

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 164 (2013)

Heft: 12

Artikel: Versorgung des Holzheizkraftwerkes Aubrugg durch die Zürich Holz AG : ein Erfahrungsbericht

Autor: Hofer, Peter / Angleitner, Jürgen

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097638>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Versorgung des Holzheizkraftwerkes Aubrugg durch die Zürich Holz AG – ein Erfahrungsbericht

Peter Hofer

Geo Partner AG und Zürich Holz AG (CH)*

Jürgen Angleitner

Geo Partner AG (CH)

Wood supply for the Aubrugg wood-fired combined heating-and-power-plant by Zürich Holz AG – experience so far

The article addresses wood supply for a large heating plant in Switzerland, delivered by Zürich Holz AG. It describes the role of the supplier, in this case a wood marketing company, owned by the forest owners, in preparing and delivering the contracted volumes. Important factors in the success (so far) of the supply system are the reliable supply of the contracted volumes by the suppliers as well as careful organisation and monitoring of deliveries. The commercial success is based on systematic reference to the energy content of the wood. The article also addresses the measures put in place to guard against possible future reductions in wood availability.

Keywords: wood supply, wood burning heating plant, energy wood, logistics, energy content

doi: 10.3188/szf.2013.0374

* Baumackerstrasse 24, CH-8050 Zürich, E-Mail hofer@geopartner.ch

Das Holzheizkraftwerk HHKW Aubrugg (Kasten 1) ging im Oktober 2010 in Betrieb. Es weist bei einer Wärmeleistung von 28 MW und einer Stromleistung von 11 MW eine Feuerungsleistung von 42 MW auf. Das Werk produziert nur im Winterhalbjahr, in der Regel von Mitte September bis Mitte Mai. In diesem Zeitraum sollen nach Businessplan gut 100 000 MWh Wärme eingespeist

und 38 000 MWh Strom produziert werden. Das Werk wird wärmegeführt betrieben. Das heisst, dass die Anlage nur läuft, wenn die Abwärme aus der Stromproduktion ins Fernwärmenetz der Stadt Zürich eingespeist werden kann. Dieser Grundsatz lässt sich allerdings nicht in aller Konsequenz umsetzen. Ist der Generator in Betrieb, wird immer auch (Ab-)Wärme produziert. Diese wird in der Fernwärme aber nicht immer benötigt.

Die Fernwärme der Stadt Zürich bezieht ihre Wärme primär aus der Kehrrechtverbrennungsanlage Hagenholz, erst in zweiter Priorität vom HHKW. Der Wärmebedarf variiert im Jahresverlauf und im Tagesverlauf sehr stark. Ein HHKW dieser Grösse ist relativ träge und kann nicht einfach ein- und ausgeschaltet werden. Ist es einmal in Betrieb, versucht man dem Wärmebedarf durch Reduktion und Steigerung der Betriebsleistung zu folgen. Wird gar keine Wärme benötigt, fährt das Werk auf etwa 60% seiner maximalen Leistung, denn die reine Stromproduktion ist nicht wirtschaftlich. Der Luftkondensator¹ hat zudem nur eine beschränkte Kapazität. Das Kraftwerk läuft in den Übergangszeiten so lange, als (voraussichtlich) ausreichend Wärme zum Erreichen

¹ Der Luftkondensator ist eine Einrichtung, um überschüssige Wärme an die Aussenluft abzugeben. Nicht immer kann die produzierte (Ab-)Wärme aus der Stromproduktion auch nutzbringend verwendet werden.

Die HHKW Aubrugg AG

Zur HHKW Aubrugg AG haben sich im Februar 2009 die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ), Entsorgung und Recycling der Stadt Zürich (ERZ) als Betreiberin der Fernwärme Zürich sowie die Zürich Holz AG zusammengeschlossen. Vom Aktienkapital von 5 Mio. Franken besitzt die Zürich Holz AG 20%, die beiden anderen Partner je 40%.

Die HHKW Aubrugg AG produziert und verkauft vier Produkte: Sie speist den produzierten Strom ins Netz der EKZ ein und die Wärme ins Fernwärmenetz der Stadt Zürich. Hier sind 20 000 Haushalte angeschlossen. Mit der Produktion von Wärme aus einem nachwachsenden anstelle eines fossilen Brennstoffes können CO₂-Einsparungen geltend gemacht werden. Sie wurden für 3½-Jahre der Stiftung Klimarappen verkauft, ab 2014 übernimmt sie die Stadt für 23 Jahre. Der ökologische Mehrwert des Stroms wird nicht in Form der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) abgegolten, sondern wird von den Elektrizitätswerken der Stadt Zürich (EWZ) sowie den Werken Wallisellen übernommen. Es muss festgehalten werden, dass das Holzheizkraftwerk ohne den Verkauf dieser letzten beiden Produkte nicht rentabel arbeiten könnte.

Die HHKW Aubrugg AG beschäftigt kein Personal. Die Holzversorgung wurde der Zürich Holz AG übertragen, die Anlage wird von ERZ betrieben, und die Finanzen werden von den EKZ betreut.

Kasten 1 Die Holzheizkraftwerk HHKW Aubrugg AG.



Abb 1 Blick in die Lagerhalle in Aubrugg mit den rauchenden Energieholz-Schüttkegel.

der Gewinnschwelle eingespeist werden kann. Wird die Anlage ausgeschaltet, benötigt die Wiederinbetriebnahme der Wirbelschichtfeuerung² erhebliche Mengen an Heizöl, um das Sandbett aufzuheizen.

Dem eigentlichen Kraftwerk vorgelagert ist ein Schnitzellager mit einem Fassungsvermögen von etwa 7500 SRm (Abbildung 1). Es wird nach dem Prinzip von «first in – first out» betrieben. Das heisst, die angelieferten Schnitzel werden von oben ins Lager eingebracht. Der Schnitzelbezug erfolgt über Schubböden, die auf dem Hallenboden aufliegen. Aufgrund nicht zufriedenstellender Konzeption des Lagers können faktisch nur rund 4500 SRm des eingebrachten Holzvolumens auch automatisch genutzt werden.

