

Durch Selbstbau Fremdkosten einsparen

Planungs- und Konstruktionshinweise

Ludo Van Caenegem, Daniel Herzog, Hansruedi Ott und Alfons Schmidlin,
Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, CH-8356 Ettenhausen.

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude sind ein bedeutender Kostenfaktor in der Nutztierhaltung. Kosten lassen sich durch eine Vereinfachung der Bauhülle und Gebäudeformen sparen. Eine räumliche Trennung der verschiedenen Funktionsbereiche ermöglicht Bauten mit relativ kleinen Ausmassen, die sich besonders für den Selbstbau eignen und daher zusätzliches Kostensenkungspotential aufweisen.

Damit jedoch der Selbstbau am Schluss nicht nur Freude und Stolz ob der eigenen Leistung zur Folge hat, sondern auch tatsächliche Kosteneinsparungen, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Selbstbau bedingt eine wohl durchdachte Planung sowie eine genaue Schätzung des Einsparungspotentials und

der eigenen verfügbaren Arbeitskapazität während der verschiedenen Bauphasen. Eigenleistungen sind nur erfolgversprechend, wenn das Baukonzept sowie die Arbeiten den vorhandenen technischen Mitteln und Fachkenntnissen angepasst sind. Nur ein rationelles Vorgehen beim Selbstbau führt zu einer angemessenen Entlohnung der eigenen Arbeit. Man soll sich überlegen, ob die eigene Arbeit nicht nutzbringender im Betrieb oder im Nebenerwerb eingesetzt werden kann. Risiken und Gefahren sind abzuschätzen und durch geeignete Massnahmen zu minimieren. Die Mithilfe eines Fachmanns ist öfters erfolgversprechender als alles ohne umfassendes Know-how im Alleingang machen zu wollen.

Materialpreise hängen in der Regel von der Menge ab. Durch Vergleich verschiedener Angebote und Sammelbestellungen lassen sich oft grössere Rabatte erzielen. Bei der Materialauswahl sollen nicht nur die Materialkosten, sondern auch der Arbeitsaufwand für die Verarbeitung berücksichtigt werden.

Nachfolgend einige Hinweise zu Selbstbaumöglichkeiten in den verschiedenen Bauphasen. Für einige einfache Bauten wie Liegehallen und Remisen sind Ausführungspläne in Abhängigkeit der Höhenlage über Meer an der FAT erhältlich.

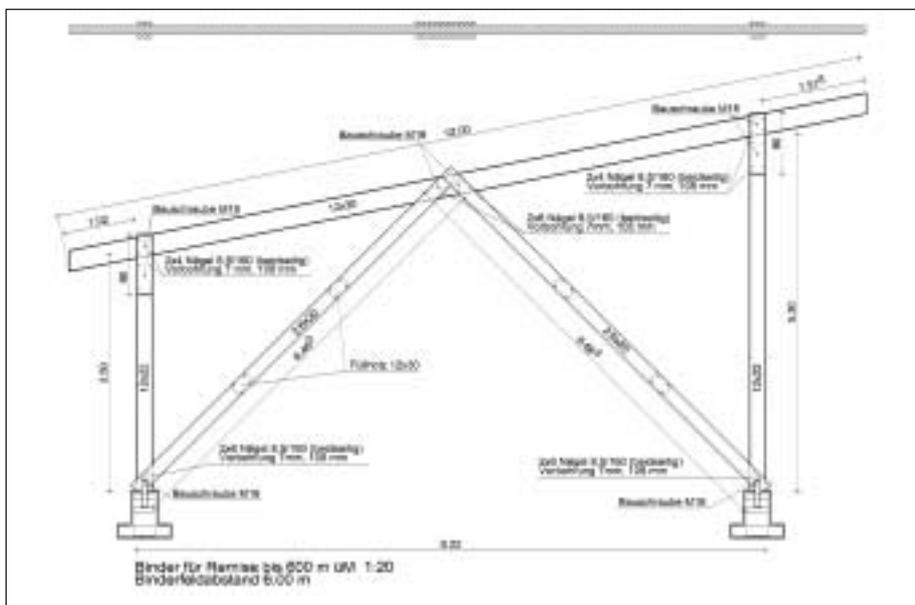


Abb. 1: Gut lesbare Ausführungspläne, die auf die vorhandenen Werkzeuge und handwerklichen Fähigkeiten zugeschnitten sind, bieten die Voraussetzung für den erfolgreichen Selbstbau.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Möglichkeiten zur Eigenleistung	2
Betonqualität	2
Armierungseisen	2
Schalung	3
Bauten in Rundholz	4
Binderkonstruktionen	5
Nägel	8
Passbolzen – Bauschrauben	9
Einlass- und Einpressdübel	9
Holzlaschen oder Lochplatten	10
Fundamente	10
Zusammenfassung	11
Literatur	11

Problemstellung

Selbstbau ist ein Mittel, um die Baukosten zu reduzieren, führt aber nicht in jedem Fall zu tatsächlichen Kosteneinsparungen. Eigenleistungen sind nur gewinnbringend, wenn die eingesparten Fremdkosten den potenziellen anderweitigen Verdienst übertreffen. Da in der Regel die eigene Arbeitskapazität begrenzt ist, kommt es darauf an, die Arbeiten auszuwählen, die für den Selbstbau am meisten erfolgversprechend sind. Ungenügende technische und technologische Kenntnisse sind oft eine wichtige Hemmschwelle, die Arbeit selber an die Hand zu nehmen. Einfache Ausführungspläne die auf die vorhandenen Werkzeuge und handwerklichen Fähigkeiten zugeschnitten sind, fehlen. Transparenz bei den Preisen kann helfen, bei der Materialbeschaffung das Kosteneinsparungspotenzial voll auszuschöpfen. Dieser Bericht liefert dazu einen Beitrag.

Möglichkeiten zur Eigenleistung

Aushub

Der Umfang der Erdarbeiten hängt vom Bau terrain ab. Nur in seltenen Fällen wird der landwirtschaftliche Betrieb über Baumaschinen für Aushubarbeiten verfügen. Polyvalente Hoflader eignen sich nur für einen kleineren Aushub. Die grobe Arbeit gibt man vorteilhaft einem Unternehmer mit schweren Maschinen in Auftrag. Dagegen lohnt es sich bei zeitintensiven Arbeiten wie Handaushub, Abtransport und Ausplanieren von Aushubmaterial sowie bei nachträglicher Hinterfüllung und Umgebungsarbeiten selber Hand anzulegen.

Betonarbeiten

Ein beachtlicher Teil der Gebäudekosten wird durch Betonarbeiten verursacht. Nicht alle Betonarbeiten eignen sich für den Selbstbau. Bodenplatten, die statisch wenig beansprucht werden und einfach zu verschalen sind, entsprechen eher den eigenen Möglichkeiten als beispielsweise Wände, Decken, Stützen und Unterzüge.

Betonqualität

Eine homogene und ausreichende Betonqualität ist in der Regel nur gewährleistet, wenn man den Beton von einem Betonwerk bezieht. Selber soll man nur Beton herstellen, wenn die erforderliche Betonfestigkeit gering ist. Die möglichen Kosteneinsparungen gegenüber einer Lieferung durch das Betonwerk sind nur bei kleinen Mengen bedeutsam.

