

**Technisches Merkblatt zur Errichtung geeigneter
Lagerhallen für die sachgerechte Zwischenlagerung
von Holzhackschnitzeln.**



MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DES INFRASTRUCTURES
Département de l'environnement

Administration de la nature et des forêts

März 2016

Inhalt

1	VORBEMERKUNG	3
2	VERBINDLICHE BAULICHE ANFORDERUNGEN	4
3	ANMERKUNGEN ZUR FINANZIELLEN FÖRDERUNG	5
4	FÖRDERSÄTZE	6
4.1	FÖRDERHÖCHSTSÄTZE NACH LEISTUNGSKLASSE DER HACKSCHNITZELANLAGE	7

ANHANG

I	ERLÄUTERUNGEN UND ANMERKUNGEN ZU DEN FÖRDERKRITERIEN	9
II	EMPFEHLUNGEN FÜR DIE PRAXIS	12
III	BEISPIELE FÜR GEEIGNETE LAGERHALLEN	14

1 Vorbemerkung

Seit mehr als 15 Jahren wird der Ausbau der erneuerbaren Energiequelle Holz auch in Luxemburg, in Form von umwelt- und klimafreundlichen Holzhackschnitzelanlagen verstärkt vorangetrieben. Meist handelt es sich bei diesen Anlagen um kommunale Anlagen mittlerer Leistung, die über ein Nahwärmenetz mehrere Gebäude mit Wärmeenergie versorgen.

Um eine hohe Sicherheit bei der Versorgung dieser Anlagen mit Brennstoff gewährleisten zu können, ist es bisher in der Regel noch notwendig, größere Mengen an Hackschnitzeln in einer dafür vorgesehenen Lagerhalle zwischenzulagern. In Ländern wie Österreich, der Schweiz oder auch Bayern hingegen, hat sich der Holzenergiemarkt in den vergangenen Jahren bereits so weit entwickelt und professionalisiert, daß bei neuen kleineren Hackschnitzelanlagen mitunter gänzlich auf den Bau eines Zwischenlagers verzichtet werden kann. In diesen Regionen ist eine ganzjährige Versorgung mit Holzbrennstoffen (Hackschnitzel, Holzpellets und Stückholz) mittlerweile flächendeckend möglich und in der Praxis genauso einfach und komfortabel wie etwa das Bestellen und Liefern von Heizöl.

In Luxemburg wird sich der Holzenergiemarkt allerdings erst in einigen Jahren so weit entwickelt haben, dass beim Bau von Holzhackschnitzelanlagen evtl. auf die Errichtung von Zwischenlagern verzichtet werden kann. Bis dahin bleibt der Bau von Hallen zur Zwischenlagerung der Hackschnitzel notwendig um die Versorgungssicherheit auch über Zeiträume von mehreren Monaten sicherzustellen.

Damit Hackschnitzel jedoch über einen längeren Zeitraum ohne größeren Qualitätsverlust gelagert werden können, müssen die zu errichtenden Lagerhallen einige konstruktive Voraussetzungen erfüllen, welche in diesem technischen Merkblatt aufgeführt werden und **deren Einhaltung für die Erlangung einer finanziellen Förderung durch das Nachhaltigkeitsministerium (Fonds pour la protection de l'environnement) notwendig ist.**

2 Verbindliche bauliche Anforderungen

Der Bau von Hallen zur Zwischenlagerung von Hackschnitzeln wird durch das Nachhaltigkeitsministerium finanziell gefördert („**Loi modifiée du 31 mai 1999 portant Institution d'un fonds pour la protection de l'environnement**“).

