

HAWK

HAWK HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFT UND KUNST

Fachhochschule
Hildesheim/Holzminde/n/
Göttingen

University of Applied
Sciences and Arts

10. Dezember

Bauen im Bestand

2009

*Bestandsaufnahme und Bestandsanalyse sowie ein
Sanierungskonzept für ein geschädigtes Fachwerkgebäude
in Rheden – Wallenstedt im Landkreis Hildesheim*

Bearbeiter:

Daniel Hölscher (Matr.Nr.: 501350)
Stefan Gerdemann (Matr.Nr.: 501347)
Matthias Stoll (Matr.Nr.: 501334)
Mirco Seume (Matr.Nr.: 501266)

Studiengang:

Master – Holzingenieurwesen
3.Semester

Prüfer:

Prof. Dr.-Ing. Jens Kickler

Inhaltsverzeichnis

[b]

1. Einleitung	5
2. Baubeschreibung	7
3. Tachymeterzug	8
4. Verformungsgetreues 3D-Modell	10
5. Idealisiertes 3D-Modell	12
6. Bauschäden	14
7. Zustandskartierung	15
7.1. Nordseite	17
7.2. Ostseite	18
7.3. Südseite	19
7.4. Westseite.....	20
7.5. Innenwand.....	21
7.6. Fazit	22
8. Statische Analyse des Ursprungszustandes	23
8.1. Tragverhalten in Querrichtung des Gebäudes	25
8.2. Auslastung von Bauteilen	32
8.3. Tragverhalten in Längsrichtung des Gebäudes:	33
8.4. Beanspruchbarkeit der Deckenbalken	35
9. Temporäre Sicherung des Gebäudes.....	36
10. Dauerhafte Instandsetzung	42
11. Statische Berechnung der temporären Sicherung.....	43
11.1. Lasten aus Deckenbalken	43
11.2. Lasten aus Zwischendecke	45
11.3. Lasten aus Sparren	47
11.4. Nachweis der Pfette	48
11.5. Nachweis der Zange	52
11.6. Nachweis der Pfosten.....	53
11.7. Nachweis der Zugbänder.....	53
12. Anhang: S.....	54
13. Anhang: Z.....	54
14. Anhang: A	54

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: baufälliges Fachwerkgebäude.....	5
Abb. 2: Teilnehmer des Workshops	6
Abb. 3: Tachymetrie: Messen von 3D- Punkten im Raum (Quelle: Donath, S.72 ; 74)..	8
Abb. 4: Aufnahme mit dem Tachymeter	8
Abb. 5: Verformungsgetreues Aufmaß der Außenwände	10
Abb. 6: idealisiertes Modell	12
Abb. 7: Schaden durch Feuchte	15
Abb. 8: Schaden durch Setzungen.....	14
Abb. 9: Holzfeuchtemessung.....	15
Abb. 10: Holzzustandslegende von Frank Rinn	16
Abb. 11: nördliche Fassade	17
Abb. 12: östliche Fassade	18
Abb. 13: südliche Fassade	19
Abb. 14: westliche Fassade Abb. 15: westliche Fassade	20
Abb. 16: westliche Fassade	21
Abb. 17: Windlastzonen Karte	23
Abb. 18: Schneelastzonenkarte.....	24
Abb. 19: Tragverhalten in Querrichtung des Gebäudes	25
Abb. 20: Dachgesperre	26
Abb. 21: Draufsicht Kehlträger an Sparren	26
Abb. 22: Ansicht Kehlträger an Sparren.....	26
Abb. 23: Normalverteilung.....	27
Abb. 24: Detailpunkt Sparrenaufleger an Rähm und Deckenbalken.....	28
Abb. 25: Lage der Gebinde.....	28
Abb. 26: Skizze 1. Berechnungsmodell	29
Abb. 27: Skizze 2. Berechnungsmodell	29
Abb. 28: Anschluss Deckenbalken an Pfosten	30
Abb. 29: Tragverhalten in Längsrichtung des Gebäudes	33
Abb. 30: Aussteifung der Dachfläche.....	33
Abb. 31 Aussteifender Stuhl in Gebäudelängsrichtung.....	34
Abb. 32: übermäßige Bauteilverformungen	36
Abb. 33: temporäre Sicherung.....	37
Abb. 34: temporäre Sicherung.....	38
Abb. 35: Ansicht der temporären Sicherung	39
Abb. 36: Anschlüsse der Deckenbalken	40
Abb. 37: Detailanschluss: Zugstab an Sparren Variante 1	41
Abb. 38: Detailanschluss: Zugstab an Sparren Variante 2	41
Abb. 39: Deckenaufbau	43
Abb. 40: Statisches System der Deckenbalken	44
Abb. 41: Skizze Grundriss im Bereich des Anbaus.....	45
Abb. 42: Skizze Deckenbalken im Bereich des Anbaus	46

[b]

Abb. 43: Skizze Grundriss im Bereich der West/Süd Fassade.....	46
Abb. 44: Auflagerkraft der Sparren.....	47
Abb. 45: Ansicht der temporären Sicherung vom Westen.....	48
Abb. 46: Statisches System 1	48
Abb. 47: Statisches System 2	50
Abb. 48: Statisches System der Zangen	52

[b]

1. Einleitung

Die Erhaltung architektonischer und kultureller Werte, insbesondere von historisch wertvollen Fachwerkhäusern, die ein Stadt- oder Dorfbild prägen, hat in den letzten Jahren in erfreulichem Maße zugenommen.

Fachwerkgebäude sind baugeschichtliche Denkmäler, und Zeugnisse von früherer gebietstypischer Volksarchitektur. Die heutzutage noch vorhandenen Fachwerkgebäude sind der verbliebene Restbestand einer ursprünglich wesentlich größeren, nicht mehr nachvollziehbaren Anzahl, im städtischen und ländlichen Raum.

[b]

Im Rahmen des Moduls „Bauen im Bestand“ des Masterstudiengangs Holzingenieurwesen an der HAWK Hildesheim haben wir, Studenten der HAWK, die Aufgabe bekommen, ein Sanierungs- bzw. Sicherungskonzept für ein baufälliges Fachwerkgebäude in Rheden – Wallenstedt (Landkreis Hildesheim) zu erstellen.



Abb. 1: baufälliges Fachwerkgebäude

In der Woche vom 14.09.2009 - 18.09.2009 arbeiteten wir vor Ort an dem Fachwerkgebäude. Insgesamt waren 24 Studenten und Studentinnen der Fakultäten Bauwesen (Masterstudiengang Holzingenieurwesen), Baudenkmalpflege (Masterstudiengang Denkmalpflege) und Erhaltung von Kulturgut (Masterstudiengang Konservierung und Restaurierung) beteiligt. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit bestand für jeden Studenten die Möglichkeit, andere Aufgaben- und

Arbeitsbereiche kennen zu lernen und sich intensiv mit diesen auseinander zu setzen.

Die Arbeitsgruppe untersuchte das Gebäude vom Fundament bis zum First.

[b]



Abb. 2: Teilnehmer des Workshops

Das Fachwerkgebäude ist ein altes Bauernhaus und liegt in dem kleinen Ort Wallenstedt in der Gemeinde Rheden bei Gronau. Es wurde im Jahre 1597 erbaut und ist bis heute, mit Ausnahme weniger Nutzungsänderungen, in seinem ursprünglichen Zustand erhalten geblieben. Allein durch die Abmessungen des Gebäudes von ca. 24m mal 12m und der steilen Satteldachform prägt der historische Fachwerkbau unverwechselbar die Ortsmitte. Aufgrund der alten Bausubstanz ist die Standsicherheit und Tragfähigkeit des Gebäudes jedoch nicht mehr gewährleistet und es droht einzufallen. Um dieser Gefahr entgegenzuwirken bestand die zentrale Aufgabe der Holzingenieure bei dem Workshop darin, die Ursachen zu erkennen, warum und in welchem Umfang das Holzbauwerk bzw. einzelne Bauwerksteile geschädigt sind und Mängel aufweisen. Mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse sollen Lösungen für den Erhalt und die Standsicherheit des Gebäudes erarbeitet werden, mit dem Ziel, eine längerfristige Nutzung zu ermöglichen.

2. Baubeschreibung

Das in Rheden- Wallenstedt (Hohler Grund 2, genannt „Brunottescher Hof“) gelegene historische Fachwerkgebäude ist dendrochronologisch auf das 16. Jahrhundert datiert und prägt die Ortsmitte der Gemeinde seit dieser Zeit.

Das Gebäude liegt auf einer ehemaligen Kirchenringbebauung, die noch aus dem heutigen Dorfbild ablesbar ist. Um diesen Kirchenring floss der heute abgedeckte Dorfbach.

[b]

Der „Brunottescher Hof“ ist eines der ältesten bekannten Bauernhäuser Südniedersachsens, an dem sich, dank weniger Eingriffe in die ursprüngliche Bausubstanz aus dem 19. Jahrhundert, noch ungewöhnlich viele Strukturen des Urbaues ablesen lassen. Das Hauptgebäude hat Abmessungen von 24 m mal 12 m und eine Höhe von ca. 12m. Die Zuordnung des Gebäudes zu einem bestimmten Häusertypus ist problematisch, da aufgrund des hohen Alters des Hauses Vergleichsbeispiele fehlen. Im Kern kann das Gebäude zum Typus des niederdeutschen Hallenhauses gezählt werden. Es weist jedoch eine dafür unübliche unbefahrte Diele auf.

Die Merkmale eines typischen niederdeutschen Hallenhauses lassen sich wie folgt beschreiben. Die Wohnräume, Stallungen und Vorratskammern befanden sich unter einem Dach. Der zweigeschossige Wohnraumteil liegt im Norden des Hauses und der Stall mit der Scheune im Süden. Am rückwärtigen Ende der Diele, die u.a. als Werkstatt diente, schloss sich der Wohn- und Hauswirtschaftsraum mit einer offenen Feuerstelle an. Die Zufahrt ist nicht wie bei einem typischen Hallenhaus am Giebel sondern an einer Längsseite des Hauses. Deshalb nennt man diese Bauweise auch Querdiele.

Bautechnisch zeichnet sich der Typus der niederdeutschen Hallenhäuser dadurch aus, dass die Außenwände rundum auf ein Fundament aufliegen. Die Wände bestehen aus dem eigentlichen Traggerüst, dem Fachwerk aus Eiche, und einer Ausfachung. Die Ausfachung besteht aus einem Holzflechtwerk und Lehm. Das Dach, das als steiles Satteldach aus Nadelholz ausgebildet ist, hatte zu früheren Zeiten eine Dachdeckung aus Reed. Heutzutage wird nach Sanierungen bevorzugt eine Pfannendeckung verwendet. Die Sparren sind auf dem Rähm der Außenwand in gleichmäßigen Abständen aufgestellt.

3. Tachymeterzug

Für die Darstellung von dem Bauernhaus in einem 3D – Stabwerksmodell, haben wir mit Hilfe eines Tachymeterzugs das Bauwerk aufgenommen und mit einem geeigneten Computer dargestellt. Ein Tachymeter ist ein Gerät, mit dem man Horizontalrichtungen, Vertikalwinkel und auch Schrägstrecken zum Zielpunkt ermitteln kann. Es dient zum raschen Einmessen von Punkten.

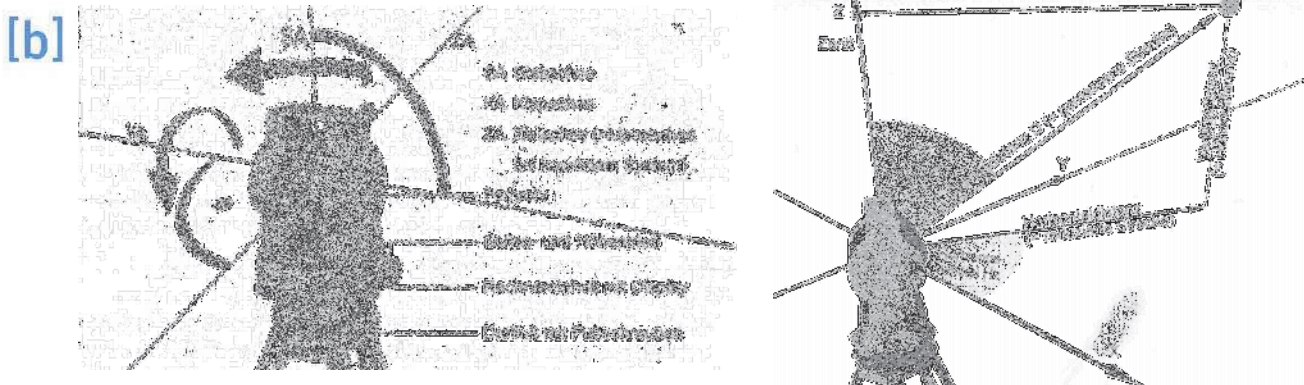


Abb. 3: Tachymetrie: Messen von 3D- Punkten im Raum (Quelle: Donath, S.72 ; 74)

Anhand des Aufmaßes verschiedener Punkte mit dem Tachymeter, können diese an den Computer übertragen, und die damit aufgenommenen Bauteile mit dem von uns verwendeten Computerprogramm „Cadwork“ in verschiedenen Ansichten dargestellt werden. Bei dem Bauernhaus in Wallenstedt, das geprägt ist von einer Schiefstellung der Außenwände, rechtwinklig zur Längsachse des Gebäudes, haben wir von jedem Bauteil der sichtbaren Fachwerkwände die Eckpunkte mithilfe des Tachymeters ermittelt und diese dem Computer übermittelt.



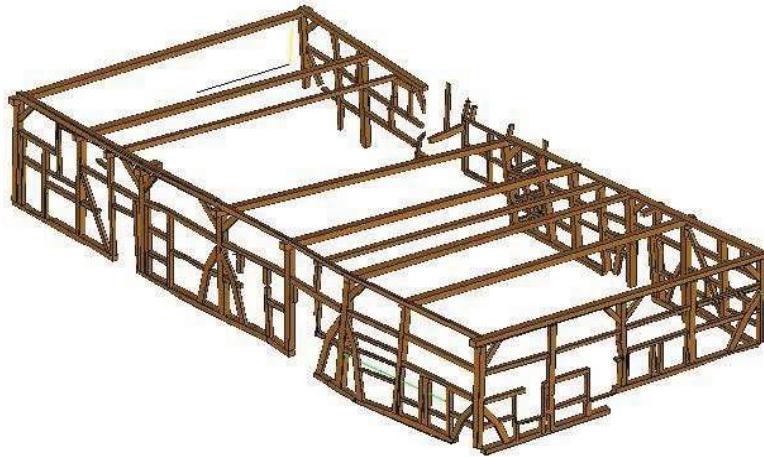
Abb. 4: Aufnahme mit dem Tachymeter

Nachdem wir jedes einzelne Bauteil in unserem Computer erzeugt hatten, konnten wir detailliert sehen, in wie weit einzelne Abschnitte und Bauteile der einzelnen Fachwerkwände ihre gerade Lage vom Einbau beibehalten oder sich durch unterschiedliche Kräfte mit der Zeit schief gestellt haben. Weiter konnten wir erkennen, in wie weit jede einzelne Verbindung innerhalb der Fachwerkwände noch kraftschlüssig wirkt und bei welchen die Übertragung von Kräften durch größere Bauteilabstände nicht mehr gegeben sein kann. Diese Informationen, über das Verformen einer Ebene, würden bei einem Handaufmaß nicht gegeben sein. Das Handaufmaß lässt sehr schlecht Verformungen in einer Ebene erkennen, da jeder kleinste Abstand, Breite und Höhe der Bauteile gemessen werden muss. Eine mögliche Schiefstellung lässt sich hierbei nicht ermitteln, da bei einem Handaufmaß kein fester Nullpunkt, von dem jedes Bauteil ein gemessen werden kann, vorhanden ist. Für eine statische Berechnung bestehender Gebäude und deren einzelnen Bauteilen ist die Schiefstellung von Wänden und tragenden Pfosten jedoch von großer Bedeutung.