Betonpreise hängen von der Betonqualität und der Menge ab. Hochfeste Betonsorten sollen nur eingesetzt werden, wo sie erforderlich sind (Tab. 1). Für nicht statisch beanspruchte Bauteile wie Sauberkeitsschichten und Anschüttungen kann beispielsweise auch ein günstiger Recyclingbeton den Dienst tun. Die meisten Betonwerke verrechnen für Mengen unter 6 m³ einen Mindestfuhrpreis. Man tut deshalb gut daran, die Betonarbeiten zu gruppieren und Kleinmengen zu vermeiden. Beim Betonieren ist auf ein rasches Vorgehen zu achten, damit keine teure Wartezeiten für den Betonmischer anfallen.

Die Transportpreise variieren je nach Entfernung zum Betonwerk zwischen Fr. 15.– und Fr. 35.– pro m³ Beton. Für den Transport von Beton mit Fahrmischer und Förderband wird der Fahrmischer-Regietarif sowie ein Zuschlag für den För-

derbandablad (Fr. 15.– bis Fr. 20.– pro m³) verrechnet. Der Tarif für die Betonpumpe hängt von der Betonmenge ab und schwankt zwischen Fr. 25.– und Fr. 50.– pro m³.

Beton mit grobem Zuschlagmaterial (Korngrösse 0–32 mm) braucht weniger Zement und ist deshalb etwas kostengünstiger als solcher mit feinem Zuschlagmaterial. Stark armierte Bauteile wie beispielsweise Betonwände mit doppelter Armierung (Güllengrube) erfordern im Hinblick auf eine ausreichende Überdeckung des Armierungseisens feineres Zuschlagmaterial (Korngrösse 0–16 mm).

Armierungseisen

Beton besitzt eine hohe Druckfestigkeit, jedoch nur eine geringe Zugfestigkeit. Für die Aufnahme der Zugspannungen sind am richtigen Ort die erforderlichen Armierungseisen im Betonbauteil einzulegen. Für die Armierung von Beton wird Stahl S500 als Einzelstäbe oder als Netze verwendet.

Der Richtpreis für Einzelstäbe in Fixlängen hängt von der Menge ab und variiert für Mengen ab 2 Tonnen je nach Durchmesser zwischen Fr. 911.– und Fr. 596.– pro Tonne (Tab.2). Bearbeitet man das Armierungseisen selber (zuschneiden,

Tab. 1: Richtpreise für Beton ab Werk, MwSt und Transportkosten nicht inbegriffen. (Die Transportkosten sind zonen- und mengenabhängig.)

Betontyp, Korngrösse mm	Zementgehalt kg/m ³	Anwendung	Richtpreise Fr./m ³
Normaler Beton			
Recyclingbeton 0 – 32	100	Sauberkeitsschichten, Anschüttungen	90.–
Magerbeton 0 – 16	150	Sauberkeitsschichten Anschüttungen	125.–
Magerbeton 0 – 32	150	Sauberkeitsschichten Anschüttungen	120.–
B 30/20 (C25/30)*	250	Armierte oder nicht armierte Bauteile, leicht beansprucht	135.–
B 35/25 (C30/37)*	300	Armierte Bauteile, stark beansprucht, verschleissfeste Bodenplatten	142.–
B35/25 (C30/37) WD**	300	Güllengrube, Kanäle	153.–
Pumpbeton			
B 30/20 (C25/30)*	250	Armierte oder nicht armierte Bauteile, leicht beansprucht	142.–
B 35/25 (C30/37)*	300	Armierte Bauteile, stark beansprucht	160.–

* Betonbezeichnung nach Euronorm

**Wasserdichter Beton (erfordert Zusätze)

biegen), spart man nicht nur die Bearbeitungskosten, sondern auch die Positionszuschläge (etwa Fr. 5 pro Listenposition). Der Preis für Betonstahlnetze hängt von der Menge und vom Typ ab. Er schwankt zwischen Fr. 1400.– (bis 1 t) und Fr. 950.– pro t (ab 5 t). Auch hier ist mit Zuschlägen pro Position und allfällige Bearbeitungen zu rechnen. Es stellt sich oft die Frage, ob in Wänden oder Bodenplatten Stahlnetze oder Einzelstäbe verwendet werden sollen. Betonstahlnetze sind teurer als Einzelstäbe, brauchen jedoch viel weniger Arbeit beim Einbau. Geht es um grosse Mengen (über 3 t) und entsprechen die Abmessungen der Netze den Massen des Bauteils, sind Netze auch bei Selbstbau zu bevorzugen.

Die erforderliche Armierung von statisch belasteten Bauteilen (tragende Wände, Fundamente, Stützen, Unterzüge...) ergibt sich aus einer Statikberechnung. Bei nicht statisch belasteten Bodenplatten (Stallgänge auf Erdreich) legt man in der Regel eine konstruktive Bewehrung (beispielsweise ein Armierungsnetz K335 für Bodenplatten von 12 bis 15 cm) ein, um breite Risse zu vermeiden. Ein solches Netz soll so hoch als möglich verlegt werden, jedoch mindestens um 3 cm von Beton überdeckt sein. Die Netze müssen bei den Längs- und Querstössen einander ausreichend überlappen. Als Faustregel gilt in Bodenplatten für Übergreifungsstösse mit geraden Stabenden bei Netzen mindestens 40-mal den Stabdurchmesser. Für ein K335-Netz mit Stäben von 8 mm Durchmesser betragen die Übergreifungsstösse beispielsweise minimal 320 mm (40 x 8 mm). Für Netze mit Haken sind die Empfehlungen der Hersteller zu beachten.

Als Alternative zum Beton mit konventioneller Armierung kommt auch Faserbeton in Frage. Eine Dosierung von 3 bis 4 kg synthetische Fasern (Polypropylen) pro m³ Beton hat in einer Betonplatte von 12 bis 15 cm hinsichtlich Rissbegrenzung etwa die gleiche Wirkung wie ein Armierungsnetz K335 (ca. 6 kg/m²). Der Mehrpreis für die Fasern beträgt Fr. 50.– bis Fr. 65.– pro m³ Beton oder Fr. 6.– bis Fr. 10.– pro m² Bodenplatte.

Schalung

Die Schalung macht insbesondere bei Wänden, Stützen und Decken aus Beton einen hohen Anteil der Unternehmerpreise aus (Tab. 3). Baumeister verrechnen für die Einschaltung je nach Bauteil zwischen Fr. 30.– und Fr. 70.– pro m².

Tab. 2: Richtwerte (ohne MwSt) für Armierungsstahl S500 in Abhängigkeit des Durchmessers und der Bearbeitung ab zwei Tonnen (www.baumaterialkatalog.ch, Stand 1.1.2004).

Durchmesser	Fixlänge	mit einf. Bearb.	mit 2 x Bearb.	mit 3 x Bearb.
mm	Fr./t	Fr./t	Fr./t	Fr./t
6	957.–	1692.–	1872.–	2592.–
8	777.–	1112.–	1142.–	1262.–
10	777.–	1042.–	1062.–	1142.–
12	707.–	952.–	972.–	1052.–
14	687.–	912.–	932.–	1012.–
16	642.–	872.–	902.–	1022.–
18	642.–	872.–	902.–	1022.–
20	642.–	872.–	902.–	1022.–

Tab. 3: Richtwerte für Unternehmerpreise (ohne MwSt) pro m² für das Einschalen von Boden, Wand, Decke oder Stütze sowie Anteil der Schalung in den Gesamtkosten des Bauteils.

