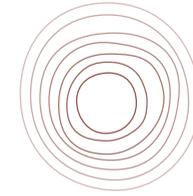




NACH-
WACHSENDE
ENERGIE
AUS UNSEREN
WÄLDERN

... denn, wer den Wald pflegt,
wird Energie ernten.

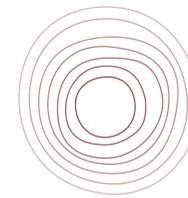


NACHHALTIGES HOLZ AUS UNSEREN WÄLDERN

Im Kontext der Forstwirtschaft ist das Thema Nachhaltigkeit kein Modetrend, sondern Prinzip. Waldbewirtschaftung ist von langfristiger Natur. Mit Zyklen zwischen Anpflanzen und Nutzen, die mehrere Menschengenerationen dauern, ist kein kurzfristiger Profit zu erzielen.

So sehen wir die Holzenergienutzung auch als integralen Teil dieses Nachhaltigkeitskonzeptes. Übernutzung und Raubbau am Wald sind unter keinen Umständen beabsichtigt. Vielmehr soll die energetische Nutzung eine bessere Valorisierung des Holzes ermöglichen, eine ökologisch sinnvolle Alternative zu dem fluktuierenden Papierholzmarkt aufzeigen und einen Absatzmarkt für sonst nicht nutzbare Holzsegmente schaffen.

Dabei ist die Holzenergienutzung eine „Win-Win-Strategie“, für die Umwelt, die lokale Ökonomie und auch für den Wald. Denn die Schaffung eines zusätzlichen Absatzmarktes schafft Anreize für eine intensivere Waldpflege. Wer den Wald pflegt, wird Energie ernten!



INHALT

	HOLZENERGIE NUTZUNG UND NACHHALTIGKEIT	6
	HOLZ ALS BRENNSTOFF	14
	ANLAGEN TECHNIK	22
	WIRTSCHAFTLICHE ÜBERLEGUNGEN	28
	GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	32
	ANLAGENBEISPIELE	36



HOLZENERGIE- NUTZUNG UND NACHHALTIGKEIT

ENERGIEHOLZPOTENTIAL



35 % unseres Landes sind bewaldet und jede Minute wächst in unseren Wäldern mehr als 1 m³ (Festmeter) Holz. Unsere forstwirtschaftlichen Statistiken weisen einen jährlich nachhaltigen Holzzuwachs von 758.000 Festmeter aus¹.

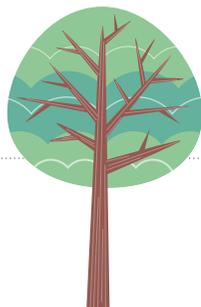
Natürlich kann und soll diese Menge nicht integral zur Energieproduktion genutzt werden. Ein Teil wird als Schnittholz einer edleren Nutzung zugeführt, ein weiterer Teil in Form von Schwachholz, Blättern und Nadeln verbleibt zur Humus- und Nährstoffversorgung im Wald.

Für eine erste grobe Schätzung des Energiepotentials aus Waldfrischholz kann man aber davon ausgehen, dass rund ein Viertel der nachwachsenden Menge nachhaltig als Energieholz genutzt werden könnte. Dies würde etwa 190'000 Festmeter/Jahr entsprechen, äquivalent zur Energie von etwa 40 Mio. Litern Heizöl.

Absolut gesehen sind diese Zahlen gewaltig. Relativ gesehen entspricht die Energiemenge „jedoch nur“ 4,5 % des jährlichen Gas- und Ölverbrauchs Luxemburgs ohne den Transportsektor. Dies soll aber unter keinen Umständen als Argument gegen eine energetische Holzenergienutzung herangezogen werden. Eine energetische Holzenergienutzung ist Teil einer globalen alternativen Energiepolitik und als solches ein Schritt in die richtige Richtung.

¹ La forêt luxembourgeoise en chiffres, 2^{ème} cycle, Résultats de l'inventaire forestier national au Grand-Duché de Luxembourg, 2009 – 2011, ANF 2014

WELCHES HOLZ STEHT FÜR EINE ENERGETISCHE NUTZUNG ZUR VERFÜGUNG?



Industrieholz
ca. 50 %

Wertholz
ca. 50 %

In der Optik der Reduzierung der CO₂-Emissionen ist die effizienteste Art der Holznutzung die Verwendung als Möbelholz oder als Konstruktionsbaustoff. Hier wirkt Holz als CO₂-Speicher und entzieht der Atmosphäre dauerhaft CO₂. Hochwertiges Holz ist zum Verbrennen eindeutig zu schade und erweist dem Klima einen besseren Dienst, wenn es als Werkstoff genutzt wird.

Doch auch bei dieser stofflichen Verwertung fällt Holz an, das für eine Nutzung als Konstruktions- oder Möbelholz keine ausreichende Qualität aufweist. Dieses Industrieholz macht etwa 50 % des Holzvolumens eines Baumes aus. Bei der Nutzung des Wertholzes fällt das Industrieholz zwangsläufig als Nebenprodukt an und kann zum großen Teil als Energieholz genutzt werden.

Ein Teil des Industrieholzes ist das sogenannte Papierholz. Der Papierholzmarkt ist fluktuierend und international ausgerichtet. Eine lokale energetische Nutzung kann hier eine interessante Alternative und eine Absicherung gegenüber Preisschwankungen des Marktes darstellen.

Ein drittes Segment ist Schwachholz verschiedener Herkunft, z.B. aus Erstdurchforstungen, das ebenfalls nur energetisch valorisiert werden kann.

Eine exzessive Nutzung bis auf den letzten Zweig ist jedoch nicht das Ziel. Das „Biotopholz“, die nährstoffreichen Feinäste und die Blatt- und Nadelmasse verbleiben zur Humusbildung im Wald. Der Bierdeckel bildet dabei eine anschauliche Grenze: Alle Querschnitte, grösser als ein Bierdeckel, werden genutzt; alles was kleiner ist bleibt im Wald.