Die Zürich Holz AG

Die Zürich Holz AG wurde im Januar 2005 mit dem Ziel der Vermarktung des Holzes der Zürcher Waldbesitzer gegründet. Sie vermittelte bis im Jahr 2009 ausschliesslich Industrie- und Stammholz, letzteres zum grossen Teil ins Ausland. Seit Herbst 2010 versorgt sie zudem das Holzheizkraftwerk HHKW Aubrugg mit Energieholz. Die Zürich Holz AG ist an der HHKW Aubrugg AG zu 20% beteiligt.

Das Aktienkapital der Zürich Holz AG beträgt 2.12 Mio. Franken und ist vollständig liberiert. Das Aktionariat besteht aus rund 350 Aktionären, zum grösseren Teil Waldbesitzer. Der Sitz der Zürich Holz AG ist in Wetzikon (ZH), wo sich auch die Geschäftsstelle befindet.

Kasten 2 Die Zürich Holz AG.

Brennstoffstückigkeit	Anforderungen an die Stückigkeit (mm)				
	Hauptanteil (mind. 80%)	Feinanteil (max. 5%)	Überlängen (max. 1%)	Maximale Länge	Maximale Diagonale im Querschnitt
P45	8.0–45	<1	>63	125	25
P63	8.0–63	<1	>100	200	30
P100	11.2–100	<1	>200	250	35

Tab 1 Anforderungen an die Stückigkeit der Hackschnitzel (in Gewichtsprozent, feucht; Maschenweiten [mm] für Gittersiebe und Lochbleche gemäss DIN ISO 3310). Die Zahl nach dem Buchstaben P bezeichnet die jeweils maximale Stückgrösse, im Fall von P100 also 100 mm. Quelle: Good et al (2004: Tabelle 12.7; verändert)

Der Versorgungsauftrag der Zürich Holz AG

Die Zürich Holz AG (Kasten 2) ist alleinige Holzversorgerin des HHKW. Wie bei jedem Versorgungsauftrag ist auch hier die Aufgabe gestellt, den Brennstoff in definierter Qualität, zeitgerecht und in effizienter Weise anzuliefern. Ein HHKW von der Grösse Aubrugg stellt insofern besondere Anforderungen, als im Privatwaldkanton Zürich mit seinem kleinstrukturierten Besitz grosse Holzmenge gebündelt werden müssen.

Konkret bedeutet dies, dass pro Heizperiode ein Brennstoffbedarf von 182 000 MWh (+/–5%) abgedeckt werden muss. Das Werk verwendet – im Unterschied zu den anderen ähnlich grossen Werken in Basel, Bern und Domat/Ems – nur naturbelassenes Holz, nämlich Waldholz (ca. 85%) und Landschaftspflegeholz (ca. 15%). Es wird erwartet, dass das Holz aus einem Umkreis von maximal 50 km stammt. Der Vorrat im Schnitzellager soll jeweils für vier Tage reichen.

Die Stückigkeit wurde für Waldholz (P45–P100), Sägerestholz (P45–P100) und Rinde (P100) vorgegeben (Tabelle 1). Der Feinanteil der Holz hackschnitzel <1 mm ist nicht aus Gründen der Verbrennung in der Wirbelschichtfeuerung auf maximal 5% beschränkt. Kritisch ist vielmehr die Holzförderung vom Schnitzellager zum Ofen. Der Feinanteil führt hin und wieder zu Verstopfungen in der Förderanlage, im Winter gefrieren die Feinanteile schneller als die gröberen Schnitzel.

Im Liefervertrag zwischen HHKW Aubrugg AG und Zürich Holz AG wurde festgelegt, dass die gelieferten Sortimente zu einer guten Verbrennung beitragen sollten. Der Aschegehalt sollte tiefer sein als vier Gewichtsprozent bezogen auf das angelieferte Holz berechnet in t_{atro} . Zu dieser Bestimmung weist das Planungshandbuch der Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke (Good et al 2004) beim Hauptsortiment Werte <3% aus, rechnet aber bei Landschaftspflegeholz, Astmaterial und nicht zerkleinerter Rinde mit bis zu 10% Asche. Die Erfahrungen des HHKW Basel liessen aber vermuten, dass dieser Wert eingehalten werden kann.

Die Zürich Holz AG ist über die Organisation, Disposition und Anlieferung des Holzes hinaus verantwortlich für den Betrieb der Annahmestelle beim Schnitzellager und betreut dasselbe. Den Austrag aus dem Schnitzellager bestimmt Fernwärme Zürich als Betreiberin der Anlage nach Massgabe des Brenn-

² In der Wirbelschichtfeuerung wird ein Sandbett auf ca. 800 °C aufgeheizt und aufgewirbelt. Die von oben eingebrachten Holz schnitzel geraten rasch in Kontakt mit dem heissen Sand. Es wird zunächst das Wasser im Holz verdampft, dann verbrennt das Holz. Durch diese Technik wird ein praktisch vollständiger Ausbrand des Holzes erreicht. Ebenso kann der Ausstoss von NO_x und CO tief gehalten werden.



Abb 2 Das an der Waldstrasse gelagerte Energieholz wird direkt in Container gehackt.

stoffbedarfs des HHKW. Eigentlicher Übergabepunkt des Holzes von der Zürich Holz AG an Fernwärme Zürich ist das Verlassen des Schnitzzellagers.

Die Gemeinde Wallisellen, welche das Land für die Schnitzelhalle im Baurecht zur Verfügung stellt, hat für die Anlieferung diverse Auflagen verfügt. Das Holz kann jeweils von Montag bis Freitag, nur ausnahmsweise an Samstagen angeliefert werden. Die Anlieferzeiten dauern von 8.00 bis 17.00 Uhr, die Anfahrtsroute ist ab Autobahnausfahrt definiert. Auf der Herzogenmühlestrasse gilt eine Maximalgeschwindigkeit von 30 km/h. Die Anzahl der Anlieferungsfahrten wurde auf maximal 4400 limitiert. Für die Nichteinhaltung hat die Standortgemeinde Sanktionen angedroht.