Bauteil aus Beton	Einheit	Schalung*	Anteil an den Gesamtkosten		
			Beton	Armierung	Schalung
		Fr.	%	%	%
Bodenplatte 15 cm (stirnseitig)	m ²	4.-	75	20	5
Wand (2-seitig) 20 cm	m ²	68.-	35	15	50
Decke 20 cm	m ²	36.-	40	25	35
Stütze Ø 250 mm PVC-Rohr als Schalung	m	40.-	25	25	50

* Inklusiv Stirnschalung, Dreikantleisten

Hier lassen sich theoretisch durch Eigenleistungen beträchtliche Fremdkosten einsparen. PVC-Rohre sind für Stützen eine kostengünstige Alternative zur Holzschalung (beispielsweise Fr. 20.– pro m für Ø 250 mm). Sie schützen ausserdem den Beton in der aggressiven Stallumgebung.

Das Einschalen mit Schaltafeln fordert gute Fachkenntnisse. Die Schalung muss dem Betondruck ohne Verformung und Verschiebung standhalten. Der Druck von frischem Beton auf die Schalung beträgt beispielsweise unten an einer Betonwand von 3 m Höhe etwa 7,5 t pro m². Vibrationen können zusätzliche Belastungen verursachen. Hat man selber keine Erfahrung, ist bei grösseren Bauteilen unbedingt ein Fachmann beizuziehen. Schalungsmiete ist bei verschiedenen Unternehmen, beispielsweise bei Genossenschaften für Ländliches Bauen, gegen

günstige Bedingungen möglich (Tab. 4). Die Genossenschaften vermieten ebenfalls die nötigen Maschinen (Bohrhammer, Vibrator usw.) und liefern sämtliche Baumaterialien (Beton, Armierungseisen usw.) zu günstigen Konditionen.

Tab. 4: Richtpreise (ohne MwSt) für Schalungsmiete (inklusive Spiessen, Holzbalken...) abgeholt und gereinigt zurückgebracht bei der Genossenschaft für Ländliches Bauen. Bei grossen Mengen sind Rabatte möglich.

	Preis Schalungsmiete Fr. pro m ²
Wandschalung	ca. 7.50
Decke	ca. 7.00

Holzarbeiten

Holz ist ein kostengünstiges Material, das sich besonders für den Selbstbau eignet. Einfache Arbeiten wie Wandverkleidungen oder das Verlegen von Bretterböden können auch mit relativ geringen Fachkenntnissen und einfachen Werkzeugen verrichtet werden. Die Herstellung von tragenden Strukturen wie Dachbindern und Decken für die Lagerung von Heu oder Stroh ist anspruchsvoller und setzt genaue Ausführungspläne und Berechnungen voraus.

Holz ist in unterschiedlicher Veredlungsform (Rundholz, Kantholz, Brettschichtholz usw.) verfügbar (Tab. 5). Aufgrund des Materialpreises sollte man bei Eigenbau Rund- oder Kantholz bevorzugen. Bei stark belasteten Bauteilen (grosse Spannweiten und/oder Binderabstände) kann es jedoch auch sinnvoll sein, Brettschichtholz einzusetzen. Preislich interessant sind auch grossformatige Platten, sofern man nicht die höchste Qualität beansprucht (Abb. 2).



Abb. 2: Preislich interessant sind auch grossformatige Elemente, wie OSB- oder Seekiefer-Sperrholz-Platten, sofern man nicht die höchste Qualität beansprucht.

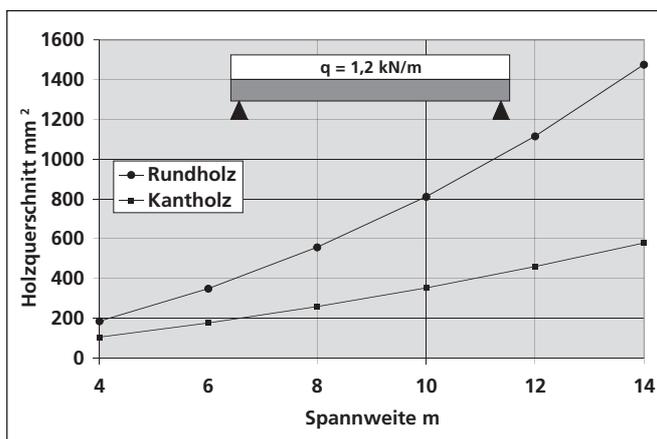


Abb. 3: Die ungünstige Querschnittsform von Rundholz hat zur Folge, dass im Vergleich zu Kantholz vor allem bei grossen Spannweiten bedeutend grössere Holzmenge erforderlich sind. Grafik gültig für eine Streckenlast von 1,2 kN/m (120 kg pro Laufmeter).

Tab. 5: Richtpreise (ohne MwSt) für Holz in unterschiedlicher Veredlungsform.

	Einheit	Betrag Fr.
Rundholz	m ³	60.– bis 80.–
Kantholz	m ³	350.– bis 400.–
Brettschichtholz	m ³	700.– bis 900.–
OSB-Platten 18 mm	m ²	21.00
OSB-Platten 22 mm	m ²	26.00
OSB-Platten 25 mm	m ²	30.00
Einschichtplatten 18 mm	m ²	19.00
Einschichtplatten 22 mm	m ²	22.00
Einschichtplatten 42 mm	m ²	47.00
Sperrholz Seekiefer 15 mm	m ²	13.00
Sperrholz Seekiefer 18 mm	m ²	15.50

OSB: Oriented Strand Board: Holzplatten hergestellt aus richtungsorientierten Lamellen, wasserfest verleimt.

Bauten in Rundholz

Der grosse Preisunterschied zwischen Stamm- und Kantholz kann dazu verleiten, das Rundholz zu bevorzugen und auf jede Holzverarbeitung zu verzichten. Dem tiefen Materialpreis von Rundholz stehen jedoch einige Nachteile gegenüber. Die erforderliche Holzmenge ist für auf Biegung belastete Träger erheblich höher als bei Kantholz (Abb. 3). Schlanke (hohe und schmale) Balkenquerschnitte sind hinsichtlich Biegung widerstandsfähiger als quadratische oder runde Formen (die Tragfähigkeit bei Biegung ist proportional zum Quadrat, die Durchbiegung zur dritten Potenz der Balkenhöhe). Der grössere Holzquerschnitt bei Rundholz hat ein höheres Eigengewicht zur Folge, das vor allem bei grossen Spannweiten einen nicht unerheblichen Teil des Tragvermögens auf Kosten der Nutzlast beansprucht. Ein weiterer Nachteil von Rundholz ist auf den ungleichmässigen Querschnitt zurückzuführen. Die zu verbindenden Teile müssen bei den Stössen einander angepasst und die Dachebenen ausgeglichen werden (Abb. 4). Diese Ar-



Abb. 4: Kälberstall in Rundholzbau. Die zu verbindenden Teile wurden bei den Stössen einander angepasst.

beiten sind je nach verfügbarem Stammholz mehr oder weniger arbeitsaufwändig. Für Bauteile, die ausschliesslich auf axialen Druck (Zug) belastet werden, ist der erforderliche Querschnitt bei Rund- und Kantholz etwa gleich gross. Aus diesen Überlegungen folgt, dass sich Rundholz am ehesten für die Verwendung als Stützen eignet.

