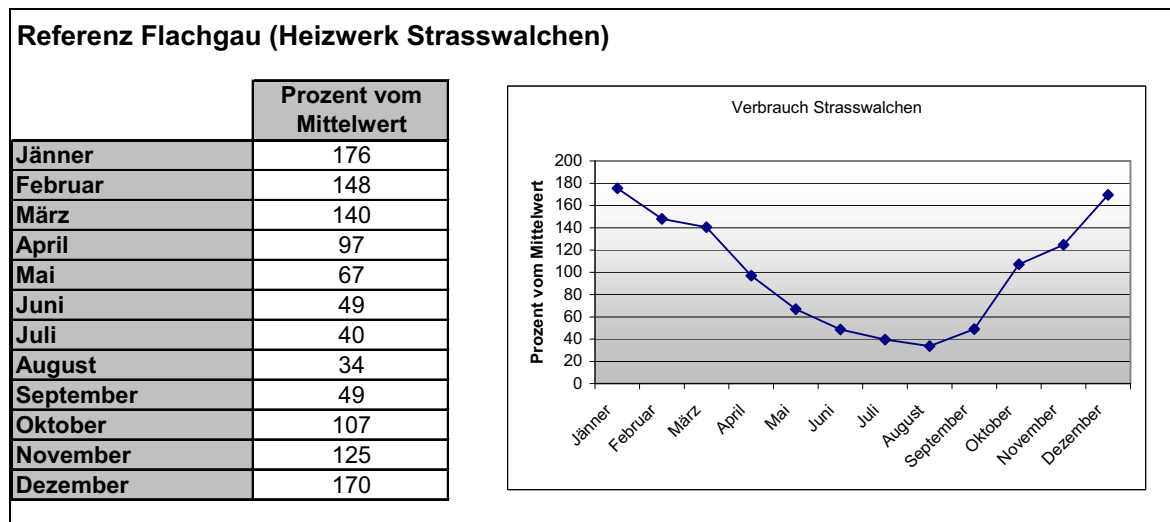


Abbildung 7: Jahreszeitlicher Bedarf im Heizwerk in Strasswalchen

Ganz anders stellt sich der Bedarf über das Jahr bei den industriellen Heizkraftwerken dar, da hier aufgrund der wirtschaftlichen Situation eine möglichst gleichmäßige Auslastung angestrebt wird. Der geringere Bedarf an Wärmeerzeugung im Sommer kann in der bestehenden Technologie durch eine etwas höhere Stromausbeute teilweise kompensiert werden, was aber in der Regel zu einer Verminderung der Gesamtwirkungsgrade führt. Der Brennstoffbedarf bleibt aber in diesem Fall über das ganze Jahr nahezu konstant.

8.2 Energieholzsteigerungspotenzial im Forst

Zur Bestimmung des Potentials der Steigerung des Energieholzaufkommens für den betrachteten Wirtschaftsraum (NÖ, OÖ, Salzburg, Burgenland und Wien) kann auf die aktuellen Ergebnisse der Österreichischen Waldinventur 2000–2002 (Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, 2004) zurück-

gegriffen werden. Das aktuelle Einschlags- und Ausformungsverhalten der Forstwirtschaft kann über die Daten der Holzeinschlagsmeldung sowie über Daten für das Sortimentsaufkommen des Arbeitskreises „Holzbilanz 2004“ des Kooperationsabkommens ForstPlattePapier (FPPAK Holzbilanz 2004) abgeschätzt werden. Die Berechnungen werden für den Wirtschaftswald sowie für den Schutzwald in Ertrag durchgeführt.

Mehrere Autoren haben das Energieholzpotential Österreichs bzw. der einzelnen Bundesländer bestimmt (Jonas, 2000; Jonas und Haneder, 2001; Streißelberger et al., 2003). Als implizite Annahme setzen ihre Berechnungen voraus, dass innerhalb eines bestimmten Zeitraumes (10 Jahre) jeder einzelne Waldbesitzer seine Nutzungsmöglichkeiten zur Gänze realisieren wird. Diese Grundannahme ignoriert die Tatsache, dass es in Österreich Waldbesitzertypen gibt, die ihren Wald vor allem als Erholungsort schätzen (Kvarda, 2005) oder gar nicht Holz nutzen wollen (Hogl et al., 2005). Ein Beispiel, wie bei der Bestimmung des Energieholzpotenzials auch Konkurrenz durch andere Nutzungsformen des Materials in die Berechnungen inkludiert werden könnten, geben Junginger et al. (2001).

In dieser Studie wird die Methodik zur Bestimmung des Energieholzpotenzials entsprechend den aktuellen Entwicklungen in der Holzernte sowie der Ausformung adaptiert. Das Energieholzpotenzial ist in einem mehrstufigen Verfahren zu ermitteln. Zuerst wird das theoretisch nutzbare und nachhaltig verfügbare Energieholzpotenzial kalkuliert. Davon wird anschließend jener Teil eruiert, der unter den gegebenen naturräumlichen Gegebenheiten auch tatsächlich zumindest kostendeckend geerntet werden kann. Dieses theoretische Potenzial wird abschließend mit einem Mobilisierungsfaktor bereinigt, um zu berücksichtigen, dass nicht jeder Eigentümer rein betriebswirtschaftliche Interessen verfolgt bzw. seine Nutzungsreserven auch tatsächlich im kalkulierten Zeitraum erntet oder ernten lässt. Die Schätzung der jeweiligen Mobilisierungsrate erfolgte in enger Kooperation mit forstlichen Praktikern, die dafür umfangreiche Hintergrundstudien bzw. Spezialkenntnisse der forstwirtschaftlichen Gegebenheiten einfließen lassen konnten.

Das theoretisch nachhaltig nutzbare Potenzial an zusätzlichem Energieholz (Gross Technical Potential = GTP) aus dem Wald ergibt sich aus der Aktivierung der Durchforstungsreserven und der kompletten Nutzung des jährlichen Zuwachses. Der Astanteil wird abhängig vom Stammvolumen mithilfe eines durchschnittlichen Faktors von 12,5 % bestimmt (Dietrich et al., 2002). Tatsächlich variiert dieser Faktor von Bestand zu Bestand vor allem abhängig von Bonität und waldbaulicher Behandlung. Der Astanteil wird jeweils für Energie- und Nutzholz berechnet, da er von beiden Sortimenten bei entsprechender Holzerntetechnik zur Verfügung gestellt werden kann.

Vom theoretisch nachhaltig nutzbaren Potenzial ausgehend wird das technisch mögliche und wirtschaftlich nutzbare Potenzial (Net Supply Potential = NSP) durch Korrekturen für unzugängliche Flächen, Seilgelände und Flächen für teil- und hochmechanisierte Verfahren bestimmt. Die Daten hierfür stammen aus einer Sonderauswertung der Österreichischen Waldinventur (Büchsenmeister, 2006).

Die Anteile an Energieholz bei unterschiedlichen Ernte- und Pflegemaßnahmen sind durch eine Reihe von Praktikern ebenso angeschätzt und aufeinander abgestimmt worden, wie die zu erwartende Mobilisierungsrate in den Bundesländern, die jeweils getrennt für die Positionen Abbau der Pflegerückstände, Steigerung der Nutzungsintensität, Äste, Wipfel aus der Gesamtnutzung sowie Gesundschnitte eruiert wird. Durch Berücksichtigung der realen Mobilisierung kann ausgehend vom technisch möglichen und wirtschaftlich nutzbaren Steigerungspotenzial für Energieholz das tatsächlich verfügbare Potenzial (Net Available Potential = NAP) bestimmt werden.

Das theoretisch nachhaltig nutzbare Potenzial an zusätzlichem Energieholz aus dem Wald ergibt sich aus der Aktivierung der Durchforstungsreserven und der kompletten Nutzung des jährlichen Zuwachspotenziales, wobei bei waldbaulichen Maßnahmen abhängig von der Eingriffsart unterschiedliche Anteile an Energieholz anfallen (vgl. Tabelle 6)

Tabelle 6: Energieholzanfall in Prozent bei der Aktivierung der Durchforstungsreserven

	NÖ	OÖ	W	B	S
Durchforstung	70	70	70	70	40
Verjüngungshieb	5	5	5	5	25
Räumung	5	5	5	5	5
Entrümpelung	20	20	20	20	25
Standraumerweiterung	100	100	100	100	100
Steigerung Nutzungsintensität	20	20	20	20	20
Holzernteverlust (Vfm in Efm)	25	25	25	25	25

Vom theoretisch nachhaltig nutzbaren Potenzial ausgehend, wird nun das technisch mögliche und wirtschaftlich nutzbare Energieholzsteigerungspotenzial durch Korrekturen für unzugängliche Flächen, reinem Seilgelände und Flächen für teil- und hochmechanisierte Verfahren, bestimmt (Büchsenmeister 2006). Als technisch möglich und wirtschaftlich nutzbar werden nur Bestände mit einer Hangneigung bis zu 50 % angenommen, da dort teil- und hochmechanisierte Verfahren überwiegend eingesetzt werden können. Die konkreten Werte sind in Tabelle 7)

Tabelle 7: Holzerntetechnische Nutzbarkeit der Flächen in Prozent des Ertragswaldes

	NÖ	OÖ	W	B	S
unzugängliche Flächen	0	1	0	0	3
reines Seilgelände (steiler 60%)	11	15	10	2	30
Flächen für teil- und hochmechanisierte Verfahren	89	84	90	98	67

Das theoretische Potenzial wird nun mit dem Mobilisierungsfaktor bereinigt, weil nicht jeder Eigentümer rein betriebswirtschaftliche Interessen verfolgt bzw. seine Nutzungsreserven auch tatsächlich im kalkulierten Zeitraum erntet

oder ernten lässt. Die Bestimmung der Mobilisierungsrate sowie der Nutzung bisher im Wald zurückgelassener Gesundschnitte erfolgte in enger Kooperation mit den Projektpartnern, die dafür umfangreiche Hintergrundstudien bzw. Spezialkenntnisse der forstwirtschaftlichen Gegebenheiten einfließen lassen konnten (vgl. Tabelle 8)

Tabelle 8: Mobilisierungsfaktoren für das Projektgebiet

	NÖ	OÖ	W	B	S
Abbau Pflegerückstände	50%	50%	50%	50%	33%
Steigerung Nutzungsintensität	20%	20%	20%	20%	60%
Äste, Wipfel von Gesamtnutzung	20%	20%	20%	20%	33%
Gesundschnitte in fm	200.000	130.000	2.000	37.000	20.000

Das jährliche Energieholzsteigerungspotenzial setzt sich also aus mehreren Positionen zusammen:

Abbau der Pflegerückstände: Der Wert ergibt sich aus dem Produkt der um den Flächenanteil für teil- und hochmechanisierte Verfahren reduzierten, jährlich maximal möglichen Durchforstungsmenge mit der tatsächlich erreichbaren Mobilisierungsrate.

Der Steigerung der Nutzungsintensität: Eine wesentliche Steigerung wird nur für Flächen erwartet, die eine Hangneigung bis zu 50 % aufweisen, wobei diese entsprechend der Mobilisierungsrate reduziert werden müssen.

Äste und Wipfel: Dieser Wert beruht auf der Annahme, dass in 5 Jahren ca. 30 % der Nutzungen als Ganzbaumnutzung durchgeführt werden.

Gesundschnitte: Hierbei erfolgt eine Schätzung der effektiven jährlichen Menge.

8.3 Bestimmung des freien Potentials

Die Gegenüberstellung des Bedarfes an Waldhackgut, angegeben in Schüttraummeter (Srm) mit dem verfügbaren Steigerungspotenzial der Region zeigt frei verfügbare Potentiale bzw. eventuelle regionale Bedarfsunterdeckungen auf. Das Energieholzsteigerungspotenzial des Wirtschaftsraumes ergibt sich aus der Summierung der Potentiale der einzelnen Bezirksforstinspektionen in den Bundesländern (Tabelle 9 bis Tabelle 12). Die Umrechnung von Festmeter auf Schüttraummeter erfolgt mit dem Faktor 2,5 (ÖNORM M7132 nach Kaltschmitt und Hartmann 2001).

Tabelle 9: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut in Salzburg

	Mehrbedarf Srm	Steigerungspotential Srm	freies Potential Srm
Flachgau	18.761	81.000	62.239
Tennengau	294.050	61.000	-233.050
Pinzgau	135.714	139.000	3.286
Pongau	44.530	141.000	96.470
Lungau	9.565	64.000	54.435
Salzburg	502.620	486.000	-16.620

Tabelle 10: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut im Bgld. und Wien

	Mehrbedarf Srm	Steigerungspotential Srm	freies Potential Srm
Burgenland-Nord	542.500	62.000	-480.500
Burgenland-Süd	466.500	81.000	-385.500
Burgenland	1.009.000	143.000	-866.000
Wien	600.000	6.000	-594.000

Tabelle 11: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut in Oberösterreich

	Mehrbedarf Srm	Steigerungspotential Srm	freies Potential Srm
Braunau am Inn	9.100	58.000	48.900
Freistadt	0	50.000	50.000
Gmunden	0	63.000	63.000
Grieskirchen	0	6.000	6.000
Kirchdorf/Krems	0	66.000	66.000
Linz	401.800	5.000	-396.800
Perg	0	26.000	26.000
Ried im Innkreis	0	15.000	15.000
Rohrbach	0	35.000	35.000
Schärding	4.200	25.000	20.800
Steyr	3.300	54.000	50.700
Urfahr	0	23.000	23.000
Vöcklabruck	17.500	71.000	53.500
Wels	92.680	14.000	-78.680
Oberösterreich	528.580	511.000	-17.580

Tabelle 12: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut im Projektgebiet

	Mehrbedarf Srm	Steigerungspotential Srm	freies Potential Srm
Salzburg	502.620	486.000	-16.620
Niederösterreich	1.762.368	704.000	-1.058.368
Oberösterreich	528.580	511.000	-17.580
Wien	600.000	6.000	-594.000
Burgenland	1.009.000	143.000	-866.000
gesamter Wirtschaftsraum	4.402.568	1.850.000	-2.552.568

Tabelle 13: Potentiale und Nachfrage nach Waldhackgut in Niederösterreich

	Mehrbedarf Srm	Steigerungspotential Srm	freies Potential Srm
Amstetten	826.200	47.000	-779.200
Baden	150.000	33.000	-117.000
Gänserndorf	35.100	8.000	-27.100
Horn	0	38.000	38.000
Korneuburg	0	17.000	17.000
Krems	75.000	46.000	-29.000
Lilienfeld	0	56.000	56.000
Melk	0	41.000	41.000
Mistelbach	0	9.000	9.000
Neunkirchen	0	69.000	69.000
Sankt Pölten	96.768	47.000	-49.768
Scheibbs	105.000	62.000	-43.000
Waidhofen/Thaya	264.000	73.000	-191.000
Wiener Neustadt	39.300	51.000	11.700
Wien-Umgebung	154.200	37.000	-117.200
Zwettl	16.800	70.000	53.200
Niederösterreich	1.762.368	704.000	-1.058.368

Während im westlichen Teil (OÖ, Sbg.) des Wirtschaftsraumes die Nachfragesteigerung durch das noch vorhandene Steigerungspotenzial annähernd abgedeckt werden kann, entsteht im östlichen Teil ein Defizit in Höhe von 2,5 Mio. Srm. Aus den angrenzenden ausländischen Wirtschaftsräumen (Bayern, Tschechien, Slowakei und Ungarn) kann aufgrund der dort in wesentlich geringerem Ausmaß neu entstehenden Abnehmerstrukturen für Waldhackgut mit einem entsprechenden Import von Waldhackgut gerechnet werden. Die kalkulierte Unterdeckung des Wirtschaftsraumes mit Waldhackgut könnte also gegebenenfalls durch Importe aus den angrenzenden Staaten

gedeckt werden. Der Waldhackgutbedarf der BMKs, die sich nicht unmittelbar durch den Bezirk, in dem sie liegen, mit Waldhackgut versorgen können, ist in Abbildung 8 dargestellt. Die fünf größten BMKs haben gemeinsam einen Waldhackgutbedarf von ca. 2 Mio. Srm, was 45 Prozent des Gesamtbedarfes ausmacht.

Die Gegenüberstellung des Bedarfes an Waldhackgut mit dem verfügbaren Steigerungspotenzial der Region zeigt frei verfügbare Potenziale bzw. eventuelle regionale Bedarfsunterdeckungen auf (vgl. Tabelle 14).

Zur Simulation der Auswirkungen von gravierenden Änderungen in den Mobilisierungsraten wurden basierend auf den obigen Berechnungen (realistisches Szenario) zwei weitere Mobilisierungsraten (pessimistisch und optimistisch) angenommen. Das pessimistische Szenario unterstellt ein Absinken der Mobilisierungsrate um 50 %, während für das optimistische Szenario ein Anstieg um 50 % erwartet wird.

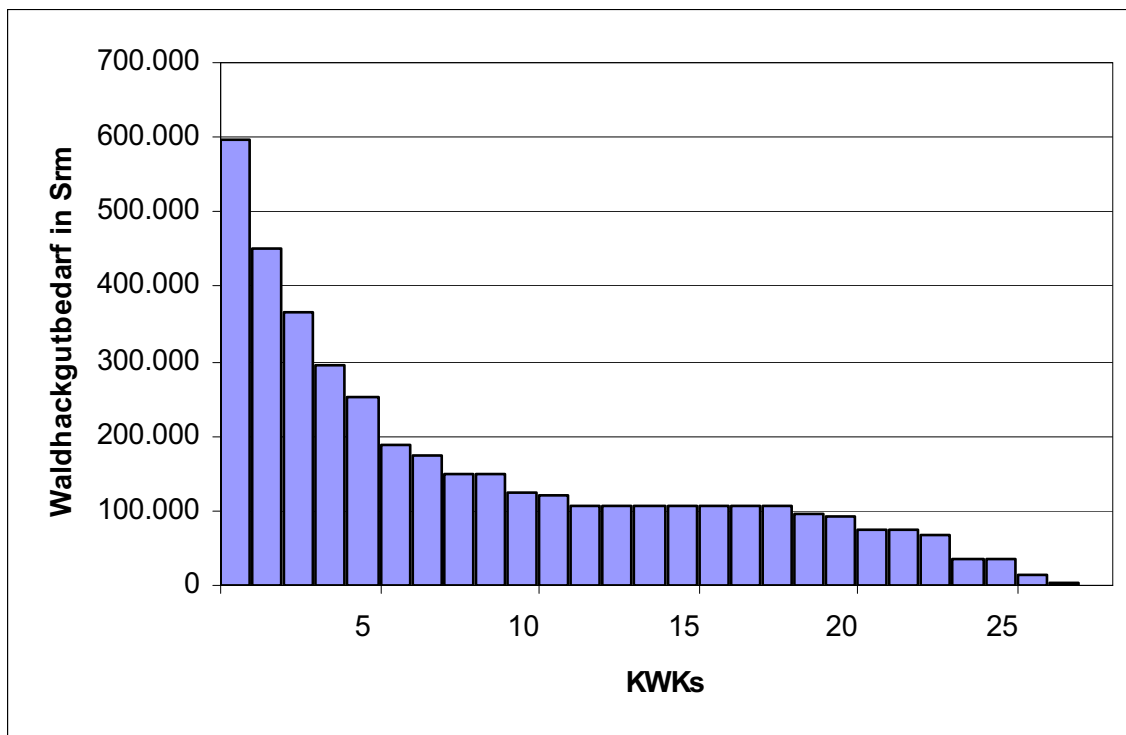


Abbildung 8: Waldhackgutbedarf der BMKs in Regionen ohne freies Potential

Tabelle 14: Mobilisierungsszenarien für Waldhackgut im Wirtschaftsraum

Bundesland	Mehrbedarf in 1.000 Srm	Steigerungspotenzial in 1.000 Srm			Freies Potenzial in 1.000 Srm		
		Pess.	Real.	Opt.	Pess.	Real.	Opt.
Salzburg	502	312	486	722	-190	-16	219
Niederösterreich	1.762	351	704	1.057	-1.411	-1.058	-705
Oberösterreich	528	220	511	860	-308	-17	331
Wien	600	3	6	10	-597	-594	-590
Burgenland	1.009	72	143	213	-937	-866	-796
gesamter Wirtschaftsraum	4.402	1.132	1.850	2.862	-3.270	-2.552	-1.540

9 Holz-Logistik-Terminals

Nach der Bestimmung der verfügbaren Potentiale an Waldhackgut dienen die folgenden Betrachtungen der Klärung, wie diese Potentiale möglichst kostengünstig erschlossen werden können. Die Versorgung der BMKs kann direkt aus dem Forst und/oder auch über zwischengeschaltete Terminals erfolgen. Diese Terminals ermöglichen das kostengünstige Hacken von großen Mengen an Waldhackgut und können auch Unterschiede in den Liefermöglichkeiten des Forstes und in der Nachfrage seitens der BMKs ausgleichen.

