



Merima Kabiljagić, BSc

Bestandserfassung und -analyse eines Dachwerkes unter besonderer Berücksichtigung der Knotenlösungen

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieur

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften – Konstruktiver Ingenieurbau

Eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Schickhofer

Dipl. -Ing. Raimund Sieder

Dipl. -Ing. Michael Gstettner

Institut für Holzbau und Holztechnologie

Dipl. -Ing Jelena Janković

Dipl. -Ing Dominik Matzler

holz.bau forschungs gmbh

Graz, Juni 2023

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG AFFIDAVIT

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.

Datum / Date

Unterschrift / Signature

Danksagung

Diese Stelle ist all jenen gewidmet, die mich während meines Studiums unterstützt haben.

Der größte Dank gebührt meinen Eltern. Sie unterstützten mich stets mit ihrem Vertrauen in mich. Damit schenkten sie mir trotz der räumlichen Distanz das Gefühl, nicht allein zu sein, und Motivation.

Meiner Schwester spreche ich ebenfalls ein Dankeschön aus. Als größte Unterstützerin, gleichzeitig jedoch auch Kritikerin, zeigte sie mir stets neue Wege.

Auch bei meinem Mann bedanke ich mich. Als Fachfremder hatte er stets ein offenes Ohr, außerdem sprach er mir motivierend zu.

Meine Tante begleitete mich zu meinen ersten Terminen in die Stadt und kochte mir mein Lieblingsessen. Sie gab mir ein zweites Zuhause in Graz. Ich spreche ihr insbesondere großen Dank dafür aus, dass sie mich selbständiger werden ließ.

Meine Freundin Ermina war mir ebenfalls eine große Stütze. Für ihr offenes Ohr und ihre fast schon ‚therapeutische‘ Einfühlsamkeit in vielen Gesprächen möchte ich mich an dieser Stelle ebenfalls herzlich bedanken.

Mein abschließendes Dankeschön gebührt Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Schickhofer sowie meinen Betreuern für die wertvolle Unterstützung. Ihre umfassenden Korrekturen waren mir im Schreibprozess eine große Hilfe.

Kurzfassung

Eine mögliche Strategie, um der fortschreitenden Versiegelung von Grünflächen entgegenzuwirken besteht darin, auf bereits bebaute (innerstädtische) Flächen zurückzugreifen und diese mit Hilfe geeigneter baulicher Maßnahmen vertikal nachzuverdichten. Um eine fundierte Entscheidung darüber treffen zu können, ob das Dachtragwerk erhaltenswert ist oder nicht, ist u. a. eine umfassende Beurteilung des Ist-Zustandes inkl. des Nachweises der Tragfähigkeit der Konstruktion erforderlich. Hierfür wurde in dieser Arbeit das historische Dachtragwerk des Gebäudes Humboldtstraße 10 in Graz aus dem Jahr 1888 näher untersucht. Im Rahmen der durchgeführten Bauaufnahme wurden die Geometrie und Bauteilabmessungen des Dachtragwerkes und die zugehörigen Detailpunkte aufgenommen und hinsichtlich tragfähigkeitsmindernder Schäden untersucht. Anschließend wurde aus den gewonnenen Informationen eine Zustandsbeurteilung durchgeführt, um eine Aussage über den Handlungsbedarf zur Instandsetzung treffen zu können. Der Schwerpunkt der Arbeit lag in der statischen Modellierung und Analyse des Dachtragwerkes, wobei auch die Nachgiebigkeiten der Holz-Holz-Verbindungen zur Diskussion gestellt wurden. Die 3D-Modellierung zur Ermittlung der Schnittlasten und Ausnutzungsgrade sowie die darauffolgende Nachweisführung erfolgten unter Verwendung eines anerkannten Software-Paketes.

Abstract

To combat the increasing loss of green spaces due to urbanization, one potential strategy is to utilize already developed areas and vertically densify them through suitable construction measures. In order to make an informed decision regarding the preservation worthiness of the roof structure, a comprehensive assessment of its current condition and proof of its structural capacity are essential. This study focuses on the detailed investigation of the historical roof structure of the building located at Humboldtstraße 10 in Graz, which dates back to 1888. Through a thorough building survey, the geometry, dimensions, and connections of the roof structure were documented and carefully examined for any damages that may affect its structural integrity. Based on the gathered information, a detailed condition assessment was carried out to determine the necessary actions for restoration. The primary emphasis of this research lies in the precise static modeling and analysis of the roof structure, with special attention given to the flexibility of the wood-to-wood connections. Three-dimensional modeling techniques were employed to accurately calculate sectional forces and utilization ratios, followed by a comprehensive structural verification using recognized software packages.

Inhaltsverzeichnis

KAPITEL 1: EINFÜHRUNG	1
1-1 MOTIVATION.....	1
1-2 ZIELSETZUNG	2
KAPITEL 2: HISTORISCHE DACHTRAGWERKE	3
2-1 ENTSTEHUNG.....	3
2-2 AUSFÜHRUNGSFORMEN	3
2-2.1 Sparrendach	4
2-2.2 Pfettendach	5
2-3 VERBINDUNGEN HISTORISCHER DACHTRAGWERKE	8
KAPITEL 3: METHODIK EINER BESTANDSERFASSUNG UND ZUSTANDSBEURTEILUNG	9
3-1 ZIELANALYSE UND BESTANDSERFASSUNG	10
3-2 SCHADENSERFASSUNG UND ANALYSE	12
3-2.1 Prüfmethode zur Schadensermittlung.....	14
3-3 ZUSTANDSBEURTEILUNG	15
KAPITEL 4: DACHTRAGWERK HUMBOLDTSTRAÙE 10	18
4-1 GESCHICHTE UND ECKDATEN	18
4-2 BESCHREIBUNG DES DACHTRAGWERKES	21
4-3 BESTANDSERFASSUNG	22
4-3.1 3D-Modell des Dachwerks	24
4-3.2 Achsensystem.....	25
4-3.3 Vollgespärre	27
4-3.4 Leergespärre	28
4-3.5 Stuhlwand.....	29
4-4 FOTOGRAFISCHE EINDRÜCKE DES DACHSTUHLS.....	32
4-5 VERBINDUNGEN	35
4-5.1 Überblick der vorgefundenen Verbindungen	35
4-5.2 Zapfenverbindungen.....	35
4-5.2.1 Stuhlsäule- Schwelle (S5).....	36
4-5.2.2 Stuhlsäule–Mauerbankriegel (S4)	37
4-5.2.3 Weitere Beispiele der geraden Zapfenverbindungen.....	38
4-5.3 Schräge Zapfenverbindung.....	38
4-5.3.1 Stuhlsäule-Kopfband (N3).....	38
4-5.3.2 Mauerbankriegel–Sparre/Strebe (N4).....	39
4-5.3.3 Weitere Beispiele der Einsatz des schrägen Zapfens	41
4-5.4 Scherzapfen	42

4-5.5	Blattverbindung	43
4-5.5.1	Strebe-Kehlbalken und Sparre-Kehlbalken	43
4-5.5.2	Mauerbank-Mauerbank und Rähm-Rähm	45
4-5.5.3	Verbindung Sparre–Stuhlsäule	45
4-5.5.4	Weitere Beispiele zur Blattverbindungen	46
4-6	SCHÄDEN.....	47
4-7	FEUCHTIGKEITSMESSUNGEN	50
4-8	BEURTEILUNG DES BAUZUSTANDES	54
KAPITEL 5: STATISCHE UNTERSUCHUNG		55
5-1	ALLGEMEINES ZUR MODELLBILDUNG	55
5-2	LASTAUFSTELLUNG UND LASTKOMBINATIONEN	57
5-2.1.1	Eigengewicht	57
5-2.1.2	Nutzlasten	58
5-2.1.3	Schneelasten.....	58
5-2.1.4	Windlasten	59
5-2.1.5	Lastfälle, Last- und Einwirkungskombinationen	63
5-3	MODELLIERUNG DES DACHTRAGWERKS	64
5-3.1	Allgemeine Annahmen	64
5-3.2	Geometrie.....	64
5-3.3	Querschnitte	66
5-3.4	Materialeigenschaften	67
5-3.5	Auflager	68
5-3.6	Verbindungen.....	68
5-3.6.1	Steifigkeiten/Nachgiebigkeiten der Verbindungen.....	69
5-3.6.2	Analyse der Verbindungen	71
5-3.7	Knicklängen.....	81
5-4	ERGEBNISSE STATISCHES MODELL.....	81
5-4.1	Globale Lastabtragung der Vollgespärre	81
5-4.2	Globale Lastabtragung der Leergespäre	82
5-4.3	Globale Tragverhalten des Anbaus	83
5-4.4	Globale Tragverhalten des Tragwerks	84
5-4.5	Bauteilnachweise	87
5-4.5.1	Bauteilnachweis Vollgespärre	88
5-4.5.2	Höchste Ausnutzungsgrad	89
5-5	BAUTEILNACHWEISE DER STUHLSÄULE S4.....	90
KAPITEL 6: SCHLUSSBETRACHTUNG		92
KAPITEL 7: LITERATURVERZEICHNIS		93

ANHANG A BESTANDSERFASSUNG

ANHANG B STABTRAGWERKSBERECHNUNG

Abbildung 1-1: Lageplan des Objektes [3]	2
Abbildung 2-1: Funktionsskizze eines Sparrendaches (aus [4])	4
Abbildung 2-2: Die Lastabtragung bei Sparren- und Kehlbalkendächer [4].....	5
Abbildung 2-3: Funktionsskizze eines Pfettendaches (aus [4]).....	6
Abbildung 2-4: Pfettendachstühle nach MEISEL [5].....	6
Abbildung 2-5: Die Schnittkraftverläufe bei den symmetrischen und unsymmetrischen Belastungen eines Pfettendaches [5]	7
Abbildung 2-6: Die Arten zimmermannsmäßiger Verbindungen [4]	8
Abbildung 3-1: Vorgehensweise bei einer Sanierung nach MEISEL [5].....	9
Abbildung 3-2: Verlauf der Bestandserfassung und der Schadensanalyse [15].....	10
Abbildung 3-3: Vermessung (links: des Querschnittes einer Stuhlsäule; mitte: einer Mauerbank; rechts: einer Verbindung)	12
Abbildung 3-4: Einflussfaktoren für die Schadenentstehung [18]	13
Abbildung 3-5: Vorgehensweise bei Diagnose und Analyse nach MEISEL [4].....	15
Abbildung 3-6: Beurteilungsschema nach MEISEL [4].....	16
Abbildung 3-7: Beurteilung des Bauzustandes und weitere Schritte nach MEISEL [4].....	17
Abbildung 4-1: Humboldtstraße 10 (links: Oktober 2017; rechts Oktober 2020) [24].....	18
Abbildung 4-2: Querschnitt des Gebäudes der Humboldtstraße 10 [25], 1888	19
Abbildung 4-3: Lageplan des Gebäudes Humboldtstraße 10 [25], 1988	19
Abbildung 4-4: Grundriss des Dachgeschosses des Gebäudes Humboldtstraße 10 [25], 1988	20
Abbildung 4-5: Satellitenbild der Humboldtsraße [3].....	21
Abbildung 4-6: Bauteilbezeichnung eines „Grazer Dachstuhles“.....	22
Abbildung 4-7: Innenansicht des Dachraums Humboldtstraße 10 (Blickrichtung nach Osten).....	22
Abbildung 4-8: Aufgenommene Sparrenabstände	23
Abbildung 4-9: Systemgeometrie von Vollgespärre 1	24
Abbildung 4-10: 3D-Modell des Dachwerks in der Humboldtstraße 10 mit gekennzeichneten Vollgespärre.....	24
Abbildung 4-11: Dachstuhl in der Humboldtstraße 10 (links: Kamin im Übergang; mitte: Kamin im Hauptdach; rechts: Zugang zum Treppenhaus)	25
Abbildung 4-12: Das angenommene Rastersystem.....	26
Abbildung 4-13: Aufbau Vollgespärre (links: Achsen 1, 2, 5 und 6; rechts: Achsen 3 und 4).....	27
Abbildung 4-14: Hauptachse 1.....	27
Abbildung 4-15: Hauptachse 3.....	28
Abbildung 4-16: Leergespärre Achse 1.2	28
Abbildung 4-17: Leergespärre Achse 3.4	29
Abbildung 4-18: Stuhlwand der Nordseite.....	29
Abbildung 4-19: Stuhlwand der Südseite.....	30
Abbildung 4-20: Fotografische Eindrücke 1 bis 3	32

Abbildung 4-21:	Fotografische Eindrücke 4-7	33
Abbildung 4-22:	Fotografische Eindrücke 8-11	34
Abbildung 4-23:	Anschlüsse bei Vollgespärre 1	35
Abbildung 4-24:	Bohrwiderstandsmessung des Details A (BAa)	36
Abbildung 4-25:	Detail A (DAa) Verbindung Schwelle-Stuhlsäule in der Humboldtstraße.....	36
Abbildung 4-26:	Zeichnerische Detailausbildung der Verbindung Schwelle-Stuhlsäule.....	36
Abbildung 4-27:	Detail B (DBb) Bestandsaufnahme	37
Abbildung 4-28:	Detail B (DBb) zeichnerische Abmessungen	37
Abbildung 4-29:	Bohrwiderstandsmessung (BBb) bei der Stuhlsäule S4	37
Abbildung 4-30:	Verbindung gerade Zapfen (links: Stuhlsäule-Rähm; mitte: Mauerbankriegel- Säule; rechts: Kehlbalken bei Anbau)	38
Abbildung 4-31:	DCb Bestandsaufnahme (links: Ansicht Stuhlwand; rechts: Anschluss Kopfbänder an Stuhlsäule)	39
Abbildung 4-32:	DCb zeichnerische Darstellung der Zapfenverbindung Kopfband- Stuhlsäule.....	39
Abbildung 4-33:	Verbindung Mauerbankriegel mit einer Strebe und eines Sparrens	40
Abbildung 4-34:	DDa zeichnerische Darstellung der Verbindung des Mauerbankriegels mit einer Strebe	40
Abbildung 4-35:	BGc Bohrwiderstandsabmessung durch die Verbindung Mauerbankriegel und Sparre.....	40
Abbildung 4-36:	DGc zeichnerische Darstellung der Verbindung Mauerbankriegel und Strebe.....	41
Abbildung 4-37:	Schräge Zapfen-Verbindung (links: Kopfband-Rähm; rechts Sparren-Ichse)	41
Abbildung 4-38:	Abmessung der Verbindung des Kopfbandes mit dem Rähm.....	42
Abbildung 4-39:	Absicherung Sparren an der Ichse	42
Abbildung 4-40:	Firstbereich-Verbindung zweier Sparren	43
Abbildung 4-41:	Verbindung von einer Strebe mit Kehlbalken mittels „Weißschwanz“	43
Abbildung 4-42:	Zeichnerische Darstellung des Weißschwanzes bei der Verbindung Strebe- Kehlbalken.....	44
Abbildung 4-43:	Verbindung von Kehlbalken mit Sparren mittels „Weißschwanz“	44
Abbildung 4-44:	Zeichnerische Darstellung des Weißschwanzes bei der Verbindung Sparren- Kehlbalken.....	44
Abbildung 4-45:	Schwalbenschwanzeckblatt (links: Mauerbank-Mauerbank; rechts: Rähm-Rähm) 45	
Abbildung 4-46:	DEa Vollkammverbindung Sparren-Stuhlsäule	45
Abbildung 4-47:	Zeichnerische Darstellung DEa.....	46
Abbildung 4-48:	Blattverbindung (links: Mauerbank; rechts: Schwelle).....	46
Abbildung 4-49:	Querschnittsschwächungen	47
Abbildung 4-50:	Bodenunebenheit.....	47
Abbildung 4-51:	West-Süd Mauerbank-Verbindung.....	48
Abbildung 4-52:	Verdrehung des Kehlbalkens.....	48

Abbildung 4-53: Verbindung Rähm und Kopfband.....	48
Abbildung 4-54: Fehlender Holznagel.....	49
Abbildung 4-55: Feuchtigkeitsschaden.....	49
Abbildung 4-56: Bohrwiderstandsmessung an einer durch Feuchte beschädigten Stelle (links: Stellenaufnahme; rechts oben: Š1 beschädigte Stelle; rechts unten Š1.1).....	49
Abbildung 4-57: Übersicht der gemessenen Feuchtigkeit.....	52
Abbildung 5-1: Übersicht der Herausforderung bei der statischen Analyse historischer Dachtragwerke [4] 56	
Abbildung 5-2: Schneelast Einwirkungskombinationen [36].....	58
Abbildung 5-3: Lastaufstellung der Schneelast.....	59
Abbildung 5-4: Gebäude Höhe aus dem Bestandsplan [25].....	59
Abbildung 5-5: Dachflächen bei Sattel- und Trogdächern [39].....	61
Abbildung 5-6: Lastaufstellung der Windlast [kN/m ²]; ID (Innendruck); IS (Innensog).....	62
Abbildung 5-7: Kehlbalken Verdrehung in Achsen 3.3 und 3.5.....	64
Abbildung 5-8: Regelgespärre für Modellbildung.....	65
Abbildung 5-9: Achsabstände für statisches Modell.....	65
Abbildung 5-10: Statisches Modell.....	66
Abbildung 5-11: Federsteifigkeiten der zimmermannsmäßigen Verbindungen für Nadelholz [4].....	70
Abbildung 5-12: Ingenieurmäßiges Lastausbreitungsmodell [4].....	71
Abbildung 5-13: Verbindung Mauerbankriegel-Sparren.....	71
Abbildung 5-14: Verbindung Kopfband-Stuhlsäule.....	73
Abbildung 5-15: Verbindung der Kopfband und Rähm.....	74
Abbildung 5-16: Verbindung der Strebe-Mauerbankriegel.....	76
Abbildung 5-17: Verbindung Stuhlsäule-Rähm.....	77
Abbildung 5-18: Verbindung Stuhlsäule-Mauerbankriegel.....	79
Abbildung 5-19: Darstellung der repräsentativen Achsen.....	81
Abbildung 5-20: Normalkraftverlauf der Vollgespärre 4.....	82
Abbildung 5-21: Normalkraftverlauf der Vollgespärre 1.....	82
Abbildung 5-22: Normalkraftverlauf der Leergespärre 3.4.....	83
Abbildung 5-23: Normalkraftverlauf der Leergespärre 5.3.....	83
Abbildung 5-24: Normalkraftverlauf der Grat und Ichse.....	84
Abbildung 5-25: Momentverlauf der Sparren in der Nordseite des Hauptdaches.....	84
Abbildung 5-26: Momentenverlauf der Sparren in der Südseite des Hauptdaches.....	85
Abbildung 5-27: Normalkraftverlauf in den Sparren der Südseite des Hauptdaches.....	85
Abbildung 5-28: Verformungsbild der Sparren an der Südseite des Hauptdaches.....	86
Abbildung 5-29: Verformungsbild der Ichse und des Grats.....	86
Abbildung 5-30: Verformungsbild bei den Sparren des Anbaus.....	87

Abbildung 5-31: Verformungsbild des gesamten Daches	87
Abbildung 5-32: Ausnutzungsgrad in der Achse 4.....	88
Abbildung 5-33: Ausnutzungsgrad bei W5	89
Abbildung 5-34: Die maximale Ausnutzungsgrad des Rähms	89
Abbildung 5-35: Maximale Ausnutzungsgrad an Problemstellen nach der Anpassung.....	90

KAPITEL 1: EINFÜHRUNG

1-1 MOTIVATION

„Mehr als 350.000 Gebäude in Österreich sind älter als 100 Jahre und die Stadt Graz ist seit 1999 UNESCO-Weltkulturerbe. Zwei Gründe für das Institut, sich der historischen Bausubstanz auch in Lehre und Forschung zu widmen.“ [1]

Neben den beiden bereits durchgeführten Forschungsprojekten – „D(N)achhaltigkeit Graz“ (Laufzeit (16 Mo): Jänner 2010 bis April 2011) und „Holz-Holz-Verbindungen“ (Laufzeit (24 Mo): April 2012 bis März 2014) – am Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz in Kooperation mit der holz.bau forschungsgmbh läuft seit dem 1. September 2022 ein weiteres Projekt in diesem Themenfeld.

Das aktuell laufende Forschungsprojekt „Holz-On-Top (kurz: „HOT“) – Städtische Nachverdichtung mit modularen Holzkonstruktionen (Laufzeit (24 Mo): September 2022 bis August 2023)“ verfolgt das Ziel, ausgewählte historische Dachwerke zu erfassen, diese unter Berücksichtigung der gegenwärtig gültigen Normenwerke – insbesondere der Last- und Konstruktionsnormen – zu analysieren und auf die Tauglichkeit einer vertikalen Verdichtung des dort verfügbaren Dachraumes zu überprüfen.

Sowohl für den Erhalt dieser Dachwerke als auch für eine Nutzung des Dachraumes ist es von größter Bedeutung, eine detaillierte Bestandserfassung und -analyse durchzuführen, um darauf basierend fundierte Schritte setzen zu können.

Die auf Grund der Stadtentwicklung zentrumsnahe Lage von historischer Bausubstanz – im konkreten Fall jene der so genannten „Gründerzeit“ – führt gewöhnlich auch zu einer erhöhten Nachfrage und damit zu einer Wertsteigerung des in diesen Objekten verfügbaren respektive adaptierbaren Wohnraumes.

Um dieses für viele Städte doch bestimmende Bild eines geschlossenen „Gründerzeit-Ensembles“ erhalten zu helfen, soll mit einer Fokussierung auf die Dachraumnutzung eine vertikale Verdichtung erreicht werden. Mit diesem Vorgehen kann sowohl dem Abriss des Gebäudebestandes selbst als auch einer fortschreitenden Versiegelung von Grünfläche – gemeint ist beispielsweise eine hofseitige horizontale Verdichtung – entgegengewirkt werden. (vgl. [2]).

Als Ergebnis der Bestandserfassung liefert das Projekt „HOT“ Informationen über vorliegende Schäden am Dachwerk und ermöglicht damit eine zielsichere Aussage hinsichtlich eventuell erforderlicher Instandsetzungsmaßnahmen.

1-2 ZIELSETZUNG

In dieser Masterarbeit wurde ein Dachwerk in der Humboldtstraße 10, 8010 Graz zum Untersuchungsgegenstand. Wie in der Abbildung 1-1 ersichtlich, befindet sich dieser im Kerngebiet der Stadt Graz. Das Ziel besteht darin, eine ausreichend genaue Abbildung des Dachwerks zu erhalten, um eine statische Analyse durchführen zu können, den Schadenszustand zu ermitteln, die Verbindungen zu dokumentieren und die Tragfähigkeit zu überprüfen. Besondere Aufmerksamkeit galt den Verbindungen sowie der genaueren Erfassung des Tragwerkes. Eine absolute Genauigkeit ist aufgrund des Aufwands und der Komplexität des Tragwerks nicht möglich.

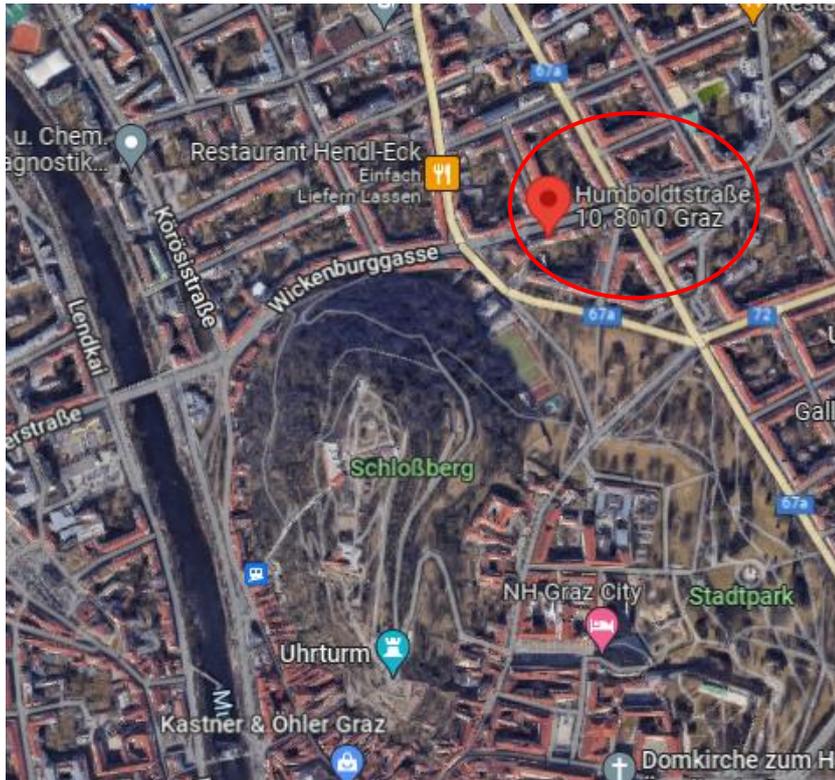


Abbildung 1-1: Lageplan des Objektes [3]

KAPITEL 2: HISTORISCHE DACHTRAGWERKE

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Dachtypen und -konstruktionen im Detail dargebracht. Um die Dachkonstruktionen besser verstehen zu können, werden auch die historische Entwicklung und die statischen Systeme einbezogen. Aufgrund des begrenzten Wissens über Statik wurden Dächer bis ins 19. Jh. nach Erfahrung und traditioneller Bauweise errichtet.

2-1 ENTSTEHUNG

Dachwerke, die vor dem Jahr 1900 errichtet wurden, werden als historische Dachwerke bezeichnet. [4] Solche traditionelle Baukonstruktionen erzählen die Geschichte über ihre Zeit, Kultur und Fähigkeiten der Leute, die ohne heutiges Wissen der Baustatik, Dachwerke errichtet haben. Dachtragwerke weltweit sind Zeugnisse vergangener Zeiten und verdeutlichen, wie wichtig die Auswahl der Materialien und eine sorgfältige Konstruktion sind, um langlebige Tragwerke zu errichten.

Holz wird seit jeher aufgrund seiner Verfügbarkeit in der Natur und seines geringen Gewichts im Verhältnis zur hohen Festigkeit als tragendes Element für unterschiedliche Dachkonstruktionen verwendet. Auch heutzutage bleibt Holz ein bevorzugtes Baumaterial für Dachwerke.

Die Entwicklung und Veränderung von Dachkonstruktionen wurde durch die Zeit, Tradition und der vorhandenen Montagemöglichkeiten bestimmt. Heute ermöglichen viele neue Erkenntnisse und Forschungen die Entwicklung neuer und besserer Tragwerke, aber auch den Schutz für bestehende. Eine regelmäßige Instandhaltung ist dabei von entscheidender Bedeutung, um historische Objekte zu erhalten und ihre Lebensdauer zu verlängern. Dies verhindert die Entstehung tragfähigkeitsmindernder Schäden.

Im Rahmen des „Bauens im Bestand“ wurden detailliertere Untersuchungen durchgeführt, einschließlich genauer Bestandsaufnahmen und statischer Analysen. Anhand dieser Untersuchungen wurde der Ist-Zustand bewertet, um darauf aufbauend weitere Schritte einzuleiten. Basierend auf einer detaillierten Bestandserfassung soll eine möglichst realitätsgetreue Modellierung für die statischen Berechnung erfolgen. Die daraus resultierenden Ergebnisse – Schnittlasten und Verformungszustände – werden für die Nachweisführung und der Ermittlung der Ausnutzungsgrade an den Holzelementen und Knotenpunkten verwendet.

2-2 AUSFÜHRUNGSFORMEN

Die Bauformen unterscheiden sich vor allem in Bezug auf die Anordnung der einzelnen Bauteile und ihre Entstehungszeit. Die Wahl der Bauform hängt jedoch oft auch von der Verfügbarkeit der verschiedenen Materialien ab. Bei den zwei Grundtypen von Dachwerken handelt es sich um das Sparren- und Pfettendach. [4]

2-2.1 SPARRENDACH

Bei diesem Dachtyp werden mehrere Dreieckenrahmen hintereinander angeordnet, wobei optional auch zusätzliche Unterstützungen der Sparren eingesetzt werden können. Abbildung 2-1 stellt die Kraftübertragung dar, wobei die Querkraft, Normalkraft und das Biegemoment von dem Sparren und den dadurch entstehenden Horizontalschub durch den Bundtram übernommen werden. Der Bundtram hat die Rolle eines Zugbandes. [4]

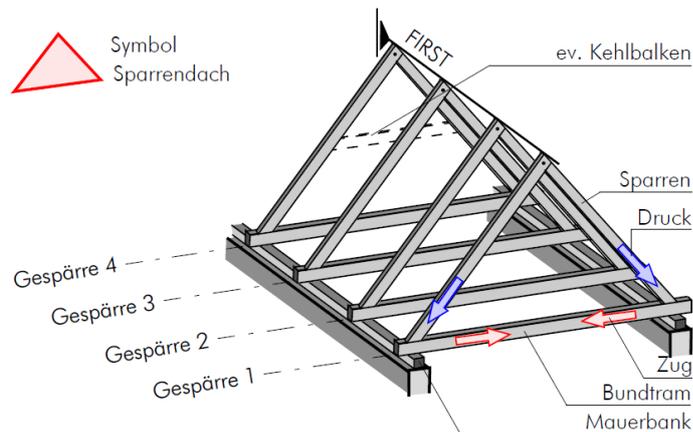


Abbildung 2-1: Funktionskizze eines Sparrendaches (aus [4])

Das Sparrendach hat den Vorteil, dass der Raum stützenfrei bleibt und auch für Dächer mit steiler Neigung geeignet ist. Dabei übernehmen die Sparren eine entscheidende Funktion. Die freie Spannweite bei Sparren- /Kehlbalkendächern sollte idealerweise nicht mehr als 5 m betragen. Bei größeren Distanzen sind zusätzliche Stützen erforderlich, um die Lastabtragung zu gewährleisten. Diese Stützen führen oft zu einer zusätzlichen Beanspruchung des Bundtrams und erfordern größere Querschnitte. Historische Dächer weisen oft eine Spannweite von 6 bis 8 m auf, was zu wirtschaftlich ungünstigen und größeren Querschnitten führt. Bei symmetrischer Belastung ist es sinnvoll, die Sparren auf dem Kehlbalken abzustützen, um eine bessere Verteilung der Biegemomente zu erreichen. Diese Konstruktion wird als Kehlbalkendach bezeichnet. Bei asymmetrischer Belastung hingegen werden die Sparren belastet, während die Kehlbalken kaum zur Entlastung dieser Sparren beitragen. In Abbildung 2-2 sind die Kraftverläufe grafisch dargestellt. [4] [5]

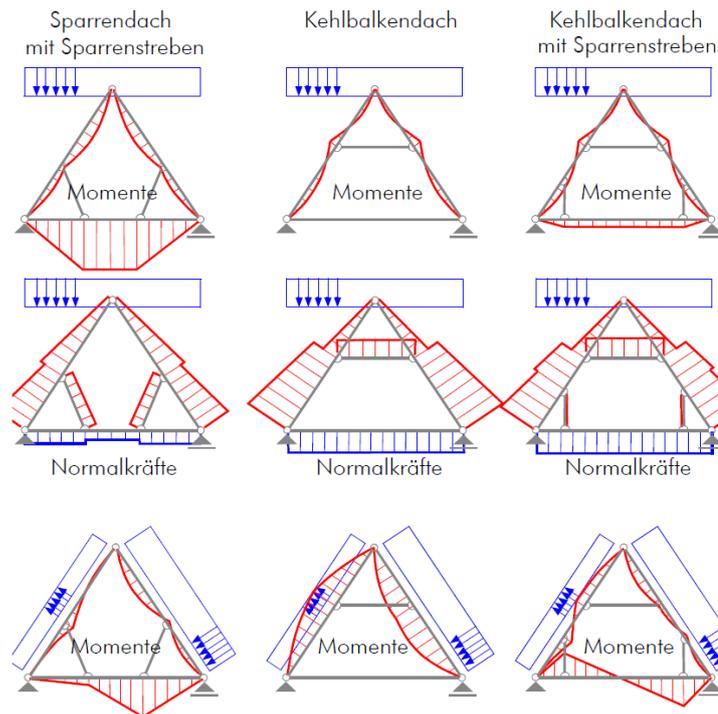


Abbildung 2-2: Die Lastabtragung bei Sparren- und Kehlbalkendächern [4]

Die Bundträme können bei vereinfachten Konstruktionen im Abstand von jedem zweiten bis siebten Gespärre angeordnet werden und belasten dabei die Mauerbank. Diese sind essenziell für die Ableitung und Aufnahme der horizontal auftretenden Kräfte und sorgen dafür, dass diese nicht vom anschließenden Mauerwerk aufgenommen werden.

Eine Variante zur Erhöhung der Steifigkeit von Kehlbalkendächern wird durch die Verwendung von zusätzlichen Stäben, den sogenannten Sparrenstreben, ermöglicht. Diese Variante eignet sich gut für einen größeren Dachvorsprung, da die Tragfähigkeit durch das Hinzufügen von tragenden Stäben erhöht wird.