Stahlarbeiten

Verfügt man über die entsprechenden Werkzeuge (Schweissanlage, Winkelschleifer usw.) und Fachkenntnisse ist auch die Herstellung von tragenden Strukturen aus Stahl im Selbstbau möglich. Stahl ist ein Werkstoff mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften. Er ist vollkommen homogen und schwindungsfrei. Stahlteile lassen sich auf einfache Weise starr verbinden und im Beton einspannen. Diesen Vorzügen steht gegenüber, dass Stahl unter Einfluss von feuchter Luft und Wasser rostet. Feuerverzinkung kann Stahl langjährig vor Korrosion schützen, macht ihn jedoch erheblich teurer als Kantholz. Verzichtet man auf Verzinkung, halbieren sich die Materialkosten. Diese Kosteneinsparungen sind jedoch trügerisch, da meistens ein minimaler Korrosionsschutz notwendig ist. Anstriche (mehrere) mit beispielsweise Zinkstaub oder Epoxyharz-2-Komponenten verursachen am Anfang zwar geringere Fremdkosten als eine Feuerverzinkung, sind jedoch arbeitsaufwändig und zeitlich weniger lang wirksam. Betrachtet man die Gesamtkosten, das heisst die Erst- und Wartungskosten im Verhältnis zur Schutzdauer, dürfte das Feuerverzinken am wirtschaftlichsten sein. Bei Stützen kommt auch eine (teilweise) Ummantelung mit Beton in Frage.

Binderkonstruktionen

Lasteinwirkung

Die Kräfte, die auf das Dach und die Wände einwirken, teilen sich in permanente und variable Lasten auf. Permanente Lasten werden durch Eigengewicht des Binders und Auflasten (Dachhaut, Pfetten, Unterdach, Wärmedämmung, Nutzlasten usw.) verursacht (Tab. 7). Variable Lasten entstehen durch Schnee- und Windeinwirkung. Die Schneelasten hängen von der Bezugshöhe (korrigierte Meereshöhe) sowie der Dachform und -neigung ab (Tab. 8). Bei den Windlasten sind die Gebäudeform (Pulldach, Satteldach usw.), der Standort und die Wind-

dichtheit der Bauhülle zu berücksichtigen. Die genaue Abschätzung der Windbelastung ist vor allem bei halb offenen Gebäuden und Vordächern, wo neben Aussendrücken auch Innendrücke entstehen können, komplex und Sache des Bauingenieurs. Sogkräfte können das Eigengewicht des Daches übertreffen. Die Binder müssen folglich gegen Abheben gesichert werden.

Bindersysteme

Die Binder übertragen die Dach- und teilweise auch die Wandlasten auf die Fundamente. Das statische System beeinflusst die Dimensionen der Binderteile und deren Verbindungen. Bei Selbstbau sind leichte Binder und einfache Verbindungstechniken vorteilhaft. Diese Anfor-

Tab. 6: Wichtige Merkmale von Kant- und Rundholz

Kantholz	Rundholz
Preis ab Sägewerk pro m ³ : Fr. 350.– bis 400.–	Preis Stammholz ab Wald pro m ³ : Fr. 60.– bis 80.–
Querschnitt gleichmässig	Querschnitt ungleichmässig. Zusätzliche Arbeit fürs Ausgleichen des Querschnitts bei Verbindungen
Biegesteife Verbindungen einfach möglich	Biegesteife Verbindungen schwieriger zu realisieren
Koppelpfetten einfach zu realisieren	Die Ausbildung als Koppelpfetten erfordert einseitiges Ansägen der Stämme
Verfügbare Länge je nach Sägewerk beschränkt. Balkenverlängerung jedoch einfach möglich	Verfügbare Länge je nach Wachstum. Verlängerung erfordert einseitiges Ansägen
Minimale Holzmenge bei Beanspruchung auf Biegung durch Formoptimierung (Verhältnis Balkenhöhe/Balkenbreite)	Erforderliche Holzmenge bei Biegebelastung 2- bis 2,5-mal höher als bei formoptimiertem Kantholz
Minimales Eigengewicht	Eigengewicht der Dachstruktur höher als bei Kantholz

Tab. 7: Richtwerte für Dichte und Flächenlasten verschiedener Baumaterialien

Baustoff	Dichte kg/m ³
Bauholz Tanne lufttrocken	350 – 500
Hartholz (Buche, Eiche)	600 – 750
Stahl	7800
Beton	2500
Baumaterial	Flächenlast kN/m ² (kg/m ²)
Faserzementplatten	0,18 (18)
Trapezblech (je nach Profil und Blechstärke)	0,06 – 0,12 (6 – 12)
Sandwichdachplatte Kerndämmung 40 mm	0,125 (12,5)
Holzschalung 24 mm	0,10 (10)

derungen bedingen eine Begrenzung der Lasten (Eigengewicht, Auflast, Schnee, Wind) durch angepasste Spannweiten und Binderabstände.

Zweireihige Liegehallen für Milchvieh sowie einfache Maschinenunterstände (Remisen) eignen sich besonders für den Selbstbau (Abb. 5). Für die beiden Gebäudetypen werden nachfolgend verschiedene Bindersysteme aufgezeigt.

Tab. 8: Schneelast auf Pult- und Satteldächern bis 15° Dachneigung in Abhängigkeit der Bezugshöhe (Bezugshöhe = Meereshöhe + Höhenkorrekturwert nach SIA-Norm 160)

Bezugshöhe m	Schneelast kN/m ² * (kg/m ²)
400	0,74 (75)
600	1,26 (129)
800	1,99 (203)
1000	2,93 (299)
1200	4,08 (416)
1400	5,44 (555)

* Die Last ist senkrecht anzunehmen und bezieht sich auf die waagrechte Projektion der Dachfläche



Abb. 5: Zweireihige Liegehallen für Milchvieh eignen sich besonders für den Selbstbau.

Zweireihige Liegehalle für Milchvieh

Die Dimensionen der verschiedenen Binderanteile (Riegel, Stütze, Strebe, Zugstange) hängen von der Binderform (statisches System) ab (Abb. 6). Die Binderform muss der Gebäudenutzung angepasst sein. In der Regel ist eine freie Durchfahrtshöhe in der Mitte (zirka 3,0m) erwünscht. Weiter darf der Binder den Liegekomfort der Tiere nicht beeinträchtigen. Beim System mit Aussenstreben (Variante 1) ist der Riegel am meisten belastet und weist folglich die grössten Dimensionen auf. Die kurzen Innenstreben bei Variante 2 entlasten den Riegel, verursachen aber grosse Biegespannungen in der Stütze, die folglich grösser bemessen werden muss. Dieses Problem kann man umgehen, indem die Innenstrebe bis zum Fusspunkt der Stütze läuft (Variante 4). Damit die Strebe die Liegeboxentrennbügel nicht behindert, kann sie mit zwei Kanthölzern in Form einer Zange mit Platz für den Trennbügel ausgebildet werden. Bei Variante 3 sind die Stützen aus Stahl (I- oder HEA-Profile)

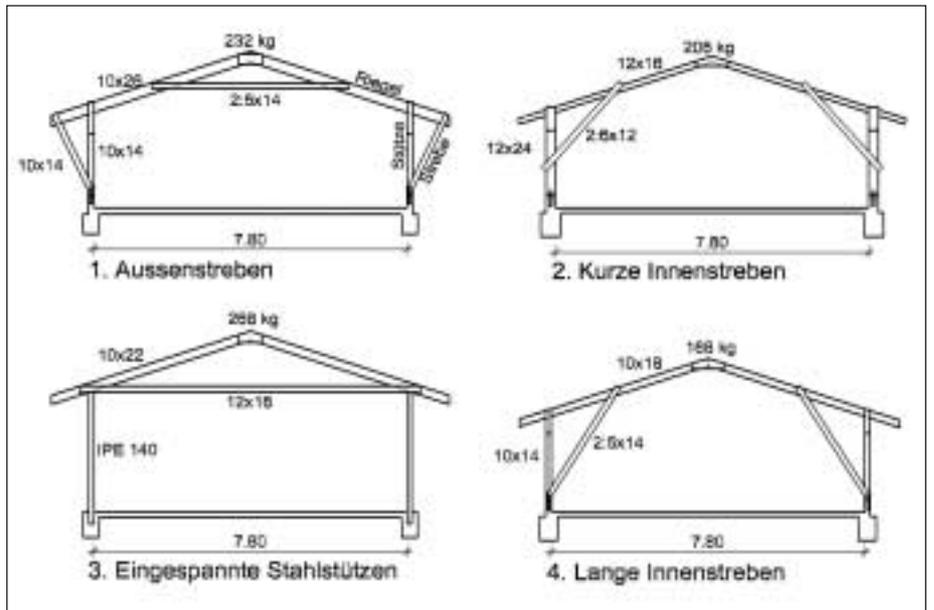


Abb. 6: Vier verschiedene Bindertypen für eine Liegehalle (lichte Breite 7,8 m, Bezugshöhe 500 m ü.M., Binderabstand 2,62 m).