9.1 Varianten für Holz-Logistik-Terminals

Ausgangsbasis der Überlegungen zu Holz-Logistik-Terminals sind die möglichen Mengenströme an Holzbiomasse. Energieholz kann direkt vor Ort im Forst gehackt und an lokale BMK geliefert werden. Weitere Versorgungslinien ermöglichen Terminals, die von einem mobilen Hacker versorgt werden und mehrere BMKs in unmittelbare Umgebung versorgen. Diese Terminals können im Wald liegen (regionale Terminals) oder als agrarische Terminals ausgeführt werden, wobei hier befestigte agrarische Lagerplätze, die mit Brückenwaagen ausgestattet sind, genutzt werden. Die dritte Linie führt über einen Holzindustriestandort mit stationärem Hacker.

Terminals übernehmen auch Teile der Lagerhaltung für die belieferten Abnehmer und halten Sicherheitsbestände vor. Terminals übernehmen Energieholz (ev. auch Waldhackgut), lagern dieses und hacken es. Im Folgenden werden die Terminalvarianten näher beschrieben. Die Übernahme erfolgt in den industriellen Terminals wie auch in den agrarischen nach Gewicht und zumeist mit Bestimmung des durchschnittlichen Wassergehaltes der Lieferung, in den regionalen Terminals nach Volumen. Für detaillierte Informationen zu den Methoden der Übernahme von Energieholz wird auf einschlägige Forschungsberichte verwiesen (vgl. vor allem Golser et al. 2004).

9.1.1 Industrielles Terminal

Ein industrielles Terminal ermöglicht die Versorgung lokaler, regionaler und überregionaler BMKs. Die Kapazitäten der Hacker an den im Projekt verwendeten Industriestandorten erlauben die Übernahme der Versorgung für weitere BMKs. Industrielle Terminals weisen aufgrund von Synergieeffekten, die vor allem durch die hohe Grundauslastung der benötigten Infrastruktur durch das Produktionsholz entstehen, vergleichsweise niedrige Systemkosten auf. Die wesentlichen Prozesse eines industriellen Terminals wie die Aufbereitung von Energieholz zu Hackgut sowie das Lagern sind aus Abbildung 9 ersichtlich.

9.1.2 Regionales Terminal

Ein regionales Terminal könnte günstigerweise direkt am Standort eines BMK errichtet werden. Viele BMKs liegen aber direkt im Siedlungsgebiet bzw.

zumindest in Siedlungsnähe und die hohe Lärm- und Staubemission beim Hacken steht oft einer behördlichen Bewilligung des Terminals entgegen bzw. verzichtet man auf einige bewilligte Standorte infolge von Anrainerprotesten auf das Hacken vor Ort. Der Errichtung von Terminals im Wald stehen weniger Hindernisse entgegen, da die Lagerung von Holz im Wald und das Hacken im Wald weniger konflikthaltig sind. Das Konzept des regionalen Terminals sieht für das Hacken die Nutzung eines mobilen Hackers als Dienstleistung vor, da die Auslastung eines solchen in einem regionalen Terminal allein nicht zu gewährleisten ist. Die regionalen Terminals mit Hackfunktion erhöhen die Versorgungssicherheit für lokale und regionale Abnehmer. Um Kosten zu sparen, wird direkt in Container gehackt, die zeitnah abgefahren werden.

9.1.3 Agrarisches Terminal

Für die Bundesländer Niederösterreich und Oberösterreich stehen agrarische Lagerplätze zur Verfügung, die eine geeichte Brückenwaage sowie eine befestigte Lagerfläche haben. Diese bereits bestehenden Lagerplätze sind teilweise ganzjährig für die Lagerung und die Aufbereitung von Waldbiomasse verwendbar. Einige Lagerplätze sind lediglich zeitlich eingeschränkt nutzbar. Für die Benutzung der vorhandenen Infrastruktur ist ein Mietentgelt angedacht, für die Übernahme der Biomasse sind entsprechende Personalkosten für einen Waldhelfer zu verrechnen.

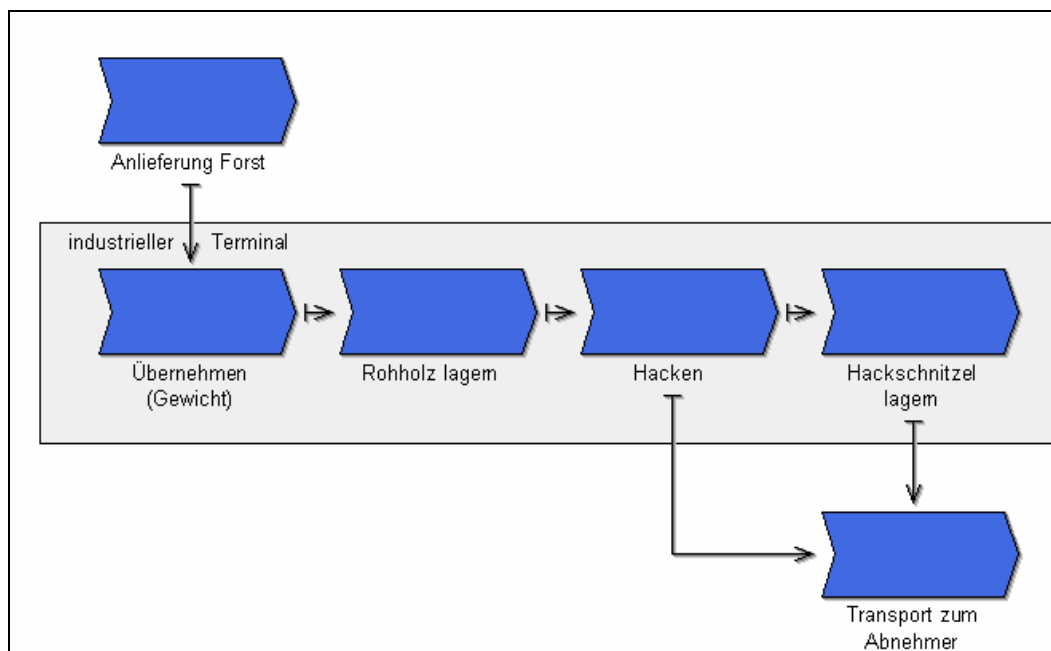


Abbildung 9: Prozesslandkarte industrielles Terminal mit stationärem Hacker

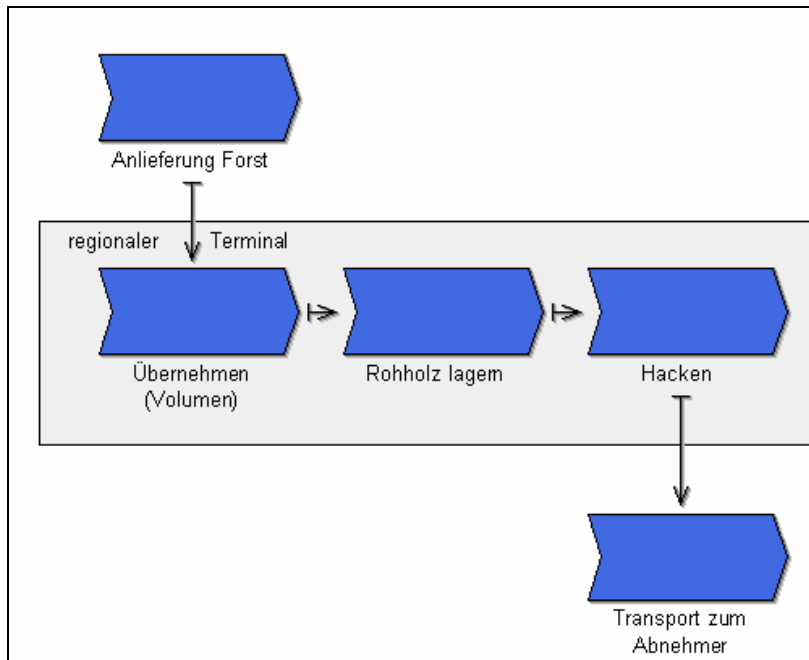


Abbildung 10: Prozesslandkarte regionales Terminal

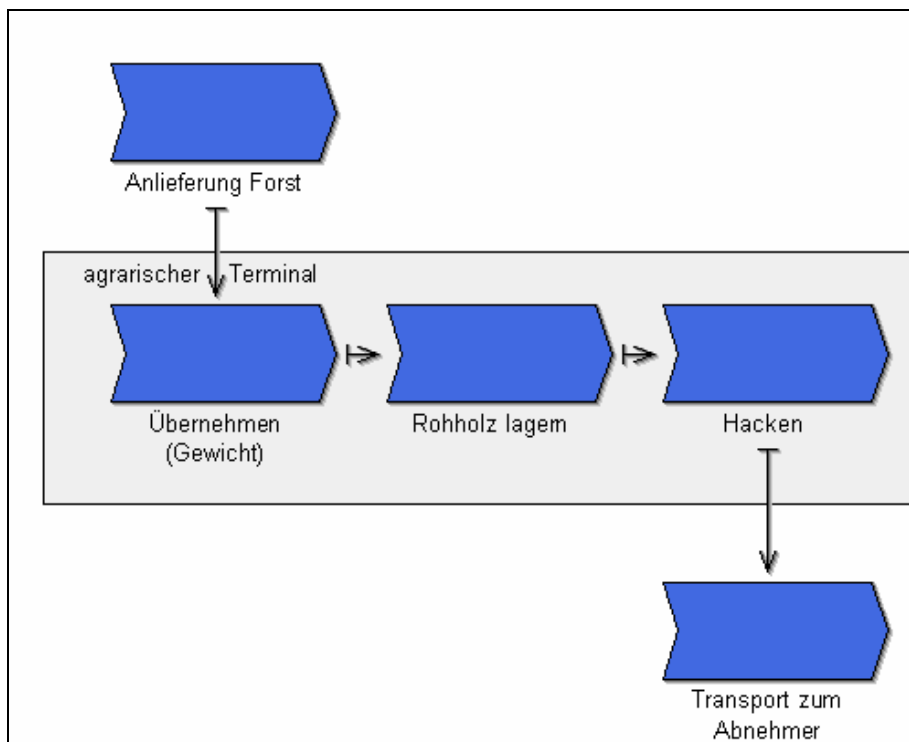


Abbildung 11: Prozesslandkarte agrarisches Terminal

10 Systemkosten des Versorgungsnetzwerks

Energieholz bzw. Waldhackgut kann entweder direkt zu lokalen Heizwerken oder über Terminals transportiert werden. Terminals gleichen die saisonal bedingten Schwankungen hinsichtlich der Brennstoffnachfrage der Werke und den Liefermöglichkeiten der Forstwirtschaft aus (Gunnarsson et al., 2004). Abbildung 12 zeigt schematisch das Netzwerk der untersuchten Varianten, die zum Design der Versorgungskette der 45 BMKs miteinander kombiniert eingesetzt werden können. Als Grundlage für die Bewertung der Logistiksysteme werden nun die Systemkosten für verschiedene Terminal-Varianten (Industrielles Terminal mit Produktionsholz-Synergien, Industrielles Terminal ohne Synergien mit Produktionsholz, Agrarisches Terminal sowie Regionales Terminal) ermittelt. Die Systemkosten umfassen für den Erfüllungsort „frei stationärem Hacker“ folgende Positionen: Holztransport vom Polter an der Forststraße zum stationären Hacker inklusive Roadpricing-Anteil und Hackkosten für den stationären Hacker, inklusive der Infrastrukturkosten für den Hacker. Für den Erfüllungsort „frei mobiler Hacker“ umfassen die Kosten folgende Positionen: Holztransport vom Polter an der Forststraße zum Terminal, Hacken mit mobilem Hacker und die Infrastrukturkosten für das Terminal.

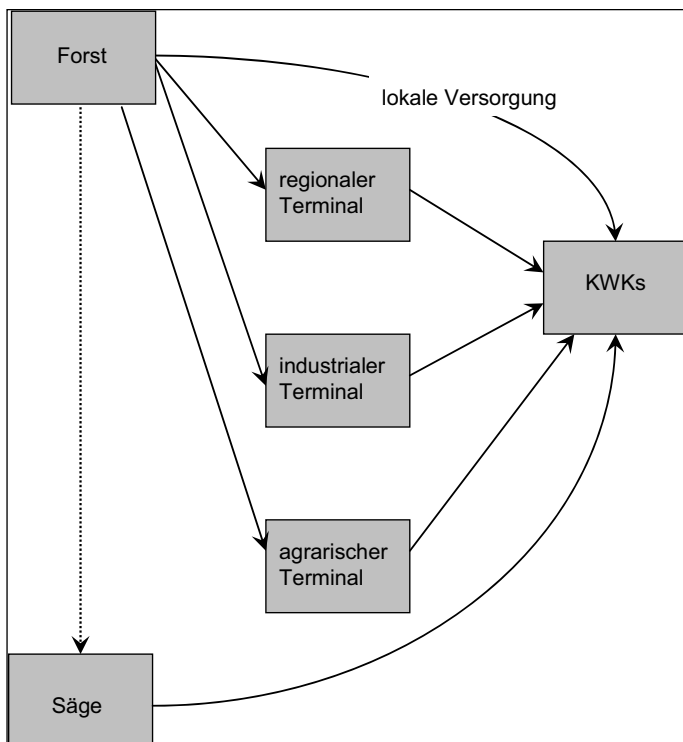


Abbildung 12: Versorgungsnetzwerk Wald-Biomasse

Die Systemkosten für Waldhackgut „frei Lager des Abnehmers“ umfassen zusätzlich noch die Kosten des Transportes des Waldhackgutes vom Hackort zum Abnehmer inklusive der Roadpricing-Kosten.

Endbericht BioLog I – Überregionales Logistik- und Versorgungsnetzwerk für Holz-Biomasse

Die Transportkosten und die im Jahresschnitt erreichbaren Transportauslastungen basieren auf Kosten- und Leistungsdaten verschiedener Unternehmen der Holzindustrie (vgl. Tabelle 15)

Tabelle 15: In den Berechnungen verwendete Variablen

Variable	Wert	Einheit
Jährlicher Umschlag	20.000	Srm
Abschreibungszeitraum Terminal	20	Jahre
Infrastrukturkosten regionaler Terminal	0,32	Euro/Srm
Mietkosten agrarischer Terminal	6.400	Euro/a
Personalkosten reg./agr. Terminal	0,5	Euro/Srm
Hackkosten mobiler Hacker	2,5	Euro/Srm
Hackkosten stationärer Hacker ohne Svernaie Produktionsholz	8,5	Euro/Srm
% Anteil road pricing km	70	% der Gesamtstrecke
Kosten road pricing	0,273	Euro/km
Systemkosten LKW + Fahrer	40,7	Euro/h
Ladezeit Faserholz	2	h
Ladezeit Hackgut in LKW -Aufbau	1	h
Ladezeit Waldhackgut in Container	0,5	h
durchschnittliche Ladung Rundholz LKW	26	fm/LKWfuhre
durchschnittliche Ladung Rundholz LKW	65	Srm/LKWfuhre
Fahrtkosten LKW	0,87	Euro/km
mittlere Transportentfernung zum stationären Hacker	90	km
durchschnittliche Ladung Container	72	Srm
Umrechnungsfaktor fm in Srm	3	
durchschnittliche Ladung Hackgut LKW	80	Srm

10.1 Industrielles Terminal mit Produktionsholz-Synergien

Standorte der Holzindustrie verfügen vielfach über einen leistungsfähigen stationären Hacker, der nicht zur Gänze mit dem Eigenbedarf des Werkes (Produktionsholz) ausgelastet ist. Aufgrund der vergleichsweise günstigen Hackkosten dieser Anlage, die sich aufgrund der Synergieeffekte mit dem Produktionsholz ergeben, soll bewertet werden, ob und in welchem Umkreis zusätzliche Abnehmer von einem solchem Werk aus mit Waldhackgut versorgt werden könnten bzw. ob die Eigenversorgung dieser Werke über ein eigenes Terminal mit mobilem Hacker günstiger wäre. Zur Klärung dieser Frage werden die Systemkosten für die Anlieferung von Waldhackgut zum Endabnehmer ohne anfallende Holzerntekosten in Betracht gezogen, da diese zu sehr abhängig von den eingesetzten Verfahren und den vorhandenen Gelände- und Bestandesverhältnissen variieren. Die Systemkosten werden ohne Gewinnspanne angesetzt.

10.2 Industrielles Terminal ohne Produktionsholz-Synergien

Wenn keine Synergieeffekte mit Produktionsholz über zum Teil bereits bestehende Anlagen gegeben sind, dann bedingt der Bau eines industriellen Terminals mit stationärem Hacker auf „die grüne Wiese“ wesentlich höhere Kosten. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung für ein industrielles Terminal mit einem Jahresdurchsatz von 300.000 Srm, das als reiner Brennstoffversorger konzipiert ist, weist Kosten in der Spannweite von 7,00–10,00 Euro/Srm bei einem Abschreibungszeitraum von 14 Jahren aus (Lechner et al. 2003).

10.3 Agrarisches Terminal

Für die Benützung Agrarischer Terminals fallen neben den Mietkosten noch Personalkosten für die Übernahme sowie die Kosten für das mobile Hacken an. Da für die Mietkosten noch keine Erfahrungswerte aus der Praxis vorliegen, wurde mit einer Miete kalkuliert, die den Infrastrukturkosten für ein regionales Terminal entsprechen. Wenn der Betreiber günstigere Mietkosten für die bereits bestehenden agrarischen Terminals erzielen kann, so wären die agrarischen Terminals kostengünstiger als die regionalen.

10.4 Regionales Terminal

Zur Bestimmung der Kosten für ein regionales Terminal werden die Kosten für den Grund, die Errichtung der notwendigen Infrastruktur sowie die Personal- und Instandhaltungskosten angesetzt. Die notwendige Grundfläche für den gewünschten Jahresumschlag muss mit Hilfe der iterativen Lagerstandsbestimmung kalkuliert werden (vgl. Tabelle 25). Ausgehend von diesen Kosten können nun die Lieferungen zum Terminal (Systemkosten frei Hacker) und die Kosten für Lieferungen zum Heizwerk in Abhängigkeit der verwendeten Terminalausstattung und der Entfernungen berechnet werden.

10.5 Systemkosten frei Hacker

Die Systemkosten frei Hacker sind für ein industrielles Terminal mit Synergie-Produktionsholz für den in Betracht kommenden Einzugsbereich von Waldhackgut immer wesentlich geringer als die eines regionalen Terminals. Holzindustrien mit freien Hackkapazitäten versorgen sich selbst über den stationären Hacker am günstigsten. Abnehmer in deren Nähe können ebenfalls günstiger als über einen eigenen Terminal versorgt werden, wobei die wirtschaftliche Entfernung zum Standort der jeweiligen Holzindustrie stark von der mittleren Transportentfernung, aus der sich die Holzindustrie mit Waldhackholz versorgen kann, sowie von der Entfernung zum Abnehmer abhängt.

Abbildung 13 zeigt die Systemkosten für gehacktes Waldholz frei Hacker, stationär im industriellen Terminal mit Synergien mit Produktionsholz gegenüber dem mobilen Hacker im agrarischen/regionalen Terminal, abhängig von der mittleren Transportentfernung. Die Systemkosten für ein industrielles Terminal mit stationärem Hacker, das keinerlei Synergieeffekte mit einem produzierenden Unternehmen hat, liegen für alle Einzugsbereichvarianten deutlich höher als die eines regionalen Terminals mit mobilem Hacker.