2-2.2 PFETTENDACH

Bei den Pfettendächern sind es die Sparren, welche Biegemomente, Querkräfte und geringe Normalkräfte aufnehmen und als Biegeträger bezeichnet werden. Die Pfetten sind auf einer Wand oder Stuhlsäule aufgelagert und übertragen die Biegemomente durch die Sparren in den First. Das Pfettendach eignet sich besonders für flachere Dächer, bei denen die Ableitung der Windlasten nicht zu aufwendig wird. Die Abbildung 2-3 zeigt eine Konstruktion eines Pfettendaches. [4]

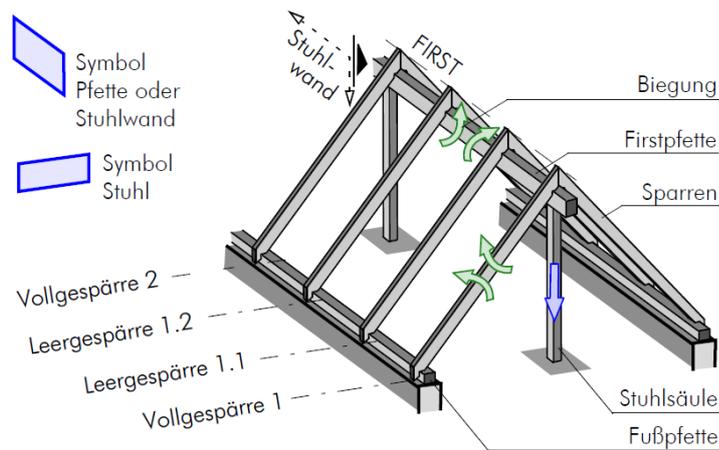


Abbildung 2-3: Funktionsskizze eines Pfettendaches (aus [4])

Mit dem Anfang des 20. Jahrhunderts kamen die Pfettendächer immer mehr zur Anwendung. Im Vergleich zum Sparren-/Kehlbalkendach ist die Konstruktion eines Pfettendaches wesentlich einfacher und leichter zu realisieren und zu berechnen.

Die Pfettendächer lassen sich nach MEISEL [5] wie folgend unterteilen in:

- stehende Stühle:
 - einfach stehender Pfettendachstuhl,
 - mehrfach stehender Pfettendachstuhl,
- liegende Stühle:
 - einfach liegender Pfettendachstuhl,
 - mehrfach liegender Pfettendachstuhl,
- hängende Stühle:
 - Pfettendachstuhl mit einfachem Hängewerk,
 - Pfettendachstuhl mit doppeltem Hängewerk,
 - Pfettendachstuhl mit dreifachem Hängewerk,
- abgestrebte stehende Stühle.

Das Pfettendach kann je nach Anzahl der Pfetten als Einfach-, Zweifach- oder Mehrfach-Pfettendachstuhl bezeichnet werden. Hierbei werden Fußpfetten bzw. Mauerbänke nicht mitgezählt. (Abbildung 2-4)

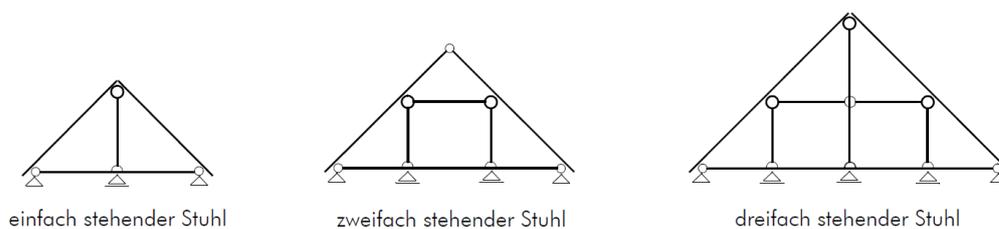


Abbildung 2-4: Pfettendachstühle nach MEISEL [5]

Da die Sparren im Fall des Pfettendaches keine wesentliche Funktion bei der Lastabtragung haben, werden sie bei der statischen Berechnung entkoppelt. Die Abbildung 2-5 zeigt die Ergebnisse bei symmetrischen und unsymmetrischen Lastenwirkungen.

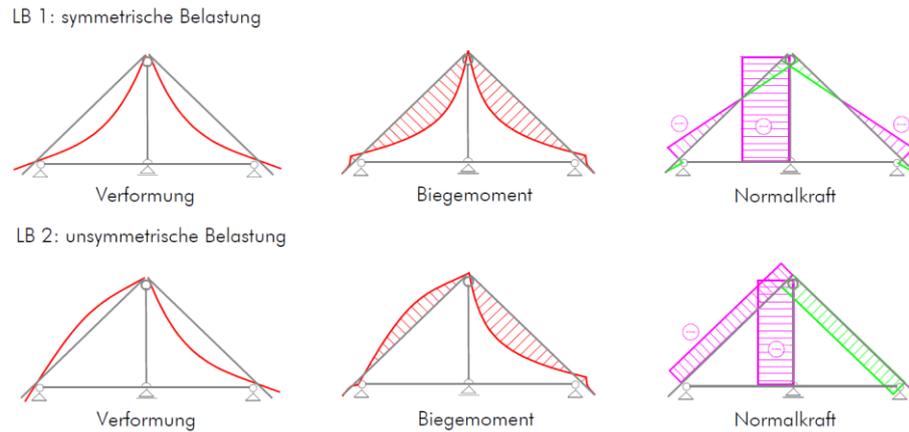


Abbildung 2-5: Die Schnittkraftverläufe bei den symmetrischen und unsymmetrischen Belastungen eines Pfettendaches [5]

Eine vertiefende Behandlung von Pfettendächern erfolgt nicht im Rahmen dieser Masterarbeit. Für weiterführende Informationen wird die Literatur von BINDING [6], LEHRMANN [7], MÖNCK [8], OSTENDORF [9] empfohlen.

Da es nicht möglich ist, Dächer in nur zwei Typen klar zu klassifizieren, wurden weitere Klassifikationen entwickelt. Diese basieren auf den Konstruktionsgliedern, die an der globalen Lastabtragung beteiligt sind, nämlich der Firstnormalen bzw. der Firsthorizontalen. Die detaillierten Klassifizierungen und vertiefende Erklärungen dazu finden sich in den Arbeiten von MEISEL [4], OSTENDORF [10], HOLZER/KÖCK [11], MÖNCK [12] oder DEINHARD [13].

2-3 VERBINDUNGEN HISTORISCHER DACHTRAGWERKE

Um ausreichende Tragfähigkeit eines Tragwerks zu gewährleisten, spielen die Verbindungen eine entscheidende Rolle. Holz-Holz-Verbindungen übertragen die Lasten an den Kontaktstellen zweier zu verbindender Holzbauteile. Es muss also ein Kontakt zwischen Holzflächen gegeben sein. Auf diesen Kontaktflächen werden daher die Lasten auf Druck – von in Faserrichtung bis hin zu quer zur Faserrichtung – und auf Scheren übertragen. Reibung spielt dabei eine wichtige Rolle. Die Übertragung der Zugkräfte ist nur begrenzt möglich. Zusätzlich werden Holznägel als Lagesicherung verwendet. Auch Stahlnägel und Eisenverstärkungen sind häufig zu finden. [5]

Im Laufe der Jahrtausende wurden immer wieder einzelne unterschiedliche Verbindungen bevorzugt, laut GERNER [14] waren schon 3000 v. Chr. alle Verbindungen bekannt. Zum Beispiel wurden bis ins 15. Jh. Blattverbindungen verwendet, danach kamen Zapfenverbindungen zur Anwendung.

In der folgenden Abbildung werden verschiedene Kombinationen von Verbindungsarten und mögliche Verbindungsformen dargestellt. Eine nähere Erläuterung der Verbindungen sowie weitere Beispiele finden sich im Kapitel 4-5.

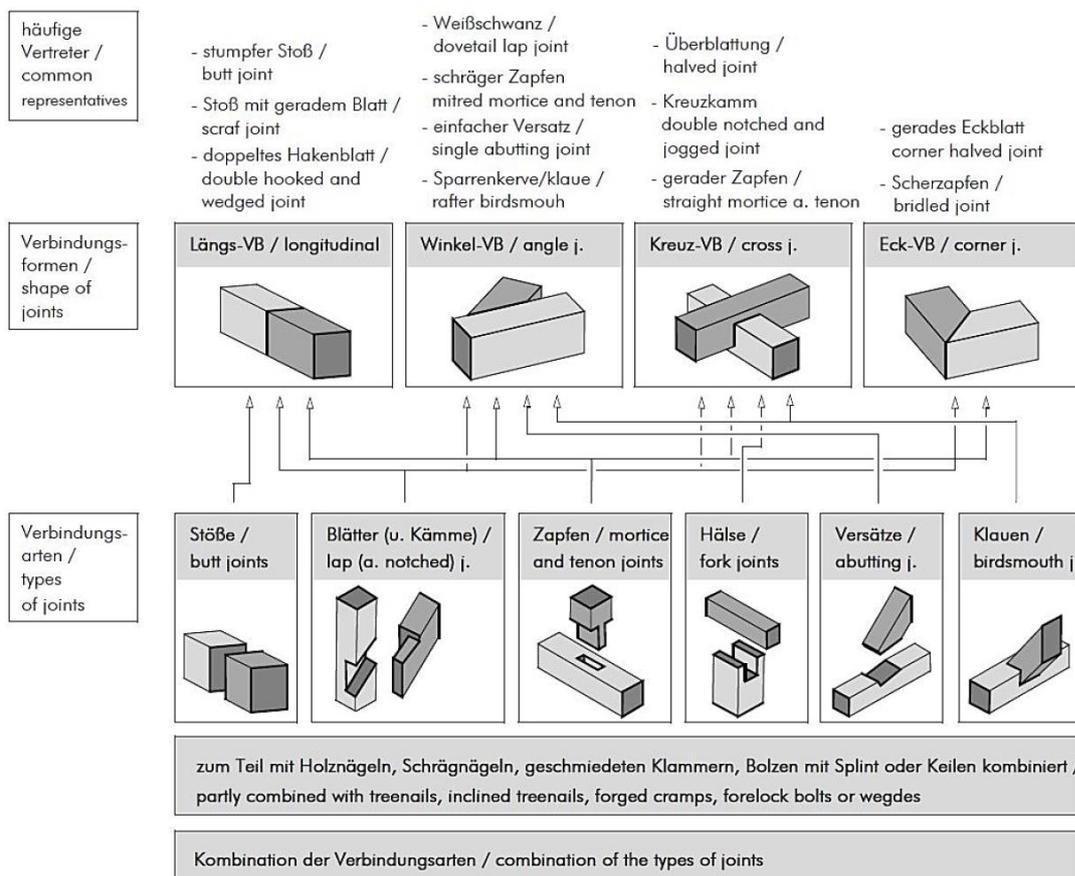


Abbildung 2-6: Die Arten zimmermannsmäßiger Verbindungen [4]

KAPITEL 3: METHODIK EINER BESTANDSERFASSUNG UND ZUSTANDSBEURTEILUNG

In diesem Kapitel werden die Bestandserfassung und die Zustandsbeurteilung eines Dachtragwerkes erläutert. MEISEL [5] fasst den Projektablauf einer Sanierung in sieben Schritten zusammen. Von den sieben genannten Schritten in Abbildung 3-1, befasst sich diese Masterarbeit mit den ersten vier Punkten: der Zielanalyse, der Bestandserfassung, der Schadensanalyse und der Bauzustandsanalyse. Letztere drei werden hier vernachlässigt da es sich hier um kein Sanierungsprojekt in diesem Sinne handelt.

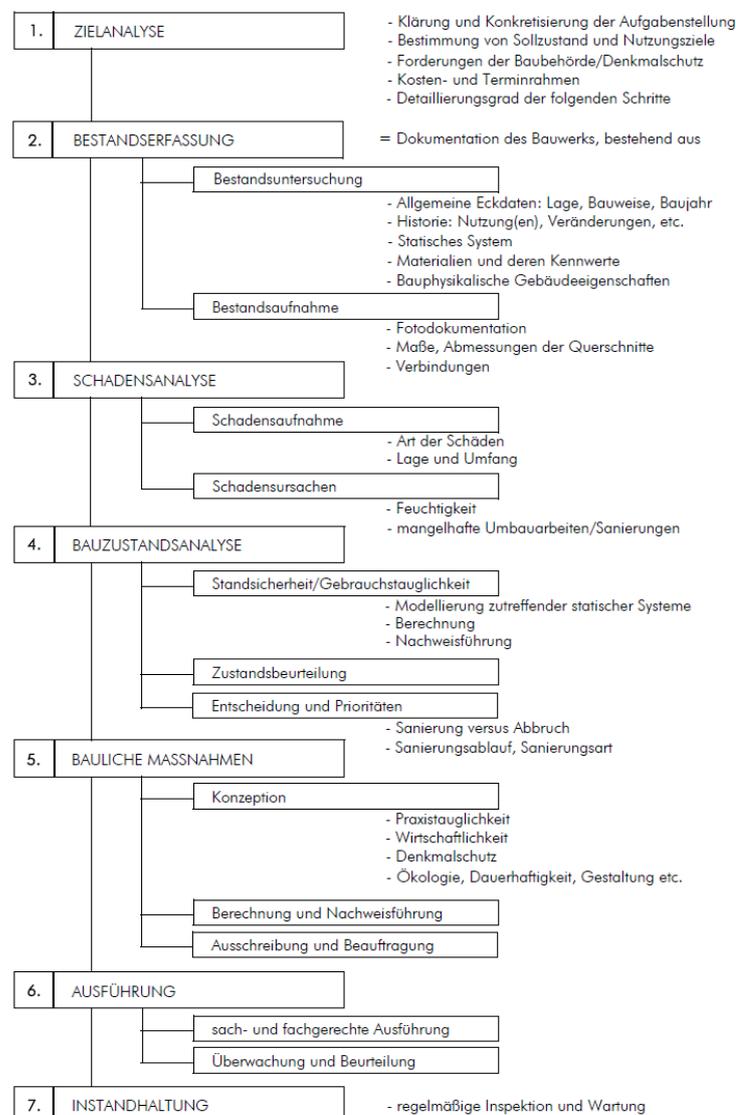


Abbildung 3-1: Vorgehensweise bei einer Sanierung nach MEISEL [5]

3-1 ZIELANALYSE UND BESTANDSERFASSUNG

Ein sinnvoller erster Schritt bei der Erfassung und Beurteilung eines bestehenden Bauwerks ist die Durchführung einer Zielanalyse. Dabei sollten in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Personen klare Aufgabenstellungen definiert werden, um das Ziel effizient und zeitnah zu erreichen. Hierbei sollte auch das vorgesehene Nutzungsziel im Auge behalten werden, um präzise Kosten- und Terminpläne zu erstellen. [5]

Der nächste Schritt besteht darin, das Tragwerk zu besichtigen und die eventuell vorhandenen Unterlagen, wie Bestandspläne, einzusehen. Zunächst ist es wichtig, eine erste visuelle Beurteilung durchzuführen. Um den Zustand des Tragwerks genau zu erfassen und beurteilen zu können, ist es wichtig, die Qualität des Holzes und den Erhalt der Verbindungen zu dokumentieren. Dabei sollten neben den allgemeinen Daten wie Baujahr, Lage, Konstruktion und Historie auch wichtige Aufmaße wie Abstände der einzelnen Tragelemente zueinander, Querschnitte und Längen kontrolliert und ausgemessen werden. Besonders relevant ist auch eine Fotodokumentation. Es wird empfohlen, diese Schritte so detailliert wie möglich durchzuführen, um einen genauen IST-Zustand des Tragwerks zu ermitteln und die weiteren Schritte qualitativ fundiert durchführen zu können. [5]

Eine sorgfältige Bestandserfassung und -beurteilung ist für die erfolgreiche Durchführung von Sanierungs- oder Umbaumaßnahmen entscheidend. Die bei der Bestandsaufnahme durchzuführenden Schritte sind in der Abbildung 3-2 dargestellt.

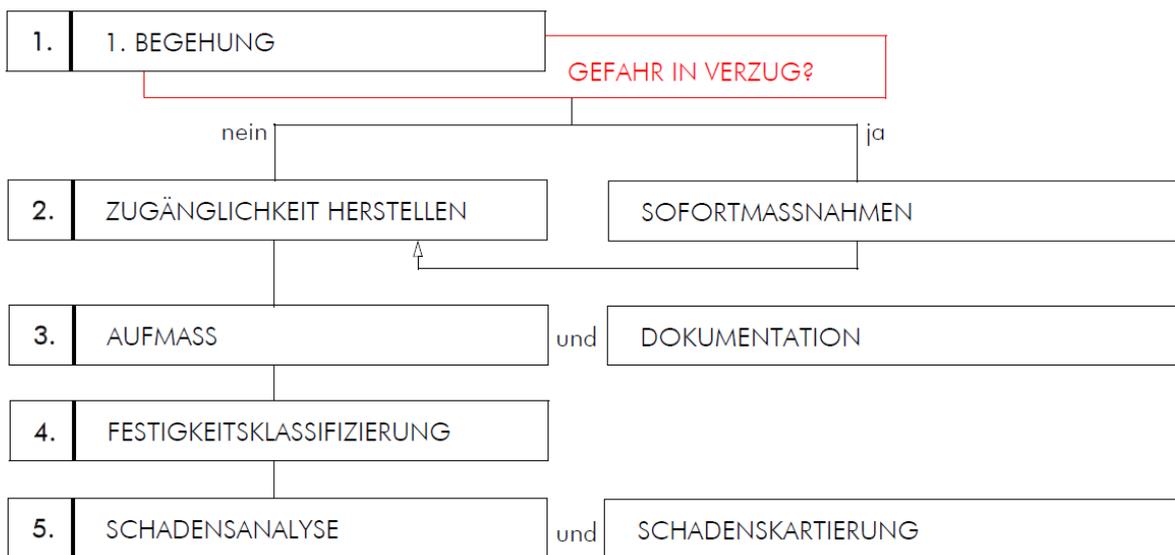


Abbildung 3-2: Verlauf der Bestandserfassung und der Schadensanalyse [15]

Um die Bestandsaufnahme zu erleichtern, sollten alle Objekte, die den Zugang zur Konstruktion behindern, entfernt werden. Empfohlen ist auch die Zuordnung einer Genauigkeitsstufe nach GROMER und ECKSTEIN [16].

- Genauigkeitsstufe I: Maßstab 1:100;
 - schematische und vollständige Darstellung in einer Freihandzeichnung vor Ort;
 - nicht darzustellen sind Bauschäden, Verformungen und Durchbiegungen;
 - darzustellen sind: Außenabmessungen, Wandöffnungen, Winkel von Gebäudeecken, Dicke von Wänden und Decken, Höhen von Geschoß und Dachstuhl;
- Genauigkeitsstufe II: Maßstab 1:50 oder 1:100;
 - wirklichkeitsnahes Aufmaß als Voraussetzung für einfache Sanierungs-, Sicherungs- oder Umbaumaßnahmen;
 - Genauigkeit bis +/-10 cm;

- Darstellung von Spannrichtungen, Fußbodengefälle, Neigungen, Struktur und Aufbau der Wände, usw.;
- Genauigkeitsstufe III: Maßstab 1:50;
 - exakte und verformungsgetreue Erfassung des Objektes;
 - Grundlage: die Voraussetzungen für den Umbau und den Erfordernissen für die Bauforschung sind erfüllt;
 - ein dreidimensionales System, das sowohl innen als auch außen bis ins Detail aufgebaut ist;
 - Genauigkeit bis +/- 2,5 cm;
 - zum Darstellen: detaillierte Konstruktion von Wänden und Decken, Bauschäden, Baufugen, Baumaterialien, usw.;
- Genauigkeitsstufe IV: Maßstab 1:25;
 - genaues Aufmaß als Fundament für schwierige Umbaumaßnahmen;
 - alle Voraussetzungen aus der Stufe III mit der Genauigkeit von bis zu +/- 2,5 cm;
 - größere Darstellungsgenauigkeit für statische Berechnungen, die Maßstab 1:10 und Genauigkeiten bis +/- 0,5 cm benötigen.

Nach MEISEL [5] sind für eine exakte Bestandserfassung folgende Arbeitsmittel erforderlich:

- Person:
 - persönliche Schutzausrüstung (festes Schuhwerk und Handschuhe, evtl. Helm, Sicherheitsgurt, etc.);
 - Steigeinrichtung je nach Bedarf (zum Beispiel Leiter, Hubsteiger, etc.);
 - Taschenlampe oder Stirnlampe (weil Dachböden oft nicht beleuchtet sind);
- Dokumentation:
 - Schreibplatte, leere Protokollseiten, Kreide, Klebezettel;
 - Kamera, Blitz, Stativ und Weitwinkelobjektiv;
 - Gefäße für Proben, Lupe (Holzartenbestimmung, Holzschädlingsbestimmung);
 - Besen oder Handfeger zum Reinigen der Holzoberflächen;
 - starke Taschenlampe und/oder Halogenstrahler;
- Messen:
 - Rollmeter, Meterstab, Messlatte;
 - elektronisches Distanzmessgerät;
 - Hammer, Nägel, Schnur;
 - Fühlerlehre (Rissbreitenbestimmung), Draht (um beispielsweise die Tiefe von Zapfenlöchern messen zu können);
 - Brechstange (Zugänglichkeit zu Bauteilen und/oder Verbindungen herstellen);
 - Lot (für Schiefstellungen);
 - Holzfeuchtemessgerät;
 - Bohrwiderstandsmessgerät;
 - weitere Messgeräte wie: Theodolit, Totalstation (ideal für verformungsgerechte Aufmaße), Endoskop.

Die, in der Humboldtstraße 10, verwendeten Hilfsmittel sind in Abbildung 3-3 dargestellt.



Abbildung 3-3: Vermessung (links: des Querschnittes einer Stuhlsäule; mitte: einer Mauerbank; rechts: einer Verbindung)

3-2 SCHADENSERFASSUNG UND ANALYSE

Nach der ersten Begehung des Dachwerks und der Feststellung, dass keine größeren gefährlichen Verformungen oder Schäden vorhanden sind, erfolgt die erste Phase der Bestandserfassung. Sobald die Bestandspläne erstellt wurden, so dass das Einfügen von Art, Ort und Umfang der Schäden möglich ist, kann mit der Schadenserfassung begonnen werden. Die erste Schadenserfassung erfolgt visuell, wofür eine gute Beleuchtung der zu untersuchenden Bauteile erforderlich ist.

Die Schäden können durch Klangproben, Bohrwiderstandsmessungen, Probenentnahmen und/oder In-situ-Prüfungen festgestellt werden. Alle Bauteile sind zunächst mittels Klopfprobe zu untersuchen.

Die häufigsten Schadensursachen an historischen Dachtragwerken sind:

- Feuchtigkeit,
- Insektenbefall,
- Beschädigungen durch mechanische oder chemische Behandlungen,
- fehlende Lagesicherungen,
- Überbeanspruchungen einzelner Teile,
- fehlende/unregelmäßige Instandsetzungen,
- undichte Dachdeckung,
- usw.

Besonders anfällige Stellen sind:

- Traufpunkten (Sparren- und Stuhlsäulenfußpunkten),
- Grate/Ichsen, Kaminanschlüssen,
- Dachverschneidungen,
- Materialwechseln (Mauerwerk–Holz),
- usw. [2]

Die Einflussfaktoren und Ursachen nach LISSNER/RUG [17] für die Schadensentstehung sind in der Abbildung 3-4 dargestellt.

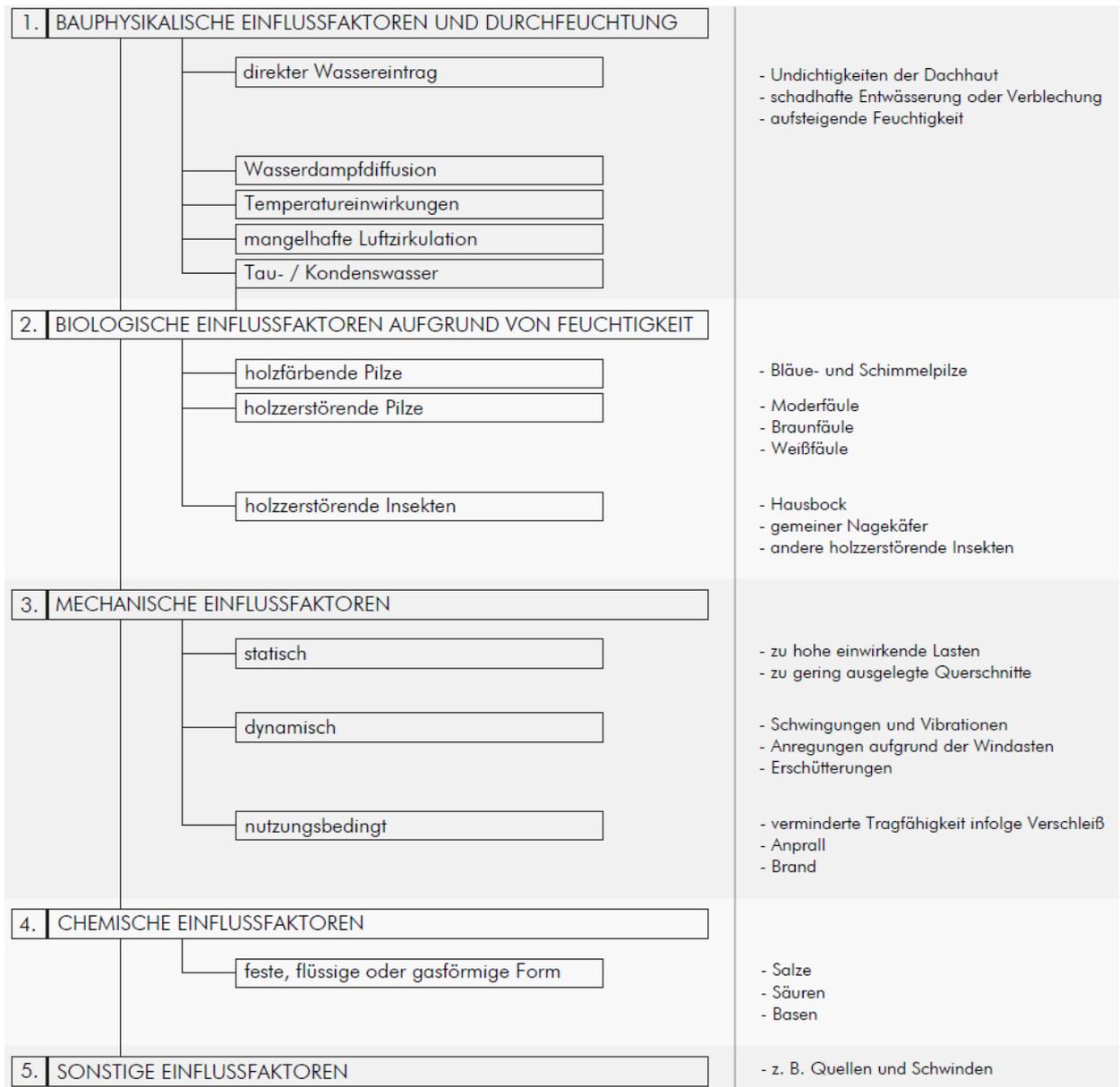


Abbildung 3-4: Einflussfaktoren für die Schadenentstehung [18]

Weitere Autoren, die sich intensiver mit diesem Thema beschäftigt haben, sind MÖNCK [19] sowie LIBNER/RUG [17].

3-2.1 PRÜFMETHODEN ZUR SCHADENSERMITTLUNG

Bei der Erfassung der Schäden wurde vorzugsweise eine zerstörungsfreie Methode angewandt, bei der das Material nicht gebohrt oder in einem sonstigen Ausmaß beschädigt wurde. Die Prüfmethode zur Schadenserfassung lt. ERLER [20] sind in Tabelle 3-1 dargestellt.

Tabelle 3-1: Prüfmethode der Schadenserfassung nach Erler [20]

Prüfgegenstand	Verfahren	Hinweis
Geometrische Messung - Aufmaß - verformungsgetreues Aufmaß	- Bandmaß	zf
	- elektronischer Entfernungsmesser	zf
	- Wasserwaage	zf
	- Photogrammetrie	zf
	- Nivellier, Theodolit	zf
Holzfehler - Risse - Löcher	- visuell	zf
	- Risstiefen-Messstab	zf
	- Rissbreiten-Lupe	zf
Befall durch Schadorganismen	- visuell	zf
	- Ultraschall	zf
	- Spitzhammer	za
	- Bohrkerne	za
	- Endoskop	za
	- Bohrwiderstandsmessung	za
Holzfeuchte	- elektrische Messung	zf
	- Thermografie (bedingt)	zf
	- Darr-Wägung von Proben bei 103°C	za
Biegefestigkeit, E-Modul	- Ultraschall (bedingt)	zf
	- Probelastung	zf
Druckfestigkeit, Rohdichte	- Bohrkerne	za
	- Bohrwiderstandsmessung	za
Nachweis chem. Agenzien	- Salz-Nachweis durch Leitfähigkeit	zf
	- Bohrspäne	za
	- Bohrkerne	za
	- Reagenz-Lösungen	za
	- Speziallabors	za
Eindringtiefe chem. Agenzien	- Bohrkerne und Reagenz-Lösung	za
Ortung Metall	- Metalldetektor	zf
zf: zerstörungsfrei; za: zerstörungsarm		

Für die Schadensaufnahme wurden im Rahmen dieser Masterarbeit drei Methoden verwendet: die Klopfprobe, die Holzfeuchtemessung und die Bohrwiderstandsmessung. Im Folgenden werden diese Methoden näher erläutert.

- **Klopfprobe:**
Bei der Klopfprobe werden die tragenden Bauteile mit einem Zimmermannshammer angeschlagen. Anhand des Klangs, der beim Anschlagen zu hören ist, kann entschieden werden, ob es sich um beschädigtes oder feuchtes Holz handelt. Außerdem kann durch die Klopfprobe festgestellt werden,

ob es sich um tragende oder nichttragende Holzbauteile handelt oder ob nur oberflächliche Schäden vorhanden sind. [20] [17]

- **Bohrwiderstandsmessung:**
Mit Hilfe dieser Methode kann die relative Festigkeit des Holzes zerstörungsfrei ermittelt werden. Dabei wird ein Bohrnagel mit einer Spitzendicke von ca. 3 mm in das Holz gebohrt und über die dafür benötigte Motorleistung wird eine Dichtekurve erzeugt und abgelesen. Die Dichtekurve gibt zudem Auskunft über den Ort der Beschädigung im Bauteil und kann für die Messung der Dicke des Bauteils an unzugänglichen Stellen verwendet werden. Diese Methode wird auch bei der Untersuchung von Verbindung angewendet, bei denen die Dichtekurve einen Übergang von einem Teil zum anderen oder zum Zapfen zeigt. [20] [17]
- **Feuchtigkeitsmessung:**
Die Feuchtigkeit des Holzes wurde mittels elektrischer Widerstandsmessung mit einem Holzfeuchtemessgerät bestimmt. Das Messgerät misst den Ohm'schen Widerstand zwischen zwei Elektroden, indem es bis zur gewünschten Tiefe in den Holzbauteil eingedrückt wird. Die Holzfeuchte hängt von der Temperatur und der Holzart des zu untersuchenden Bauteils ab. Dabei nimmt die Genauigkeit der zu bestimmenden Feuchtigkeit bei über 30% ab. [17] [20]

Nach Feststellung der Schäden wurde eine Schadensanalyse durchgeführt, um die Ursachen und die Auswirkungen der Schäden auf die Tragfähigkeit des Systems festzustellen. Die Vorgehensweise nach MEISEL [4] bis zur Schadensanalyse ist in Abbildung 3-5 dargestellt.

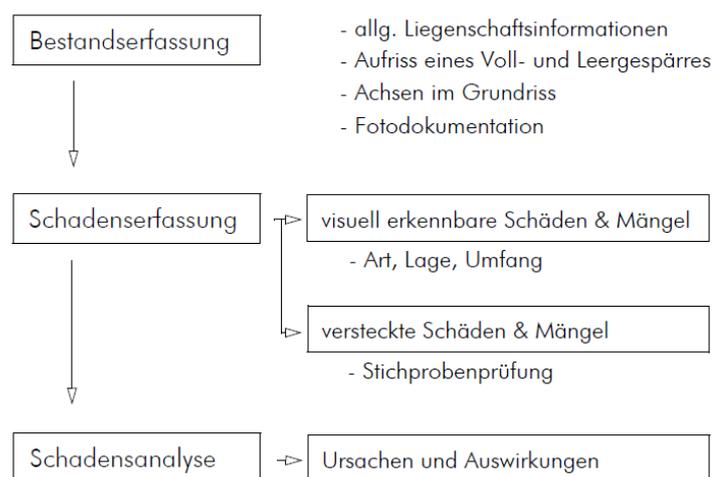


Abbildung 3-5: Vorgehensweise bei Diagnose und Analyse nach MEISEL [4]

3-3 ZUSTANDSBEURTEILUNG

Nach der Bestandsaufnahme und der Schadensanalyse wird die Beurteilung des Bestandes durchgeführt. Hierfür wurde ein Bewertungsschema von MEISEL [4] entwickelt, das aus rund 100 untersuchten Dachtragwerken entstanden ist. Bei diesem Verfahren wird ein Punktesystem zur Beurteilung verwendet. Dieses Bewertungsschema ist in der Abbildung 3-6 zu finden.