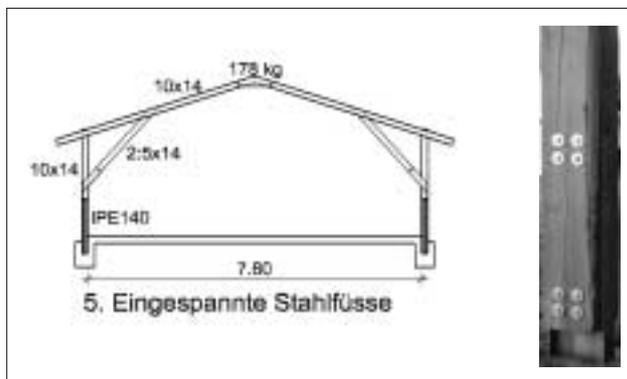


Abb. 7: Schlanker Dachbinder in verlängerten eingespannten Stahlfüssen (IPE) befestigt.

Tab. 9: Vergleich der Materialkosten pro Binder für fünf verschiedene statische Systeme (gemäss Abb. 6 und 7)

Materialkosten in Franken pro Binder					
	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
	Aussenstreben	Eingespannte Stahlstützen	Kurze Innenstreben	Lange Innenstreben	Eingespannte Stahlfüsse
Kantholz	202	159	179	145	122
Eisenteile (verzinkt)	8	190	8	8	90
Schrauben/Nägel	58	22	56	50	50
Gesamt	268	371	243	203	262

und im Fundament eingespannt. Auf die vorgängig einbetonierten Stahlstützen kommt ein einfaches Dreiecksfachwerk. Variante 4 weist das geringste, Variante 3 (mit Stahlstützen) das höchste Eigengewicht auf.

Ist eine spätere Umnutzung der Liegehalle nicht auszuschliessen, sind lange Innenstreben unerwünscht. In diesem Fall kann ein verlängerter eingespannter Stahlfuss (I-Profil) eine interessante Lösung (Variante 5) sein. Die kurze Holzstütze erhält am Fuss einen Längsschnitt und wird in das IPE-Profil geschoben (Abb. 7). Das Eigengewicht des Bindertyps 5 liegt nur geringfügig über dem von Variante 4.

Der Kostenvergleich der fünf Konstruktionssysteme zeigt erwartungsgemäss die höchsten Kosten für den Binder mit verzinkten Stahlstützen (Tab. 9). Verzichtet man auf die Verzinkung, ist diese Variante hinsichtlich Materialkosten etwa gleich teuer wie Variante 1. Bindertyp 4 ist die kostengünstigste Variante.

Dreiseitig offene Remise

Neben Liegehallen eignen sich auch Maschinenunterstände mit beschränkten Abmessungen für den Selbstbau. Sie sind in der Regel an einer Längsseite zugänglich und fordern deshalb relativ grosse Binderabstände (etwa 6 m). Wegen dieses Binderabstands ist die Belastung pro Binder viel höher als bei der Liegehalle. Je nach Bindersystem ist der Raum zwischen den Aussenstützen frei (Abb. 8) oder er wird durch Zwischenstützen oder Streben eingeengt (Abb. 9). Bei Varianten 1 und 2 (Abb. 8) gibt es keine Einschränkung des Freiraums. Die Durchfahrt in der Längsrichtung des Gebäudes ist nicht eingeschränkt. Dieser Vorteil hat jedoch seinen Preis. Der Riegel muss wegen der beträchtlichen Dimensionen (16 x 46 cm bzw. 16 x 60 cm) in Brettschichtholz (BSH) ausgeführt werden. Der geringere Riegelquerschnitt bei Variante 1 gegenüber

Variante 2 ist der nahezu starren Verbindung zwischen den Stahlstützen und dem BSH-Riegel zu verdanken. Hierdurch wird die Biegelinie des Riegels günstig beeinflusst.

Will man die Dimensionen des Riegels auf ein Mass zurückbringen, das auch noch mit Kantholz erreicht werden kann, müssen Innenstreben oder Zwischenstützen eingebaut werden. Durch Anordnung der Streben nach innen (Variante 3) verringert sich die freigespannte Länge des Riegels und folglich auch die erforderliche Balkenhöhe. Das statische System wird ideal, wenn die beiden Streben sich in der Mitte des Riegels berühren (Variante 4). Eine solche Binderform ist jedoch nur sinnvoll, wenn durch die Einschränkung der Längsdurchfahrt die Benutzung des Gebäudes nicht beeinträchtigt wird. Das gleiche gilt auch für die Bindervarianten mit Zwischenstützen (Abb. 9). Vari-

ante 8 mit zwei Zwischenstützen führt erwartungsgemäss zu den geringsten Binderabmessungen, schränkt jedoch die Durchfahrt in der Längsrichtung am stärksten ein.

Eine weitere Möglichkeit für die Dachkonstruktion besteht aus Stützenreihen in Kombination mit Trapezblech. Die Stahlstützen verbindet man in der Längsrichtung mit Pfetten aus Kantholz oder BSH (Abb. 10). Die maximale Stützweite der Trapezprofilplatten hängt vom Profiltyp, von der Blechstärke sowie von der Anzahl Auflager (durchlaufend über ein oder mehrere Felder) ab. Eine Überbrückung von Stützweiten bis 8 m ist für relativ geringe Dachlasten (< 500 m ü.M.) möglich (Abb. 11). Für grössere Spannweiten und grössere Dachlasten ist jedoch eine Zwischenabstützung notwendig. Der Hauptvorteil von Variante 9 liegt im geringeren Arbeitsaufwand.

Beim Kostenvergleich der verschiedenen Varianten müssen neben den Bindern auch die Fundamente sowie die Dachhaut mit einbezogen werden. Tab. 10 bezieht sich auf die Materialkosten einer Remise von 9 x 24 m (vier Binderfelder von 6 m). Bei den ersten acht Varianten ruht das Trapezprofil (Höhe 40 mm) auf Koppelpfetten in einem Abstand von 2 m. Bei Variante 9 gibt es lediglich drei Längspfetten (Abb. 10).