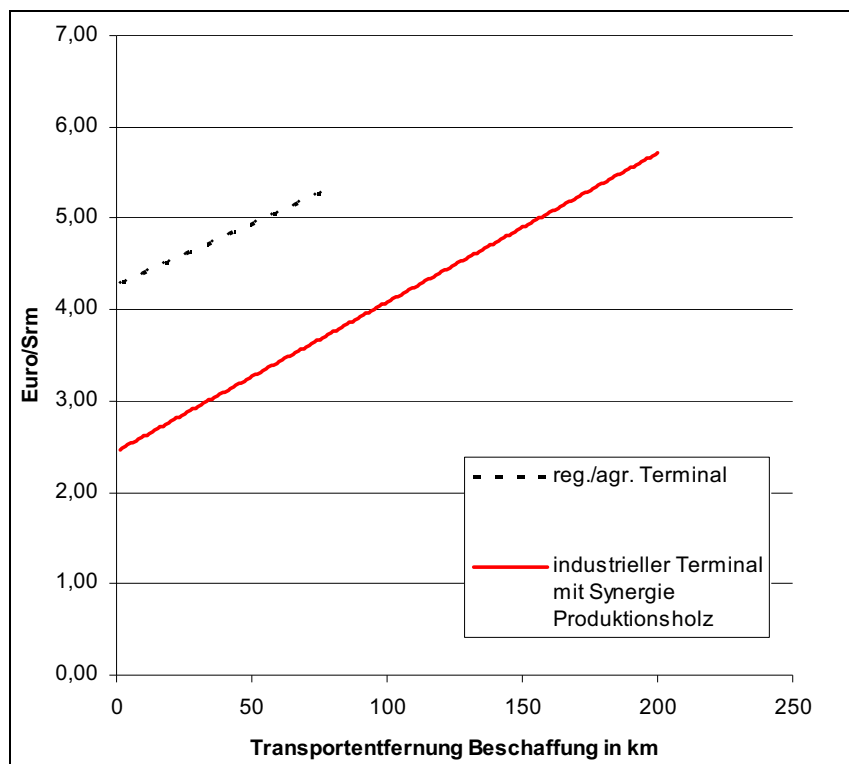


Abbildung 13: Systemkosten 1 für gehacktes Waldholz frei Hacker

Abbildung 14 zeigt die Systemkosten für gehacktes Waldholz frei Hacker, stationär im industriellen Terminal ohne Synergien mit Produktionsholz

gegenüber dem mobilen Hacker im agrarischen/regionalen Terminal, abhängig von der mittleren Transportentfernung.

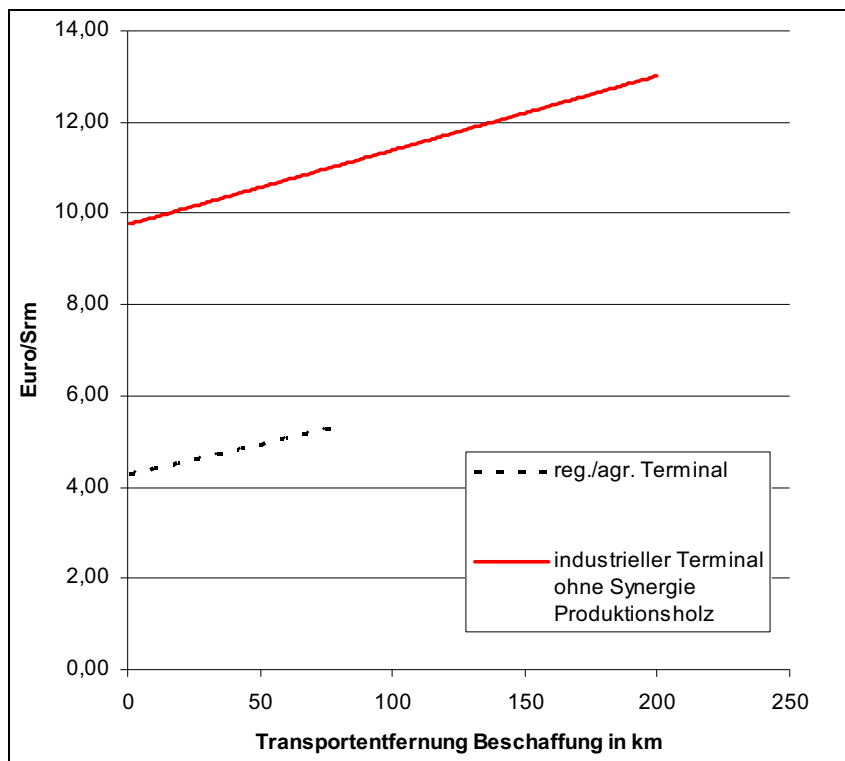


Abbildung 14: Systemkosten 2 für gehacktes Waldholz frei Hacker

10.6 Systemkosten frei Werk des Abnehmers

Die Systemkosten pro Srm frei Abnehmer, welche die Transportkosten frei Hacker, die Hackkosten sowie die Transportkosten zum Abnehmer, die Terminalinfrastruktur und die anteiligen Personalkosten umfassen, werden für ein regionales Terminal mit unterschiedlichem Beschaffungsgebiet und für ein industrielles Terminal mit Synergie Produktionsholz mit gegebenem Einzugsgebiet ausgewiesen (Abbildung 15 bis Abbildung 17). Es werden immer die Systemkosten pro Srm frei Abnehmer mit verschiedener mittlerer Entfernung zum Hacker dargestellt.

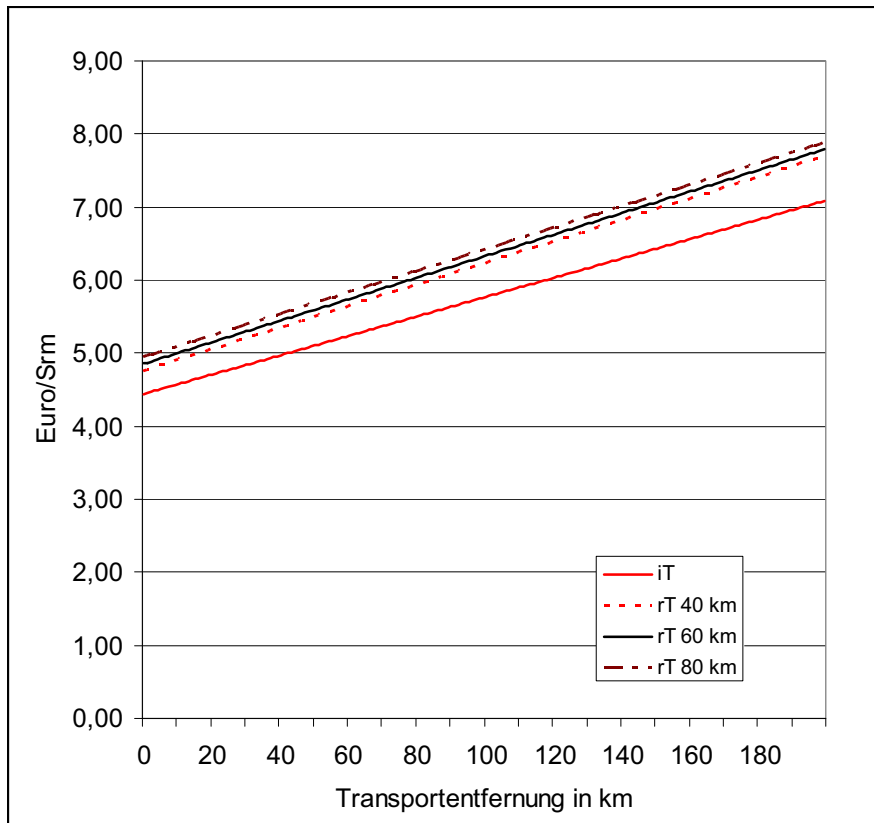


Abbildung 15: Systemkosten mit Synergie pro Srm (Entfernung 90 km)

Die Systemkosten für ein Terminal mit stationärem Hacker, das keinerlei Synergieeffekte mit einem produzierendem Unternehmen hat (iT oS), liegen für alle Einzugsbereichsvarianten deutlich höher als die eines regionalen/agrarischen Terminals mit mobilem Hacker (Abbildung 18 bis Abbildung 20). Es werden wiederum die Systemkosten pro Srm frei Abnehmer mit verschiedener mittlerer Entfernung zum Hacker dargestellt.

Systemkosten des Versorgungsnetzwerks

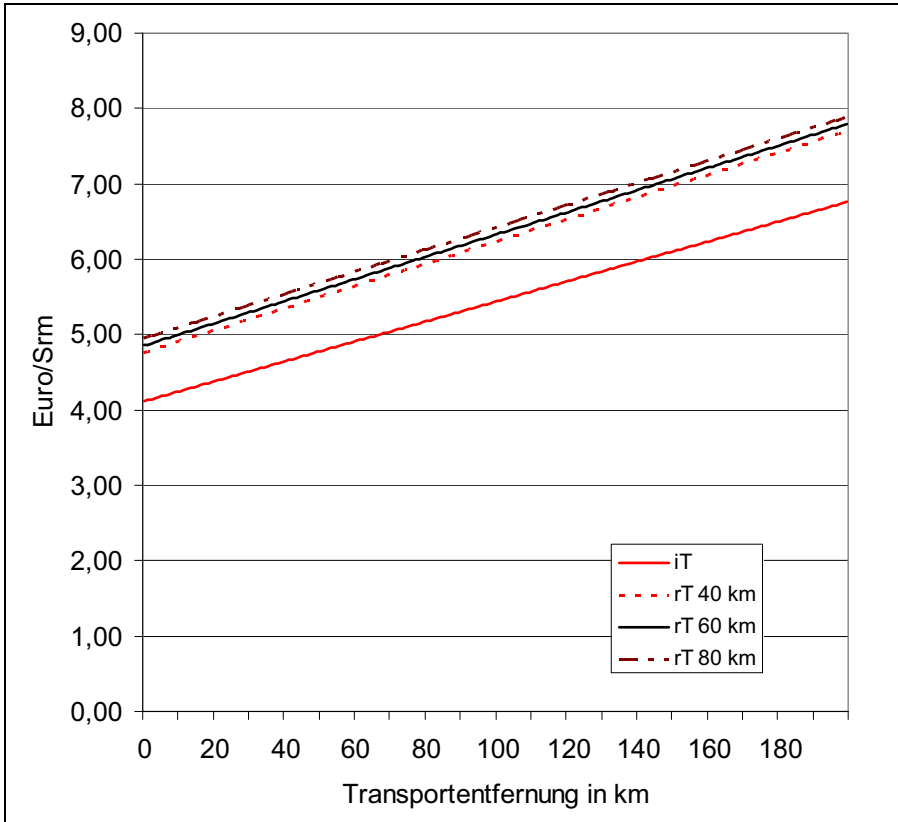


Abbildung 16: Systemkosten mit Synergie pro Srm (Entfernung 70 km)

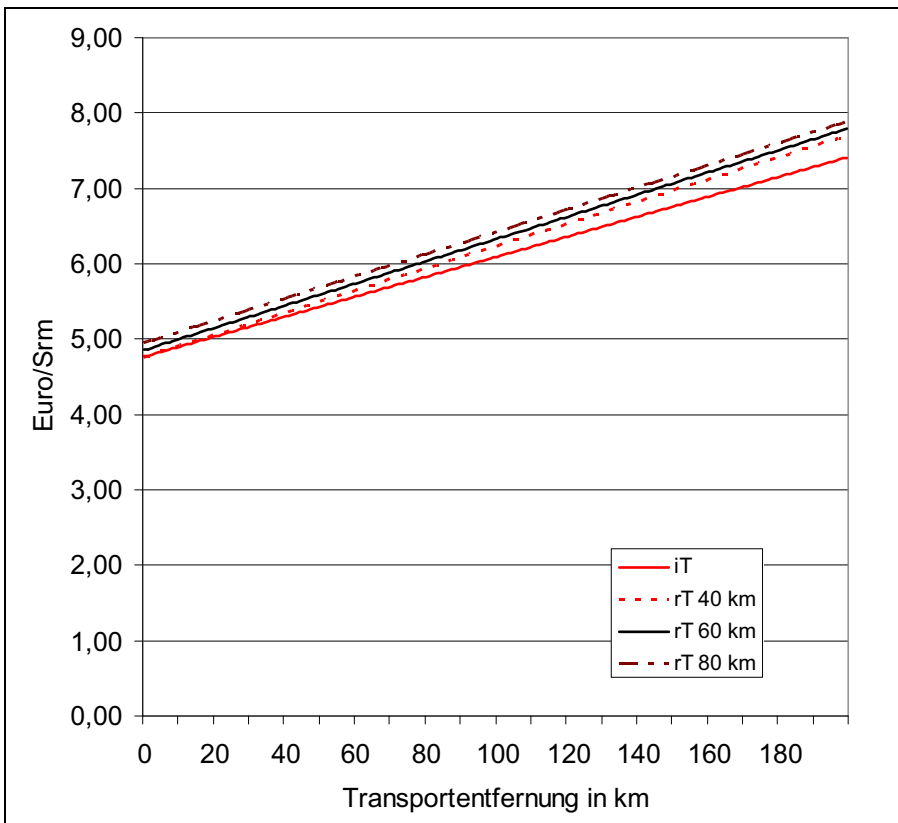


Abbildung 17: Systemkosten mit Synergie pro Srm (Entfernung 110 km)

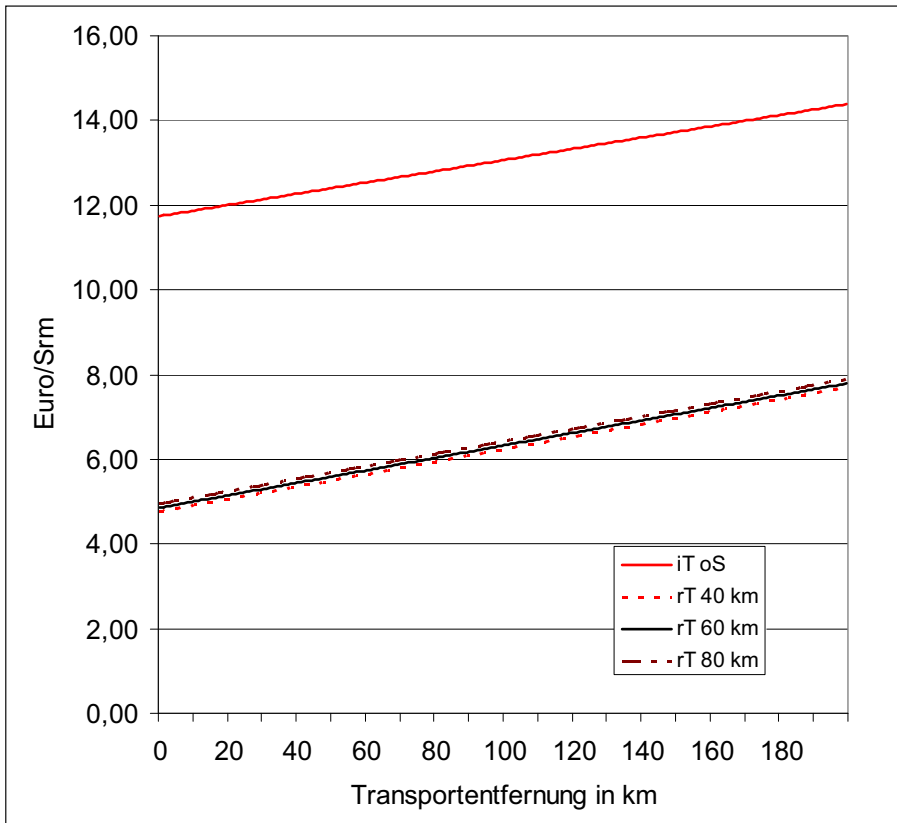


Abbildung 18: Systemkosten ohne Synergie pro Srm (Entfernung 90 km)

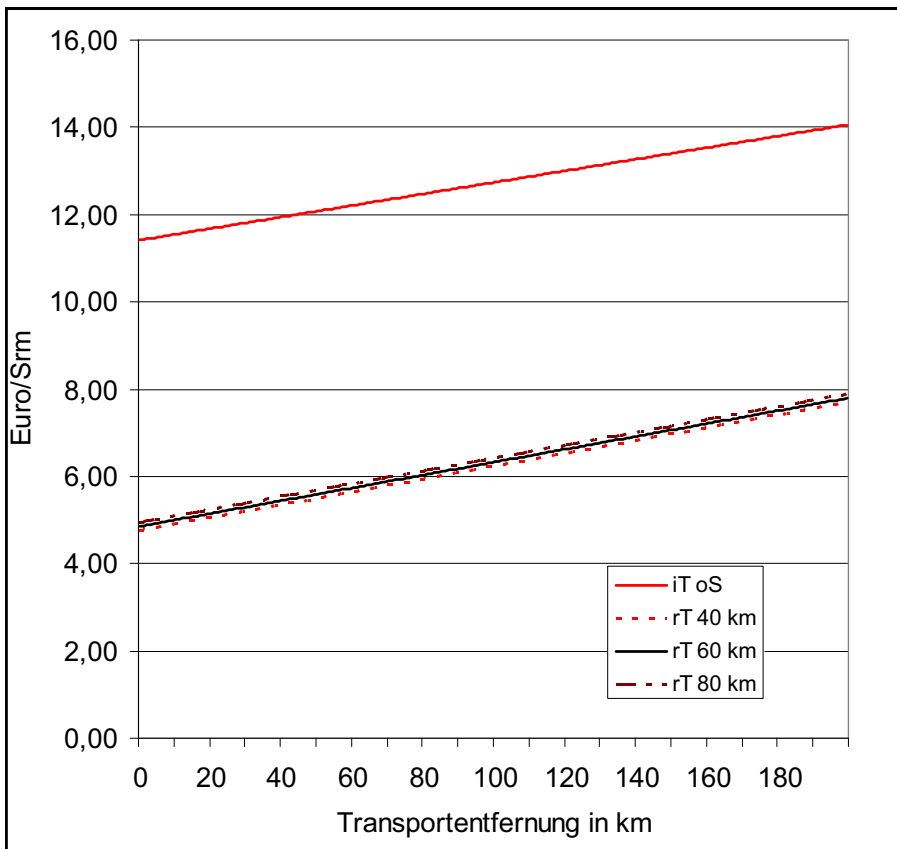


Abbildung 19: Systemkosten ohne Synergie pro Srm (Entfernung 70 km)

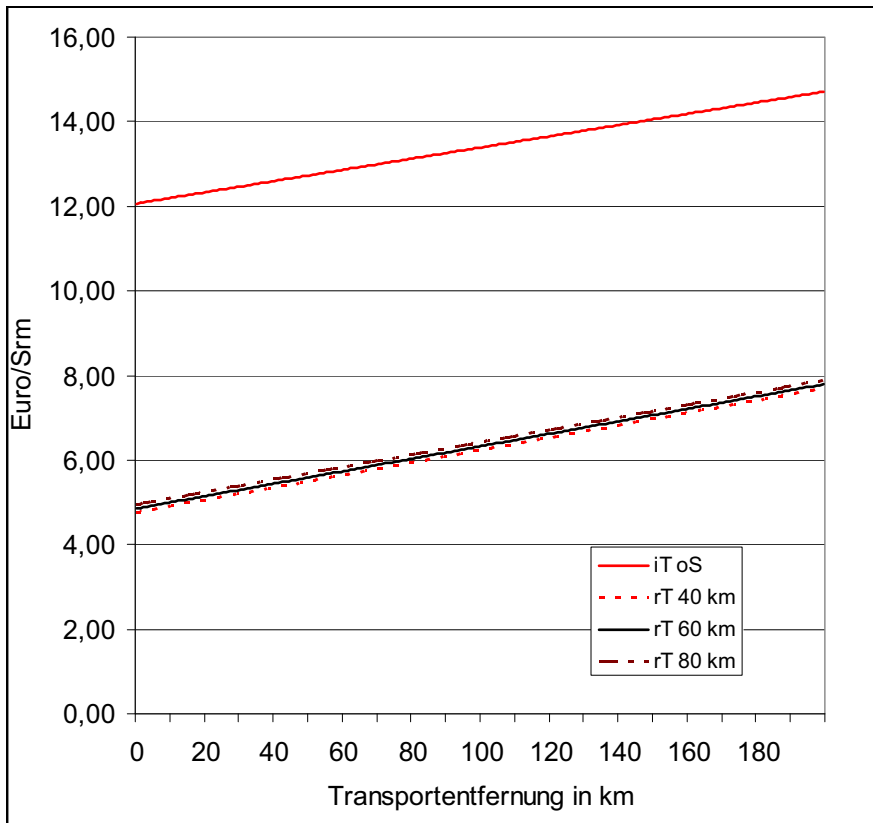


Abbildung 20: Systemkosten ohne Synergie pro Srm (Entfernung 110 km)

Die Erhöhung des Beschaffungsradius des industriellen Terminals um 20 km erhöht die Systemkosten um ca. 0,25 Euro/Srm Waldhackgut, während sich derselbe Effekt für den regionalen Terminal nur mit ca. 9 bis 10 Cent/Srm zu Buche schlägt.