Zustandsbeurteilung eines historischen Dachtragwerks aus Holz

Schadensfolgeklasse	(maximal 1 Punkt)
&	0,5 ... für gewöhnliche Bauten 1 ... für Bauten mit Menschenansammlungen und Bauten an stark frequentierten Straßen

Tragsicherheit	(insgesamt maximal 4 Punkte)
Grad der statischen Unbestimmtheit [K1]	0,5 ... für statisch bestimmte oder nahezu statisch bestimmte Tragwerke
Umbauten und Instandsetzungen [K2]	0,5 ... für Tragwerke, die in den letzten Jahrzehnten (rund 50 Jahre) nicht fachgerecht verändert wurden 1 ... für Tragwerke, die in den letzten Jahrzehnten an statisch besonders wesentlichen Stäben und/oder Verbindungen offensichtlich nicht fachgerecht verändert wurden
Holzerstörung (Pilz- oder Insektenbefall) [K3]	0,5 ... für Tragwerke, die mäßige Schäden ohne fachgerechte Instandsetzung aufweisen. Diese Schäden gehen über oberflächige Beeinträchtigungen hinaus und betreffen auch statisch wesentliche Bauteile. 1 ... für Tragwerke, die schwere Schäden ohne fachgerechte Instandsetzung aufweisen 1,5 ... für Tragwerke, die schwere Schäden an statisch besonders wesentlichen Stäben oder Verbindungen aufweisen
Verbindungs- und/oder Stabversagen [K4]	0,5 ... wenn einzelne, statisch wesentliche Verbindungen und/oder Stäbe infolge von Überbelastung oder Holzerstörung versagt haben 1 ... wenn mehrere, statisch wesentliche Verbindungen und/oder Stäbe infolge von Überbelastung oder Holzerstörung versagt haben und dies besondere Auswirkungen auf das Gesamttragverhalten hat
konstruktive Mängel [K5]	0,5 ... wenn die Dimensionen der statisch wesentlichen Bauteile außergewöhnlich schlank sind 1 ... wenn es sich beim Tragwerk offensichtlich um eine Fehlkonstruktion handelt und/oder statisch unbedingt erforderliche Stäbe oder Verbindungen fehlen
große Verformungen und/oder Klaffungen [K6]	0,5 ... wenn statisch wesentliche Stäbe und/oder das gesamte Tragwerk deutlich sichtbar verformt sind und/oder zahlreiche Verbindungen klaffen. Die Verformungen (oder Klaffungen) können nicht mehr durch die Anatomie des Holzes erklärt werden.
Verschlechterungstendenz [K7]	0,5 ... wenn die Dachdeckung, -anschlüsse und -entwässerung mangelhaft sind und/oder das angrenzende Mauerwerk durchfeuchtet ist und/oder die Bauhölzer stark verschmutzt sind und/oder aus anderen Gründen eine Verschlechterung des Zustandes zu erwarten ist.
&	

In-Situ-Probebelastungen	- 0,5 ... wenn in den letzten drei Jahren eine außergewöhnlich große Einwirkung auftrat und infolgedessen keine Schäden eintraten. - 1 ... analog wie zuvor, jedoch für gezielt aufgebrachte Probebelastungen
--------------------------	--

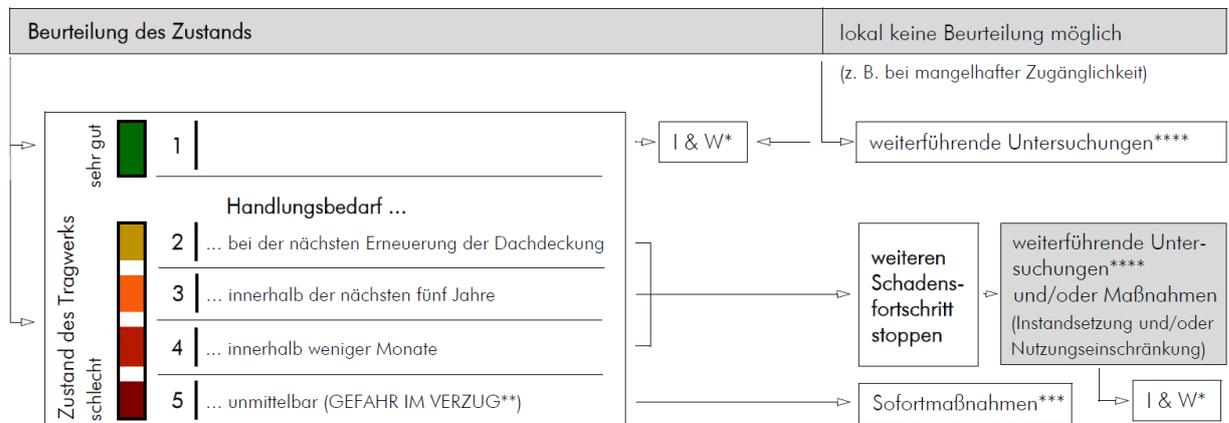
SUMME der Punkte

weitere Kriterien und die Erfahrung des Gutachters [K8]	Die Summe der Punkte dient als erste Entscheidungsgrundlage für die Beurteilung. Im Rahmen der „weiteren Kriterien“ erfolgt eine kritische Evaluierung der bisher vorliegenden Summe der Punkte als auch die Berücksichtigung aller bisher nicht beachteter Kriterien bzw. Aspekte. Die Durchführung regelmäßiger Inspektionen könnte hier beispielsweise berücksichtigt werden. Für die Vergabe dieser Punkte (positiv/negativ) ist die Erfahrung des Gutachters gefordert.
---	--

BEURTEILUNG des ZUSTANDS (Endsumme der Punkte = Note gemäß Bild 6)

Abbildung 3-6: Beurteilungsschema nach MEISEL [4]

Mit den erhaltenden Punkten aus den angeführten Kriterien kann mittels dem folgenden Beurteilungsschema ermittelt werden, wann oder ob bereits Handlungsbedarf besteht.



Anmerkungen zu Bild 3.8:

* ... I & W: regelmäßige Inspektion und Wartung

** ... Definition: Von einer baulichen Anlage ist mit hinreichender Wahrscheinlichkeit eine Gefährdung von Menschen in absehbarer Zeit zu erwarten.

*** ... z. B. Evakuierung

**** ... Unter „weiterführende Untersuchungen“ werden hier insbesondere baustatische Analysen verstanden.

Abbildung 3-7: Beurteilung des Bauzustandes und weitere Schritte nach MEISEL [4]

Die Bewertung des Bauzustandes ist abhängig von:

- der Schadensfolgeklasse lt. Eurocode 0 [21]
- der Tragsicherheit und
- eventuellen Funktionsprüfungen (Probebelastung). [22]

Die Zustandsbeurteilung eines Dachwerks ist für die Planung seiner Sanierung oder Erhaltung von fundamentaler Bedeutung. Regelmäßige Instandsetzung, Inspektion und Wartung sind entscheidend, um neue Schäden zu vermeiden und das Dachwerk möglichst lange zu erhalten. Obwohl dies mit Kosten verbunden ist, kann langfristig eingespart werden.

KAPITEL 4: DACHTRAGWERK HUMBOLDTSTRAÙE 10

In diesem Kapitel werden die Bestandserfassung und Analyse der Dachkonstruktion des Gebäudes Humboldtstraße 10 dargestellt. Zunächst wird ein Überblick über die historischen Daten des Gebäudes gegeben, gefolgt von einer Beschreibung der Dachgeometrie sowie der vorgefundenen Schäden.

4-1 GESCHICHTE UND ECKDATEN

Das dreigeschossige Wohngebäude wurde 1887-88 von Carl Heller erbaut. [23] Wie in Abbildung 4-1 ersichtlich, wurde das Gebäude einseitig freistehend errichtet und im Dezember 2019 von einem Neubau umschlossen.



Abbildung 4-1: Humboldtstraße 10 (links: Oktober 2017; rechts Oktober 2020) [24]

In den Gebäudeplänen von 1888 und 1988, die in Abbildung 4-2 bis Abbildung 4-4 dargestellt sind, ist zu erkennen, dass das Dachgeschoss für Wohnzwecke genutzt wurde. Im Lageplan (siehe Abbildung 4-3) ist ersichtlich, dass das Gebäude leicht nordwest-südöstlich ausgerichtet ist.

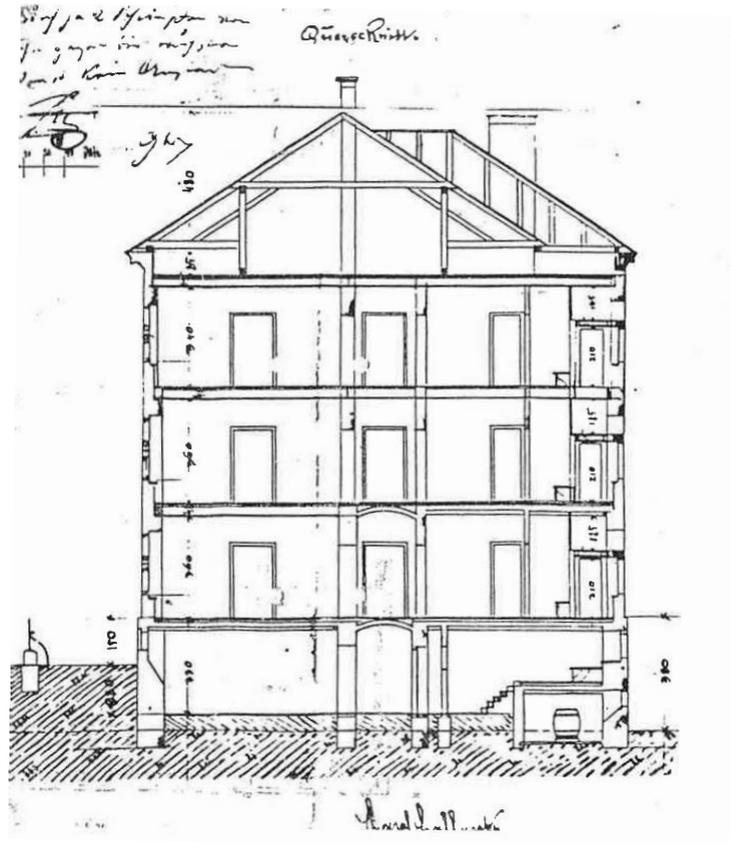


Abbildung 4-2: Querschnitt des Gebäudes der Humboldtstraße 10 [25], 1888

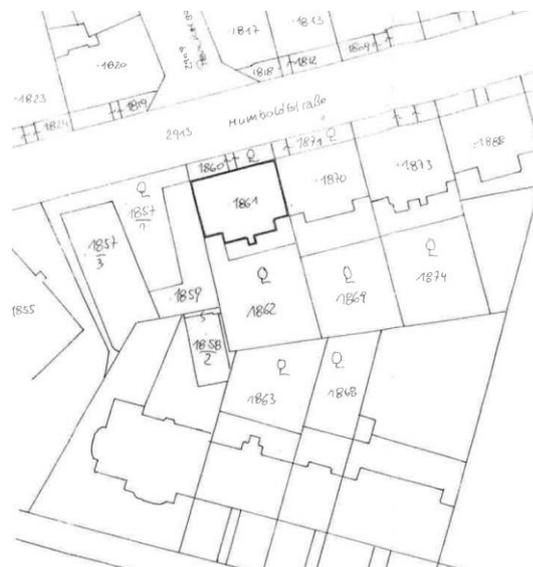


Abbildung 4-3: Lageplan des Gebäudes Humboldtstraße 10 [25], 1988

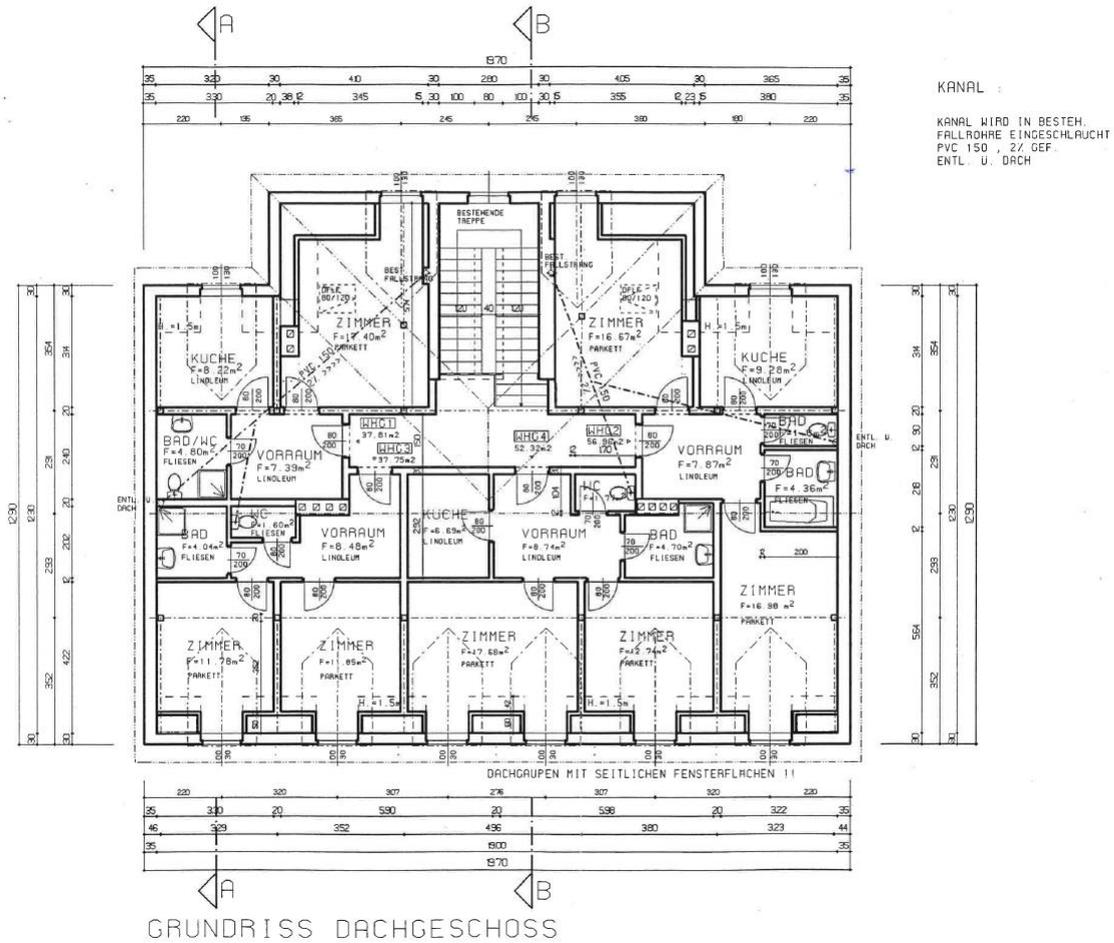


Abbildung 4-4: Grundriss des Dachgeschosses des Gebäudes Humboldtstraße 10 [25], 1988

4-2 BESCHREIBUNG DES DACHTRAGWERKES

Aus dem Satellitenbild ist deutlich zu erkennen, dass es sich bei dem Dach aus einem Hauptdach und einem anschließenden Anbau handelt. Weiters sind vier Kamine zu erkennen, von denen sich zwei zentral im Firstbereich des Hauptdaches befinden. Die zwei weiteren Kamine befinden sich ebenfalls am Hauptdach, jedoch im Bereich der Ichsen am Übergang zum Anbau.

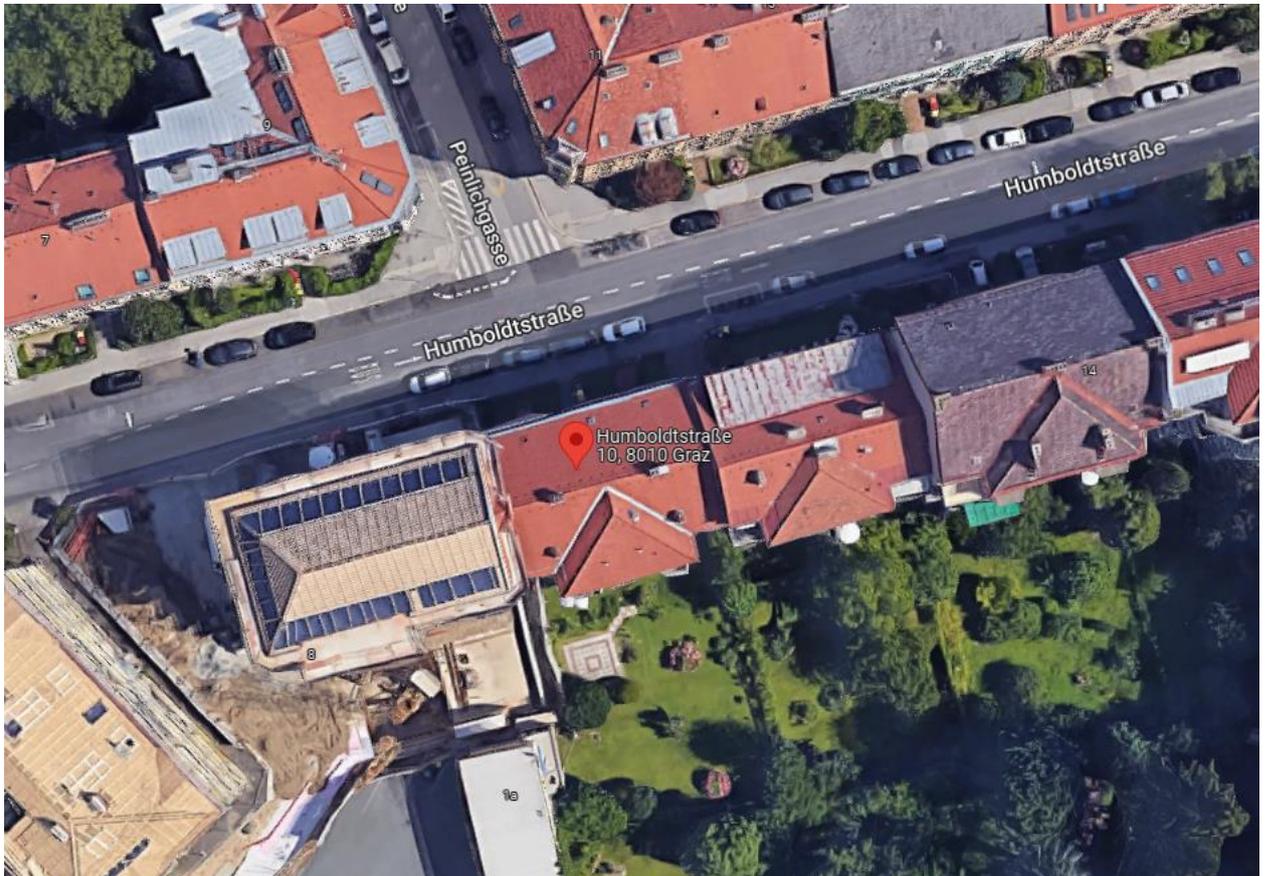


Abbildung 4-5: Satellitenbild der Humboldtstraße [3]

Das Dachtragwerk des Gebäudes Humboldtstraße 10 ist in Abbildung 4-6 dargestellt. Es ist als sogenannter „Grazer Dachstuhl“ ausgeführt, der als eine Hybridkonstruktion aus Kehlbalken- und Pfettendach angesehen werden kann. (vgl. MEISEL [5]) Wie bereits in Kapitel 2-2 erwähnt, sind die Sparren eines Kehlbalkendaches nicht von den Pfetten, sondern direkt von einem Kehlbalken gehalten, was auf eine „sparrendachartige“ Konstruktion hindeutet. Das Zugband aus der herkömmlichen Sparrendachkonstruktion fehlt dabei, ist jedoch durch zwei Mauerbankriegeln ersetzt.

Charakteristisch für diese Konstruktion sind der zweifach stehende, abgestrebte Stuhl und Kniestock. Die Stuhlsäulen sind in Längsrichtung mittels zwei Schwellen verbunden, die parallel zum First verlaufen und die punktuellen Lasten aus den Stuhlsäulen in das Mauerwerk einleiten. Horizontale Windlasten werden vom abgestrehten Stuhl parallel zum First über die Stuhlwände abgetragen. Die Bauteilbezeichnungen des Dachwerks Humboldtstraße 10 können der Abbildung 4-6 entnommen werden. Der Innenraum des Dachgeschosses ist in Abbildung 4-7 verbildlicht.

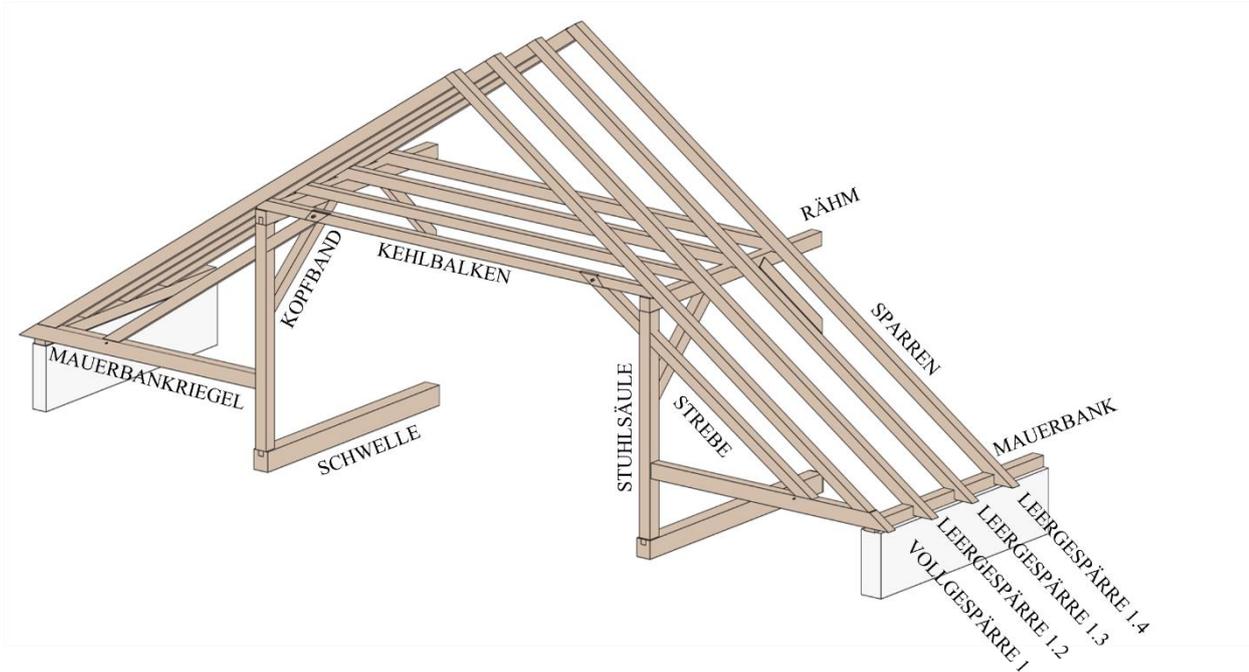


Abbildung 4-6: Bauteilbezeichnung eines „Grazer Dachstuhles“



Abbildung 4-7: Innenansicht des Dachraums Humboldtstraße 10 (Blickrichtung nach Osten)

4-3 BESTANDSERFASSUNG

Um die statischen Berechnungen des Dachwerkes durchführen zu können, wurde eine detaillierte Bestandsaufnahme des Dachwerkes vorgenommen. Dabei wurden die System- und die Verbindungsgeometrie sowie die Schäden erfasst. In diesem Abschnitt wird die erfasste Dachwerksgeometrie dargestellt.

Die Geometrie des Tragwerkes wurde punktuell an mehreren Stellen aufgenommen und dokumentiert. Da die gesamte Konstruktion auf unebenem Boden bzw. an einer unebenen Wand steht, konnte kein Punkt als

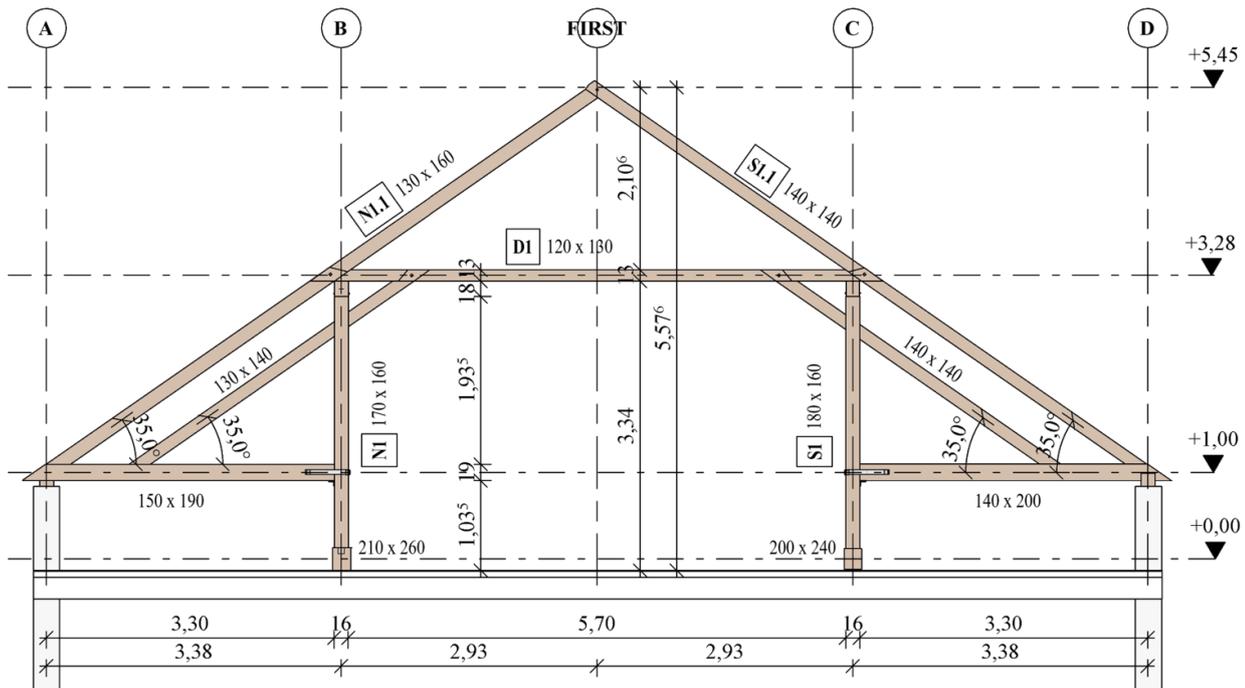


Abbildung 4-9: Systemgeometrie von Vollgespärre 1

4-3.1 3D-MODELL DES DACHWERKS

Wird die Dachkonstruktion normal zur Längsachse betrachtet. So erkennt man, dass es sich hier um eine symmetrische Konstruktion handelt. Die Tragkonstruktion besteht aus sechs Vollgespärre (siehe Abbildung 4-10), die über Kehlbalken und Sparren miteinander verbunden sind. Die Verbindungen werden in zwei Bereichen durch die Kamine, die aus dem Hauptdach ragen, unterbrochen. Die beiden weiteren Kamine an dem Übergang zum Anbau beeinflussen die Tragkonstruktion nicht und verlaufen zwischen zwei Leegespärre. (siehe Abbildung 4-11) Die Treppe zum Dach befindet sich im Bereich des Anbaus. Das Treppenhaus unterbricht die Konstruktion die Dachtragwerk nicht. (siehe Abbildung 4-11 rechts)

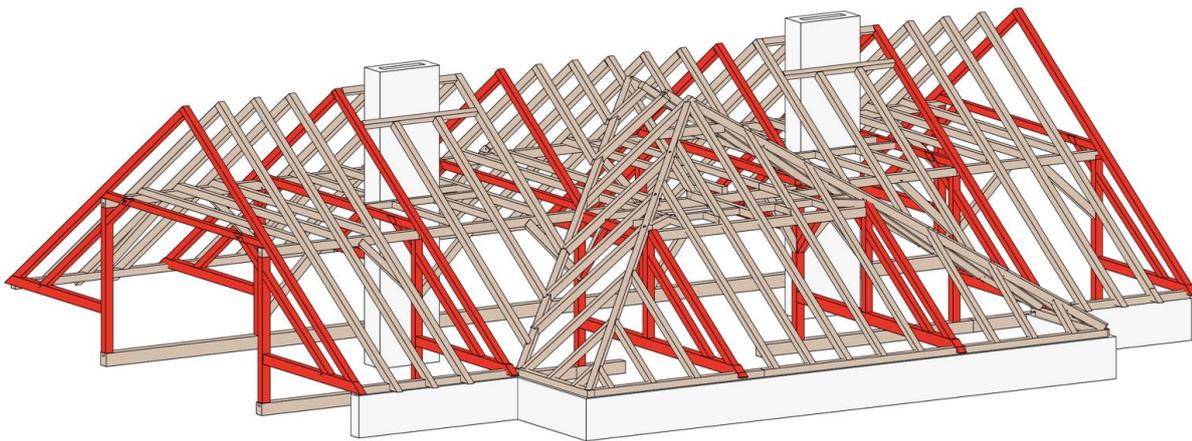


Abbildung 4-10: 3D-Modell des Dachwerks in der Humboldtstraße 10 mit gekennzeichneten Vollgespärre



Abbildung 4-11: Dachstuhl in der Humboldtstraße 10 (links: Kamin im Übergang; mitte: Kamin im Hauptdach; rechts: Zugang zum Treppenhaus)

4-3.2 ACHSENSYSTEM

Die von der Treppe aus gesehene Seite (Nord-West) wurde als Nordseite definiert und bezeichnet. Wie in der Abbildung 4-12 zu sehen, wurden die Vollgespärre mit ganzen Zahlen und die dazwischenliegenden Gespärre mit einer weiteren Zahl gekennzeichnet, um eine bessere Orientierung zu gewährleisten. Die Querachsen sind dabei mit Buchstaben beschriftet. Die Namen der Stuhlsäulen und Sparren wurden jeweils mit einem Präfix N für Nord bzw. S für Süd versehen. Der Anbau hat eine Süd-, Ost- und West-Seite, wobei auch hier ein Präfix für die entsprechenden Gespärre hinzugefügt wurde.

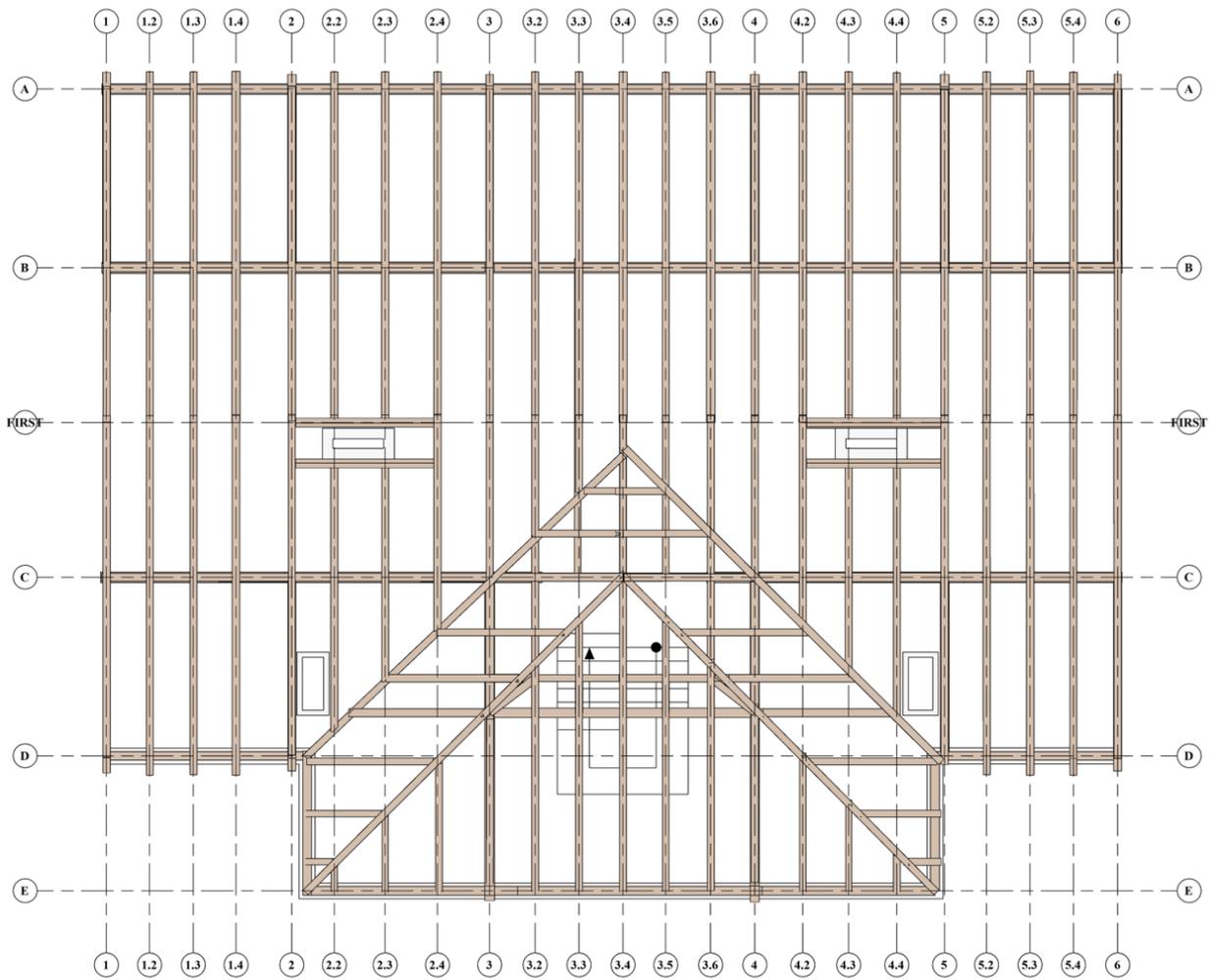


Abbildung 4-12: Das angenommene Rastersystem

4-3.3 VOLLGESPÄRRE

In diesem Abschnitt werden die Querschnitte und Bezeichnungen der Vollgespärre dargestellt. Auf der Nordseite sind die Vollgespärre mit einer identischen Konstruktion zu finden. Auf der Südseite sind die Vollgespärre in Achsen 1, 2, 5 und 6 zueinander identisch, während die Vollgespärre in der Achse 3 und 4, die sich im Bereich des Anbaues befinden, ebenfalls ident zueinander sind. Die Vollgespärre sind in der Abbildung 4-13 dargestellt.