ENERGIEHOLZPLANTAGE

Eine Energieholzplantage, auch Kurzumtriebsplantage (KUP) genannt, ist eine Anpflanzung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen zur Produktion von Energieholz. Geeignete² Baumarten sind beispielsweise Weide, Pappel, Birke, Erle, Ahorn und Robinie.

Pflanzung und Ernte sind weitgehend mechanisiert; geerntet wird in Zyklen von 2 – 10 Jahren. Der Zuwachs klassischer Waldbestände wird bei Kurzumtriebsplantagen weit übertroffen (Faktor 2 – 4).

Aus Sicht der Ökologie und des Naturschutzes sprechen ebenfalls verschiedene Argumente für Kurzumtriebsplantagen: Gegenüber einjährigen Ackerkulturen haben KUP beispielsweise Vorteile bei Biodiversität, Landschaftsbild sowie Wasser- und Bodenschutz.

Laut verschiedenen Analysen sind die Gesteungskosten für Waldhackschnitzel und Hackschnitzel aus KUP vergleichbar. Gemäß Règlement grand-ducal² sind KUP als Flächen mit besonderem ökologischen Nutzen ausgewiesen und können gefördert werden. Bedingung ist der Verzicht auf mineralische Düngung und die eingeschränkte Verwendung von Herbiziden auf das erste Jahr der Anpflanzung.



² Règlement grand-ducal du 30 juillet 2015 portant application, au Grand-Duché de Luxembourg, des règles relatives aux paiements directs en faveur des agriculteurs au titre des régimes de soutien relevant de la politique agricole commune

Hackschnitzel aus KUP können also durchaus einen positiven Beitrag zur Hackschnitzelproduktion leisten und die Versorgung aus Waldhackschnitzeln sinnvoll ergänzen.

ABFALLHOLZ

Neben dem Waldholz existiert noch ein beachtliches Potential an Restholz (unbehandelte Sägewerks- und Schreinereiabfälle) sowie Altholz von Möbeln, Verpackungen, Bauabbruch etc.

Auch dieses Holz kann energetisch verwertet werden. Restholz ist von der Verbrennung her weniger problematisch; wohingegen Altholz oft stark mit Rückständen von Anstrichen und Holzschutzmitteln behaftet ist.

Da die effektive Belastung von verarbeitetem Holz meist nicht bekannt ist, können Rest- und Altholz deshalb nur in speziell dafür ausgelegten Anlagen verwertet werden, die mit der erforderlichen Filtertechnologie ausgerüstet sind. Im Sinne des Gesetzgebers gelten diese Anlagen nicht als Holzfeuerungen sondern als Abfallverbrennungsanlagen.

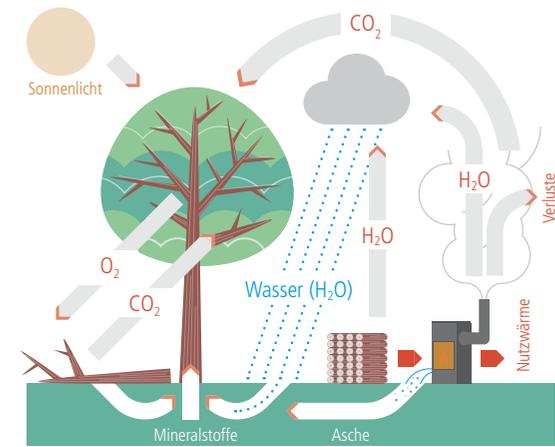
Als Brennstoff für kleine kommunale und private Anlagen ist verarbeitetes und belastetes Holz tabu.

HEIZEN IM CO₂-KREISLAUF DER NATUR

Heizen mit Holz ist Heizen im CO₂-Kreislauf der Natur. Auch bei der Verbrennung von Holz entsteht Kohlendioxid; trotzdem trägt die Holzverbrennung bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung nicht zum Treibhauseffekt bei.

Denn die Menge CO₂, die das Holz bei der Verbrennung abgibt, entspricht der Menge, die der Baum in seinem Leben aus der Luft aufgenommen hat. Die gleiche Menge CO₂ würde übrigens an die Atmosphäre abgegeben, wenn das tote Holz im Wald ungenutzt vermodern würde.

In seinem Lebenszyklus ist Holz CO₂-neutral. Holzenergie ist gefangenes Sonnenlicht.



KLASSISCHE LUFTSCHADSTOFFE

Natürlich entstehen auch Schadstoffe bei der Holzverbrennung. Durch ständig verbesserte Anlagentechnik und strengere Vorschriften hat sich diese Problematik jedoch deutlich entschärft. Die maximalen Grenzwerte für den Schadstoffausstoß von Holzfeuerungen sind per Règlement grand-ducal³ festgelegt. Für Neuanlagen gelten folgende Werte:

Brennstoff	Nennwärmeleistung [kW]	Staub [mg/m ³]	CO [mg/m ³]	NOx [mg/m ³]
Stückholz, Hackschnitzel	7 - 1.000	30	400	400
und Holzpellets	1.000 - 20.000	20	150	250

Für bestehende Anlagen sind höhere Grenzwerte zugelassen.

Die Förderprogramme schreiben teilweise strengere Grenzwerte vor.

Insbesondere bei den Stickoxiden (NO_x) schneiden Holzverbrennungen brennstoffbedingt schlechter ab als Öl- oder Gasfeuerungen, weil ein Teil des im Holz gebundenen Stickstoffs in Form von Stickoxiden in die Umgebung gelangt.

³ Règlement grand-ducal du 07 octobre 2014 relatif aux installations de combustion alimentées en combustible solide ou liquide d'une puissance nominale utile supérieure à 7 kW et inférieure à 20 MW

Im Gesamtkontext spielen diese Stickoxide jedoch eine untergeordnete Rolle. Selbst bei massivem Ausbau der Holzenergienutzung wären die Stickoxidemissionen im Vergleich zum Verkehrssektor sehr gering.