[b]

Ebenfalls ist es für eine statische Berechnung wichtig zu wissen, in wie weit sich die einzelnen Bauteile der tragenden Konstruktion in sich verformt haben. Diese Erkenntnis ist anhand des Tachymeter Aufmaßes nicht zu bekommen. Hat der Computer die vier Eckpunkte eines Bauteils vom Tachymeter erhalten, kann für die Darstellung ein gerader Stab, der sich wie eine Ebene über drei Punkte aufspannen lässt, in die Konstruktionsdarstellung am Computer eingefügt werden. Liegt der vierte Punkt nicht in dieser Ebene, so muss er geschätzt werden. Alleine anhand der Darstellung in dem Computerprogramm lassen sich aufgrund der damit verbundenen Punktungenauigkeit Bauteilverformungen oder Verdrehungen nicht realitätsgenau darstellen. Ebenso ermittelt das Tachymeter nur die sichtbaren Eckpunkte, nicht aber die Dicke des Bauteils. Die Information der Dimensionierung muss zusätzlich per Hand gemessen oder mithilfe der Dendrochronologie ermittelt und dem Computerprogramm beigelegt werden.

4. Verformungsgetreues 3D-Modell



[b]

Abb. 5: Verformungsgetreues Aufmaß der Außenwände

Wie oben beschrieben, wurde das Fachwerkhaus mithilfe des Tachymeters aufgenommen und an einen Computer mit dem Programm „Cadwork“ übermittelt. „Cadwork“ ist ein CAD-System für das Bauwesen, wobei der Schwerpunkt im Holzbau liegt. Es bietet Ingenieuren, Architekten, Zimmerleuten, Tischlern und Technikern eine durchgängige Software-Lösung, für die Planung und Erstellung standardisierter Holzbauzeichnungen und deren Produktion. „Cadwork“ bietet die Möglichkeit mit freien Volumenmodellen zu arbeiten. Diese haben eine interne Achse (Länge, Breite und Höhe) die es ermöglicht, die einzelnen Bauteile in einfacher Weise zu komplexen, dreidimensionalen Strukturen zusammenzustellen. Das in diesem konkreten Fall erstellte dreidimensionale Modell des Bauernhauses in Fachwerkbauweise gibt Planern und Konstrukteuren sowohl detaillierte Aussagen über den Lastabtrag des Tragwerks als auch Querschnitte und Lagen von Bauteilen. Die Möglichkeit der Aufnahme eines jeden Bauteiles des Tragwerks im Inneren des Bauernhauses ist hier nicht möglich. Das Haus hat eine Vielzahl von verbauten Räumen und Ecken, bei denen das mehrmalige verstellen des Tachymeters nur zu Ungenauigkeiten der Bauteilaufnahme und zu einem enormen Zeitaufwand führen würde, ohne ein verwertbares Ergebnis zu erreichen. Als Resultat haben wir die Deckenbalken und das Dachtragwerk, die zuvor per Hand ein gemessen wurden, als geradlinige Stäbe, ohne jeglichen Verformungen in das Modell eingefügt. Die maßgebenden Informationen zur weiteren Planung und Bearbeitung sind die Außeneckpunkte der aufgenommenen Wandbauteile, die daraus entstandene bedrohliche Schiefstellung einiger Wandabschnitte, sowie jegliche Gebäudeaußenmaße.

Bei dem Aufmaß eines Gebäudes wird das Tachymeter zu Beginn von zwei waagerechten Punkten in Waage eingestellt. Anhand dieser Voraussetzung ist das gesamte Hausmodell in der Waagerechten und Lotrechten. Mithilfe von verschiedenen Ansichten des Modells lassen sich zusätzlich die Setzungen des Gebäudes an den Schwellenpunkten ausmessen.

[b]

5. Idealisiertes 3D-Modell

[b]

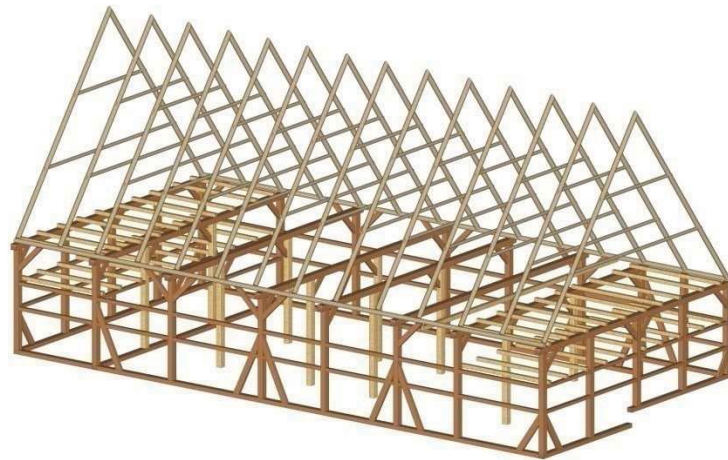


Abb. 6: idealisiertes Modell

Für die Aufgabe des Statischen Nachweises von dem Fachwerkgebäude hatten wir als Ziel, aus einem verformungsgetreuen Aufmaß, ein idealisiertes statisches Modell zu entwerfen, welches für eine statische Überprüfung die Grundlage darstellen kann. Grundvoraussetzung für das entwickelte Modell war das verformungsgerechte Aufmaß, welches in einem vorangegangenen Kapitel schon genauer beschrieben wurde. So ist das idealisierte Modell nur für eine reine statische Überprüfung des bestehenden Bauernhauses entwickelt worden. Die Anordnung der einzelnen Stäbe liegt einer logischen Überlegung und historischen Aufzeichnungen zu Grunde. Für die Erstellung des Systems sind auf der Höhe der Oberkante von der Balkenlage und auf der Höhe des originalen Fußbodens im Erdgeschoß, horizontale Ebenen aufgespannt worden. Diese stellten die idealisierten Oberkanten der Ebenen dar. In der Draufsicht wurden die Außenmaße des Gebäudes festgelegt und die Breite des Baukörpers vor Ort, mit Hilfe der Originallängen der Balkenlage, ermittelt. Diese Balkenlängen eignen sich sehr gut für diesen Zweck der Ermittlung der Hausbreite, da sich die Länge der Balkenlage mit der Zeit nicht verändert hat. Auf Höhe der Fundamente gab es im Laufe der Jahre sowohl Setzungen als auch horizontale Verschiebungen. Aufgrund dessen konnten aus der Höhe des Originalfußbodens keinerlei Rückschlüsse auf die originale Baubreite gezogen werden. Aufgrund der Überprüfung der Balkenlängen an mehreren Stellen, wurde ein Durchschnittsmaß festgelegt, welches als Baubreite für das Modell angenommen wurde. Ebenso wurde für die Länge des Baus ein Durchschnittsmaß

ermittelt und angenommen. In den Giebelbereichen stellten sich mit der Zeit horizontale Verschiebungen ein, was dazu führte, dass die Längen gemittelt werden mussten. Damit waren die Länge, Breite und die Höhe des Grundbaukörpers definiert.

Anschließend ging es darum, die einzelnen Bauteile in den Wandflächen festzulegen. Unter Benutzung von rechtwinkligen Ansichten auf die jeweiligen Wandflächen, konnten die Achsen der einzelnen Bauteile im Mittel erzeugt werden. Die Querschnitte der einzelnen Bauteile wurden an Hand von Durchschnittsquerschnitten definiert, die vor Ort mit der Messung per Hand ermittelt wurden. Im Anschluss wurden mit Hilfe der Achsen die Stäbe/Bauteile der Wände generiert. Auf das Hinzufügen von Fenster und Türöffnungen wurde verzichtet, da diese zum einen für die statische Überprüfung nicht erforderlich sind und zum anderen konnten keine Hinweise für die Originalgrößen und Originallagen der Öffnungen im Baukörper gefunden werden. Die Aussteifungen und die fehlenden Bauteile des Gebäudes wurden im Anschluss per Hand eingegeben.

Für die Erstellung des Daches wurde ein normales Dachgebinde erzeugt, und als Standardgebinde im Urzustand angenommen. Für eine statische Überprüfung wird vom extremsten Fall ausgegangen. Dieser Fall tritt ein, wenn das System möglichst einfach und die Belastungen möglichst groß sind. Um die Position für die Gebinde bestimmen zu können, wurden vor Ort die Achsmasse der Gebinde aufgenommen und somit ein Achsraster über den Baukörper gelegt. Abschließend wurde die Normalgebinde auf den korrekten Positionen angeordnet.

[b]

6. Bauschäden

Es gibt einen geradezu klassischen Schadenskatalog im Bereich des Fachwerkbaus. Die wesentlichen Mängelgruppen sind statische Mängel, Feuchtigkeitsschäden oder tierischer wie Pflanzlicher Befall. Oft hat eine Schadensursache mehrere Wirkungen. Auslöser von Schäden sind beispielsweise starke Setzungen in Bereichen des Fundamentes oder Feuchtigkeit durch Regen, Tauschnee, undichte Leitungen oder Schwitzwasser.

[b]



Abb. 7: Schaden durch Feuchte



Abb. 8: Schaden durch Setzungen

Bei der Bauaufnahme des Bauernhauses beruhen die hauptsächlichlichen Schäden durch Setzungen der Fundamente und unsachgemäßen Sanierungsarbeiten früherer Zeiten entstanden. Die Aufnahme und Analyse von Schäden und die Ermittlung der Schadensursache sind Grundvoraussetzung jeder Instandsetzungsmaßnahme. Bei der Bestandsaufnahme und -analyse von Gebäuden im Bestand sind oftmals die Art und Abmessungen der Tragstrukturen nicht bekannt. Deshalb müssen sie ermittelt werden. Die groben Tragzustände der einzelnen Bauteile werden in der Zustandskartierung genauer erläutert.

7. Zustandskartierung

Das Bauernhaus wurde nur grob begutachtet, um einen Gesamtüberblick über den Zustand zu bekommen. Somit sind die Ausführungen zwar korrekt, reichen aber für ein fundiertes Sanierungskonzept nicht aus.

Die Dachkonstruktion besteht aus Fichten- oder Kiefernholz, die Fachwerkkonstruktion ist aus Eiche. Diese weist eine wesentlich höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber den Witterungseinflüssen auf und ist somit für den Einsatz im Außenbereich gut geeignet.

[b]

Die folgenden Ausführungen sind anhand von einer optischen Inaugenscheinnahme und an gezielten Stellen anhand von Klopfproben und Holzfeuchtemessungen an Oberflächen angefertigt worden.

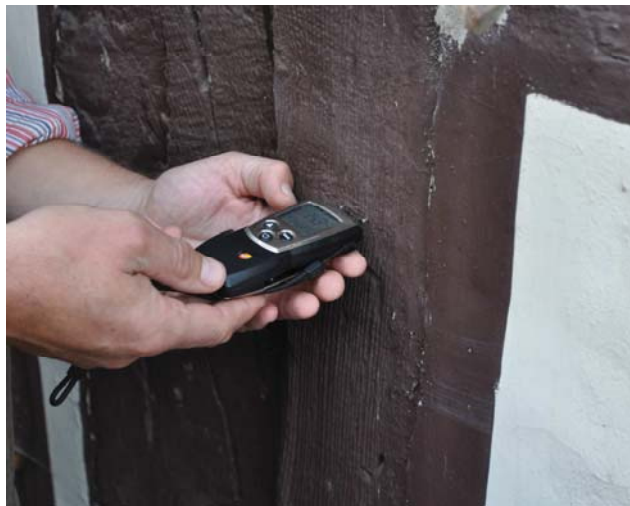


Abb. 9: Holzfeuchtemessung

Eine akzeptable Holzfeuchte liegt unter 20% im Außenbereich und bei 16% im Innenbereich, alle höheren Werte bieten Pilzen und Insekten einen optimalen Lebensraum. Die gelb markierten Bereiche sind also ohne sofort sichtbaren Mangel zu beschreiben. Bei einer genauen Untersuchung können also noch tiefer liegende Schädigungen sichtbar werden. Die Betrachtungen erfolgen vom Nordgiebel über die Ostseite bis hin zur Westseite, zum Schluss wurde eine Gebinde im Inneren des Gebäudes näher untersucht.

Das 414 Jahre alte Fachwerkhaus ist in einem eher schlechten Zustand. Es gibt Bereiche, an denen ohne sofortige Maßnahmen eine Sperrung unabdingbar wäre.

Die Zustandskartierung wurde an einem idealisierten Modell eingetragen, aus diesem Grund sind nicht alle untersuchten Punkte auf den farbigen Plänen zu finden. Die Übersichtspläne wurden in die verformungsgetreuen Aufmasszeichnungen eingetragen, somit sind alle untersuchten Punkte eindeutig definiert.

Die Zustandskartierung basiert auf einer, zum größten Teil, optischen Aufnahme. An Stellen die augenscheinlich optische Mängel aufwiesen, wurden genauere Betrachtungen durchgeführt, diese sind im Anhang A genau aufgelistet. Die gelb gekennzeichneten Flächen sind ausschließlich optisch begutachtet worden und wiesen keine größeren Problemstellen auf.

[b]

Die verschiedenen Zeichen und Symbole sind in der folgenden Abbildung noch einmal beschrieben. Die verwendete Legende wurde stark an die Legende für „Holzzustandsuntersuchung nach Frank Rinn“ angelehnt.












Legende:	
Nicht untersuchter Bereich	
Keine Schäden	
Oberflächenschäden bis 1cm	
Kernfäule/ Randschäden	 
Holzfeuchte	> 30%
Substanzverlust > 30%	
Insektenbefall	
Riss	
entfernte Bauteile	- - -
Nicht Kraftschlüssig	
Nicht tragfähiger Bereich	
Substanzverlust < 30%	
Detailpunkte (Anhang A)	①⑨

Abb. 10: Holzzustandslegende von Frank Rinn

Schiefstellungen wurden bei der Betrachtung ebenfalls außer Acht gelassen, teilweise wurden Extremalwerte in die Zeichnungen eingetragen, diese sind aber nicht exakt ermittelt worden und dienen somit nur zur Orientierung.

7.1. Nordseite

Der Nordgiebel grenzt an den Wohnbereich des Hauses, welches der gepflegteste ist. Der Giebel steht teilweise auf einer, aus Bruchstein, gemauerten Kellerwand auf. Das Giebeldreieck ist mit Dachpfannen behangen, welche einen optimalen Schutz für die dahinter liegende Konstruktion bieten. Diese konnte vom Dachgeschoss aus in Augenschein genommen werden. Da die Konstruktion keine auffälligen Stellen aufweist, wurde sie somit auch nicht näher untersucht.

[b]



Abb. 11: nördliche Fassade

Im Bereich der Schwellen und der ersten Meter von Pfosten und Streben treten die stärksten Schädigungen auf, welche nur oberflächlich sind und aus Verwitterung herrühren. Die beiden Eckbereiche haben den größten Substanzverlust erlitten. Diese ist bei beiden Eckpfosten bei mehr als 30% und wurde in der Zeichnung mit rot gekennzeichnet. Teilweise wurden die Hölzer der Tragkonstruktion überputzt oder fehlende Teile durch Mauerwerk ersetzt, was für den Zustand nicht sehr vorteilhaft war. Des Weiteren gibt es Bereiche in denen ein Insektenbefall festgestellt werden konnte. Da keine Anzeichen für einen aktiven Befall vorliegen, ist davon auszugehen, dass es sich hier um inaktiven Befall von Insekten handelt. Um die Art der Insekten genauer bestimmen zu können und um die Intensität des Befalls festzustellen, müssten weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Die Holzfeuchte liegt bei einigen Bereichen über dem Fasersättigungspunkt und bietet so optimale Voraussetzungen für Pilze und Insekten.

Auf Grund der Beobachtungen ist davon auszugehen, dass die Konstruktion im Ganzen noch tragfähig ist. Die starken Schädigungen rühren wahrscheinlich von defekten oder nicht ordnungsgemäß angebrachten Dachrinnen her.

7.2. Ostseite

Die Ostseite ist die Hofseite. Hier befinden sich die Haupteingänge in den Wohnbereich und in den Stallbereich. Diese Seite ist in einem etwas schlechteren Zustand als die Nordseite.



Abb. 12: östliche Fassade

Die Eckbereiche und der Bereich in Höhe des Treppenhauses sind auf Grund der teilweise beschädigten Dachrinne in einem schlechten Zustand. Hier müssten die Schwellbereiche erneuert werden, um das strukturelle System der Fachwerkwand nicht zu gefährden. Die mit Rot und Violett gekennzeichneten Bereiche sind so stark geschädigt, dass davon ausgegangen wird, dass hier nur noch das Gesamtsystem mit Gefachen tragfähig ist. Teilweise ist eine Klopfprobe auf Grund des Schädigungsgrades nicht möglich. Die Schwelle weist in einigen Bereichen starke Verformungen wegen starker Pressung auf. Teilweise sind Hölzer wieder überputzt und Fehlstellen im Holz mit Mörtel eher schlecht verfüllt. Inaktiver Insektenbefall ist hier nur an einzelnen Bereichen zu finden. Die tragende Konstruktion ist an vielen Stellen nur oberflächlich leicht geschädigt, dies geschah aufgrund von normalen Witterungseinflüssen. Vereinzelt sind auch größere Risse im Holz festzustellen, welche aber nur einen geringen Einfluss auf die Tragfähigkeit der Konstruktion haben. Die Holzfeuchte bewegt sich zwischen 13% und >30%. Der Bereich über 30% Holzfeuchte ist für das Holz ein eher ungünstiger Bereich. Diese Bereiche sollten schnellstmöglich trocken gelegt werden.