Variante 4 mit zwei Fundamenten weist die geringsten Materialkosten auf. Wider Erwarten kommt die Variante 9 (freige-

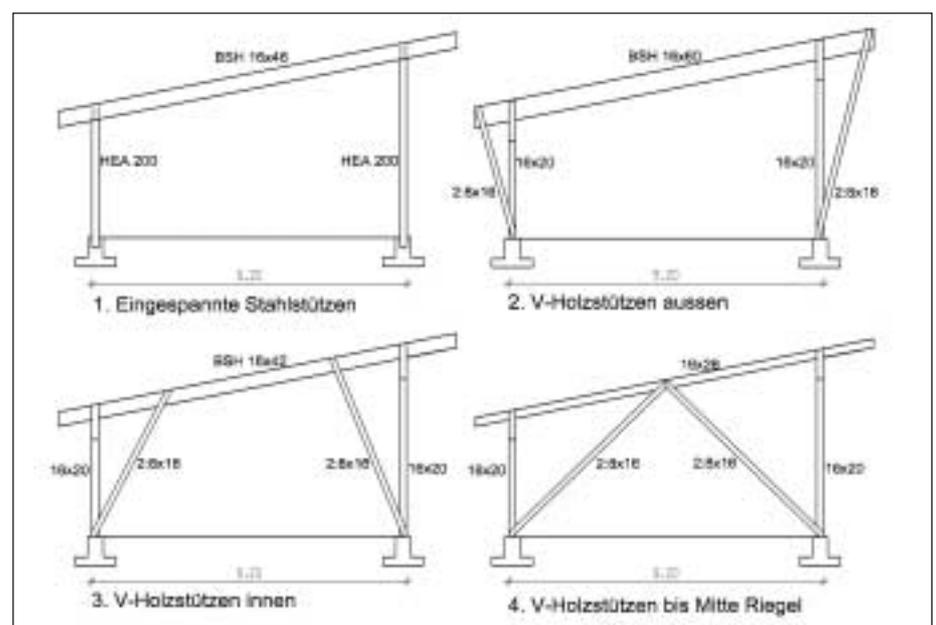


Abb. 8: Bindervarianten ohne Zwischenstützen für eine Remise. Die Dimensionen beziehen sich auf einen Binderfeldabstand von 6 m und eine Bezugshöhe von 500 m ü.M. Die rechte Längsseite ist offen, die anderen Seiten können offen oder geschlossen sein.

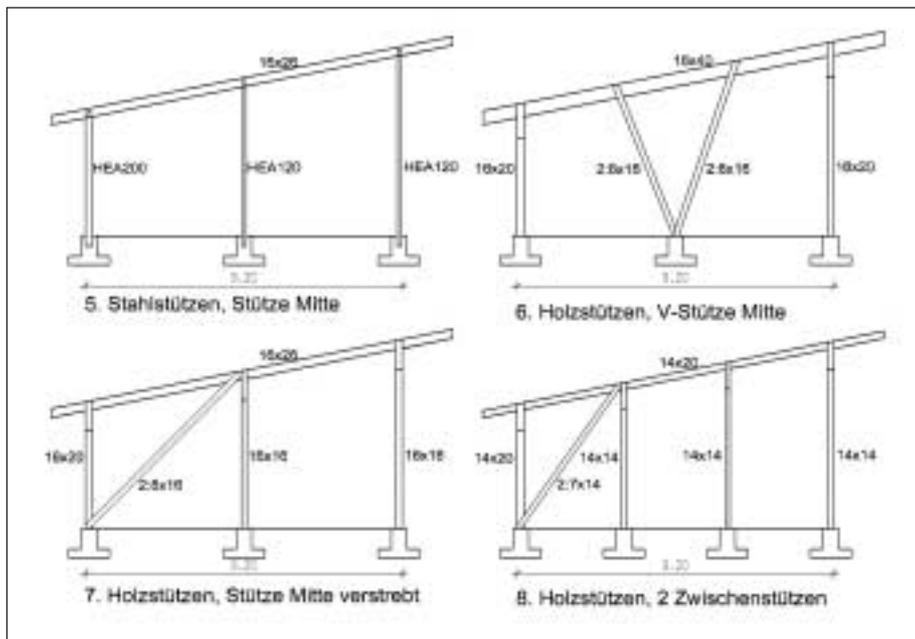


Abb. 9: Zwischenstützen machen die Binderkonstruktion schlanker, können jedoch störend für die Benutzung der Remise sein. Die Dimensionen beziehen sich auf einen Binderfeldabstand von 6 m und eine Bezugshöhe von 500 m ü.M. Die rechte Längsseite ist offen, die andere Längsseite sowie die Stirnseiten können offen oder geschlossen sein.

Die Varianten mit Zwischenstützen erfordern mehr Fundierungen, wodurch ein Teil der Einsparungen beim Holz und den Verbindungen verloren geht.

Von Bindertyp 4 und 9 gibt es Ausführungspläne für drei Meereshöhen 400 bis 600 m, 600 bis 800 m sowie 800 bis 1000 m.

Verbindungstechniken

Die Verbindungen übertragen die verschiedenen Kräfte (Druck-, Zug-, Scherkraft, Biegung) von einem Binderteil auf das andere. Ihre Bemessung und Ausführung ist von grösster Wichtigkeit. In den meisten Fällen ist das Versagen einer Binderkonstruktion auf eine mangelhafte Verbindung zurückzuführen.

Es gibt eine Vielzahl von Verbindungstechniken. Bei den mechanischen Techniken kann man zwischen zylindrischen (Nägel, Schrauben und Bolzen) und Flächen-Verbindungsmitteln (Einlass- und Einpressdübel) unterscheiden. Nicht alle Verbindungsmittel eignen sich für den Selbstbau.

spanntes Trapezblech auf Längspfetten) nur auf Rang 5. Dies ist in erster Linie auf die feuerverzinkten Stahlstützen zurückzuführen. Auch die anderen Varianten mit Stahlstützen (Varianten 1 und 5) weisen relativ hohe Materialkosten auf. Stützen aus verzinktem Stahl sind teurer als V-Stützen aus Holz, haben aber den Vorteil, dass sie sich im Fundament einspannen lassen und das Gebäude auch in der Längsrichtung aussteifen. Ausserdem gibt es weniger Verbindungen am Binder. Verzichtet man auf die Feuerverzinkung, wird Variante 1 etwa gleich teuer wie Variante 2.

Tab. 10: Materialkosten für die Dachkonstruktion einer Remise von 9 x 24 m. Neun verschiedene Bindervarianten (siehe Abb. 8, 9 und 10).

Variante	Materialkosten Fr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fundamente	1 700.-	1 700.-	1 700.-	1 700.-	2 550.-	2 550.-	2 550.-	3 400.-	2 550.-
Binder	8 397.-	6 870.-	5 412.-	3 116.-	5 426.-	5 340.-	3 021.-	2 775.-	6 175.-
Pfetten	1 535.-	1 535.-	1 535.-	1 535.-	1 535.-	1 535.-	1 535.-	1 535.-	-.-
Trapezblech	5 244.-	5 244.-	5 244.-	5 244.-	5 244.-	5 244.-	5 244.-	5 244.-	6 003.-
Trapezblechtyp	SP40	SP40	SP40	SP40	SP40	SP40	SP40	SP40	SP105
Gesamt	16 876.-	15 349.-	13 890.-	11 595.-	14 755.-	14 669.-	12 350.-	12 954.-	14 728.-
Gesamt %	146	132	120	100	127	127	107	112	127

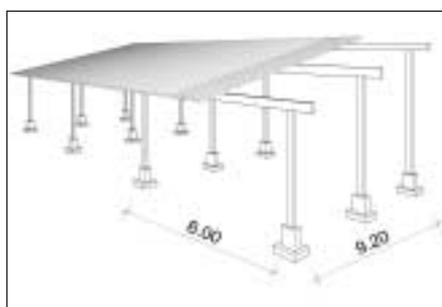


Abb. 10: Eingespannte Stahlstützen, Längspfetten und selbsttragendes Trapezblech als Alternative zu herkömmlichen Bindern.



Abb. 11: Einfache Dachstruktur mit Trapezblech in einem Mutterkuhstall.