Um in den Genuss einer finanziellen Unterstützung zu kommen, müssen beim Bau einer Lagerhalle folgende Kriterien erfüllt werden¹:

<p>a.) <i>Die Lagerhalle muss in Holzbauweise errichtet werden. Dabei gilt es, die Kriterien des konstruktiven Holzschutzes zu beachten. Für den Bau darf ausschließlich unbehandeltes Holz verwendet werden.</i></p> <p><i>Für die Erstellung des Fundaments, sowie als Sockel für die tragenden Teile und Wände der Lagerhalle, ist die Verwendung anderer Materialien (Beton) zulässig. Die Sockelhöhe darf jedoch eine Höhe von 1 -1,5 m nicht überschreiten.</i></p>
<p>b.) <i>Die Seitenwände und das Dach der Lagerhalle müssen so beschaffen sein, dass eine permanente Belüftung des eingelagerten Hackgutes ermöglicht wird.</i></p>
<p>c.) <i>Der Lagerraum der Hackschnitzel muss von evtl. vorhandenen und an den Lagerraum angrenzenden Arbeits- und Aufenthaltsräumen durch luftdichte Zwischenwände räumlich getrennt sein.</i></p>
<p>d.) <i>Es dürfen in der Lagerhalle lediglich unbehandelte Hackschnitzel aus Wald-, Waldrestholz, sowie aus unbelastetem Landschaftspflegeholz, gelagert werden.</i></p>
<p>e.) <i>Die Lagerhalle sollte bei Einlagerung waldfrischer, feuchter Hackschnitzel nicht innerhalb menschlicher Siedlungen errichtet werden. In der Nähe menschlicher Siedlungen sollte die Halle auf der windabgeweiteten Seite der Siedlung errichtet werden.</i></p>

¹ Bei Lagerhallen, die im Bereich der Grünzone errichtet werden sollen, sind darüberhinaus die Bestimmungen der Genehmigung auf Grund des Naturschutzgesetzes, sowie die Vorgaben des Naturschutzdienstes der Naturverwaltung zu respektieren.

3 Anmerkungen zur finanziellen Förderung

- Es wird ausschließlich der Teil der Lagerhalle gefördert, der für die Hackschnitzzellagerung und für das Rangieren und Wenden der Maschinen innerhalb der Halle notwendig ist. Zusätzliche bauliche Maßnahmen und Installationen, **die für die Hackschnitzzellagerung nicht zwingend erforderlich sind, werden nicht gefördert.** Hierzu zählen etwa sanitäre Einrichtungen, Aufenthaltsräume oder Abstellräume für Maschinen und Geräte, elektrische Installationen, usw.
- Die **Höhe der Förderung richtet sich nach der Größe des maximal notwendigen Lagerraums.** Dieser ergibt sich aus dem Hackschnitzelverbrauch der Anlage und ist abhängig von deren Leistung, der Holzart und dem Feuchtigkeitsgehalt der eingesetzten Hackschnitzel.
- Die Förderhöhe beläuft sich auf **33 % der Investitionskosten und ist durch Förderhöchstsätze begrenzt.**
- Die **förderfähige Höchstgrenze**, stellen Lagerhallen mit einer Lagerraumkapazität von **max. 6 oder 8 Monaten** dar.²

² Die Kosten für den Bau einer Lagerhalle lassen sich durch eine geringere Lagerraumkapazität deutlich reduzieren. In Hinblick auf eine dauerhafte Gewährleistung der Versorgungssicherheit sind Lagerhallen mit einer Lagerkapazität von 6 Monaten als durchaus ausreichend anzusehen. Der sich daraus ergebende höhere organisatorische Aufwand für ein halbjährliches Befüllen einer Lagerhalle, ist vor dem Hintergrund der erheblichen Kostenersparnis, vernachlässigbar.

4 Fördersätze

Die Höhe der finanziellen Förderung der Investitionskosten ist abhängig von der Anlagengröße und der entsprechend benötigten Lagerraumkapazität.

Bei der Anlagengröße werden folgende **Leistungsklassen**³ ausgewiesen:

- **bis 300 kW**
- **301 – 600 kW**
- **601 – 1000 kW**
- **über 1 MW**

Aus der Zuordnung der Hackschnitzelanlage in die entsprechende Leistungsklasse ergibt sich der jeweils gültige Förderhöchstsatz.

³ Im Falle von Anlagen nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, werden die thermische (kW_{th}) und die elektrische (kW_{el}) Anlagenleistung addiert.