Im Hinblick auf eine von der HHKW Aubrugg AG in Zukunft erwartete Energieholzverknappung wurde dem Holzversorger auferlegt:

- die gesamte Liefermenge mit 10-Jahres-Verträgen abzusichern,
- jeweils zu Beginn der Heizperiode Holzlager in runder oder gehackter Form zu halten, die etwa 40% des Jahresbedarfs (vorgeschrieben sind 70000 MWh) entsprechen,
- diese Lager während der Heizperiode in definierter Form abzubauen beziehungsweise während einer Heizperiode umzuwälzen.

Strukturierung der Versorgungskette

Die Versorgungskette wurde als Grünholzkette konzipiert. Das Holz wird geschlagen und an der Waldstrasse in Energieholzlagern bereitgestellt. Es soll wo immer möglich vom Wald direkt ins Werk gelangen. Mittlerweile hat es sich als zweckmässig erwiesen, das Holz nach dem Einschlag während rund eines Jahres in fester Form (als Vollbaum, Vollbaumteile oder als Asthaufen) zu lagern (Hofer et al 2009a).

Die Zürich Holz AG zielt grundsätzlich auf Franko-Waldstrasse-Verträge, um möglichst nahe am Wald und am Waldbesitz zu sein. Das Holz geht nach Bereitstellung an der Waldstrasse und nach Meldung an die Zürich Holz AG ins Eigentum der Zürich Holz AG über. Bei dieser Art Verträge vergibt die Zürich Holz AG Dienstleistungsaufträge für Hacken und Transport an Forstunternehmen. Die Dienstleister hacken das Holz in Transportbehälter oder Lastwagen und liefern direkt nach Aubrugg (Abbildung 2). Die Lastwagen kehren dann in aller Regel wieder in den Wald zurück, um die nächste Fuhre abzuholen.

Es hat sich bei der Suche nach Vertragspartnern gezeigt, dass sich zu wenig Forstbetriebe beziehungsweise Reviere zu diesem Vorgehen entschliessen konnten. So lautet heute nur rund 40% der benötigten Energiemenge auf Franko-Waldstrasse-Verträge. Über die restlichen 60% der Holzmenge bestehen daher mit Forstunternehmern Verträge franko Silo. Beim grösseren Teil der benötigten Energiemenge übernehmen also die Forstunternehmen die notwendige Bündelungsfunktion. Die vorgegebene Lagerhaltung wird primär durch die Franko-Waldstrasse-Lieferanten erreicht. Teilweise haben auch Franko-Silo-Lieferanten Lager angemeldet. Dessen Lagerhaltung ist in der Regel verbunden mit einer Vorfinanzierung.

In der Abwicklung wird angestrebt, die Lager so gross anzulegen, dass für den Dienstleister ein rationelles Arbeiten möglich ist. Wo die Zugänglichkeit im Winter nicht gewährleistet ist, etwa an gewissen Waldstrassen auf den Anhöhen des Tösstales, werden Anreize geschaffen, das Holz an wintersichere Plätze zu bringen und dort zu lagern. Zur Erhöhung der Versorgungssicherheit hält auch die Zürich Holz AG selber Lager, bis heute im Umfang von einigen 1000 MWh.

Vertragliche Anbindung der Lieferanten

Es konnten Vertragspartner für die geforderte Holzmenge gefunden werden. Mit der Definition einer Mindestliefermenge von 1000 MWh pro Jahr wurde sowohl die Vereinfachung der Lieferbeziehungen als auch die Erhöhung der Versorgungssicherheit angestrebt. Es bestehen heute weniger als 40 Vertragspartner, was überschaubar ist. Liefermengen von 1000 MWh und mehr lassen sich nötigenfalls auch einfordern.

Die Anforderungen der HHKW Aubrugg AG an die Zürich Holz AG wurden weitgehend an die Vorlieferanten weitergegeben. Die Lieferpreise sind mit dem Schnitzelpreisindex von Holzenergie Schweiz indexiert.³ Der Juni-Wert eines Jahres gilt jeweils für

³ www.holzenergie.ch/holzenergie/energieholz/richtpreise-fuer-energieholz/preisindex-schnitzel.html (19.9.2013)

die nachfolgende Betriebsperiode. Für den Fall stark sinkender Energieholzpreise wurde ein Minimalpreis vereinbart.

Die Qualitätsanforderungen sind deckungsgleich mit denjenigen des Werkes an die Zürich Holz AG. Da die Anlage Holz mit sehr unterschiedlichem Wassergehalt (w) verbrennen kann, ist auch die Anlieferung von relativ nassem Holz möglich. Es wurden bisher Lieferungen zwischen $w=20\%$ bis zu $w=60\%$ angenommen. Durch die Lagerung von bis zu fünf Tagen in der Schnitzelhalle werden unterschiedliche Wassergehalte der Lieferungen etwas ausgeglichen. Durch die Vergütung nach Energieinhalt besteht für den Lieferanten ausreichend Anreiz, trockenes Holz anzuführen.

Die Lager werden vom Disponenten der Zürich Holz AG aufgesucht, um eine hohe Lagerqualität sicherzustellen und um Forstdienst, Waldbesitzer und Unternehmer falls nötig zu instruieren. Für die Lagerung grösserer Mengen an wintersicheren Zugängen werden die Entschädigungen zwischen Waldbesitzer (franko Waldstrasse) und Dienstleister für Hacken und Transport verschoben. Mit der Zugänglichkeit muss auch eine Lagergrösse verbunden sein, welche dem Hacker eine effizientere Arbeit ermöglicht. Dem Waldbesitzer kommt eine zusätzliche Entschädigung zu, wenn er Holz über eine gewisse Distanz zu grösseren Lagern zusammenführt. Da so rationeller gehackt werden kann, wird die Entschädigung des Hackers bei grösseren Lagern reduziert.