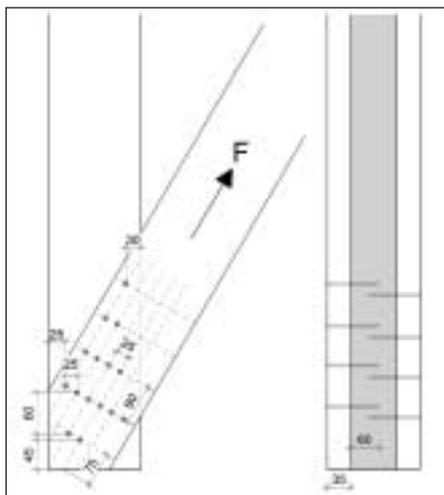


Abb. 12: Erforderliche Abstände (mm) zwischen den Nägeln (Ø 5 mm ohne Vorbohrung) und zum Rand.

Nägel

Nägel sind das einfachste Verbindungsmittel. Sie lassen sich mit oder ohne Vorbohrung einschlagen. Durch Vorbohrung erhöhen sich die zulässigen Scherkräfte parallel zur Faser um 20 % und verringern sich die erforderlichen Abstände Nagel-Nagel und Nagel-Rand sowie die minimale Holzdicke. Die Vorbohrung beschränkt sich auf etwa zwei Drittel der Nagellänge. Der Lochdurchmesser sollte etwa 0,8- bis 0,9-Mal Nageldurchmesser sein.

Die minimalen Abstände Nagel-Nagel und Nagel-Rand hängen nicht nur vom Nageldurchmesser, sondern auch von der Richtung der Krafteinwirkung (parallel oder quer zur Faserrichtung) ab (Tab. 11, Abb. 12). Der Nageldurchmesser soll sich nach der vorhandenen Holzdicke richten.

Passbolzen – Bauschrauben

Die zulässige Kraft, die von einer Bauschraube oder einem Bolzen übertragen werden kann, ist querschnittsbezogen geringer als bei Nägeln. Die Anzahl möglicher Schrauben wird durch die mit steigendem Durchmesser wachsenden Abstände (Schraube-Schraube und Schraube-Rand) beschränkt (Tab. 11). Der Schraubendurchmesser muss wie bei den Nägeln auf die Dicke der Holzteile abgestimmt sein. Weil Bauschrauben relativ teuer sind und der Platz für mehrere Schrauben oft fehlt, ist es von Vor-

teil, beide Verbindungsmittel, Schrauben und Nägel, zu kombinieren (Abb. 13). Die Nägel übernehmen den Hauptteil der Scherkräfte, während die Bauschraube verhindern muss, dass der Kontakt zwischen den zu verbindenden Teilen durch Verformung (Holztrocknung) verloren geht.

Einlass- und Einpressdübel

Durch Verwendung von Einlassdübeln in Kombination mit einer Bauschraube können sehr grosse Scherkräfte übertragen werden. Der Einbau von Einlassdübeln ist allerdings nur mit speziellen Werkzeugen (Fräse) möglich und bleibt in der Regel dem Zimmermann vorbehalten. Einlassdübel benötigen ausserdem viel mehr Platz als eine Verbindung mit Nägeln mit

Vorbohrung und schwächen durch das Ausfräsen des Ringes den Holzquerschnitt.

Einpressdübel (Bulldog) sind einfacher zu verwenden als Einlassdübel (Abb. 14), da sie nicht eine spezielle Fräse benötigen. Die zulässige Kraftübertragung ist jedoch geringer als bei Einlassdübeln. Das Einpressen der Dübel (Typ Bulldog) durch das Anziehen der Schrauben ist nur bei kleinen Durchmessern möglich. Für grössere Dübel sollte eine Presse verwendet werden. Das Einschlagen mit einem Hammer ist untersagt. Aus diesen Gründen schränkt sich der Gebrauch von Einpressdübeln beim Selbstbau ein.



Abb. 13: Weil Bauschrauben relativ teuer sind und der Platz für mehrere Schrauben oft fehlt, ist es von Vorteil, Schrauben mit Nägeln zu kombinieren.



Abb. 14: Der Einbau von Einlassdübeln ist nur mit speziellen Werkzeugen (Fräse) möglich und bleibt in der Regel dem Zimmermann vorbehalten. Das Einpressen der Dübel (Typ Bulldog) durch Anziehen der Schrauben ist nur bei kleinen Durchmessern möglich.



Abb. 15: Zwei gestossene Holzteile können nicht nur durch Holzlaschen, sondern auch durch Lochplatten (beidseitig) miteinander verbunden werden.

Holzlaschen oder Lochplatten

Zwei gestossene Holzteile können nicht nur durch Holzlaschen, sondern auch durch Lochplatten (beidseitig) miteinander verbunden werden (Abb. 15). Lochbleche gibt es in verschiedenen Längen und Breiten. Die Blechstärke beträgt 2 bis 2,5 mm. Bei Lochplatten verwendet man in der Regel Rillennägel (4,0 x 40 mm). Ihre Anzahl hängt von der erforderlichen Kraftübertragung ab.

Es dürfen nicht alle Löcher der Bleche ausgenagelt werden. Die Abstände zwischen den Nägeln einerseits und zum Rand müssen eingehalten werden (Tab. 11).

Fundamente

Die Dimensionierung und Art der Fundamente hängen von den einzuleitenden Lasten sowie auch von der zulässigen Bodenbelastung ab. Eine zuverlässige Gründung des Bauwerks setzt eine Überprüfung des Untergrundes bis in einer ausreichenden Tiefe voraus.

Die zulässige Bodenbelastung hängt ab:

- Von der Bodentextur. Beimischung von organischem Material und Ton wirkt

sich negativ auf die zulässige Bodenbelastung aus.

- Vom Wassergehalt des Bodens. Je höher der Wassergehalt, desto geringer die Belastbarkeit.
- Von der Setzungsempfindlichkeit des Gebäudes. Besteht der Oberbau aus Holz, ist eine unterschiedliche Senkung der Fundamente weniger gravierend als bei einem Mauerwerk.

Je nach Tiefe, Wassergehalt und Setzungsempfindlichkeit bewegt sich die zulässige Bodenbelastung in Frosttiefe für trockene sandige Kiesböden zwischen 0,3 und 0,7 N/mm² (3–7 kg/cm²). Bei leichten bindigen Böden (Ton, Lehm) darf 0,2 N/mm² (2 kg/cm²) angenommen werden. Torfhaltige Böden eignen sich nicht als Baugrund. In diesem Fall ist die schlecht tragende Schicht durch besseres nicht gebundenes (Schotter, Sand) oder gebundenes Material (Recyclingbeton) zu ersetzen. Auch bei schlecht durchlässigen tonigen Böden, die je nach Wassergehalt eine breiige Konsistenz annehmen können, soll ein Materialaustausch in Erwägung gezogen werden. In Zweifelsfällen soll man einen Fachmann beziehen. Die Fundamentsohle muss unter der Frostgrenze liegen. Als Faustregel gilt die Meereshöhe/1000, minimal 600 mm. Die Gründung des Bauwerks kann als eine Reihe von unabhängigen Einzelfun-

damenten (unter jeder Stütze) oder als durchlaufendes Streifenfundament, das mehrere Stützen oder Wände trägt, gestaltet werden. Ruht auf dem Fundament eine geschlossene Wand, wird in der Regel ein Streifenfundament gemacht. Bei einer offenen oder halboffenen Remise sind Einzelfundamente angewiesen.