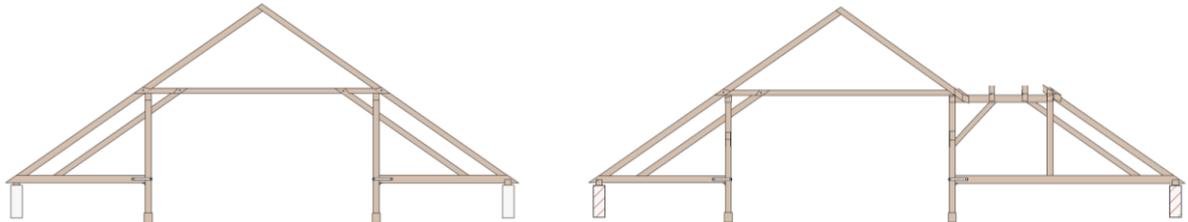


Abbildung 4-13: Aufbau Vollgespärre (links: Achsen 1, 2, 5 und 6; rechts: Achsen 3 und 4)

Als Regelgespärre werden die Vollgespärre der Achsen 1, 2, 5 und 6 bezeichnet. Die folgenden Abbildungen zeigen die Querschnitte der Vollgespärre in den Achsen 1 und 3.

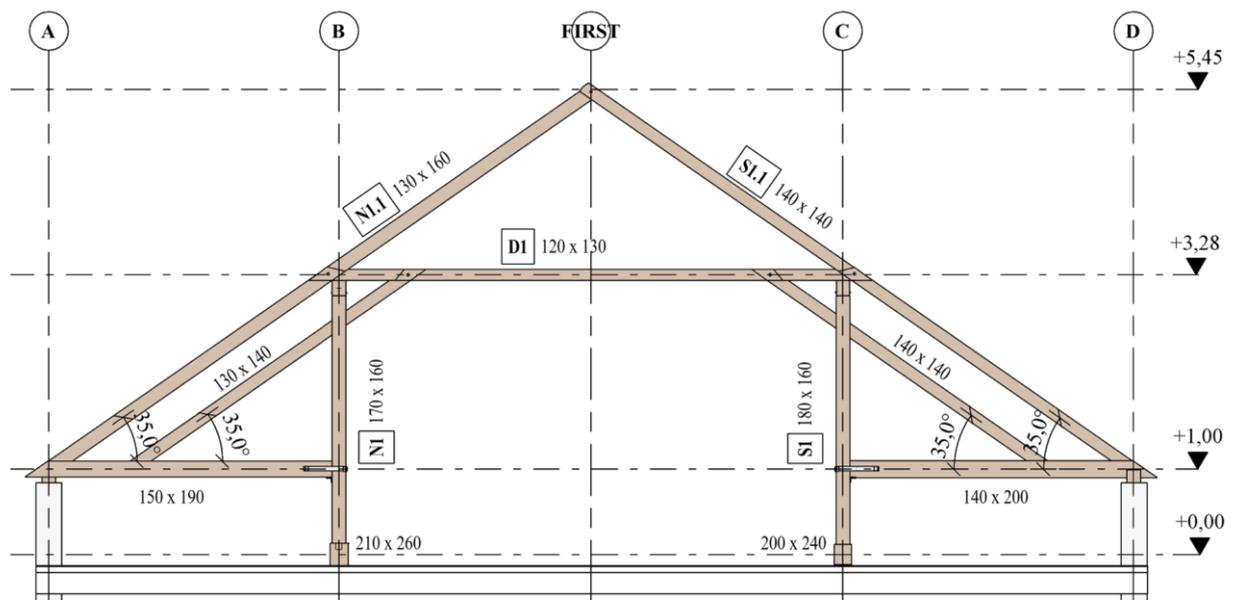


Abbildung 4-14: Hauptachse 1

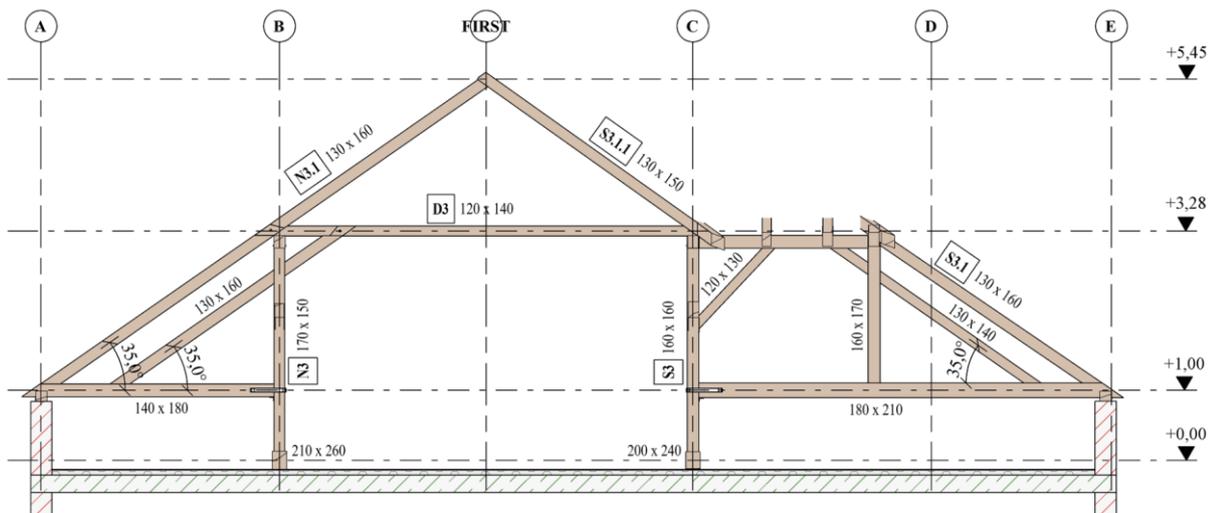


Abbildung 4-15: Hauptachse 3

4-3.4 LEERGESPÄRRE

Die Leergespärre im Bereich des Hauptdaches weisen dieselben Konstruktionselemente auf und bestehen aus Sparren und Kehlbalken. Die Konstruktion des Leergespärres in der Achse 1.2 ist in der Abbildung 4-16 und im Bereich des Anbaus in der Achse 3.4 in der Abbildung 4-17 dargestellt.

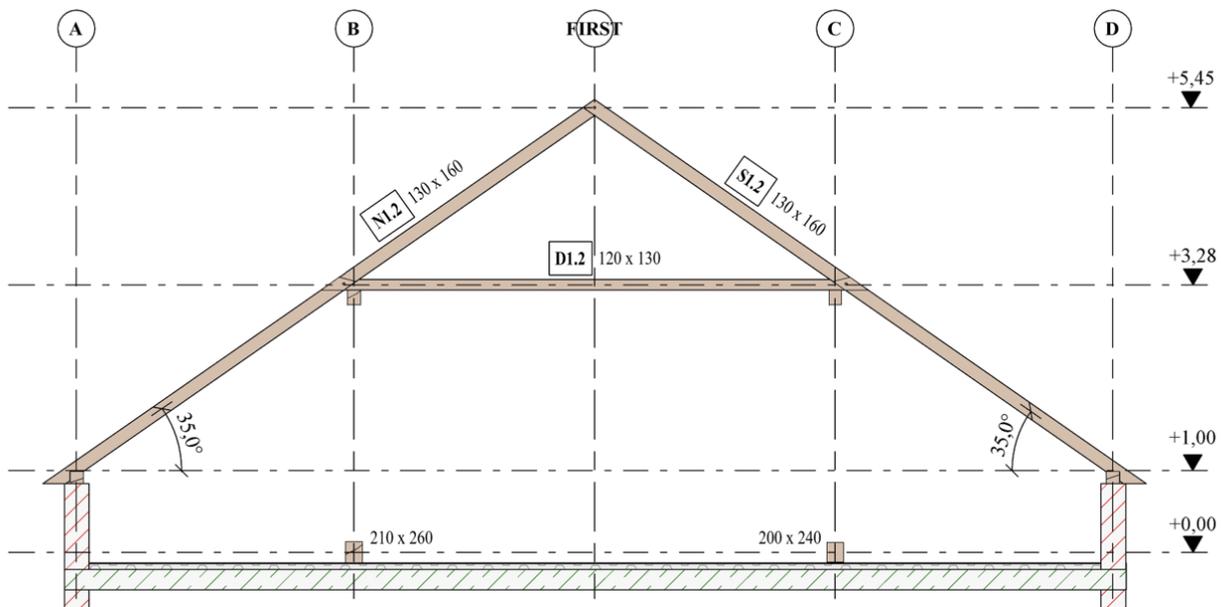


Abbildung 4-16: Leergespärre Achse 1.2

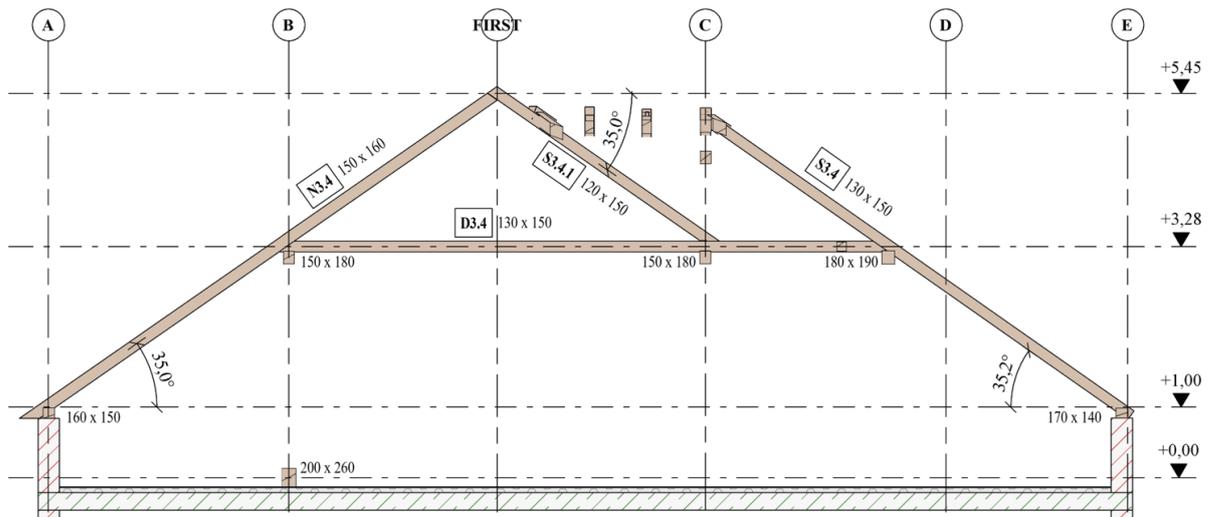


Abbildung 4-17: Leergespärre Achse 3.4

4-3.5 STUHLWAND

Eine Stuhlwand besteht aus einer Reihe von Stuhlsäulen, die zusammen mit Rähmen eine Ebene bilden. Die Stuhlwand an der Nordseite ist in der Abbildung 4-18 dargestellt. Die Kopfbänder dienen zur Systemaussteifung und haben, wie in der Abbildung 4-18 zu sehen ist, unterschiedliche Winkeln. (vgl. [2]) Die Stuhlwand der Südseite ist in der Abbildung 4-19 zu finden.

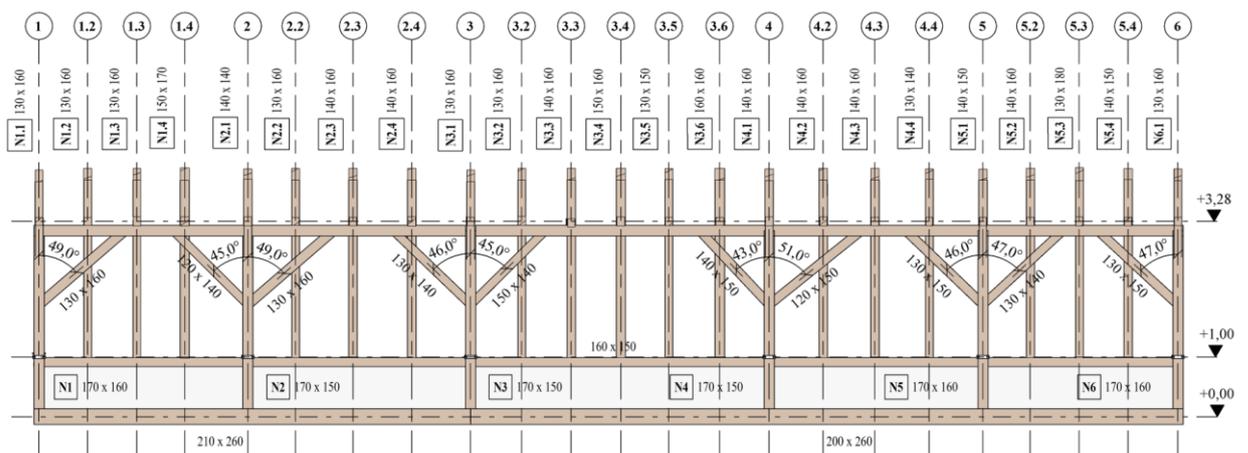


Abbildung 4-18: Stuhlwand der Nordseite

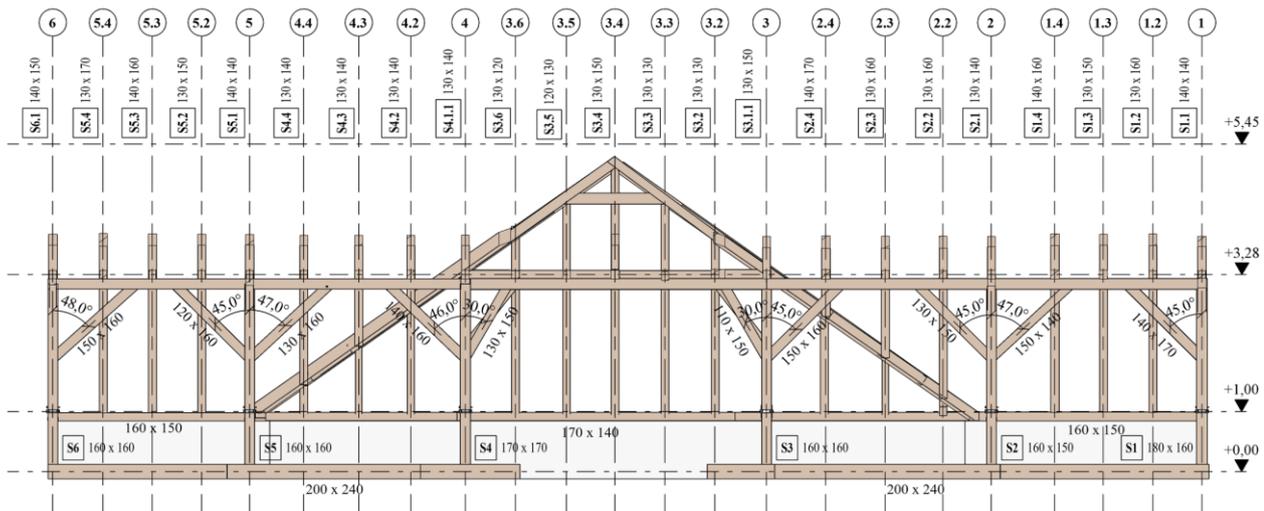


Abbildung 4-19: Stuhlwand der Südseite

Alle aufgenommenen Querschnitte der Bauteile befinden sich im Anhang. In den folgenden Tabellen sind die Querschnitte der Sparren und Stuhlsäulen exemplarisch dargestellt.

Tabelle 4-1: Übersicht der Stuhlsäulenquerschnitte

STUHLSÄULEN SÜDSEITE		
Name	Breite	Höhe
S1	18,0 cm	16,0 cm
S2	16,0 cm	15,0 cm
S3	16,0 cm	16,0 cm
S4	17,0 cm	17,0 cm
S5	16,0 cm	16,0 cm
S6	16,0 cm	16,0 cm

STUHLSÄULEN NORDSEITE		
Name	Breite	Höhe
N1	17,0 cm	16,0 cm
N2	17,0 cm	15,0 cm
N3	17,0 cm	15,0 cm
N4	17,0 cm	15,0 cm
N5	17,0 cm	16,0 cm
N6	17,0 cm	16,0 cm

Tabelle 4-2: Übersicht der Sparrenquerschnitte

SPARREN NORD			SPARREN SÜD			SPARREN OST		
Name	Breite	Höhe	Name	Breite	Höhe	Name	Breite	Höhe
N1.1	13,0 cm	16,0 cm	S1.1	14,0 cm	14,0 cm	O1	13,0 cm	15,0 cm
N1.2	13,0 cm	16,0 cm	S1.2	13,0 cm	16,0 cm	O2	13,0 cm	14,0 cm
N1.3	13,0 cm	16,0 cm	S1.3	13,0 cm	15,0 cm	O3	13,0 cm	14,0 cm
N1.4	15,0 cm	17,0 cm	S1.4	14,0 cm	16,0 cm	O4	15,0 cm	16,0 cm
N2.1	14,0 cm	14,0 cm	S2.1	13,0 cm	14,0 cm	O5	14,0 cm	16,0 cm
N2.2	13,0 cm	16,0 cm	S2.2	13,0 cm	16,0 cm	O6	13,0 cm	16,0 cm
N2.3	14,0 cm	16,0 cm	S2.3	13,0 cm	16,0 cm	O7	14,0 cm	16,0 cm
N2.4	14,0 cm	16,0 cm	S2.4	14,0 cm	17,0 cm	O8	13,0 cm	16,0 cm
N3.1	13,0 cm	16,0 cm	S3.1	13,0 cm	16,0 cm	O9	13,0 cm	14,0 cm
N3.2	13,0 cm	16,0 cm	S3.1.1	13,0 cm	15,0 cm	OS	14,0 cm	20,0 cm
N3.3	14,0 cm	16,0 cm	S3.2	13,0 cm	13,0 cm			
N3.4	15,0 cm	16,0 cm	S3.2.1	13,0 cm	16,0 cm			
N3.5	13,0 cm	15,0 cm	S3.3	13,0 cm	13,0 cm			
N3.6	16,0 cm	16,0 cm	S3.3.3	13,0 cm	16,0 cm			
N4.1	14,0 cm	16,0 cm	S3.4	13,0 cm	15,0 cm			
N4.2	14,0 cm	16,0 cm	S3.5	12,0 cm	13,0 cm			
N4.3	14,0 cm	16,0 cm	S3.6	13,0 cm	12,0 cm			
N4.4	13,0 cm	14,0 cm	S4.1	14,0 cm	14,0 cm			
N5.1	14,0 cm	15,0 cm	S4.1.1	13,0 cm	14,0 cm			
N5.2	14,0 cm	16,0 cm	S4.2	13,0 cm	14,0 cm			
N5.3	13,0 cm	18,0 cm	S4.3	13,0 cm	14,0 cm			
N5.4	14,0 cm	15,0 cm	S4.4	13,0 cm	14,0 cm			
N6.1	13,0 cm	16,0 cm	S5.1	14,0 cm	14,0 cm			
			S5.2	13,0 cm	15,0 cm			
			S5.3	14,0 cm	16,0 cm			
			S5.4	13,0 cm	17,0 cm			
			S6.1	14,0 cm	15,0 cm			

SPARREN WEST		
Name	Breite	Höhe
W1	12,0 cm	15,0 cm
W2	12,0 cm	14,0 cm
W3	13,0 cm	15,0 cm
W4	15,0 cm	16,0 cm
W5	14,0 cm	16,0 cm
W6	13,0 cm	16,0 cm
W7	14,0 cm	16,0 cm
W8	13,0 cm	16,0 cm
W9	12,0 cm	14,0 cm
WS	13,0 cm	16,0 cm

4-4 FOTOGRAFISCHE EINDRÜCKE DES DACHSTUHL

In diesem Kapitel sind die Fotos des Daches vorzufinden.



Abbildung 4-20: Fotografische Eindrücke 1 bis 3

- 1: Blickrichtung Nordosten; in Richtung der Stuhlsäulen N5, N6, S4, S5, S6
- 2: Blickrichtung Nord; Dachebene
- 3: Blickrichtung Nordwesten; zwischen Stützen N2 und N4



Abbildung 4-21: Fotografische Eindrücke 4-7

- 4: Blickrichtung Nordwesten; zwischen N2 und N3
- 5: Blickrichtung Dach Nordosten; von N5 bzw. S5
- 6: Blickrichtung Südosten; Sparren und Kehlbalcken des Anbaus; zwischen S3 und S4
- 7: Blickrichtung Süd Anbau; bei S3



Abbildung 4-22: Fotografische Eindrücke 8-11

- 8: Blickrichtung Osten; bei S4
- 9: Blickrichtung Osten; nach OS
- 10: Blickrichtung Süd; Dach; Knoten bei S3
- 11: Blickrichtung Südosten; zwischen S4 und S5

4-5 VERBINDUNGEN

In diesem Kapitel werden die Verbindungen eines Grazer Dachstuhles vorgestellt. Das Dachtragwerk wurde als eine Hybridkonstruktion eines Kehlbalckendaches gebaut. Die Konstruktion liegt seitlich am Mauerwerk auf und wurde über die Schwellen auf dem Boden abgestützt. Aufgrund der Unzugänglichkeit einiger Knotenpunkte musste die Geometrie mit Hilfe von Bohrwiderstandsmessungen bestimmt werden, um anhand der Messkurve die Position und die Dicke der Verbindung zu bestimmen. Die Beschriftungen wurden so ausgewählt, dass der Buchstabe „D“ für Detail und „B“ für Bohrwiderstandsmessung steht. Wie schon erwähnt, wurde je Anschlussknoten stichprobenartig drei gleiche Verbindungen pro Verbindungstyp aufgenommen. Die Kleinbuchstaben, also a, b und c geben an, welche der drei Verbindungen angesprochen werden. Detail DAa ist die erste Aufnahme für Detail A.

4-5.1 ÜBERBLICK DER VORGEFUNDENEN VERBINDUNGEN

Die häufigsten Verbindungen, die bei historischen und auch heutigen Dachtragwerken vorkommen, sind Zapfen, Blatt, Kamm, Stöße, Versätze und Klaue. Nachfolgend wird nur auf die Anschlüsse, die beim Dachtragwerk in der Humboldtstraße 10 vorkommen, näher eingegangen. Es wurde je Anschluss an drei Stellen aufgemessen und dokumentiert. Da die Arten der Verbindungen sich wiederholen, werden in diesem Abschnitt je Verbindung einige Beispiele dargestellt. In Abbildung 4-23 sind die Anschlüsse des Dachstuhles in der Vollgespärre 1 zu sehen.

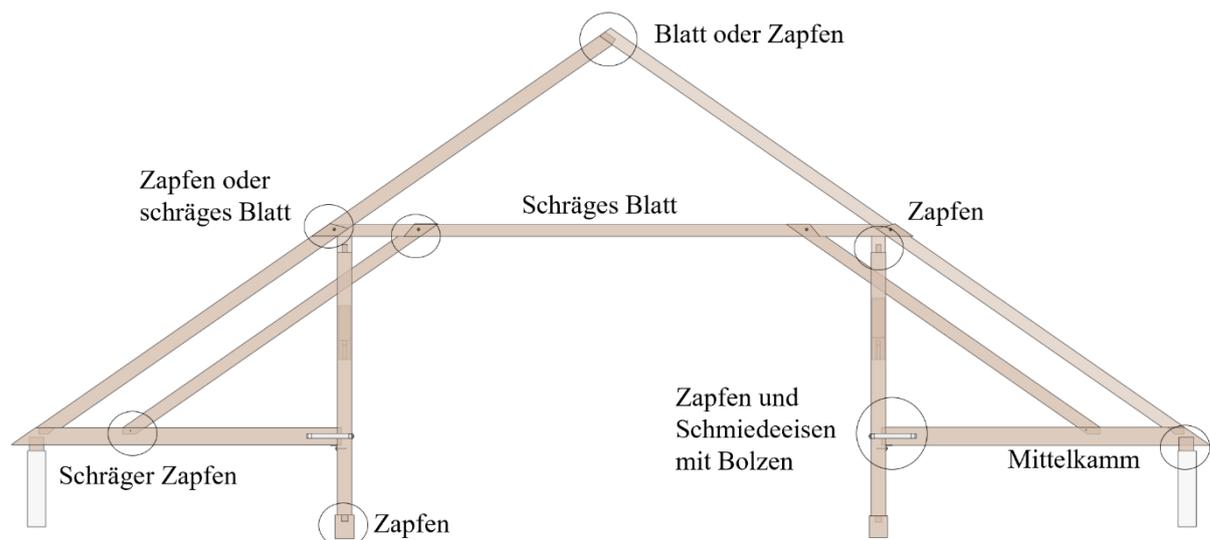


Abbildung 4-23: Anschlüsse bei Vollgespärre 1

Nähere Erklärungen und weitere Arten der Anschlüsse sind in der Literatur von MEISEL [4], ZWARGER [26], Wolfram [27], Ortner [18] etc. zu finden.

4-5.2 ZAPFENVERBINDUNGEN

Die Zapfenverbindung ist eine der am meisten vorkommenden Verbindungen in einem historischen Dachtragwerk. Sie wird in Form der Eck-, Längs-, Winkel-, Kreuzverbindung eingesetzt. Neben der Quer- und Druckkräfte können mit Hilfe der Holznägel auch geringe Zugkräfte übertragen werden. Die Holznägel dienen zudem als Lagesicherung der Verbindung. Bei der Zapfenverbindung wurde ein Holzteil mit einer Erweiterung an der Stirnseite in das Zapfenloch in der Längsrichtung des anderen Holzteils verbunden. In den folgenden Abschnitten sind die geraden Zapfen detailliert dargestellt. (vgl. [7] und [28])

4-5.2.1 Stuhlsäule- Schwelle (S5)

Die Verbindung der Stuhlsäule mit der Schwelle ist mit der Zapfenverbindung ausgeführt. Die Breite der Zapfen wurde mit der Hilfe von Bohrwiderstandsmessungen an den Stuhlsäulen S5, N4 und S2 bestimmt. Die Messung ist in der Abbildung 4-24 dargestellt. Die Messkurve an Stuhlsäule S5 zeigt eine Zapfenbreite $b_{\text{Zapfen,S5}}$ von 7,2 cm ($b_{\text{Zapfen,N4}} = 4$ cm; $b_{\text{Zapfen,S2}} = 6$ cm). Die Tiefe des Zapfens ($t_{\text{Zapfen,S5}} = 7$ cm, $t_{\text{Zapfen,N4}} = 8$ cm, $t_{\text{Zapfen,S2}} = 6,5$ cm) und wurde durch eine Messung mit einem Lineal im Zapfenloch bestimmt. Die Abbildung 4-25 und Abbildung 4-26 zeigen das Anschlussdetail. Die Stelle der Bohrwiderstandsmessung ist bei der Schwelle mit BAa bezeichnet.



Abbildung 4-24: Bohrwiderstandsmessung des Details A (BAa)



Abbildung 4-25: Detail A (DAa) Verbindung Schwelle-Stuhlsäule in der Humboldtstraße

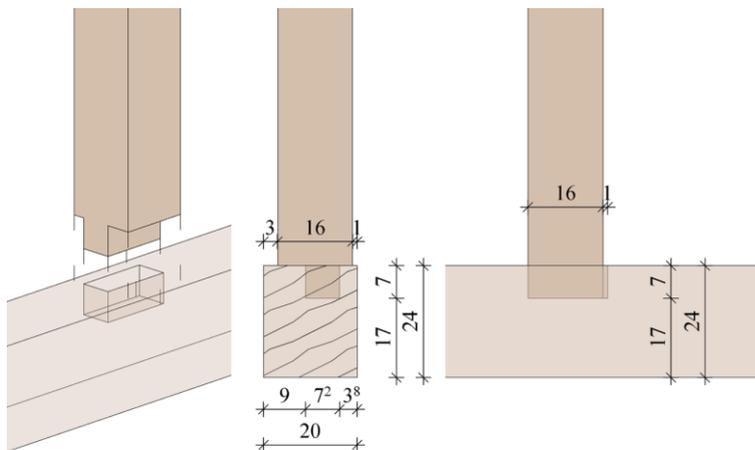


Abbildung 4-26: Zeichnerische Detailausbildung der Verbindung Schwelle-Stuhlsäule

4-5.2.2 Stuhlsäule–Mauerbankriegel (S4)

Die Abbildung 4-27 und Abbildung 4-28 zeigen die Verbindung der Stuhlsäulen mit den Mauerbankriegeln mittels einer Zapfenverbindung mit Eisenverhängung. Die Eisenverhängung dient einerseits zur Lagesicherung und ermöglicht die Übertragung von Zugkräften. Die Geometrie der Verbindung wurde an den Stuhlsäulen S4, S2 und N3 aufgenommen. Die Zapfenbreite wurde mit 8 cm gemessen und befindet sich in der Mitte des Mauerbankriegels. Die Länge des Zapfens beträgt $l_{\text{Zapfen}} = 4,5$ cm, wobei eine Klaffung zwischen Stuhlsäule und Mauerbankriegel von 1,5 cm vorgefunden wurde und somit der Zapfen nur mehr auf einer Länge von 3 cm aufliegt. Es ist zu vermuten, dass deshalb ein Stahl-Winkel-Profil zur zusätzlichen Unterstützung des Mauerbankriegels an die Stuhlsäule angebracht wurde.

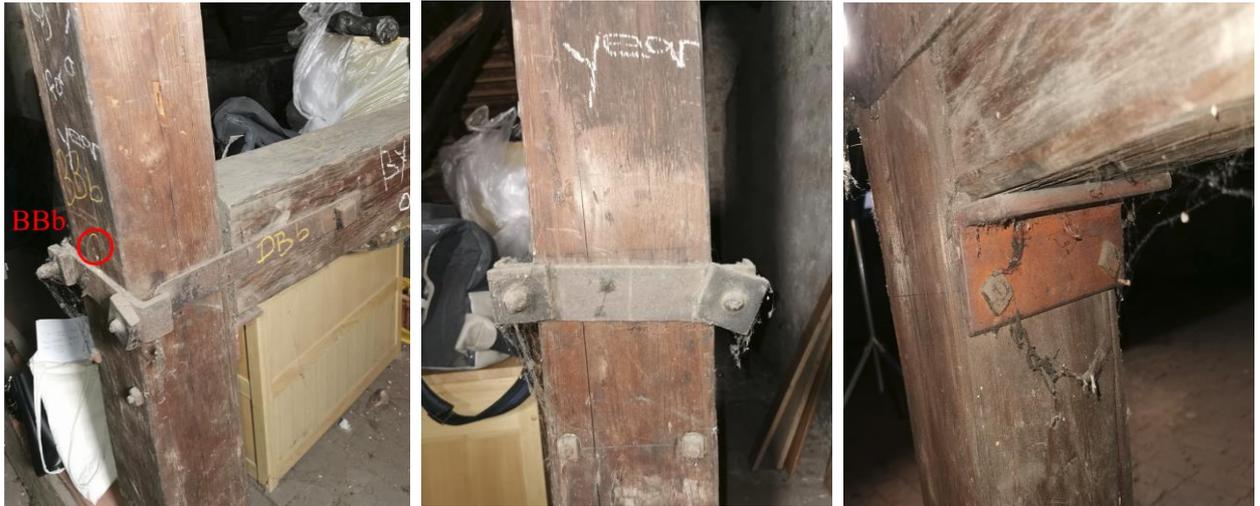


Abbildung 4-27: Detail B (DBb) Bestandsaufnahme

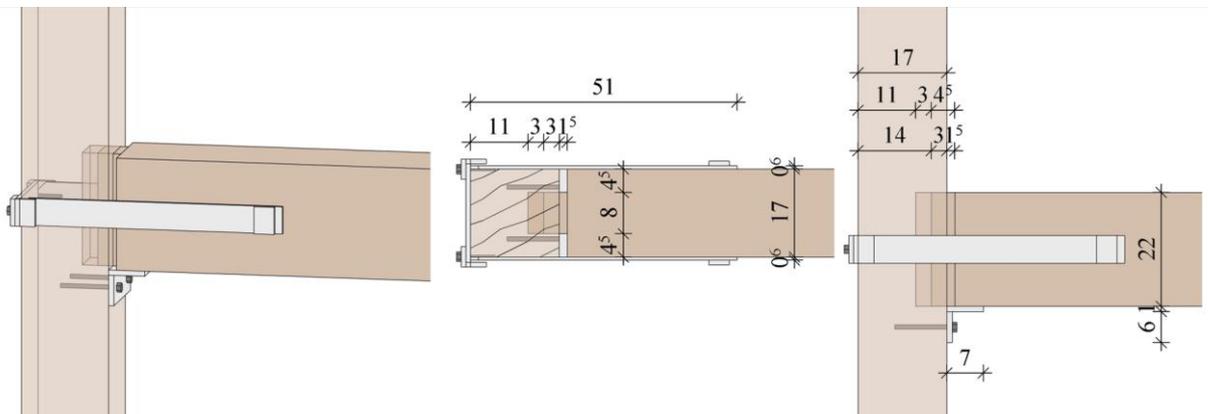


Abbildung 4-28: Detail B (DBb) zeichnerische Abmessungen

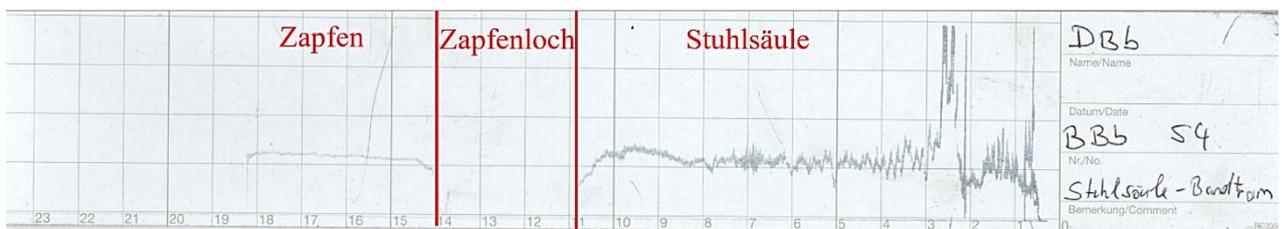


Abbildung 4-29: Bohrwiderstandsmessung (BBb) bei der Stuhlsäule S4

4-5.2.3 Weitere Beispiele der geraden Zapfenverbindungen

Gerade Zapfen kommen, neben den bereits beschriebenen Knotenpunkte, noch weiters zwischen Stuhlsäule – Rähm und Mauerbankriegel – Säule im Bereich des Anbaues im Dachtragwerk in der Humboldtstraße 10 zum Einsatz. Der Anschlussknoten zwischen Stuhlsäule und Rähm wurde mit Holznagel abgesichert. Die detaillierte Darstellung der Verbindungen ist in der Abbildung 4-30 abgebildet.