In vielen Bereichen der Schwelle zeigte die Klopfprobe, dass Pilze schon viel Substanz des Holzes zerstört haben.

7.3. Südseite

Der Südgiebel ist außen vollständig mit Faserwellplatten verkleidet und somit von dieser Seite nicht zu begutachten. Die Inaugenscheinnahme wurde vom Stallbereich bzw. vom Dachraum durchgeführt. Alle Bauteile, die vom Dachraum zu erkennen sind, wiesen keinerlei Auffälligkeiten auf, die eine weitergehende Untersuchung rechtfertigen würde.

[b]



Abb. 13: südliche Fassade

Die Konstruktion auf Höhe des Obergeschosses konnte leider nicht begutachtet werden, somit können über diesen Bereich auch keine Aussagen getroffen werden. Die folgenden Beobachtungen wurden also aus dem Stallbereich gemacht. Auffällig war hier, dass der gesamte untere Bereich des Giebels nicht mehr aus Originalsubstanz besteht, bzw., dass die tragende Holzkonstruktion durch Mauerwerk ersetzt wurde. Der Grund für diese Strukturänderung liegt nahe. Durch die Erhöhung der Geländeoberkante ist der Schwellbereich durch den Kontakt mit dem Erdreich zersetzt worden. Die gesamte Schwelle des Giebels ist nicht mehr vorhanden. Die Pfosten und Streben, die auf der Schwelle standen, wurden gekürzt. Sie wurden untermauert, aber nicht in ihrer Lage gesichert. Auf Grund von Rissen ist davon auszugehen, dass nicht alle Mauerwerksteile tragfähig sind. Der violette Bereich weist einen sehr hohen Substanzverlust auf und ist wahrscheinlich auch nicht mehr tragfähig. Alle Bauteile haben Risse, teilweise sind die Risse auch durchgehend. Viele untersuchte Punkte zeigten einen inaktiven Insektenbefall. Es konnte aber nicht festgestellt werden welches Insekt die Spuren verursachte. An einigen Punkten konnte nur bedingt eine Klopfprobe durchgeführt werden. Alle abgeklopften Stellen waren hohl.

7.4. Westseite

Über die Hälfte der Westseite ist in einem desolaten Zustand und nicht mehr tragfähig. Die Schwelle ist zum größten Teil komplett zersetzt. Einige Bereiche der Fachwerkwand sind ebenfalls fast vollständig zersetzt. Die fehlenden Bauteile wurden nicht ersetzt, somit ist dieser Bereich teilweise einsturzgefährdet.

[b]



Abb. 14: westliche Fassade



Abb. 15: westliche Fassade

Im ersten Teil der Westseite ist keine Dachrinne vorhanden. Zudem kommt, dass der Bereich mit diversen Pflanzen berankt war. Das dichte Pflanzenwerk sorgte unter anderem dafür, dass die Feuchtigkeit nicht aus der Konstruktion entweichen konnte. Außerdem ist auch hier die Geländeoberkante im Laufe der Jahre gestiegen. Der Schwellbereich war der stauenden Nässe vollkommen ausgeliefert. Der schraffierte Bereich ist nicht mehr tragfähig und muss umgehend temporär gesichert werden. Die Schiefstellungen auf der Westseite liegen zwischen 12 und 50cm. Durch Beobachtungen konnte festgestellt werden, dass die starken Verformungen zum größten Teil aus Fundamentsetzungen herrühren. Die Verformungen hatten in Teilbereichen eine Kraftumleitung zur Folge, sodass einige Bauteile komplett versagten oder aus der Konstruktion verschwanden. An zwei Punkten ist die Konstruktion auch gebrochen. Der erste Punkt ist das Rähm im Punkt 37 und der andere Punkt ist der Pfosten in der Untersuchungsstelle 29, der auf Höhe des oberen Riegels gebrochen ist.

Der Bereich, der an den Wohnbereich grenzt ist bis auf Oberflächenschäden, kleineren Rissen und inaktivem Insektenbefall intakt und tragfähig.



[b]

Abb. 16: westliche Fassade

Hier sind keine der Probleme, wie Pflanzenbewuchs, erhöhte Geländekante oder fehlende Dachrinne, zu finden. Die oberflächlichen Schäden sind auf normale Witterungsbeanspruchung zurückzuführen. Die Verschiebung des Fundamentes wurde durch Verbreiterung dieser entgegen gewirkt. Der Anbau, welcher mittig auf der Westseite an das Gebäude angeschlossen wurde, hat auf Grund der starken Verformungen nur noch über das Dach eine Verbindung mit dem Hauptgebäude.

7.5. Innenwand

Bei der Inaugenscheinnahme einer Innenwand wurden nur drei Punkte näher untersucht. Der Teil, der an die Westseite angrenzt, hat teilweise keinen Schwellenbereich mehr. Auch hier wurden die entfernten Bauteile durch Mauerwerk ersetzt, aber leider nicht mit dem restlichen Bauteil verbunden. In diesem Bereich liegen somit keine kraftschlüssigen Verbindungen vor. Das Rähm oder der Deckenbalken ist auf Grund des Versagens der Westseite gebrochen und kann somit keinerlei Kräfte mehr weiterleiten. Der nicht tragfähige Bereich ist auch hier durch eine schraffierte Fläche gekennzeichnet. Die Holzteile sind durch aufsteigende Feuchtigkeit im Mauerwerk stark durchfeuchtet und bieten so Pilzen und Insekten einen optimalen Lebensraum.

7.6. Fazit

Im Ganzen ist das Gebäude in einem eher gefährdeten Zustand. Dies bedeutet, wenn keine Maßnahmen zum Erhalt ergriffen werden, könnte es passieren, dass auf Grund der Schäden das Gebäude teilweise einstürzt. Da dieses ein sehr seltenes altes Bauwerk ist, wäre das ein herber gesellschaftlicher und baukultureller Verlust.

Die Fundamente im Innenbereich des Hauses sind durch aufsteigende Feuchtigkeit stark geschädigt. Die Dachkonstruktion ist an vielen Stellen nicht mehr optimal zur Kräfteweiterleitung geeignet. Viele Fußpunkte sind durch die starken Setzungen nur bedingt tragfähig. Das gesamte Fachwerk ist durch Vernachlässigung in den letzten Jahren in vielen Bereichen stark angegriffen und sollte teilweise ersetzt werden.

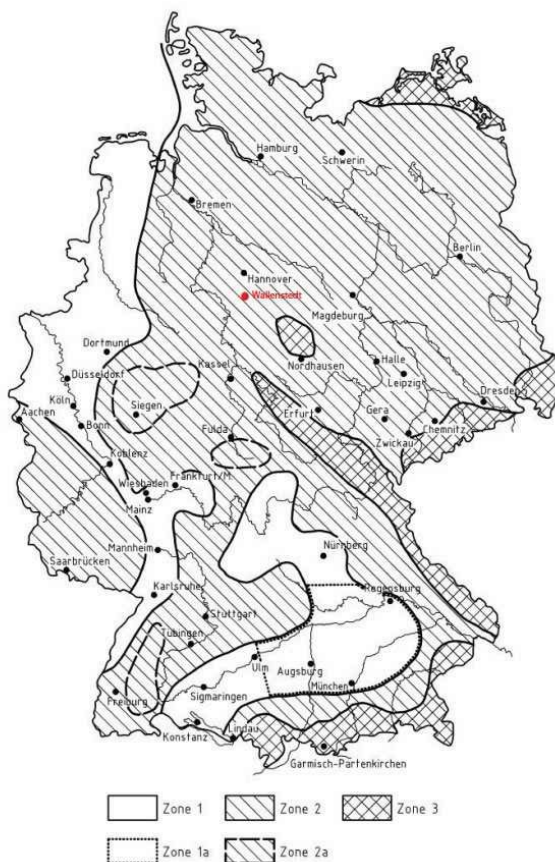
[b]

8. Statische Analyse des Ursprungszustandes

Grundlegende Aufgaben einer statischen Berechnung ist es, den Nachweis zu erbringen, dass die angreifenden Kräfte auf ein Gebäude sicher bis in den Baugrund abgeleitet werden und das Gebäude sowohl in seinen einzelnen Bauteilen als auch in der Gesamtheit der Konstruktion standsicher ist.

[b]

Bei dem Bauernhaus haben wir, zusätzlich zu der Bauaufnahme und dem daraus erzeugtem idealisierten 3-Modell des Ursprungszustandes, es uns zur Aufgabe gemacht, das Gebäude aus dem Jahre 1597 mit den heutigen gängigen Normen zu untersuchen und nachzuweisen ob, nach dem heutigen Stand der Technik, das Gebäude standsicher ist. Die Frage der Standsicherheit lässt sich ja durch die lange Lebensdauer des Gebäudes beantworten. Jedoch wollen wir prüfen wie sicher die Baumeister der Vergangenheit statische Probleme einschätzen konnten.



Zu jeder Statik gehört die Ermittlung der Lasten aus Schnee, Wind und z.B. Dacheindeckung. In diesem Text werden nur die Ergebnisse und die Herangehensweisen an die Ermittlung der Lasten und Ergebnisse erläutert, die ausführliche Berechnung, in Zahlen und Formeln, befindet sich im Anhang S.

Abb. 17: Windlastzonen Karte

Da wir uns mit dem Gebäude in seinem Ursprungszustand beschäftigen wollen, wurde für die Dacheindeckung, die zu der Zeit übliche, Reeddeckung gewählt. Damit nehmen

wir sicherlich eine höhere Last für die Berechnung an, im Gegensatz zu der heutigen Ziegeleindeckung die ca. $0,5 \text{ KN/m}^2$ (50 kg/m^2) wiegt, wird die Reeddeckung mit $0,7 \text{ KN/m}^2$ (70 kg/m^2) angenommen. Die Dacheindeckung ist die maßgebende Belastung aus der Konstruktion, zusätzlich müssen die Belastungen aus Wittereinflüssen betrachtet werden. Befassen wir uns zuerst mit der Schneelast. Wallenstedt liegt in der Schneelastzone II. Das ergibt bei einer Dachneigung von ca. 52° eine Schneelast von $0,18 \text{ KN/m}^2$ (18 kg/m^2). Das erscheint im ersten



Abb. 18: Schneelastzonenkarte

Augenblick nicht viel, aber bedenkt man dass das Gebäude in Wallenstedt eine Dachfläche von ca. 470 m^2 hat, ergibt das eine resultierende Gesamtbelastung aus dem auf dem Dach liegendem Schnee des Gebäudes, von ca. $83,8 \text{ KN}$ ($\approx 8,4 \text{ t}$).

Zu dem kommen noch die Belastungen aus Wind. Wallenstedt liegt in der Windlastzone II. Daraus ergeben sich Windlasten die senkrecht auf die Dachfläche wirken, einmal zur Luvseite (zugekehrt zum Wind) als Druckkomponente und zur Leeseite (abgewandt zum Wind) als Zugkomponente. Für die Druckkomponente ergibt sich dann eine Belastung von $0,52 \text{ KN/m}^2$ (52 kg/m^2) und für die Zugkomponente eine Last von $0,32 \text{ KN/m}^2$ (32 kg/m^2). Rechnet man das wieder auf die gesamte Dachfläche um ergibt sich eine Belastung von ca. $197,4 \text{ KN}$ ($\approx 20 \text{ t}$). Zu guter letzt sind dort noch die Belastungen aus dem Dachboden die für die Bemessung erforderlich sind. Hier ergibt sich eine Belastung aus dem Deckenaufbau von ca. $0,51 \text{ KN/m}^2$ (51 kg/m^2). Die Personenlasten werden in dieser Berechnung vernachlässigt, da noch kein Nutzungskonzept für das Gebäude besteht und es der vorhandenen Deckenaufbau, ohne größerem Eingriff in die

[b]

Substanz, nicht erlaubt das sich viele Personen gleichzeitig auf dem Dachboden aufhalten.

Diese ermittelten Lasten müssen nun mit den zugehörigen Sicherheitsbeiwerten kombiniert werden. Es ist ja durchaus denkbar, dass es bei einem mit Schnee bedecktem Dach zusätzlich noch durch einen Sturm belastet werden kann. Die Sicherheitsbeiwerte für ständige, also ruhende Lasten aus der Konstruktion, beträgt 1,35. Bei den veränderlichen Lasten, also Einwirkungen aus Schnee, Wind und Nutzlasten, rechnet man mit einem Sicherheitsbeiwert von 1,5. Jedoch werden hier bei den Kombinationen von veränderlichen Lasten eine Last, z.B. Wind, mit der vollen Last angenommen und jede weitere Last, z.B. Schnee, nur mit einem bestimmten Anteil der Last angenommen. Daraus ergibt sich folgende maßgebende Lastfallkombination für die Dachkonstruktion:

[b]

Lasteinwirkung: $1,35 \times \text{ständige Lasten (Reeddeckung)} + 1,5 \times \text{erste veränderliche Last (Wind)} + 1,5 \times 0,5 \times \text{zweite veränderliche Last (Schnee)}$

8.1. Tragverhalten in Querrichtung des Gebäudes

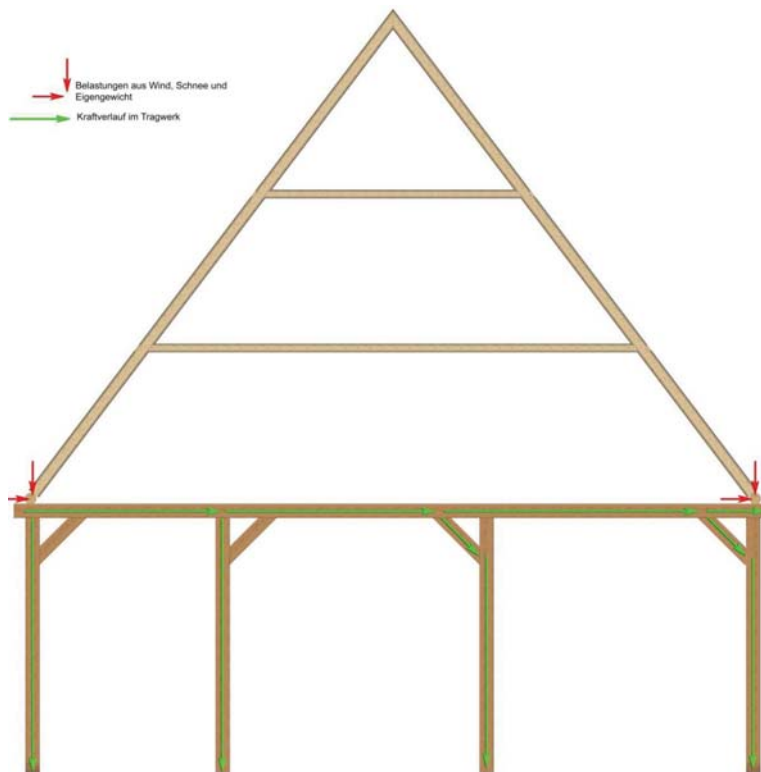


Abb. 19: Tragverhalten in Querrichtung des Gebäudes

Betrachten wir zuerst einen Teil der Dachkonstruktion, also ein Gesperre. Es besteht aus zwei Sparren und zwei Kehlriegeln.

