



## Einführung in das **F a c h w e r k**

Eine Literatuarbeit. . .

---

Erarbeitet von: Robert Kühn

Datum: 26.07.2011

## INHALT

INHALT	1
Abbildungen	2
Einleitung	4
Grundlagen - Historie	5
Systeme in der Grund- und Balkenkonstruktion	7
Entwicklung der Holzverbindungen	9
Holzverbindungen	9
Hilfsmittel aus Holz (vgl. Warth, 1900, S. 12)	10
Fachwerkgefüge	24
Gefachen	26
Denkmalschutz	27
Fachwerk in anderen Ländern	27
Weiterführende Literatur	28
Interessante Internetseiten	29

## Abbildungen

Abbildung 1: Fachwerkhaus - Great Dixter .....	4
Abbildung 2: Firstpfostenbau - 1100 v. Chr.....	5
Abbildung 3: Entwicklung vom Pfostenhaus zum mehrgeschossigen Haus mit Ankerbalken .....	6
Abbildung 4: Entwicklungsstufen der Konstruktion des niedersächsischen Fachwerks .....	7
Abbildung 5: Zweiständerhaus .....	8
Abbildung 6: Vierständerhaus.....	8
Abbildung 7: Steinzeitliche Holzverbindung, der aus Bastseilen bestehende sog. Steinzeitknoten .....	9
Abbildung 8: Verbindungshilfsmittel aus Holz.....	10
Abbildung 9: Wellblechnagel .....	11
Abbildung 10: Bolzen, Klammern, Krampen, Stifte .....	12
Abbildung 11: Verlängerung von Hölzern - Stoßen und Blatten.....	15
Abbildung 12: Verlängerung von Hölzern - Hakenblatt .....	16
Abbildung 13: Schwalbenförmiges Blatt .....	16
Abbildung 15: Verzahnter und durch Schraubbolzen verstärkter Balken .....	17
Abbildung 14: Zapfen .....	17
Abbildung 16: Überblattung oder Überschneidung.....	18
Abbildung 17: Ecküberblattung .....	18
Abbildung 18: Hakenförmige Überblattung .....	18
Abbildung 19: Verzapfungen.....	19
Abbildung 20: Schräger Zapfen.....	20
Abbildung 21: Scherzapfen .....	20
Abbildung 22: Schwalbenschwanzförmiger und Kreuzzapfen .....	20
Abbildung 23: Einfache Versatzung.....	21
Abbildung 24: Verschiedene Versatzungsarten .....	21
Abbildung 25: Mauerversatzung .....	21
Abbildung 26: Gerade-, Kreuz- und Endverkämmung.....	22
Abbildung 27: Hakenförmige-, Eckverkämmungen und Anwendungsbeispiel .....	22
Abbildung 28: An- bzw. Verdollen .....	23
Abbildung 29: Verklauung .....	23
Abbildung 30: Zeichnung Fachwerkgefüge.....	24
Abbildung 31: Reisig-,Kuhdunglehm-Gefachenausfüllung.....	26

Abbildung 32: Gefachenfüllung aus Backsteinen.....	26
Abbildung 33: Typisches englisches Fachwerk - das Tudor House in Southampton .....	28

## Einleitung

Das Fachwerk ist eine sehr alte Form des Holzbaus. Heute spiele die Bauweise lediglich noch eine untergeordnete Rolle. Für Freunde des Baustils sowie für den Denkmalschutz stellt es jedoch noch eine wichtige Bedeutung dar. Anstelle des klassischen Fachwerkbaus sind Bauten aus Stahl, Beton und Glas getreten.

Die Grundlagen und Erfahrungen in der Statik sowie der Konstruktion, welche von der Fachwerk – Entwicklung, die über Jahrtausende bereitgestellt wurden, beeinflussen noch die heutige Bautechnik.

Im Rahmen der Ausarbeitung zum Garten Great Dixter in England soll mit dieser Arbeit das Fachwerk grundlegend erläutert, Zimmermannstechnische Verbindungen aufgezeigt, Techniken und Konstruktionen sowie verschiedene Möglichkeiten kurz belegt werden.



Abbildung 1: Fachwerkhaus - Great Dixter

## Grundlagen - Historie

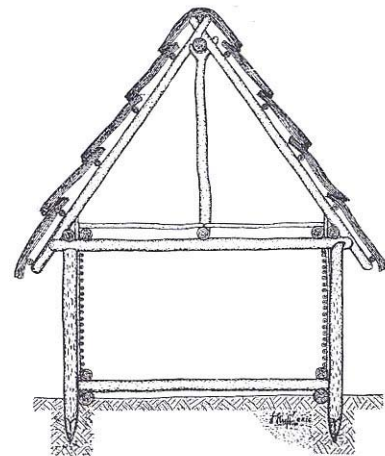
### Definition Fachwerk

Als Fachwerk wird eine Skelett- oder Rahmenbauweise aus Holz bezeichnet, welches durch seine Konstruktionsprinzipien, auftretende natürliche Belastungen (z.B. Wind) aufnehmen sowie standhalten kann. Die zwischen den hölzernen Rahmen befindlichen Volumina werden als Gefachen bezeichnet. Diese sind mit Reisiggeflecht und einem Lehm-Kuhdungbewurf oder auch mit Steinmaterialien gefüllt.

### Entwicklung des Fachwerks

Der Einsatz von Holz als Baumaterial lässt sich bis zu 12 Tausend Jahre v. Chr., in Form von einfachen Witterungsschutz – Konstruktionen zurückverfolgen. Die Ursache ist in der relativ einfachen Verarbeitung, welche das Material Holz dem Stein voraus hat, zu suchen.

Als erste aus Holz bestehende Hauskonstruktion ist das Firstpfostenhaus zu nennen. Dieses hatte jedoch einige Nachteile, so waren die Pfosten direkt mit dem Erdreich verbunden, was Fäulnis an den Übergängen zur Luft begünstigte. Weiter waren noch keine Aussteifungen vorhanden. So dass die Bauten erhöhten Windbelastungen kaum standhielten.



Quelle: Gerner, 1979, S. 8

Abbildung 2: Firstpfostenbau - 1100 v. Chr.

Die Entwicklung vom primitiven Hüttenbau zum konstruktiven Hausbau geschah mit der Entwicklung vom Jäger und Sammler zum sesshaften Bauern ca. 3000 v.Chr.

In diese Zeit können auch die ersten Bauten von fachwerkähnlichen Konstruktionen angesehen werden. So gab es gab Pfosten und Pfetten die das Dach trugen und nichttragende Außenwände welche mit Reisig und Lehm bewurf hergestellt waren. (vgl. Gerner, 1979, S.8).

Es gibt unterschiedliche Auffassungen, wann die ersten fachwerkähnlichen Konstruktionen zum ersten Mal auftraten. So gibt es Funde in Çatalhöyük (Türkei), welche auf das neunte Jahrtausend v.Chr. zurückblicken und erste Vorläufer von Fachwerken aufweisen. Andere Quellen beschreiben beispielsweise Analogien in Indien, Ägypten oder Rom. (vgl. Warth, 1900, S. 3-4).

Warth beschreibt in seinem Buch Konstruktion in Holz: wie Funde von frühen Holzbauten und Fachwerken, überall auf der Welt, auf die Entwicklung dieses Baustoffes hinweisen. Weiter weist er auf diese Bauwerkskunst in Europa und schließlich wie sie im Deutschsprachigen Raum ihren Höhepunkt erreichte. Neben dem Fachwerk entwickelte sich in holzreichen Gegenden auch der Blockhausbau. Dieser soll jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein.

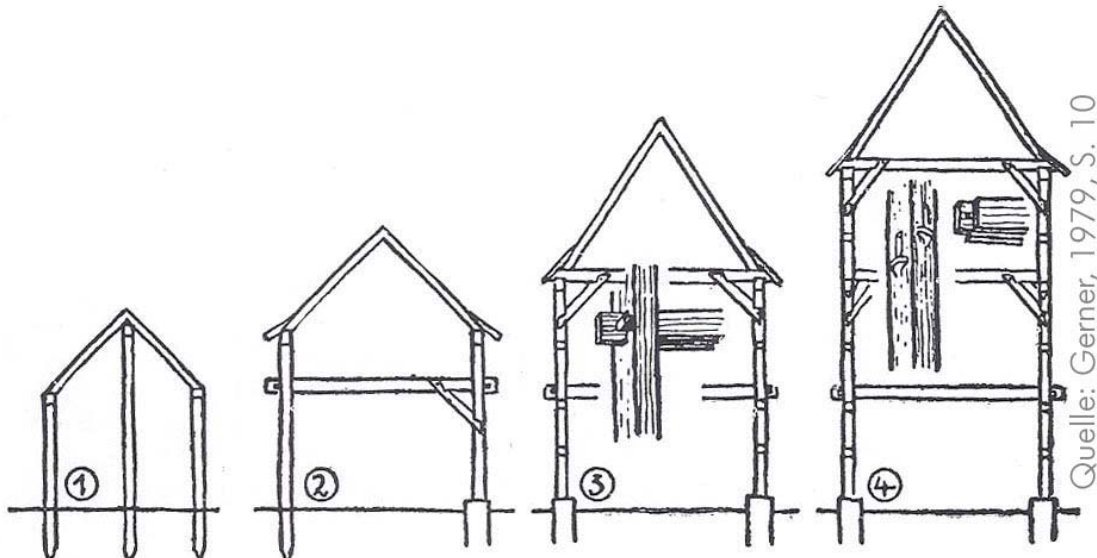


Abbildung 3: Entwicklung vom Pfostenhaus zum mehrgeschossigen Haus mit Ankerbalken