Bei Holzstützen soll wegen des Feuchtigkeitsschutzes das Fundament aus dem Boden herausragen. In diesem Fall betoniert man in Frosttiefe eine Sockelplatte und giest darauf eine kurze Betonsäule (Abb. 16). Oben in der Betonsäule lässt man eine Aussparung, in der die Verankerung der Holzstütze (beispielsweise Flacheisen) hineingelassen wird. Die Öffnung wird nach Ausrichtung der Binder mit Beton vergossen.

Die Bemessung des Fundaments, der Armierung und Verankerung richtet sich nach der Belastung durch die Stützen.

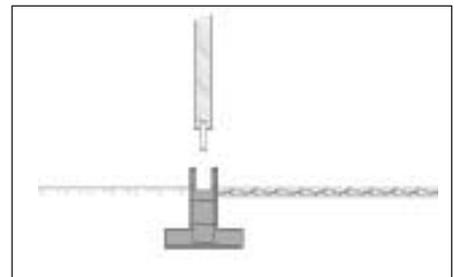


Abb. 16: Einzelfundament bestehend aus einer Betonsohle und -säule. In der Säule lässt man eine Aussparung zur Verankerung der Binderstütze aus Holz. Nach Montage und Ausrichtung der Binder wird die Öffnung mit Beton ausgegossen.

Tab. 11: Zulässige Belastung, minimale Einschlagtiefe, Holzdicke und Zwischenabstände für Nägel ohne und mit Vorbohrung sowie für Bauschrauben

	Nagelverbindung ohne Vorbohrung	Nagelverbindung mit Vorbohrung	Bauschrauben
Zulässige Belastung auf Abscheren kN pro Nagel/Schraube und Schnitt ¹⁾	0.05 d _N ^{1.7} ⊥ 0.05 d _N ^{1.7}	0.06 d _N ^{1.7} ⊥ 0.05 d _N ^{1.7}	44 d _B ^{1.7} ⊥ 45 d _B ^{1.5}
Minimale Einschlagtiefe mm	12 d _N	12 d _N	
Minimale Holzdicke mm			
Einschnittig	(3 + 0.8d _N)/d _N	6 d _N (min. 24 mm)	6.0 d _N
Mehrschnittig Seitenhölzer	(3 + 0.8d _N)/d _N	6 d _N (min. 24 mm)	5.3 d _N
Mehrschnittig Mittelhölzer	(3 + 0.8d _N)/d _N	6 d _N (min. 24 mm)	8.0 d _N
Mindest-Abstand mm			
Nagel-Nagel	12 d _N (10 d _N) ²⁾ ⊥ 5 d _N	7 d _N ⊥ 4 d _N	6.0 d _N ⊥ 3.5 d _N
Mindest-Abstand mm			
Nagel – beanspruchter Rand	15 d _N 6 d _N	10 d _N ⊥ 6 d _N	8.0 d _N ⊥ 5.0 d _N
Mindest-Abstand mm			
Nagel – unbeanspruchter Rand	9 d _N (7 d _N) ²⁾ ⊥ 5 d _N	7 d _N ⊥ 4 d _N	6.0 d _N ⊥ 3.5 d _N

Quelle: Lignum, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz

|| Parallel zur Faserrichtung

⊥ Senkrecht zur Faserrichtung

¹⁾ Für Holz-Stahl Verbindungen zulässige Belastung + 10%

²⁾ Wenn Nageldurchmesser < 4 mm

d_N Nageldurchmesser in mm

d_S Bauschraubendurchmesser in mm

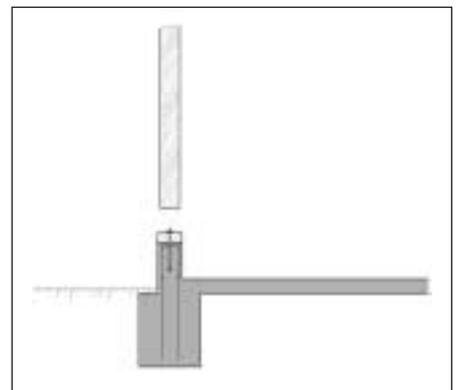


Abb. 17: Streifenfundament mit Sockelwand. Auf der betonierten Sockelwand wird ein waagrechtter Balken befestigt. Die Verankerungsschrauben werden in den frischen Beton gestossen.

Bei Streifenfundamenten kann auf der Sockelwand direkt nach dem Betonieren ein horizontaler Balken befestigt werden, worauf später die Stützen stehen (Abb. 17).

Zusammenfassung

Je grösser der Lohnanteil an den Gesamtkosten und je einfacher und leichter die Bauteile sind, desto grösser sind die Möglichkeiten für Eigenleistungen. Je nach handwerklichen Fähigkeiten und vorhandenen Werkzeugen sind Eigenleistungen in verschiedenen Phasen des Gebäudeverdegangs möglich. Die einfachste Art von Eigenleistungen ist die Mithilfe bei Fachkräften. Verfügt man über das notwendige Know-how, die erforderlichen technische Hilfsmittel sowie ausreichende Arbeitskapazität, ist auch ein Selbstbau im Alleingang bei einfachen Bauten möglich. Bevor man Hand anlegt, sollen eine detaillierte Planung und eine genaue Analyse der reellen Einsparungsmöglichkeiten vorliegen.

Beim Materialeinkauf sind oft grosse Rabatte durch Offertenvergleich und Sammelbestellungen möglich. Beton soll man nur selber herstellen, wenn die erforderliche Betonfestigkeit gering ist. Die möglichen Kosteneinsparungen gegenüber einer Lieferung durch das Betonwerk sind nur bei kleinen Mengen bedeutsam. Schalungsmiete gegen günstige Bedingungen ist bei verschiedenen Unternehmen möglich. Aufgrund des Materialpreises ist bei Bindern Rund- oder Kantholz vorzuziehen. Bei stark belasteten Bauteilen (grosse Spannweiten und/oder Binderabstände) kann es jedoch auch sinnvoll sein, Brettschichtholz einzusetzen. Rundholz ist vor allem bei Stützen sinnvoll. Bei auf Biegung belasteten Trägern erlaubt Rundholz gegenüber Kantholz wegen des grösseren Holzverbrauchs und der aufwändigen Anpassungsarbeiten jedoch nur geringe Kosteneinsparungen. Sowohl bei Liegehallen für Milchkühe wie auch bei Remisen weist die Binderform mit Innenstreben bis zum Stützenfusspunkt die geringsten Kosten auf. Für den Selbstbau sind Nägel mit oder ohne Vorbohrung in Kombination mit einer Bauschraube das kostengünstigste und einfachste Verbindungsmittel. Bei der Bemessung der Fundamente ist in Zweifelsfall ein Fachmann beizuziehen.

Einfache Gebäudeformen und leicht lesbare Ausführungspläne erleichtern die

Arbeit und verhindern kostspielige Fehler. Die FAT bietet solche Pläne für einfache Bauten wie zweireihige Liegehallen und Remisen an.

Literatur

- Hilty R. et al., 1994. Bauen in der Landwirtschaft. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale Zollikofen.
- Hilty R. und Herzog D., 2000. Preisbaukasten. Bausammlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude. FAT Tänikon.
- Lignum 1991. Holzbau-Tabellen 1 und 2.
- Lignum 1992. Beispielsammlung Verbindungen und Verbindungsmittel.
- Lignum 1992. Bemessungsgrundlagen Verbindungen und Verbindungsmittel.
- Natterer J., Sandoz J.L., Rey M., 2000. Construction en Bois. Matériau, technologie et dimensionnement. Presses polytechniques et universitaires, Lausanne.
- SIA 160, 1989. Einwirkungen auf Tragwerke.