Abbildung 4-30: Verbindung gerade Zapfen (links: Stuhlsäule-Rähm; mitte: Mauerbankriegel-Säule; rechts: Kehlbalke bei Anbau)

4-5.3 SCHRÄGE ZAPFENVERBINDUNG

Wenn aufgrund der Geometrie die Zapfen-Verbindung schräg ausgeführt ist, spricht man von einer schrägen Zapfenverbindung. Auch hier wird ein Holznagel zur Lagesicherung und zur Übertragung von geringen Zugkräften verwendet.

4-5.3.1 Stuhlsäule-Kopfband (N3)

Das Detail DC zeigt die Verbindung von der Stuhlsäule mit dem Kopfband, die mittels eines schrägen Zapfens gelöst wurde. Zur Lagesicherung wurde ein Holznagel eingesetzt, der mit einem Randabstand von ca. 1,5 cm in die Stuhlsäule eingebracht wurde. Für die Bestimmung der Geometrie des Details C wurden insgesamt viermal die Abmessungen an den Stuhlsäulen S2, S4, N3 und N4 genommen. Bei allen wurde eine Zapfenbreite b_{Zapfen} von ca. 4 cm und eine Zapfentiefe $t_{\text{Zapfen}}=5$ cm festgestellt.

Die schräge Zapfen-Verbindung bei der Stuhlsäule N3 ist in der Abbildung 4-31 und Abbildung 4-32 dargestellt.



Abbildung 4-31: DCb Bestandsaufnahme (links: Ansicht Stuhlwand; rechts: Anschluss Kopfbänder an Stuhlsäule)

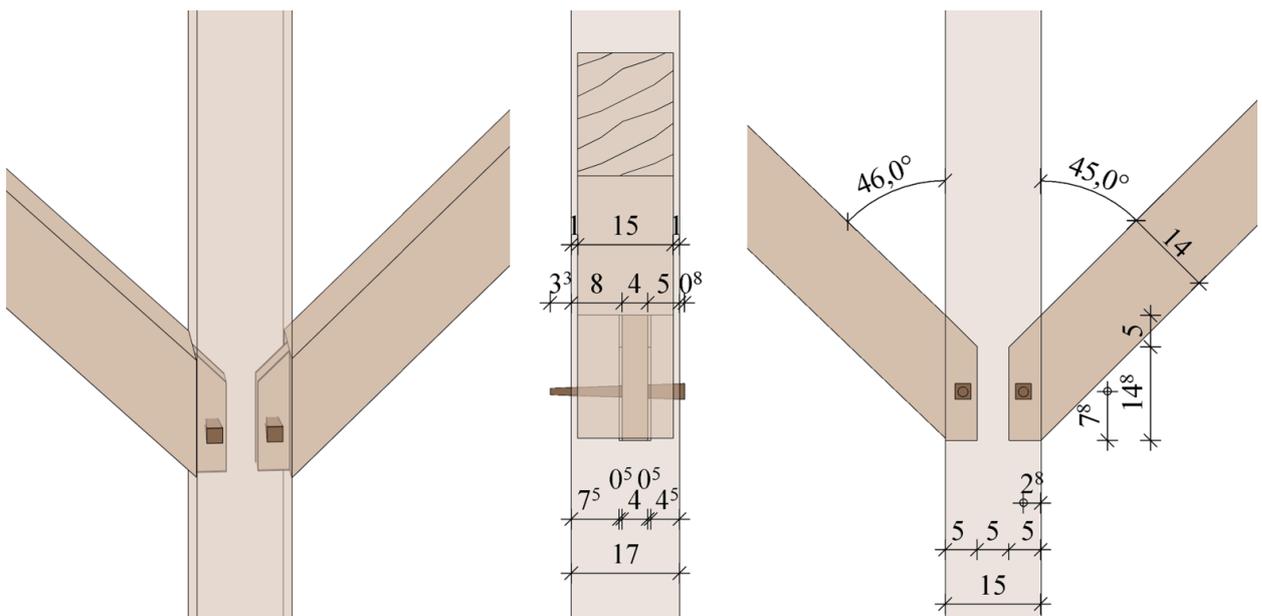


Abbildung 4-32: DCb zeichnerische Darstellung der Zapfenverbindung Kopfband- Stuhlsäule

4-5.3.2 Mauerbankriegel–Sparre/Strebe (N4)

Abbildung 4-33 stellt die Verbindungen von Strebe bzw. Sparren mit Mauerbankriegel dar. Bei beiden Verbindungen ist ein schräger Zapfen zum Einsatz gekommen, wobei anzumerken ist, dass die Zapfenlänge in der Verbindung von Sparren mit Mauerbankriegel nicht über die volle Länge ausgeführt wurde, um ein Abscheren des „Vorholzes“ zu vermeiden. Lagegesichert mittels Holznagel wurde nur die Verbindung Strebe-Mauerbankriegel, wobei der Randabstand 2,3 cm beträgt. Alle Zapfenbreiten betragen $b_{\text{Zapfen}}=4$ cm (für Strebe – Mauerbankriegel (siehe Abbildung 4-34): gemessen an N1, N4 und S6; für

Sparren - Mauerbankriegel (Detail G – siehe Abbildung 4-36): bestimmt mittels Bohrwiderstandsmessung (siehe Abbildung 4-35)).



Abbildung 4-33: Verbindung Mauerbankriegel mit einer Strebe und eines Sparrens

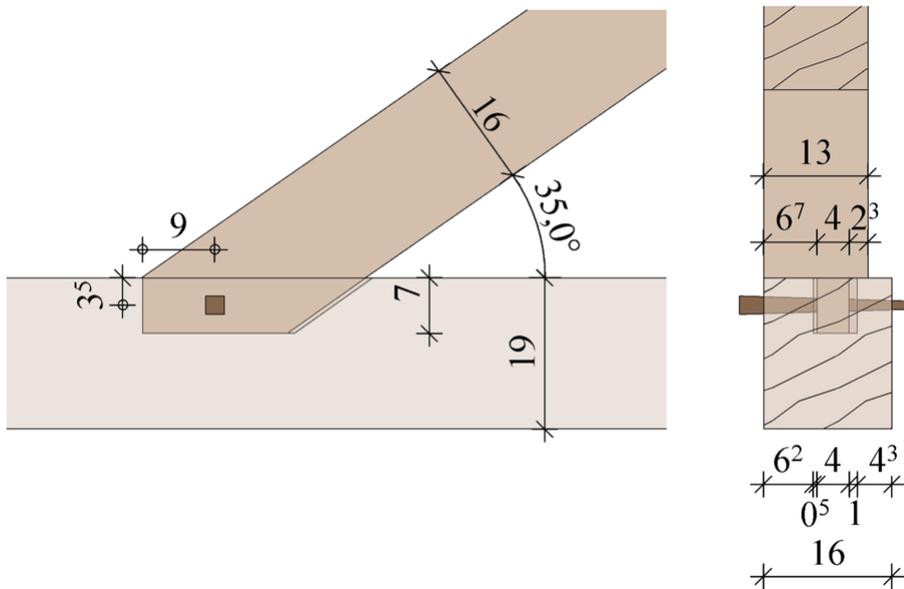


Abbildung 4-34: DDA zeichnerische Darstellung der Verbindung des Mauerbankriegels mit einer Strebe



Abbildung 4-35: BGc Bohr widerstandsabmessung durch die Verbindung Mauerbankriegel und Sparre

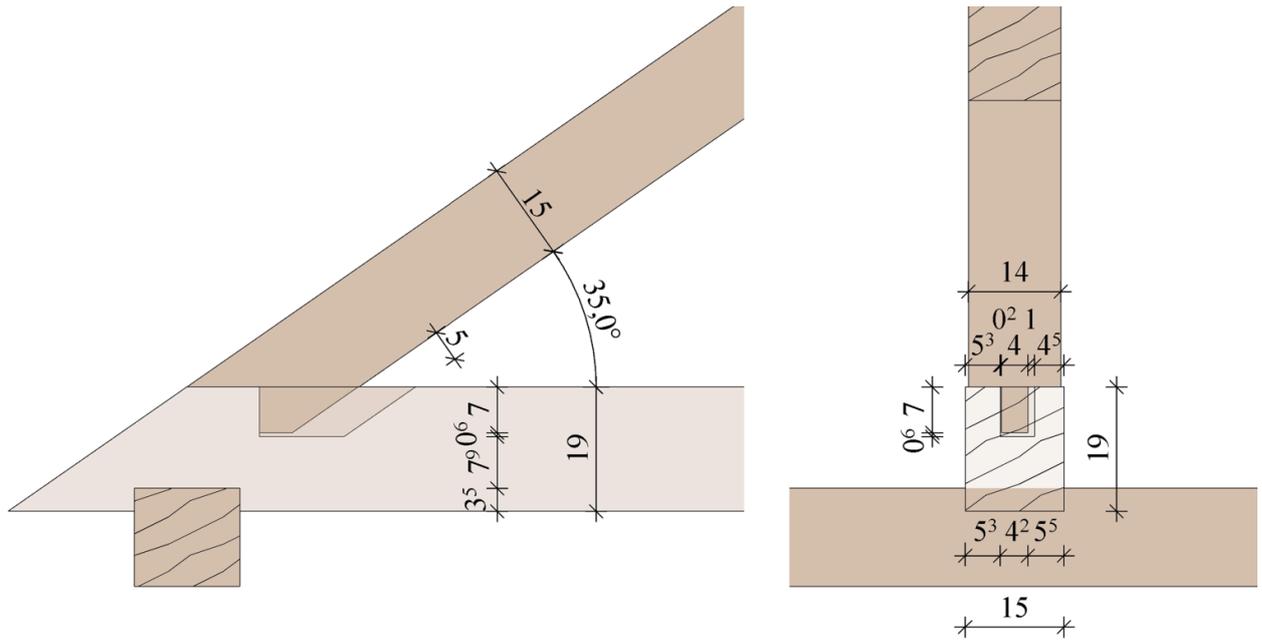


Abbildung 4-36: DGc zeichnerische Darstellung der Verbindung Mauerbankriegel und Strebe

4-5.3.3 Weitere Beispiele der Einsatz des schrägen Zapfens

Zusätzlich zu den beschriebenen Konten, wurde der schräge Zapfen im Dachtragwerk in der Humboldtstraße 10 zum Verbinden der Kopfbänder mit dem Rähm (siehe Abbildung 4-37 bzw. Abbildung 4-38), Sparren mit den Ichsen verwendet.



Abbildung 4-37: Schräge Zapfen-Verbindung (links: Kopfband-Rähm; rechts Sparren-Ichse)

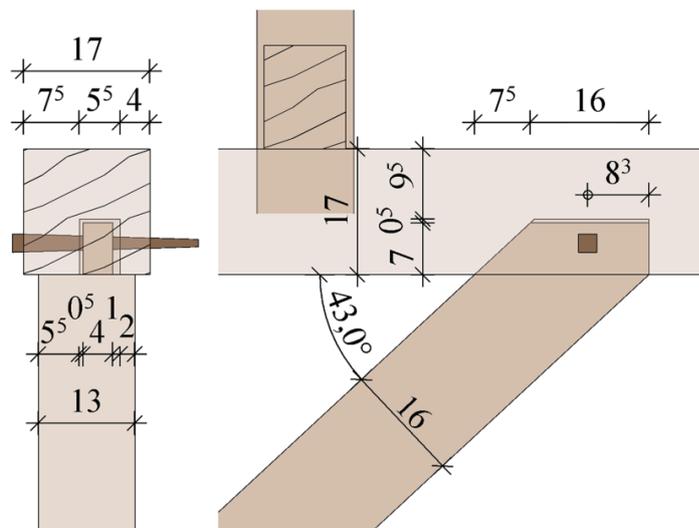


Abbildung 4-38: Abmessung der Verbindung des Kopfbandes mit dem Rähm

Die Sparren sind an der Ichse mittels schrägen Zapfens verbunden. Wie in der Abbildung 4-39 zu sehen ist, sind die Sparren zusätzlich mit Stahldübel und Stahlnagel gesichert.



Abbildung 4-39: Absicherung Sparren an der Ichse

4-5.4 SCHERZAPFEN

Im Firstpunkt erfolgt die Verbindung von zwei Sparren durch Scherzapfen. Aufgrund der ungünstigen und unzugänglichen Lage war eine detaillierte Untersuchung der Verbindung nicht möglich. Wie in Abbildung 4-40 zu sehen ist, wird die Lagesicherung durch einen Holznagel gewährleistet.

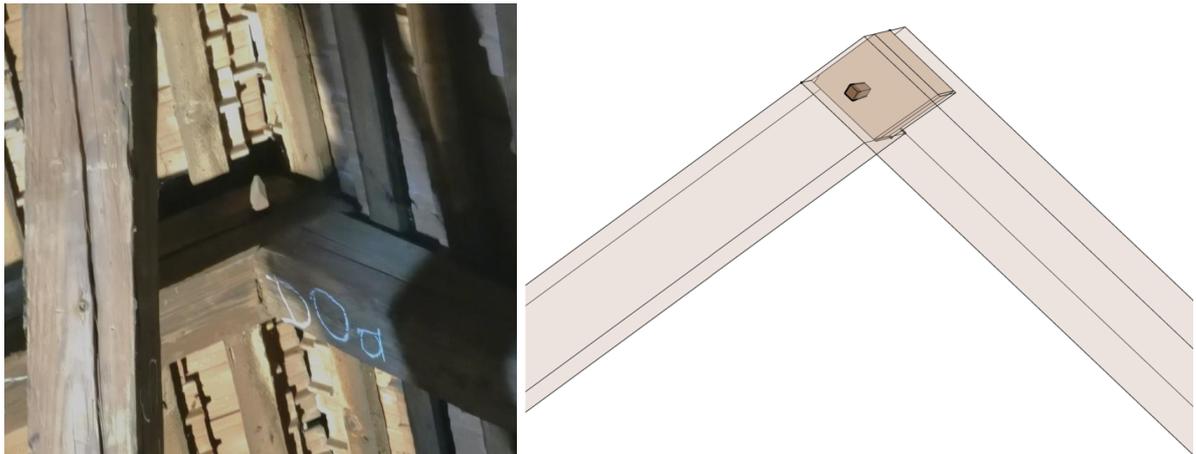


Abbildung 4-40: Firstbereich-Verbindung zweier Sparren

4-5.5 BLATTVERBINDUNG

Die Blattverbindungen finden Anwendung in verschiedenen Arten von Anschlüssen. Grundsätzlich wurden Blattverbindungen dort eingesetzt, wo Bauteile (aufgrund von Herstellung und Transport) verlängert werden mussten z. B. bei Mauerbänken. Hierbei wird zwischen geraden Blatt, schrägen Blatt oder geraden Hakenblatt unterschieden. Die Blattverbindungen eignen sich auch für Eckverbindungen und es kann zwischen einem einfachen Blatt mit schrägem Schnitt sowie einem einseitigen Schwalbenschwanz (Weißschwanz) unterschieden werden. In dem Fall, dass zwei Holzteile schräg miteinander verbunden werden, kommen Weißschwänze zum Einsatz. Alle drei Formen der Blattverbindungen wurden im Dachtragwerk in der Humboldtstraße 10 verwendet und die detaillierte Darstellung ist in den folgenden Abschnitten zu finden.

4-5.5.1 Strebe-Kehlbalken und Sparre-Kehlbalken

Das Detail F zeigt die Verbindung zwischen dem Kehlbalken und der Strebe, wie in der Abbildung 4-41 dargestellt. Diese wurde mit einer Weißschwanz-Verbindung mit Holznagel zur Lagesicherung ausgeführt. Die Strebe wurde unter dem Winkel von 50° mit dem Abstand von 75 mm geschnitten. Die Dicke des Blattes beträgt 4 cm. Die Abbildung 4-42 zeigt die Geometrie der Verbindung.



Abbildung 4-41: Verbindung von einer Strebe mit Kehlbalken mittels „Weißschwanz“

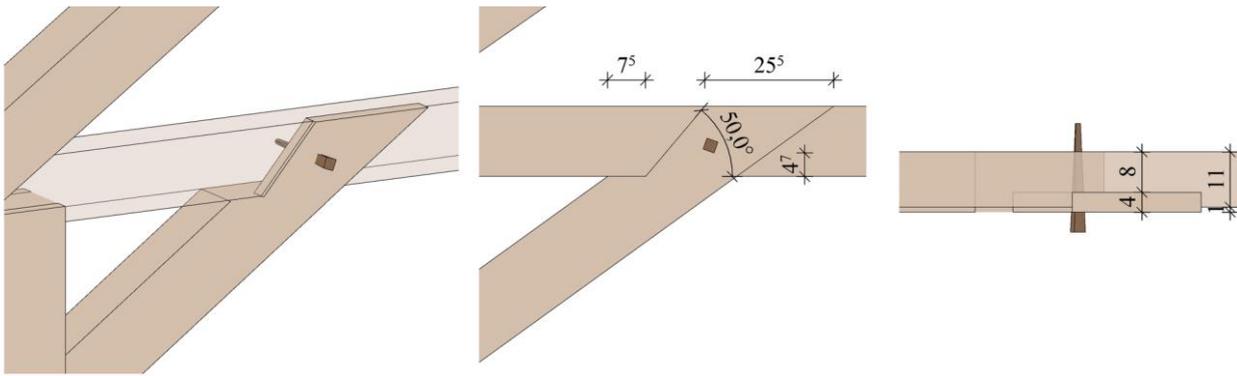


Abbildung 4-42: Zeichnerische Darstellung des Weißschwanzes bei der Verbindung Strebe-Kehlbalken

Eine Weißschwanzverbindung wurde auch für die Verbindung von Kehlbalken mit den Sparren verwendet. Wie in der Abbildung 4-43 und Abbildung 4-44 zu sehen ist, wurde auch hier ein Holznagel zur Lagesicherung verwendet.



Abbildung 4-43: Verbindung von Kehlbalken mit Sparren mittels „Weißschwanz“

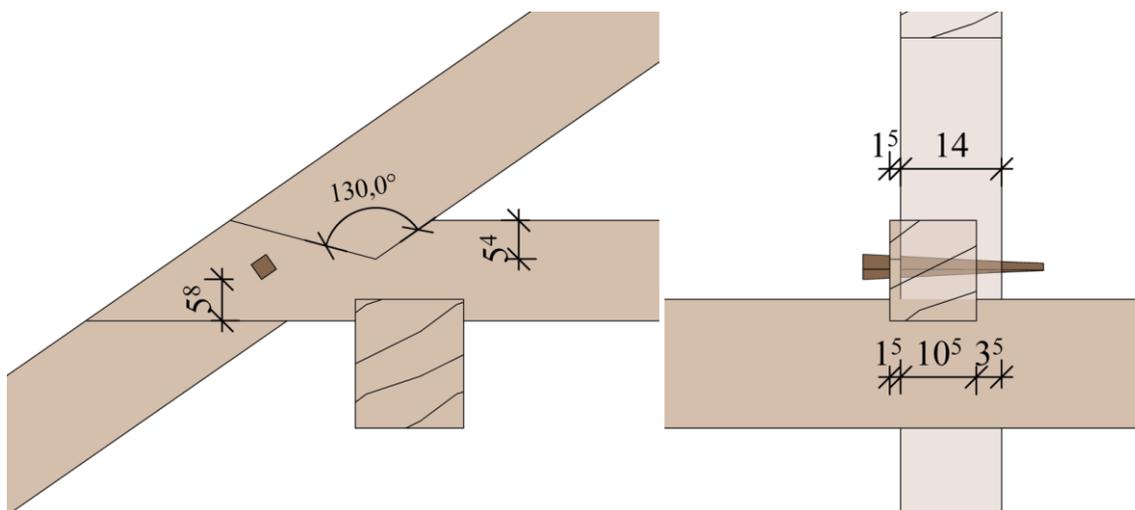


Abbildung 4-44: Zeichnerische Darstellung des Weißschwanzes bei der Verbindung Sparren-Kehlbalken

4-5.5.2 Mauerbank-Mauerbank und Rähm-Rähm

Die Mauerbänke sind untereinander mittels einer Eckblatt Verbindung ausgeführt. Wie in der Abbildung 4-45 zu erkennen ist, wurde das Eckblatt auch bei der Verbindung der Rähme im Bereich des Anbaues eingesetzt.



Abbildung 4-45: Schwalbenschwanz Eckblatt (links: Mauerbank-Mauerbank; rechts: Rähm-Rähm)

4-5.5.3 Verbindung Sparre–Stuhlsäule

Die schräge Verbindung der Stuhlsäule mit der Strebe wurde durch eine Kreuzüberblattung realisiert. Durch diese Verbindung werden zwei sich kreuzende Bauteile so ausgenommen, dass diese bündig in der Ebene liegen. Für die vorliegende Verbindung wurde eine Ausklinkung mit einer Tiefe von ca. 8 cm in der Strebe und eine Ausklinkung in der Stuhlsäule von ca. 4,5 cm gefertigt womit die Verschiebungen der Bauteile untereinander verhindert wird. In Abbildung 4-46 und Abbildung 4-47 ist diese Verbindung dargestellt.



Abbildung 4-46: DEa Vollkammverbindung Sparren-Stuhlsäule

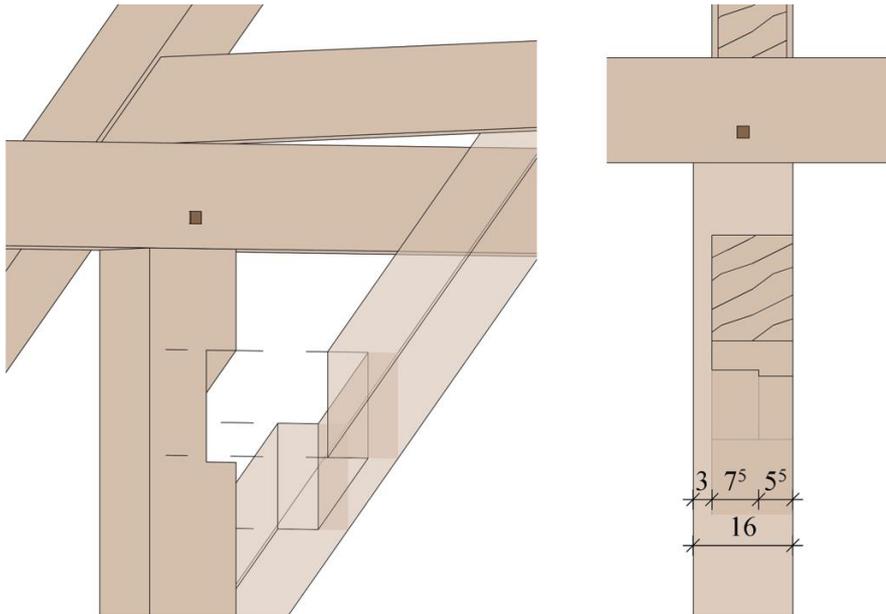


Abbildung 4-47: Zeichnerische Darstellung DEa

4-5.5.4 Weitere Beispiele zur Blattverbindungen

In der folgenden Abbildung wird die Anwendung des schrägen Blattes dargestellt. Es wurde sowohl für die Mauerbank als auch für die Schwelle verwendet, um eine bestimmte Länge ohne Unterbrechung zu erreichen. In Abb ist ein schräges Blatt dargestellt, welches mittels einer Eisenklammer die Schwellen miteinander verbindet wodurch geringe Zugkräfte übertragen werden können.



Abbildung 4-48: Blattverbindung (links: Mauerbank; rechts: Schwelle)

4-6 SCHÄDEN

Im Laufe der Bestandsaufnahme wurden keine größeren Schäden gefunden, die einen Einfluss auf die Tragfähigkeit haben. Das gesamte Dach ist, abgesehen von kleineren Querschnittsveränderungen in einem guten Zustand und es besteht grundsätzlich keinerlei Gefahr in Bezug auf die Tragstruktur. Kleine Verformungen bzw. Unregelmäßigkeiten, die im Zentimeterbereich auftreten, wurden vernachlässigt.

Da der Dachraum früher für Wohnzwecke benutzt wurde (siehe. Kapitel 4-1), konnten bei den Stuhlsäulen und den Kehlbalken Querschnittsschwächungen gefunden werden. (Abbildung 4-49)



Abbildung 4-49: *Querschnittsschwächungen*

In Abbildung 4-50 sind Bodenunebenheiten zu erkennen, die in den Bereichen zwischen den Stuhlsäulen aufzufinden sind.



Abbildung 4-50: *Bodenunebenheit*

Bei der Eckverbindung der Ost-Süd- und West-Süd-Mauerbänke (Eckblatt) wurde eine Fuge von 2 cm festgestellt. (Abbildung 4-51)



Abbildung 4-51: West-Süd Mauerbank-Verbindung

Die größte Verformung ist an den Kehlbalcken der Ebenen 3.3 und 3.5 aufgetreten. Der Balken wurde an der Südseite komplett verformt und ist dabei aus seiner Verbindung gesprungen. Dieser Balken wurde modelliert aber nicht bei der statischen Analyse berücksichtigt. (siehe Abbildung 4-52)



Abbildung 4-52: Verdrehung des Kehlbalckens

Die Abbildung 4-53 zeigt die klaffende Verbindung zwischen Strebe und Kehlbalcken.



Abbildung 4-53: Verbindung Rähm und Kopfband

Bei der Bestandsaufnahme wurden an einzelne Stellen fehlende Holznägel vorgefunden, wie in der Abbildung 4-54 beispielhaft zu sehen ist. Da die Tragstruktur jedoch nicht beeinträchtigt ist, wurde darauf nicht weiter eingegangen.



Abbildung 4-54: Fehlender Holznagel

Die Abbildung 4-55 zeigt eine einzelne Stelle, an der größere Beschädigungen entdeckt wurden. Diese befindet sich an der Mauerbank zwischen den Sparren N 1.3 und N 1.4. Die Stelle wurde mit Hilfe der Klopfprobe gefunden. Eine Bohrwiderstandsmessung wurde zusätzlich durchgeführt und mit Hilfe einer benachbarten unbeeinträchtigten Stelle verglichen. (Abbildung 4-56)



Abbildung 4-55: Feuchtigkeitsschaden



Abbildung 4-56: Bohrwiderstandsmessung an einer durch Feuchte beschädigten Stelle
(links: Stellenaufnahme; rechts oben: $\check{S}1$ beschädigte Stelle; rechts unten $\check{S}1.1$)

4-7 FEUCHTIGKEITSMESSUNGEN

Holz ist aufgrund seiner Eigenschaften bestrebt ein Gleichgewicht mit dem Umgebungsklima (Wasser aus Luft bzw. flüssiges Wasser) herzustellen. Die Ausgleichsfeuchte im Bauteil (nachfolgend als Holzfeuchte bezeichnet) variiert deshalb aufgrund der relativen Luftfeuchtigkeit, Temperatur und des Luftdrucks. Der Fasersättigungsbereich von Fichtenholz liegt zwischen 28-34% Holzfeuchte, wobei Tabelle 4-3 [29] Werte der Holzfeuchte in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit und Temperatur liefert.

Tabelle 4-3: Ausgleichsfeuchte in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit und Temperatur [29]

Bei einer relativen Luftfeuchte in %:	Wert für die jeweilige Holzgleichsfeuchte (Masse%):						
90%	21,1	21,0	21,0	20,8	20,0	19,8	19,3
85%	18,1	18,0	18,0	17,9	17,5	17,1	16,9
80%	16,2	16,0	16,0	15,8	15,5	15,1	14,9
75%	14,7	14,5	14,3	14,0	13,9	13,5	13,2
70%	13,2	13,1	13,0	12,8	12,4	12,1	11,8
65%	12,0	12,0	11,8	11,5	11,2	11,0	10,7
60%	11,0	10,9	10,8	10,5	10,3	10,0	9,7
55%	10,1	10,0	9,9	9,7	9,4	9,1	8,8
50%	9,4	9,2	9,0	8,9	8,6	8,4	8,0
45%	8,6	8,4	8,3	8,1	7,9	7,5	7,1
40%	7,8	7,7	7,5	7,3	7,0	6,6	6,3
35%	7,0	6,9	6,7	6,4	6,2	5,8	5,5
30%	6,2	6,1	5,9	5,6	5,3	5,0	4,7
25%	5,4	5,3	5,0	4,8	4,5	4,2	3,8
und einer Temperatur in °C:	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°

Unterliegt ein Bauteil über einen längeren Zeitraum einer erhöhten Holzfeuchte (> 20 %), so kann es zu erheblichen Beeinträchtigungen der Dauerhaftigkeit führen, wie:

- Verringerung der mechanischen Eigenschaften (Festigkeit/Steifigkeit)
- erhöhte Anfälligkeit gegenüber Pilzen sowie Begünstigung des Holzabbaus
- erhöhte Korrosionsgefahr für Verbindungsmittel aus Stahl

Erhöhte Holzfeuchten können dabei u.a. durch Klimaveränderungen aufgrund einer Nutzungsänderung, falscher Nutzung oder Umbauarbeiten (bauphysikalische Ursache) hervorgerufen werden. Durchfeuchtungen (Kondensat) von Holzbauteilen können aber auch als Folgewirkung von Schäden an anderen Bauteilen (z. B. schadhafte Dachabdichtung) auftreten. Zudem weisen Wasserflecken, Schlieren, Auswaschungen, Verfärbungen, Verwitterungen, etc. auf regelmäßige Durchfeuchtung oder starke Bewitterung der Bauteile hin. [30]

Die Feuchtigkeitsmessungen wurden am 14. Dezember 2021 mit Hilfe des Gerätes „GANN Hydromette 4050“ durchgeführt. Dabei wurden die Oberflächentemperatur des Holzes $\vartheta_{\text{Oberfläche}}=7^{\circ}\text{C}$ und die Außenlufttemperatur $\vartheta=0^{\circ}\text{C}$ gemessen. Dies diente zur Ergebniskorrektur des Feuchtemessgerätes.

Betrachtet man die Wetterdaten vom 14.12.2021 aus dem Download Form des ZAMG betrug die mittlere Tagestemperatur $3,4^{\circ}\text{C}$ mit einer relative Luftfeuchtigkeit 84 %. [31] Nach dem Modellansatz von Avramidis [32] kann nachfolgend die Holzgleichsfeuchte abgeschätzt werden:

$$u_{eq} = 0,01 \cdot \left[\frac{-T \cdot \ln(1 - RH)}{0,13 \cdot \left(1 - \frac{T}{647,1}\right)^{-6,46}} \right]^{\frac{1}{110 \cdot T^{-0,75}}}$$

mit

u_{eq} ... Holzausgleichsfeuchte [%]

T ... Temperatur in [K] ($0^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$)

RH ... relative Luftfeuchtigkeit (z.B. $85\% = 0,85$)

$$u_{eq} = 0,01 \cdot \left[\frac{-277 \cdot \ln(1 - 0,84)}{0,13 \cdot \left(1 - \frac{277}{647,1}\right)^{-6,46}} \right]^{\frac{1}{110 \cdot 277^{-0,75}}} = 18\%$$

Pro Bauteil wurden drei Messungen an unterschiedlichen Stellen durchgeführt. Die Ergebnisse aller Messungen sind in der Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 aufgelistet sowie in der Abbildung 4-57 grafisch dargestellt. Die höchste gemessene Holzfeuchte (Messung F15) beträgt zum Messzeitpunkt 18% an der Mauerbank (siehe Tabelle 4-4). Dies entspricht der Holzausgleichsfeuchte für die klimatischen Bedingungen am Messtag. Zudem wurden auch keine Schäden (Pilz- oder Insektenbefall) an der Mauerbank festgestellt. Jedoch wird angeraten die Dachdeckung in diesen Bereich zu kontrollieren und den Bereich über einen längeren Zeitraum zu beobachten. An den restlichen Bauteilen des Dachtragwerkes wurden keine Wasserflecke bzw. Schäden, die aufgrund erhöhter Holzfeuchtigkeit hervorgerufen werden, vorgefunden.