Förderhöchstsätze nach Leistungsklasse der Hackschnitzelanlage

Anlagen mit geringer Leistung (0 - 300 kW)

Lagerraumkapazität	Fördersatz	Förderhöchstbetrag
max. 6 oder 8 Monate	33 %	45 000 €

Anlagen mit geringer Leistung (301 – 600 kW)

Lagerraumkapazität	Fördersatz	Förderhöchstbetrag
max. 6 oder 8 Monate	33 %	60.000 €

Anlagen mittlerer Leistung (601– 1000 kW)

Lagerraumkapazität	Fördersatz	Förderhöchstbetrag
max. 6 oder 8 Monate	33 %	95.000 €

Anlagen großer Leistung (> 1MW)

Lagerraumkapazität	Fördersatz	Förderhöchstbetrag
max. 6 oder 8 Monate	33 %	132 000 €

ANHANG

I Erläuterungen und Anmerkungen zu den Förderkriterien

zu 2 a.): Warum Lagerhallen aus Holz?

Ökologische Aspekte:

Durch die Verwendung von Holz für den Bau der Lagerhalle kommt ein ökologischer, nachwachsender und regional verfügbarer Rohstoff zum Einsatz. Die Herstellung von Holz verbraucht nur einen Bruchteil der Energie, die für die Herstellung konventioneller Baustoffe wie etwa Stahl, Beton oder Aluminium notwendig ist. Daher spart die Verwendung von Holz Energie und leistet dadurch einen wichtigen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz.

Zudem ist unter Beachtung der Kriterien des konstruktiven Holzschutzes keine chemische Oberflächenbehandlung notwendig. Praktische Erfahrungen zeigen, dass Holzfassaden bei fachgerechter Konstruktion oft eine längere Lebensdauer erreichen als Sichtbeton- oder Putzfassaden.

Ökonomische Aspekte:

Der Bau von Lagerhallen aus Holz lässt sich vergleichsweise kostengünstig realisieren. Kann beim Bau einer Lagerhalle auf Holz aus den eigenen Wäldern zurückgegriffen werden und wird ein Teil der anfallenden Arbeiten, wie etwa die Errichtung der Wände in Rundholzbauweise, in Eigenregie durchgeführt, so lassen sich die anfallenden Baukosten weiter senken. Darüber hinaus trägt die Verwendung von Holz zu einer höheren regionalen Wertschöpfung bei und stärkt die lokalen Wirtschaftskreisläufe.

Landschaftsästhetische Aspekte:

Durch die natürlichen Farben fügen sich Lagerhallen aus unbehandeltem Holz gut in die Umgebung ein oder bilden einen als angenehm empfundenen Kontrast im Landschaftsbild.

zu 2 b.): Warum müssen die Seitenwände luftdurchlässig sein?

Durch die Luftdurchlässigkeit der Seitenwände wird eine permanente Belüftung des Hackgutes gewährleistet. Eine solche Belüftung trägt zur Trocknung der Hackschnitzel bei und steigert dadurch den nutzbaren Heizwert. Darüber hinaus ist der Substanzverlust durch holzersetzende Pilze, Bakterien und Hefen umso geringer, je niedriger der Wassergehalt des eingelagerten Hackgutes ist (siehe hierzu Tabelle auf Seite 13). In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass sich diese Substanzverluste durch eine höhere Umschlagshäufigkeit des Hackgutes deutlich reduzieren lassen. Dies gilt insbesondere für die Lagerung von feuchtem (waldfrischem) Hackgut. Als optimal ist eine Lagerdauer von nicht mehr als 8 Monaten anzusehen.

zu 2 b.): Warum muss das Dach luftdurchlässig konstruiert sein?

Bei der Einlagerung von Hackgut, insbesondere von feuchtem, kommt es bereits innerhalb von 1-2 Tagen zu einer Selbsterwärmung des Hackschnitzelhaufens. Eine Selbstentzündung ist jedoch nicht möglich, da innerhalb des Hackschnitzelhaufens nur max. Temperaturwerte von 70 °C erreicht werden. Hervorgerufen wird diese Erwärmung durch mikrobielle Abbauprozesse holzersetzender Pilze, Bakterien und Hefen.

Durch die Erwärmung des Hackgutes steigt warm-feuchte Luft nach oben auf. Um eine Kondenswasserbildung an der Hallendecke und somit eine Wiederbefeuchtung des Hackgutes zu verhindern, muss das Dach so konstruiert werden, dass die warm-feuchte Luft nach außen entweichen kann.