Auch bei Kohlenmonoxid (CO) steht die Holzverbrennung im Vergleich zu Öl oder Gas etwas schlechter da. Der Unterschied ist jedoch mit der Weiterentwicklung der Verbrennungsregelung immer kleiner geworden. CO ist heute lufthygienisch kein Problemstoff mehr.

Die Feinstaubemissionen von Holzfeuerungen sind ein kontrovers diskutiertes Thema. Feinstaub ist gesundheitsgefährdend und kann Atemwegs – und Herz-Kreislaufkrankungen verursachen. Holzfeuerungen tragen dabei überproportional zur Feinstaubbelastung bei. Deshalb wurde in den letzten Jahren eine deutliche Verschärfung der Grenzwerte für Holzfeuerungen vorgeschrieben. Obschon effiziente Filter den Staubausstoß drastisch senken, liegen die Emissionen jedoch immer noch höher als bei Heizöl oder Gas.

Problematisch sind jedoch im Zusammenhang mit den Feinstaubemissionen vor allem Altanlagen, falsche Bedienung und ungeeignete Brennstoffe. Hier sei an erster Stelle an die Verantwortung der Betreiber appelliert, alte Rußschleudern schnellstens auszurangieren und nur zugelassene und korrekt vorgetrocknete Brennstoffe zu verwenden. Die Nachbarschaft und die Umwelt werden es ihnen danken.

Bei den Schwefeldioxid-Emissionen, einem der Hauptverursacher von saurem Regen, sind die Holzfeuerungen klar im Vorteil, da Holz als Brennstoff quasi schwefelfrei ist.

Auch bei den Kohlenwasserstoffemissionen schneidet Holz deutlich besser ab als Öl oder Gas, wo besonders bei der Gewinnung hohe Mengen an Kohlenwasserstoffen freigesetzt werden.

HOLZ, DER NAHELIEGENDE ENERGIETRÄGER!

Deepwater Horizon, Ölpest im Nigerdelta, Prestige, Erika, Aegean Sea, die Liste der Ölkatastrophen wird länger und länger. Mit fataler Regelmäßigkeit füllt ein neuer Name die Schlagzeilen.

Die Folgen sind bekannt, aber deswegen nicht weniger verheerend: Verschmutzte Strände, ölverschmierte Seevögel, zerstörte Existenzen, auf Jahrzehnte geschädigte Meeresflora und -fauna.

Bei den fossilen Energieträgern machen die direkten Folgen der Verbrennung nur einen Teil des Umweltimpaktes aus. Die vorgelagerten Prozesse von Gewinnung, Transport und Lagerung sind stark risikobehaftet und umweltschädigend.

Auch bei uns sind kleinere Tankerkatastrophen an der Tagesordnung. So beispielsweise, wenn bei Hochwasser Heizräume überflutet werden und die Tanks bersten. Die Folgen des Einzelfalles sind eher unspektakulär, die Summe der vielen kleinen Unfälle bewirkt jedoch ebenfalls eine erhebliche Umweltgefährdung.



Dem gegenüber ist die Gewinnung und Lagerung von Holz wenig energieintensiv und birgt kaum Risiken für die Umwelt. Holz ist eine lokale erneuerbare Energieressource „der kurzen Wege“. Die Transportdistanzen sind überschaubar, der Energieaufwand für Bereitstellung und Aufbereitung ist gegenüber fossilen Energien gering. So verbraucht zum Beispiel das Hacken von Holz zu Hackschnitzeln weniger als 1 % der Brennstoff-Energie des Holzes.

Die risikolose Bereitstellung und der geringe Energieverbrauch der vorgelagerten Prozesse sind wichtige ökologische Pluspunkte der Holzenergienutzung.

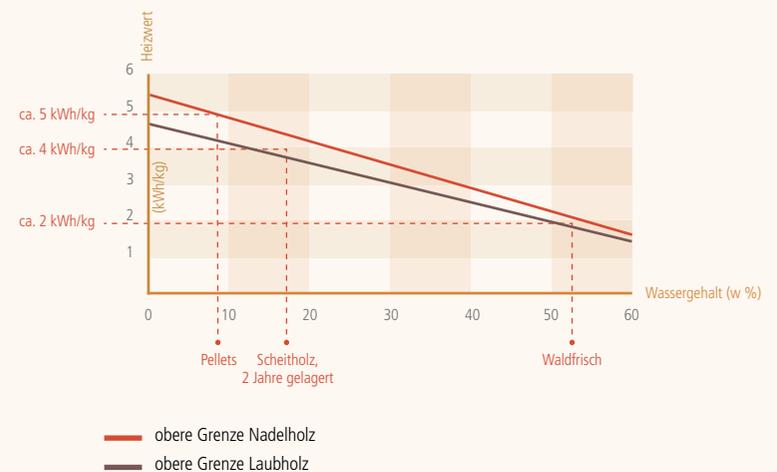
HOLZ ALS BRENNSTOFF

HEIZWERT VON HOLZ

Der Brennstoff Holz besteht aus nicht brennbaren Anteilen (Wasser, Asche) und aus brennbaren Substanzen. Der Wassergehalt von Holzbrennstoffen liegt üblicherweise zwischen 60 % (frisches Waldholz) und ca. 8 % (Holzpellets). Der Heizwert von Holz, bezogen auf das Gewicht, variiert erstaunlich wenig mit der Holzart und liegt für absolut trockenes Holz bei etwa 5 kWh/kg.

Je feuchter der Brennstoff, desto mehr Wärme geht als Wasserdampf durch den Schornstein verloren; der Heizwert sinkt. Da Holz nur in begrenzter Menge zur Verfügung steht, sollte man sparsam haushalten und den Brennstoff vortrocknen. Die Verhältnisse sind im nachstehenden Diagramm dargestellt.

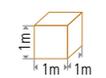
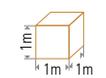
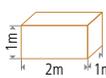
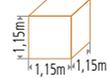
HEIZWERT VON HOLZ IN ABHÄNGIGKEIT DER FEUCHTE



Feuchte Holzbrennstoffe in Anlagen, die nicht dafür konzipiert sind, führen zu massiven Problemen und Umweltbelastungen: z. B. Ruß, Rauch, Teer, Luftschadstoffe durch schlechte Verbrennung, Schornsteinprobleme und Korrosion. Feuchtes Holz ist in solchen Anlagen tabu.