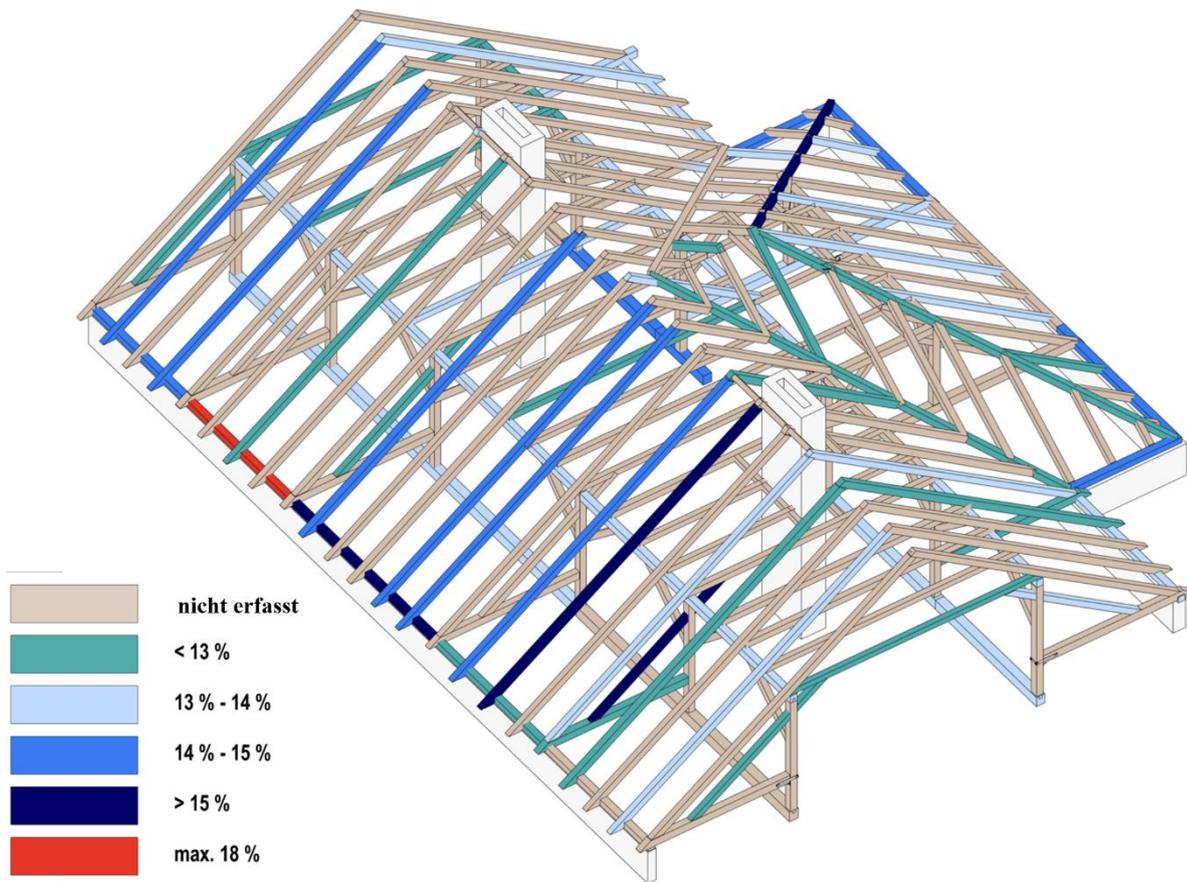


Abbildung 4-57: Übersicht der gemessenen Feuchtigkeit

Tabelle 4-4: Liste alle gemessene Feuchtigkeiten

Position	Feuchtigkeit	Position	Feuchtigkeit	Position	Feuchtigkeit
N1	F1 12,4 %	RÄHM N5-N6	F31 13,9 %	MBR S4	F61 13,2 %
N1.1	F2 14,0 %	N4.2	F32 13,0 %	S3.6	F62 13,1 %
Strebe N1	F3 12,4 %	N5.1	F33 13,2 %	SO2	F63 13,5 %
SCH N1-N2	F4 14,0 %	RÄHM N4-N5	F34 13,6 %	MB S4-SO	F64 14,7 %
N1.4	F5 10,5 %	N5.4	F35 14,1 %	SO	F65 15,0 %
MBR N2	F6 12,7 %	KB N1-S1	F36 12,9 %	MB OS-SO	F66 14,8 %
MB N2-N3	F7 12,6 %	KB N1.3-S1.3	F37 12,6 %	O3	F67 13,5 %
N2.4	F8 14,1 %	KB N2.3-S2.3	F38 13,3 %	S4.4	F68 13,9 %
N3	F9 13,5 %	KB N3.4-S3.4	F39 12,8 %	SCH S4-S5	F69 14,2 %
SCH N3-N4	F10 13,4 %	KB N4.2-S4.2	F40 13,1 %	S5	F70 12,9 %
N3.3	F11 14,5 %	KB N5.2-S5.2	F41 11,3 %	SCH S5-S6	F71 13,4 %
N3.6	F12 14,5 %	KB N6-S6	F42 12,5 %	S5.3	F72 14,0 %
MB N3-N4	F13 17,7 %	S1	F43 13,5 %	S5.4	F73 13,6 %
Strebe N4	F14 12,7 %	Strebe S1	F44 13,4 %	MBR S6	F74 13,9 %
MB 3	F15 18,0 %	S1.2	F45 14,0 %	RÄHM S1-S2	F75 13,4 %
N5	F16 11,0 %	MB S1-S2	F46 13,6 %	S 1.1.1	F76 14,2 %
N4.3	F17 12,7 %	S2.1	F47 13,2 %	S1.4	F77 12,6 %
SCH N5-N6	F18 13,6 %	MBR S2	F48 10,9 %	S2.4	F78 12,9 %
N5.2	F19 13,9 %	SCH S1-S2	F49 13,2 %	RÄHM S3-S4	F79 13,5 %
MB N5-N6	F20 14,7 %	SCH S2-S3	F50 13,8 %	S3.4.1	F80 13,9 %
Strebe N6	F21 12,6 %	WS	F51 12,8 %	W7	F81 11,7 %
RÄHM N1-N2	F22 13,1 %	W4	F52 13,0 %	O8	F82 12,8 %
N1.2	F23 13,1 %	SW	F53 12,9 %	SW	F83 14,0 %
Strebe N2	F24 15,2 %	MB SW-WS	F54 14,4 %	S3.4	F84 13,7 %
N2.1	F25 13,7 %	MB S3-SW	F55 14,2 %	OS	F85 14,0 %
RÄHM N2-N3	F26 13,5 %	SW3	F56 11,9 %	RÄHM S4-S5	F86 13,4 %
N2.3	F27 15,0 %	Säule	F57 11,5 %	S4.2	F87 14,0 %
N3.2	F28 14,1 %	S3	F58 12,9 %	S4.1	F88 13,0 %
RÄHM N3-N4	F29 13,9 %	S3.2	F59 13,2 %	S5.4	F89 12,8 %
N3.5	F30 14,0 %	SCH S4	F60 14,3 %	RÄHM S5-S6	F90 12,8 %

MBR...Mauerbankriegel ; MB...Mauerbank; SCH..Schwelle; KB...Kehlbalken

4-8 BEURTEILUNG DES BAUZUSTANDES

Nach einer vollständigen Bestandsaufnahme, Schadenuntersuchung und Feuchtigkeitsmessung kann eine Beurteilung des Daches vorgenommen werden. Es wurde mit Hilfe des Benotungssystems aus dem Kapitel 3-3 durchgeführt.

Tabelle 4-5: Bauzustandsanalyse

Schadensfolgeklasse	0,5	Humboldtstraße 10 ist ein Wohnhaus und besteht nur aus Wohnungen.
Tragsicherheit		
[K1] Grad der statischen Unbestimmtheit	0	Der Dachstuhl ist als hochgradig statisch unbestimmte Konstruktion gebaut.
[K2] Umbauten und Instandsetzungen	0,5	Es bestehen keine Informationen, dass die Konstruktion geändert wurde.
[K3] Holzerstörung (Pilz- oder Insektenbefall)	0	Keine Zerstörungen infolge Pilz- oder Insektenbefalls gefunden.
[K4] Verbindungs- und/oder Stabversagen	0	Kein Versagen infolge mechanischer Beanspruchung wurde festgestellt.
[K5] konstruktive Mängel	0	Es handelt sich nicht um eine Fehlkonstruktion und die Querschnitte sind nicht unterdimensioniert gebaut.
[K6] große Verformungen und/oder Klaffungen	0,5	Die Klaffungen der Verbindungen wurden an mehreren Stellen gefunden.
[K7] Verschlechterungstendenzen	0,5	Der Dachstuhl ist stark verschmutzt, so dass weitere Mängel nicht ausgeschlossen werden können.
[K8] weitere Kriterien	0	Dachlattungen befinden sich in einem guten Zustand.
In-Situ-Probebelastungen	0	Probebelastungen wurden nicht durchgeführt.
ENDSUMME	2,0	Es besteht ein Handlungsbedarf bei der nächsten Erneuerung der Dachdeckung. Regelmäßige Inspektionen und Wartungen sind durchzuführen.

Es kann allgemein davon ausgegangen werden, dass sich das Dach in einem guten Zustand befindet. Abgesehen von Verdrehungen an zwei Kehlbalken (siehe Kapitel 4-6) und einer Schadstelle bei der Mauerbank (siehe Kapitel 4-6) befindet sich das Dach in einem guten Zustand. Aufgrund der starken Verschmutzungen können jedoch weitere Schäden nicht ausgeschlossen werden. Anhand der Benotungssystem (siehe Kapitel 3-3 und Abbildung 3-7) besteht ein Handlungsbedarf bei der nächsten Erneuerung der Dachdeckung.

KAPITEL 5: STATISCHE UNTERSUCHUNG

Um für ein Bauwerk eine detaillierte Bewertung zu erstellen, spielt die statische Analyse wichtige Rolle. Wie schon erwähnt wurden die unterschiedlichsten Konstruktionen bzw. Konstruktionstypen über die Jahrzehnte verwendet, weshalb keine einheitlichen Systeme entwickelt wurden und jedes Bauwerk einzeln betrachten werden muss. In einem Schritt erfolgt eine Modellbildung, welche auf der detaillierten Bestandserfassung des Tragwerks sowie der einzelnen Verbindung in den vorangegangenen Kapiteln beruht. Dieses Kapitel beinhaltet folgende Punkte: die Lastaufstellung, statische Modellierung sowie die Struktur- und Kenngrößenfestlegung.

5-1 ALLGEMEINES ZUR MODELLBILDUNG

Nach Eurocode 0 wird unter Modellbildung die „Idealisierung des Tragsystems zum Zwecke der Berechnung und Bemessung“ ([33] Punkt 1.5.1.10) verstanden. Um ein geeignetes statisches Modell für die Berechnungen zu erzielen, wurden die Bestandsmaße vereinfacht angenommen. Hier sollte das System so einfach wie möglich gebildet werden aber auch so detailliert wie nötig, sodass die wahrhaften Ergebnisse erzielt wurden. [34]

Das Ziel einer statischen Berechnungen sind Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit eines Systems zu bestimmen, welche an den heutigen Normen überprüft werden müssen.

Während der Untersuchung werden die Schäden vernachlässigt und das System als ideal betrachtet. Die zimmermannsmäßigen Verbindungen werden als Gelenke konstruiert. Die historische Dachtragwerke sind meistens als statisch unbestimmt ausgeführt, so dass durch Versagen eines Teiles oder einige Schäden die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigen werden.

„Besondere Schwierigkeiten bei der Modellbildung von hölzernen Stabtragwerken

- *Zerlegung in ebene Teilsysteme oft schwierig (häufig ausgeprägt räumliches Tragverhalten)*
- *zutreffende Materialkenngrößen eruieren*
- *zutreffende Auflagerrandbedingungen eruieren*
- *Bestimmen der Nachgiebigkeit zimmermannsmäßiger Verbindungen*
- *große Exzentrizität zahlreicher Verbindungen*
- *auf bestimmte Beanspruchungen ausfallende Verbindungen* “ [5]

Damit weitere Schritte in der Systembeurteilung durchgeführt werden können, sind neben der Zusammenfassung der Schwierigkeiten bei der Modellbildung [5] auch die Herausforderungen nach Meisel [4], die in der Abbildung 5-1 dargestellt sind, zu berücksichtigen.

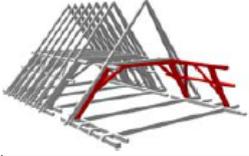
räumliche Lastabtragung	groß, aber nur bei Dachtragwerken mit firstparallelen Traggliedern	Häufig tragen historische Dachwerke die Lasten räumlich (sparren- und pfettendachartig) ab. Daher ist die Zerlegung dieser Tragwerke in ebene Teilsysteme oft schwierig bis unmöglich. An den Koppelpunkten ist die Interaktion der Teilsysteme zu berücksichtigen.
		
Auflagerbedingungen	zum Teil groß	Die Festlegung zutreffender Auflagerbedingungen ist schwierig.
zimmermannmäßige Verbindungen	in der Regel groß	In ÖNORM EN 1995-1-1 (2009 Abschnitt 5.1 und 5.4.2) wird die Berücksichtigung der Nachgiebigkeiten und Exzentrizitäten der Verbindungen für die Systemberechnung gefordert. Das mechanische Verhalten der Verbindungen beeinflusst wesentlich den Verlauf und die Größenordnung der Schnittkräfte. Die diesbezüglichen Angaben der Normung und der Literatur sind nicht vollständig.
		
Materialkenngrößen	mittel	Die Bestimmung zutreffender Materialkenngrößen ist zerstörungsfrei meist nicht möglich.
System- und Querschnittsabmessungen	gering	Die System- und Querschnittsabmessungen weisen - vor allem bedingt durch die handwerkliche Herstellung - große Streuungen auf.
weitere Effekte	zum Teil unbekannt	Verformungen aus Kriechen, u. v. m.
Bezeichnung	Ergebniseinfluss	Kurzbeschreibung

Abbildung 5-1: Übersicht der Herausforderung bei der statischen Analyse historischer Dachtragwerke [4]

Wir haben nach Meisel [4] zwei verschiedene Varianten der Modellbildung:

- räumliche Volumenmodell:
 - komplette, hölzerne Dachwerke ohne grobe Vereinfachungen;
 - zimmermannmäßige Verbindungen mit der Genauigkeit erstellt;
- kombiniertes Volumen- und Stabmodell
 - Zusammenführung von volumenmodellierten Bereichen und klassische Balkenelemente

Diese Methoden entsprechen dem Stand der Wissenschaft und sind sehr detailliert. Bei diesen Methoden hat ein Knoten 10.000 FE-Knotenelemente und die Dateien haben eine Größe von $2 \cdot 10^4$ GB, was auf einem üblichen Computer nicht ausführbar ist. Dieses Problem könnte dadurch gelöst werden, dass die Verbindungen durch Aufteilung in kleinere Systeme berechnet werden. [4]

Die Methoden, die Abbildungen als Stabmodell betrachten, entsprechen dem Stand der Technik und der Praxis. Die Schnittkräfte können mit geringem Aufwand gerechnet werden. Diese Methode besteht aus einer räumlichen und einer ebenen Abbildung:

- räumlich:
Mit stärkeren Rechnern wurden auch komplexere Systeme ohne Zerlegung möglich zu berechnen. Die Nachteile der räumlichen Modellbildung sind: Überprüfung der Plausibilität, aufwendige Definition der Lagerbedingungen, aufwendige Auswertung, Nachweise müssen gesondert berücksichtigt werden etc.
- räumlich mit selektiven Schnittkräften:
Die Abbildung erfolgt über ebene Teilsysteme, die über Koppelpunkte verbunden sind. Bei bekannten Tragwirkungen ist eine räumliche Abbildung möglich. Nur selektiven Schnittkräfte

treten auf, d.h. es werden drei Teilsysteme benötigt: Biegung um die starke und schwache Achse sowie die Torsion. Der geringe Auswertungsaufwand und die größere Übersichtlichkeit sind die wesentlichen Vorteile dieser Abbildung

- eben:
Während komplexere Systeme in der ebenen Modellbildung mit Ungenauigkeiten in der Schnittkraftermittlung zu rechnen sind, können die einfacheren Systeme der Sparren- und Kehlbalkendächer sowie der statisch bestimmten Pfettendächer problemlos abgebildet werden.
- eben mit virtuellen Querschnitten:
Die Modellbildung erfolgt mit der Verwendung von virtuellen Querschnitten. Der Abstand zwischen zwei Vollgespärren wurde als die Lasteinflussbreite e definiert. Die Nachgiebigkeit der Stuhlwand wurde mit einer Feder zwischen Kehlbalken und Stuhl abgebildet.
- eben, mit Federn:
Mit der Hilfe nachgiebigen Auflager wurden die ebenen Abbildungen ermöglicht. Die Koppelung der Teilsysteme ermöglicht eine schnellere und leichtere Auswertung. In einer solchen Modellbildung ist die Entkoppelung nicht möglich, da die gleichzeitig tragenden Stäbe in mehreren Tragteile auftreten sollten. [4]

5-2 LASTAUFSTELLUNG UND LASTKOMBINATIONEN

In diesem Kapitel werden die Lastaufstellung und die zugehörigen Lastkombinationen näher erläutert. Neben den allgemeinen Modellannahmen sind die einwirkenden Lasten auf ein Bauwerk ebenfalls essenziell für eine korrekte statische Berechnung. Die ständigen und veränderlichen Einwirkungen werden nach aktuellen gültigen Normen bestimmt. Außergewöhnliche Einwirkungen sowie Brand, Temperatur und Bauzustände wurden im Rahmen der statischen Analyse nicht berücksichtigt.

Die nachfolgende Lastaufstellung orientiert sich an folgenden aktuell gültigen Normen:

- ÖNORM B 1991: 2020 Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten im Hochbau [35]
- ÖNORM EN 1991: 2022 Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten [36]
- ÖNORM EN 1991: 2011 Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten [37]
- Außergewöhnliche Lasteinwirkungen – Erdbeben (EN 1998-1) - In dieser Arbeit werden keine Lasten gemäß Eurocode 8 einbezogen.

5-2.1.1 Eigengewicht

Die Aufstellung der Eigengewichtslasten erfolgte nach ÖNORM B 1991:2020 [35].

Für die Holzbauteile aus Nadelholz wurde eine Wichte von $\gamma = 5,5 \text{ kN/m}^3$ angenommen. Für sämtliche lastabtragende Bauteile der Dachkonstruktion, welche im Stabwerksprogramm RSTAB [38] der Firma Dlubal modelliert sind, wird diese programmintern berücksichtigt. Die Aufstellung des Eigengewichts für die Dachlattung und Dacheindeckung kann aus der Tabelle 5-1 entnommen werden.

Tabelle 5-1: Die Berechnung des Eigengewichtes

Bezeichnung	γ [kN/m ³]	g [kN/m ²]
Biberschwanzziegel-Doppeldeckung	-	0,90
Dachlattung 3x2 cm, 10 Stück/m	5,50	0,06

Die Lasten des Ziegeldaches wurden aus ÖNORM B 1991-1-1: Tabelle A.11 – Dachdeckungen aus Ziegeln genommen.

5-2.1.2 Nutzlasten

Die Nutzlasten wurden nach ÖNORM EN/B 1991-1-1_2020 ermittelt.

Das Dachtragwerk fällt in die Nutzungskategorie H und ist dementsprechend nur für Wartungs- und Reparaturarbeiten zugänglich. Der Nationale Anhang schreibt eine Nutzlast von $q_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ auf einer maximalen Fläche $A = 18 \text{ m}^2$ bzw. eine Einzellast von $Q_k = 1,5 \text{ kN}$ an einer ungünstigen Stelle vor.

Gemäß Abschnitt 3.3.2(1) der ÖNORM EN 1991-1-1:2011 [35] ist jedoch eine Kombination der Nutzlasten mit Schnee und/oder Wind nicht erforderlich. Da die Lastfallkombination mit Schnee und/oder Wind in der Regel zu höher Auslastungen führen, können die Nutzlasten unberücksichtigt bleiben.

5-2.1.3 Schneelasten

Die Aufstellung der Scheelast erfolge gemäß ÖNORM EN/B 1991-1-3_2022 [36] für den Standort des Gebäudes in Graz-Geidorf. Es ergeben sich für den Standort folgende Parameter:

- Seehöhe: $A = 369 \text{ m ü.NN}$
- Lastzone: $Z = 2$
- Schneelast: $s_k = 1,10 \text{ kN/m}^2$ [36]

Gemäß Tabelle 2 der ÖNORM EN 1991-1-3 wurden für ein Satteldach mit der Dachneigung von $\alpha = 35^\circ$ die Formbeiwerte wie folgend ermittelt:

$$\mu_1(\alpha) = 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha)/30^\circ = 0,8 \cdot (60 - 35)/30 = 0,67 \quad (5-1)$$

$$\mu_2(\alpha) = 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha)/30^\circ = 0,8 \cdot (60 - 35)/30 = 0,83 \quad (5-2)$$

$$\mu_3(\alpha) = 1,6 \quad (5-3)$$

Durch die – zumindest teilweise – vorhandenen Schneegitter wird das Abrutschen von Schnee verhindert. Daher wurden die Formbeiwerte gemäß den Vorschriften (5.3.3 (2)) in der Norm höher festgelegt: $\mu_1 = \mu_2 = 0,83$.

Für ein Satteldach gemäß ÖNORM EN 1991-1-3 [36] müssen die folgenden Lastfälle geprüft werden: (siehe Abbildung 5-2)

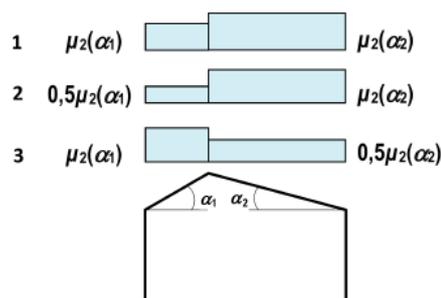


Abbildung 5-2: Schneelast Einwirkungskombinationen [36]

$$s_{k,symm} = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,10 = 0,91 \text{ kN/m}^2 \quad (5-4)$$

$$s_{k,unsymm} = 0,5 \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,5 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,10 = 0,46 \text{ kN/m}^2 \quad (5-5)$$

mit:

$$C_e = C_t = 1,0$$

C_e Beiwert Geländegebenheit (üblich)

C_t Temperaturbeiwert

Für den Bereich der Gaube bzw. hinter den Brandmauern im Bereich der Gesimse sind Verwehungen aufgrund der geometrischen Abmessungen nicht ausschlaggebend auf das globale Tragverhalten und werden daher vernachlässigt.

Es ergeben sich demnach 3 verschiedene Lastfälle, welche in Abbildung 5-3 dargestellt sind.

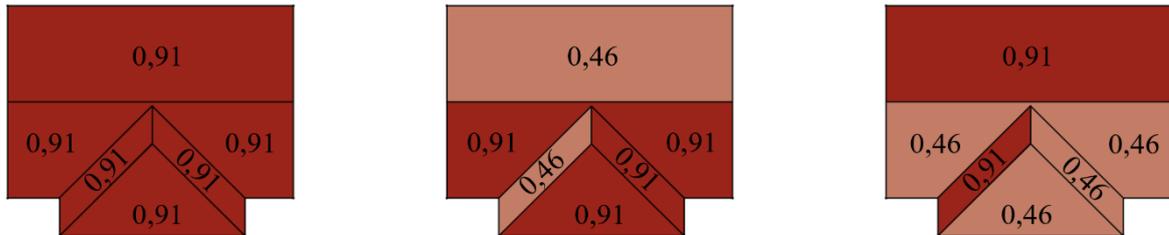


Abbildung 5-3: Lastaufstellung der Schneelast

5-2.1.4 Windlasten

Die Windlasten wurden gemäß: ÖNORM EN 1991-1-4_2011 / ÖNORM B 1991-1-4_2019 [39] [40] ermittelt.

Die Humboldtstraße befindet sich in Graz – Geidorf und gehört zur Innenstadt bzw. nach ÖNORM EN 1991-1-4_2011 [39] zur Geländekategorie IV.

Laut Grundbuch [25] (siehe Abbildung 5-4) beträgt die Gebäudehöhe 19,10 m. Daraus und aus der Norm [39] [40] ergeben sich folgende Parameter: $z_0 = 1,0$; $z_{\min} = 15$ m; $z = 19,10$ (Gebäudehöhe).

Wie in dem Kapitel 4-3 erwähnt, wurde für die Dachneigung 35° angenommen.

Es seien dabei, wie in <u>Beilage Nr. 1 - 3</u> ersichtlich, typische Beispiele aufgezzeigt:		
Straßenseitig ergibt sich für	Humboldtstraße 18	18,40 m,
	Humboldtstraße 14	18,65 m
	Humboldtstraße 10	14,30 m.
Zulässig lt. Widmungsrahmen: straßenseitig 17,00 m.		
Hofseitig ergibt für	Humboldtstraße 18	19,90 m
	Humboldtstraße 14	20,25 m
	Humboldtstraße 10	16,40 m.
Zulässig lt. Widmungsrahmen: hofseitig 19,50 m.		
Als höchste Stelle der Gebäude ergibt sich straßenseitig für		
	Humboldtstraße 18	23,60 m
	Humboldtstraße 14	24,35 m
	Humboldtstraße 10	19,10 m

Abbildung 5-4: Gebäude Höhe aus dem Bestandsplan [25]

Basisgeschwindigkeit: $v_{b,0} = 20,4$ m/s

Basisgeschwindigkeitsdruck: $q_{b,0} = 0,26$ kN/m²

Die Ermittlung des charakteristischen Böengeschwindigkeitsdrucks wird wie folgend ermittelt ([40] Tabelle 2):

$$\frac{q_p}{q_{b,0}} = \left(\frac{v_p}{v_{b,0}} \right)^2 = 1,2 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,38} \quad (5-6)$$

$$q_p(z) = 0,26 \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,38} = 0,26 \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{19,1}{10} \right)^{0,38} = 0,40 \text{ kN/m} \quad (5-7)$$

mit:

- q_p Böengeschwindigkeitsdruck;
- $q_{b,0}$ Referenzwert des Geschwindigkeitsdruckes (10-min-Mittel in 10 m Höhe, Gelände II);
- v_p Spitzenwindgeschwindigkeit;
- v_m mittlere Windgeschwindigkeit (10-min-Mittel);
- $v_{b,0}$ Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit (10-min-Mittel in 10 m Höhe, Gelände II);
- z Höhe über Grund;
- z_{min} minimale Höhe, bis zu der das jeweilige Profil gilt; darunter ist der Wert für z_{min} zu nehmen. [40]

Die Ermittlung der globalen Windeinwirkung:

$$w_k = q_{p(z)} \cdot (c_{pe} - c_{pi}) \quad (5-8)$$

mit:

- c_{pe} aerodynamischer Außendruckbeiwert
- c_{pi} aerodynamischer Innendruckbeiwert
- w_k globale Windeinwirkung in kN/m²
- $q_{p(z)}$ Böengeschwindigkeitsdruck

Die Belastung durch Wind ergibt sich aus der ungünstigsten Kombination von c_{pe} und c_{pi} . Torsionseffekte sowie Einflüsse von Schnee und Eis auf die Windangriffsfläche werden nicht berücksichtigt. Der Anbau wird entsprechend den anderen Walmdachflächen behandelt. [5]

Die Berechnung der Windlast hängt von der Form des Daches ab. Die Klassifizierung der Druckbeiwerte gemäß ÖNORM EN 1991-1-4 [39] bei einem Satteldach ist in der folgenden Abbildung 5-5 dargestellt.

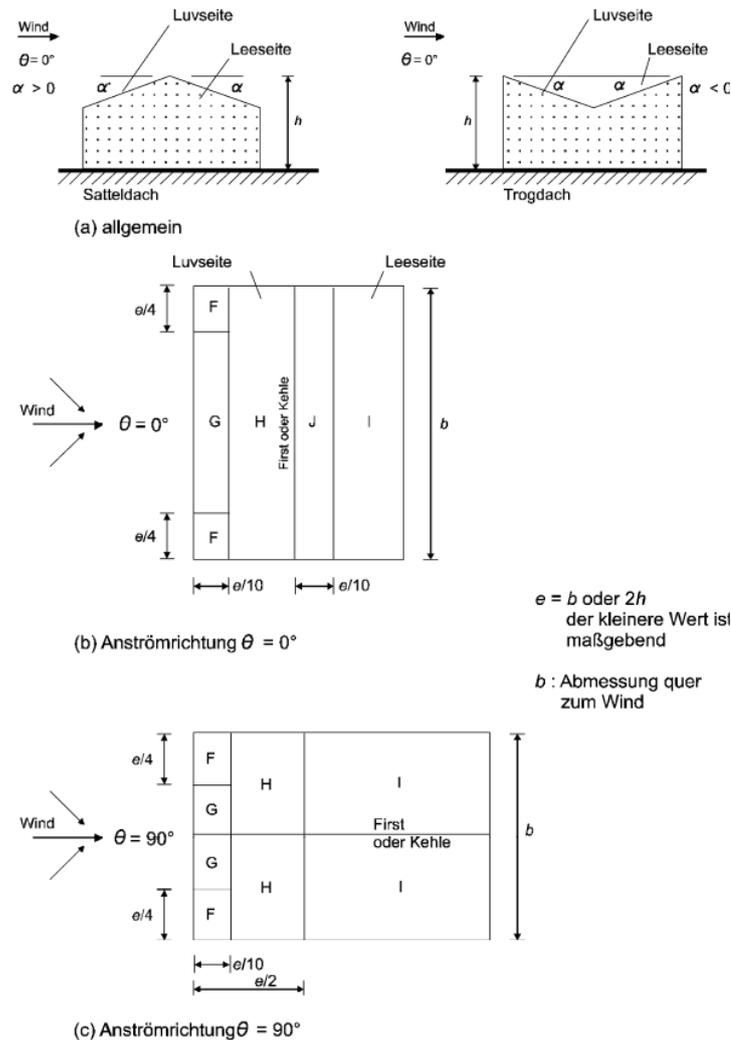


Abbildung 5-5: Dachflächen bei Sattel- und Trogdächern [39]

Die folgende Tabelle 5-2 zeigt die Außendruckbeiwerte für das Satteldach unter Einfluss von Wind aus südöstlicher/nordwestlicher Richtung ($\Theta = 0^\circ$) und Wind aus südwestlicher/nordöstlicher Richtung ($\Theta = 90^\circ$), wie in der Norm ([39] Tabelle 7.4a) festgelegt. Die Werte beziehen sich auf das Hauptdach und wurden durch Interpolation der c_{pe} für eine Dachneigung von 35° berechnet. Für den Anbau werden die Werte entsprechend den Anströmrichtungen ausgetauscht genommen.

Tabelle 5-2: Außendruckbeiwerte Dachflächenbereiche [39]

ANSTRÖM- RICHTUNG	Hauptdach					Anbau				
	F	G	H	I	J	F	G	H	I	J
$\theta = 0^\circ$	+0,7	+0,7	+0,47	-0,33	-0,43	-1,1	-1,4	-0,83	-0,5	-
$\theta = 90^\circ$	-1,1	-1,4	-0,83	-0,5	-	+0,7	+0,7	+0,47	-0,33	-0,43

Gemäß EN 1994-1-4 [39] müssten die Windlasten für jeden Dachbereich separat berechnet werden, was einen hohen Aufwand bedeutet. Nach MEISEL [4] und HARRAUER [41] ist es ausreichend, die Werte der Dachflächen zusammenzufassen und als gemittelter Winddruck anzusetzen, um hinreichend genaue Ergebnisse zu erhalten.

Da das Gebäude an den Giebeln beidseitig umschlossen ist, treten auf dem Hauptdach bei der Anströmrichtung ($\theta = 90^\circ$) die Bereiche F, G und H nicht auf. Aufgrund des Schutzes des Anbaues durch das Dach auf einer Seite wurden auch Vereinfachungen hinsichtlich der Abhängigkeit von der Windrichtung vorgenommen. Bei direktem Wind wurde ein ungünstigerer Wert angenommen, während bei indirekter Windrichtung ein günstigerer Wert verwendet wurde.

Die, in der Tabelle 5-3, dargestellten Werte wurden als Mittelwerte angenommen. Der Dachflächenbereich F beim Hauptdach wurde, aufgrund der Dachumschließung, vernachlässigt und der Mittelwert der beiden Bereiche G und H ermittelt und anschließend für die Berechnung verwendet.