Anhand der Systemkosten-Isolinien können nun für unterschiedliche Terminaltypen und variierende Systemkosten die entsprechenden Transportentfernungen in der Beschaffung bzw. der Distribution des Brennstoffes ermittelt werden. In Abbildung 21 werden mögliche Transportentfernungen beim Einsatz eines Terminals mit mobilem Hacker (rT, entspricht einem regionalem Terminal und auch einem agrarischem Terminal bei der angenommenen Miethöhe) bzw. stationärem Hacker (iT, industrielles Terminal mit Synergie Produktionsholz) gegenübergestellt. Die Isolinien zeigen die Summe der Kosten pro Srm für Be- und Entladen, Transporte und Hacken an.

Anhand der Isolinie können für ein konkretes Terminal bei fixierten Systemkosten die damit erreichbaren Transportentfernungen in der Beschaffung und der Distribution ermittelt werden. Weiters kann für ein Terminal mit gegebener Transportentfernung in der Beschaffung, die zu bestimmten Systemkosten maximal mögliche Distributionsentfernung für Waldhackgut abgeleitet werden.

Für existierende Terminal-Abnehmer-Konstellationen kann die maximal mögliche Beschaffungsentfernung abgelesen werden; dies wiederum ermöglicht die Kalkulation der über ein Terminal wirtschaftlich verfügbaren maximalen Brennstoffmenge. So sieht man bspw., dass bei Systemkosten von 5 Euro/Srm das industrielle Terminal Rohstoff aus bis zu 50 km beschaffen

und für BMKs mit bis zu 90 km Entfernung zum Terminal hacken kann. Der Aktionsradius (50 bzw. 20 km) für einen mobilen Hacker ist hingegen wesentlich geringer.

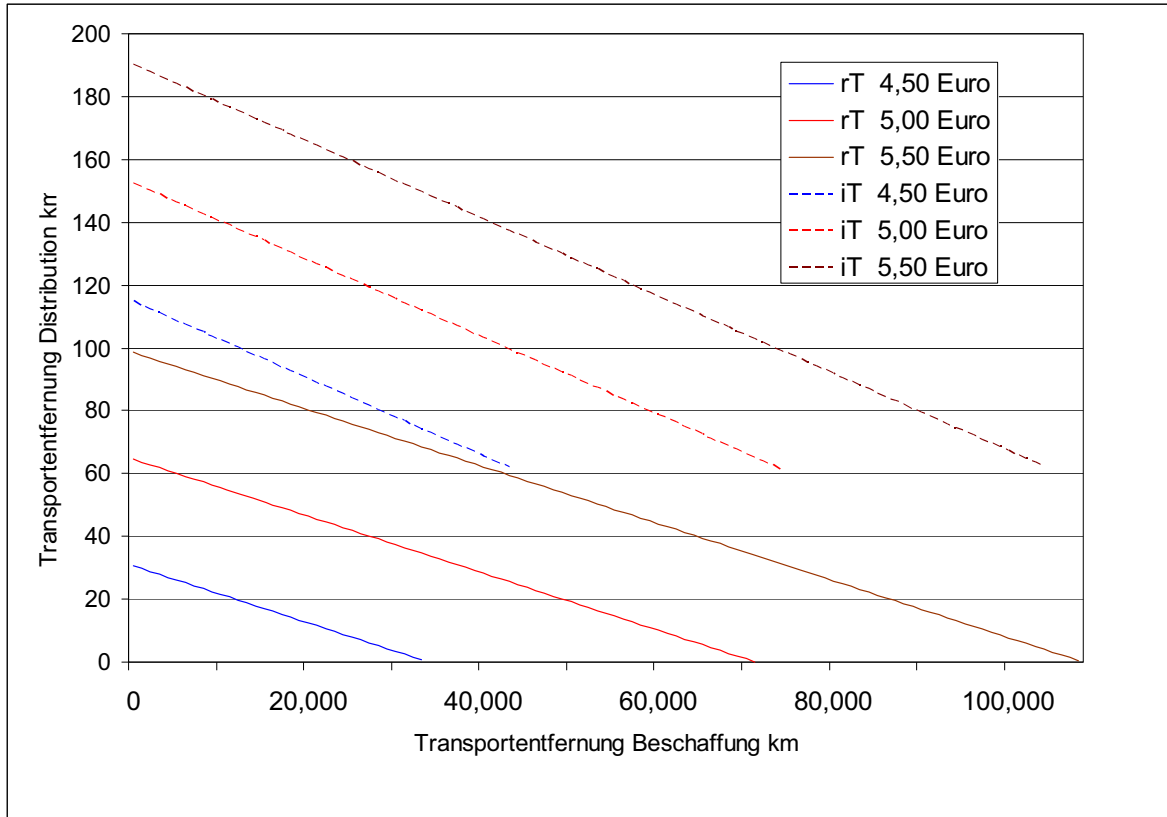


Abbildung 21: Systemkosten regionale (rT) und industrielle (iT) Terminals

11 Dimensionierung eines regionalen Terminals

Nach der Ermittlung der Systemkosten werden hier für ein regionales bzw. agrarisches Terminal, (nämlich den Terminal Lungau) exemplarisch konkrete Berechnungen zur Dimensionierung der Lagerfläche sowie des Lagermengenaufbaues durchgeführt. Diese Berechnungen beziehen die saisonabhängigen Anliefer- und Abnehmerkurven für die Dimensionierung mit ein und gelten analog für die Dimensionierung eines agrarischen Terminals.

11.1 Anlieferkurve Forst und Bedarfskurve Abnehmer

Um den Anlieferverlauf für Energieholz bzw. Waldhackgut für das Terminal Lungau zu erhalten, wird für die Regionen Lungau, Pongau und Pinzgau der Verlauf der Faserholzanlieferung unterstellt. Für den Anlieferverlauf im Alpenvorland kann der Verlauf der Schleifholzanlieferung angenommen werden (Daten FPP AK Holzbilanz 2004). Die Anlieferkurve des Forsts ist in Tabelle 16 angegeben, die verwendete Bedarfskurve ist für das Innergebirg, den Tennengau sowie den Flachgau Abbildung 5, Abbildung 6 und Abbildung 7 zu entnehmen.

Tabelle 16: Anlieferkurve Waldhackgut aus dem Forst

Monat	%-Anteil der Jahresmenge
1	6,26%
2	6,62%
3	7,20%
4	7,68%
5	9,80%
6	10,43%
7	10,01%
8	7,79%
9	9,35%
10	9,63%
11	8,50%
12	6,72%
	100,00%

11.2 Terminal Lungau

Für die Region Lungau wird entsprechend der regionalen Nachfrage ein Terminal entwickelt, das die wesentlichen potentiellen Kunden auf kurzem Weg versorgt. Neben der Klärung des bestmöglichen Standortes erfolgen die Dimensionierung des Terminals (Lagerfläche, Startlagerbestand, Sicherheitsbestand) sowie Kostenberechnungen.

11.2.1 Bedarf Terminal Lungau

Der Bedarf der zu versorgenden BMKs ergibt sich aus der Summe des Bedarfs der BMK, für die der Einsatz mobiler Hacker rational möglich ist. BMKs mit geringem Waldhackgutbedarf werden kostengünstig mit Anbauhackern lokal versorgt (Tabelle 17 bis Tabelle 19). Dabei ist bei den meisten Standorten eine lokale Versorgung über Anbauhacker ausreichend.

Tabelle 17: Bedarf Waldhackgut bestehender BMKs (30 % der Gesamten Wärmemenge)

Standort	Waldhackgut Srm
Mauterndorf	4.165
Tamsweg	10.204
St. Michael	338
Mariapfarr	1.950
Unternberg	486
Zederhaus Zentrum	302
Zederhaus Zentrum	485
St. Michael	252
Summe Abnehmer Terminal	16.319

Tabelle 18: Bedarf Waldhackgut neuer BMKs für Wärme

	Srm/Jahr	Waldhackgut (20% der Gesamten Wärmemenge)	Waldhackgut (10% der Gesamten Wärmemenge)
Ramingstein	2.077	415	363
Obertauern	31.373	6.275	5.490
St. Michael Netz	7.227	1.445	1.265
Summe Abnehmer Terminal	9.303	1.861	5.490

Tabelle 19: Bedarf Waldhackgut neue BMKs Strom (100 % der Strommenge)

Standort	Genehmigte Ökostrommenge [kWh]	Eingesetzte Energie [kWh]	Waldhackgut Srm/Jahr
Tamsweg	2.500.000	3.571.429	7.937

Die aufzubringende Waldhackgutmenge für das Terminal Lungau ergibt sich aus der Summe der zur Versorgung ausgewählten BMKs (vgl. Tabelle 20)

Tabelle 20: Bedarf Terminal Lungau

Standort	Waldhackgut Srm/Jahr
Tamsweg	18.141
Mauterndorf	4.165
Obertauern	5.490
Mariapfarr	1.950
Summe	29.746

11.2.2 Dimensionierung des Terminals Lungau

Damit trotz der saisonal schwankenden Anlieferungen seitens des Forstes entsprechend dem Bedarfsprofil des BMKs angeliefert werden kann, muss im Terminal ein Anfangslager aufgebaut werden. Die Höhe dieses Lagers muss die Schwankungen der Versorgung und der Nachfrage bei ausreichendem Sicherheitsbestand sowohl im Terminal als auch im BMK gewährleisten. Die Berechnungen und die verwendeten Eingangsparameter sind in den Tabelle 21 bis Tabelle 26 zusammengestellt. Für einen Rechenzeitraum von 18 Monaten wird die Sicherstellung dieses Anspruchs überprüft. Nach mehreren Iterationen ergibt sich ein Mindeststartbestand von 2.050 Srm. Die Mindestgröße des bzw. der Terminals kann danach über die maximal notwendige Lagerfläche bestimmt werden.

Die Anlieferung an das Terminal durch den Forst (vgl. Tabelle 22) kann aufgrund klimatischer Gegebenheiten nicht entsprechend dem jahreszeitlichen Bedarf des Terminal (vgl. Tabelle 23) erfolgen.

Tabelle 21: Berechnungsgrundlagen

Umrechnungsfaktor fm in Srm	3	
Wiederbeschaffungsdauer Forst-Terminal	4	Wochen, Dauer von Abruf TERMINAL bis Anlieferung Holz
Wiederbeschaffungsdauer Terminal-BMK	1	Wochen, Dauer von Abruf HWK bis Anlieferung Waldhackschnitzel
Jahresmenge	29.746	Srm
Tagesleistung mobiler Hacker	960	Srm/d
durchschnittliche Leistung Hacker	120	Srm/h
Anzahl Hackstunden pro Tag	8	

Tabelle 22: Anlieferkurve Forst für den Lungau

Monat	%-Anteil der Jahresmenge	Srm
1	6,26%	1.862
2	6,62%	1.970
3	7,20%	2.141
4	7,68%	2.286
5	9,80%	2.915
6	10,43%	3.101
7	10,01%	2.976
8	7,79%	2.319
9	9,35%	2.781
10	9,63%	2.865
11	8,50%	2.530
12	6,72%	2.000
	100,00%	29.746
Standardabweichung Anlieferung		438
Mittelwert Anlieferung		2.479

Der Servicelevel gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Sicherheit der Versorgung des Terminals gewährleistet wird. Für die Berechnungen wird der Servicelevel mit 99 % angesetzt. Der Sicherheitsbestand wird deshalb geführt, damit auch bei auftretenden Schwankungen im Bedarf, die über die Standardabweichung der monatlichen Bedarfsmengen eruiert werden, die benötigten Mengen im Lager des Terminal vorgehalten werden können (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 23: Bedarfskurve Lungau

Jahresmittelwert	1.777	Srm
Jahresmenge	21.321	Srm
Bedarf Heizkraftwerk		
Monat	%-Anteil der Jahresmenge	Srm
1	186	4.611
2	152	3.764
3	143	3.543
4	91	2.263
5	77	1.915
6	55	1.354
7	50	1.230
8	34	851
9	63	1.551
10	96	2.367
11	99	2.464
12	155	3.833
		29.746
Standardabweichung Bedarf		1.201
Mittelwert Bedarf		2.479

Tabelle 24: Eingestellter Servicelevel und Sicherheitsbestände

Servicelevel Terminal	99,00%	
Sicherheitsbestand BMKs	1.400	Srm
Sicherheitsbestand Terminal	1.021	Srm

Für die Berechnungen wird der Start der Belieferung des Terminals im Sommer angenommen. Der Terminal muss bereits vor Beginn der Auslieferung von Waldhackgut einen Mindeststartlagerbestand aufbauen, um dann trotz der asynchronen Liefer- und Nachfragekurven den Abnehmer ausreichend versorgen zu können. Dieser Mindeststartlagerbestand wird in der Tabelle eingegeben und iterativ so lange korrigiert, bis die gewünschten Sicherheitsbestände im Abnehmerwerk und im Terminal bei gegebenen Servicegrad gewährleistet sind.

Dimensionierung eines regionalen Terminals

Tabelle 25 gibt an, welcher Lagerstand aufgebaut werden muss, damit ab dem Monat 06 das Terminal Lungau den Gesamtbedarf der BMKs versorgen kann.

Tabelle 25: Iterativ bestimmter Mindeststartlagerbestand

Monat	Anlieferung Terminal	Bedarfsdeckung	Auslieferung Terminal	Hacktage	Bedarf BMK	Lagerstand BMK	Lagerstand Terminal
						1.400	2.050
6	3.101	3.797	1.354	1,4	1.354	1.400	3.797
7	2.976	5.544	1.230	1,3	1.230	1.400	5.544
8	2.319	7.011	851	0,9	851	1.400	7.011
9	2.781	8.241	1.551	1,6	1.551	1.400	8.241
10	2.865	8.739	2.367	2,5	2.367	1.400	8.739
11	2.530	8.804	2.464	2,6	2.464	1.400	8.804
12	2.000	6.971	3.833	4	3.833	1.400	6.971
1	1.862	4.223	4.611	4,8	4.611	1.400	4.223
2	1.970	2.429	3.764	3,9	3.764	1.400	2.429
3	2.141	1.027	3.543	3,7	3.543	1.400	1.027
4	2.286	1.049	2.263	2,4	2.263	1.400	1.049
5	2.915	2.050	1.915	2	1.915	1.400	2.050
6	3.101	3.797	1.354	1,4	1.354	1.400	3.797
7	2.976	5.544	1.230	1,3	1.230	1.400	5.544
8	2.319	7.011	851	0,9	851	1.400	7.011
9	2.781	8.241	1.551	1,6	1.551	1.400	8.241
10	2.865	8.739	2.367	2,5	2.367	1.400	8.739
11	2.530	8.804	2.464	2,6	2.464	1.400	8.804
12	2.000	6.971	3.833	4	3.833	1.400	6.971

Für die Dimensionierung des Terminals wird die Anzahl der Anlieferungen, die aufgrund der stark schwankenden Monatsmengen variiert, bestimmt (vgl. Tabelle 26). Die Transportmengen werden jeweils zu 50 % von LKWs bzw. agrarischen Schleppern mit Anhänger bewerkstelligt.

Tabelle 26: Monatliche Anlieferfrequenz, Transportkapazitäten sowie durchschnittliche Lagerhaltungs- und Verwaltungskosten

maximale Anlieferung	3.101 Srm
minimale Anlieferung	1.862 Srm
durchschnittliche Anlieferung	2.543 Srm
LKW	75 Srm/Fahrt
Traktor mit Anhänger	30 Srm/Fahrt
Warenwert	12 Euro/Srm
Personalkosten für die Holzübernahme	1,5 Euro/fm

Zur Berechnung der Lagerkosten wird ein Zinssatz von 10 % unterstellt. Die Personalkosten für den Waldhelfer inkludieren die komplette Palette der Leistungen des Waldhelfers, von der Übernahme inklusive Verwaltung und Sicherung des Terminals gegen Diebstahl.

11.2.3 Kennzahlen des/der Terminals im Lungau

Für das/die Terminal(s) Lungau sind die ermittelten Kennzahlen in Tabelle 27 bis Tabelle 29 zusammengefasst.

Tabelle 27: Kennzahlen des Terminals Lungau 1

1 Terminal wird eingerichtet				
maximaler Lagerstand Terminal	8.804 Srm		2.935 fm	
minimaler Lagerstand Terminal	1.027 Srm		342 fm	
Summe Hacktage pro Terminal	22,7			
Jahresumschlag	29.746 Srm			
Anlieferfrequenz	maximal	minimal	durchschnittlich	
LKW	21	12	17	Ankünfte pro Monat
Traktor mit Anhänger	52	31	42	Ankünfte pro Monat
Bedarf Lagerfläche	11.728 m ²			
Personalkosten / a	14.873 Euro			
Lagerhaltungskosten / a	2.975 Euro			
Summe Kosten				
Infrastruktur, Personal, Lagerhaltung und Instandhaltung	0,9 Euro/Srm			

Tabelle 28: Kennzahlen des Terminals Lungau 2

2 Terminals werden eingerichtet				
maximaler Lagerstand Terminal	4.402 Srm		1.467 fm	
minimaler Lagerstand Terminal	513 Srm		171 fm	
Summe Hacktage pro Terminal	11,4			
Jahresumschlag	14.873 Srm			
Anlieferfrequenz	maximal	minimal	durchschnittlich	
LKW	11	6	9	Ankünfte pro Monat
Traktor mit Anhänger	26	16	21	Ankünfte pro Monat
Bedarf Lagerfläche	5.864 m ² , exklusive Ein/Ausfahrt			
Personalkosten / a	17.848 Euro			
Lagerhaltungskosten/a	2.975 Euro			
Summe Kosten				
Infrastruktur, Personal, Lagerhaltung und Instandhaltung	1 Euro/Srm			

Tabelle 29: Kennzahlen des Terminals Lungau 3

3 Terminals werden eingerichtet				
maximaler Lagerstand Terminal	2.935 Srm			978 fm
minimaler Lagerstand Terminal	342 Srm			114 fm
Summe Hacktage pro Terminal	7,6			
Jahresumschlag	9.915 Srm			
Anlieferfrequenz LKW	maximal 7	minimal 4	durchschnittlich 6	Ankünfte pro Monat
Traktor mit Anhänger	17	10	14	Ankünfte pro Monat
Bedarf Lagerfläche	3.909 m ² , exklusive Ein/Ausfahrt			
Personalkosten /a	20.822 Euro			
Lagerhaltungskosten/a	2.975 Euro			
Summe Kosten Infrastruktur, Personal, Lagerhaltung und Instandhaltung	1,1			

Mithilfe des iterativ bestimmten Mindeststartlagerbestandes sowie der sich ergebender Lagerstandskurve können der Bedarf des Terminals an Lagerfläche sowie die für die Versorgung der Abnehmer notwendigen Hacktage kalkuliert werden. Weiters sind daraus die Anlieferfrequenz und diverse Kosten ableitbar.

Die Betriebskosten eines Terminal betragen 0,90 € pro Srm. Jeder weitere Terminalstandort verursacht bei den Personalkosten ca. 20 % Mehraufwand durch den erhöhten Organisationsaufwand. Die Instandhaltungskosten werden pauschal mit 10 % der Baukosten veranschlagt.

11.2.4 Systemkosten Terminal Lungau

Die Abbildung 22 zeigt den Vorteil des regionalen Terminals Lungau gegenüber dem industriellen Terminal an Hand der Systemkosten (Transport frei Hacker + Hacken + Transport zum Abnehmer + Infrastruktur + Personal) auf. Diese ergeben sich, durch die Transportentfernungen vom nächstgelegenen industriellen Terminal in Hallein (m-real) zu den BMKs im Lungau. Diese betragen mindestens 100 km, während sie für das regionale Terminal nur ca. 5 bis 10 km ausmachen. Für das BMK Tamsweg ergeben sich bei Belieferung vom industriellen Terminal Hallein aus Systemkosten von 6,22 Euro, während der regionale Terminal zu Systemkosten von 5,27 Euro liefern kann.