Am Anfang der Entwicklung stand der Pfostenbau (vgl. Abb. 3: Nr. 1), welcher durch die, einer eingespannten Stütze ähnlichen, Horizontalaussteifung den natürlichen Kräften entgegenwirkte. In dem der eigentliche Hausboden weiter nach oben gesetzt und die eingeschlagenen bzw. eingegrabenen Stützpfeiler auf ein Fundament aus Steinmaterialien oder Halbhölzern bis zum Erdabschluss ersetzt und erst darauf die Pfosten gestellt worden war, ist der konstruktive Holzschutz erheblich verbessert worden (vgl. Abb. 3: Nr. 2-3). Zu dieser Zeit kommen auch die ersten Riegel zur Verbesserung der Statik zum Einsatz. Um diese Bauweise vor dem Umkippen zu schützen kamen die ersten schräg gestellten Hölzer und Querriegel auf. Das Eindringen von Wasser in das Kernholz von unten zu verhindern entwickelten sich Ständerbauten mit durchgehenden Schwellen und Fundamenten. Weiter kamen die

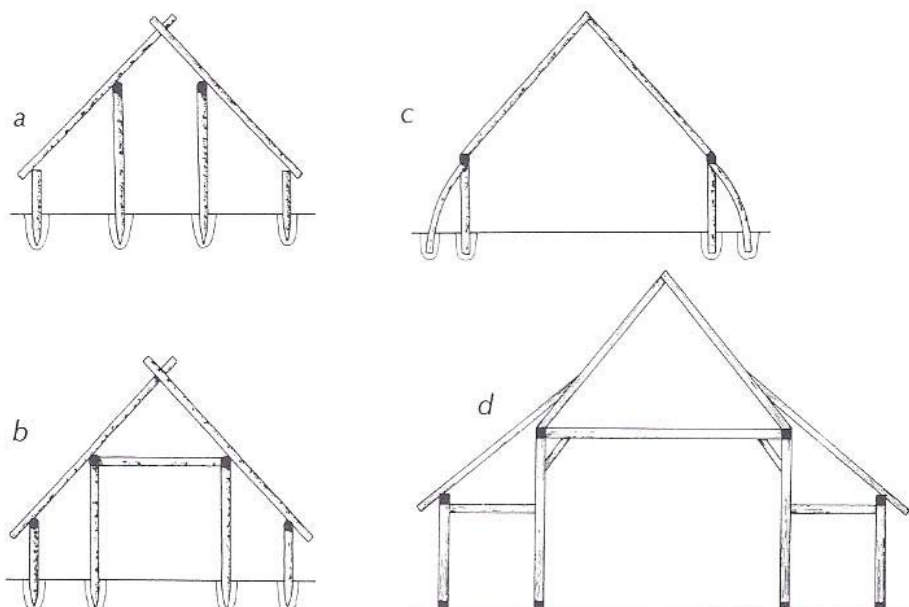
ersten Steckgebälke zum Einsatz (vgl. Abb. 3: Nr. 3-4). Diese Bauweise setzt sich jedoch erst zum 15. Jahrhundert richtig durch (vgl. Gerner, 1979, S. 10). Bis zum 16. Jahrhundert ist die Fachwerkkunst konstruktiv vollendet. So bleibt das Fachwerk bis circa 1750 die dominierende Bauweise. Ab diesem Zeitraum wird sie jedoch vom Steinbau abgelöst und gerät immer mehr in den Hintergrund (vgl. Gerner, 1979, S. 14).

## Systeme in der Grund- und Balkenkonstruktion

Gerade im südlichen und mittleren Teil Deutschlands war der Firstpfostenbau bis in das 14. Jahrhundert n.Ch. vorherrschend. So war die Erschließung nur von den Traufseiten möglich. Die Lasten des Daches, beziehungsweise des Obergeschosses, sind über die Querwände abgetragen worden.

In Norddeutschland entwickelte sich der Pfostenbau unter der Entwicklung von sogenannten Spannriegeln (lange lastabtragende und oftmals konstruktiv verlängerte Balken) weiter (vgl. Abb. 4 a – d). Der Raum zwischen den Pfosten wurde größer und zu einem breiten Mittelschiff (Hallenhäuser), welche ein Sparrendach (ohne Firstpfosten und Firstpfetten) besaßen.

Bis dahin, dass jeweils angeschlossene Seitenschiffe angebaut wurden, welche durch angelehnte Dächer an die Haupthalle anschlossen und weiteren Raum boten (vgl. Gerner, 1979, S.11).

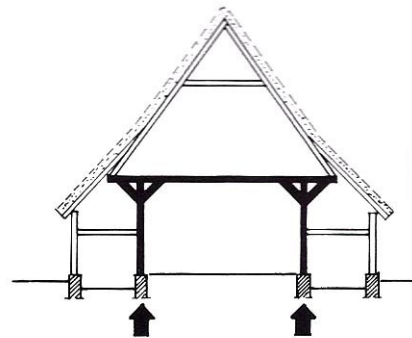


Quelle: Gerner, 1979, S. 11

Abbildung 4: Entwicklungsstufen der Konstruktion des niedersächsischen Fachwerks



Weiter entwickelte sich in Norddeutschland, besonders im niedersächsischen Raum eine weitere konstruktive Unterscheidung. Der einfache Zweiständerpfostenbau wird im 14. Jahrhundert vom Zweiständerhaus (vgl. Abb. 5) abgelöst. Ab dem 16. Jahrhundert wird dieses wiederum vom Vierständerhaus (vgl.

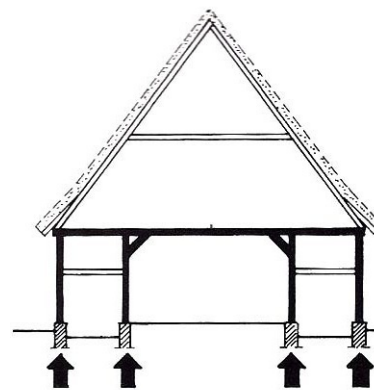


Quelle: Gerner, 1979, S. 41

Abbildung 5: Zweiständerhaus

Abb. 6) verdrängt, um auch in den oberen Stockwerken mehr Raum zu schaffen.

Somit kann ein Fachwerkhaus allein durch seine Statische Ausrichtung vor oder nach dem 16. Jahrhundert datiert werden. (vgl. Gerner, 1979, S.40).



Quelle: Gerner, 1979, S. 41

Abbildung 6: Vierständerhaus

Ähnliche Entwicklungen lassen sich in vielen Teilen von Nordeuropa finden. Diese konnten jedoch aufgrund von mangelnder vorliegender Literatur nicht nachgewiesen werden und sollte in einer weiteren Arbeit vertieft werden.

## Entwicklung der Holzverbindungen

Die ersten Holzverbindungen sind in der Neolithischen Zeit (Jungsteinzeit), circa 4000 – 2000 v. Chr. nach gewiesen (vgl. Gerner, 2000, S. 7). So sind Funde von natürlichen Gabelungen oder gabelförmig endende Pfosten, in denen die

First- und Wandpfette eingelegt wird. Mit Seilen werden diese Verbindungen gesichert. Später entwickeln sich Pfostenscheren welche zwei gespiegelt und sich kreuzenden sowie im oberen Bereich durch Seile verbundenen Pfosten (Firstgabelungen), darstellen. Hier sei ein kleiner Exkurs in Sprachentwicklung erlaubt. Aus dem Begriff Firstgabelung entwickelte sich sprachtechnisch der Begriff Giebel.

Ebenfalls werden die ersten Zapfen und später dann das Verkämmen. Verschränken und Anblatten durchgeführt. Interessant ist das diese Verfahren erst an Möbelstücken und Behältern und später in größeren Dimensionen an der Behausung angewendet wird. Weitere Verbindungen, welche sich aus dem Pfosten und Ständerbau Holznägel und Dübel sowie die Dichten Verbindungen aus Nut und Feder (vgl. Gerner, 1979, S. 12).

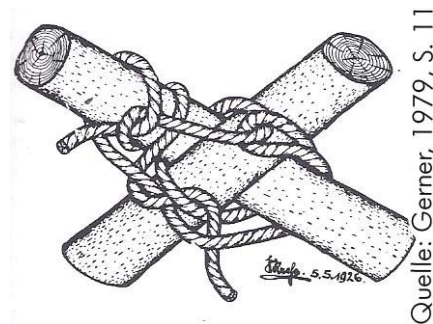


Abbildung 7: Steinzeitliche Holzverbindung, der aus Bastseilen bestehende sog. Steinzeitknoten

## Holzverbindungen

Der natürliche Rohstoff Holz ist konstruktiv gesehen endlich. Da dennoch Bauwerke errichtet werden sollen, welche die Dimension des Holzes überschreiten, mussten Möglichkeiten entwickelt werden, die eine Verbindung der einzelnen Holzteile ermöglicht. Um diese Verbindungen zu realisieren gibt es unterschiedlichste Hilfsmittel und Verbindungsvarianten. Viele von den nachstehenden Varianten werden heute nicht mehr verwendet. Sie werden ausschließlich aus historischem Interesse mit aufgeführt.