HANDELSFORMEN UND QUALITÄTSSTANDARDS VON HOLZBRENNSTOFFEN

Die gängigen Handelsformen von Energieholz sind Scheitholz, Holzhackschnitzel und Holzpellets, die sich in Heizwert und Energiedichte unterscheiden. Die Verhältnisse sind in der nachstehenden Umrechnungstabelle abgebildet:

	Stammholz		Holzhack-schnitzel		Scheitholz		Holzpellets	
Handels-format	Festmeter (fm)		Schüttraum-meter (Srm)		„Kouert“		Tonne (t)	
Struktur								
Raummaß								
Umrechnung Bei Wassergehalt 15 %, Pellets < 10 %	1 Festmeter entspricht		1 Schüttraum-meter entspricht		1 „Kouert“ entspricht		1 Tonne entspricht	
	Fichte	Buche	Fichte	Buche	Fichte	Buche		
Festmeter	1		0,40		1,4			
Schüttraum-meter	2,5		1		3,5		1,5	
„Kouerten“	0,7		0,3		1		/	
Energieinhalt (kWh)	1800	2450	750	1000	2600	3450	5000	
Heizöl-äquivalent (l)	180	245	75	100	260	345	500	

Im Vergleich zu Heizöl haben Holz Brennstoffe eine deutlich geringere Energiedichte. Für die gleiche Energiemenge muss man gegenüber Heizöl rund das 3-fache Volumen an Pellets und das 10-fache Volumen an Hackschnitzeln lagern. 1.000 kWh Brennstoffenergie entspricht rund 1 Schüttraum-meter Hackschnitzel, 0,3 Schüttraum-meter Holzpellets aber nur rund 100 l Heizöl.

STAMMHOLZ



Langholz im Wald wird in Festmetern gemessen. Der Festmeter ist die Handelseinheit der Holzprofis, entsprechend einem Kubikmeter fester Holzmasse ohne Luft-Zwischenräume.

SCHEITHOLZ



Scheitholz im Sinn von naturbelassenem trockenem ofenfertigem Holz ist der älteste Brennstoff der Menschheit.

Wichtig ist, dass das verwendete Brennholz eine Holzfeuchte von 15 % bis maximal 20 % aufweist, was eine sachgemäße Lagerung von 1 – 2 Jahren voraussetzt.

Dadurch dass sich der Verbrennungsprozess nur schwer vollständig automatisieren lässt und damit immer ein gewisser Arbeitsaufwand bleibt, ist das Einsatzspektrum in der Regel auf Anlagen < 100 kW fokussiert. Die Nutzung erfolgt in Kachelöfen, Kaminöfen und Scheitholzkesseln.

HOLZHACKSCHNITZEL



Ausgangsmaterial für Hackschnitzel sind in der Regel Holzstämmen in Industrieholz-Qualität sowie Schwachholz, das für eine Nutzung als Konstruktions- oder Möbelholz keine ausreichende Qualität aufweist.

Holz hackschnitzel werden mit Hackern produziert. Die Hacker zerkleinern dabei das Holz in Stückchen der Größe einer Streichholzschnitzel.

Hackschnitzel sind ein weitgehend homogener Brennstoff, der sich leicht mit Schnecken transportieren lässt, und somit eine vollautomatische Anlagenbeschickung ermöglicht. Dies ist Voraussetzung für einen automatisierten Anlagenbetrieb.

Durch den relativ hohen Anlagenaufwand eignen sich Hackschnitzel nur in Ausnahmefällen für Einfamilienhaus-Anwendungen. Das übliche Leistungsspektrum liegt bei 25 kW bis in den Megawattbereich.

HOLZPELLETS

Pellets sind gepresste Holzröllchen, die meist aus Hobel- und Sägespänen der Holzindustrie hergestellt werden. Das Lignin, ein natürlicher Holzbestandteil, verflüssigt sich bei den hohen Temperaturen und Drücken im Produktionsprozess und wirkt so als Bindemittel.

Neben den ursprünglich genutzten Sägespänen werden zur Pelletherstellung zunehmend Holzsortimente verwendet, die auch von der Papierindustrie und der Holzverarbeitenden Industrie nachgefragt werden. Hierzu zählen Waldrestholz und Stammholz. Die Zuwachsraten und Gesamtverbräuche der Holzpelletnutzung stärken die Nachfrage im Bereich der geringeren Holzqualitäten.



Das Leistungsspektrum der Anlagen reicht vom Pelletofen und Kessel für Niedrigenergiehäuser im Bereich von einigen kW bis in den Megawattbereich.

HOLZASCHE

Die im Holz enthaltenen Mineralien finden sich zum größten Teil in der Asche als Verbrennungsrückstand wieder. Asche wäre deshalb ein guter Dünger. Allerdings finden sich darin auch fast sämtliche Schwermetalle wieder, die der Baum in seiner Wachstumsphase aus Luft und Boden aufgenommen hat.

Die Asche fällt einerseits als Rostasche direkt im Feuerraum an (mengenmäßig bis zu 90 %), der Rest wird als Flugasche mit den Verbrennungsgasen abgeführt und durch verschiedene technische Maßnahmen abgeschieden.

Flugasche weist eine hohe Schadstoffbelastung auf und muss als Sondermüll entsorgt werden. An der Rostasche scheiden sich die Geister: Sie ist in der Regel gering belastet und eine



Verwertung als Dünger wird verschiedentlich empfohlen. Für kleinere Mengen aus Privathaushalten, wo keine Informationen über die effektive Belastung vorliegen, gehen die Empfehlungen eher in Richtung Entsorgung über den Hausmüll.