In Kombination mit luftdurchlässigen Seitenwänden entsteht so ein permanenter Luftstrom. Durch die aufsteigende warme Luft wird Feuchtigkeit aus der Halle abgeführt und gleichzeitig wieder trockene kalte Luft von außen zugeführt. Man bezeichnet diesen Vorgang als **natürliche Konvektionstrocknung**.

zu 2 c.): Warum muss der Lagerraum von Arbeits- und Aufenthaltsräumen getrennt sein?

Bei der Lagerung von feuchtem Hackgut (Wassergehalt > 30 %) kommt es innerhalb des Hackschnitzelhaufens unter anderem zur Bildung holzzersetzender (Schimmel-) Pilze, die in der Folge Pilzsporen produzieren. In hohen Konzentrationen können diese Sporen die Lunge und das Immunsystem des Menschen beeinträchtigen. Die Sporenkonzentration ist umso größer, je höher die Umgebungstemperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Hackschnitzel sind.

zu 2 e.): Warum sollen feuchte Hackschnitzel nicht in Wohngebieten oder in unmittelbarer Nähe davon, gelagert werden?

Wie bereits erwähnt, kommt es bei der Einlagerung von feuchtem (waldfrischem) Hackgut, durch die Aktivität holzzersetzender Pilze zur Bildung von Sporen. Diese Sporen werden mit der Luft transportiert und können bei empfindlichen Personen und Kindern gesundheitliche Beschwerden hervorrufen. Um eine evtl. Gesundheitsgefährdung von vornherein auszuschließen, sollten Lagerhallen daher nach Möglichkeit nicht in menschlichen Siedlungen oder in unmittelbarer Nähe davon, erstellt werden.

II Empfehlungen für die Praxis

Einfluss von Wassergehalt und Lagerdauer auf den Heizwert

Der Heizwert der Hackschnitzel ist stark von seinem Wassergehalt abhängig. Je mehr Wasser diese enthalten, desto geringer ist der nutzbare Heizwert, da während des Verbrennungsvorgangs Energie für die Verdunstung des Wassers aufgewendet werden muss. Durch die Trocknung von Energieholz erhöht sich also der Heizwert. Ein höherer Heizwert wirkt sich in der Folge auch günstig auf die Transport- und Lagerkosten, sowie auf den Verbrennungsablauf und den Ascheanfall aus.

Ein weiterer Effekt der Trocknung ist die bessere Lagerfähigkeit. Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von weniger als 30 % können durch holzersetzenende Mikroorganismen kaum mehr abgebaut werden. Daher treten bei der Lagerung von „trockenen“ Hackschnitzeln nahezu keine Trockensubstanzverluste auf. Bei der Lagerung muss aber berücksichtigt werden, dass neben dem Wassergehalt auch die Temperatur und die Zusammensetzung der Hackschnitzel wesentlichen Einfluss auf die Aktivität holzersetzenender Mikroorganismen hat. Grünes Material wie Blätter oder Nadeln, begünstigt die Entwicklung von Mikroorganismen und kann in der Folge zu hohen Trockensubstanzverlusten führen. Ebenfalls positive Bedingungen für die Entwicklung von Mikroorganismen werden durch zu feines und stark verdichtetes Material geschaffen, da dadurch der Luftaustausch und somit der Wasserabtransport aus dem Hackgut stark beeinträchtigt wird.

Wie groß der Einfluß von Feuchtegehalt und Lagerdauer auf den Substanzverlust und den erzielbaren Heizwert ist, zeigt die folgende Tabelle. Die Zahlen beziehen sich auf eine Hackschnitzelmenge von **800 Srm**. Dies entspricht etwa dem jährlichen Brennstoffbedarf einer kleineren (bivalenten⁴) Anlage von ~ 300 kW/th.

⁴ Bei bivalenten Anlagen wird die Hackschnitzelfeuerung mit einem anderen Heizsystem kombiniert (meist ein Öl- oder Gaskessel). Hierbei übernimmt die Hackschnitzelanlage die dauerhafte Grundversorgung, der Öl- oder Gaskessel dient zur Abdeckung von Energiespitzen.