[b]

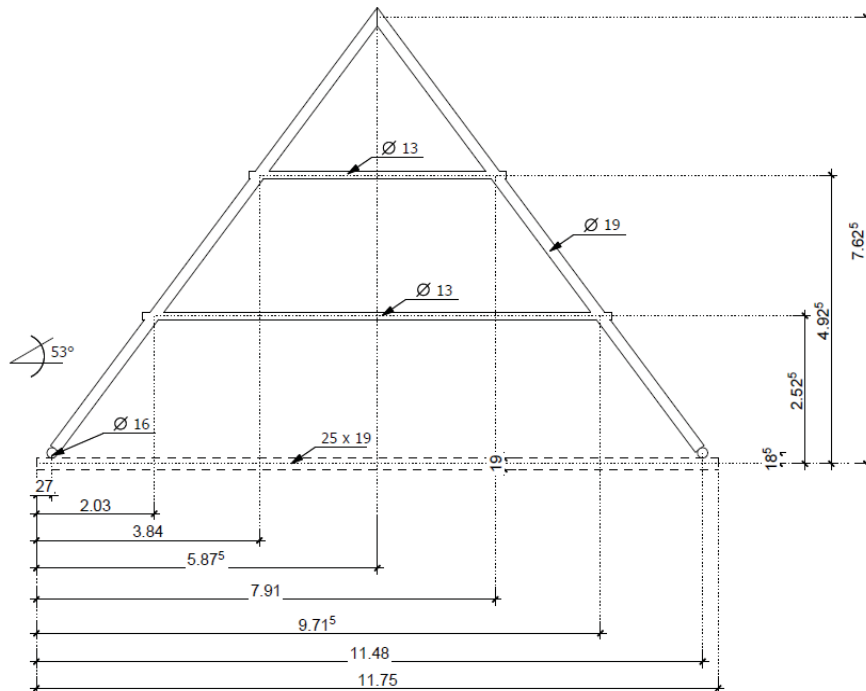


Abb. 20: Dachgesperre

Die Sparren haben einen durchschnittlichen Durchmesser von ca. 19 cm und sind aus Lärchenrundholz. Rundholz hat die positive Eigenschaft dass man in der Berechnung eine höhere Festigkeit annehmen darf, da bei Rundhölzern nicht so viele Fasern des Holzes durchgeschnitten werden, wie bei herkömmlichen Rechteckquerschnitten. In Zahlen heißt das, 20% mehr Festigkeit. Die zwei Kehlriegel sind ebenfalls aus Lärchen-Rundhölzern jedoch mit einem Durchmesser von ca. 13 cm.

Die Kehlriegel sind wie in Abb. 21-22 gezeigt mit einer Überblattung und einem Holznagel an den Sparren angeschlossen.

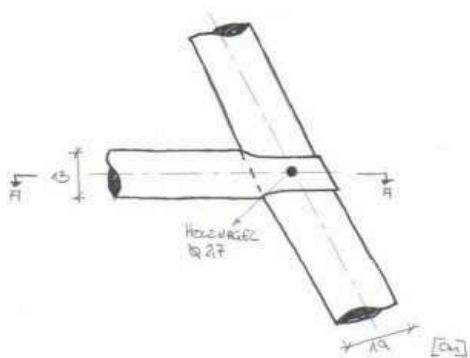


Abb. 22: Ansicht Kehlriegel an Sparren

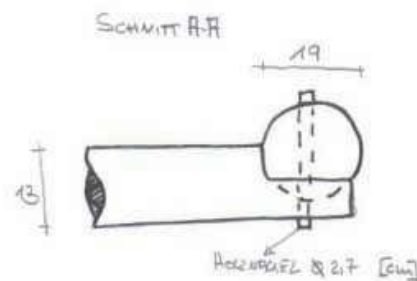


Abb. 21: Draufsicht Kehlriegel an Sparren

Die aufzunehmende Druckkraft beträgt maximal 5,79 kN. Rechnerisch kann der Holznagel, mit einem Durchmesser von 2,7 cm, 6,93 kN übertragen. Das heißt das dieser Anschluss, bei maximaler Belastung des Dachtragwerks, zu 84 % ausgelastet ist.

Die Kehlriegel wiederum sind mit 50 %, also weit unter ihrer Belastungsgrenze, ausgelastet. Nach der DIN 1052:2008-12 liegt der Ausnutzungsgrad des Sparrens bei 121 %. Das bedeutet dass der Sparren nach dem Sicherheitskonzept überlastet ist. Aber wie in den hervorgehenden Text erläutert bedeutet das nicht dass der Sparren nicht hält, sonst würde das Gebäude oder die Dachkonstruktion ja gar nicht mehr stehen. Rechnet man dem Sparren mit den charakteristischen Lasten, also ohne Sicherheitsbeiwerte, ist er mit ca. 80 % seiner kritischen Bruchlast belastet. Zusätzlich kommt noch hinzu, dass im Holzbau mit dem 5%-Quantilwert (Abb. 23) gerechnet wird.

[b]

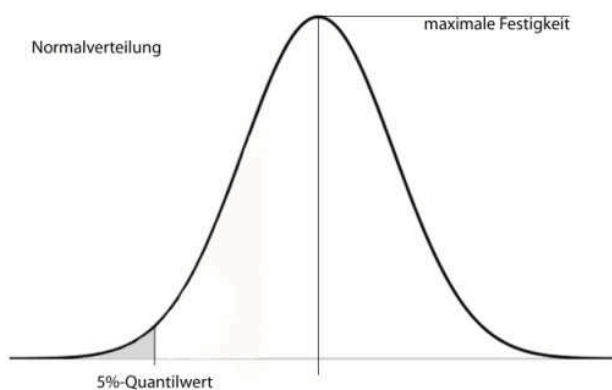


Abb. 23: Normalverteilung

Die Festigkeitswerte des Holzes wurden durch eine Vielzahl von Prüfungen und Prüfkörpern bestimmt. Diese Ergebnisse wurden für die verschiedenen Beanspruchungsrichtungen, parallel zur Faser oder senkrecht zur Faser usw., in Normalverteilungen ausgewertet. Für die Berechnung wird dann nur ein Bruchteil der

maximalen Beanspruchbarkeit als Festigkeit angesetzt. Dies wird gemacht da Holz kein monolithischer Werkstoff ist und man nicht mit Sicherheit sagen kann, dass über den ganzen Querschnitt des Bauteils die gleiche Festigkeit besteht. Zum Zeitpunkt des Erstellens des Gebäudes in Wallenstedt sind die Baumeister mit einer ganz anderen Sorgfalt bei der Auswahl des Bauholzes herangegangen. Zudem war das Holz gut abgelagert. Also kann man mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon ausgehen dass die Holzquerschnitte in Wallenstedt eine sehr hohe Festigkeit besitzen und daher die rechnerische Auslastung des Holzes nicht der ganzen Wahrheit entspricht.

Die Berechnung des Anschluss der Sparren an den darunterliegenden Deckenbalken gestaltet sich durchaus komplizierter. Der Sparren ist in das Oberrähm eingezapft und schließt nicht direkt an den Deckenbalken, der als Zugband dienen sollte, an.

[b]

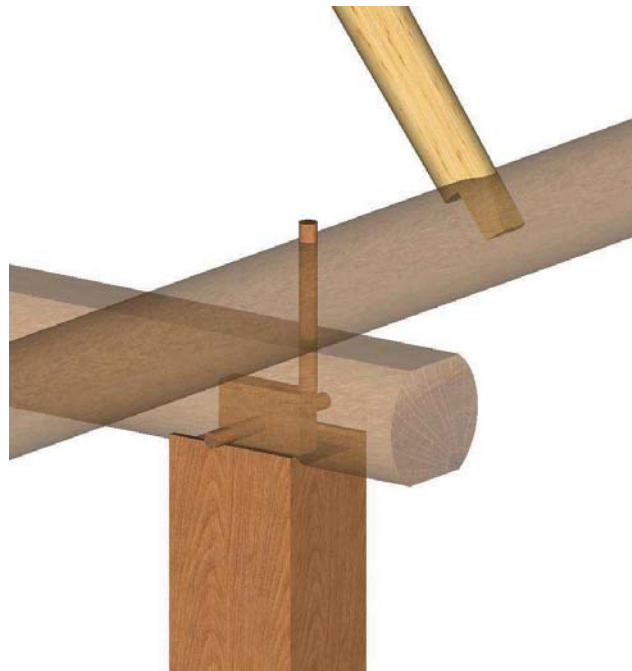
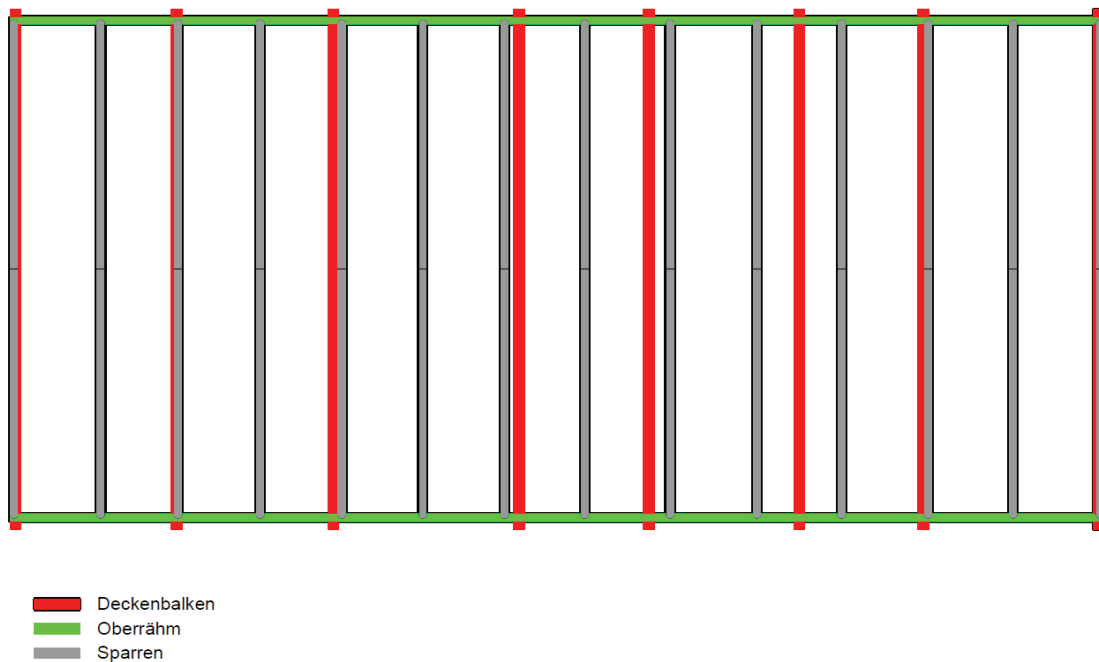


Abb. 24: Detailpunkt Sparrenaufleger an Rähm und Deckenbalken

Wie in den Abb. 24-25 zu erkennen ist, stehen die Gebinde an manchen Punkten zwischen den Deckenbalken.



- Deckenbalken
- Oberrähm
- Sparren

Abb. 25: Lage der Gebinde

Daraus folgt, dass das Oberrähm die Lasten aus den Sparren über Biegung an die Deckenbalken weiterleiten muss. Hierzu gibt es zwei Berechnungsmodelle:

[b]

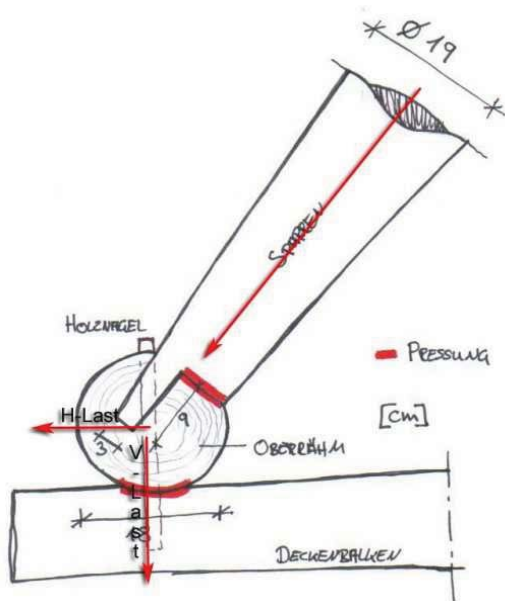


Abb. 26: Skizze 1. Berechnungsmodell

1. Die Druckkraft aus dem Sparren wird in horizontal und vertikal wirkende Kräfte aufgeteilt. Dadurch entsteht eine Doppelbiegung im Oberrähm. Wobei das Oberrähm in vertikaler Richtung durch die darunter stehenden Ausfachungen zum Teil gestützt. Nimmt man nun an das die vertikale Last zu 50% und die Horizontale Last zu 100% Biegung verursachen ergibt sich eine Auslastung des Oberrähms von 222%. Die Horizontallast muss dann weiter durch den Holznagel in den Deckenbalken eingeleitet werden. Dieser ist dadurch zu 98% ausgelastet.

2. Die Druckkraft wird direkt in seiner Wirkungslinie durch eine einachsige Biegebeanspruchung des Oberrähms in den Deckenbalken eingeleitet. Hierbei wird die Last über die Flächenpressung eingeleitet. Dieses Rechenmodell erscheint viel Wahrscheinlicher wie das zuvor Beschriebene. Hierbei wäre das Oberrähm zu 196% ausgelastet und die Flächenpressung, also die Anschlüsse von Oberrähm zu Deckenbalken, zu 21 % ausgelastet.

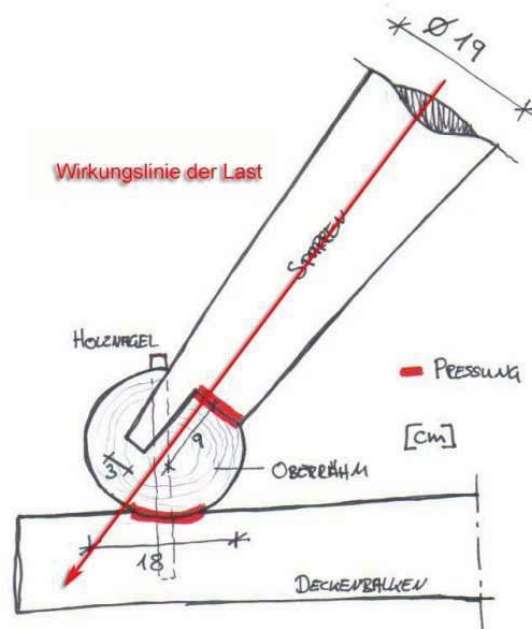


Abb. 27: Skizze 2. Berechnungsmodell

Weiter ist bei diesem Anschluss der Zapfen zu betrachten. Aus Wind wird der Zapfen senkrecht zu seiner Achse belastet es könnte also zu einem Quersugversagen kommen. Das heißt, dass der Sparren in den Ecken an dem der Zapfen ausgenommen ist, aufreist. Hier ist die Festigkeit des Holzes zwischen den Fasern eher gering. Weißt man diesen Fall nach, beträgt die Auslastung des Sparrens 120 %, jedoch wiederum inklusive Sicherheitsfaktoren. Die Kraft wird nun über das Oberrähm, über Pressung und einem Holznagel, an den Deckenbalken weitergeleitet. Bei dieser Weiterleitung der Kräfte ergibt sich eine maximale Auslastung der Bauteile von 24 %.

[b]

Das nächste Bauteil an dem die Lasten weitergeleitet werden sind die Deckenbalken.