HACKSCHNITZELPRODUKTION UND -LAGERUNG

Die Produktionskette der Hackschnitzel beginnt mit dem Fällen des Baumes im Wald. Anschließend wird das Holz an einen befahrbaren Waldweg gerückt. Ab hier gibt es grundsätzlich 2 Möglichkeiten:

- Das Langholz wird zum Zwischenlager transportiert und dort nach Bedarf zentral gehäckselt. Diese Lösung hat den Vorteil, dass durch das geringere Volumen des Langholzes gegenüber Hackschnitzeln weniger Transport anfällt, die Waldwege weniger belastet werden, kein Lärm im Wald verursacht wird und das Hacken zentral effizient organisiert werden kann.
- Alternativ wird das Holz im Wald mit einem mobilen Hacker gehäckselt und in Form von Hackschnitzeln zum Zwischenlager gebracht. Hier ist von Vorteil, dass keine zusätzliche Lagerfläche für Langholz am Zwischenlager benötigt wird, dort keine Lärmbelastung entsteht und die lokale Landwirtschaft beim Transport der Hackschnitzel in die Wertschöpfungskette eingebunden werden kann.

Welche Lösung im Einzelfall vorteilhafter ist, hängt von den lokalen Gegebenheiten ab.

Nach dem Hacken werden die Hackschnitzel in der Regel in einem Zwischenlager gelagert. Das Zwischenlager hat die Funktion, eine ausreichende Brennstoffmenge für den Anlagenbetrieb vorzuhalten und eine Trocknung der Hackschnitzel zu ermöglichen.



Zwischenlager Waldhaff

Die Kapazität des Lagers ist immer ein Kompromiss zwischen Kosten und Autonomie. Als Richtwert kann eine Lagerkapazität von 6 Monaten angesehen werden. Damit das Hackgutlager seine Funktion erfüllt und Hackschnitzel ohne Qualitätseinbußen gelagert werden können, sind eine Reihe konstruktiver Voraussetzungen zu erfüllen. So muss die Halle über eine feste Bodenplatte aus Beton verfügen und das Hackgut zuverlässig gegen Regen schützen. Die Wände müssen bis unter das Dach luftdurchlässig sein und die Bauhöhe muss einfaches Ab- und Aufladen ermöglichen. Eine Holzbauweise ist dabei zu bevorzugen.

Kommunale Zwischenlager werden auch im Rahmen des Fonds pour la protection de l'environnement⁴ unterstützt. Die Förderung unterliegt einer Reihe von Bedingungen, die in einer technischen Richtlinie⁵ der Administration de la nature et des forêts zusammengefasst sind. Die Richtlinie gibt ebenfalls interessante gestalterische Tipps zur Realisierung des Zwischenlagers.

⁴ Circulaire et guide pratique relatifs à la loi modifiée du 31 mai 1999 portant institution d'un fonds pour la protection de l'environnement

⁵ Technisches Merkblatt zur Errichtung geeigneter Lagerhallen für die sachgerechte Zwischenlagerung von Holzhackschnitzeln; ANF März 2016



ANLAGENTECHNIK

Moderne Holzfeuerungen ermöglichen dank optimierter Verbrennungstechnik einen schadstoffarmen Betrieb bei hohem Wirkungsgrad. Sie funktionieren weitestgehend automatisch, der Bedienungsaufwand ist nicht viel höher als bei einem Öl- oder Gaskessel.

Am höchsten ist der Bedienungsaufwand naturgemäß bei Stückholzkesseln. Die Brennstoffbeschickung erfolgt manuell, eine Brennstoffcharge reicht in der Regel maximal für einen Tag. Doch auch bei Stückholzkesseln wurden in den letzten Jahren beachtliche Erfolge bezüglich Regelung, Bedienungskomfort, Wirkungsgrad und Schadstoffemissionen erzielt.

Ein vollautomatisierter Betrieb wird bei Pellet- und Hackschnitzkesseln erreicht.

BRENNSTOFFSILO

Das Brennstoffsilo stellt einen wesentlichen Kostenpunkt bei der Realisierung einer Holzheizung dar und ist immer ein Kompromiss zwischen Komfort und Kosten.

Bei Hackschnitzanlagen wird als Faustregel eine Autonomie von 1 – 2 Wochen Winterbetrieb veranschlagt. Pelletsilos werden meist auf eine etwas längere Autonomie ausgelegt, die auch in Relation mit der Lieferkapazität der Anlieferungsfahrzeuge steht. Fasst das Lager eine komplette LKW-Ladung, wirkt sich das günstig auf den Brennstoffpreis aus.

Die Brennstoffversorgung erfolgt aus dem Brennstoffsilo über hydraulisch bewegte Schubböden, Gelenkarmaustragungen oder Schneckensysteme. Bei Pellets erfolgt die Austragung im kleineren Leistungsbereich oft auch pneumatisch, was eine flexiblere räumliche Anordnung von Kessel und Brennstoffsilo ermöglicht.



Transportschnecke

Unterirdische Silos integrieren sich optimal in die Architektur des Standortes. Die Brennstoffeinbringung gestaltet sich durch Abkippen in das Silo sehr einfach. Die Konstruktionskosten sind allerdings höher als bei oberirdischen Lagern. Holzpellets sind in dieser Hinsicht wesentlich weniger einschränkend als Hackgut. Da sie meist eingeblasen werden, ist die Anlieferung unkompliziert und die Lager können flexibler ins Gebäude integriert werden.

Sowohl bei Hackschnitzeln als auch bei Pelletlagern ist auf eine ausreichende Belüftung zu achten; geltende Brandschutzvorschriften müssen respektiert werden.

BIOMASSEKESSEL

Die eigentliche Brennstoffverfeuerung findet im Feuerungsraum des Heizkessels statt. Die Verbrennungswärme wird durch Strahlung und Konvektion auf das Heizungswasser übertragen.