Für die Einhaltung der einschränkenden Bedingungen der Gemeinde Wallisellen bei der Anlieferung ist die Zürich Holz AG verantwortlich. Sie kann diese natürlich nur durch kooperatives Verhalten der Lieferanten und Transporteure sicherstellen. Für die Umsetzung wurde ein Prämiensystem ge-

wählt. Allen Vertragslieferanten mit Franko-Silo-Verträgen sowie den Transporteuren (Dienstleistern) wurden bei lückenloser Einhaltung der Auflagen Prämien in Aussicht gestellt. Bisher wurden die Prämien jährlich fällig, die Auflagen sind also erfüllt worden. Die Standortgemeinde anerkennt die Bemühungen der Zürich Holz AG um die Einhaltung ihrer Auflagen. Das Verhältnis ist entsprechend entspannt.

Geschäftsmodell

Beim Studium der einschlägigen Literatur (z.B. Holzenergie Schweiz 2006) hat sich rasch gezeigt, dass die Energieinhalte der traditionellen Handelseinheit Schüttraummeter (SRm) im Ausmass von mehr als 1:2 variieren können. Beim Laubholz ist je nach Schüttdichte und Wassergehalt mit 900 kWh bis 1250 kWh und beim Nadelholz mit 600 kWh bis 800 kWh zu rechnen. Bei Anlieferung von gehacktem Material sind Nadel- und Laubholz schwierig zu unterscheiden. Kommt hinzu, dass sich ein SRm eigentlich gar nicht messen lässt. Zählt die Grösse des Lkw-Ladebehälters bei Befüllung oder bei Ablad? Wie wird festgestellt, ob die SRm gut gepackt oder nur lose geschüttet sind?

Es war von Anfang an klar, dass die Zürich Holz AG vom Betreiber des HHKW Aubrugg aufgrund des gemessenen Energieinhaltes der produzierten Dampfmenge entschädigt wird (Hofer al 2009b). Diese Werte «nach dem Ofen» werden aufgrund des Wirkungsgrades des Feuerungskessels auf Werte «vor dem Ofen» beziehungsweise den Holzenergieinput umgerechnet. Zur Überwachung des vereinbarten Wirkungsgrades wurde ein Monitoring eingerichtet.

Die Zürich Holz AG sieht sich bei diesem Geschäft als Brennstoffhändlerin, welche Energie beim Waldbesitzer oder beim Unternehmer einkauft und der HHKW Aubrugg AG verkauft. Das gewählte Konzept – Abwicklung auch des Holzeinkaufs nach Energieinhalt – beruht auf dem Wissen, dass Nadel- und Laubholz nach Gewicht und in Abhängigkeit des Wassergehaltes fast denselben Energieinhalt aufweisen (LWF 2007). Eine Tonne atro Laubholz hat einen Energieinhalt von 5.0 MWh, eine Tonne atro Nadelholz 5.2 MWh. Enthält das gelieferte Holz Wasser, muss dieses zunächst verdampft werden. Um diese notwendige Verdampfungswärme reduziert sich der Energieinhalt des gelieferten Holzes (Abbildung 3).

Da vorauszusehen war, dass der Grossteil des Brennstoffes als Laubholz angeliefert würde, wurde der Basiswert aus Vorsichtsgründen mit 4.9 MWh pro t_{atro} definiert. Damit sollte vermieden werden, dass die Zürich Holz AG mehr Energie einkauft, als sie dem HHKW verkaufen kann. Für Sortimente, bei denen ein geringerer Brennwert und vor allem auch ein hoher Aschegehalt befürchtet werden muss, wurde der Energiegehalt zusätzlich reduziert. Dies

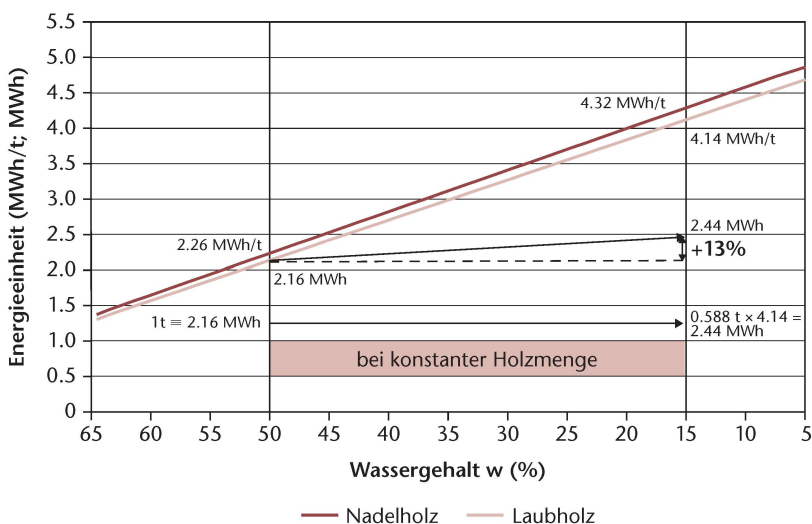


Abb 3 Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Energieinhalt von Holz. Der Energieinhalt einer Tonne Laubholz variiert je nach Wassergehalt zwischen 2.16 MWh bei $w=50\%$ und 4.14 MWh bei $w=15\%$. Durch Trocknung von $w=50\%$ auf $w=15\%$ reduziert sich eine Tonne Laubholz auf 588 kg. Somit steigt der Heizwert der gelieferten Holzmenge bzw. des Holzvolumens in Festmeter nur um 13% (eigene Berechnungen).

ist der Fall bei Landschaftspflegeholz und bei Lieferungen mit hohem Astanteil. Bei Nebenprodukten aus der Sägerei – bisher kaum entgegengenommen – wurde der Grundwert mit 5.0 MWh pro t_{atro} festgeschrieben. Die Klassierung des Holzes erfolgt grundsätzlich durch Selbstdeklaration des Lieferanten. Diese wird vom Platzchef der Zürich Holz AG an der Annahmestelle in Aubrugg entweder bestätigt oder nötigenfalls korrigiert.

Vertragslieferanten und Dienstleister werden alle nach demselben Konzept mit denselben Konditionen entschädigt. Gewicht und Wassergehalt werden bei der Anlieferung in Aubrugg gemessen. Die Preisdifferenz zwischen Franko-Waldstrasse- (auch dieser Lieferant erhält die Entschädigung auf Basis der am Silo gemessenen Energiemenge) und Franko-Silo-Lieferanten entspricht dem mittleren Aufwand der Dienstleister für Hacken und Transport. Damit sind auch die Franko-Silo-Lieferanten gehalten, beim Hacken und Transportieren knapp zu kalkulieren. Mittlerweile kennen viele Waldbesitzer ohne Liefervertrag die Konditionen der Franko-Waldstrasse-Lieferanten. Sie fordern für sich heute von den Unternehmern mit Franko-Silo-Verträgen ähnliche Konditionen.