## Verbindungshilfsmittel

Hilfsmittel aus Holz (vgl. Warth, 1900, S. 12)

Möglichkeiten: Nägel, Keile,  
Dübel, Schwalbenschwänze  
und Federn

### Holznägel

Holznägel (vgl. Abb. 8 a) werden in ein vorgebohrtes Loch, meist etwas schräg eingeschlagen. Das herzustellende Loch ist kleiner dimensioniert, so dass der Nagel leicht gepresst wird. Dabei bleibt oftmals der Kopf des Nagels, welcher reich verziert wird, deutlich sichtbar außerhalb des Loches. Der Nagel selbst ist aus Kiefernholz gefertigt. (vgl. Warth, 1900, S. 12)

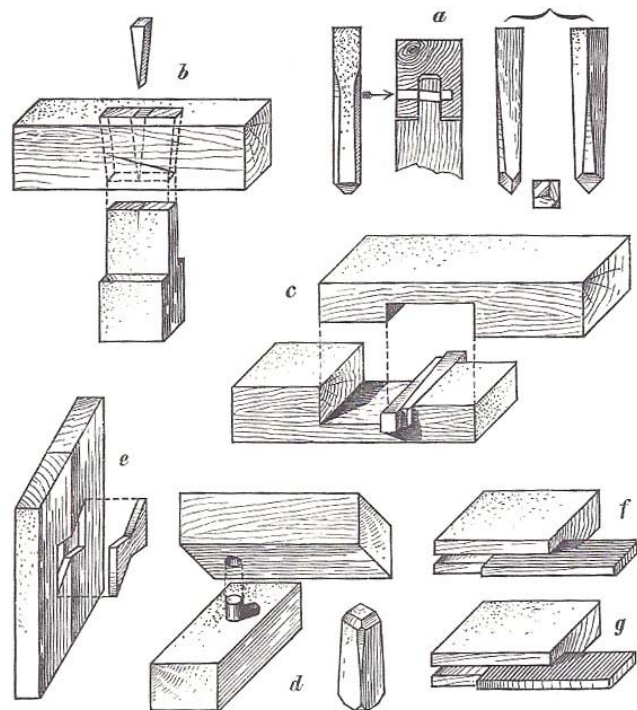


Abbildung 8: Verbindungshilfsmittel aus Holz

Quelle: Warth, 1900, S. 12

### Keile

Insbesondere bei älteren Konstruktionen finden, die aus Hartholz (Eiche oder Buche) hergestellten Keile (vgl. Abb. 8 c) Anwendung. Durch Eintreiben der Keile, werden die einzelnen Verbindungsstücke miteinander verpresst. (vgl. Warth, 1900, S. 12)

### Dübel (Dollen)

Dübel (vgl. Abb. 8 d) kommen hauptsächlich zum Einsatz, wenn zwei Hölzer sich kreuzen bzw. neben oder übereinander liegen. Durch ihre abgekantete prismatische Form pressen sich diese in der Ausbohrung fest. Sie werden vornehmlich aus Eichen- oder Buchenholz gefertigt. (vgl. Warth, 1900, S. 12)

### Schwalbenschwänze

Die, nur sehr selten, verwendeten Schwalbenschwänze (vgl. Abb.8 e) kommen bei direkt aneinanderstoßenden Hölzern zur Anwendung (vgl. Warth, 1900, S. 12).

## Federn

Je nach Anwendungszweck unterscheidet man Langholzfedern (vgl. Abb. 8 f) und Hirnholzfedern (vgl. Abb. 8 g). Diese linealartigen Holzstreifen verbinden Hölzer bzw. Bretter welche nebeneinander positioniert werden. Bei Brettern, welche längslaufende Fasern besitzen und wenig widerstandsfähig sind, also der Länge nach leicht brechen, werden hauptsächlich Langholzfedern eingesetzt. Bei querlaufenden Fasern (z.B. Parkettfußboden) werden Hirnholzfedern verwendet. Als Material kommen bei Harthölzern, Weichholzfedern aus Erlenholz zur Anwendung und bei Verbindungen von Weichhölzern ist auf Hartholz wie z.B. der Eiche zurückzugreifen (vgl. Warth, 1900, S. 13).

## Hilfsmittel aus Eisen

Möglichkeiten: Nägel, Bolzen, Schrauben, Bankeisen, Klammern, Schienen und Winkel

### Nägel

Da Eisen – Nägel eine der meist benutzten Verbindungsmittel darstellen wird an dieser Stelle nicht weiter auf die klassisch bekannte Art eingegangen. Vielmehr sollen die historisch geschmiedeten Nägel wie Spitzbolzen,

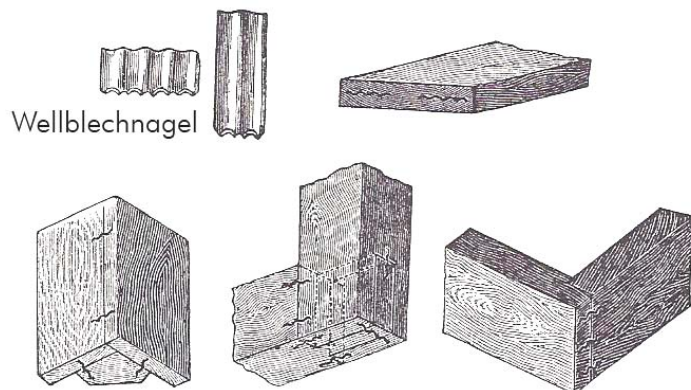


Abbildung 9: Wellblechnagel

Sparrennägel, oder Schiffsnägel erwähnt werden. Diese werden mit rundem, rechteckigem oder dreieckigem Schaft hergestellt. Nägel mit dreieckigem Schaft eignen sich besonders gut für Verbindungen von Hirnholz, da sie dort besser halten als die anderen vorgestellten Formen. Die aus harten, gewellten Bandstahl hergestellten „Wellblechnägel“ (vgl. Abb. 9) dienen dazu Leimen, Zapfen oder Schrauben zu ersetzen. Dieses Verbindungsmittel ist besonders bei Verbindungen welche der Witterung ausgesetzt sind zu empfehlen, da die Fugen sehr klein gehalten werden kann. Bei hartem Holz können Wellblechnägel auch auftretende

Quelle: Warth, 1900, S. 13

Risse vermindern bzw. das Werkstück am Weiterspalten hindern (vgl. Warth, 1900, S. 13).

Hauptsächlich dienen gewöhnliche Nägel lediglich der Lagesicherung da die abgeleiteten Kräfte gering sind. Heute sind maßgeblich Drahtstifte mit Flachkopf für den Einsatz an Schalungen, Dielenböden und Latten, Kammnägel zur Fixierung von Stahlblechformteilen sowie der gehärtete Sparrennagel für die Verbindung von Sparren mit den Pfetten gebräuchlich (vgl. Gerner, 2000, S. 109)

### Spintbolzen

Die Unterlegscheibe aus der einem Schaft, Kopf sowie einem Splint bestehenden

„Spintbolzen“ (vgl. Abb. 10 A), hat den

Zweck das Eindringen des Splintes in den

Werkstoff zu verhindern. Mit einem

„doppelten“ Splint, zwei Blechstücke,

welche jeweils abgebogen werden, wird ein herausfallen des Splintes vorgebeugt.

Sollte ein festes zusammenziehen der Verbindungsstücke vorgesehen sein, ist ein

anderes Hilfsmittel zu nutzen. Splintbolzen sollen nur Zugkräfte entgegenwirken, dabei

muss darauf geachtet werden, dass der

Bolzen weit genug vom Anfang des Holzes

entfernt eingebaut wird, um ein ausreißen

zu verhindern (vgl. Warth, 1900, S.13).

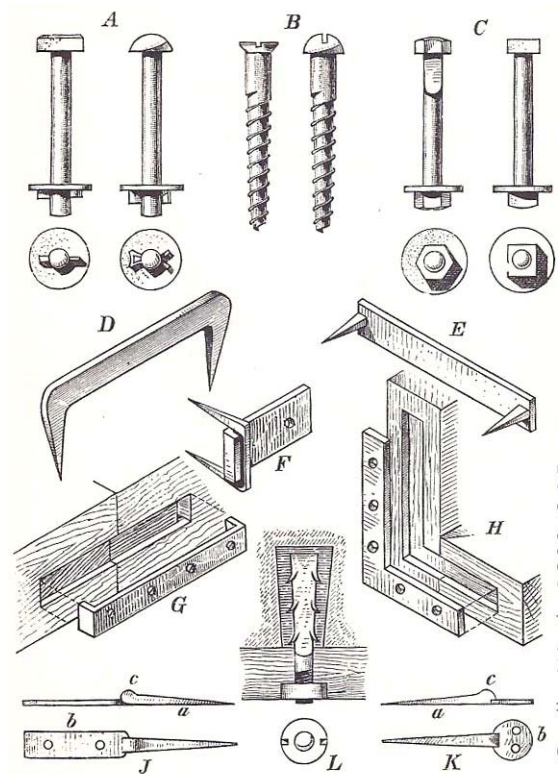


Abbildung 10: Bolzen, Klammern, Krampen, Stifte

Quelle: Warth, 1900, S.15

### Holzschrauben

Dieses Verbindungsmittel (vgl. Abb. 10 B) gibt mehr halt, als ein Nagel und lässt sich jederzeit wieder lösen. (vgl. Warth, 1900, S.13). Die Belastungs- und

Einsatzmöglichkeit der Holzschrauben ist Äquivalent zum Nagel. Durch

Weiterentwicklungen sind große Fortschritte gemacht worden. So sind heute viele

Spezialschrauben wie Beispielsweise die „Spaxschraube“ oder Assy-Schraube,

welche durch ein doppelt steigendes Gewinde, eine Zeitersparnis beim Einschrauben ermöglichen (vgl. Gerner, 2000, S.110).

### Schraubbolzen ( Mutterbolzen)

Um eine Verbindung bolzenähnlich auszuführen, diese jedoch fest zu verpressen, ist ein Schraubbolzen (vgl. Abb. 10 C) zu verwenden. Dieser besteht aus einem zylindrischen Schaft, einer Unterlegscheibe (eckig oder rund) sowie einer sechskantigen Mutter. Um beim Festziehen der Verbindung ein mitdrehen des Bolzens zu verhindern, kann der kantige Bolzenkopf in das Holz eingelassen werden. Bei der Verwendung der Schraubbolzen bei weichem Holz ist auch beim Schraubenkopf eine Unterlegscheibe einzulegen (vgl. Warth, 1900, S.14). Heute hat der Bolzen (Schraubbolzen, Passbolzen oder Stabdübel) eine große Rolle in der Zimmermannskunst eingenommen. Am häufigsten werden gegenwärtig Heftbolzen (Klemmbolzen) genutzt. Sie dienen Holzverbindungen zur Lagesicherung und werden grundsätzlich mit zwei Unterlegscheiben eingebaut. Auch zur Aufnahme eines Kippmomentes werden die Klemmbolzen genutzt. Für alle Bauten und Bauteile zugelassen sind die Passbolzen und Stabdübel. Sie werden oft im Zusammenhang mit „Holz-Stahl-Verbindungen“ eingesetzt. Der größte Vorteil dieser Verbindungsarten ist, dass ein Schwundprozess (austrocknen des Holzes) die Tragfähigkeit der Verbindung nicht beeinflusst. Voraussetzung hierfür ist es, dass trockene Hölzer verbaut werden (vgl. Gerner, 2000, S. 112).