Hackgutkessel 750 kW der Anlage Ecole Européenne 2

Je nach Brennstoff und Hersteller kommen unterschiedliche Verbrennungssysteme zur Anwendung. Bei anspruchsvollem Brennstoff (grobes und feuchtes Hackgut) kommen Rostfeuerungen zum Einsatz, homogenere Brennstoffe wie Premium-Hackschnitzel oder Holzpellets können auch mit der einfacheren Unterschubfeuerung zuverlässig verfeuert werden.

Moderne Biomassekessel funktionieren modulierend im Leistungsbereich von etwa 30 % bis 100 %. Meist sind sie mit einer automatischen Zündung ausgerüstet, so dass auch ein Taktbetrieb möglich ist.

Vom Regelungskomfort her entsprechen Biomassekessel dem Standard von Öl- und Gaskesseln.

PUFFERSPEICHER

Ein Pufferspeicher ist ein mit Heizungswasser gefüllter Wassertank. Er funktioniert als Wärmespeicher und gleicht kurzfristige Leistungsschwankungen zwischen Produktion und Verbrauch aus.



Pufferspeicher 2 x 20.000 l, Ecole Européenne 2

Der Pufferspeicher wirkt sich günstig auf das Regelverhalten der Anlage aus und verbessert das Teillastverhalten der Holzfeuerung. Erfahrungsgemäß sind ausreichend dimensionierte Pufferspeicher eine sehr sinnvolle Investition bei Biomassefeuerungen. Als erster Anhaltspunkt kann man bei Pellets- und Hackschnitzelkesseln von einem Minimum von 25 l pro kW Kesselleistung ausgehen. Bei Scheitholzesseln ist sogar ein Speichervolumen von 55 l pro kW gesetzlich⁶ vorgeschrieben.

WÄRME-KRAFT-KOPPLUNG

Gegenüber einer klassischen Verbrennung von Holzbrennstoffen in einem Heizkessel erzeugt eine Wärme-Kraft-Kopplungsanlage neben Wärme energetisch hochwertigen Strom als Nebenprodukt. Die Anlage vereinigt die ökologischen Vorteile der CO₂-Neutralität des Brennstoffes mit dem hohen Wirkungsgrad der Wärme-Kraft-Kopplung und führt damit zu einer nochmals deutlich verbesserten CO₂-Bilanz gegenüber einer reinen Holzheizung.



⁶ Règlement grand-ducal du 07 octobre 2014 relatif aux installations de combustion alimentées en combustible solide ou liquide d'une puissance nominale utile supérieure à 7 kW et inférieure à 20 MW

Bei größeren Leistungen im MW-Bereich kommen Dampf- oder ORC-Turbinen zum Einsatz. Der technische Aufwand ist allerdings erheblich, so dass diese Technologie für kleine Leistungen kostenmäßig nicht darstellbar ist.

Im kleineren Leistungsbereich, ab einer thermischen Leistung von ca. 100 kW, haben verschiedene Hersteller Holzvergaskonzepte zur Marktreife entwickelt; erste Projekte wurden bereits realisiert. In einer Holzvergasanlage wird aus Holzhackschnitzeln oder Pellets Holzgas erzeugt, das in einem Gasmotor-Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeproduktion genutzt wird. Die erzielbaren elektrischen Wirkungsgrade liegen zurzeit knapp unter 30 %.

Für eine akzeptable Wirtschaftlichkeit ist eine hohe Auslastung des Holzgas-BHKW erforderlich. Aus diesem Grund eignen sich die Holzvergasanlagen nur als Grundlastwärmerezeuger bei größeren Wärmeinseln. Für diesen Anwendungsfall stellen sie jedoch auch jetzt schon eine interessante Alternative dar.

Wohlverstanden reden wir hier über kleinere dezentrale Anlagen, die Strom produzieren und deren Abwärme zu Heizzwecken genutzt wird. Auf der anderen Seite steht die industrielle Verwendung von Holzpellets in Kohlekraftwerken. Da die Abwärme in der Regel nicht genutzt wird liegen die Wirkungsgrade der Stromerzeugung bei rund 40 %. Der Pelletverbrauch dieser Kraftwerke ist gigantisch und wird meist aus Übersee bezogen, die Ökobilanz ist zumindest fragwürdig.

WIRTSCHAFTLICHE ÜBERLEGUNGEN

Der Gestehungspreis für Hackschnitzel aus Waldfrischholz liegt bei etwa 25 – 35 €/Schüttraummeter (Srm). Bei einem Energieinhalt von ca. 900 kWh/Srm ergeben sich daraus Brennstoffkosten von ca. 3 Cent/kWh. Dieser Wert ist über die letzten Jahre weitestgehend konstant geblieben.

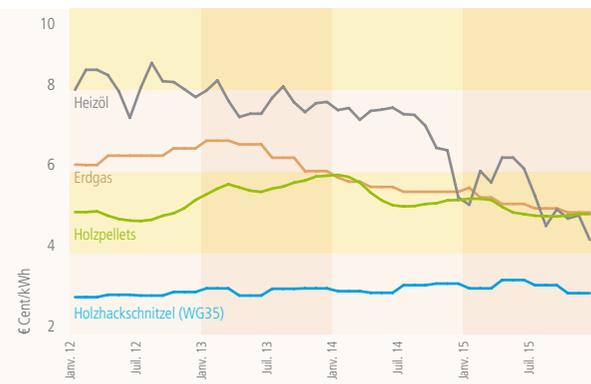
Bei den Pellets liegen die Preise um 230 €/t. Bei einem Heizwert von 5.000 kWh/t ergeben sich Brennstoffkosten von knapp unter 5 Cent/kWh. Auch hier gab es über die letzten Jahre nur geringe Preisschwankungen.

Die Preise für Erdgas und vor allem Heizöl sind dabei deutlich volatiler.

Eine belastbare Wirtschaftlichkeitsberechnung kann daher nicht auf einer Momentaufnahme der Energiepreise basieren. Über die letzten Jahre boten sowohl Hackschnitzel als auch Pellets im Mittel einen klaren Preisvorteil gegenüber den fossilen Energieträgern.