Die Entschädigung der Lieferanten nach gelieferter Energiemenge schafft Anreize, möglichst trockenes Holz zu liefern. Auf die Volumeneinheit bezogen erhöht zwar die Veränderung des Wassergehalts von $w=45\%$ auf $w=35\%$ den Energieinhalt nur gerade um etwas mehr als 4%. Allerdings kann

der Lieferant pro Fahrt eine um etwa 23% höhere Energiemenge transportieren (Abbildung 4). Spezielle Massnahmen zur Holz Trocknung sind fast immer unrentabel, namentlich wenn sie zusätzliche Manipulationen erfordern. Alle Massnahmen zur Reduktion des Wassergehalts, die im Rahmen der normalen Verarbeitung ohne Mehraufwand getroffen werden können, sind dagegen sinnvoll und werden auch ergriffen (Elber 2007).

Disposition und Administration

Disposition

Die Anlieferung des Holzes wird vom Disponenten der Zürich Holz AG mit Unterstützung eines Liefersteuerungsprogrammes zentral geregelt. Den Lieferanten werden Zeitfenster von einem halben bis zu mehreren Tagen zugeteilt, in deren Rahmen eine definierte Energiemenge zu liefern ist. Eine differenziertere Zuteilung ist aufgrund der vorhandenen Anlieferungsstruktur nicht nötig, stehen doch drei Abwurfstellen zur Verfügung, bei denen der Austrag je nach gelieferter Menge zwischen 10 und 20 Minuten dauert (Abbildung 5). Mit den von der Gemeinde Wällisellen bewilligten Anlieferzeiten von neun Stunden können somit pro Tag bis zu 35 Anlieferungen erfolgen. Die Lieferanten hacken das Holz meist im Wald und fahren mit dem gefüllten Lastwagen zum Ablad nach Aubrugg und dann zurück auf den Hackplatz.

Die effektiv zu liefernde Jahresmenge kann aufgrund der Witterung oder aufgrund von Ausfällen der Anlage erheblich von der Vertragsmenge abweichen. Bisher lag die effektive Jahresliefermenge der Zürich Holz AG immer unter der Vertragsliefermenge. Die Zürich Holz AG hat sich zum Ziel gesetzt, allen Lieferanten bis Ende der Heizperiode denselben Prozentsatz der vertraglichen Liefermenge abzunehmen. Damit ist es nicht möglich, das Holz eines Lieferanten am Anfang einer Heizperiode abzurufen und dasjenige eines anderen erst am Schluss. Die Kunst des Disponenten besteht also darin, über die gesamte Heizperiode hinweg das Holz bei allen Lieferanten proportional zur Vertragsmenge abzurufen. Der Vertrag zwischen der Zürich Holz AG und der HHKW Aubrugg AG sieht vor, dass die nach zehn Jahren nicht bezogene Holzmenge automatisch zu einer Vertragsverlängerung führt. Diese Bestimmung wird von der Zürich Holz AG auch an ihre Vertragslieferanten weitergegeben.

In den bisherigen drei Betriebsperioden ist es immer wieder zu Betriebsunterbrüchen gekommen. Häufig waren es technische Probleme, die zum vorübergehenden Abschalten der Anlage geführt haben. Die Zürich Holz AG wurde anfänglich ungenügend oder erst sehr spät über die Absichten und Notwendigkeiten der Betreiber informiert. Musste der Betrieb kurzfristig unterbrochen werden und war die

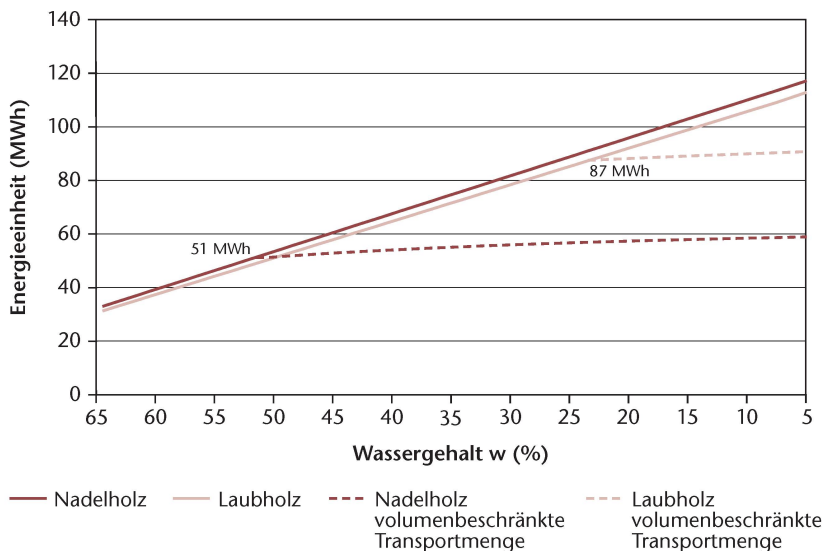


Abb 4 Pro Lkw-Wagenladung transportierbarer Energieinhalt in Abhängigkeit des Wassergehalts des Holzes. Es wird von einem 40-t-Lkw mit einem Ladegewicht von 24 t ausgegangen. Bei einem Wassergehalt w von 50% lassen sich rund 50 MWh transportieren. Diese Energiemenge steigt bei $w=15\%$ theoretisch auf rund 100 MWh. Beim Nadelholz wirkt allerdings ab ca. $w=52\%$ das Volumen beschränkend. Beim Laubholz liegt die entsprechende Grenze erst bei $w=24\%$. Der Rechnung liegen spezifische Gewichte von 400 kg/m^3 für Nadelholz und 640 kg/m^3 für Laubholz zugrunde. Die Umrechnung von F_m auf SR_m erfolgt mit einem Faktor von 2.8. Sobald der SR_m weniger als 300 kg wiegt, wird das Volumen relevant. Es können dann höchstens 80 SR_m geladen werden. Die transportierbare Energiemenge steigt dann nur noch um den Energieinhalt dieses Volumens.