Einlagerungs- wassergehalt [in %]	W=20 (lufttrocken)	W=30 (lagerbeständig)	W=40 (feucht)	W>50 (waldfrisch)
Trockensubstanzabbau [% pro Monat]	~ 0,2 – 0,5	~ 0,5 – 1	~ 1,3 – 1,8	~ 2 – 2,8
[in Srm]	1,6 – 4	4 – 8	10,4 – 14,4	16 - 22,4
Trockensubstanzverlust Nach 3 Monaten [in Srm]	4,8 – 12	12 – 24	31,2 – 43,2	48 – 67,2
Trockensubstanzverlust Nach 6 Monaten [in Srm]	9,6 – 24	24 – 48	62,4 – 86,4	96 – 134,4
Trockensubstanzverlust Nach 9 Monaten [in Srm]	14,4 – 36	36 – 72	93,6 – 129,6	144 – 201,6
Trockensubstanzverlust Nach 12 Monaten [in Srm]	19,2 - 48	48 - 96	124,8 – 172,8	192 – 268,8
Heizwertverlust⁵ nach 12 Mo- naten [in kWh]	20 179 – 50 448	50 448 – 100 896	131 165 – 181 612	201 792 – 282 508
rechnerischer monetärer Ver- lust⁶ nach 12 Monaten [in €]	1 009 – 2 522	2 522 – 5 045	6 558 – 9 080	10 090 – 14 125

Quelle: Holz-Forschung Austria (2005): Endbericht Energieholztrocknung.

⁵ Die Berechnung des Heizwertverlustes basiert auf 1 Srm Buchenholz mit einem Wassergehalt von 30 % (Heizwert: 1051 kWh)

⁶ Bei einem angenommenen Heizölpreis von 0,50 € ergibt sich ein Wärmeenergiepreis von 5 Cent je kWh.

III Beispiele für geeignete Lagerhallen

Um einen Trocknungseffekt zu erzielen müssen Hackschnitzellagerhallen so konstruiert sein, dass eine gute, kontinuierliche Belüftung des Hackgutes gewährleistet wird.

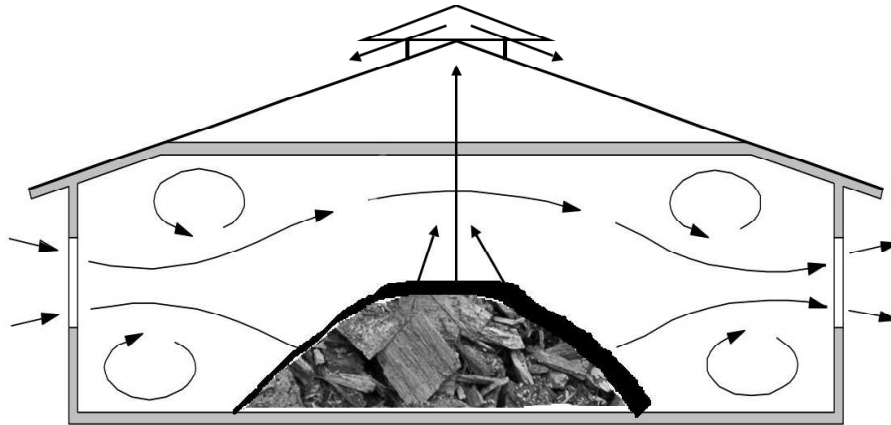


Abb. 1: Beispielhafte, schematische Darstellung des Ablaufs der natürlichen Konvektionstrocknung.

Als sehr geeignet und kostengünstig haben sich in der Praxis **Lagerhallen in Rundholzbauweise** erwiesen. Bei Hallen dieses Konstruktionstyp lassen sich die Baukosten noch weiter reduzieren, wenn auf Holz aus eigenen Wäldern zurückgegriffen werden kann und ein Teil der Arbeiten in Form von Eigenleistungen erbracht wird.

Konstruktionstypen

Im Folgenden wird ein kleiner Überblick über geeignete Lagerhallentypen in Holzbauweise gegeben. Die aufgeführten Konstruktionstypen sind unverbindlich und lediglich als kleine Hilfestellung bei der Planung einer Lagerhalle zu verstehen.