Die Anlagentechnik bei Pellets und bei Waldfrischholz ist jedoch aufwändiger als bei einer konventionellen Anlage. Ein Teil dieser Mehrkosten wird allerdings durch die staatlichen Beihilfen aufgefangen. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muss also auf den einzelnen Fall eingehen und berechnen, ob sich die höheren Investitionen langfristig über niedrigere Energiekosten amortisieren lassen.

PREISENTWICKLUNG VON HOLZHACKSCHNITZELN, HOLZPELLETS, ERDGAS UND HEIZÖL



Quellen: Pellet- und Hackschnitzelpreise: C.A.R.M.E.N. e.V.
Gaspreise: ENOVOS - Heizölpreise: ULC

Volkswirtschaftlich gesehen ist dies alles nur ein Teil der Wahrheit. Externe Effekte wie die Reduzierung der Energieimporte, die Vermeidung externer Umweltschäden durch fossile Brennstoffe, die Nutzung des heimischen Rohstoffes Holz, die Schaffung eines Absatzmarktes für Holz von geringer Qualität, die Verdienstmöglichkeiten für den lokalen Waldbesitzer und Landwirt, und der Beitrag zur Gesunderhaltung unserer Wälder durch verstärkte Waldpflege und Durchforstungen werden beispielsweise in dieser betriebswirtschaftlichen Bilanz nicht erfasst.

Generell kann man sagen, dass das Heizen mit Holz derzeit zwar keine drastischen Einsparungen ermöglicht, die Investitionskosten im kommunalen Bereich aber in einem überschaubaren Rahmen bleiben und die Betriebskosten tendenziell günstiger als bei Gas oder Heizöl liegen. Die Holzpreise haben sich auch bei steigenden Gas- und Ölpreisen als stabil erwiesen. Angesichts des deutlichen ökologischen und sozialen Nutzens und der substanziellen staatlichen Beihilfen kann man nur für eine konsequente Nutzung des Potentials dieser lokalen erneuerbaren Energiequelle plädieren.



GESETZLICHE RAHMEN- BEDINGUNGEN

SUBVENTIONEN

Biomasseheizungen spielen eine wichtige Rolle bei der Umsetzung nationaler Klimaschutzstrategien und werden vom Ministerium für nachhaltige Entwicklung und Infrastrukturen wirksam unterstützt.

Für Privatpersonen, Gesellschaften und Unternehmen sowie für Gemeinden und Gemeindegewerkschaften existieren unterschiedliche Förderprogramme.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der gesetzlichen Basis, der aktuellen Fördersätze und der zu erfüllenden Kriterien für Privatpersonen, Unternehmen und Gemeinden findet sich auf der Internetseite von myenergy⁷.

Verschiedene Gemeinden gewähren zusätzliche Beihilfen für erneuerbare Energien. Hier kann die jeweilige Gemeindeverwaltung Auskunft erteilen.

Kommunale Projekte werden im Rahmen des *Fonds pour la protection de l'environnement* wirkungsvoll gefördert⁸.

⁷ www.myenergy.lu

⁸ Circulaire et guide pratique relatifs à la loi modifiée du 31 mai 1999 portant institution d'un fonds pour la protection de l'environnement

BETRIEBSGENEHMIGUNG

Holzheizkessel fallen ab einer thermischen Leistung von 1 MW unter das Commodo-Gesetz⁹ (Klasse 1) und müssen in diesem Fall von der Inspection du Travail et des Mines (Sicherheitsaspekte) und von der Umweltverwaltung (Umweltschutz) genehmigt werden.

Anlagen können aber auch bei geringerer Leistung unter das Commodo-Gesetz fallen, wenn der Betrieb oder das Gebäude wegen anderer klassifizierter Anlagen als commodopflichtig eingestuft wird.

Holz hackschnitzel- oder Pellets-Lager sind ab einem Volumen von 100 Srm (Schüttraummeter) commodopflichtig.

Vom Standpunkt der Arbeitssicherheit her ist die Genehmigung von Biomasseheizkesseln nicht problematisch. Moderne Kesselanlagen sind in dieser Hinsicht gleichwertig zu Öl- und Gaskesseln und unterliegen vergleichbaren Auflagen.

Für die Schadstoffemissionen gelten die Vorgaben des *règlement grand ducal 07 octobre 2014*¹⁰. Dieses Règlement bestimmt auch die Berechnung der erforderlichen Schornsteinhöhe von Feuerungsanlagen.

Die Förderprogramme schreiben teilweise strengere Schadstoffgrenzwerte vor.

⁹ Loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés und Règlement grand-ducal du 10 mai 2012 portant nouvelles nomenclature et classification des établissements classés

¹⁰ Règlement grand-ducal du 7 octobre 2014 relatif aux installations de combustion alimentées en combustible solide ou liquide d'une puissance nominale utile supérieure à 7 kW et inférieure à 20 MW





ANLAGEN- BEISPIELE

SCHULCAMPUS TANDEL

Betreiber: Gemeinde Tandel

Projekt: Die Gemeinde Tandel ist ein Vorreiter bei der Holzenergienutzung. Die Wärmeversorgung des Schulcampus in Tandel wird seit 1999 von einem Holzhackschnittelkessel gedeckt. 2012 wurde die Anlage modernisiert und erweitert. Neben dem Schulcampus betreibt die Gemeinde noch 3 weitere kommunale Biomasseanlagen.

Inbetriebnahme: 1999/Erweiterung 2012

Thermische Leistung des Holzkessels: 320 kW

Jährlicher Hackschnitzelverbrauch: ca. 900 Schüttraummeter



HEIZZENTRALE BECKERICH



Betreiber: Gemeinde Beckerich

Projekt: Die Gemeinde Beckerich betreibt ein ausgedehntes Wärmenetz zur Wärmeversorgung der Dörfer der Gemeinde. Die Wärmeproduktion erfolgt aus einer Biogasanlage und mit 2 x 2 MW Hackschnitzelkesseln.