Abb 5 Anlieferung der Hackschnitzel an einer der drei Abwurfstellen.

Schnitzelhalle zu diesem Zeitpunkt voll, musste die Versorgung – oft mitten am Tag – gestoppt werden. Dies stellte die Lieferanten, deren Aufbereitungsgruppen im Wald an der Arbeit und deren Transporteure auf Achse waren, vor grosse Schwierigkeiten. Die Zürich Holz AG hat in der Folge einiges investiert, um Verständnis für die Produktionskette zu wecken. Die wichtigste Massnahme war wohl, den Betreibern des Kraftwerkes von Fernwärme Zürich im Wald den Aufarbeitungsprozess zu zeigen und vor Ort auf Probleme plötzlicher Unterbrüche hinzuweisen. Die entsprechende Exkursion fand im Dezember 2011 statt, an einem Tag mit Schneefall und vielen verkehrstechnischen Problemen.

Die Situation hat sich seither deutlich gebessert. Die Betreiber bemühen sich heute, Betriebsunterbrüche so früh wie eben möglich zu melden. Eine zusätzliche künftige Massnahme könnte sein, in der Schnitzelhalle ein Reservevolumen eines Liefertages frei zu halten. Dies ist aufgrund der bis heute leider ungenügenden Lagerkapazität der Schnitzelhalle nicht immer möglich.

Administration

Die sorgfältige Administration ist eine äusserst wichtige Voraussetzung für die Sicherstellung der Versorgung. Die Zürich Holz AG verfügt über eine spezialisierte IT-Unterstützung mittels Polxess (Polterverwaltungsprogramm) und Ifis Uno (Software zur administrativen und dispositiven Unterstützung der überbetrieblichen Holzlogistik mit Verrechnungsprogramm der gelieferten Holzenergie), beide entwickelt von der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL für die Holzvermarktungsorganisationen, sowie mittels des Liefersteuerungsprogramms (für das Holzkraftwerk Basel von Raurica Holzvermarktung AG entwickelt). Es handelt sich aus Sicht der Zürich Holz AG um sehr effiziente und der Aufgabe angemessene Instrumente. Der Support, der über eine Vereinslösung abgewickelt wird, führte anfangs zu gewissen Er-

schwernissen bei der Behebung von Störungen im IT-Bereich. Die sorgfältige Einführung, aber auch die intensive Auseinandersetzung des Sekretariats- und Dispositionspersonals mit der Software sind wichtige Voraussetzungen für den erfolgreichen Betrieb.

Insgesamt bearbeitet die Zürich Holz AG Administration und Buchhaltung (inkl. den Holzvermittlungsteil) heute mit rund 120 Stellenprozent. Ferner ist ein Mitarbeiter für die Disposition und ein Mitarbeiter für die Annahme des Holzes in Aubrugg tätig.

Erfahrungen aus drei Jahren Betrieb

Die Strukturierung der Versorgungskette

Die Konzeption der Versorgungskette als Grünschnitzelkette mit Anreizen zur Lagerhaltung und zum Nutzen von Trocknungsmöglichkeiten hat sich bewährt. Bis heute bestand auf dem Energieholzmarkt ein Angebotsüberhang. Daher wurde das Sicherheitsdispositiv für den Fall einer Holzverknappung bisher nicht auf die Probe gestellt. Es ist trotzdem gut, darüber zu verfügen. Die Akteure sind angesichts der vielen Holzenergieprojekte überzeugt, dass sich die Situation bald auch ändern kann. Die Zürich Holz AG setzt alles daran, jederzeit kurzfristig erhebliche Holzenergiemengen mobilisieren zu können.

Vor diesem Hintergrund will die Zürich Holz AG noch eine weitere Sicherheit einbauen. Durch die Lagerung von sehr trockenem Holz mit $w < 20\%$ könnte Mehreres gleichzeitig erreicht werden:

- die bessere Haltbarkeit von Hackschnitzeln,⁴
- eine respektable Reserve- und Manövriermenge,
- die Möglichkeit, grössere Energiemengen mit wenigen Fahrten zu transportieren.

Für die Bildung dieser Reserve wird vorzugsweise Holz gesucht, das kurzfristig aus dem Waldgebiet abtransportiert werden muss und dementsprechend billig erhältlich ist. Ohne künstliche Trocknung ist aber ein so tiefer Wassergehalt nicht zu erreichen. Es muss neben der Lagermöglichkeit also auch eine billige Wärmequelle gefunden werden. Dies war bisher nicht möglich.

Die vertragliche Anbindung der Lieferanten

Die Anbindung einer definierten Anzahl Lieferanten für die gesamte Vertragsenergiemenge hat sehr positive Seiten. Die Lieferanten können erhebliche Mengen liefern. Sie wissen, dass sie in der heutigen Situation ersetzbar sind und halten sich daher sehr genau an die Vorgaben. Das Versprechen der Prämie für Wohlverhalten hat eine positivere Wirkung als das Winken mit Bussen.

⁴ Bei $w=20\%$ liegt der Trockensubstanzabbau pro Monat noch bei 0.2 Gewichtsprozent, während er bei $w=40\%$ deutlich über 1 Gewichtsprozent liegt (Hofer et al 2009, Webenau et al 1999).

Das Interesse seitens Waldbesitzer und Forstbetrieben für Franko-Waldstrasse-Verträge ist jetzt deutlich höher, nachdem sich gezeigt hat, wie attraktiv die Konditionen für den Wald wirklich sind. Die Zürich Holz AG würde gerne zusätzliche Lieferanten franko Waldstrasse anbinden. Solange die Vertragsmenge nicht erhöht wird, ist dies jedoch nicht möglich.