Grundsätzlich ist beim Lagerhallenbau auf einen ausreichend großen Dachüberstand zu achten, um den Schutz der Fassade vor Witterungseinflüssen sicherzustellen (Konstruktiver Holzschutz). Pultdachlagerhallen mit einzelnen Kompartimenten haben sich als sehr praxistauglich erwiesen.

Beim Bau von Satteldachhallen hat sich gezeigt, dass nur eine Eingangspforte von Nachteil sein kann. Bei nur einem Eingangstor ist es nicht ohne größere Umstände sicher zu stellen, dass das Hackgut welches am längsten gelagert ist, als erstes verwendet wird. Des Weiteren sollten die Wände der Lagerhallen nicht bis unters Dach mit Rundhölzern verbaut werden, sondern an den Seitenwänden sollte eine über die gesamte Länge der Halle verlaufende Öffnung belassen werden. Durch diese Öffnung kann das Hackgut direkt vom Häcksler in die Halle befördert werden und muss nicht in der Halle mit dem Bagger auf der gesamten Grundfläche verteilt werden.

Einfache Pultdachlagerhalle aus Kant- oder Rundholz

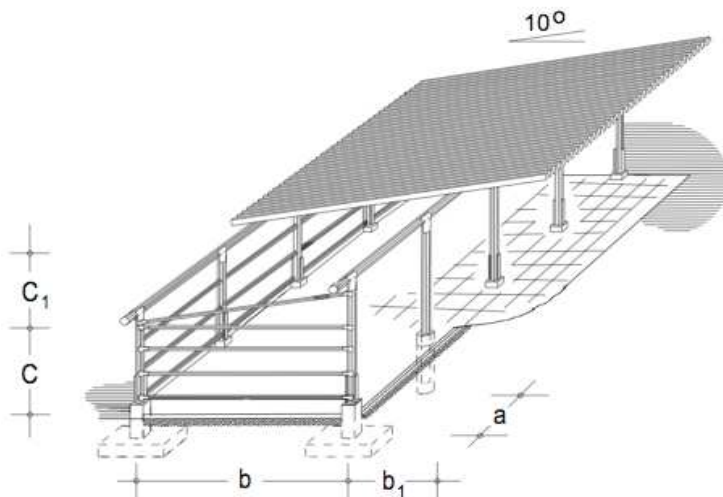




Abb. 2: Einfache Pultdachlagerhalle aus Kanthölzern mit Zwischenwänden in Niederösterreich.



Abb. 3: Einfache und kostengünstige Pultdachlagerhalle mit Rundholzseitenwänden im rheinland-pfälzischen Salmatal. (Foto: Energieatelier Redange)