### Spitzklammern

Es gibt mindestens zwei verschiedene Ausführungen von Spitzklammern (vgl. Abb. 10 D – E).

Die aus einem Kantenstück mit rechtwinklig abgebogenen Spitzen bestehenden Verbindungsmittel, können sowohl in vorübergehenden Konstruktionen (vgl. Abb. 10 D) und anhaltenden Verbindungen (vgl. Abb. 9 E) eingesetzt werden (vgl. Warth, 1900, S.14). Heute findet die „Holzklammer“ wenig Verwendung. Vielmehr wurde sie durch das Nagelblech, in ihrer Funktion als Zuganker, ersetzt (vgl. Gerner, 2000, S. 111).

### Krampen

Um Eisenschienen an Holzbauteile zu befestigen werden Krampen (vgl. Abb. 10 F), häufig in Verbindung mit Nägeln oder Schraubenbolzen, verwendet (vgl. Warth, 1900, S.14).

Schienen, Winkel, Verbindungsplatten

Zur Sicherung von nicht genügend festen Holzverbindungen kommen Schienen, Winkel und Verbindungsplatten aus Flacheisen oder starken Blechen zum Einsatz (vgl. Abb. 10 G –H) und werden mit Nägeln, Schrauben oder anderem oben genannten befestigt. Diese Verbindungsteile, werden aufgesetzt oder eingelassen (vgl. Warth, 1900, S.14).

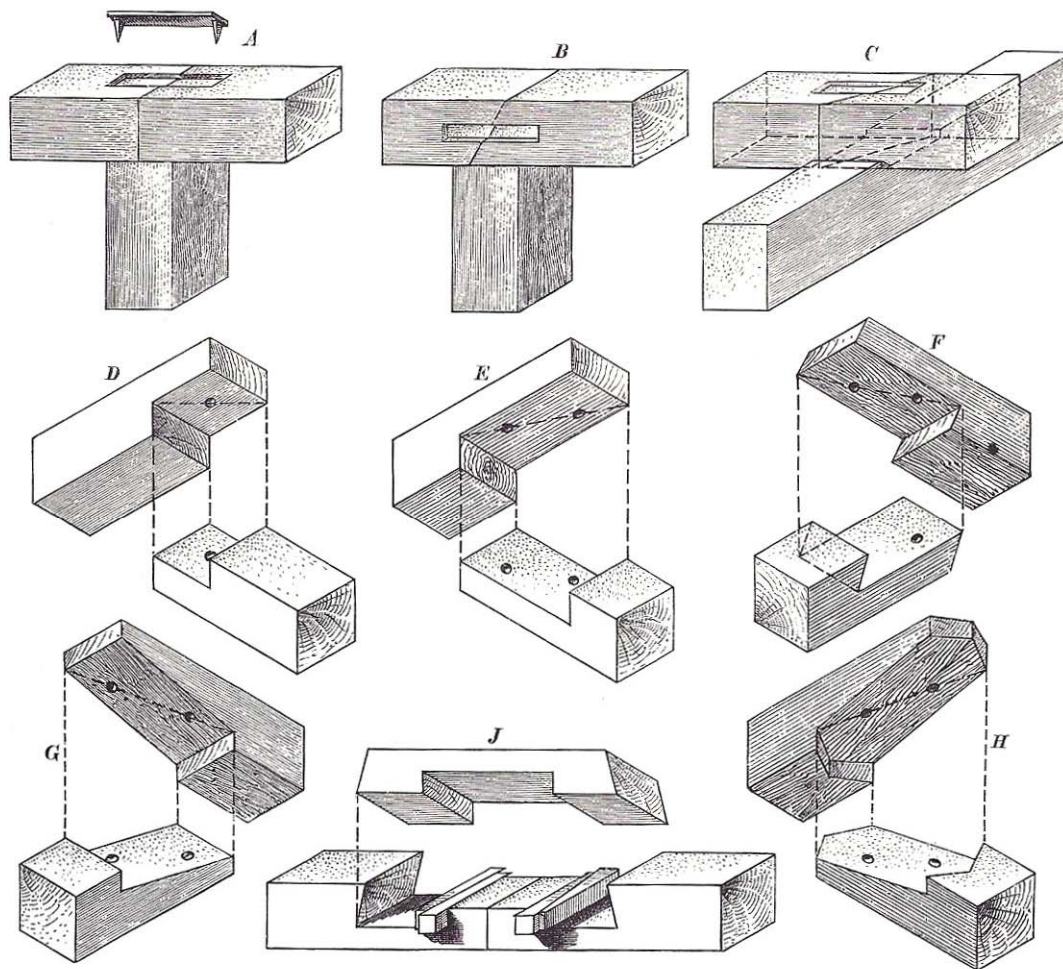
Bankstifte (Bankeisen)

„Sie bestehen aus einem Dorn von viereckigem Querschnitt mit einem Ansatz (Rase) (vgl. Abb. 10 a und c) zum Eintreiben mit dem Hammer dienend, und einem runden oder langgestreckten Lappen (vgl. Abb.12 b), in dem sich Löcher zum einziehen von Nägeln oder Schrauben befinden.“(Warth, 1900, S.14) Bankstifte werden verwendet, wenn Kreuzendes Holz, zum Beispiel an Mauerwerk oder anderen Holzteilen, befestigt werden muss (vgl. Warth, 1900, S. 14).

Es gibt noch viele Weitere klassische Verbindungshilfsmittel, welche an dieser Stelle jedoch keiner weiteren Erwähnung finden soll. Im der Literaturempfehlung sind weiterführende Werke aufgenommen.

*Verlängerung von Hölzern*

Wenn Holz über seiner natürlichen Ausdehnung eingebaut werden soll, muss eine Verlängerung hergestellt werden. Welche Verbindung hierbei genutzt wird hängt von der Lage (waagrecht, senkrecht oder geneigt) sowie der Belastung durch einwirkende Zug-, Druck- und Biegekräfte ab. Auch in diesem Kapitel werden Varianten vorgestellt, welche in der Gegenwart aus Kosten- und Verfahrensgründen nicht mehr oder nur aus Denkmal und Liebhabergründen eingesetzt werden. Sie sind hier rein aus historischem Interesse aufgeführt.



Quelle: Warth, 1900, S. 17

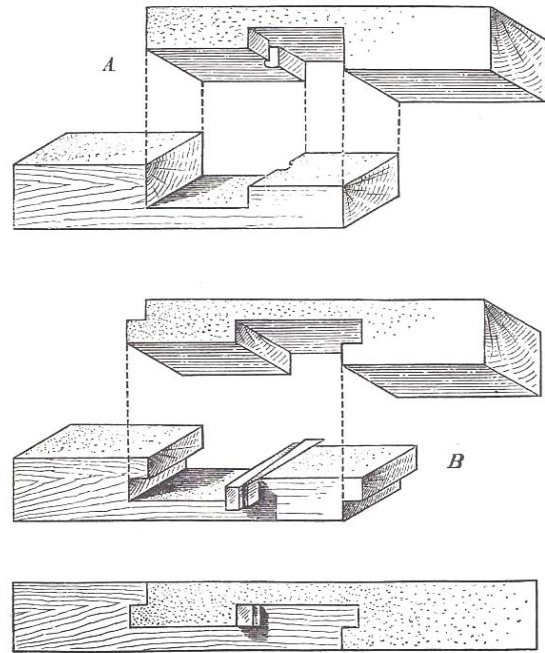
Abbildung 11: Verlängerung von Hölzern - Stoßen und Blatten

Nur über oder unter einem Pfosten, wird der „gerade Stoß“ (vgl. Abb.11 A), stumpf aneinander gesetzt und durch eine eingelassene Klammer oder ein eingelassenes Flacheisen gegen Verschiebung gesichert. Der „schräge Stoß“ (vgl. Abb. 11 B-C) mit schräg geschnittenen Hirnflächen, wird am besten nach der Variante Abb. 11 C ausgeführt, „...da beide Balkenenden ein weiteres greifendes Auflager erhalten.“ (Warth, 1900, S. 18)

Eine gute Möglichkeit der Verlängerung stellt das, durch einen Holznagel oder einen Schraubbolzen verbundene, „Blatt“ oder die „Verblattung“ (vgl. Abb.11 D – E) dar. Um ein einreißen bei der Verbindung, von zwei Hölzern, mit Hilfsmitteln zu verhindern sollten Nägel und Bolzen diagonal eingebracht werden. Einen erhöhten Widerstand gegen herausheben der Hölzer erreicht man durch die Verwendung einer „Schräg eingeschnittene gerade Blattung“ (vgl. Abb. 11 F). Bei kleineren Hölzern die weniger leicht aufspalten, wird das „Schräge Blatt“ (vgl. Abb. 11 G) verwendet. Das, bereits vor über einem Jahrhundert nicht mehr verwendete, „Schräge Blatt mit Grat



auf dem Stoß“ (vgl. Abb. 11 H) hat die Aufgabe die Hölzer gegen seitliche Bewegungen zu sichern. Eine nach allen Seiten schier untrennbare Verbindung sichert der „Stoß mit eingesetzten schräg geschnittenem Haken und Keil“ (vgl. Abb. 11 J). Durch den Einsatz eines Bolzens hebt, das „gerade Hakenblatt“ (vgl. Abb.12 A), auftretende Zugspannungen auf. Eine Verbindung, welche nach keiner Seite ausweichen kann stellt auch das „gerade Hakenblatt

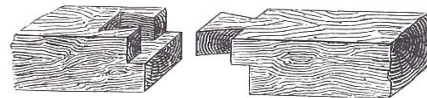


Quelle: Warth, 1900, S. 18

mit Verfasung und Keil“ (vgl. Abb.12 B) dar. Auf weitere Hakenblätter soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, da sie ihre Bedeutung mit der Entwicklung und besser geeigneten Verbindung der Eisenblätter und Schraubbolzen verloren haben (vgl. Warth, 1900, S.17-18).