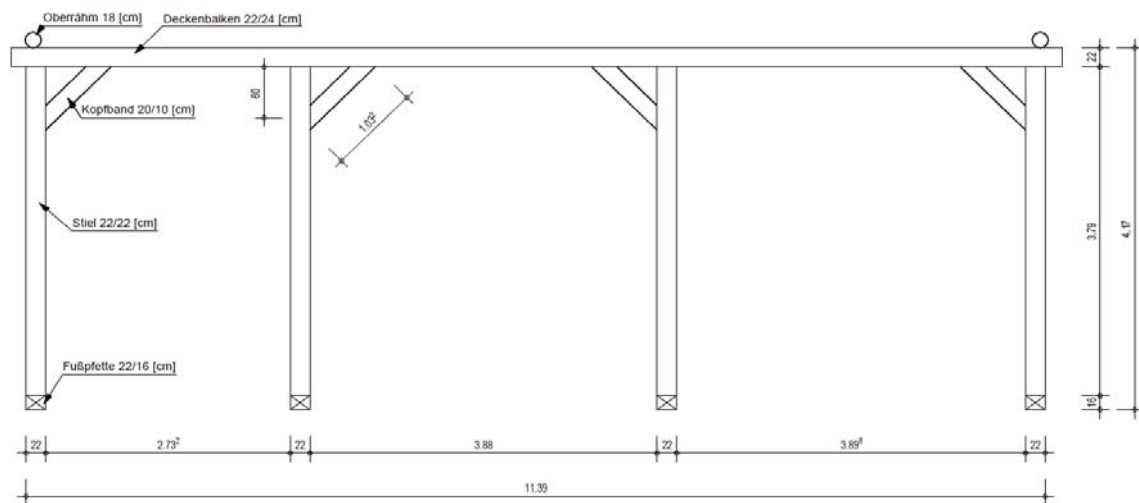
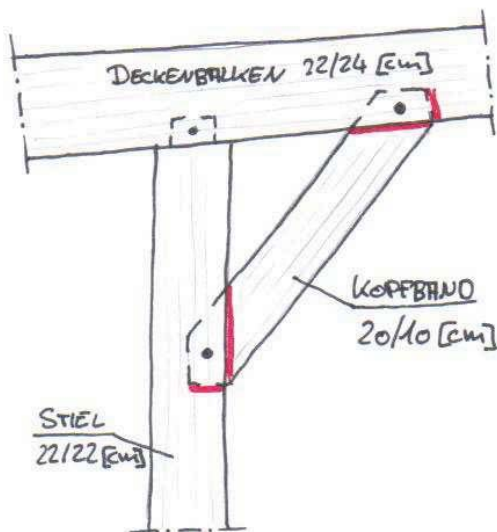


Abb. 28: Anschluss Deckenbalken an Pfosten

Zusätzlich zu den Lasten aus der Dachkonstruktion ergeben sich neue zusätzliche Lasten aus dem Deckenaufbau des Dachbodens. Diese ergibt sich zu $0,28 \text{ kN/m}^2$ (28 kg/m^2). Durch diese Belastungen, miteinander Kombiniert, ergibt sich eine rechnerische Auslastung von 64 %. Das ist für einen Deckenbalken mit einem Querschnitt von 22 auf 24 cm sehr beachtlich. Die vertikalen Lasten werden nun wiederum durch Pressung an die vier, unter dem Deckenbalken angeordneten, Stiele weitergeleitet. Dieser Weiterleitungspunkt der Last ist zu 6 % ausgelastet. Der Stiel wird zum einen durch die vertikalen Lasten belastet, aber auch durch die horizontalen Lasten die durch die Kopfbänder vom Deckenbalken in ihn eingeleitet werden. Durch dieses zusammenwirken der Lasten ist der Stiel zu 60 % seiner Brucklast belastet.

Das Kopfband selbst hat einen Querschnitt von 20/10 cm, durch den Holznagel könnte das Kopfband auch Zugkräfte aufnehmen, diese sind aber so gering das dies in der Berechnung nicht berücksichtigt wird. Der Querschnitt ist durch die Druckbelastung von 58 kN zu 20 % ausgelastet. Bei der Einleitung und weiterleitung der Last vom Deckenbalken in das Kopfband und schließlich in den Stiel wird

[b]



wieder über die Pressungen der Hölzer realisiert. Zuerst wird die Horizontallast vom Deckenbalken über den Zapfen des Kopfbandes eingeleitet in dieses eingeleitet. Zusätzlich stützt sich das Kopfband an den Deckenbalken über die horizontale Kontaktpressung ab. Mit dem gleichen Prinzip wird die Kraft in den Stiel eingeleitet. Die maximale Auslastung der Flächenpressungen beträgt 90 % und ist die Fläche des Zapfens. Zu guter letzt muss die gebündelte Last an die Fußfette/Schwelle abgegeben werden. Dies geschieht, wer hätte das gedacht, wieder über Pressung. Die Auslastung dieses Anschlusses beträgt 12 %.

8.2. Auslastung von Bauteilen

Bauteil/Anschluss	Querschnitt/Holzart	Auslastung
Sparren	Rundholz Ø= 19 cm / Lärche	121 %
Kehltriegel	Rundholz Ø= 13 cm / Lärche	47 %
Anschluss Sparren an Oberrähm	Zapfen h/b/l=3/4,5/8,5 cm Pressung A = 138 cm ²	120 % 8 %
Oberrähm	Rundholz Ø= 18 cm / Lärche	196 %
Anschluss Oberrähm an Deckenbalken	Pressung A = 180 cm ²	24 %
Deckenbalken	22/24 cm / Eiche	64 %
Anschluss Deckenbalken an Kopfband sowie Kopfband an Stiel	Zapfenpressung A = 54 cm ² Pressung A = 155 cm ²	53 %
Kopfband	20/10 cm / Eiche	20 %
Anschluss Deckenbalken an Stiel	Pressung A = 571 cm ²	6 %
Stiel	22/22 cm / Eiche	60 %
Anschluss Stiel an Fußfette/Schwelle	Pressung A = 571 cm ²	12 %

[b]

Wie schon in den vorherigen Texten betrachtet, gibt es ein Gebinde, an dem der äußere Stiel stark abgesack ist und somit nicht mehr zum Lastabtrag hinzugezogen werden kann. Durch den Ausfall des Stieles ergeben sich andere Schnittkräfte in den Bauteilen. Die anderen drei Stiele unter dem Deckenbalken müssen daher mehr Last aufnehmen und weiterleiten. Ob diese Bauteile die zusätzliche Last abtragen können ist fraglich und muss auf jeden Fall umfangreicher und genauer untersucht werden.

8.3. Tragverhalten in Längsrichtung des Gebäudes:

[b]

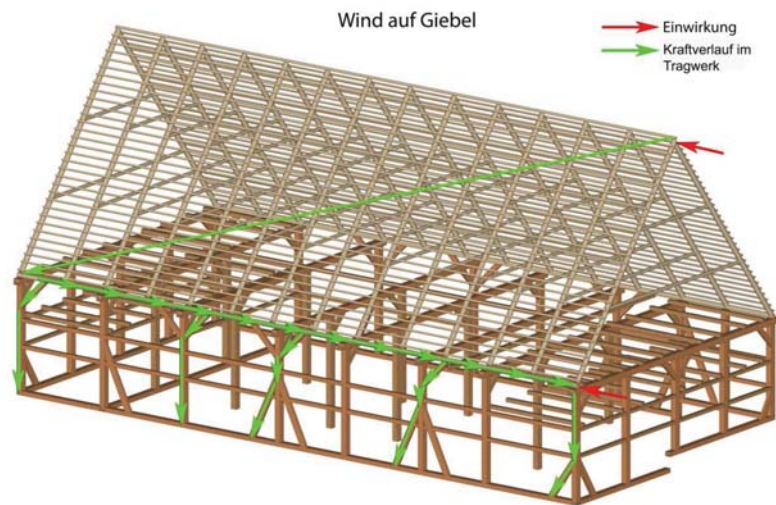


Abb. 29: Tragverhalten in Längsrichtung des Gebäudes

Die maßgebende Last die in diese Richtung wirken kann, ist sicherlich Wind auf den Giebel des Gebäudes. In der Abb. 29 ist schematisch aufgeführt wie die Einwirkungen weitergeleitet werden. Da wir an der Dachkonstruktion keine Windrispen oder andere Vorrichtungen gefunden haben die das Dach in Längsrichtung aussteifen, gehen wir davon aus dass die Aussteifung durch die Dacheindeckung realisiert wurde. Bei der Reetdeckung waren die Dachlatten mit Strohbindern auf die Sparren gebunden. Die Abstände der Dachlatten waren ca. 30 cm. Damit durch die Belastung durch Wind auf Giebel eine Verformung stattfinden kann müsste die Dacheindeckung komprimiert werden. Man kann sich das wie bei einer Schere vorstellen. Wenn die Sparren kippen, werden die Dachlatten sich nicht mit verdrehen.

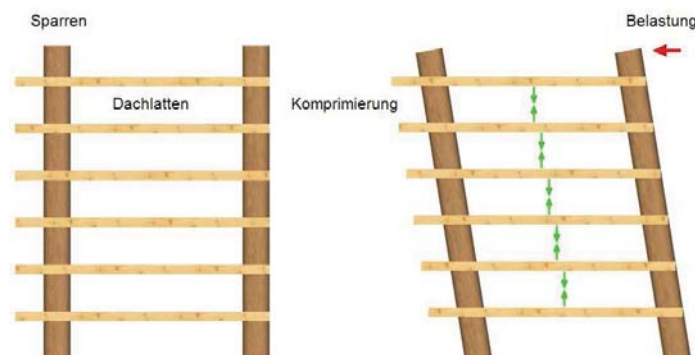


Abb. 30: Aussteifung der Dachfläche

Das hat zur Folge das der Zwischenraum, der mit der Dacheindeckung ausgefüllt ist, gestaucht wird (Abb. 30). Die Summierung der Felder zwischen den Dachlatten ergibt

einen beträchtlichen Widerstand. Von daher müsste eine immense Kraft aufgebracht werden um alle Sparren zu kippen.

So gelangt die Horizontalkraft aus der Dacheindeckung in das Oberrähm. Zusätzlich befindet sich im Dachraum ein Stuhl der die Kräfte von den Gespärren in die Deckenbalken weiterleitet. Er ist an die unteren Kehlträger angeschlossen (Abb. 31). Damit an dem Stuhl überhaupt eine Kraft ankommen kann müssten die Sparren sich stark in Kraftrichtung verformen, das schließen wir aber durch die vorrausgehende Betrachtung, der Scheibe in Dachebene, aus.

[b]

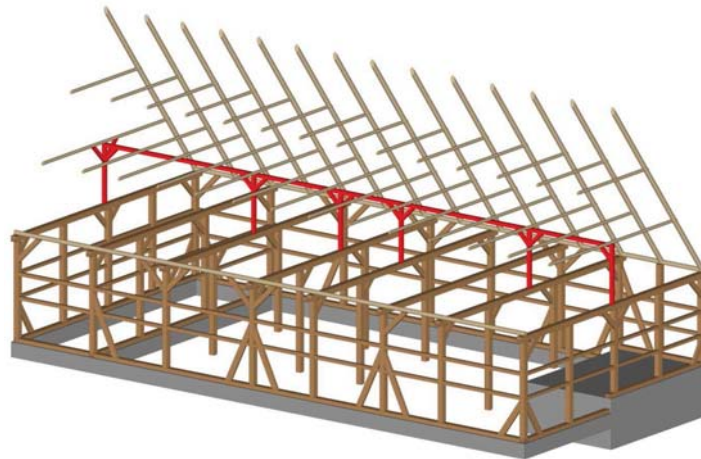


Abb. 31 Aussteifender Stuhl in Gebäudelängsrichtung

Der Stuhl würde die Kräfte über die Kopfbänder und über Biegung im Stiel weiter an die Deckenbalken leiten. Diese müssten die Kraft nicht alleine an die Außenwände weiterleiten. Durch den Bodenbelag würde wiederum eine Scheibe ausgebildet werden, grob vergleichbar mit der Scheibe an der Dachkonstruktion. Wir gehen davon aus das der Stuhl ursprünglich für diesen Lastabtrag gedacht war, jedoch hatten die alten Baumeister noch nicht diese statischen Kenntnisse, vergleichbar mit den heutigen Kenntnissen über räumliches Tragverhalten. Der Stuhl hatte aber noch einen anderen nutzen, er war sehr hilfreich bei der Errichtung der Dachkonstruktion.

Nun verfolgen wir die Kräfte weiter. Die gesammelte Last wird nun an die Außenwände abgegeben. Wie in Abb. 29 gezeigt, wird die Kraft oder die Lasten durch die Kopfbänder und Streben in die Schwelle eingeleitet und von da weiter ans Fundament abgegeben.

Auf rechnerische Nachweise der Tragsicherheit des Gebäudes in Längsrichtung wird verzichtet weil dieser Rechenaufwand den zeitlichen Rahmen unserer Bearbeitung sprengen würde und weitere und weitgreifende Untersuchungen am Gebäude erfordern würden.

8.4. Beanspruchbarkeit der Deckenbalken

Zur Beurteilung des Tragvermögens der Deckenbalken von dem Bauernhaus müssen zu Beginn weitreichende Annahmen und Entscheidungen für die Berechnung der Beanspruchung getroffen werden. Aus der von uns erstellten Bauaufnahme können wir die Spannweiten, Holzart und Querschnitte ablesen. Jedoch fehlen uns detaillierte Informationen über die Belastung der Deckenbalken in der früheren Zeit. Im Folgenden wird die zulässige Belastung anhand der Informationen von den Deckenbalken nach DIN 1052; 2008 ermittelt. Die berechnete Belastung ist die Last, die als Auflast nach DIN 1052; 2008 auf den Deckenbalken aufgebracht werden darf.

[b]

gegebene Informationen:

- Deckenbalken D30 $b / h = 18 / 18 \text{ cm}$ $W_y = 972 \text{ cm}^3$
- Spannweite: 4,00 m - $\gamma_m = 1,3$
- NKL: 2, mittel $\rightarrow k_{mod} = 0,8$
- $f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$ - $f_{v,k} = 3,0 \text{ N/mm}^2$

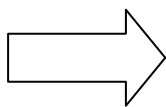
Berechnung nach DIN 1052; 2008:

$$f_{m,d} = (0,8 * 3,0 \text{ KN/cm}^2) / 1,3 = 1,85 \text{ KN/cm}^2$$

$$M_y = 1,85 \text{ KN/cm}^2 * 972 \text{ cm}^3 = 1750 \text{ KNcm} = 17,5 \text{ KNm}$$

$$q_d = (17,5 \text{ KNm} * 8) / 4,00^2 \text{ m} = 8,75 \text{ KN/m} = 0,0875 \text{ KNcm}$$

$$u = 5/384 * (0,0875 * 400^4) / (1000 * 8748) = 3,4 \text{ cm}$$



Die Deckenbalken können 8,75 KN/m (875 Kg/m) Last aufnehmen. Bei einer Belastung von 8,75 KN/m habe ich eine Durchbiegung von 3,5cm.

$$u_{zul} = 400 \text{ cm} / 300 = 1,33 \text{ cm} \ll 3,4 \text{ cm}$$

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die berechnete aufnehmbare Last der Deckenbalken nicht als Last für die dauerhafte Gewährleistung herangezogen werden darf. Für den dauerhaften statischen Nachweis muss eine Nutzung des Gebäudes bzw. des Raumes vorliegen, um genauere Belastungen abschätzen zu können. Ebenso müssen für die Gewährleistung einer dauerhaften Sicherung nicht nur die Anschlüsse bzw. die Auflager der Deckenbalken einen Kraftfluss ergeben, sondern bei jedem Balken muss durch das Gefüge und Aufbau eine Kraftaufnahme gegeben sein.

9. Temporäre Sicherung des Gebäudes

Fachwerkhäuser haben einen ganz speziellen Charme. Aber, in die Jahre gekommen erfordern sie besondere Sorgfalt bei der unausbleiblichen Sanierung und Modernisierung. Für die wirtschaftliche und historische Bedeutung, die Erhaltung der vorhandenen Bausubstanz, sind temporäre und dauerhafte Sicherungen notwendig. Diese sind sowohl bei Sanierungsarbeiten als auch für die Standsicherheit von dem Gebäude notwendig.

[b]

Bei der Erarbeitung und Ausführen einer temporären Sicherung kann schon in der Planungsphase ein Ausblick auf eine dauerhafte Lösung, der Sicherung des Gebäudes erfolgen. Die Holzkonstruktion kann anhand der vorübergehenden Sicherung instand gesetzt und modernisiert werden, wobei eine dauerhafte Sicherung des Gebäudes auf Dauer erfolgen kann. Anhand der dauerhaften Sicherung kann das Bauwerk weiteren effektiven Nutzungen unterliegen.

Um das Bauernhaus von Wallenstedt vor dem Einsturz zu bewahren sind sofortige Sicherungsmaßnahmen notwendig. In den Plänen der Zustandskartierung geht hervor, dass die Westseite des Gebäudes starke Schäden aufweist. Der Eckständer hat einen Substanzverlust über 30 % und ist nicht mehr tragfähig. Weiter sind im Bereich große Setzungen aufgetreten, so dass sich übermäßiger Verformungen eingestellt haben, Setzungen bis zu 50 cm und Schiefstellungen der Ständer bis zu 40 cm. Für diese geänderten Beanspruchungen sind diese Bauteile nicht ausgelegt. Die Folge der übermäßigen Beanspruchung sind übermäßige Bauteilverformungen bis hin zum Bruch des Bauteils.



Abb. 32: übermäßige Bauteilverformungen

Die Verformungen haben auch Auswirkungen auf die Dachkonstruktion. Die Sparren besitzen zur Westseite hin kein Auflager mehr, da das Oberrähm, welches die Sparren aufnehmen soll, sich infolge der Setzungen ebenfalls gesetzt und verformt hat.

Das Konzept für die Temporäre Sicherung beinhaltet auch Teile der Dauerhaften Instandsetzung so wie Bauzustände während der Instandsetzungsarbeiten. Diese Vereinfachungen werden getroffen um den Kosten- Arbeits- und Planungsaufwand so gering wie möglich zu halten.