Tabelle 5-3: Vereinfachte Außendruckbeiwerte c_{pe} Dachflächenbereiche [39]

ANSTRÖMRICHTUNG	Hauptdach			Anbau		
	G; H	I	J	F; G; H	I	J
$\theta = 0^\circ$	0,58	-0,38		-1,11	-0,50	
$\theta = 90^\circ$	-	-0,50		+0,62	-0,38	

Bei der Berechnung des Innendruckbeiwerts wird gemäß der Norm vereinfacht vorgegangen, indem der jeweils ungünstigere Wert in Kombination mit der Windlast berücksichtigt wird. Für den Innendruck wird ein Beiwert von $c_{pi} = +0,2$ angenommen, während für den Innensog ein Beiwert von $c_{pi} = -0,3$ angesetzt wird. [39]

Es folgen zwei Beispiele für die Berechnung der Windlast. Die Berechnung (5-9) wurde für als Überlagerung des Außendruckes mit darauffolgenden Innensog durchgeführt und (5-10) für Überlagerung des Außensogs mit darauffolgenden Innendruck. Beide Berechnungen beziehen sich auf eine Windlast mit einer Anströmrichtung von $\Theta = 0^\circ$.

$$w_k = q_{p(z)} \cdot (c_{pe} - c_{pi}) = 0,4 \cdot (0,58 - (-0,3)) \approx +0,35 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (5-9)$$

$$w_k = q_{p(z)} \cdot (c_{pe} - c_{pi}) = 0,4 \cdot (-0,38 - 0,2) \approx -0,23 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (5-10)$$

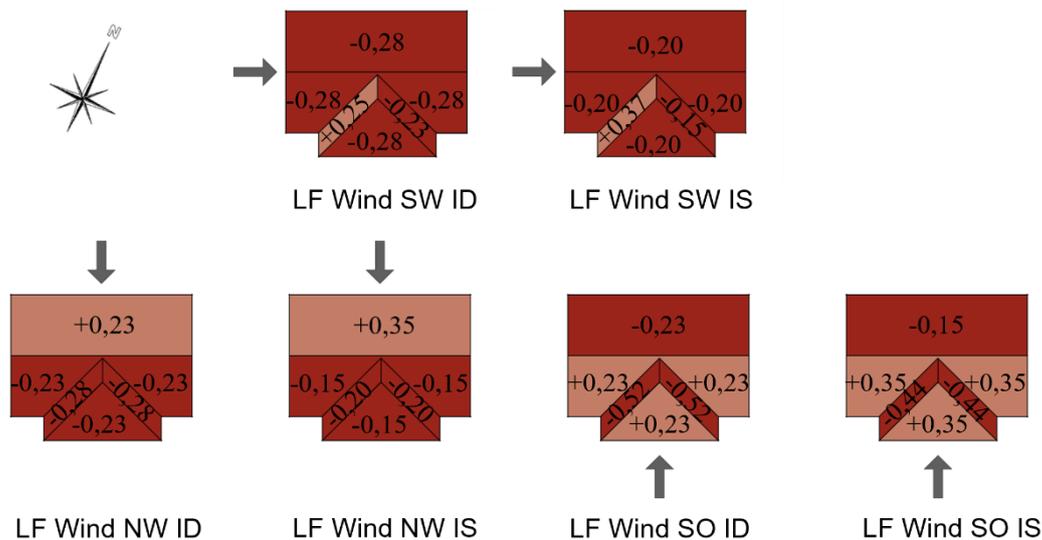


Abbildung 5-6: Lastaufstellung der Windlast [kN/m²]; ID (Innendruck); IS (Innensog)

5-2.1.5 Lastfälle, Last- und Einwirkungskombinationen

Aus der Lastaufstellung ergeben sich insgesamt zehn Lastfällen, welche in Tabelle 5-4 zusammengefasst sind:

Tabelle 5-4: Lastfälle

Nr.	Name des Lastfalles
LF 1	Eigengewicht
LF 2	Schnee_Volllast
LF 3	Schnee Halblast _Nordwest
LF 4	Schnee Halblast_Südost
LF 5	Wind SW ID
LF 6	Wind SW IS
LF 7	Wind NW ID
LF 8	Wind NW IS
LF 9	Wind SO ID
LF 10	Wind SO IS

Die verwendeten Teilsicherheits-, Kombinations- und Modifikationsbeiwerte sind in Tabelle 5-5 zusammengefasst.

Tabelle 5-5: Teilsicherheits-, Kombinations- und Modifikationsbeiwerte

Lastfall	$\gamma_G, g / \gamma_{Q,q}$	ψ_0	k_{mod}
Eigengewicht	1,35	-	0,6
Wind	1,50	0,60	0,9
Schnee	1,50	0,50	0,9

Aus den auftretenden Lasten ergeben sich folgende Einwirkungskombinationen für die ULS-Nachweise:

$$E_d = 1,35 \cdot g \quad (5-11)$$

$$E_d = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot w_k + 1,50 \cdot 0,50 \cdot s_k \text{ (Wind führend)} \quad (5-12)$$

$$E_d = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot s_k + 1,50 \cdot 0,60 \cdot w_k \text{ (Schnee führend)} \quad (5-13)$$

Auf Basis dieser Einwirkungskombination und den zehn genannten Lastfällen ergeben sich insgesamt 139 Lastkombinationen. Diese wurden alle automatisch im Programm Dlubal RSTAB [38] generiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Fokus auf die Nachweise der Tragfähigkeit und die Modellierung des Tragwerkes gesetzt. Für Nachweise der Gebrauchstauglichkeit (SLS) sind keine „fixen“ Grenzwerte definiert bzw. sind diese nur berücksichtigt werden müssen, wenn die Verformung die statische Tüchtigkeit des Bauwerkes beeinflussen. Da Weiteres bei diesem Tragwerk aufgrund der Bestandsaufnahme und der Nutzungsdauer von 136 Jahren bereits ausgeschlossen wurde, wurden keine SLS-Nachweise für das Tragwerk geführt.

Die ermittelten Lastfälle wurden automatisch mit Teilsicherheitsbeiwerten im statischen Modell kombiniert, was insgesamt zu 139 Lastkombinationen führt.

5-3 MODELLIERUNG DES DACHTRAGWERKS

Das Tragwerk wurde als ideal gerade betrachtet und als Stabsystem dargestellt. Die Imperfektionen werden später im Ersatzstabverfahren berücksichtigt. Die Modellierung erfolgte schrittweise von Teilbereichen bis zur Erstellung des vollständigen Modells. Zimmermannmäßige Verbindungen sind als Gelenke angenommen und die dazugehörige Nachgiebigkeit berücksichtigt.

5-3.1 ALLGEMEINE ANNAHMEN

Um eine sinnvolle statische Berechnung durchzuführen, wurden im Programm einige Vereinfachungen eingesetzt:

- Es wurde eine vereinfachte Geometrie verwendet, gleichbleibender Abstand zwischen den Sparren, Systemgeometrie der Gespärre, Kopfbänder usw.;
- für jedes Bauteil wurde ein durchschnittlicher Querschnitt gewählt, der in den folgenden Kapiteln dargestellt wird;
- zwei Kehlbalken in der Achsen 3.3 und 3.5 wurde vernachlässigt, da es aufgrund der Endverdrehung die Kraftübertragung verhindert ist (siehe Abbildung 5-7);
- Klaffungen werden vernachlässigt;
- alle Auflager sowie zimmermannsmäßigen Verbindungen wurden gelenkig modelliert;
- Berechnung auf Basis Theorie erster Ordnung am unverformten System.



Abbildung 5-7: Kehlbalken Verdrehung in Achsen 3.3 und 3.5

5-3.2 GEOMETRIE

Die verwendete Systemgeometrie für das Hauptdach ist exemplarisch in Abbildung 5-8 dargestellt. Dabei wurde einheitlich ein Dachneigungswinkel von 35° angenommen.

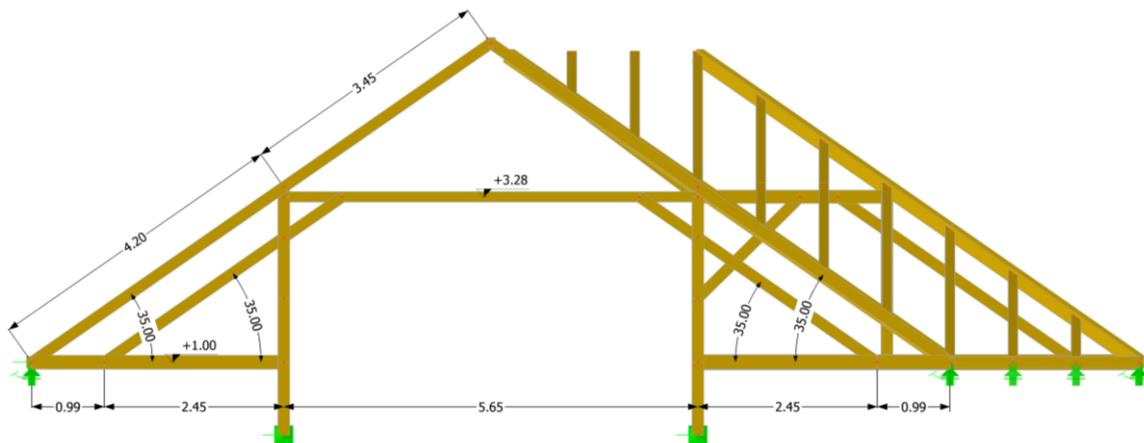


Abbildung 5-8: Regelgespärre für Modellbildung

Der Abstand der Sparren bzw. Gespärre wurde mit dem Mittelwert aus den gemessenen Abständen berechnet und ergibt sich zu $e_{\text{Hauptdach}} = 87 \text{ cm}$ festgelegt. Zur Anpassung der Geometrie wurde für den Anbau ein Quersachsensystem mit einem Abstand von $e_{\text{Anbau}} = 86 \text{ cm}$ angenommen. Beide Abstände sind in Abbildung 5-9 dargestellt.

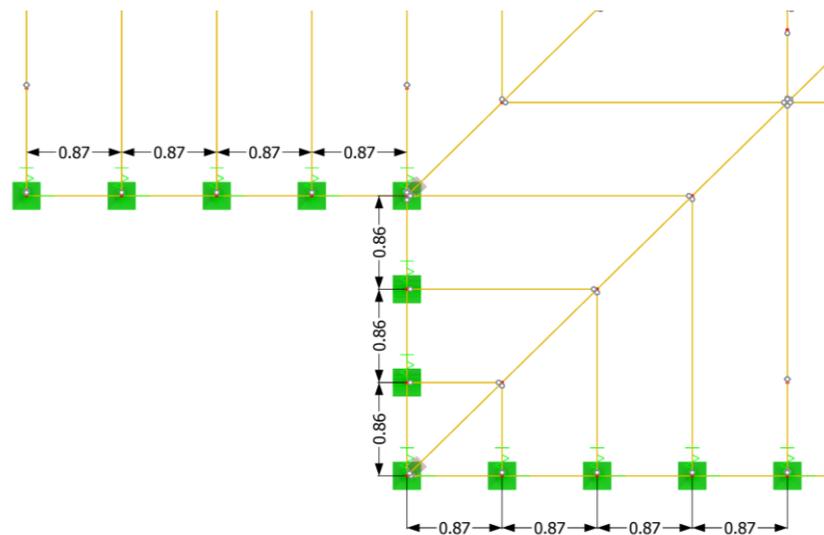


Abbildung 5-9: Achsabstände für statisches Modell

In der folgenden Abbildung 5-10 ist das gesamte statische Modell im Programm Dlubal RSTAB [38] dargestellt.

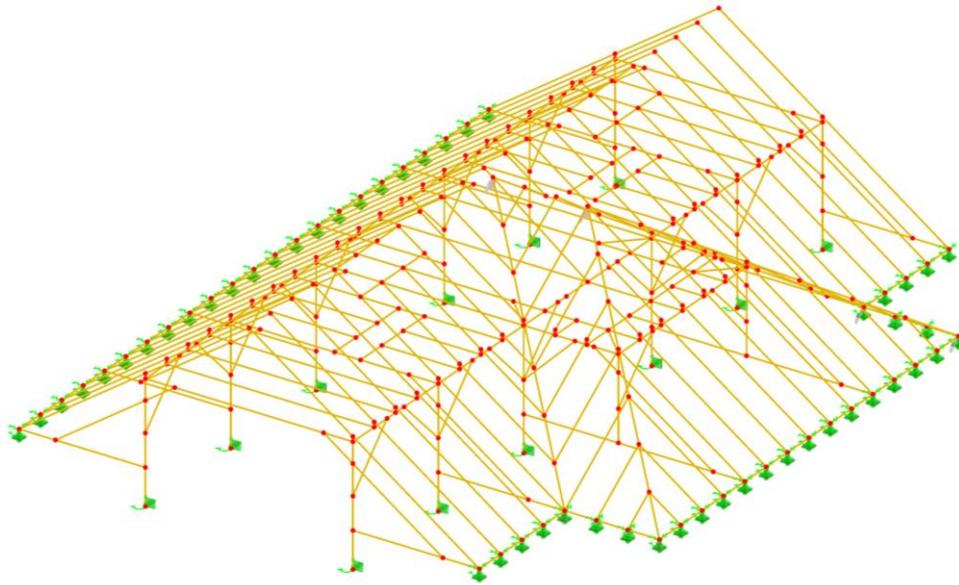


Abbildung 5-10: Statisches Modell

5-3.3 QUERSCHNITTE

Um ein möglichst realitätsnahes statisches System zu erstellen, sind vor allem die Festigkeitsklasse, Steifigkeit und Elastizitätsmodul der Bauteile von großer Bedeutung. Diese Faktoren haben einen wesentlichen Einfluss auf die Schnittkraftverläufe und sind somit ausschlaggebend für die Nachweise. Um eine möglichst fehlerfreie statische Modellbildung zu erreichen, wurden die Querschnitte sorgfältig und zugleich so einfach wie möglich ausgewählt. Auf Basis von Meisel [4] wurden für das statische System Mittelwerte der gemessenen Querschnittsabmessungen für jedes Bauteil separate ermittelt. Die verwendeten Abmessungen sind in der Tabelle 5-6 zusammengefasst.

Tabelle 5-6: Angenommen Querschnittsabmessungen des Tragwerkes

Bauteil	Breite b [cm]	Höhe h [cm]
Stuhlsäule	17	16
Mauerbankriegel Hauptdach	15	19
Mauerbankriegel Anbau	18	21
Kopfband	13	15
Strebe	13	15
Kehlbalken	12	14
Rähm Hauptdach	16	18
Rähm Anbau	16	18
Ichse	13	19
Sparren Hauptdach	13	15
Sparren Anbau	13	15
Mauerbank	14	16

5-3.4 MATERIALEIGENSCHAFTEN

Da sich die Konstruktion in einem guten Zustand befindet, wurden sämtliche Bauteile der Festigkeitsklasse C24 zugewiesen. Die für die Bemessung benötigten mechanischen Materialeigenschaften für Vollholz C24 wurden aus der ÖNORM EN 338 [42] entnommen und sind in Tabelle 5-7 zusammengefasst.

Tabelle 5-7: Festigkeitseigenschaften für C24 [42]

Festigkeitseigenschaften [N/mm ²]				
Biegung	$f_{m,k}$	24	$f_{m,d}$	16,62
Zug in Faserrichtung	$f_{t,0,k}$	14,5	$f_{t,0,d}$	10,04
Zug rechtwinklig zur Faserrichtung	$f_{t,90,k}$	0,4	$f_{t,90,d}$	0,28
Druck in Faserrichtung	$f_{c,0,k}$	21	$f_{c,0,d}$	14,54
Druck rechtwinklig zur Faserrichtung	$f_{c,90,k}$	2,5	$f_{c,90,d}$	1,73
Schub und Torsion	$f_{v,k}$	4,0	$f_{v,d}$	1,59
Rollschub	$f_{r,k}$	1,0	$f_{r,d}$	0,69
Steifigkeitseigenschaften [N/mm ²]				
Elastizitätsmodul	$E_{m,0,mean}$	11.000	mit $X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M}$ $\gamma_M = 1,30$ $k_{mod} = 0,90$	
	$E_{m,90,mean}$	370		
	$E_{0,05}$	7.400		
Schubmodul	$G_{0,mean}$	690		
	$G_{90,mean}$	69		
	$G_{0,05}$	460		
Rohdichte [kg/m ³]				
Rohdichte	ρ_k	350		
Mittelwert der Rohdichte	ρ_{mean}	420		

5-3.5 AUFLAGER

Da der Dachstuhl nicht mit dem Mauerwerk verbunden ist, liegt er frei auf. Die Kraftübertragung in vertikaler Richtung erfolgt durch Druckkräfte und in horizontaler Richtung durch Reibung. Die Auflagerbedingungen der Mauerbank bzw. der Gespärre ist in Tabelle 5-8 ersichtlich. Die horizontale und in der Längsrichtung Auflagersteifigkeiten für das Hauptdach wurden aus dem Forschungsbericht [43] übernommen. Vereinfacht wurden die Auflagersteifigkeiten auch für den Anbau angesetzt. Die vertikale Auflagersteifigkeit wurde als „starr“ angenommen.

Tabelle 5-8: Auflagerbedingungen Mauerbank bzw. Gespärre

Mauerbankauflager	Verschiebung (Feder) [kN/m]			Rotation (Drehfeder) [kNm/rad]		
	$u_{X'}$	$u_{Y'}$	$u_{Z'}$	$\varphi_{X'}$	$\varphi_{Y'}$	$\varphi_{Z'}$
Hauptdach	60	10	∞ (starr)	0 (gelenkig)	0 (gelenkig)	0 (gelenkig)
Nebendach	10	60	∞ (starr)	0 (gelenkig)	0 (gelenkig)	0 (gelenkig)

Die Stützen der Gespärre liegen im realen Tragwerk auf einer Schwelle auf. Da diese in der globalen Lastabtragung eine untergeordnete Rolle spielt wurde dieser vernachlässigt und die Auflager der Stützen wie in Tabelle 5-9 ersichtlich ist modelliert. Die Federsteifigkeit der Achse Z wurde anhand der Abbildung 5-11 [4] übernommen.

Tabelle 5-9: Auflagerbedingungen Stützen

Mauerbankauflager	Verschiebung (Feder) [kN/m]			Rotation (Drehfeder) [kNm/rad]		
	$u_{X'}$	$u_{Y'}$	$u_{Z'}$	$\varphi_{X'}$	$\varphi_{Y'}$	$\varphi_{Z'}$
Hauptdach	✓	✓	63	0 (gelenkig)	0 (gelenkig)	0 (gelenkig)

5-3.6 VERBINDUNGEN

Um eine realistische statische Analyse durchzuführen, müssen nicht nur die Positionen der Gelenke, sondern auch die Exzentrizitäten und Steifigkeiten der Verbindungen berücksichtigt werden. Die ÖNORM EN 1995-1-1 [44] schreibt zwar vor, dass Exzentrizitäten und Steifigkeiten berücksichtigt werden müssen, jedoch werden nur wenige Angaben zur Bestimmung geliefert. Die meisten Verbindungen sind nicht mit Berechnungsprogrammen berechenbar und können nur mit einfachen Modellen betrachtet werden. Meisel [4] hat sich mit den Gründen dafür auseinandergesetzt:

- Je nach Belastung weisen zimmermannsmäßige Verbindungen ein nichtlineares Verhalten auf, was zu unterschiedlichen Nachgiebigkeiten, Exzentrizitäten und Bemessungswiderständen führen kann.
- Die Wechselwirkung zwischen Verbindungsmitteln und ihren Steifigkeitsverhältnissen spielt eine entscheidende Rolle im Gesamttragverhalten und muss für jede einzelne Verbindung berücksichtigt werden.
- Zimmermannsmäßige Verbindungen übertragen aufgrund der Geometrie mit Kontaktdruck und Reibung nicht nur Druck- und Zugkräfte, sondern auch Querdruck-, Querkzug- und Rollschubbeanspruchung.

- Knotenkräfte treten nicht entlang der Stabachse auf, sondern exzentrisch und sind abhängig von dem jeweiligen Lastfall.
- Die Holz-Holz Verbindungen übertragen die Kräfte nach dem Abbau des Schlupfes.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass für eine korrekte Modellierung von zimmermannsmäßigen Verbindungen die Berücksichtigung von Nachgiebigkeiten, Tragfähigkeit und Exzentrizitäten erforderlich sind.

5-3.6.1 Steifigkeiten/Nachgiebigkeiten der Verbindungen

Wegen der Anisotropie des Holzes ist das Verhältnis für Weichholz der Steifigkeit in Fasserrichtung zur Steifigkeit quer der Fasserrichtung $E_{0,\text{mean}}/E_{90,\text{mean}} \approx 30$. Bei den zimmermannsmäßigen Verbindungen ist die Steifigkeit, aufgrund der Kraftübertragung quer bzw. schräg zur Faser, im Verhältnis zu Dehnsteifigkeit gering. Nach Meisel [4] sollte bei der statischen Berechnung zumindest die Größenordnungen der Nachgiebigkeit eingetragen werden. Um die Nachgiebigkeiten bestimmen zu können, wird entweder die FE-Analyse oder die Zusammenfassung von Meisel [4] verwendet. Eine Übersicht für die Steifigkeiten von Verbindung kann aus der Abbildung 5-11 entnommen werden.

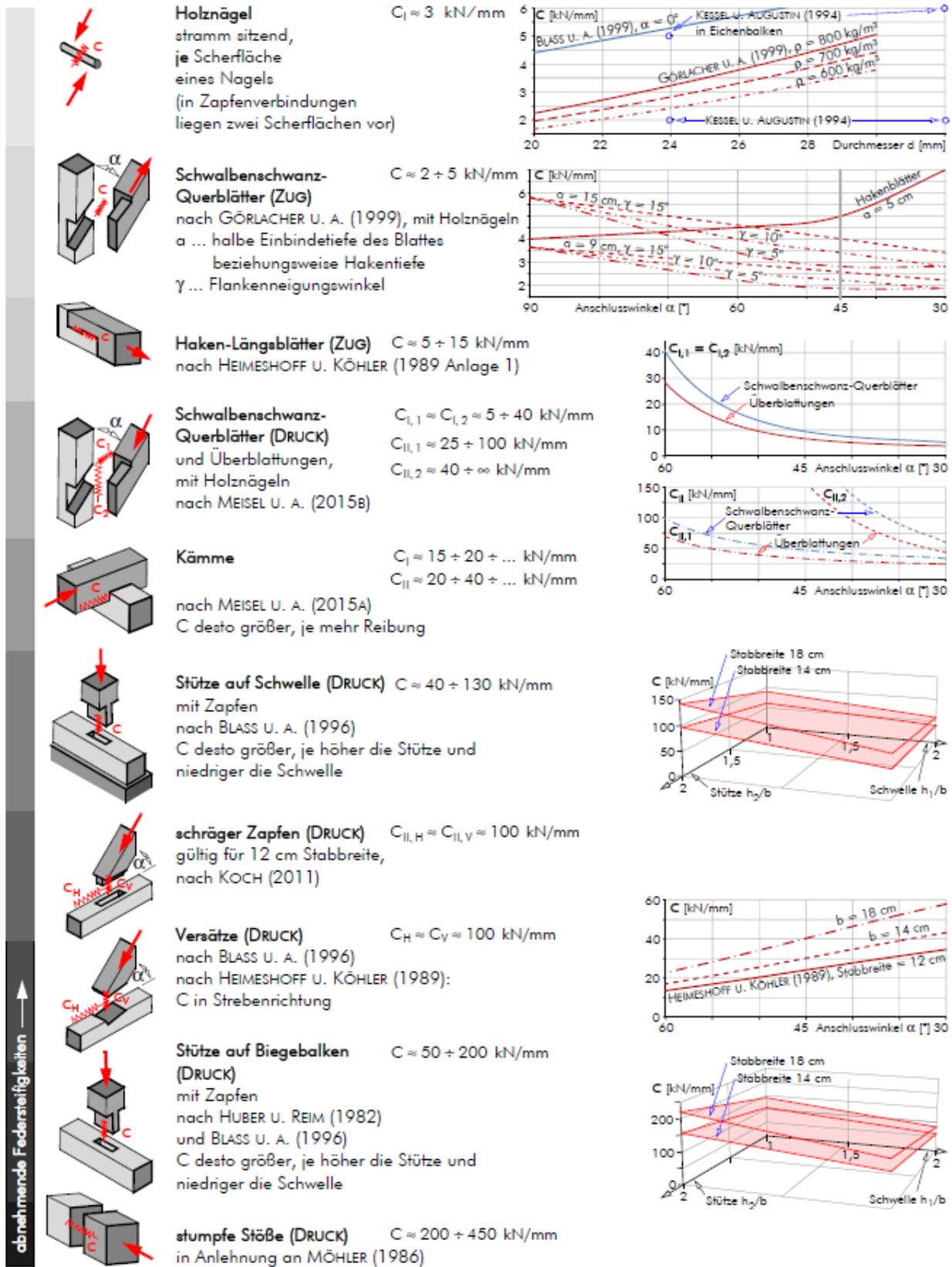


Abbildung 5-11: Federsteifigkeiten der zimmermannsmäßigen Verbindungen für Nadelholz [4]

Die Nachgiebigkeiten der einfachen ingenieurmäßigen Modelle können in vereinfachter Form gemäß Abbildung 5-12 bestimmt werden. Die Abschätzung wurde für rechtwinkelige oder schräge Querdruckanschlüsse verwendet.

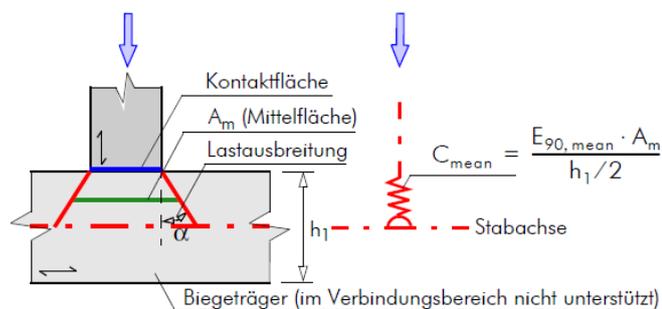


Abbildung 5-12: Ingenieurmäßiges Lastausbreitungsmodell [4]

5-3.6.2 Analyse der Verbindungen

In diesem Abschnitt werden die Steifigkeiten der einzelnen Verbindungen ermittelt sowie deren statische Modellierung näher beschrieben. Darüber hinaus werden die getroffenen Vereinfachungen erläutert.

Mauerbankriegel-Sparren

Der Mauerbankriegel und der Sparren sind mit einem schrägen Zapfen verbunden. Diese Verbindung kann nur Druckkraft übertragen (siehe Abbildung 5-13). Damit auch Zugkräfte übertragbar sind, sind bei einer Zapfenverbindung zusätzliche Verbindungsmittel zB. Holznägel erforderlich. Das schräge Zapfen ermöglicht eine torsionsfreie Verbindung.

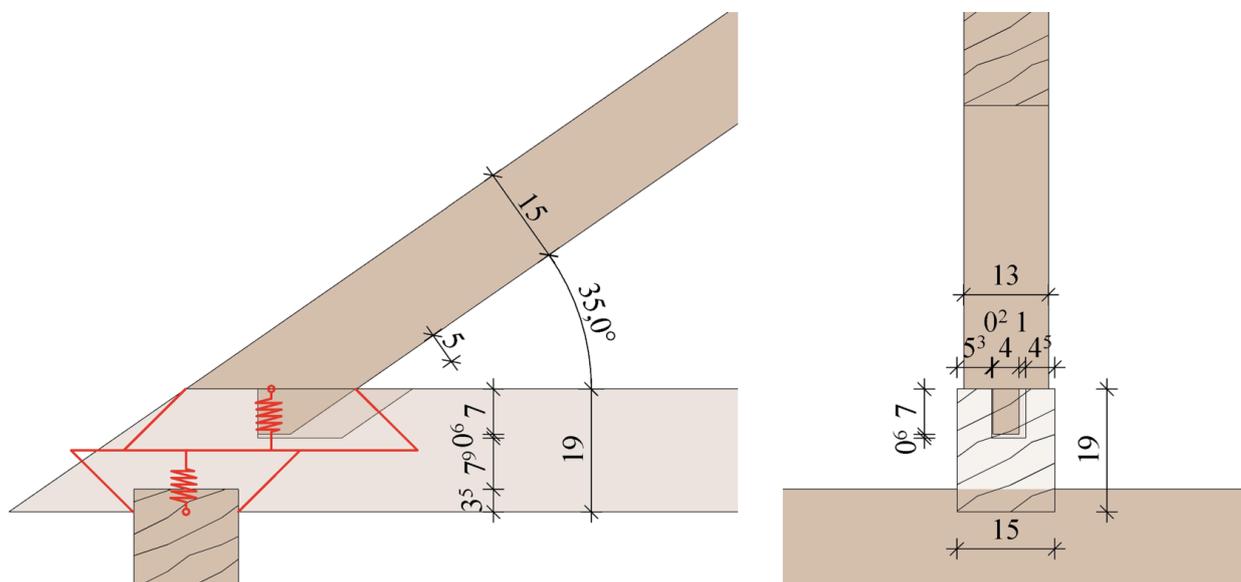


Abbildung 5-13: Verbindung Mauerbankriegel-Sparren

Die Berechnung der horizontalen Steifigkeit erfolgte nach Koch [45] und ist in Gleichung (5-14) angegeben.

$$C_{h,cal} = \frac{t_{zapfen} \cdot b_{zapfen} \cdot E_{\alpha}}{\frac{h_{strebe}}{\sin(\gamma)}} \cdot \left(0,86 \cdot \frac{h_{strebe}}{2 \cdot t_{zapfen} \cdot \sin(\gamma)} + 2,2 \right) \cong 99500 \text{ [N/mm]} \quad (5-14)$$

$$E_{\alpha} = \frac{E_{0,mean} \cdot E_{90,mean}}{E_{0,mean} \cdot \sin^3(\gamma) + E_{90,mean} \cdot \cos^3(\gamma)} \cong 1786 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (5-15)$$

mit:

$$\gamma = 35^{\circ} \quad (\text{Anschlusswinkel})$$

$$h_{strebe} = 150 \text{ mm}$$

$$t_{zapfen} = 70 \text{ mm}$$

$$b_{zapfen} = 40 \text{ mm}$$

$$E_{0,mean} = 11.000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$$

Die vertikale Steifigkeit nach Koch [45] wurde wie folgt berechnet:

$$C_{v,cal} = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan(\rho) + 1 \right)} \cdot \frac{b_{netto}}{2} \cdot E_{90,mean} \cong 66400 \text{ [N/mm]} \quad (5-16)$$

$$k = \frac{h_{schwelle}}{2 \cdot b_{netto}} = 0,97 \quad (5-17)$$

$$m = \frac{\frac{h_{strebe}}{\sin \gamma}}{b_{netto}} = 2,67 \quad (5-18)$$

mit:

$$\rho = 45^{\circ} \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{schwelle} = 150 \text{ mm}$$

$$h_{schwelle} = 190 \text{ mm}$$

$$b_{netto} = b_{schwelle} - b_{zapfenloch} = 150 - 52 = 98 \text{ mm} \quad (5-19)$$

Die Ergebnisse nach Koch [45] sind auf das globale System anwendbar. Da RSTAB die Stabgelenke jedoch in einem lokalen Koordinatensystem berechnet, sind Koordinatentransformationen erforderlich. Somit ergeben sich für die Steifigkeiten im lokalen Koordinatensystem folgende Werte:

$$C_x = -C_{v,cal} \cdot \sin \gamma - C_{h,cal} \cdot \cos \gamma = -120000 \text{ N/mm} \quad (5-20)$$

$$C_y = C_{v,cal} \cdot \cos \gamma - C_{h,cal} \cdot \sin \gamma = -2700 \text{ N/mm} \quad (5-21)$$

Kopfband–Stuhlsäule

Die Verbindung zwischen Stuhlsäule und Kopfband wurde mittels eines schrägen Zapfens ausgeführt. Hier wurde zusätzlich Holznaegel für die Verstärkung der Verbindung eingebracht (siehe Abbildung 5-14). Wie schon erwähnt ermöglicht der Nagel eine Übertragung von Zugkräften.

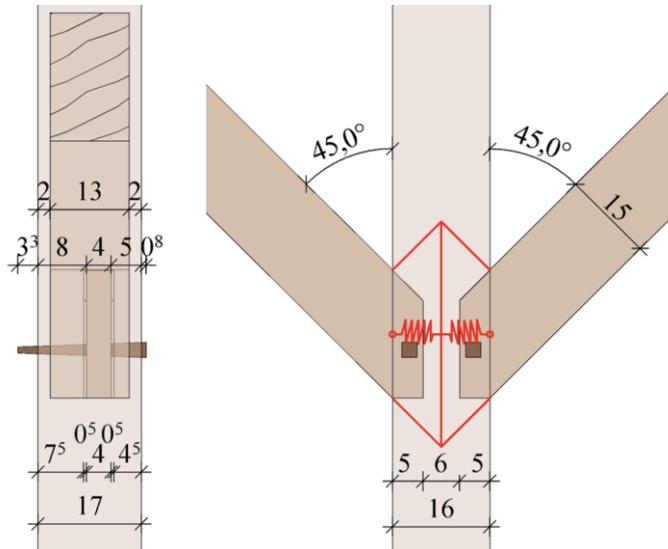


Abbildung 5-14: Verbindung Kopfband-Stuhlsäule

Das Vorgehen zur Berechnung der Steifigkeiten entspricht dem der vorherigen Verbindung bzw. nach Koch [45]. Demnach ergibt sich die horizontale Steifigkeit zu:

$$C_{h,cal} = \frac{t_{zapfen} \cdot b_{zapfen} \cdot E_{\alpha}}{\frac{h_{strebe}}{\sin(\gamma)}} \cdot \left(0,86 \cdot \frac{h_{strebe}}{2 \cdot t_{zapfen} \cdot \sin(\gamma)} + 2,2 \right) \cong 38500 [N/mm] \quad (5-22)$$

$$E_{\alpha} = \frac{E_{0,mean} \cdot E_{90,mean}}{E_{0,mean} \cdot \sin^3(\gamma) + E_{90,mean} \cdot \cos^3(\gamma)} \cong 1012 [N/mm^2] \quad (5-23)$$

mit:

$$\gamma = 45^{\circ} \quad (\text{Anschlusswinkel})$$

$$h_{strebe} = 150 \text{ mm}$$

$$t_{zapfen} = 50 \text{ mm}$$

$$b_{zapfen} = 40 \text{ mm}$$

$$E_{0,mean} = 11.000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$$

Die vertikale Steifigkeit der Verbindung errechnet sich zu:

$$C_{v,cal} = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan \rho + 1 \right)} \cdot b_{netto} \cdot E_{90,mean} \cong 158500 [N/mm] \quad (5-24)$$

$$k = \frac{h_{Schwelle}}{2 \cdot b_{netto}} = 0,67 \quad (5-25)$$

$$m = \frac{\frac{h_{Strebe}}{\sin\gamma}}{b_{netto}} = 1,77 \quad (5-26)$$

mit:

$$\rho = 45^\circ \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{Schwelle} = 170 \text{ mm}$$

$$h_{Schwelle} = 160 \text{ mm}$$

$$b_{netto} = b_{Schwelle} - b_{Zapfenloch} = 170 - 50 = 120 \text{ mm} \quad (5-27)$$

Die Umrechnung vom globalen Koordinatensystem in das lokale Koordinatensystem ergibt folgende Steifigkeiten:

$$C_x = -C_{v,cal} \cdot \sin\gamma - C_{h,cal} \cdot \cos\gamma = -140000 \text{ N/mm} \quad (5-28)$$

$$C_y = C_{v,cal} \cdot \cos\gamma - C_{h,cal} \cdot \sin\gamma = 85000 \text{ N/mm} \quad (5-29)$$

Kopfband – Rähm

Da die Verbindung zwischen dem Kopfband und dem Rahmen auf die gleiche Art und Weise hergestellt wird wie die beiden zuvor beschriebenen Verbindungen, wurde auf die Wiederholung einer Erläuterung verzichtet.