Abbildung 12: Verlängerung von Hölzern - Hakenblatt

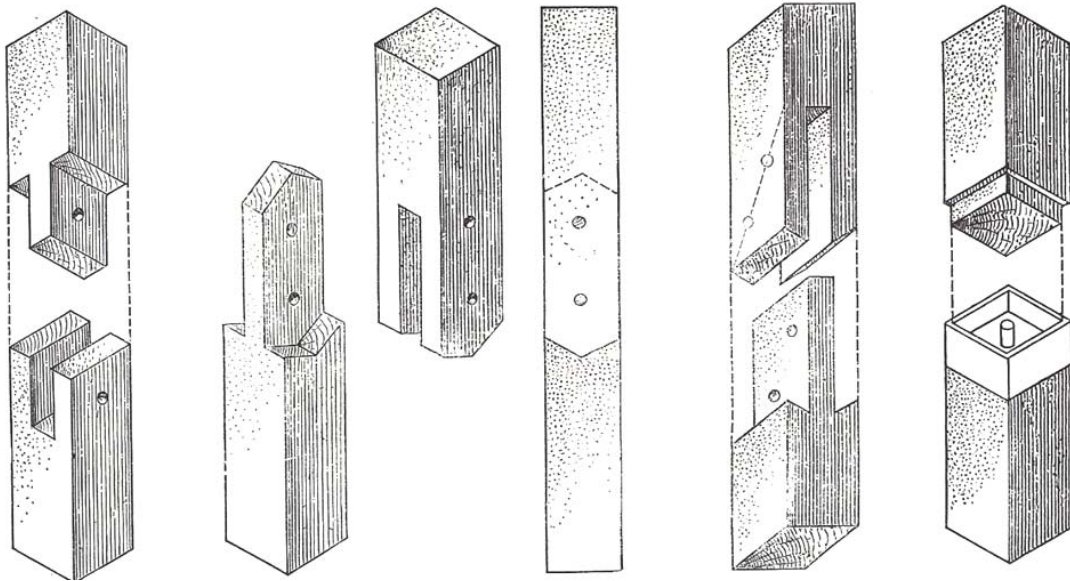
Eine weitere Variante, um eine Verschiebung in alle Richtungen zu verhindern ist der Einsatz des „Schwalbenförmigen Blattes“ (vgl. Abb. 13). Es wird häufig bei Mauerlatten und Pfetten angewendet. (vgl. Warth, 1900, S.19)



Quelle: Warth, 1900, S. 18

Abbildung 13: Schwalbenförmiges Blatt

Das „Zapfen“ (vgl. Abb. 14) ist eine auch gegenwärtig verwendete Maßnahme, um senkrechte Hölzer zu verlängern. Diese Verbindung wird generell verbohrt und mit einem oder zwei Schraubbolzen gesichert (vgl. Warth, 1900, S.19)

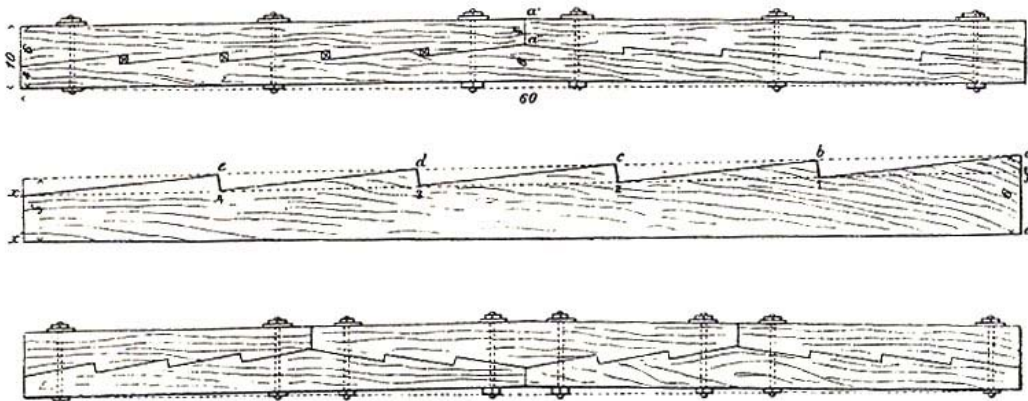


Quelle: Warth, 1900, S.19

Abbildung 14: Zapfen

### Verstärkung oder Verdickung der Hölzer

Um die Biegefestigkeit und Tragfähigkeit von Hölzern zu erhöhen, kann das Verhältnis von Höhe zur Breite, eines zum Beispiel, Balkens verändert werden. Die entstehende Verbindung (vgl. Abb. 15) muss jedoch nahezu perfekt sein, da sich die zu verbinden Hölzer nicht unabhängig voneinander bewegen dürfen. Diese Art der Verstärkung wird heute nicht mehr angewandt, da der Stahlträger eine deutlich bessere statische und kostengünstigere Variante darstellt.



Quelle: Warth, 1900, S.20

Abbildung 15: Verzahnter und durch Schraubbolzen verstärkter Balken

## Verknüpfung der Hölzer

Sollen, sich kreuzende, Hölzer verknüpfen und somit Knotenpunkte geschaffen werden tritt eine Knotenbildung auf. Diese kann konstruktiv und unterschiedlich ausgeführt sein.

### Überblattungen

Kreuzen sich Hölzer die auf einer Ebene liegen, recht- oder schiefwinklig bzw. T oder L

– Förmig kann eine „Überblattung (Überschneidung)“ (vgl. Abb. 16) zur

Verbindung durchgeführt werden. In den meisten Fällen wird jeweils die Hälfte des

Holzes aus dem Werkstück ausgeschnitten. Die Verbindung wird verbohrt und mit

einem Holzdübel verbunden. Es ist darauf zu achten, dass das stärkere bzw. härtere Holz unten liegt.

Bei gewissen Konstruktionen, wie z.B. bei

Türverkleidungen, kommt auch die

„Ecküberblattung“ (vgl. Abb.17) zur

Anwendung. Die aufeinanderstoßenden

Bretter werden einseitig auf der

Gerungslinie geschnitten.

Die „Hakenförmige Überblattung“ (vgl. Abb. 18)

hat den Nachteil, dass der Haken leicht

abbricht. (vgl. Warth, 1900, S. 25 – 26).

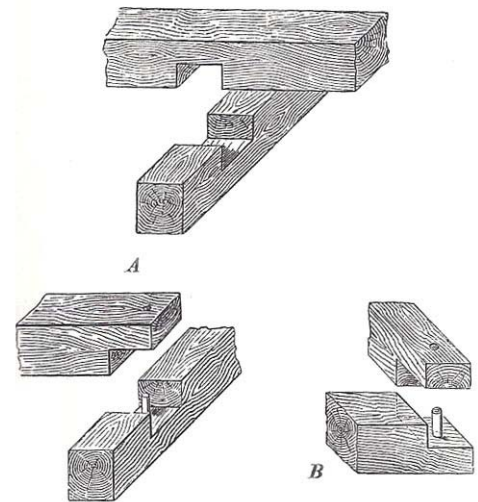


Abbildung 16: Überblattung oder Überschneidung

Quelle: Warth, 1900, S. 25

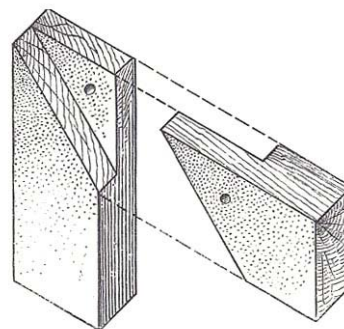


Abbildung 17: Ecküberblattung

Quelle: Warth, 1900, S. 25

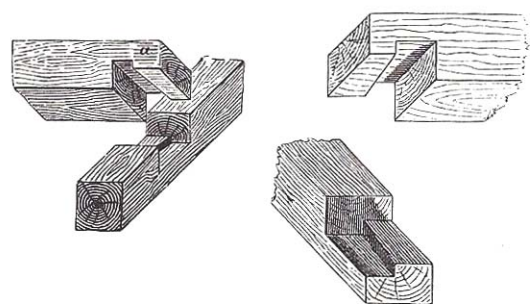


Abbildung 18: Hakenförmige Überblattung

Quelle: Warth, 1900, S. 26

## Verzapfungen

Eine der am häufigsten vorkommenden Verbindungsarten sind Verzapfungen. Verzapfung kommen nur bei Eckverbindungen vor, d.h. wo keine Hölzer über die Kreuzungspunkte hinausreichen. Hier ist es nicht unbedingt erforderlich, aber in den meisten Fällen vorliegend, dass die zu verbindenden Hölzer auf einer Ebene liegen. Als nachteilig ist die schwere Kontrolle des optimalen Sitzes bzw. der optimalen Passform der aufeinander treffenden Bauteile zu sehen. Des Weiteren kann sich Wasser in den Zapfenlöchern sammeln und Fäulnis entstehen. Abhilfe schafft im letzteren Mangel eine Durchbohrung der tiefsten Stelle, so dass anfallendes Wasser abgeführt wird und Luft an die Zapfen gelangen kann.