Inbetriebnahme: 2008/Erweiterung 2015

Thermische Leistung des Holzkessel: 2 x 2.000 kW

Jährlicher Hackschnitzelverbrauch: ca. 6.000 Schüttraummeter

OP DER FABRIK PRÉIZERDAUL



Betreiber: Gemeinde Préizerdau

Projekt: Die Gemeinde Préizerdau hat 2015 eine neue Holzhack-schnitzelzentrale zur Versorgung des Centre Culturel „Op der Fabrik“ und der angrenzenden Sporthalle in Betrieb genommen. Daneben betreibt die Gemeinde seit 2002 eine Hackschnitzelanlage zur Versorgung ihrer Schul- und Gemeindegebäude im Zentrum von Bettborn (Leistung 320 kW, Verbrauch ca. 1.050 Srm/a).

Inbetriebnahme: 2015

Thermische Leistung des Holzkessels: 150 kW

Jährlicher Hackschnitzelverbrauch: ca. 525 Schüttraummeter

HACKSCHNITZELZENTRALE CONSDORF



Betreiber: Gemeinde Consdorf

Projekt: Die Hackschnitzelzentrale versorgt die kommunalen Gebäude im Zentrum von Consdorf über ein Nahwärmenetz. Eine Besonderheit des Konzeptes ist der Brennstofftransport und die Bevorratung mit Schubbodencontainern.

Inbetriebnahme: 2014

Thermische Leistung des Holzkessels: 500 kW

Jährlicher Hackschnitzelverbrauch: ca. 600 Schüttraummeter*

* Verbrauch 2015, Endausbauzustand nicht erreicht

CENTRE D'ACCUEIL NATURE ET FORÊT ELLERGRONN



Betreiber: Administration de la nature et des forêts

Projekt: Im Centre d'accueil Ellergronn in Esch/Alzette versorgt ein Hackschnitzelkessel die Gebäude des Standortes mit Wärme aus Holz.

Inbetriebnahme: 2013

Thermische Leistung des Holzkessels: 150 kW

Jährlicher Hackschnitzelverbrauch: ca. 450 Schüttraummeter

NAHWÄRMENETZ JUNGLINSTER



Betreiber: Gemeinde Junglinster

Projekt: Die Hackschnitzelzentrale in der alten Feuerwehr versorgt über ein ausgedehntes Wärmenetz kommunale und private Gebäude in Junglinster mit umweltfreundlicher Wärme. Seit 2012 betreibt die Gemeinde Junglinster ebenfalls eine Hackschnitzelanlage zur Versorgung der neuen Halle des Service technique (Leistung 150 kW, Verbrauch ca. 250 Srm/a)

Inbetriebnahme: 2004

Thermische Leistung des Holzkessels: 1.000 kW

Jährlicher Hackschnitzelverbrauch: ca. 2.700 Schüttraummeter

ECOLE EUROPEENNE 2 IN MAMER

Betreiber: Ecole Européenne 2 / Administration des Bâtiments Publics

Projekt: Die Hackschnitzelzentrale versorgt den ausgedehnten Schulcampus der Ecole Européenne 2 in Mamer.

Inbetriebnahme: 2011

Thermische Leistung des Holzkessels: 750 kW

Jährlicher Hackschnitzelverbrauch: ca. 3.000 Schüttraummeter



HOLZPELLET-WÄRME-KRAFT-KOPPLUNG IN STRASSEN



Betreiber: Luxenergie S.A.

Projekt: Die Holzvergasungsanlage auf der Basis von Holzpellets erzeugt Wärme zur Grundlastversorgung eines Wärmenetzes in Strassen und gleichzeitig umweltfreundlichen Strom, der ins öffentliche Netz eingespeist wird. Die Anlage ist die erste dezentrale Wärme-Kraft-Kopplung mit Pelletvergasung in Luxemburg.

Inbetriebnahme: 2015

Thermische Leistung der Anlage: 260 kW

Elektrische Leistung der Anlage: 165 kW

Jährlicher Pelletverbrauch: ca. 950 t/a

LENSTER LYCEE



Betreiber: Lënster Lycée/ Administration des Bâtiments Publics

Projekt: Die Heizzentrale des Lënster Lycée besteht aus 2 Heizkesseln, welche ausschließlich mit Holzhackschnittzeln befeuert werden. Diese werden auf nachhaltige Weise aus dem naheliegenden staatlichen Grünewald erwirtschaftet. Zu diesem Zwecke wurde in Zusammenarbeit mit der Natur- und Forstverwaltung im Rahmen des Bauprojektes in unmittelbarer Nähe zur Quelle und zum Verbraucher eine Häcksel-, Trocknungs- und Lagerstätte errichtet.

Inbetriebnahme: 2014

Thermische Leistung der Holzessel: 300 und 800 kW

Jährlicher Hackschnittzelverbrauch: 1.400 Schüttraummeter

ZWISCHENLAGER WALDHAF



Betreiber: Administration de la nature et des forêts

Projekt: Das Zwischenlager Waldhaff wurde von der Administration des bâtiments publics für die Administration de la nature et des forêts zur Hackschnittzelversorgung des Lënster Lycée errichtet. Das Lager ist eine Holzkonstruktion in Boxenbauweise auf einer Bodenplatte aus Beton. Auf dem Gelände wird ebenfalls das Langholz zur Hackschnittzelproduktion gelagert und vor Ort mit einem mobilen Hacker gehäckselt.

Inbetriebnahme: 2013

Lagerkapazität: ca. 1.600 Schüttraummeter



IMPRESSUM

Herausgeber

Administration de
la nature et des forêts
81, avenue de la Gare
L-9233 Diekirch
Tel.: + 352 402 201-1

Redaktion

Goblet Lavandier & Associés

Koordination

Georges Kugener, Service des forêts, ANF

Layout

M&V Concept

Fotos

Photostudio C. Bosseler (S. 2),
G. Kugener, M. Feldtrauer, C. Weber (S. 36, S. 39),
J. Weyland, Goblet Lavandier & Associés

Druck

WePrint

Papier

Circle Silk

April 2016



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Ministère du Développement durable
et des Infrastructures

Administration de la nature et des forêts