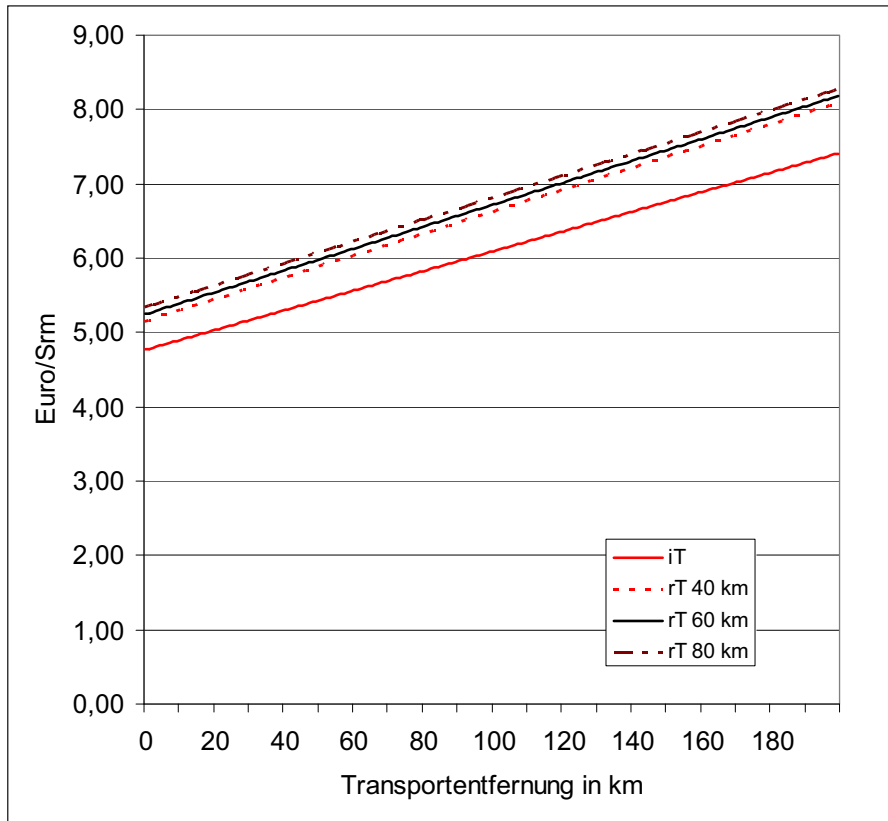


Abbildung 22: Systemkosten Terminal Lungau pro Srm frei Abnehmer

12 Taktische Optimierung der Holz-Biomassebereitstellung

Hinsichtlich der Kosten einzelner Prozess-Schritte in der Bereitstellung von Energieholz bzw. der Versorgung eines einzelnen Werkes existiert umfangreiche Literatur (vgl. Erikson und Björheden, 1989; Allen et al., 1998; Hudson und Hudson, 2000; Asikainen et al., 2001; Van Belle et al., 2003; Bjornstad, 2004), während für die kooperative Versorgung mehrerer Werke erst in jüngster Zeit und sehr begrenzt Arbeiten zur Verfügung stehen (vgl. Gronalt und Rauch, 2005). Die Vorteile einer kooperativen Lösung gegenüber einer einzelbetrieblich orientierten sollen nun herausgearbeitet werden.

Mittels linearer Programmierung (LP) werden die Transportkosten für das gesamte Projektgebiet (28 BMKs in unterversorgten Regionen, 38 Lieferregionen Inland, 4 Ausland,) auf taktischer Ebene optimiert. Die so ermittelten, niedrigsten Gesamttransportkosten dienen als Vergleichswert zur realen Versorgungssituation, die mittels Heuristiken abgebildet wird. Folgende Eingangsdaten werden für das Modell benötigt:

Regionen und das Angebot an Waldhackgut der Regionen,

BMKs und die Nachfrage nach Waldhackgut je BMK,

Distanzen und eine Distanzmatrix die alle Angebotsorte mit den Nachfrageorten darstellt, sowie ein Transportkostenmodell zur Berechnung der Transportkostenmatrix, um eine Bewertung der Transportrelationen vornehmen zu können.

Die Lösung des LP-Problems erfolgt mit Hilfe von Software zur Linearen Optimierung (XpressMP). Im LP-Modell wird die Transportmenge von ungehacktem und gehacktem Brennstoff zu den Terminals bzw. den Werken mittels eines entsprechenden Mischkostensatzes im Verhältnis 1:1 abgebildet. Die Transportkosten und -leistungen unterschiedlicher in der Lieferkette eingesetzter Transportmittel und -behältnisse basieren auf den Erfahrungswerten mehrerer Unternehmen der Holz- und Papierindustrie.

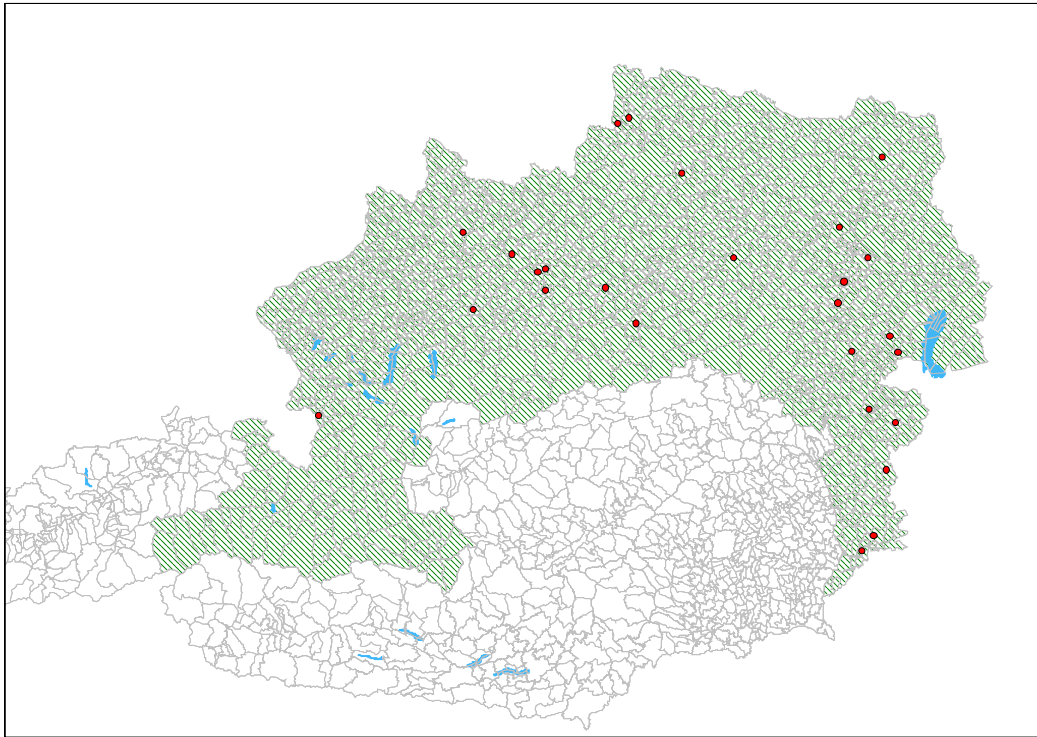


Abbildung 23: BMKs in Regionen ohne freies Waldhackgutpotential

Eine realitätsnahe Bestimmung der tatsächlichen Einzugsgebiete der BMKs ist erforderlich, um die Effekte der Kooperation, die eine Umsetzung der optimalen Lösung beinhaltet, bewerten zu können. Da nicht für alle BMKs die Lieferverhältnisse abgefragt werden können bzw. viele Werke ihre Lieferantendaten als vertraulich erachten, wird anhand dreier verschiedener Handlungsmaximen die tatsächliche Entscheidungsfindung eines für die Brennstoffversorgung verantwortlichen Mitarbeiters mittels Heuristiken nachgebildet. Die Eingangsdaten für die Heuristiken sind gleich wie oben. Als Nachbildung realer Versorgungs- und Entscheidungssituationen werden folgende Entscheidungslogiken verwendet:

H1: Kostenminimum der Gesamtkosten (total operating costs inkl. Transportkosten),

H2: Marktmacht und

H3: Attraktivität einer Region.

Bei der Heuristik „Kostenminimum der Gesamtkosten“ erfolgt die Einteilung der Lieferung von den Lieferbezirken zu den Abnehmern entsprechend der Gesamtkosten, beginnend mit der Lieferanten–Abnehmerkombination mit dem geringsten Gesamtkostenwert. Die Gesamtkosten umfassen die jeweiligen Transportkosten von den Lieferregionen zum Werk, wobei jeweils die Hälfte des Bedarfes ungehackt bzw. gehackt angeliefert wird, sowie Betriebskosten des BMKs, die für unterschiedliche Werksgrößen und Technologien aus Caputo et al. (2005) entnommen wurden.

Aufgrund von Skaleneffekten verfügen größere Werke über geringe Betriebskosten je Srm Bedarf. Aus der Matrix der Gesamtkosten zwischen BMKs und Lieferregionen wählt die Heuristik zuerst die BMK-Lieferregion-

Relation mit den geringsten Gesamtkosten aus. Die Lieferung wird zugeordnet und der verbleibende Bedarf bzw. die verbleibende Liefermenge bestimmt. Die ausgewählte Matrixzelle wird für den Rest des Berechnungsvorganges gesperrt. Jetzt wird die Zelle mit dem nächst niedrigstem Wert ausgewählt und der oben beschriebene Vorgang wiederholt sich, bis alle Werke versorgt sind. Diese Heuristik geht von der Annahme aus, dass für die Versorgung des BMKs jene Regionen bevorzugt werden, die die geringsten Gesamtkosten ermöglichen.

Die Heuristik „Marktmacht“ unterstellt bei ihren Berechnungen, dass sich zuerst der größte Abnehmer kostengünstigst aus den ihm nächstgelegenen Regionen vollständig versorgt, gefolgt vom Nächstkleineren usw. Die Lösung der Heuristik ordnet die BMKs entsprechend der Rechenlogik, Lieferregionen und Liefermengen.

Die Heuristik „Attraktivität einer Region“ bestimmt über den Quotient aus Angebotsmenge und Entfernung zum Abnehmer ebendiese Attraktivität. Beginnend mit der attraktivsten Kombination wird hier in absteigender Reihenfolge die Versorgung festgelegt. Diese Heuristik spiegelt die Einstellung vieler Manager wider, dass Regionen mit großen Potential und geringer Entfernung zum Werk als die attraktivsten angesehen werden.

Die Rechenlogik der Heuristiken ist in Visual Basic for Applications (VBA)/Excel von Microsoft implementiert. Die Startmatrix beinhaltet die Transportkosten in Euro/Srm Waldhackgut für die Distanz zwischen den jeweiligen BMKs und der Lieferregion sowie die Betriebskosten der BMKs (Personal, Erhaltung, Aschenentsorgung) als Entscheidungsbasis für die Heuristiken 1 und 2.

12.1 LP Modell taktische Versorgung des Wirtschaftsraumes

Wie oben erwähnt, wird zur Ermittlung der optimalen taktischen Versorgung des Wirtschaftsraumes ein Lineares Programm gelöst. Zur Formulierung des Modells werden die folgenden Annahmen getroffen:

Die Entscheidungsvariable x_{ij} gibt den Bedarfsmengenanteil an, der von Region i zu BMK j transportiert wird.

c_{ij} sind die Transportkosten von Region i zu BMK j . Sie werden wie folgt ermittelt: die Be- und Entladezeiten für den jeweiligen Aggregatzustand (zB. gehackt, ungehackt) werden mit den Kosten für das System pro Zeiteinheit multipliziert und mit dem Produkt Kilometerkosten des Transportsystems und der Kilometerleistung addiert, weiters wird die Benützung Roadpricing-pflichtiger Straßen entsprechend verrechnet.

Für jedes BMK ist der jährliche Bedarf d_j bekannt. In Abhängigkeit vom Leistungsvermögen eines BMK werden die gesamten Betriebskosten t_j (siehe Caputo (2005) bestimmt.

Jede betrachte Region verfügt über ein jährliches Potential s_i .

Modell: Taktische Versorgung

$$\sum_i \sum_j c_{ij} \cdot x_{ij} + t_j \quad (1)$$
 Minimiere die gesamten Versorgungskosten (1) des bestehenden Versorgungsnetzwerks:

unter Beachtung der Nebenbedingungen:

$$\sum_i x_{ij} = d_j \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_j x_{ij} = s_i \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; j = 1 \dots n \quad (4)$$

Mit der Zielfunktion werden die gesamten Transport- und Betriebskosten minimiert. Die Nebenbedingung (2) stellen die Bedarfsdeckung in den KWKs sicher. Die vollständige Nutzung des Potenzials der Regionen wird in den Bedingung (3) dargestellt. Bedingung (4) ist die Nicht-Negativitätsbedingung.

Die Transportkosten c_{ij} basieren auf Erfahrungswerten der österreichischen Werkstoffindustrie, die die Grundlage für ein Transportkostenmodell bilden. Das Kostenmodell beinhaltet Be- und Entladezeiten für gehackte oder ungehackte Waldbiomasse, Kosten für die jeweils zurückgelegte Distanz sowie Roadpricingkosten. Die Transportdistanzen wurden mithilfe eines GIS-Tools bestimmt. Die zugeordneten Transportvolumina ergeben sich aus der jeweiligen Lösung (LP oder Heuristik) und stellen das Design eines Beschaffungsnetzwerkes dar, dem eine bestimmte Strategie zugrunde liegt.

12.2 Kostenvorteil kooperativer Versorgungsnetze

Die Bewertung der anhand der drei Heuristiken bestimmten, tatsächlichen Versorgungssituation mit den Transport- und Systemkosten ermöglicht im Vergleich mit den Kosten der im LP-Modell bestimmten optimalen Versorgung des Wirtschaftsraumes die wertmäßige Illustration der Effekte der Kooperation

Abbildung 24 gibt die gesamten Transportkosten (TK) und durchschnittliche Versorgungsentfernung (VE) für die kostenminimale Lösung (LP) und die drei Heuristiken (H1, H2, H3) an.

Die durchschnittliche Versorgungsentfernung ergibt sich als volumengewichteter Durchschnitt der Transportdistanz von den Versorgungsregionen zu den Abnehmern. Die Differenz zwischen den mittels Kooperation erreichbaren Gesamtkosten von ca. 17.1 Mio. Euro zu den unter Konkurrenzdruck erreichten Gesamtkosten, die durchschnittlich 21,1 Mio. Euro betragen, weist die überaus hohen Einsparungspotentiale einer kooperativen Strategie auf.

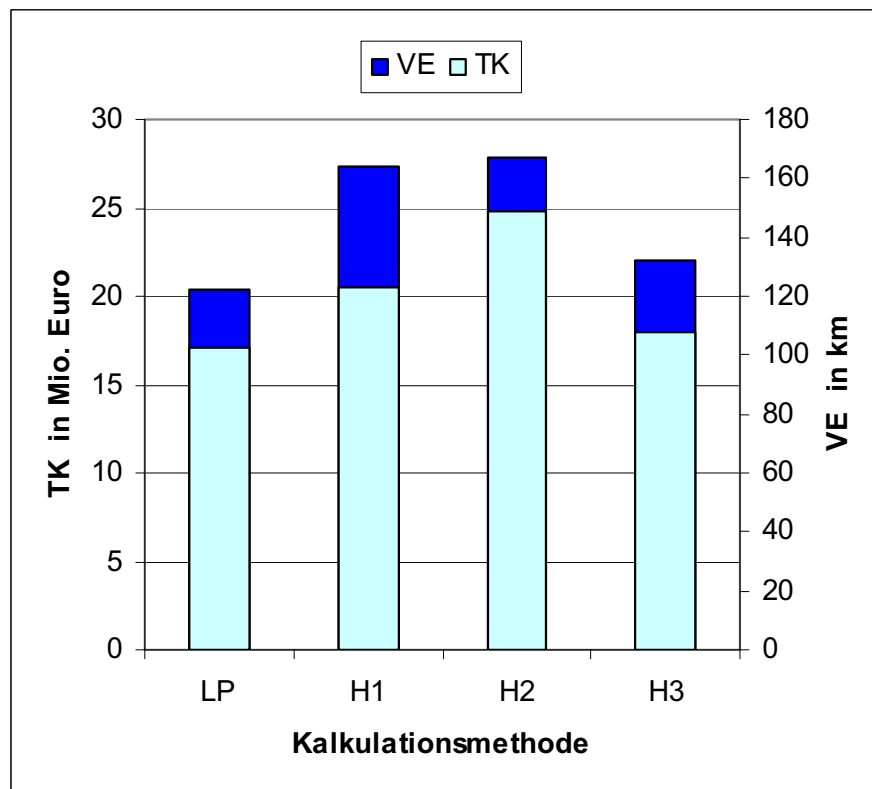


Abbildung 24: Ergebnisse LP und Heuristiken (H1, H2, H3)

Für die Heuristik „Kostenminimum der Gesamtkosten“ ergeben sich gegenüber der optimalen taktischen Versorgung des Wirtschaftsraumes hinsichtlich Gesamtkosten bzw. durchschnittlicher Transportentfernung um 20 bzw. 34 % höhere Werte.

Die mittels der Heuristik „Marktmacht“ abgebildete Strategie erreicht um 45 bzw. 37 % schlechtere Ergebniswerte.

Lediglich die dritte Versorgungsstrategie „Attraktivität“ erreicht unter der Einbeziehung von Mengen und Entfernungen ein relativ ansprechendes Ergebnis von lediglich 5 % an Mehrkosten und 8 % an höherer Transportentfernung gegenüber der LP-Lösung.

Die unter der Annahme einer kooperativen Versorgungsplanung erzielten Ergebnisse des LP Modells sind deutlich besser als jene, die bei einer unkoordinierten Planung jedes Betreibers für sich allein erreicht werden kann.

12.3 Risiko im Versorgungsnetzwerk

Die in der Potentialanalyse festgestellte Unterversorgung des Wirtschaftsraumes mit Waldhackgut deutet auf ein hohes Risiko in der Lieferkette im Bereich Beschaffung von Waldhackgut, das vor allem von der räumlichen Verteilung sowie den quantitativen Relationen von Angebot und Nachfrage bestimmt ist.

Die reale Versorgung eines Werkes mit Waldhackgut erfolgt unter zunehmender Konkurrenz durch andere BMKs. Der Konkurrenzdruck variiert

aufgrund der ungleichmäßigen räumlichen Verteilung der großen Abnehmer sowie der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der Lieferregionen. Deshalb wird zur Bestimmung des Konkurrenzdruckes in der Beschaffung innerhalb der Branche kalkuliert, wie oft das gesamte Potential eines Lieferbezirktes nachgefragt wird unter der Annahme, dass sich jedes BMK exklusiv aus den jeweils umliegenden Regionen versorgen würde.

Neben den 28 inländischen Lieferregionen sind noch 4 Nachbarstaaten einbezogen (Deutschland [D], Tschechische Republik [CZ], Slowakei [SK], und Ungarn [H], vgl. Abbildung 25).

Ein dort angegebener Konkurrenzfaktor von 9 bedeutet beispielsweise, dass das verfügbare Potential einer Region in Summe von den BMKs 9-mal nachgefragt wird, wenn sich jedes BMK aus den jeweils umliegenden Regionen versorgen könnte.