Satteldachhalle aus Kantholz

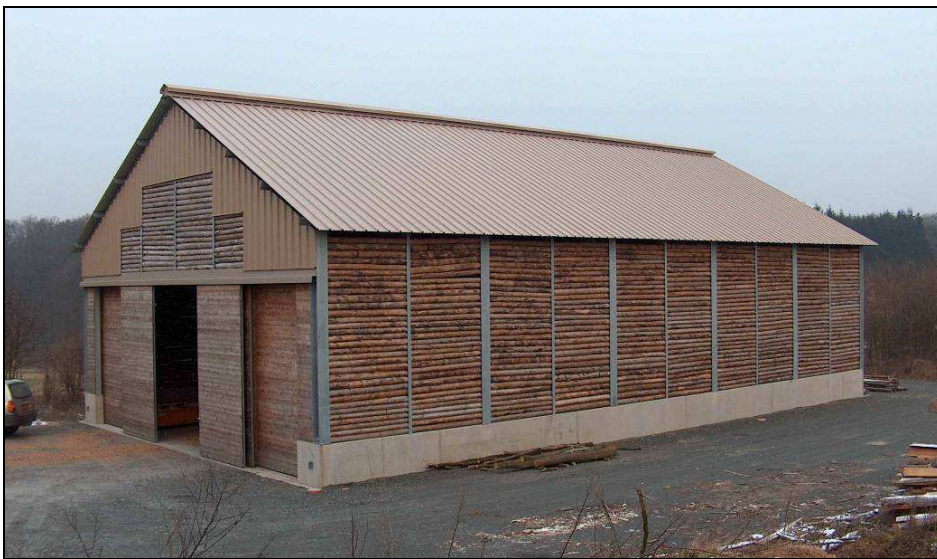
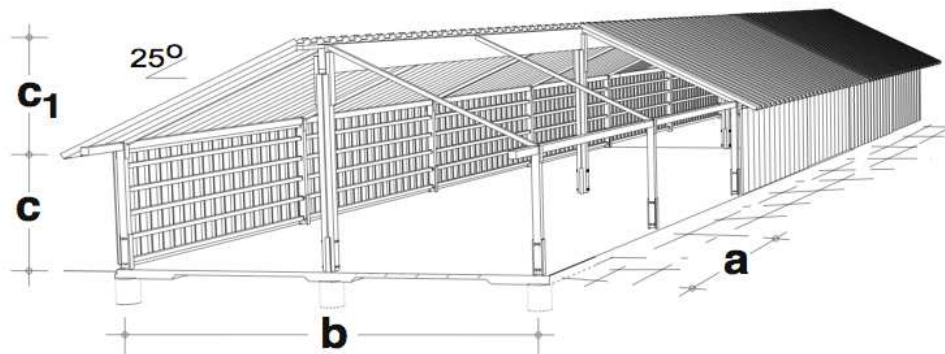
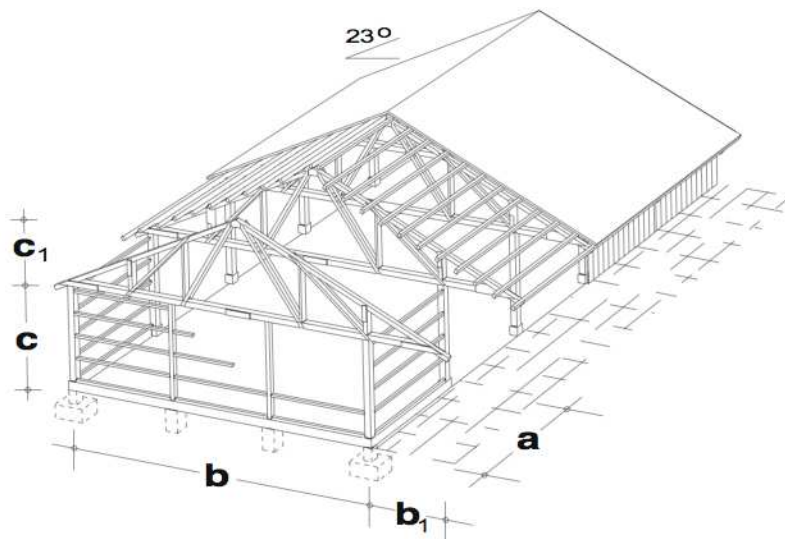
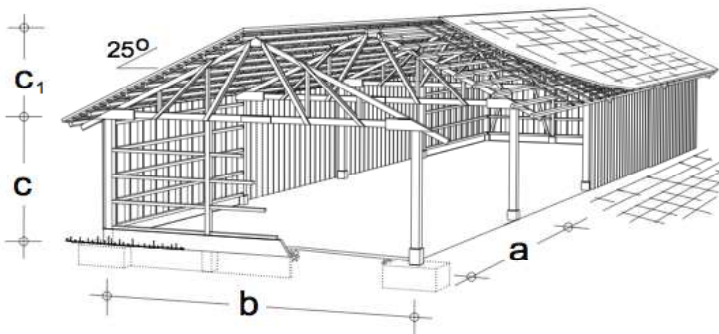


Abb. 4: Hackschnitzellagerhalle der Gemeinde Medernach mit Satteldach, luftdurchlässiger Dachgiebelkonstruktion, sowie luftdurchlässigen Seitenwänden aus Rundholz. (Foto: Tom SCHOLTES, ANF)

Satteldach Kantholz binderhalle mit Vordach



Satteldach Kantholz binderhalle



Satteldach Kantholz binderhalle mit nichtaufsitzendem Dachgiebel