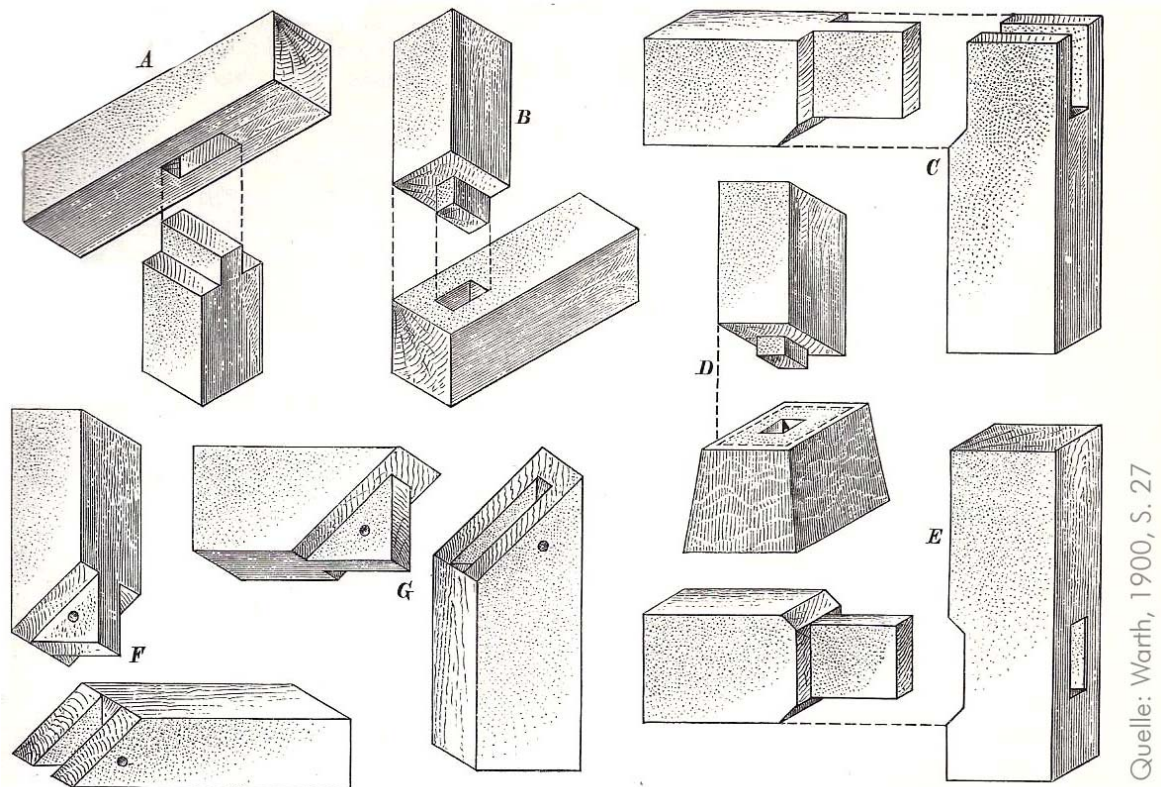


Abbildung 19: Verzapfungen

Die Verbohrung für den „einfache gerade Zapfen“ (vgl. Abb. 19 A) soll möglichst nahe an der Wurzel des Zapfens sein, um ein Ausreißen des Nagels zu vermeiden. Bei Eckverbindungen wird gewöhnlich der „Geächselte oder zurückgesetzte Zapfen“ (vgl. Abb. 19 B) genutzt. Auf Postamenten (gestalteter Steinsockel) gegründete Pfosten, Treppenantrittspfoste und ähnlichem, werden „Allseitig zurückgesetzte

quadratische gestaltete Zapfen“ (vgl. Abb. 19 D) verwendet. Hierbei muss bedacht werden, dass diese Verbindung bei Einfluss von Witterung nicht empfohlen werden kann. Ein eiserner Dübel würde hier die Alternative darstellen. Für Eckverbindungen und für eine Mittelverbindung sei noch der „Einfache

Schlitzzapfen“ (vgl. Abb. 19 C und E) genannt. Die Zapfenlänge ist gleich ein Drittel des Holzes. Soll die Verbindung mit Gehrung erstellt werden, kommt der „Schlitzzapfen auf Gehrung“ (vgl. Abb. 19 F - G) zum Einsatz.

Der sehr häufig verwendete „Schräge Zapfen“ (vgl. Abb. 20) gehört zu den Verbindungen die durchbohrt werden sollten, um Wasser abfließen zu lassen. Die hauptsächlich für

Dächer, aber auch im Fachwerk vorkommende Verbindung „Scherzapfen“ (vgl. Abb. 21) wird stets verbohrt. Weiter findet diese Verbindung viel Verwendung im Bereich der Zusammenfügung von Dielen und Bohlen.

Eine wirksame Verbindung stellt auch der „Schwalbenschwanzförmige Zapfen“ (vgl. Abb. 22 A) dar. Einen starken Zusammenhalt erhält dieser Zapfen durch den Keil (a) welche in die Verbindung getrieben wird. Zum verbinden von Schwelle und Pfette eignen sich am besten ein „Kreuzzapfen“ (vgl. Abb. 22 B), da er unter anderem die

Eigenschaft besitzt, Wasser abzuführen. (vgl. Warth, 1900, S.28)

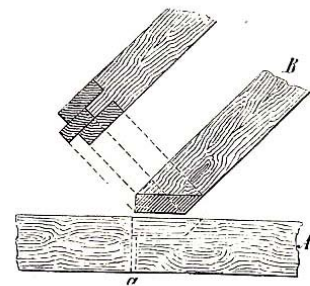


Abbildung 20: Schräger Zapfen

Quelle: Warth, 1900, S. 27

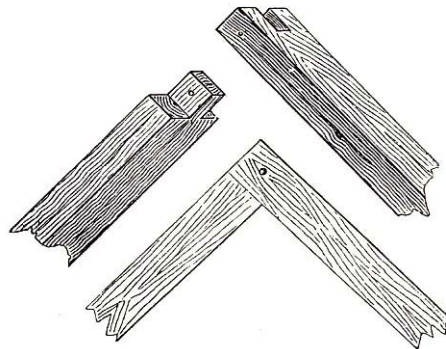


Abbildung 21: Scherzapfen

Quelle: Warth, 1900, S. 27

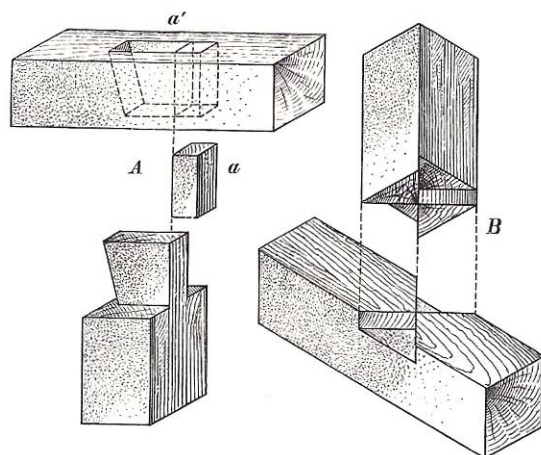


Abbildung 22: Schwalbenschwanzförmiger und Kreuzzapfen

Quelle: Warth, 1900, S.28

## Anstirnen (Versatzungen)

Die Verbindung des Versatzens hat die Funktion des Übertragens größerer schräg auftreffender Druckkräfte. Die Ausführung von Versätzen schwankt regional und international sehr stark. Schon bei der „*einfachen Versatzung*“ (vgl. Abb.23) wird deutlich das mehr Druckkräfte auf die Hölzer übertragen werden können (vgl. Gerner, 2000, S.79)

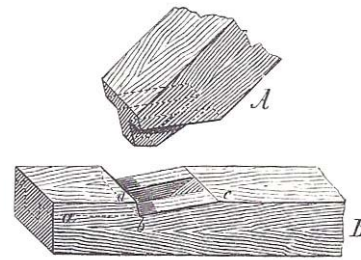


Abbildung 23: Einfache Versatzung

Es gibt sehr viele und je nach Zweck dienlichen Arten von Versatzungen (vgl. Abb. 24), welche hier nicht alle wiedergegeben werden können.

Der Anschluss an ein Mauerwerk sei hier jedoch noch einmal

wiedergegeben. Bei dieser Konstruktion, ist darauf zu achten, dass die „*Mauerversatzung*“ (vgl. Abb. 25) passgenau hergestellt wird. Alternativ kann, Gegenwärtig, ein Winkeleisen oder Balkenschuh verwendet werden. (vgl. Warth, 1900, S.31)

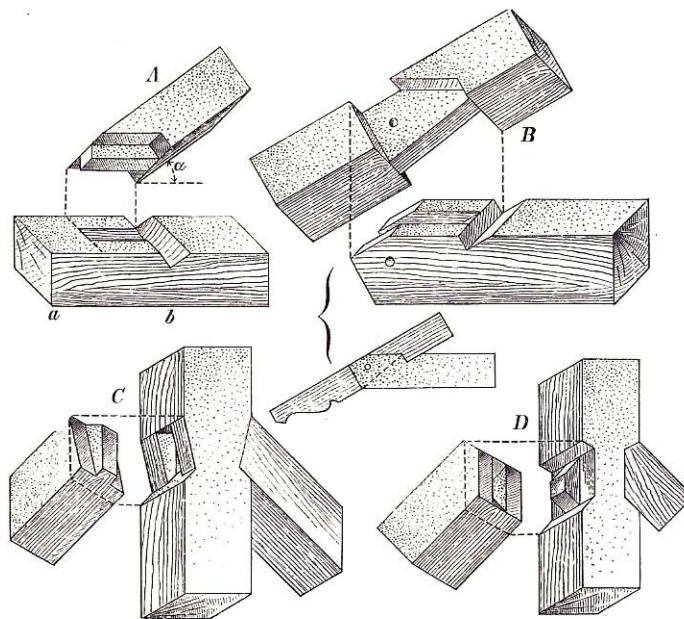


Abbildung 24: Verschiedene Versatzungsarten

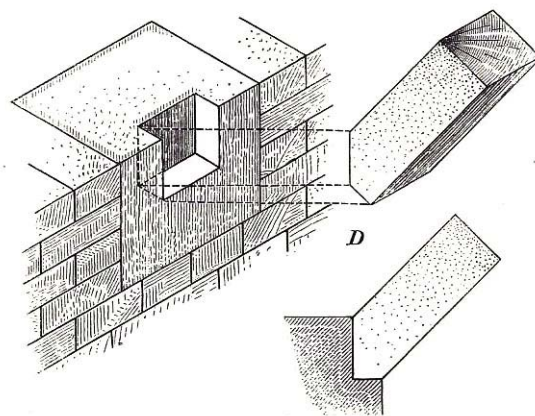


Abbildung 25: Mauerversatzung

Quelle: Warth, 1900, S.29

Quelle: Warth, 1900, S.30

Quelle: Warth, 1900, S. 31

## Verkämmen

Um eine Bewegungsfeie Verbindung bei zwei sich kreuzenden und nicht auf einer Ebene liegenden Hölzern herzustellen, eignet sich das Verkämmen. Hierbei ist es nicht wichtig, dass eines der Hölzer über den Kreuzungspunkt hinausreicht. Bei der Überkreuzung, bei der beide Hölzer über den Kreuzungspunkt hinausreichen, lässt die Wahl Typs der Verkämmung sehr breiten Spielraum. Die gebräuchlichste ist die „gerade Verkämmung“ (vgl. Abb. 26 A) und die „Kreuzverkämmung“ (vgl. Abb. 26 B). Eine Verkämmung, bei der nur ein Holz über den Kreuzungspunkt hinausreicht, wird „Endverkämmung“ (vgl. Abb. 26 C) genannt. Bei den sogenannte „Eckverkämmungen“ (vgl. Abb. 27 D) ist die in der Abbildung dargestellte Form die bestmögliche. Bei den „Hakenförmigen Verkämmungen“ (vgl. Abb. 26 B und C) ist

festzustellen, dass diese leicht abspringen. Wie Verkämmungen, welche im Allgemeinen eine Tiefe von circa 3 – 6 cm aufweisen, in der Verbindung aussehen ist in der Abbildung 27 A dargestellt.