Die bezogenen Energieholzmengen des HHKW Aubrugg sind bisher immer unter den Vertragsmengen geblieben. Zwar konnte den Vorlieferanten für die nicht abgerufene 10-Jahres-Menge eine entsprechende Vertragsverlängerung in Aussicht gestellt werden. Es muss aber befürchtet werden, dass die nicht bezogenen 10 bis 20% der Jahresmenge von den einzelnen Lieferanten bald einmal anderweitig vergeben werden. Sollte das HHKW Aubrugg seine Menge künftig bis zur Vertragsmenge oder darüber hinaus steigern wollen, ist das Holz dannzumal kaum mehr verfügbar. Dieser Gefahr sollte baldmöglichst begegnet werden.

Die Vorgabe, 40% des Jahresumsatzes bei Produktionsbeginn an Lager halten zu müssen, lässt sich nur einhalten, wenn das Holz in der vorangehenden Heiz- und Schlagperiode bereitgestellt wird. Die Haltung eigener Holz mengen im Eigentum der Zürich Holz AG und die Lagerung von Holz durch die Unternehmer führen dazu, dass diese Menge gut erreicht werden kann. Nicht immer kann alles bereitgestellte Holz auch abgeführt werden. Bei zu langer Lagerung kann eine Qualitätsreduktion einsetzen.

Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, dass die Liefermenge der Zürich Holz AG an das HHKW durch die festen Verträge mit Vorlieferanten eigentlich abgedeckt ist. Für die eigenen Lager, die aus Sicherheitsgründen ebenfalls gehalten werden, besteht im Normalfall in Aubrugg keine Verwendung. Um auch diese Lager regelmässig umwälzen zu können, müssen sie – bei Nichtbedarf in Aubrugg – anderweitig verkauft und eingesetzt werden. Die Zürich Holz AG ist deshalb bestrebt, zur Gewinnung von Freiraum weitere feste Abnehmer anzubinden. So wird seit Anfang Juli 2013 die Heizung der Masoalshalle im Zoo Zürich versorgt, in den kommenden Jahren sollen weitere Feuerungen dazukommen.

Energieumsatz der Zürich Holz AG	2010/2011 ¹⁾	2011/2012 ²⁾	2012/2013 ³⁾
Einkauf (MWh)	126 700	169 900	179 700
Verkauf (MWh)	124 000	168 200	177 400
Mittlerer Energieinhalt der Verkaufsmenge (MWh/t)	2.63	2.81	2.66
Durchschnittlicher Wassergehalt der Holzlieferungen (%)	41.8	37.8	39.8

Tab 2 Kennziffern für die drei letzten Heizperioden. 1) Der Ofen wurde am 5. Oktober 2010 erstmals gestartet. Inbetriebnahme und Probetrieb waren mit zahlreichen Unterbrüchen verbunden. 2) Wegen eines Schadens war die Anlage im Oktober und November 2011 während sechs Wochen ausser Betrieb. 3) Die Anlage stand im Februar 2013 während zehn Tagen still.

Geschäftsmodell

Die Versorgung nach Energieinhalt hat sich bewährt. Nach anfänglicher Skepsis sind auch die Lieferanten zur Überzeugung gelangt, dass dieses Verfahren für sie korrekt ist und alle gleich behandelt. Für die Holzversorgerin Zürich Holz AG konnte das Risiko falscher Energiemengen beim Einkauf drastisch reduziert werden.

Die gelieferten Energiemengen werden monatlich hochgerechnet und mit der vom HHKW Aubrugg errechneten produzierten Energiemenge in Form von Dampf verglichen. In den bisher abgerechneten drei Heizperioden lagen die Einkaufs- und die Verkaufswerte für die ganze Heizperiode um circa 1 bis 2% auseinander, was als gutes Resultat anzusehen ist (Tabelle 2). Der Messfehler bei der Dampfmessung wird mit $\pm 2\%$ angegeben. Auch beim Holzeinkauf besteht mit Sicherheit ein Fehler. Die Wassergehaltsmessung nach dem Verfahren der Darrtrocknung gilt zwar als die genaueste, weist aber sicherlich einen Fehler in ähnlicher Grössenordnung wie die Dampfmessung auf. Hier stellt sich zusätzlich die Frage, wie repräsentativ die vom Lkw-Fahrer gezogene 10-Liter-Holzschnitzel-Stichprobe für die gesamte Anlieferung von 60 bis 90 SRm ist.

Es wird positiv gewertet, dass für alle Lieferanten transparent dieselben Konditionen gelten. Das gilt zunächst für den Preis, aber auch für die Tatsache, dass die Lieferungen auch sorgfältig kontrolliert werden und bei Abweichungen vom Vertrag sofort korrigierend eingegriffen wird. Die organisatorischen Verbesserungs massnahmen in der Lieferkette – etwa die Preisdifferenzierung nach Lagergrösse oder die Ausgestaltung der Anlieferungszeiten für den einzelnen Lieferanten – haben weitgehend zur Rationalisierung beigetragen. Davon haben auch die Lieferanten profitiert.

Die Zürich Holz AG zahlt für Holzlieferungen franko Silo aktuell einen Preis von CHF 36.40/MWh (Stand Heizsaison 2013/2014). Der Preis ist indiziert. Er ist angesichts der übernommenen Mengen und für bisher nicht absetzbare Sortimente wie etwa Giebel und Äste sowie für Landschaftspflegeholz interessant. Der Preis entspricht bei Buche mit $w=40\%$ etwa CHF 106.–/Fm, bei Nadelholz CHF 66.–/Fm. Die Preise erscheinen vor allem auch interessant, weil der Aufbereitungsaufwand für Energieholz eher tief ist und vor allem beim Laubholz grundsätzlich der gesamte Baum verwendet werden kann. Die oben ausgewiesene Preisdifferenz zwischen Laub- und Nadelholz entspricht dem Verhältnis der spezifischen Gewichte. Nach unserer Beurteilung wird heute im traditionellen Geschäft in SRm für Nadelholz im Vergleich zum Laubholz ein zu hoher Preis entrichtet.⁵

⁵ Die Energieholzstatistik (Bafu 2012: 133) weist pro SRm für Laubholz aktuell einen um 10 bis 25% höheren Preis aus als für Nadelholz. Aufgrund des Energieinhaltes müsste der Laubholzpreis um etwa 60% über demjenigen für Nadelholz liegen.