[b]

Auf eine detaillierte Planung und Berechnung der notwendigen Konstruktion wurde verzichtet, da es nicht möglich ist alle vorhandenen Bauteile detailgetreu darzustellen und diese bei der Planung zu berücksichtigen. Jedoch werden grundsätzliche Vorgehensweisen dargelegt und überschlägig die benötigten Querschnitte ermittelt, um als Grundlage für den Bauherrn, Denkmalpfleger und den ausführende Handwerker zu dienen.

Um das Gebäude zu sichern, müssen an der Westseite des Gebäudes die Sparren, vom Südgiebel bis hinter den Anbau (entspricht 8 Sparren und 4 Hauptständern) darunter liegende Deckenbalken sowie die Zwischendecken abgefangen werden. Zudem muss eine horizontale Halterung für alle Sparren hergestellt werden.

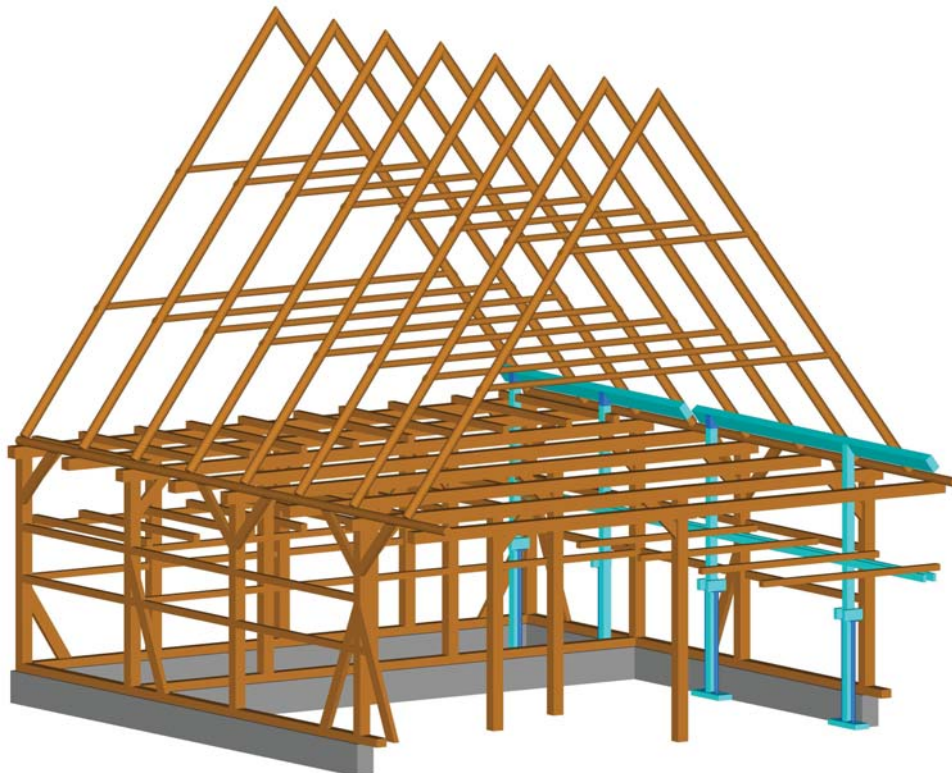


Abb. 33: temporäre Sicherung

Das Prinzip ist folgendes, die Sparren sollen durch eine Pfette unterstützt werden, die möglichst nahe am ursprünglichen Auflagerpunkt der Sparren sitzt. In etwa 4-5 Pfosten, die vom Erdgeschoss durch die Zwischendecke vorbei an den Deckenbalken der Hauptgebäude bis ins Dachwerk reichen, sollen die Pfette tragen. Die Deckenbalken und die Balken der Zwischendecke sind mit einer Zangenkonstruktion zu unterstützen, die mit den Pfosten verbunden werden. An einigen Stellen wird diese Zangenkonstruktion nicht möglich sein, so dass zusätzliche Lösungen gefunden werden müssen, wie z.B. Laschen, die an den Deckenbalken und an die Pfette geschraubt werden oder eine Gewindestange, die durch die Pfette und durch den Deckenbalken geführt wird.

[b]

Zum Anheben der Konstruktion sind geeignete Maßnahmen zu treffen, beispielsweise mit Drehstützen oder mit Hydraulikhebern. Bei Hebelkonstruktionen ist auf ausreichenden Platz zu achten, da es in dem Gebäude je nach Räumlichkeit sehr eng ist. Zusätzlich zu der temporären Sicherung sind die zu unterstützenden Sparren auf ihre Tragfähigkeit zu überprüfen, da keine Zustandsaufnahme des Daches durchgeführt wurde. Gegebenenfalls sind weitere Maßnahmen zur Verstärkung der Sparren notwendig.



Abb. 34: temporäre Sicherung

[b]

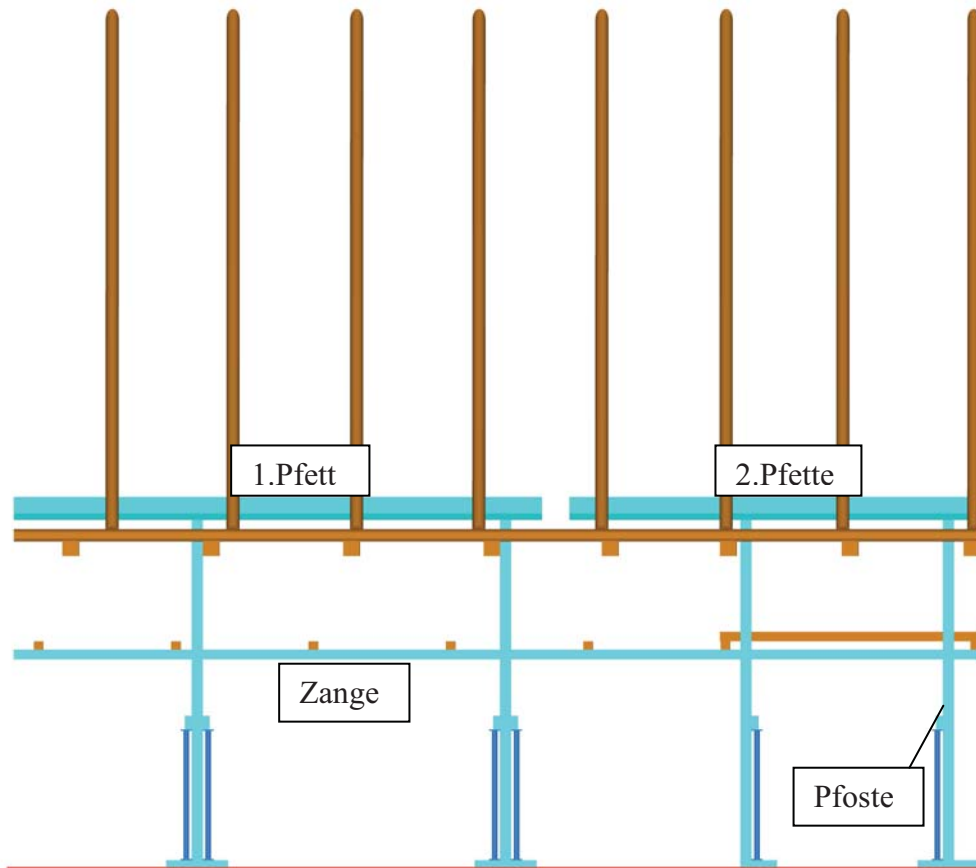


Abb. 35: Ansicht der temporären Sicherung

Die Pfette wurde aus Montagegründen geteilt, da die Pfette sonst eine Gesamtlänge von 13,15 m hätte. Wenn die Länge jedoch kein Problem darstellen sollte kann die Pfette auch in einem Stück montiert werden:

Pfette 1:	L ca. 6,6 m	Matr.:GL 24 h (BSH 11)	Querschnitt 40/24 cm
Fette 2:	L ca.6,0 m	Matr. GL 24 h (BSH 11)	Querschnitt 40/24 cm

Die Zangen sind an die Einbausituation anzupassen und dementsprechend sinnvoll zu unterstützen.

2 Zangen	Lges: ca. 14 m	Matr. : C 24 (S13)	Querschnitt 8/16 cm
----------	----------------	---------------------	---------------------

Die Pfosten sind an ihrem oberen Ende, an dem die Pfette angeschlossen wird ggf. anzupassen, sollte jedoch von den ausführende vor Ort entschieden werden, ob es nicht sinnvoll ist ein Passstück zwischen Pfosten und Pfette anzufertigen. Weiter werden Pfosten für Zwischenstützungen der Zangen benötigt:

Weiter werden zusätzliche Hölzer für Anschlüsse und zum Unterlegen und Lastverteilung benötigt. Für die Anschlüsse der Deckenbalken im DG werden Laschen oder Gewindestangen vorgeschlagen. Einige Deckenbalken können auch direkt an die Pfosten angeschlossen werden.

Entweder:

[b]

8 Gewindestangen: L = 1,2 m

oder

16 Laschen: L = 1,2 m

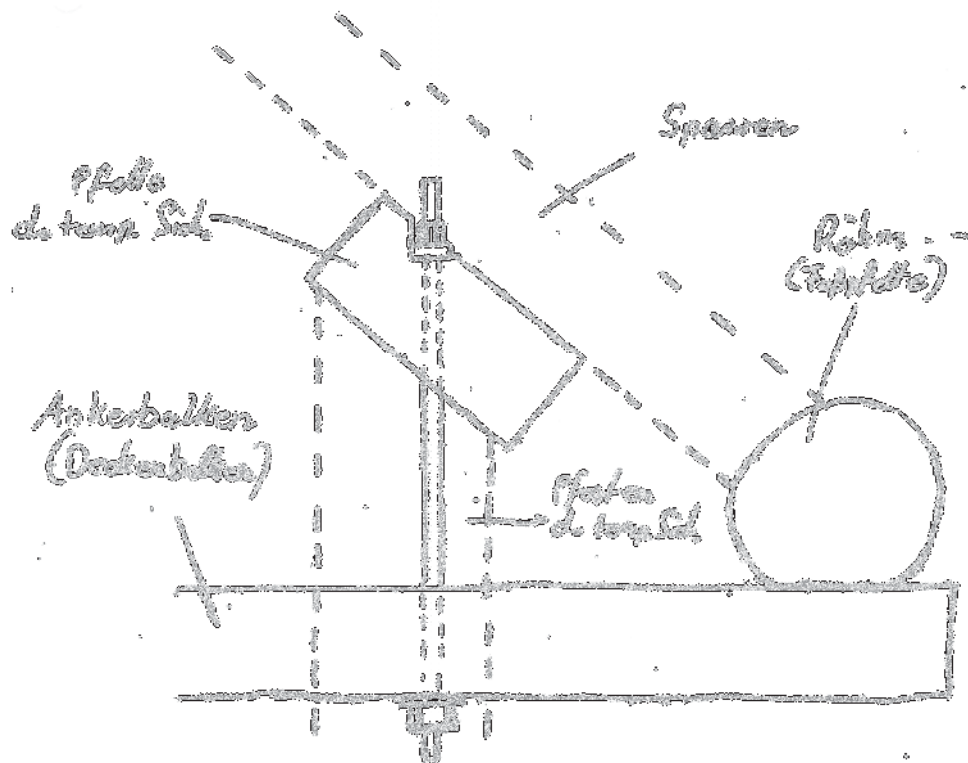


Abb. 36: Anschlüsse der Deckenbalken

Zum Anheben der Konstruktion werden

2 Drehstützen oder Hydraulikheber benötigt.

Für die Sicherung der Sparren werden Zugbänder und entsprechende Anschlüsse benötigt.

14 Zugbänder

L ca. 11,5 m

Matr. S 235

d = 1,5 cm

14 Spanschlösser

28 Anschlüsse

[b]

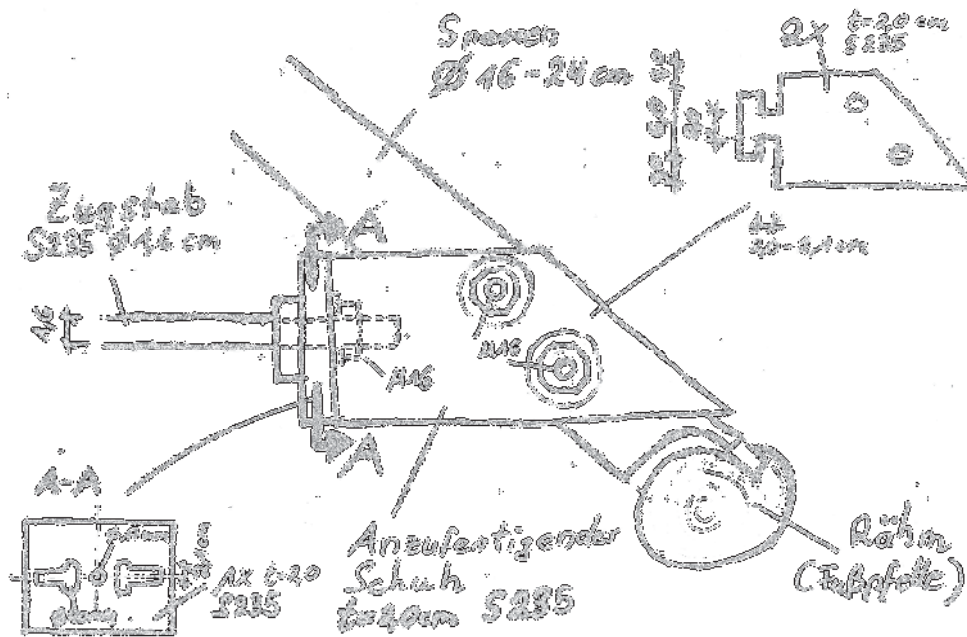


Abb. 37: Detailanschluss: Zugstab an Sparren Variante 1

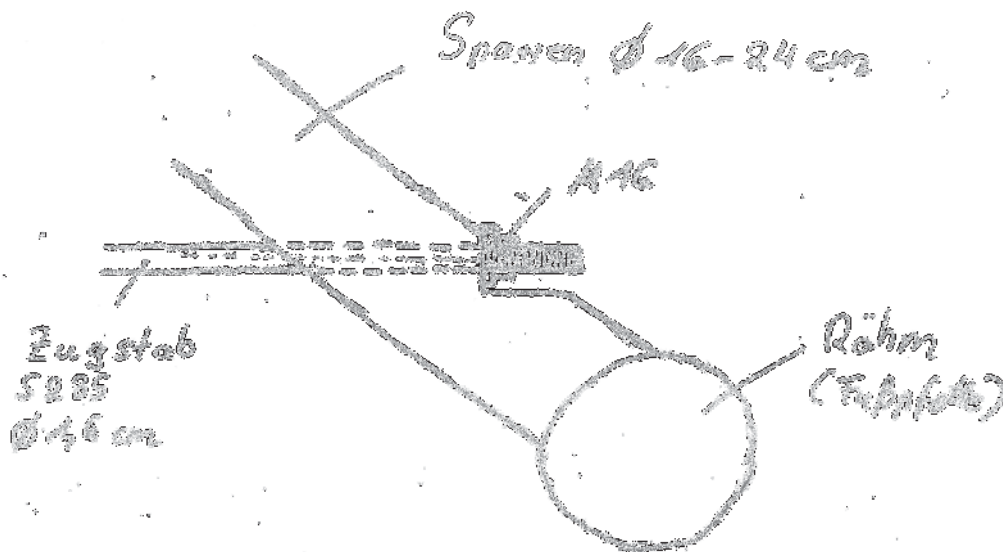


Abb. 38: Detailanschluss: Zugstab an Sparren Variante 2

Anhand dieser ersten Sicherung kann die Sanierung an den Detailpunkten der Anschlüsse der Sparren- und Deckenaufleger mit den entsprechenden Außenwandabschnitten erfolgen. Hierbei sollte je nach Grad der Schädigung eine Auswechslung des Bauteils erfolgen und kraftschlüssige Verbindungen wieder hergestellt werden.

10. Dauerhafte Instandsetzung

Um der Gefahr einer weiteren Beschädigung des Dachtragwerks durch weitere Setzungen entgegenzuwirken kann die temporäre Sicherung der Zugbänder und Unterstützung bei entsprechender Nutzung auch als dauerhafte Sicherung weiter genutzt werden. Die Sicherungen, die während einer voraussichtlichen zukünftigen Nutzung des Gebäudes nicht im Wege sitzen werden bei der Planung so ausgebildet, dass diese für eine dauerhafte Nutzung verwendet werden können

[b]

Die dauerhafte Instandsetzung beinhaltet die Zugbänder aus der temporären Sicherung, die Instandsetzung der Westfassade und des Südgiebels sowie die Instandsetzung der Decken. Weiter können zusätzliche Maßnahmen notwendig sein, wenn Umbaumaßnahmen durchgeführt werden.