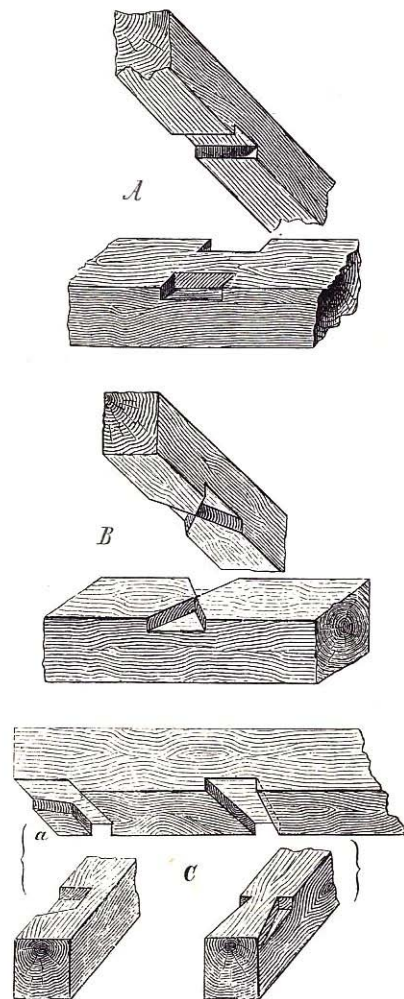


Abbildung 26: Gerade-, Kreuz- und Endverkämmung

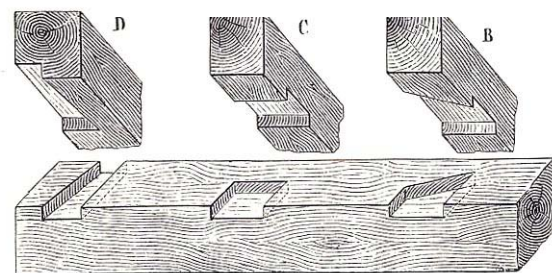


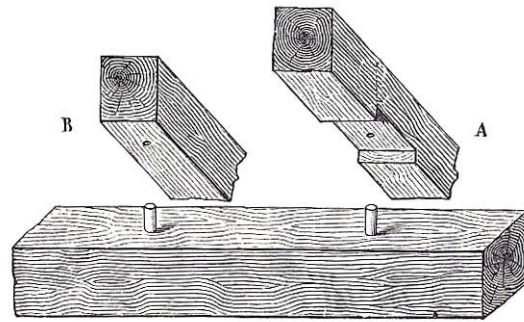
Abbildung 27: Hakenförmige-, Eckverkämmungen und Anwendungsbeispiel

Quelle: Warth, 1900, S. 31

Quelle: Warth, 1900, S. 31

## Aufdollen (Verdollen)

Wie oben erwähnt gibt es viele regionale Unterschiede. So gibt es in einigen Orten alternativ zum Verkämmen das Aufdollen (vgl. Abb. 28 A und B). Es wird nur ein oder gar kein Holz auf die zu verbindende Fläche, mit einer Kammtiefe von circa 24 mm, aufgeschnitten. Um die Verbindung in allen Richtungen unverschiebbar herzustellen wird ein Holznagel (normal Eichenholz) circa 24 – 30 mm in den ausgeschnittenen und vorgebohrten Bereich eingelassen. Dieser Nagel wird als Dolle bezeichnet. (vgl. Warth, 1900, S. 32)

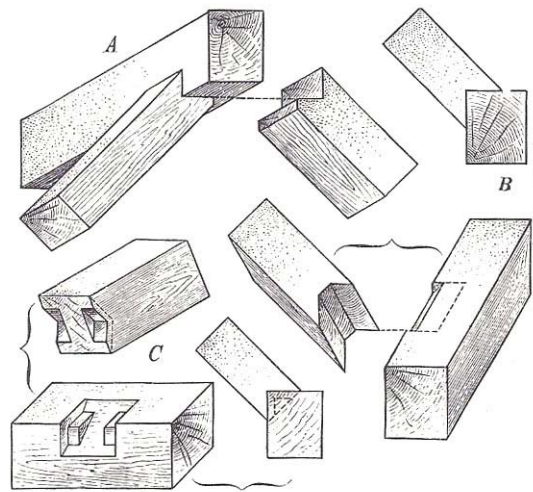


Quelle: Warth, 1900, S.32

Abbildung 28: An- bzw. Verdollen

## Verklauen

Trifft ein Holz, konstruktiv diagonal zum Querschnitt, auf das andere, ist eine sogenannte „Verklauung“ (vgl. Abb. 29 A – C) vorzunehmen. Den gabelförmigen Zuschnitt des Holzes bezeichnet man als „Klaue“ oder auch „Geisfuß“. Um das diagonallaufende Holz vor Verschiebungen zu schützen, muss diese Verbindung genagelt werden. (vgl. Warth, 1900, S. 32)



Quelle: Warth, 1900, S. 32

Abbildung 29: Verklauung

## Heutige Verbindungsmittel

Im traditionellen Fachwerk gab es außer den konstruktiven Verbindungsmitteln und Verbindungshilfsmittel wenige Möglichkeiten Hölzer so zu verbinden, dass sie den statischen Gegebenheiten standhielten. Die Gegenwart profitiert von dieser Jahrtausende anhaltende Entwicklung. So ist es heute Möglich für nahezu jede Verbindung die Belastungsansprüche und –grenzen zu rechnerisch zu ermitteln und die geeigneten Materialien bereitzustellen.



Beispielsweise haben dauerhafte Stahlträger die klassischen Holzbalken oder Winkel die Verzapfung ersetzt. Das Wissen über die Konstruktion des Fachwerks sowie gerade der klassischen Holzverbindungen ist dagegen ideell gesehen unbezahlbar, da hier die Statik noch durchaus sichtbar ist.

## Fachwerkgefüge

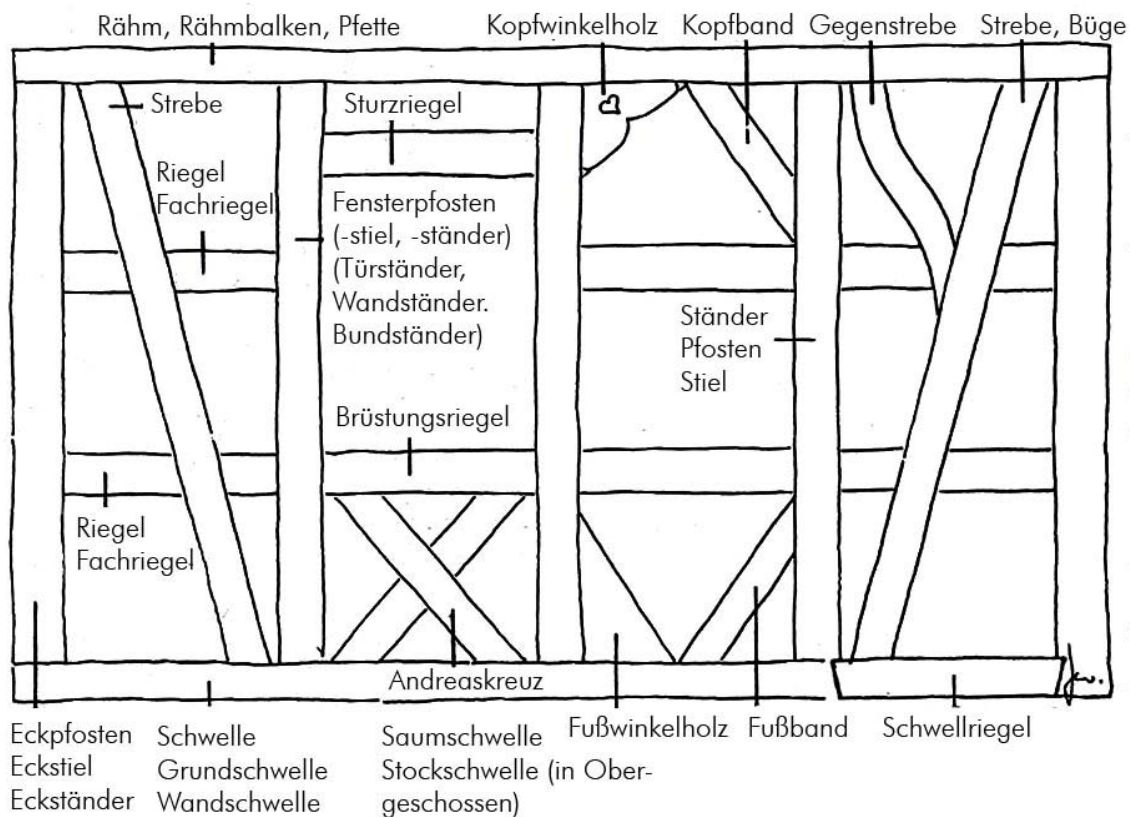


Abbildung 30: Zeichnung Fachwerkgefüge

Die als Skelettkonstruktionen und mit gelenkigen Knotenpunkten konzipierten Fachwerke, leiten durch ihre Stäbe alle wirksamen Kräfte ab. Durch die konstruktiven Holzverbindungen können Druck – jedoch im Regelfall keine Zugkräfte (außer Biegezugkräfte innerhalb der einzelnen Stäbe) weitergeleitet werden. Statisch korrekt dimensioniert, bauten Zimmerleute erst seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Davor baute der Zimmermann nach „statischem Gefühl“, wodurch viele Fachwerke statisch überdimensioniert konstruiert sind. Seit circa 1920 werden die, nur noch selten gebauten, Fachwerke durch genaueste Berechnungen sowie nach der Bemessungsgrundlage, der DIN 1052 normgerecht, erstellt.