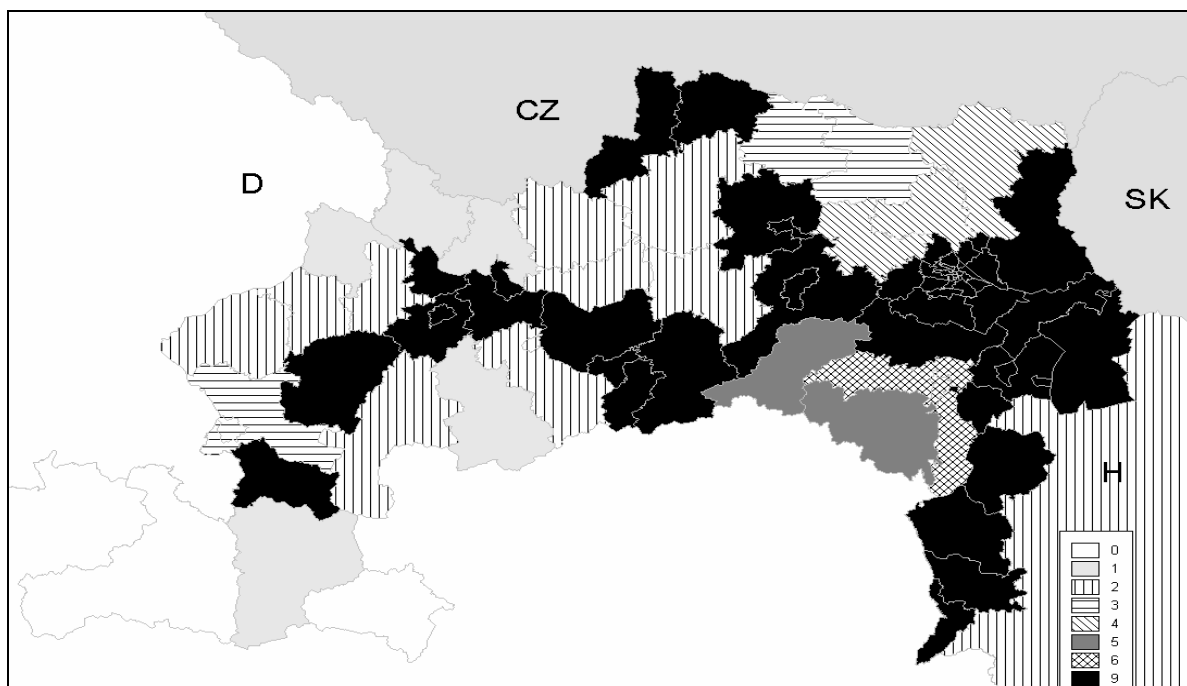


Abbildung 25: Basisszenario – Konkurrenzverhältnisse in den Regionen

Aufgrund der Unterversorgung des östlichen Teiles des Wirtschaftsraumes mit Waldhackgut entwickelt sich hier durch die Konkurrenz ein beachtliches Risikopotential für die Beschaffung des Brennstoffes. Durch die Ballung großer Abnehmer im Wiener Becken liegt hier ein ausgedehntes Gebiet mit hohem Konkurrenzdruck. Überaus leistungsfähige Abnehmer sorgen auch im nördlichen Waldviertel sowie im Tennengau für regional beschränkte, aber gleich starke Konkurrenzverhältnisse. Bundesländer mit einem annähernd ausgeglichen Angebot-Nachfrage-Verhältnis, wie Salzburg und Oberösterreich, weisen mehrere Regionen mit geringem Konkurrenzdruck auf, im Lungau und Pongau würde nicht mehr Waldhackgut nachgefragt werden als ohnehin verfügbar ist.

Neben dem realistischen Basisszenario wurden für das LP-Modell auch die Auswirkungen von 2 weiteren Mobilisierungsszenarien getestet, um die Auswirkungen auf die Beschaffungskosten im Netzwerk sowie auf die zu erwartenden Konkurrenzverhältnisse abzuleiten. Im pessimistischen Szenario sinkt die Mobilisierung des Energieholzsteigerungspotentiales um 50 %, während das optimistische Szenario einen Anstieg in selbem Ausmaß unterstellt (vgl. Abbildung 26).

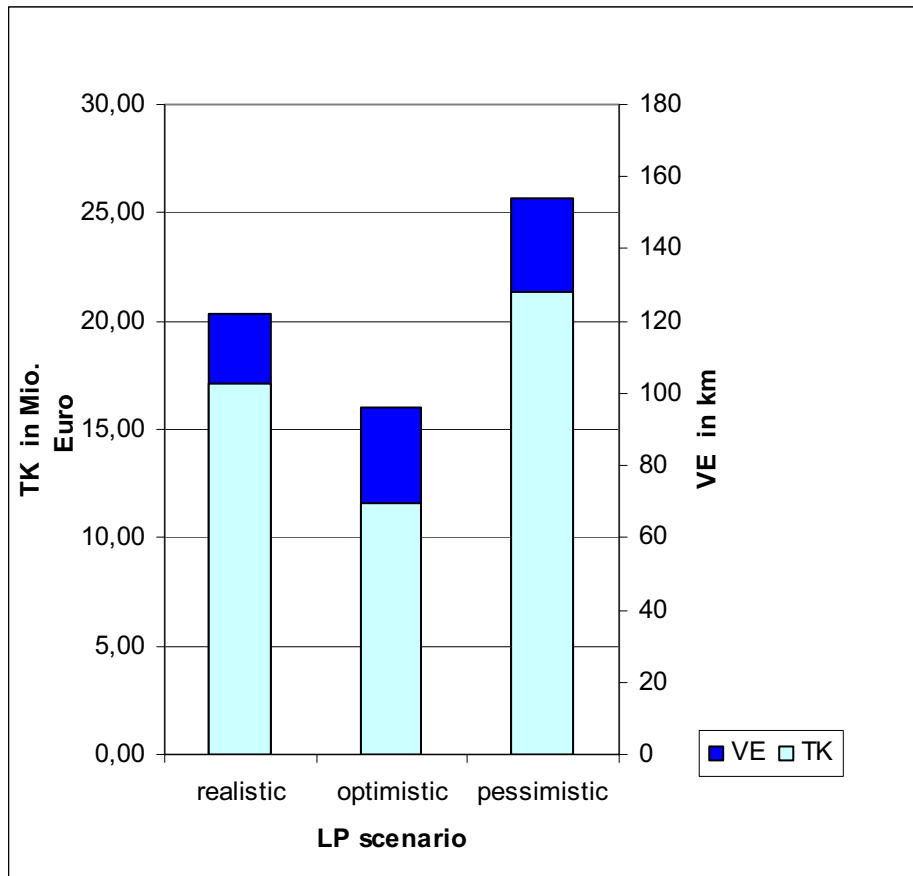


Abbildung 26: Gesamte Transportkosten (TK) und durchschnittliche Versorgungsentfernung (VE) für die kostenminimale Lösung (LP) unter verschiedenen Mobilisierungsszenarien

Im Vergleich zum Basisszenario bewirkt ein Ansteigen des im Inland mobilisierten Waldhackgutes um 50 % eine Verringerung der Versorgungskosten um ein Drittel. Sinkt allerdings das Inlandsaufkommen im selben Ausmaß, so würde dies ein Ansteigen der Gesamtkosten um 25 % nach sich ziehen.

Wenn man das LP für die drei definierten Mobilisierungsszenarien löst, so kann gezeigt werden, welche BMKs bei sinkenden Mobilisierungsraten in welchem Umfang mit Beschaffungsengpässen zu kämpfen haben werden. Abbildung 27 stellt diese Konkurrenzsituation dar: 0 kennzeichnet alle BMKs, die sich zu 100 % ihrer Nachfrage im pessimistischen Szenario versorgen können; BMKs, die im pessimistischen Szenario ihren Bedarf nicht mehr zur Gänze decken können, sind mit 1 gekennzeichnet, wenn bis zu 10 % fehlen, mit 2 bei bis 40

bis 60 % Fehlmenge und mit 3, wenn mehr als 90 % des Bedarfes ungedeckt bleiben.

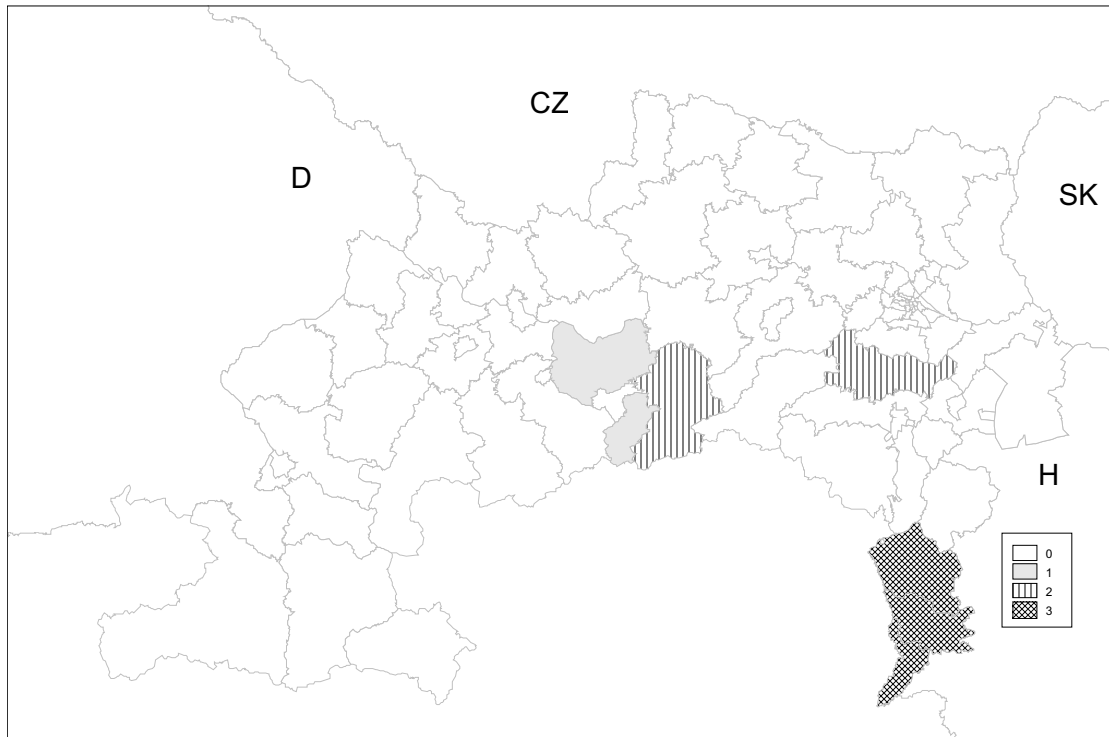


Abbildung 27: Beschaffungssituation im pessimistischen Szenario.

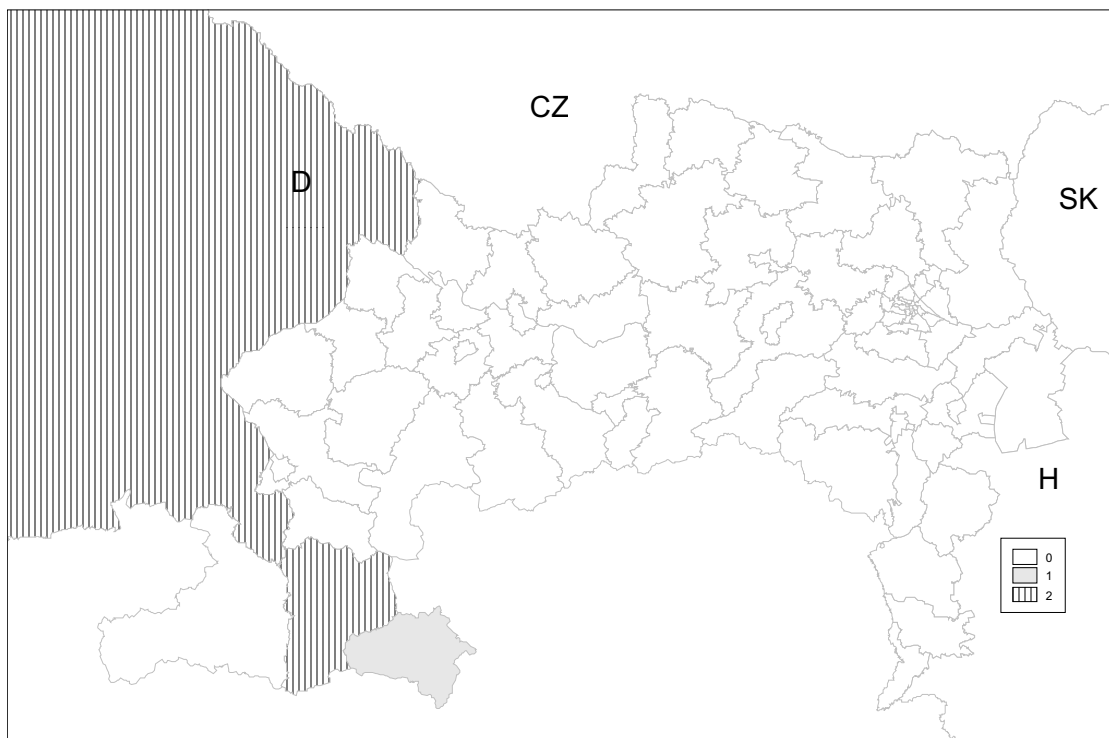


Abbildung 28: Beschaffungssituation im optimistischen Szenario.

Für das Szenario mit steigender Mobilisierung (vgl. Abbildung 28) können jene Regionen bestimmt werden, die dann nicht mehr zur Gänze ihr vorhandenes Waldhackgutpotential absetzen können. 0 kennzeichnet alle Regionen, die ihr Potential im optimistischen Szenario zur Gänze verkaufen können, 1 steht für Lieferregionen, die im optimistischen Szenario nur mehr 50 % von ihrem NAP verkaufen können, 2 steht für Regionen, deren NAP dann nicht mehr benötigt wird.

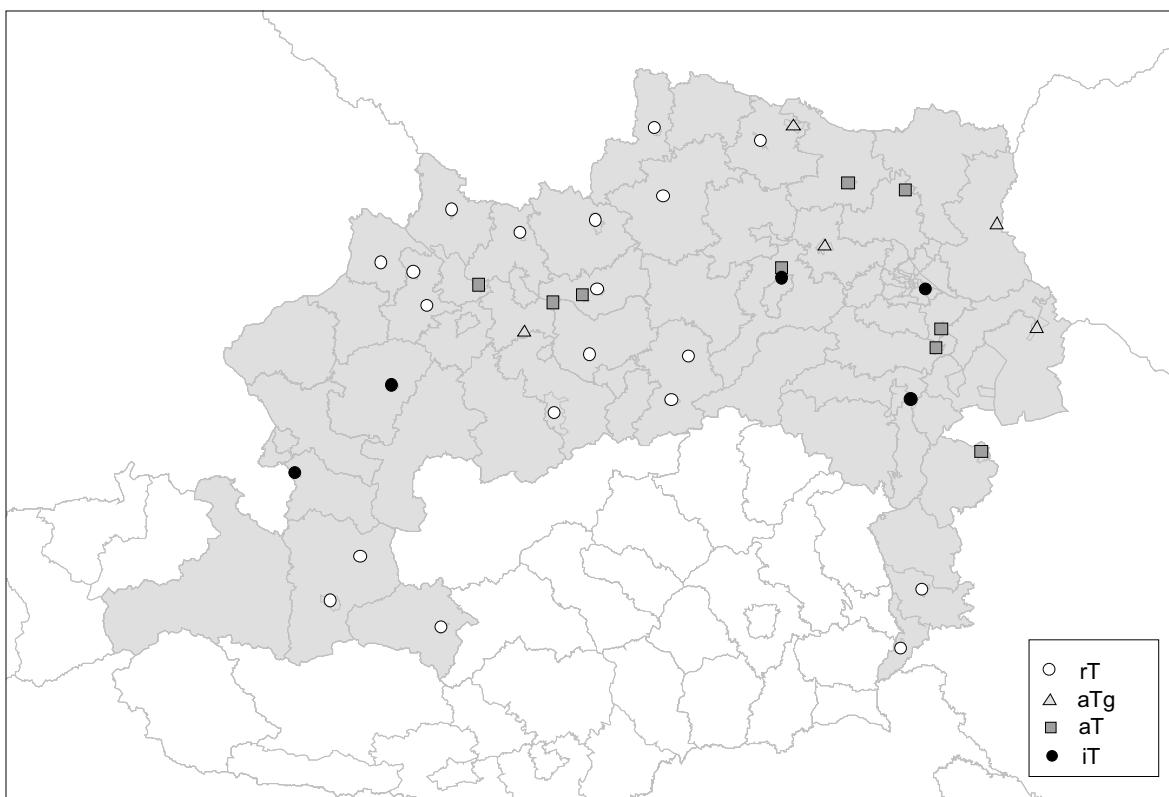
Die Szenarioanalyse zeigt, dass im pessimistischen Mobilisierungsszenario im südlichen Burgenland 5 BMKs eine dramatischen Unterversorgung entgegensteuern würden, 2 davon würden überhaupt kein Waldhackgut erhalten. In Niederösterreich würde ein großes BMK des Landes 10 % des Bedarfes zuwenig erhalten, während zwei weitere, kleinere Werke nur 50 % des Bedarfes sichern könnten.

Das optimistische Szenario würde zu einem Überangebot an Waldhackgut führen, wobei im Wirtschaftsraum lediglich der Lungau sowie der Pongau betroffen sind. Die Importe aus Bayern wären im optimistischen Mobilisierungsszenario auch nicht mehr erforderlich. Die Erhöhung der Mobilisierung von Waldhackgut im Inland beeinflusst also wesentlich die Bereitstellungskosten für die Energieerzeugung aus Waldbiomasse.

Im nächsten Kapitel erfolgt die operationale Umsetzung der auf taktischer Ebene erzielten Ergebnisse, das heißt, verschiedene Arten von Terminals (industrielle bzw. regionale und agrarische Terminals) werden für die berechneten Versorgungslinien derart miteinander kombiniert, dass die BMKs dieses Wirtschaftsraumes möglichst kostengünstig und sicher beliefert werden können.

13 Design des operativen Versorgungsnetzwerks für Holz-Biomasse

Für die kostenoptimale Versorgung der 28 BMKs in den unterversorgten Regionen aus insgesamt 42 Lieferregionen soll nun ein operatives Versorgungsnetzwerk entworfen werden. Insgesamt 5 industrielle Terminals mit Synergie Produktionsholz, davon jeweils eines pro Bundesland, 19 regionale Terminals, 14 agrarische Terminals, davon 5 ganzjährig nutzbar, 9 können nur zeitlich eingeschränkt benutzt werden, stehen als Terminals zur Versorgung des Wirtschaftsraumes zur Verfügung. Weiters kann Waldhackgut auch direkt vom Forst zum Abnehmer geliefert werden.



Legende: rt = regionale Terminals, aTg = agrarische Terminals ganzjährig, aT = agrarischer Terminal zeitlich beschränkt, iT = industrieller Terminal

Abbildung 29: Räumliche Anordnung der Terminals

13.1 LP Modell operative Versorgung des Wirtschaftsraumes

Mithilfe eines linearen Planungsansatzes wird für den Wirtschaftsraum unter Minimierung der Kosten für die Bereitstellung von Waldhackgut frei Werk ein Versorgungsnetzwerk entworfen. In diesem Netzwerkdesign werden für jedes Werk die Versorgungskanäle definiert und es wird entschieden, ob ein Terminal eingerichtet werden soll. Weiters erfolgt die Zuordnung der Menge für die jeweils realisierten Lieferstränge. Für die Modellierung werden zunächst die benötigten Entscheidungsvariablen und verwendeten Daten vorgestellt:

Entscheidungsvariablen

$x1_{kj}$...jährliche Menge, die von Region k zu BMK j transportiert wird.

$x2_{ki}$...jährliche Menge, die von Region k zu Terminal i transportiert wird.

$x3_{ij}$...die jährliche Menge, die von Terminal i zu BMK j transportiert wird.

y_i ... Indikatorvariable die angibt, ob ein Terminal errichtet werden soll. $Y_i = 1$ für die Eröffnung des Terminals i; 0 sonst.

Daten

$c1_{kj}$...Transportkosten von Region k zu BMK j zuzüglich Hackkosten und Kosten des Vortransport zum Hackplatz im Wald

$c2_{ki}$...Transportkosten von Region k zu Terminal i

$c3_{ij}$...Transportkosten von Terminal i zu BMK j zuzüglich Hackkosten im Terminal i,

$c4$... Personalkosten pro Srm Umschlag in einem Terminal

f_i ...jährliche Fixkosten für die Errichtung eines Terminals i (10 Jahre Abschreibungszeitraum)

d_j ...jährlicher Bedarf im BMK j

CU_j ...Kapazitätsobergrenze je Terminal i

s_k ... jährliches Potential der Region k.