Auf konkrete Vorschläge für die verschiedenen Ausführungen wurde verzichtet, da zunächst ein Nutzungskonzept und darauf aufbauend ein Konzept zur Erhaltung der historisch wertvollen Substanz des Gebäudes feststehen sollte.

11. Statische Berechnung der temporären Sicherung

11.1. Lasten aus Deckenbalken

[b]

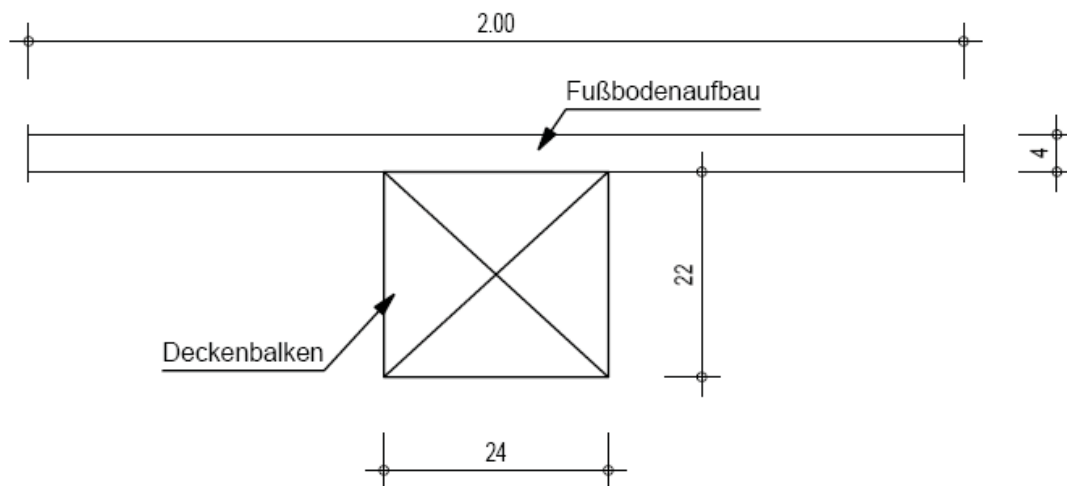


Abb. 39: Deckenaufbau

Eigengewicht:

Deckenbalken:	$g = 7 \text{ KN/m}^3 * 0,24 \text{ m} * 0,22 \text{ m}$	$= 0,37 \text{ KN/m}$
Bodenbelag:	$g = 7 \text{ KN/m}^3 * 0,04 \text{ m} * 2,0 \text{ m}$	$= 0,56 \text{ KN/m}$
		$g_k = 0,93 \text{ KN/m}$
	$g_d = 1,35 * 0,93 =$	$\boxed{g_d = 1,26 \text{ KN/m}}$

Verkehrslast:

$$F_p = 1 \text{ KN}$$

$$F_{p,d} = 1 * 1,5 = 1,5 \text{ KN}$$

$$\boxed{F_{p,d} = 1,5 \text{ KN}}$$

Da die Außenwand nicht mehr tragfähig ist, müssen die Bauteile welche die Lasten an die Außenwand abgeben haben durch eine zusätzliche Konstruktion abgefangen werden. Die Deckenbalken müssen an einem Ende abgefangen werden. Diese Lasten entsprechen dem Auflager D in Abbildung: 40

Für Eigengewicht g_d

$$A = D = 0,4 * 1,26 \text{ KN/m} * 4 \text{ m} = 2,02 \text{ KN}$$

Für Verkehrslast $F_{p,d}$ ungünstigste Laststellung

$$A = D = 0,425 * 1,5 = 0,64 \text{ KN}$$

D	= 2,66 KN
---	-----------

[b]

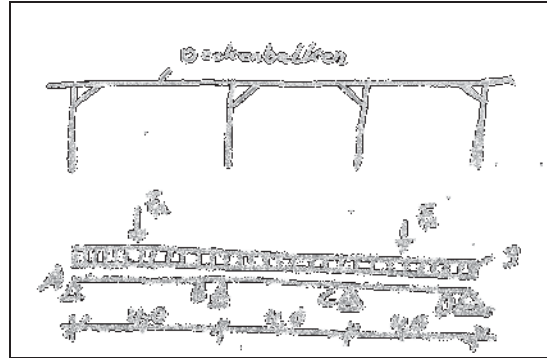


Abb. 40: Statisches System der Deckenbalken

11.2. Lasten aus Zwischendecke

[b]

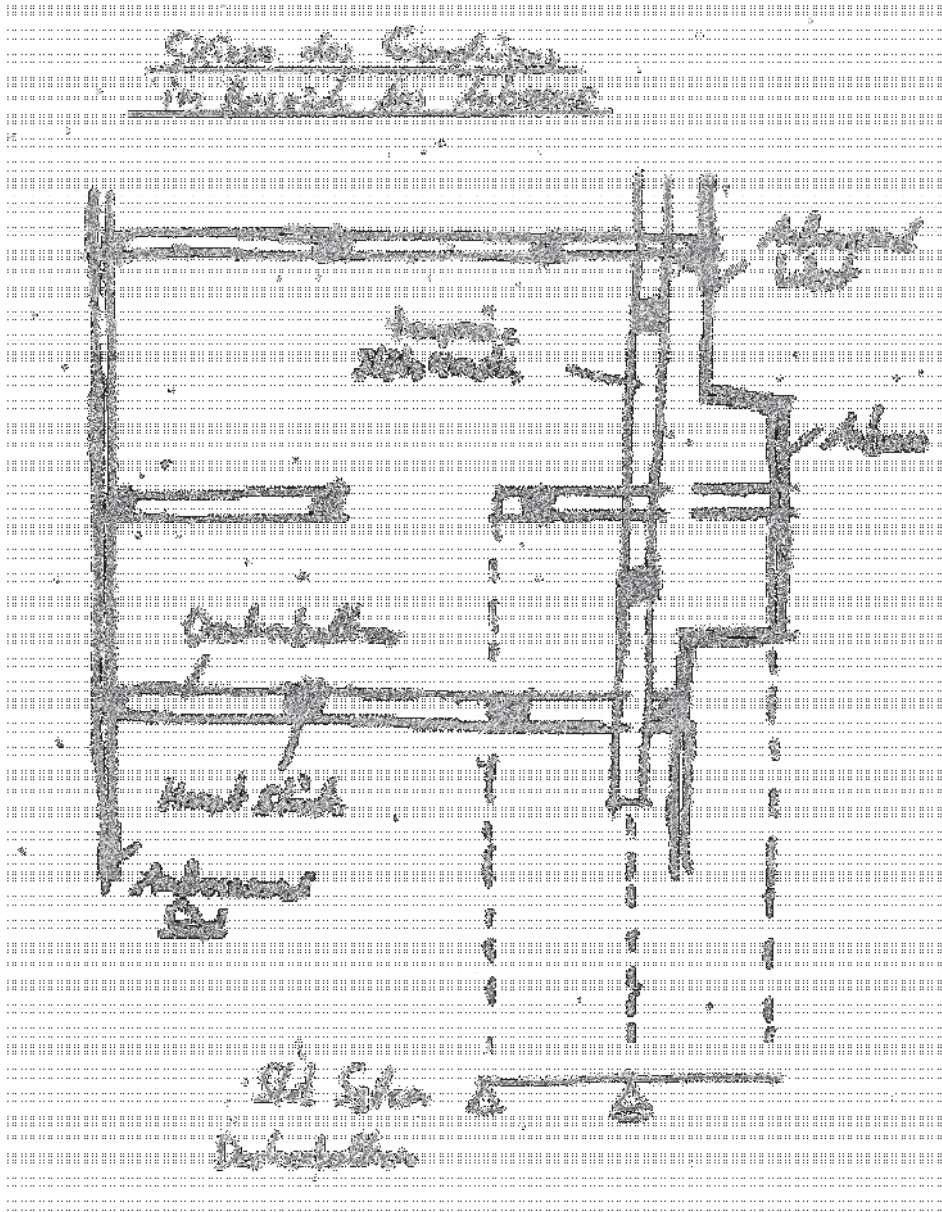


Abb. 41: Skizze Grundriss im Bereich des Anbaus

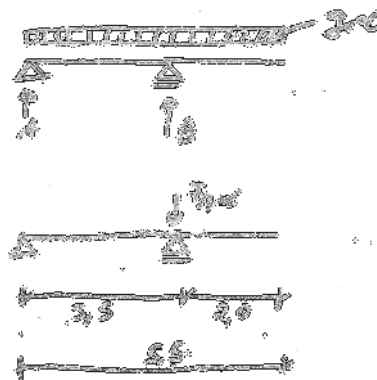


Abb. 42: Skizze Deckenbalken im Bereich des Anbaus

Auflager B aus Eigengewicht g_d

$$B = 1,26 \text{ KN/m} * 5,5 \text{ m} * 5,5 / 2 / 3,5 \text{ m} = 5,45 \text{ KN}$$

Auflager B aus Verkehrslast $F_{p,d}$ = 1,5 KN

B	= 6,95 KN
----------	------------------

[b]

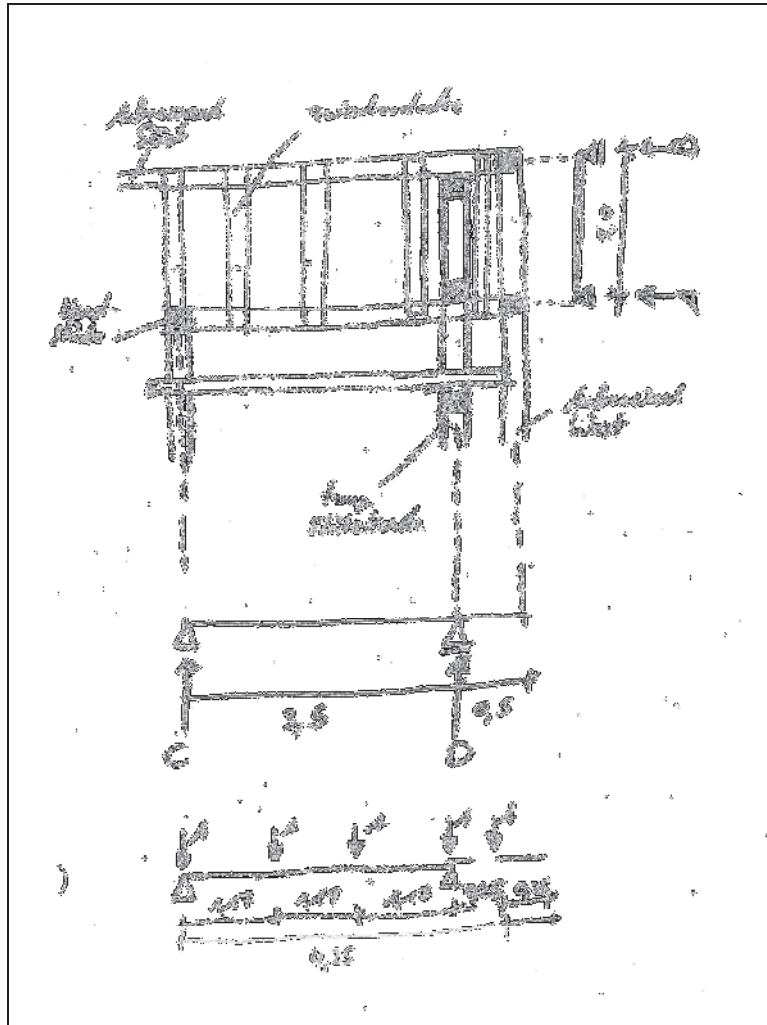


Abb. 43: Skizze Grundriss im Bereich der West/Süd Fassade

Auflager A aus Eigengewicht und Verkehrslast eines Balkens

$$A = \frac{1}{2} * g_d * l + \frac{1}{2} * F_{p,d} = \frac{1}{2} * 1,26 \text{ KN/m} * 3,0 \text{ m} + \frac{1}{2} * 1,5 \text{ KN} = 2,64 \text{ KN}$$

Auflager D des Querbalkens der an die temporäre Sicherung anschließt

$$D = 2,64 \text{ KN} * (1,17 \text{ m} + 2 * 1,17 \text{ m} + 3 * 1,17 \text{ m} + 4,25 \text{ m}) / 3,5 \text{ m} = 8,5 \text{ KN}$$

11.3. Lasten aus Sparren

Auf eine genaue Berechnung mit Berücksichtigung der Exzentrizitäten wurde verzichtet, da diese Berechnungen nur für überschlägige Querschnittsermittlungen dienen. Zur Vereinfachung werden die Auflagerkräfte der Sparren verwendet.

Die Vertikale Auflagerkraft A beträgt. 17,51 kN

[b]

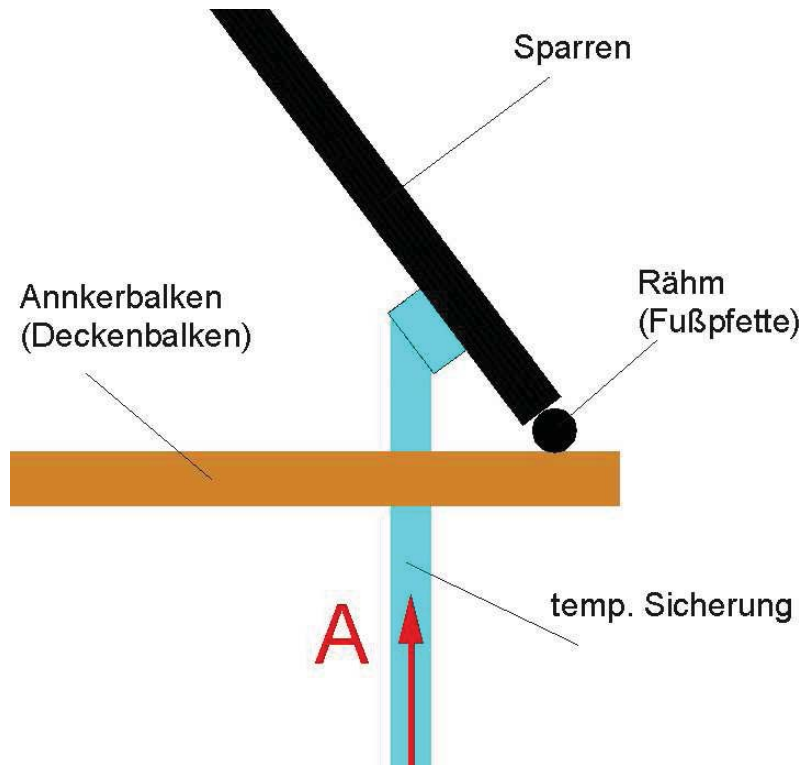


Abb. 44: Auflagerkraft der Sparren

11.4. Nachweis der Pfette

Die Pfette wird aus Montagegründen in zwei Teile gegliedert. So wird die Pfette in System 1 und in System 2 zerlegt.