Die waagerechten und als Unterlage dienenden, verlaufenden Schwellen sind dabei als Grundlage jeder Fachwerkwand anzusehen. Die Last, von weiteren Geschossen und der Dachkonstruktion wird gleichmäßig verteilt (vgl. Gerner, 1979, S. 50). Die Schwelle ist entweder vollständig untermauert oder wird in verhältnismäßig geringen Abständen befindlichen Balkenlagen getragen.

Da die Biegefestigkeit nur unbedeutend in Anspruch genommen wird, finden keine Starkhölzer sondern Halbhölzer Anwendung. Als Material für die Grundschwelle, welche besonders der Feuchtigkeit ausgesetzt ist, wird optimal Eichenholz genutzt, welches mit der Kernseite nach unten positioniert wird. Weiter ragt die Schwelle über dem Fundament (Mauerwerk z.B. als Rollschicht verlegten Backsteinen) etwas über, um Niederschlagswasser abtropfen zu lassen und ein Eindringen in die Fuge zu vermindern (vgl. Warth, 1900, S.47).

Als Pfette oder Rähm (Rähmbalken) wird der durchgehende Balken bezeichnet, welcher die Wand und Pfosten nach oben begrenzt sowie verbindet. Dieser Balken soll im optimalen Fall durchgehen über der Wandkonstruktion führen. Steht keine optimale Länge zu Verfügung werden die Pfetten durch eine Überblattung (Warth empfiehlt das schräge Hakenblatt) sowie einer Verzapfung direkt über einem Pfosten verbunden. (vgl. Warth, 1899, S.49).

Durch Ständer/ Pfosten (Eck-, Bund-, Zwischen-, Tür – oder Fensterständer/-pfosten) werden die senkrecht auftretenden Kräfte abgetragen.

Aufgrund der erhöhten Beanspruchung sowie der erheblicheren Aussetzung des Wetters (zwei Seiten), sind die Eckpfosten höher zu dimensionieren und gegeben falls auszuklinken. Als Bundpfosten werden jene Hölzer bezeichnet, welche zwei Wände zusammenfügen. Die Tür und Fensterpfosten, bilden die Rahmen der betreffenden Wandöffnungen (vgl. Warth, 1899, S.48).

Auftretenden Horizontalkräften wird mit schräg positionierten Hölzern (Verschwertungen, Kopf- und Fußwinkelhölzer, Dreiviertelwand- oder Wandhöhe Streben bzw. Strebenkreuze oder Bündel (Schubbänder, Wind- oder Sturmstreben) entgegengewirkt. Diese diagonal angeordneten Verstreben verbinden je nach Notwendigkeit der Lastaufnahme Schwelle, Pfette oder Pfosten miteinander, um ein Verschieben der Konstruktion zu verhindern. Wenn Schwelle und Pfetten nicht jeweils

aus einem Stück sind, werden mehr als zwei Verstrebungen eingebaut. Aufgrund der erschwerten Füllung der Gefachen, sind nicht mehr Verstrebungen als unbedingt notwendig einzubauen. Bei der Ausmauerung der Gefachen ist eine Verstrebung nur für den Bau des Hauses notwendig, kann somit auch durch vorübergehenden Versparungen ersetzt werden (vgl. Warth, 1900, S.49).

Riegel dienen als Gefachunterteilung. Es gibt Tür-, Fenster-, Zwischen- und Brustriegel (Begrenzen das Fenster von unten). Zwischenriegel werden so in das Fachwerk angeordnet, das die Gefache 2 Quadratmeter nicht überschreitet.

Konstruktiv sind Riegel negativ anzusehen, da die notwendigen Zapfenlöcher in den Pfosten, diese schwächen (vgl. Warth, 1900, S.49).

## **Gefachen**

Um die Volumina zwischen dem Holz zu füllen, wurde bereits in der Frühzeit bis hin zur Blütezeit der Fachwerke Flechtwerk verwendet. Die Hohlräume des Rahmenbaus bestehen aus Reisigflechtwerk, welches mit einem Lehm- oder Kuhdunglehmgemisch verputzt wird. Das Reisig wird zuvor um Spaltbohlen (Stakhölzern) gewickelt. Aus dem „winden“ von Flechtwerkwänden entstand der Begriff „Wand“. Alternativ wurden die Hohlräume in jüngerer Zeit auch mit Steinen (Back – aber auch Feldsteine) und Putz ausgefüllt.



*Abbildung 32: Reisig-,Kuhdunglehm-Gefachenausfüllung*



*Abbildung 31: Gefachenausfüllung aus Backsteinen*

## **Denkmalschutz**

Ein sehr großes und wichtiges Thema, welches jeden Fachwerk – Besitzer tangiert, ist der Denkmalschutz.

Fällt ein Haus erst unter Denkmalschutz ist ein Sanierung und Modernisierung mit der Einhaltung von Auflagen versehen. Diese bedeuten für den Eigentümer einen erheblichen finanziellen Mehraufwand. An dieser Stelle muss auch darauf hingewiesen werden, dass Eigentümer die Möglichkeit haben bei Sanierungen Fördergelder für denkmalpflegerische Maßnahmen zu beantragen. Des Weiteren können Fachwerkeigentümer mit steuerlichen Vergünstigungen rechnen. In besonderen Fällen ist sogar ein vollständiger Erlass der Grundsteuer möglich.

Nach Prof. Manfred Gerner existieren in Deutschland circa 2 Millionen Fachwerkhäuser von denen jedoch 80 % verputzt oder verkleidet sind. Nicht jedes erbaute Fachwerk hat eine freiliegende, d.h. sichtbare Rahmenkonstruktion. Viele wurden mit der Absicht entworfen und gebaut es zu verkleiden. Deshalb sollte auch in Deutschland nicht jedes Fachwerk freigelegt werden, da zu klären wäre ob die städtebauliche Gesamteindruck und der historische Hintergrund unter dem freilegen des Fachwerkes leidet.

## **Fachwerk in anderen Ländern**

In den meisten Ländern Mittel- und Nordeuropas lassen sich Zeugnisse der Vergangenheit in Form von Fachwerken bewundern. Da diese Ausarbeitung im Zusammenhang mit einer Englandexkursion entstand, soll hier auf ein paar Besonderheiten der englischen Varianten eingegangen werden.

Das englische Fachwerk hat deutliche Ähnlichkeiten mit dem Nordfranzösischen. Deutlich sind bauliche Ähnlichkeiten z.B. beim „herringbone studding“ zu erkennen. Das „herringbone studding“ ist gekennzeichnet durch ein weitestgehend riegelloses Fachwerk (vgl. Abb. 33) in dem die Ständer sehr dicht an einander liegen.

Aber auch Fachwerk mit annähernd quadratischen Gefachen sind zu finden. Besonders in der mittelalterlichen Architektur der nordenglischen Stadt York. In vielen anderen englischen Städten kann Fachwerk noch bewundert werden. In Südenland ist der sogenannte Wealden house – Fachwerkhaustyp verbreitet. Es ist ein traufseitig erschlossenes Haus mit einer zentralen Halle sowie einem offenen Dachwerk im inneren. Auf einer Seite ist diese Halle von Nebenräumen, auf der anderen von den Wohnräumen des Besitzers flankiert.



*Abbildung 33: Typisches englisches Fachwerk - das Tudor House in Southampton*

## **Weiterführende Literatur**

Für die Erstellung der vorliegenden Arbeit konnte, aufgrund der Zeitbegrenzung, nur eine begrenzte Literatur hinzugezogen werden. Es soll jedoch weiterführende Literatur empfohlen werden.

Ambrose, James E. Design, 1994: Roof trusses – Design and constructions, John Wiley & Sons Inc., New York

Ambrose, James; 1993: Building structures, 2<sup>nd</sup>. Ed.; John Wiley & Sons Inc., New York

Gerner, Manfred; 2007: Fachwerk - Instandsetzung, Sanierung, Neubau, DVA, München

Gerner, Manfred; 2000: Entwicklung der Holzverbindungen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Gerner, Manfred, 2000: Farbiges Fachwerk – Ausfachung, Putz, Wärmedämmung und Farbgestaltung

Meyer, Franz Sales/ Krauth, Theodor; 1895: Das Zimmermannsbuch: Die Bau- und Kunstzimmerei mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Form, Nachdruck, Th. Schäfer, 2008

Opderbecke, Adolf, 1909: Das Holzbau-Buch, Nachdruck, Th. Schäfer, 1995

Nicht mehr im Handel aber in Antiquariaten noch auffindbar. Dieses Buch ist sehr zu empfehlen.

Warth, Otto, 1900: Konstruktionen in Holz, A. Th. Engelhard, Leipzig, 10. Nachdruckauflage 1995, Verlag Schäfer, Hannover

### **Interessante Internetseiten**

[www.fachwerkhaus.de](http://www.fachwerkhaus.de)

[www.fachwerk.de](http://www.fachwerk.de)