Modell Versorgungsdesign:

Minimiere die Gesamtkosten:

$$\sum_k \sum_j c1_{kj} \cdot x1_{kj} + \sum_k \sum_i c2_{ki} \cdot x2_{ki} + \sum_i \sum_j c3_{ij} \cdot x3_{ij} + \sum_i \sum_k c4_i \cdot x2_{ki} + \sum_i f_i \cdot y_i \quad (1)$$

Nebenbedingungen:

$$\sum_i x_{3ij} + \sum_k x_{1kj} = d_j \quad j \in J \quad (2)$$

$$\sum_i x_{2ki} + \sum_j x_{1kj} = s_k \quad k \in K \quad (3)$$

$$\sum_k x_{2ki} = \sum_j x_{3ij} \quad i \in I \quad (4)$$

$$CU_j \cdot y_j \geq \sum_i x_{3ij} \quad j \in J \quad (5)$$

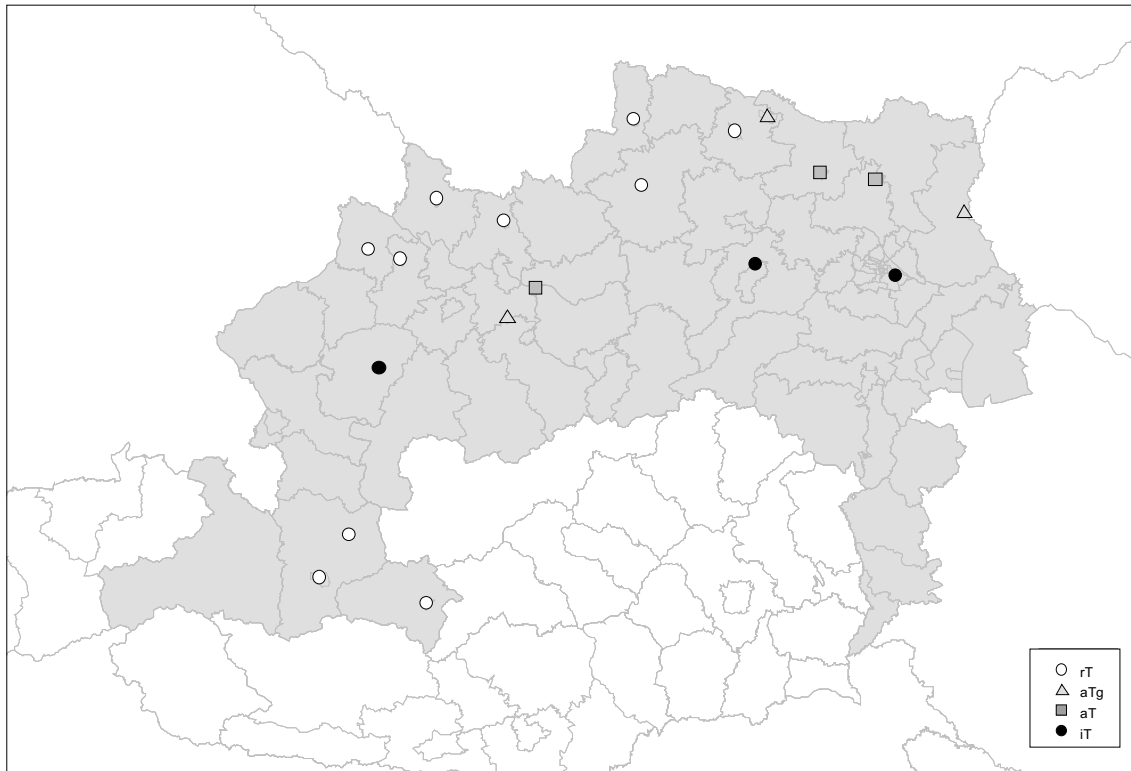
$$x_{1kj}, x_{2ki}, x_{3ij} \geq 0 \quad i \in I, j \in J, k \in K$$

Die Gesamtkosten für die Versorgung des Wirtschaftsraumes mit Waldhackgut ergeben sich aus den Summen der Transport- und Hackkosten sowie aus den Fixkosten für die eröffneten Terminals und den dort anfallenden variablen Personalkosten.

Nebenbedingungen (2) stellen die Bedarfsdeckung in den BMKs sicher. BMKs können entweder über Terminals oder direkt aus der Region versorgt werden. Die Lieferungen einer Region k können entweder zu einem Terminal oder direkt zu einem BMK erfolgen. Dies wird in den Restriktionen (3) formuliert. Die Nebenbedingungen (4) gewährleisten, dass Mengen die in das Terminal geliefert werden, auch wieder an die BMKs weitergeliefert werden (Flussbedingung). Der Jahresumschlag des Terminals ist begrenzt durch die Kapazitätsobergrenze des Terminals und wird in den Bedingungen (5) sichergestellt. Die letzte Zeile der Nebenbedingungen fordert die Nichtnegativität für die Transportmengen.

13.2 Design des Versorgungsnetzwerkes für Waldhackgut

Die Lösung des LP Modells erfolgt nach Codierung des Problems als Mosel Modell mit dem XpressOptimizer Ver.16.10.02.



Legende: rT = regionale Terminals, aTg = agrarische Terminals ganzjährig, aT = agrarischer Terminal zeitlich beschränkt, iT = industrieller Terminal.

Abbildung 30: Räumliche Anordnung der Terminals in der optimalen Lösung

Die optimale Lösung verwendet lediglich 19 der 38 vorgeschlagenen Terminals. Das Versorgungsnetzwerk besteht neben 10 regionalen noch aus 6 agrarischen Terminals. Von den vorgeschlagenen 5 industriellen Terminals werden nur die Standorte in den Bundesländern Salzburg und Burgenland nicht genutzt.

Die Direktlieferungen von den Regionen zu den BMKs beläuft sich auf 59 % der Gesamtnachfrage der BMKs. Regionale oder agrarische Terminals in Nähe von industriellen Terminals wurden nicht genutzt (z.B. Herzogenburg und Zwentendorf - Unterradlberg). Weiters liefern Regionen mit hoher innerregionaler Nachfrage oft direkt an das Werk und vorgeschlagene regionale Terminals werden nicht eröffnet (z.B. im Bezirk Scheibbs, Steyr und Amstetten).

Über industrielle Terminals werden im Jahr ca. 1,1 Mio. Srm Waldhackgut transferiert, während regionale Terminals in Summe 363.000 und agrarische Terminals 239.000 Srm Waldhackgut umschlagen. Für eine tabellarische Darstellung der Lieferströme sei hier auf Tabelle 30 bis 35 im Anhang verwiesen.

13.3 Sensitivität des Liefernetzwerkes

Es stellt sich die Frage, wie stabil das Design des Liefernetzwerkes allerdings gegenüber einer sich ständig ändernden Umwelt ist. Zwei für das Liefernetzwerk wesentliche Einflussfaktoren sind die Transportkosten und die Energieholz-Mobilisierungsrate im Inland. Um die Sensitivität des Designs des Liefernetzwerkes gegenüber diesen veränderlichen Umweltparameter zu testen, wird für den Parameter Transportkosten eine Steigerung im Bereich von 10 % bis 120 % des aktuellen Standes simuliert und mit den geänderten Kosten bzw. Kostenmatrizen das LP-Modell neu gerechnet. Weiters wird die Mobilisierungsrate in einem Rahmen von plus/minus 50 % in 10 % Schritten variiert und wiederum mit den entsprechenden Daten das LP neu gelöst.

Die Simulation von Transportkostenänderungen zeigt, dass das optimale Liefernetzdesign im Bereich einer Steigerung von 20 bis 50 % sehr stabil jeweils die 17 gleichen Terminals aufweist, nur die Lösung für eine Steigerung von 30 % verwendet genau ein Terminal weniger.

Ein zweiter stabiler Lösungsbereich ergibt sich bei einer Steigerung der Transportkosten von 70 bis 110 %, wobei hier sich jeweils benachbarte Lösungen in lediglich einem Terminal unterscheiden. Die jeweils zwischen den stabilen Bereichen liegenden Lösungen zeigen, dass hier eine deutliche Reduktion der Anzahl der verwendeten Terminals bei steigenden Transportkosten erfolgen sollte (vgl. Abbildung 31).

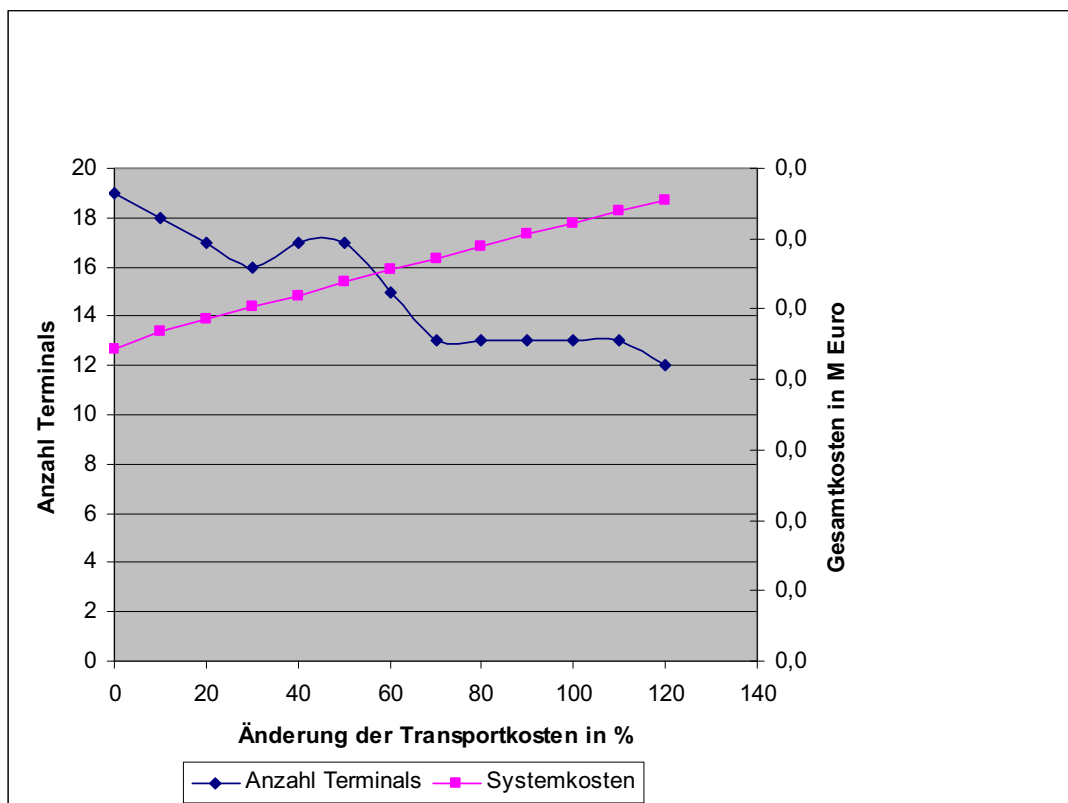


Abbildung 31: Sensitivität der optimalen Lösung gegenüber Transportkosten

Mit Erhöhung der Inlandsmobilisierungsrate von Energieholz verringert sich kontinuierlich die erforderliche Anzahl von Terminals, die notwendig ist, um die BMKs des Wirtschaftsraumes zu versorgen (vgl. Abbildung 32). Gleichzeitig damit steigt die direkt vom Forst an die BMK gelieferte Menge weiter an. Im Zuge einer Verringerung des Inlandaufkommens an Energieholz bildet ein Set von 18 Terminals einen konstanten Teil an der optimalen Lösung, wobei lediglich bei einer Rate von minus 10 % zwei weitere Terminals eröffnet werden würden.

Die Analyse, welche Terminals unter welchen Umweltbedingungen zum optimalen Design des Liefernetzwerkes gehören, gibt Hinweise, welche Terminals auch bei sich ändernden Rahmenbedingungen stabiler Bestandteil eines optimalen Liefernetzwerkes sind. 10 Terminals bleiben bei steigender Mobilisierung stets fixer Bestandteil der optimalen Lösung. Sinkt die Mobilisierungsrate, so finden sich sogar 18 Terminals ständig in der optimalen Lösung, die für den Bereich von minus 20 % bis zu minus 50 % den gesamten Terminalpool der optimalen Lösung darstellen. Insgesamt 7 Terminals werden unter allen Mobilisierungsszenarien realisiert. Abbildung 33 zeigt die Verwendung der Terminals im optimalen Liefernetzdesign unter verschiedenen Mobilisierungsszenarien. Dabei finden sich auf der Abszisse Terminalart und -nummer und auf der Ordinate das jeweilige Mobilisierungsszenario.

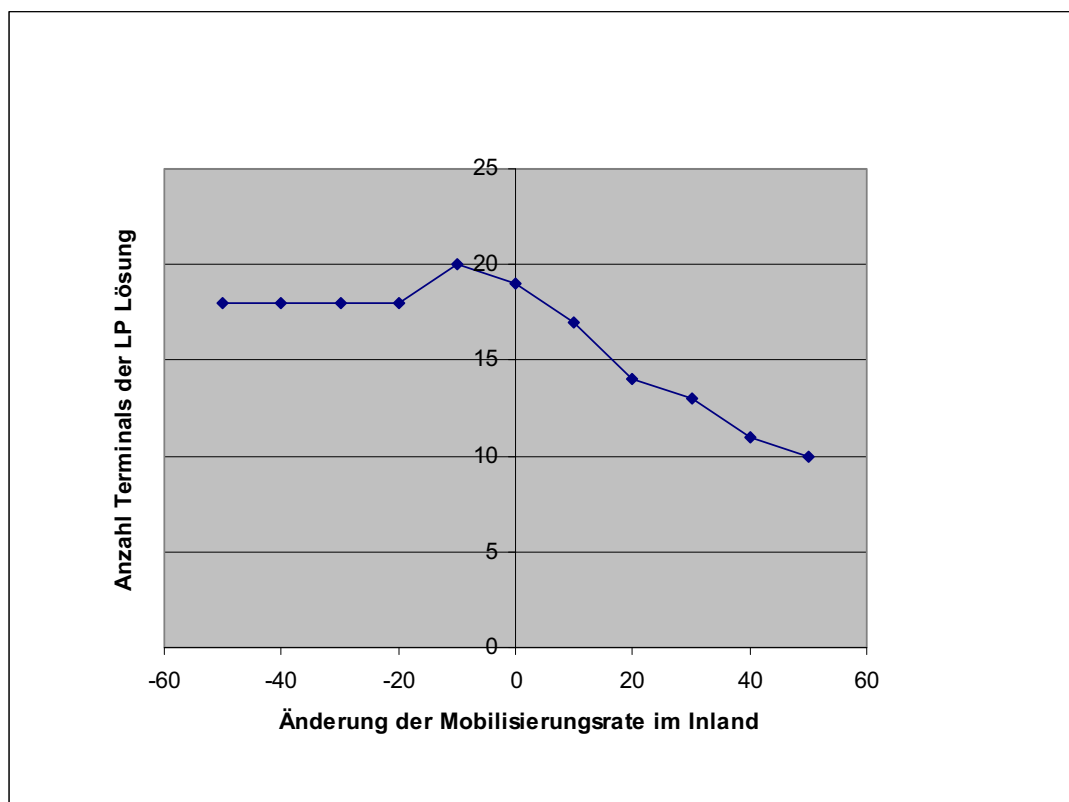


Abbildung 32: Sensitivität der optimalen Lösung gegenüber Änderungen in der Mobilisierungsrate

Endbericht BioLog I – Überregionales Logistik- und Versorgungsnetzwerk für Holz-Biomasse

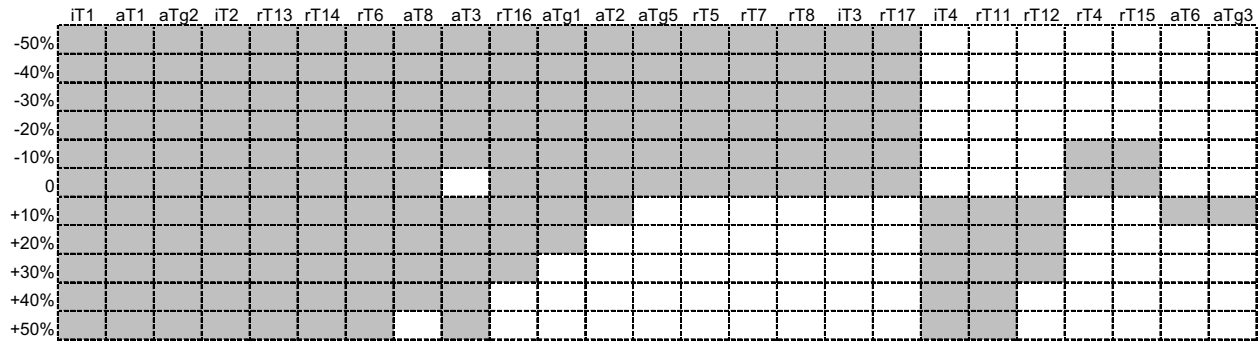


Abbildung 33: Verwendung der Terminals im optimalen Liefernetzdesign - Mobilisierung

Ein Grundset von 10 Terminals wird bei allen Transportkostenszenarien in der optimalen Lösung verwendet, 3 weitere sind für den Bereich einer Kostensteigerung von bis zu 70 % immer inkludiert. Abbildung 34 zeigt die Verwendung der Terminals im optimalen Liefernetzdesign unter verschiedenen Transportkostenszenarien. Dabei finden sich wiederum auf der Abszisse Terminalart und -nummer und auf der Ordinate das jeweilige Transportkostenszenario.

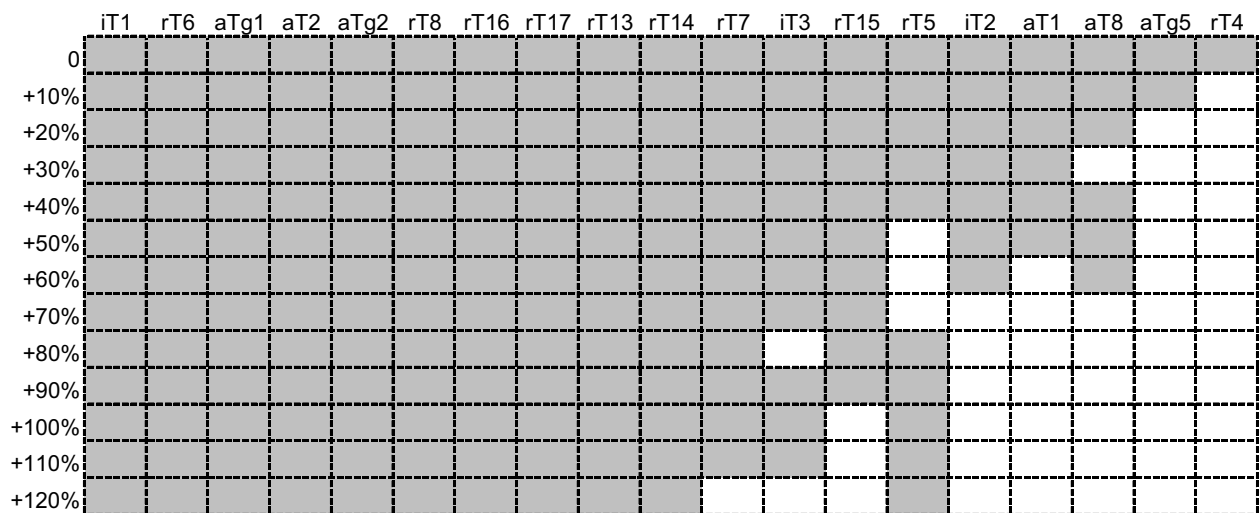


Abbildung 34: Verwendung der Terminals im optimalen Liefernetzdesign - Transportkosten

Lediglich 5 Terminals sind bei beiden Parametern unter allen Szenarien in der Lösung enthalten (iT1, aTg2, rT6, rT13 und rT14).

14 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit der vorliegenden Studie BioLog I wird das Nutzungspotenzial von Waldhackgut dem Bedarf gegenübergestellt, wobei auf die regionale Verteilung des Anfalls und des Bedarfes eingehend Bezug genommen wird. Anhand der aktuellen Österreichischen Waldinventur wurde das mobilisierbare Energieholzsteigerungspotenzial bestimmt und die zur Sicherung der Versorgungssicherheit der neu geplanten BMK notwendigen Importströme wurden quantifiziert. Um den steigenden Bedarf an Waldhackgut zu decken, muss auch der Nutzholzeinschlag entsprechend gesteigert werden, da Waldhackgut in der Regel als Kuppelprodukt des Nutzholzeinschlages anfällt. Aufgrund der stark steigenden Nachfrage ist mit entsprechenden Verschiebungen am Markt zu rechnen, wobei zumindest Faser- aber auch Schleifholzsortimente in Zukunft auch den Weg in die thermisch/energetische Nutzung finden werden.