Ansicht Temp. Sicherung Sparren / Deckenbalken

[b]

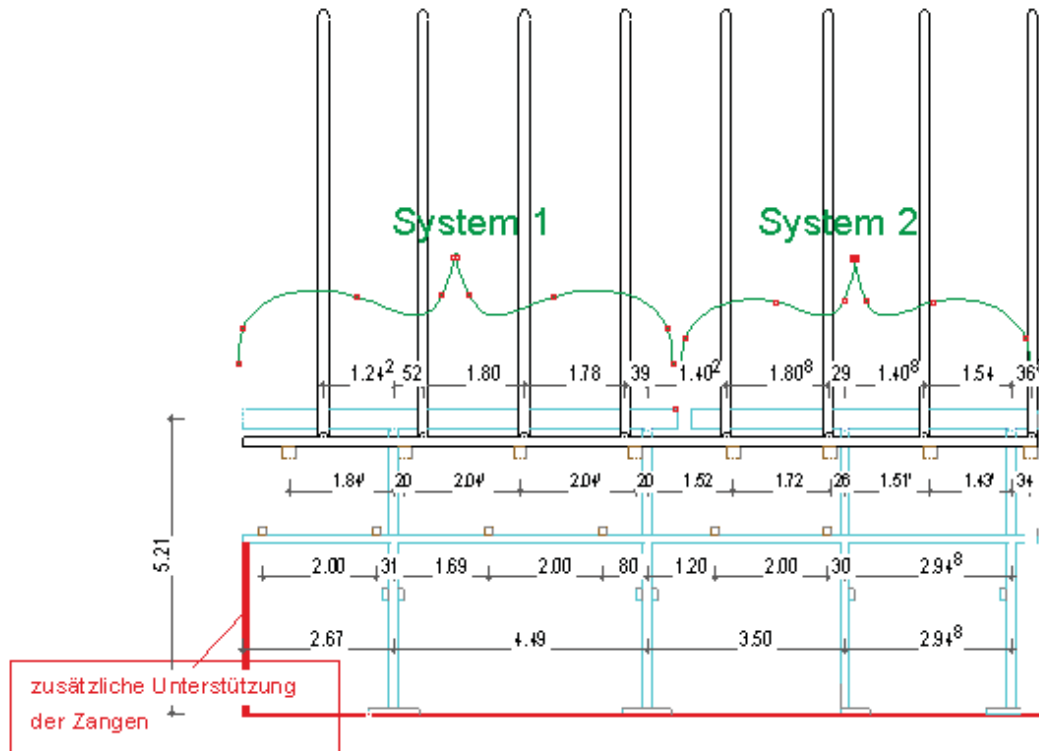


Abb. 45: Ansicht der temporären Sicherung vom Westen

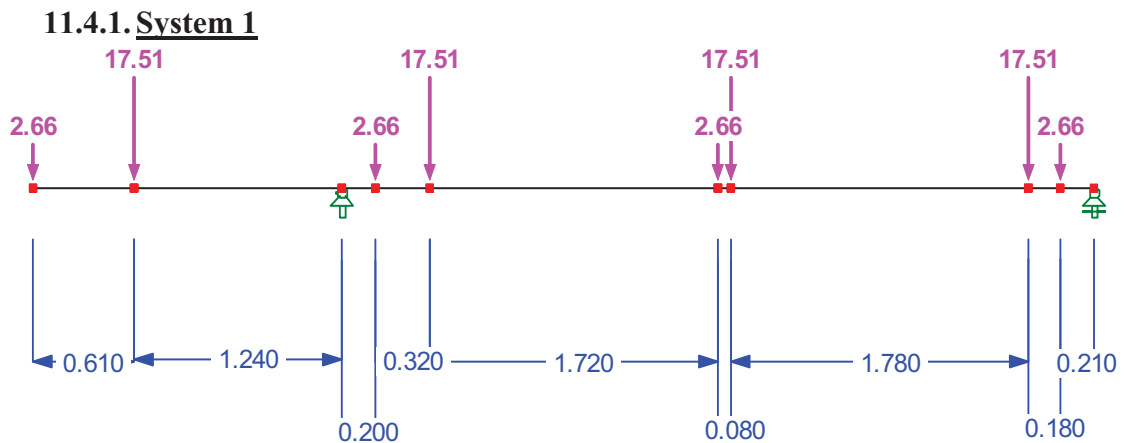
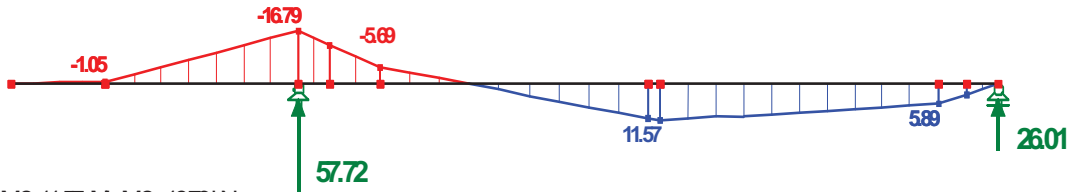


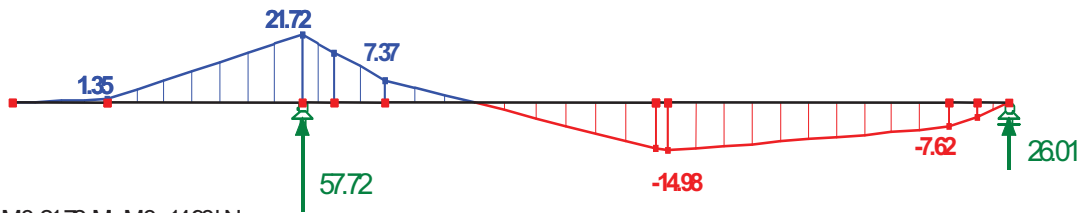
Abb. 46: Statisches System 1

Moment: M_y

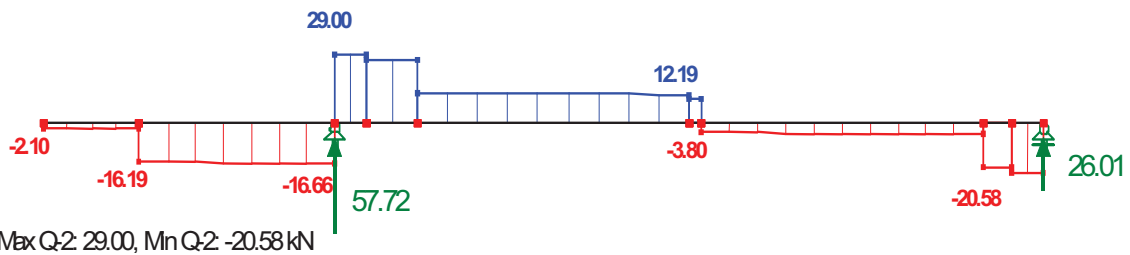


[b]

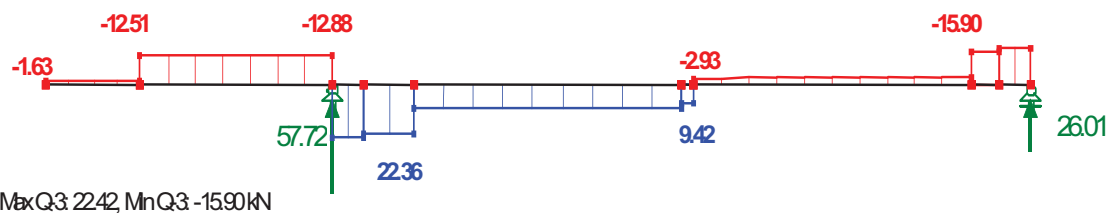
Moment: M_z



Querkraft: Q_y



Querkraft: Q_z

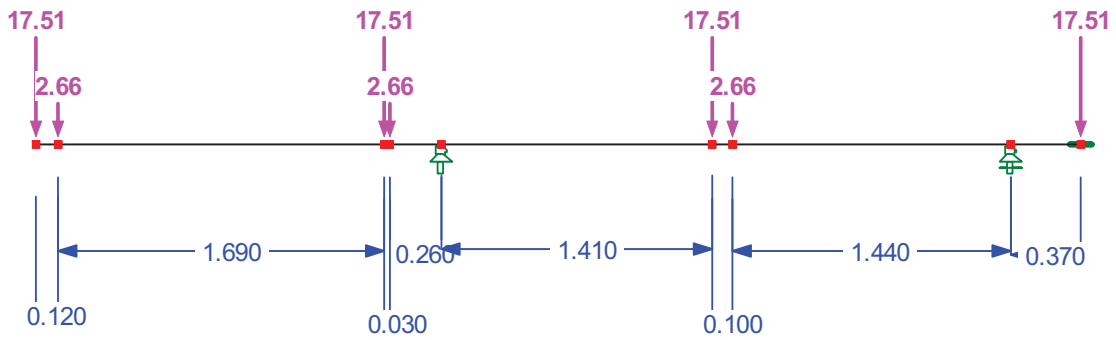


Statische Auslastung der Pfette Querschnitt 240 / 400 mm



Max = 55.5%

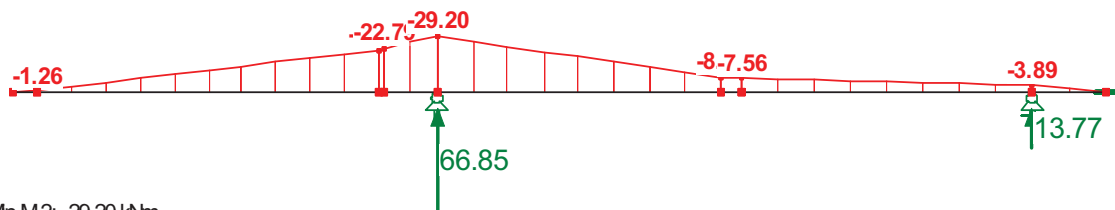
11.4.2. System 2



[b]

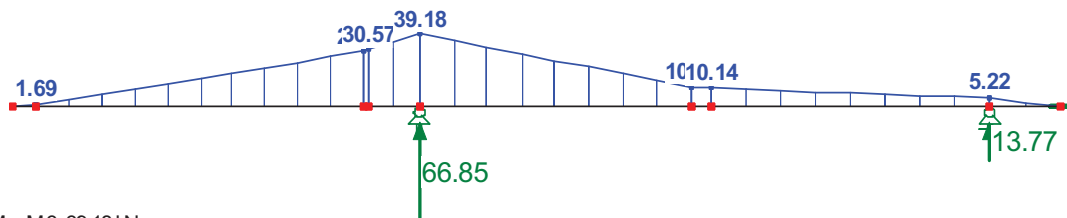
Abb. 47: Statisches System 2

Moment: M_y



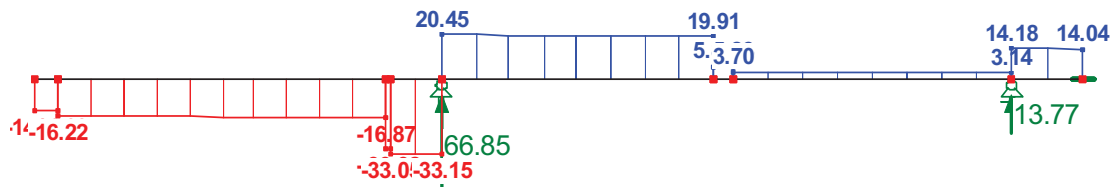
Min M_2 : -29.20 kNm

Moment: M_z



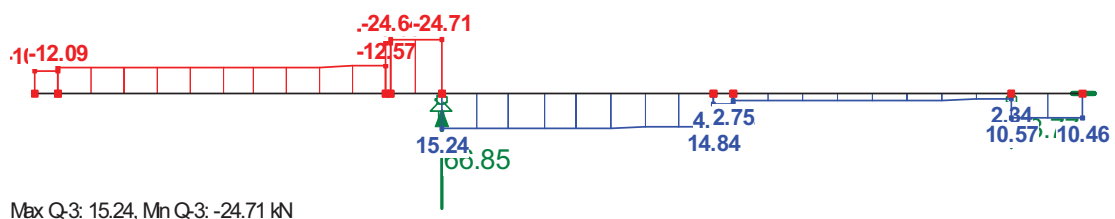
Max M_3 : 39.18 kNm

Querkraft: Q_y



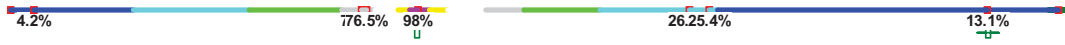
Max Q_2 : 20.45, Min Q_2 : -33.15 kN

Querkraft: Q_z



Max Q_3 : 15.24, Min Q_3 : -24.71 kN

Statische Auslastung der Pfette Querschnitt 240 / 400 mm



Max = 98%

Statische Auslastung der Pfette Querschnitt 280 / 400 mm

[b]



Max = 77.7%

11.5. Nachweis der Zange

Für die Zange sollte eine Zusätzliche Unterstützung an der Stelle des linken äußeren Auflagers geschaffen werden, da sonst die Schnittgrößen zu groß werden und somit größere Querschnitte gebraucht werden.

[b]

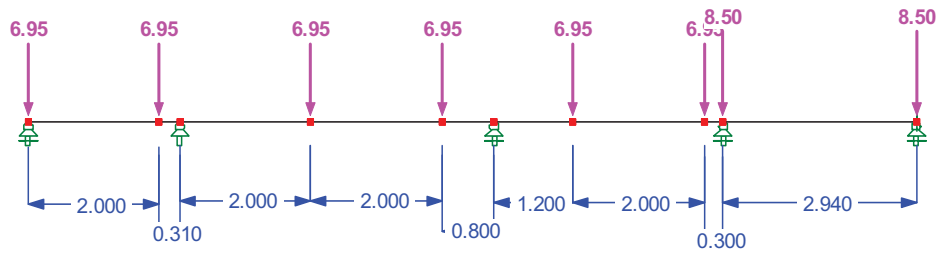
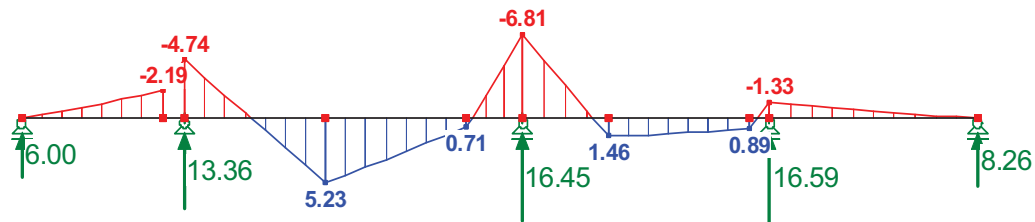


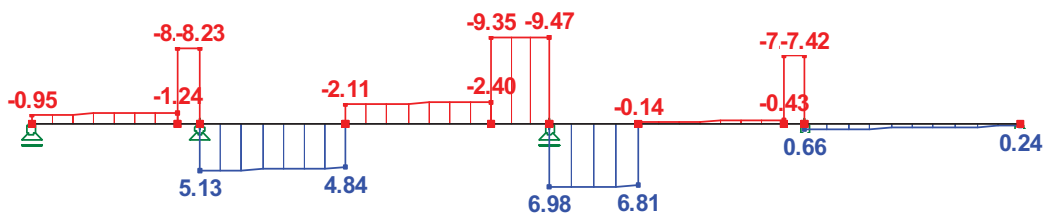
Abb. 48: Statisches System der Zangen

Moment: M_y



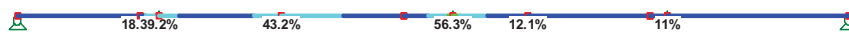
Max M_2 : 5.23, Min M_2 : -6.81 kNm

Querkraft: Q_y



Max Q_3 : 6.98, Min Q_3 : -9.47 kN

Statische Auslastung der Zangen 2 Stück 80 / 160 mm



Max = 56.3%

11.6. Nachweis der Pfosten

Höchstbelastete Stütze:

Last aus Zwischendecke: 16,59 KN

Last aus System 2 der Pfette: 66,85 KN

F= 83,44 KN

[b]

L = 5,21 m = 521 cm a/b = 16 cm Material = GL24h K_{mod} = 0,9

i = 0,289 * a = 0,289 * 14 = 4,624 cm λ = l_{ef} / i = 512 / 4,624 = 110,73 > 110

K_c = 0,307 (aus Tabelle)

$\delta'_{c,0,d} = F / A = 83,44 \text{ KN} / 16^2 \text{ cm} = \underline{0,326 \text{ KN} / \text{cm}^2}$

$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 2,1 \text{ KN/cm}^2 / 1,3 = \underline{1,45 \text{ KN} / \text{cm}^2}$

Nachweis

$\delta'_{c,0,d} / K_c * f_{c,0,d} \leq 1$

0,326 / 0,307 * 1,45 = 0,73

Die Auslastung beträgt 73 % für einen Pfosten aus GL24 h mit 16 / 16 cm

11.7. Nachweis der Zugbänder

F_d = 20 KN d = 1,5 cm S 235

$\delta = F / A = F / \pi * r^2 = 20 \text{ KN} / 3,41 * 0,75^2 \text{ cm} = 11,37 \text{ KN} / \text{cm}^2$

$\delta_{R,d} = f_{yk} / \gamma_M = 24 / 1,1 = 21,81 \text{ KN} / \text{cm}^2$

Nachweis

11,37 / 21,81 = 0,52 > 52 % Auslastung

Die Zugbänder aus S 235 und einem Durchmesser von 1,5 cm sind zu 52 % Ausgelastet.

12. Anhang: S

überschlägige statische Bemessung des idealisierten Gebindes

13. Anhang: Z

Zustandskartierung

[b]

14. Anhang: A

Zustandsprotokolle