Disposition, Materialannahme und Administration

Die Lieferanten merken positiv an, dass die Anlieferung für sie sehr einfach ist. Bei den von der Zürich Holz AG kommunizierten Anlieferzeiten sind keine weiteren Abmachungen mehr nötig. Der Lieferant weiss, dass die Anlage besetzt ist und der Abload meist sehr zügig vorgenommen werden kann. Nach Abwurf der Ladung und der zweiten Wägung kann das Areal sofort wieder verlassen werden. Nach Anlieferung wird den Lieferanten eine Gutschrift über angelieferte Energiemengen zugestellt und nach vier Wochen erfolgt die Zahlung. Auch diese einfache Abwicklung ist für die Partner Geld wert.

Bei ungeeigneter Lagerung des Holzes kann die Qualität beeinträchtigt werden. Insbesondere darf die Verrottung auf keinen Fall einsetzen. Der Spielraum ist hier relativ eng. In jedem Fall ist eine genaue Kontrolle bei Anlieferung notwendig. Die Kontrolle ist auch nötig, weil die Anlage nicht für die Verbrennung von Altholz ausgelegt ist. Hier erweist es sich als positiv, dass die Entgegennahme des Holzes durch einen Mitarbeiter der Zürich Holz AG erfolgt. Dieser nimmt vor Ort die Qualitätskontrolle vor und deklassiert auch Lieferungen mit zu viel Astholz oder nicht deklariertes Landschaftspflegeholz. Da nur rund 20 Lieferanten mit Franko-Silo-Verträgen und drei Dienstleister für Hacken und Transport verpflichtet sind, kennt der Platzchef auch die Lieferanten sehr genau.

Für die Administration des Energieholzanteiles mit rund 40 Vertragslieferanten und Dienstleistern bei 3500 jährlichen Lieferungen setzt die Zürich Holz AG für das Energiegeschäft aktuell weniger als 100 Stellenprozent ein. Das darf als sehr effizient bezeichnet werden. Dazu kommen ein Disponent und ein Verantwortlicher der Holzannahme auf Platz.

Versorgung des Holzheizkraftwerkes Aubrugg durch die Zürich Holz AG – ein Erfahrungsbericht

Der Beitrag befasst sich mit der Holzversorgung eines grossen Holzheizkraftwerkes in der Schweiz, welche durch die Zürich Holz AG wahrgenommen wird. Er zeigt die Rolle des Versorgers, in diesem Falle einer Holzvermarktungsgesellschaft im Eigentum der Waldbesitzer, bei der Vorbereitung und Umsetzung des Versorgungsauftrages auf. Wichtig für den (bisherigen) Erfolg der Versorgung war die Absicherung der Vertragsmenge bei den Vorlieferanten sowie die sorgfältige Disposition und Kontrolle der Lieferungen. Der kommerzielle Erfolg basiert zudem auf der durchgehenden Abstützung auf den Energieinhalt des Holzes. Es wird auf die Vorkehrungen im Hinblick auf eine mögliche, künftige Verknappung des Holzes eingegangen.

Lieferantenzufriedenheit

Natürlich besteht zwischen den Holzlieferanten und der Zürich Holz AG ein Käufer-Verkäufer-Verhältnis. Es gibt dadurch unterschiedliche Interessen und Wahrnehmungen. Umso erstaunlicher sind die der Zürich Holz AG gegenüber gemachten Aussagen. Sie bezeugen eine hohe Zufriedenheit der Lieferanten. Die Tatsache, dass der Käufer eine Vermarktungsorganisation der Waldbesitzer ist, wirkt vertrauensbildend. Das Misstrauen der Zürich Holz AG gegenüber ist doch um einiges kleiner als dies bei einem Unternehmer der Fall wäre. Dies gilt natürlich auch für die Partner der Zürich Holz AG in der HHKW Aubrugg AG.

Eingereicht: 9. April 2013, akzeptiert (mit Review): 16. Juli 2013

Literatur

- BAFU (2012) Jahrbuch Wald und Holz 2012. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Zustand 1224. 174 p.
- ELBER U (2007) Feuchtegehalt-Änderungen des Waldfrischholzes bei Lagerung im Wald. Bern: Bundesamt Energie. 31 p.
- GOOD J ET AL (2004) Planungshandbuch. Straubing: Carmen. 245 p.
- HOFER P, ALTWEGG J, SCHOOP A (2009A) Energiegewinnung durch Lagerung und Behandlung von Energieholz. Zürich: Grün Stadt Zürich. 42 p.
- HOFER P, ALTWEGG J, SCHOOP A (2009B) Messung des Wassergehalts von Holzschnitzeln in Grosscontainern. Zürich: Grün Stadt Zürich. 37 p.
- HOLZENERGIE SCHWEIZ (2006) Klassieren von Energieholz. Zürich: Holzenergie Schweiz, Merkblatt 407. 6 p.
- LWF (2007) Der Energieinhalt von Holz und seine Bewertung. Freising: Bayerische Landesanstalt Wald Forstwirtschaft, LWF-Merkblatt 12. 4 p.
- WEBENAU VON B, KRAUSENBOECK B, GÖLDNER A (1999) Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln. Freising: Bayerische Landesanstalt Landforstwirtschaft. 105 p.

Approvisionnement de la centrale de chauffage à bois Aubrugg par la Zürich Holz AG: un résumé des expériences

Cet article traite de l'approvisionnement d'une grande centrale de chauffage à bois en Suisse, qui est assuré par la Zürich Holz AG. Il détaille le rôle du fournisseur (dans ce cas une organisation de commercialisation de bois aux mains de propriétaires forestiers) en ce qui concerne la préparation et la mise en œuvre du contrat d'approvisionnement. Particulièrement importants pour le succès de l'approvisionnement étaient la couverture des quantités contractualisées chez les sous-traitants, la logistique et le contrôle des livraisons. Le succès commercial est basé sur la valorisation systématique du bois par rapport à son contenu calorifique. L'article mentionne les provisions faites dans la perspective d'une possible future pénurie de bois.