Kein Bundesland des betrachteten Wirtschaftsraumes kann seinen neuen Waldhackgutbedarf allein decken, nur Salzburg und Oberösterreich haben ein annähernd ausgeglichenes Angebot-Nachfrageverhältnis. Deshalb ist der westliche Teil des Untersuchungsgebietes auch weniger stark von der aufkommenden Rohstoffkonkurrenz betroffen, als der östliche, wo die regionale Nachfrage das in der Region vorhandene Angebot bei Weitem übersteigt und circa 2,5 Mio. Srm Waldhackgut fehlen. Besonders stark fällt die Konkurrenz in der Nähe der größten neuen Nachfrager aus, wie z.B. im Raum um Wien oder Enns.

Die im Projekt realistisch angenommenen Importraten für die Nachbarstaaten werden in Zukunft aufgrund des in diesen Staaten steigenden Eigenbedarfes möglicherweise sinken. Eine viel versprechende Gegenstrategie liegt im Steigern des Inlandsaufkommens, wobei innerhalb der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft sowie der Forschung dieser Strategie zurzeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Mehrere wissenschaftliche Arbeiten können hierzu als Ausgangsbasis für weitere Forschungen und Projekte dienen (Rauch 2003, Hogl et al. 2005, Weiß et Bach 2006).

Die Wichtigkeit einer Mobilisierung der heimischen Holzreserven untermauern auch die Ergebnisse der Szenarienanalyse. Im Vergleich zum Basisszenario mit aktuell realistisch abgeschätzten Mobilisierungsraten bewirkt ein Ansteigen des im Inland mobilisierten Waldhackgutes um 50 % eine Verringerung der Versorgungskosten um ein Drittel. Sinkt allerdings das Inlandsaufkommen im selben Ausmaß, so würde dies ein Ansteigen der Gesamtkosten um 25 % nach sich ziehen.

Die kostengünstigste Versorgung der Biomassekraftwerke, die nicht allein durch die Wälder der BFI, in der sie liegen, versorgt werden können, erfolgt zu Gesamtkosten von 17 Mio. Euro und der minimalen durchschnittlichen Transportdistanz von 122 km durch die in der LP-Lösung vorgeschlagene Versorgungsstrategie. Diese kooperative Versorgung aller neu entstehenden BMKs mit Waldhackgut weist weiters deutliche Einsparungspotenziale gegenüber der derzeitigen Situation auf, wo jedes Werk ein eigenständiges Versorgungssystem errichtet. Die Versorgungskosten der aktuellen

Versorgungssituation liegen im Vergleich mit den Kosten der im LP-Modell bestimmten optimalen Versorgung des Wirtschaftsraumes um ca. 20 bis 40 % höher. Umgerechnet können zwischen 7 und 14 Prozent vom aktuell gezahlten Brennstoffpreis (gehackt frei Werk) durch kooperative taktische Planung eingespart werden. Die Strategie einer kooperativen Versorgungsplanung erzielt also deutlich bessere Ergebnisse als bei einer unkoordinierten Planung jedes Betreibers für sich allein erreicht werden können.

Die Abschätzung der Höhe der direkten Einsparungspotenziale im Bereich der Transportkosten ist im vorliegenden Vergleich der LP-Lösung mit den drei Heuristiken wahrscheinlich deutlich zu gering ausgefallen, da die Heuristiken ein streng rationales Vorgehen aller Beteiligten widerspiegeln. Infolge der dargestellten, regional unterschiedlichen Konkurrenzsituation zwischen den einzelnen BMK um Waldhackgut sowie zusätzlich noch zwischen energetischen und stofflichen Verwertern werden die tatsächlichen Einzugsgebiete, vor allem für die sehr großen Anlagen, deutlich über den ursprünglich geplanten liegen müssen, um die quantitative Versorgung sicherzustellen.

Aufgrund des nachgewiesenen Potentials zur Senkung von Versorgungskosten ist die Kooperation zwischen den BMKs in Form von Partnerschaften oder Allianzen zur Rohstoffbeschaffung eine wesentliche Maßnahme, um eine effiziente Beschaffung von Waldhackgut sicher zustellen (vgl. auch Allen et al. 1998).

Die operationale Umsetzung der bereits auf taktischer Ebene erzielten positiven Ergebnisse liegt im konkreten Design des Versorgungsnetzwerkes, wobei verschiedene Arten von Terminals (industrielle bzw. regionale und agrarische Terminals) und die Variante der Direktlieferung aus dem Forst derart miteinander kombiniert, dass die BMKs des Wirtschaftsraumes möglichst kostengünstig und sicher beliefert werden können. Die optimale Lösung verwendet lediglich 19 der 38 vorgeschlagenen Terminals. Das Versorgungsnetzwerk besteht neben 10 regionalen noch aus 6 agrarischen Terminals. Von den vorgeschlagenen 5 industriellen Terminals werden nur die Standorte in den Bundesländern Salzburg und Burgenland nicht genutzt. Die Direktlieferungen von den Regionen zu den BMKs belaufen sich auf 59 % der Gesamtnachfrage der BMKs. Regionale oder agrarische Terminals in Nähe von industriellen Terminals wurden nicht genutzt (z.B. Herzogenburg und Zwentendorf–Unterradlberg).

Weiters liefern Regionen mit hoher innerregionaler Nachfrage oft direkt an das Werk und vorgeschlagene regionale Terminals werden nicht eröffnet (z.B. im Bezirk Scheibbs, Steyr und Amstetten). Über industrielle Terminals werden im Jahr ca. 1,1 Mio. Srm Waldhackgut transferiert, während regionale Terminals in Summe 363.000 und agrarische Terminals 239.000 Srm Waldhackgut umschlagen.

Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erfolgte beispielhaft positiv, und auch seitens der Österreichischen Energieagentur ist ein großes Interesse am Projekt festzustellen. Als Ausblick des Projekts ist festzustellen, dass innerhalb Österreichs selbstverständlich noch Lücken in der Betrachtung und Berechnung der Potentiale und Optimalen Versorgung des Landes vorhanden

sind. Hier handelt es sich vor allem um den Wirtschaftsraum Steiermark und Kärnten, sowie um den Wirtschaftsraum Tirol und Vorarlberg.

Aufgrund im Projekt durchgeführter Vernetzungs- und Erfahrungsaustausch-Aktivitäten mit Akteuren, welche schon in diesen Projektgebieten ähnliche Vorhaben auf dem Gebiet der Biomasse-Versorgung durchgeführt haben, muss festgehalten werden, dass in diesen durchgeführten Projekten andere, dem Ansatz des Projekts BioLog I nicht nahe liegende Vorgangsweisen und Betrachtungsebenen gewählt wurden, welche eine strategische Versorgungsoptimierung und Sicherstellung der Supply Chains für Biomassekraftwerke Österreichweit nicht darstellen können.

Es wurde daher auch in Rücksprache mit der Österreichischen Energieagentur der Bedarf festgestellt, den Ansatz von BioLog I auch auf das noch nicht betrachtete Bundesgebiet auszuweiten und somit österreichweite Versorgungspotentiale zu berechnen. Ebenso sollen noch Import- und Export-Strategien aus benachbarten CEE-Ländern sowie Bayern zur Berechnung sichergestellter Versorgungsketten für Österreichische Biomasse-Kraftwerke berücksichtigt werden. Dies wird im Nachfolgeprojekt BioLog II geschehen.

Damit soll die Wissensbasis für eine optimale Versorgungssicherheit Österreichs auf dem Gebiet der Biomassekraftwerke vereinheitlicht werden, um somit auch in der Lage sein zu können, fundierte und ganzheitliche Handlungsempfehlungen für das gesamte Bundesgebiet Österreichs an alle Stake-Holder in der Thematik, also Politik, Betreiber, Versorger, Waldverbände etc. weitergeben zu können.

15 Literaturverzeichnis

- Allen J., Browne M., Hunter A., Boyd J., Palmer H. (1998): Logistics management and cost of biomass fuel supply. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* Vol. 28 (6):463–477.
- Asikainen A., Ranta T., Laitila J. (2001): Large-Scale Forest Fuel Procurement. In: Pelkonen P., Hakkila P., Karjalainen T. and Schlamadinger B. (eds.): *Woody Biomass as an Energy Source*. EFI Proceedings (39):73–78.
- Bjornstadt E. (2005): An engineering economics approach to the estimation of forest fuel supply in North-Trondelag County, Norway. *Journal of Forest Economics* (10): 161–188.
- BMLFUW (2004): Holzeinschlagsmeldung für das Jahr 2000–2003, Salzburg. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion für Forstwesen, Abteilung IV1, CD.
- Bohlin F., Roos A. (2002): Wood fuel supply as a function of forest owner preferences and management styles. *Biomass and Bioenergy* (22): 237–249.
- Büchsenmeister R. (2006): Ertragswaldflächen nach Hangneigung. Sonderauswertung. personal communication, 24.3.2006.
- Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (2004): Ergebnisse der Öst. Waldinventur 2000–2002. <http://web.bfw.ac.at/i7/oewi.oewi0002>.
- Caputo A., Palumbo M., Pelagagge P. M., Scacchia F. (2005): Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass and Bioenergy* 28: 35–51.
- Chan F.T.S., Chung S.H. (2004): Multi-criteria genetic optimization for distribution networks problems. *Int J Adv Manuf Technol* (24): 517–532.
- Dietrich H.-P., Raspe St., Schwarzmeier M., Ilg S. (2002): Biomasse- und Nährstoffinventuren zur Ermittlung von Ernteentzügen an drei bayerischen Fichtenstandorten. In Dietrich, Raspe und Peuhlsler: *Inventur von Biomasse und Nährstoffvorräten in Waldbeständen*. Forstliche Forschungsberichte München, 186/2002.
- Forbrig A., Klugmann K., Nick L. (2004): Tagungsführer der Fachexkursion der 14. KWF-Tagung. In: *AFZ Der Wald* 2004, 11–12
- FPPAK Holzbilanz (2004): unveröffentlichtes Datenmaterial
- Golser, M.; Nemestothy, K.P.; Schnabel, R. (2004): Methoden zur Übernahme von Energieholz. Endbericht eines Forschungsprojektes der Holzforschung Austria.
- Gronalt M., Rauch P. (2005): Designing a regional forest fuel supply network. *Proceedings of Bioenergy 2005. International Bioenergy in Wood Industry. Conference and Exhibition*. 12-15.9.2005, Jyväskylä, Finland. FINBIO: 271–274.

- Hakkila P. (2004): Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999–2003. Technology Programme Report 6/2004, TEKES.
- Hogl K., Pregernig M., Weiß G. (2005): What is New about New Forest Owners? A Typology of Private Forest Ownership in Austria. Small -scale forest economics, management and policy (4): 3, 325–342.
- Jonas A. (2003): Potenzialabschätzung Waldhackgut. In Streißelberger et al.: Potenziale für biogene Rohstoffe zur energetischen Nutzung
- Jonas A., Haneder H. (2001): Energie aus Holz. 8. Aufl., NÖ-LWK, St. Pölten.
- Junginger M., Faaij A., van den Broek R., Koopmans A., Hulscher W. (2001): Fuel supply strategies for large-scale bio-energy projects in developing countries. Electricity generation from agricultural and forest residues in Northern Thailand. Biomass and Bioenergy (21): 259–275.
- Kaltschmitt, M. und Hartmann, H. (2001): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin, Heidelberg: Springer Vlg. 770 Seiten. ISBN: 3-540-64853-4.
- Kvarda M. (2005): ‚Non-agricultural forest owners‘ in Austria – a new type of forest ownership. Forest Policy and Economics (6): 459–467.
- Lehner L., Pauli B., Meggendorfer A. (2003): Erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Bau und Betrieb eines Holzplatzes.
- Pausch, R. (2002): Ein System-Ansatz zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Waldstruktur, Arbeitsvolumina und Kosten der technischen und biologischen Produktion in Forstrevieren ost- und nordbayerischer Mittelgebirge. Dissertation Technische Universität München
- Rauch, P. (2003): Strategien und Maßnahmen für eine effiziente Kleinwaldbewirtschaftung. SWOT Analyse, Prozessmanagement, GIS-gestützte Potentialanalyse und Organisationsentwicklung. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, 173; Wien.
- Schieler K., Hauk E.(2001): Instruktion für die Feldarbeit – Österreichische Waldinventur 2000/2002. Dienstanweisung / FBVA; Wien, 199 S.
- Streißelberger J., Jonas A., Kirtz M., Neubauer J., Hlavka M., Haberhauer O. (2003): Potenzialabschätzung Waldhackgut. AgrarPlus, St. Pölten.
- Weiß G., Bach C. (2006): Holzmobilisierung. Endpräsentation der quantitativen Befragung. Eigenverlag, 17 S.
- Wittkopf S., Hömer U., Feller S. (2003): Bereitstellungsverfahren für Hackschnitzel - Leistungen, Kosten, Rahmenbedingungen. LWF

16 Anhang

Endbericht BioLog I – Überregionales Logistik- und Versorgungsnetzwerk für Holz-Biomasse

Tabelle 30 Liefermengen von den Regionen (REGION) direkt an die BMKs (PLANTS) Teil I

REGION/PLANTS	Simmering	Mistelbach	Mödling	Baden	Unterraasdorf	Gresten	Anstetten	Klosterneuburg	Rastenfeld	Schrems	Gmünd	Linz	Aschach a.	Ernsthofen	Ems	Ennsdorf	Sattledt	Hallein
Flechsgau																		62.239
Pinzgau																		3.286
Pongau																		5
Lungau																		
Horn																		
Korneuburg																		
Lilienfeld																		
Meik						41.000												
Mistelbach																		
Neunkirchen				69.000														
Wiener Neustadt				11.700														
Zwettl							23.200											49.000
Braunau am Inn																29.000		
Freistadt																		
Gmunden																		
Grieskirchen																		
Kirchdorf/ Krems								61.000								5.000		
Perg																26.000		
Ried im Innkreis																		
Rohrbach																		
Schärding																		
Steyr														24.250		28.850		
Urfahr																		
Vöcklabruck																		
Bayern												27.068	91.000		367.500		1.680	118.520
Slowakei		35.100																
Tschechien			38.250							75.000	168.000			378.750				
Ungarn																		
Wien			3.500						2.500									
Amstetten																		
Waldhofen/ Thaya																		
Wien-Umgebung																47.000		
Gänserndorf																		
Sankt Pölten																		
Baden				31.300														
Scheibbs																		
Linz							62.000											
Wels																		
Südburgenland																		
Nordburgenland																		
Tennengau																		
Krems										2.000								61.000

Tabelle 31 Liefermengen von den Regionen (REGION) direkt an die BMKs (PLANTS) Teil II

REGION	Eisenstadt	Siegersdorf	Neudorf	Oberpullen	Rechnitz	Güssing 1	Güssing 2	Güssing 3	Heiligenkreuz	Markt St. Martin
Flachgau										
Pinzgau										
Pongau										
Lungau										
Horn										
Korneuburg					15.938				1.062	
Lilienfeld										
Melk									9.000	
Mistelbach										
Neunkirchen										
Wiener Neustadt										
Zwettl										
Braunau am Inn										
Freistadt										
Gmunden										
Grieskirchen										
Kirchdorf/Krems										
Perg										
Ried im Innkreis										
Rohrbach										
Schärding										
Steyr										
Urfahr										
Vöcklabruck										
Bayern										
Slowakei										77.900
Tschechien										
Ungarn	13.000	105.000						4.188	27.100	
Wien										
Amstetten										
Waidhofen / Thaya										
Wien-Umgebung										
Gänserndorf										
Sankt Pölten										
Baden										
Scheibbs										
Linz										
Wels										
Südburgenland						53.062	27.938			
Nordburgenl	62.000									
Tennengau										
Krems										

Endbericht BioLog I – Überregionales Logistik- und Versorgungsnetzwerk für Holz-Biomasse

Tabelle 32 Liefermengen von den Regionen (REGION) an die Terminals Teil I

REGION	Terminal	Simmering	ÖBF	Hollabrunn	Weiterfeld	Ennsbrunn	Angem	Gramatneuh	Gattendorf	Unterwaller	Unterradeil	Scheibbs	Lunz	Seitenstettl	Herzogenbl	Zwentendorf	Pernegg	Merzensteil	Schrems	Alkoven	Rohrbach		
	Flachgau																						
	Pinzgau																						
	Pongau																						
	Lungau																						
	Horn																38.000						
	Korneuburg																						
	Lilienfeld									56.000													
	Melk																						
	Mistelbach																						
	Neunkirchen																						
	Wiener Neustadt																						
	Zweitl																	30.000					
	Braunau am Inn																						
	Freistadt																						
	Gmunden																						
	Grieskirchen																						
	Kirchdorf/Krems																						
	Perg																						
	Ried im Innkreis																						
	Rohrbach																						
	Schärdling																						
	Steyr																						
	Urfahr																						
	Vöcklabruck																						
	Bayern																						35.000
	Slowakei	557.000									30.000												
	Tschechien			40.000	30.000	30.000													40.000				
	Ungarn																						
	Wien																						
	Amstetten																						
	Waidhofen/Thaya																						
	Wien-Umgebung	37.000																					
	Gänserndorf	8.000																					
	Sankt Pölten									47.000													
	Baden																						
	Scheibbs																						
	Linz																						
	Wels																						
	Südburgenland																						
	Nordburgenland																						
	Temengau																						
	Krems												44.000										
	SUMME																						

Tabelle 33 Liefermengen von den Regionen (REGION) an die Terminals Teil II

REGION	Reichenau	Weiterfeld	Perg/Naarn	Minzbach	Reichramir	Enns	Weichsteitz	Grieskirche	Peuerbach	Sigharting	Lenzing	Hallein-mre	Pongau/Alm	Lungau/Pal	Pongau/Grt	Neudorf-fu	Deutschkre	St.Michael	Jennersdorf
Flachgau																			
Pinzgau																			
Pongau													48.250		48.215				
Lungau													54.400		35				
Hohe Tauern																			
Korneuburg																			
Lilienfeld																			
Melk																			
Mistelbach																			
Neunkirchen																			
Wiener Neustadt																			
Zwettl																			
Braunau am Inn						21.000													
Freistadt											63.000								
Gmunden																			
Grieskirchen							3.300												
Kirchdorf/Krems																			
Perg																			
Ried im Innkreis											15.000								
Rohrbach						35.000													
Schärding									24.280										
Steyr																			
Urfahr						23.000													
Vöcklabruck																			
Bayern	23.000										53.500								
Slowakei							7.700			21.000	206.812								
Tschechien																			
Ungarn																			
Wien																			
Amstetten																			
Waldhofen / Thaya																			
Wien-Umgebung																			
Gänserndorf																			
Sankt Pölten																			
Baden																			
Scheibbs																			
Linz																			
Wels							5.000												
							14.000												
Sudburgenland																			
Nordburgenland																			
Tennengau																			
Krems																			

Endbericht BioLog I – Überregionales Logistik- und Versorgungsnetzwerk für Holz-Biomasse

Tabelle 34 Liefermengen von den Terminals an die BMKs (PLANTS) Teil I

PLANT/Terminal	Simmering	CBF	H-Blabrum	Watersfeld	Ernsbrunn	Argern	Gamtraun	Gatterdorf	Unterwaller	Unterradell	Schalbos	Lunz	Seitenstettl	Herzogenbr.	Zwentend.	Pernegg	Märzstetl	Schrems	Alkoven	Röhrbach		
Simmering	600.000																					
Mistelbach																						
Moßling				30.000		30.000																
Baden																38.000						
Unterradberg																						
Gresten	2.000																					
Arnstetten			40.000																			
Klosterneuburg																						
Rastenfeld																						
Schrems																						
Gründ																						
Linz																						
Aschach d. Dnau																						
Ennsbrunn																						
Enns																						
Ennsdorf									43.750													35.000
Sattledt																						
Hallein																						
Eisenstadt																						
Stegendorf																						
Naudorf																						
Oberpullendorf																						
Rednitz																						
Güssing 1																						
Güssing 2																						
Güssing 3																						
Heiligenkreuz					30.000																15.000	
Markt St. Martin																					25.000	