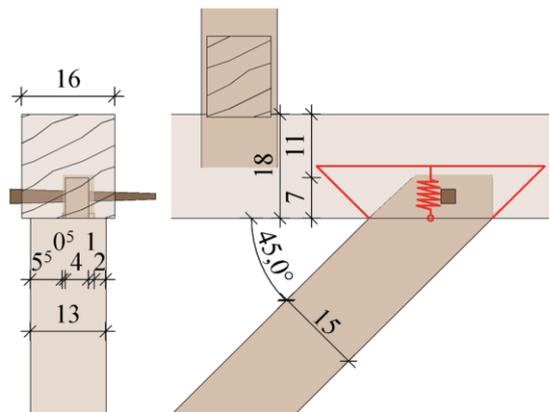


Abbildung 5-15: Verbindung der Kopfband und Rähm

Die horizontale Steifigkeit:

$$C_{h,cal} = \frac{t_{Zapfen} \cdot b_{Zapfen} \cdot E_\alpha}{\frac{h_{Strebe}}{\sin\gamma}} \cdot \left(0,86 \cdot \frac{h_{Strebe}}{2 \cdot t_{Zapfen} \cdot \sin\gamma} + 2,2 \right) \cong 46800 \text{ [N/mm]} \quad (5-30)$$

$$E_\alpha = \frac{E_{0,mean} \cdot E_{90,mean}}{E_{0,mean} \cdot \sin^3\gamma + E_{90,mean} \cdot \cos^3\gamma} \cong 1012 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (5-31)$$

mit:

$\gamma = 45^\circ$ (Anschlusswinkel)

$h_{\text{Strebe}} = 150 \text{ mm}$

$t_{\text{Zapfen}} = 70 \text{ mm}$

$b_{\text{Zapfen}} = 40 \text{ mm}$

$E_{0,\text{mean}} = 11.000 \text{ N/mm}^2$

$E_{90,\text{mean}} = 370 \text{ N/mm}^2$

Die vertikale Steifigkeit:

$$C_{v,\text{cal}} = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan \rho + 1 \right)} \cdot b_{\text{netto}} \cdot E_{90,\text{mean}} \cong 126000 \text{ [N/mm]} \quad (5-32)$$

$$k = \frac{h_{\text{Schwelle}}}{2 \cdot b_{\text{netto}}} = 0,86 \quad (5-33)$$

$$m = \frac{\frac{h_{\text{Strebe}}}{\sin \gamma}}{b_{\text{netto}}} = 2,02 \quad (5-34)$$

mit:

$\rho = 45^\circ$ (Lastausbreitungswinkel)

$b_{\text{Schwelle}} = 160 \text{ mm}$

$h_{\text{Schwelle}} = 180 \text{ mm}$

$$b_{\text{netto}} = b_{\text{Schwelle}} - b_{\text{Zapfenloch}} = 160 - 55 = 105 \text{ mm} \quad (5-35)$$

Die Steifigkeiten im lokalen Koordinatensystem lauten:

$$C_x = -C_{v,\text{cal}} \cdot \sin \gamma - C_{h,\text{cal}} \cdot \cos \gamma = -122200 \text{ N/mm} \quad (5-36)$$

$$C_y = C_{v,\text{cal}} \cdot \cos \gamma - C_{h,\text{cal}} \cdot \sin \gamma = 56000 \text{ N/mm} \quad (5-37)$$

Strebe – Mauerbankriegel

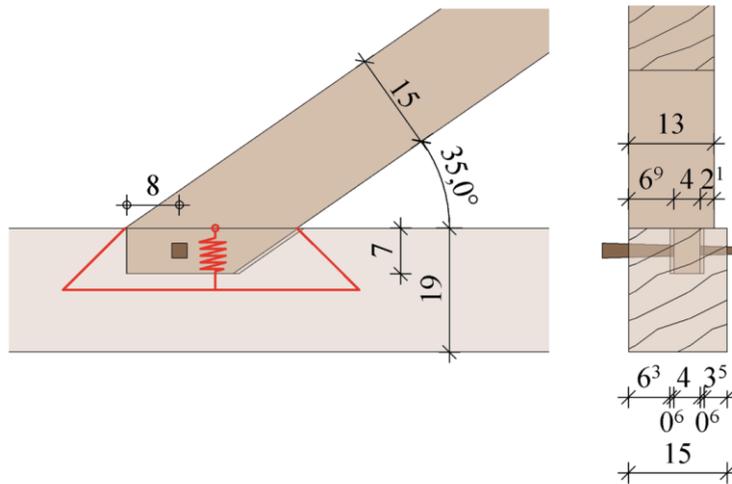


Abbildung 5-16; Verbindung der Strebe-Mauerbankriegel

Die horizontale Steifigkeit:

$$C_{h,cal} = \frac{t_{Zapfen} \cdot b_{Zapfen} \cdot E_{\alpha}}{\frac{h_{Strebe}}{\sin \gamma}} \cdot \left(0,86 \cdot \frac{h_{Strebe}}{2 \cdot t_{Zapfen} \cdot \sin \gamma} + 2,2 \right) \cong 73000 \text{ [N/mm]} \quad (5-38)$$

$$E_{\alpha} = \frac{E_{0,mean} \cdot E_{90,mean}}{E_{0,mean} \cdot \sin^3 \gamma + E_{90,mean} \cdot \cos^3 \gamma} \cong 1786 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (5-39)$$

mit:

$$\gamma = 35^{\circ} \text{ (Anschlusswinkel)}$$

$$h_{Strebe} = 150 \text{ mm}$$

$$t_{Zapfen} = 70 \text{ mm}$$

$$b_{Zapfen} = 40 \text{ mm}$$

$$E_{0,mean} = 11.000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$$

Die vertikale Steifigkeit:

$$C_{v,cal} = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan \rho + 1 \right)} \cdot b_{netto} \cdot E_{90,mean} \cong 133000 \text{ [N/mm]} \quad (5-40)$$

$$k = \frac{h_{Schwelle}}{2 \cdot b_{netto}} = 0,97 \quad (5-41)$$

$$m = \frac{\frac{h_{Strebe}}{\sin \gamma}}{b_{netto}} = 2,67 \quad (5-42)$$

mit:

$$\rho = 45^\circ \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{\text{Schwelle}} = 150 \text{ mm}$$

$$h_{\text{Schwelle}} = 190 \text{ mm}$$

$$b_{\text{netto}} = b_{\text{Schwelle}} - b_{\text{Zapfenloch}} = 150 - 52 = 98 \text{ mm} \quad (5-43)$$

Die Steifigkeiten im lokalen Koordinatensystem lauten:

$$C_x = -C_{v,cal} \cdot \sin\gamma - C_{h,cal} \cdot \cos\gamma = -136000 \text{ N/mm} \quad (5-44)$$

$$C_y = C_{v,cal} \cdot \cos\gamma - C_{h,cal} \cdot \sin\gamma = 67000 \text{ N/mm} \quad (5-45)$$

Stuhlsäule-Rähm

Die Stuhlsäule ist mittels eines geraden Zapfens mit dem Rähm verbunden. Die Verbindung ist zusätzlich mit einem Holznagel verstärkt, der jedoch nur zur Lagesicherung dient und bei der Ermittlung der Anschlusssteifigkeit vernachlässigt wurde. Bei geraden Zapfenverbindungen erfolgt die Kraftübertragung durch Kontaktpressung. Da das Zapfenloch in der Regel tiefer oder breiter ausgeschnitten wurde, darf in der Rechnung nur Nettofläche berücksichtigt werden.

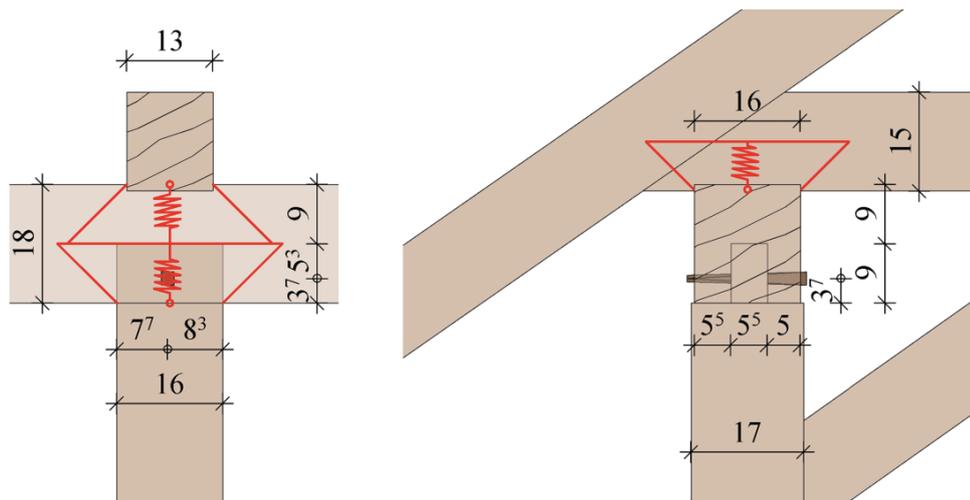


Abbildung 5-17: Verbindung Stuhlsäule-Rähm

Die Berechnung wurde wie folgend ausgeführt:

Die vertikale Steifigkeit für Federsteifigkeit Stuhlsäule-Rähm:

$$C_1 = \frac{2 \cdot \tan\rho}{\ln\left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan\rho + 1\right)} \cdot b_{\text{netto}} \cdot E_{90,mean} \cong 103000 \text{ [N/mm]} \quad (5-46)$$

$$k = \frac{h_{\text{Schwelle}}}{2 \cdot b_{\text{netto}}} = 0,86 \quad (5-47)$$

$$m = \frac{\frac{h_{\text{Strebe}}}{\sin\gamma}}{b_{\text{netto}}} = 1,71 \quad (5-48)$$

$$b_{netto} = b_{Schwelle} - b_{Zapfenloch} = 160 - 55 = 105 \text{ mm} \quad (5-49)$$

mit:

$$\rho = 45^\circ \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{Schwelle} = 160 \text{ mm}$$

$$h_{Schwelle} = 180 \text{ mm}$$

$$b_{Steher} = 170 \text{ mm}$$

$$h_{Steher} = 160 \text{ mm}$$

$$b_{Zapfenloch} = 55 \text{ mm}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$$

Die vertikale Steifigkeit für Federsteifigkeit Rähm-Kopfband:

$$C_2 = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan \rho + 1 \right)} \cdot b_{netto} \cdot E_{90,mean} \cong 136000 \text{ [N/mm]} \quad (5-50)$$

$$k = \frac{h_{Schwelle}}{2 \cdot b_{netto}} = 0,56 \quad (5-51)$$

$$m = \frac{\frac{h_{Strebe}}{\sin \gamma}}{b_{netto}} = 0,81 \quad (5-52)$$

$$b_{netto} = b_{Schwelle} - b_{Zapfenloch} = 160 - 0 = 160 \text{ mm} \quad (5-53)$$

mit:

$$\rho = 45^\circ \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{Schwelle} = 160 \text{ mm}$$

$$h_{Schwelle} = 180 \text{ mm}$$

$$b_{Steher} = 150 \text{ mm}$$

$$h_{Steher} = 130 \text{ mm}$$

$$b_{Zapfenloch} = 0 \text{ mm}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$$

Die vertikale Steifigkeit für Federsteifigkeit Kopfband-Rähm:

$$C_3 = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan \rho + 1 \right)} \cdot b_{netto} \cdot E_{90,mean} \cong 146000 \text{ [N/mm]} \quad (5-54)$$

$$k = \frac{h_{Schwelle}}{2 \cdot b_{netto}} = 0,57 \quad (5-55)$$

$$m = \frac{\frac{h_{Strebe}}{\sin \gamma}}{b_{netto}} = 1,23 \quad (5-56)$$

$$b_{netto} = b_{Schwelle} - b_{Zapfenloch} = 130 - 0 = 130 \text{ mm} \quad (5-57)$$

mit:

$$\rho = 45^\circ \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{\text{Schwelle}} = 130 \text{ mm}$$

$$h_{\text{Schwelle}} = 150 \text{ mm}$$

$$b_{\text{Steher}} = 180 \text{ mm}$$

$$h_{\text{Steher}} = 160 \text{ mm}$$

$$b_{\text{Zapfenloch}} = 0 \text{ mm}$$

$$E_{90, \text{mean}} = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = 42000 \text{ [N/mm]} \quad (5-58)$$

Stuhlsäule-Mauerbankriegel

Die Verbindung der Stuhlsäule und dem Mauerbankriegel erfolgt über gerade Zapfen und wurde zusätzlich mit Bolzen auf Zug gesichert. Die Verbindung wird als Geradzapfenverbindung betrachtet und die Verstärkung wird für die Ermittlung der Steifigkeiten vernachlässigt. Um die Steifigkeiten zu bestimmen, wird die Verbindung als gerade Zapfenverbindung betrachtet und die Verstärkung wird vernachlässigt.

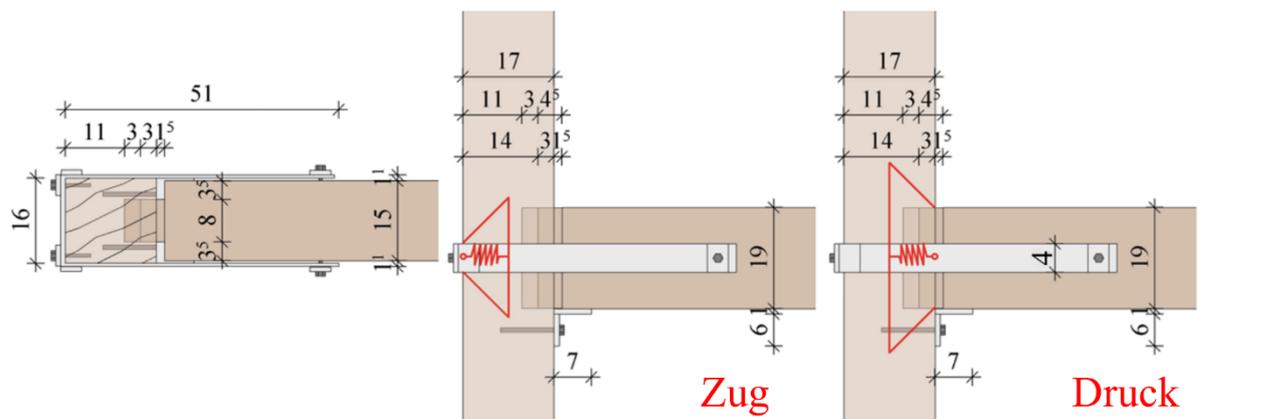


Abbildung 5-18: Verbindung Stuhlsäule-Mauerbankriegel

$$C_{\text{Druck}} = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan \rho + 1 \right)} \cdot b_{\text{netto}} \cdot E_{90, \text{mean}} \cong 92500 \text{ [N/mm]} \quad (5-59)$$

$$k = \frac{h_{\text{Schwelle}}}{2 \cdot b_{\text{netto}}} = 1,06 \quad (5-60)$$

$$m = \frac{\frac{h_{\text{Steher}}}{\sin \gamma}}{b_{\text{netto}}} = 2,37 \quad (5-61)$$

$$b_{\text{netto}} = b_{\text{Schwelle}} - b_{\text{Zapfenloch}} = 160 - 80 = 80 \text{ mm} \quad (5-62)$$

mit:

$$\rho = 45^\circ \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{\text{Schwelle}} = 160 \text{ mm}$$

$$h_{\text{Schwelle}} = 170 \text{ mm}$$

$$b_{\text{Steher}} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 h_{\text{Steher}} &= 190 \text{ mm} \\
 b_{\text{Zapfenloch}} &= 80 \text{ mm} \\
 E_{90, \text{mean}} &= 370 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$C_{\text{quer}} = \frac{2 \cdot \tan \rho}{\ln \left(2 \cdot \frac{k}{m} \cdot \tan \rho + 1 \right)} \cdot b_{\text{netto}} \cdot E_{90, \text{mean}} \cong 71400 \text{ [N/mm]} \quad (5-63)$$

$$k = \frac{h_{\text{Schwelle}}}{2 \cdot b} = 0,53 \quad (5-64)$$

$$m = \frac{\frac{h_{\text{Bleches}}}{\sin \gamma}}{b} = 0,25 \quad (5-65)$$

mit:

$$\rho = 45^\circ \quad (\text{Lastausbreitungswinkel})$$

$$b_{\text{Schwelle}} = 160 \text{ mm}$$

$$h_{\text{Schwelle}} = 170 \text{ mm}$$

$$h_{\text{Bleches}} = 40 \text{ mm}$$

$$b_{\text{Zapfenloch}} = 0 \text{ mm}$$

$$E_{90, \text{mean}} = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$C_{\text{Blech}} = \frac{2 \cdot EA}{l} = \frac{2 \cdot 210000 \cdot 40 \cdot 10}{400} \cong 420000 \text{ [N/mm]} \quad (5-66)$$

$$C_{\text{Bolzen}} = \varphi_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23} \cdot 2 \cdot 2 = 420^{1,5} \cdot \frac{18}{23} \cdot 2 \cdot 2 \cong 27000 \text{ [N/mm]} \quad (5-67)$$

$$C_{\text{Zug}} = \frac{1}{\frac{1}{C_{\text{quer}}} + \frac{1}{C_{\text{Blech}}} + \frac{1}{C_{\text{Bolzen}}}} = 18700 \text{ [N/mm]} \quad (5-68)$$

5-3.7 KNICKLÄNGEN

Die angenommenen Knicklängen für die Stuhlsäule sind in y-Richtung aus dem Bemessungssoftware RuckZuck [46] und für z-Richtung nach WERNER [47] bestimmt und im Anhang dargestellt. Für alle andere Bauteile ist die Knicklänge von 1,0 angenommen.

5-4 ERGEBNISSE STATISCHES MODELL

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Berechnungen nach Theorie I. Ordnung unter Verwendung der definierten Lastfälle und linearen elastischen Materialkennwerten dokumentiert.

Die Berechnungen wurden mit dem Programm RSTAB 9.02 [38] durchgeführt. Eine ausführliche Dokumentation und alle Berechnungsergebnisse sind im Anhang enthalten. Aufgrund der Komplexität des Gesamtmodells sind die Kraftverläufe über das gesamte Dach etwas unübersichtlicher. Stattdessen werden repräsentative Achsen für die Auswertung ausgewählt. Vollgespärre 1 und 3 wurden für Regelgespärre und für das Leergespärre die Achse 5.3 und Achse 3.4 ausgewählt.

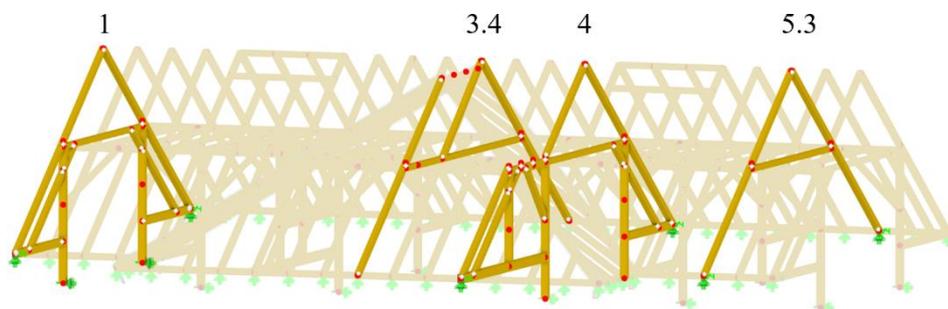


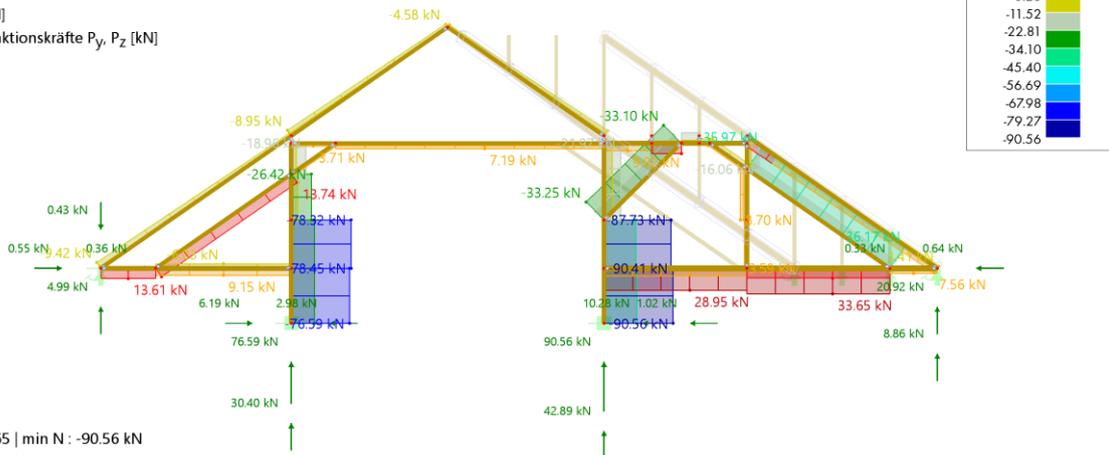
Abbildung 5-19: Darstellung der repräsentativen Achsen

5-4.1 GLOBALE LASTABTRAGUNG DER VOLLGESPÄRRE

Die Lastabtragung bei einem Grazer Dachstuhl kann sowohl pfettendachartig als auch sparrendachartig erfolgen. Die horizontalen Kräfte werden vom System in den Mauerbankriegeln aufgefangen, welche die Kräfte dann auf die Stuhlwandebene übertragen. Zugkräfte werden von den Mauerbankriegeln auf die Stuhlsäulen und die Mauerbank übertragen, und von dort aus weiter in das Untergeschoss geleitet. Das Übertragen der Kräfte erfolgt durch Reibung.

Im Bereich des Anbaus treten die größten Kräfte auf den Achsen 3 und 4 auf. Die Stützen leiten die größte Normalkraft von 90,56 kN auf die Bundträger weiter, die die Lasten dann ins Untergeschoss ableiten. (siehe Abbildung 5-20) Die Abbildung 5-21 zeigt die maximale Normalkraft für die Vollgespärre 1.

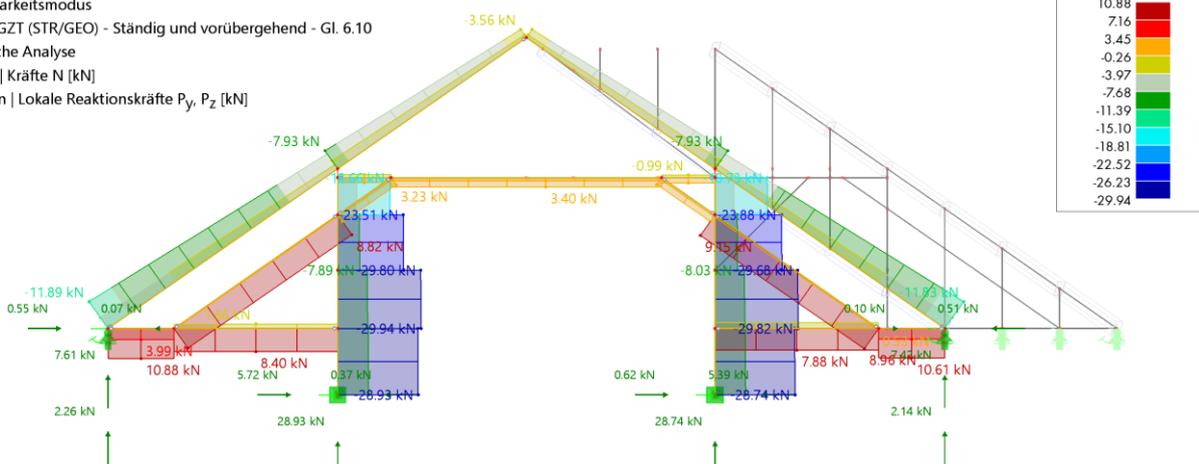
Vollgespärre 4
Sichtbarkeitsmodus
BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10
Statische Analyse
Stäbe | Kräfte N [kN]
Knoten | Lokale Reaktionskräfte P_y, P_z [kN]



Stäbe | max N : 33.65 | min N : -90.56 kN
Knoten | max P_y : 6.19 | min P_y : -10.28 kN
Knoten | max P_z : 0.43 | min P_z : -90.56 kN

Abbildung 5-20: Normalkraftverlauf der Vollgespärre 4

Vollgespärre 1
Sichtbarkeitsmodus
BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10
Statische Analyse
Stäbe | Kräfte N [kN]
Knoten | Lokale Reaktionskräfte P_y, P_z [kN]



Stäbe | max N : 10.88 | min N : -29.94 kN
Knoten | max P_y : 5.72 | min P_y : -5.39 kN
Knoten | max P_z : -2.14 | min P_z : -28.93 kN

Abbildung 5-21: Normalkraftverlauf der Vollgespärre 1

5-4.2 GLOBALE LASTABTRAGUNG DER LEERGESPÄRE

Die höchste Belastung des Leergespärre wurde in der Mitte auf den Achsen 3 und 4 gemessen. Da der gesamte Anbau an das Hauptdach „angelehnt“ ist, erfahren die Sparren größere Normalkräfte. Die größten Normalkraftverläufe der Leergespärre ist in der Abbildung 5-22 und Abbildung 6.23 dargestellt.

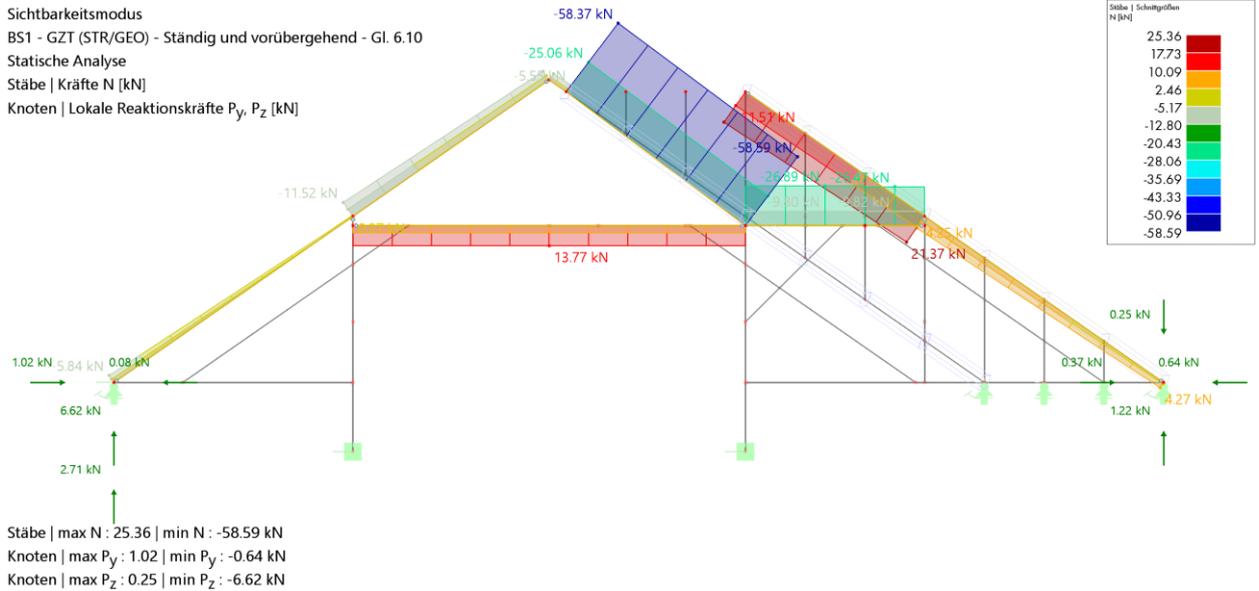


Abbildung 5-22: Normalkraftverlauf der Leergespärre 3.4

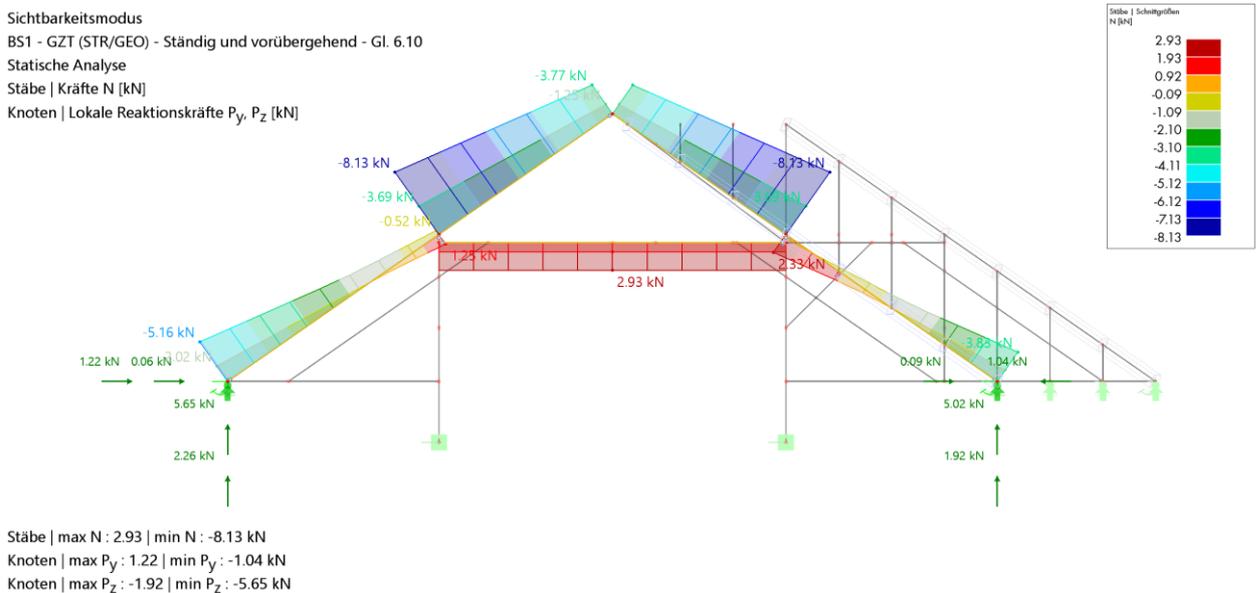
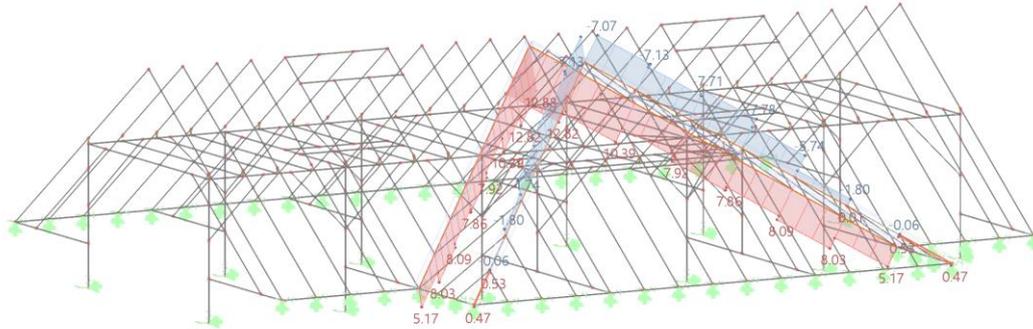


Abbildung 5-23: Normalkraftverlauf der Leergespärre 5.3

5-4.3 GLOBALE TRAGVERHALTEN DES ANBAUS

Eine Darstellung des Normalkraftverlaufs der Ichse und des Grats ist in Abbildung 5-24 zu sehen. Die Lastabtragung erfolgt sparrendachartig, wobei die Ichse und der Grat den größten Teil der Normalkräfte übertragen und nur ein geringer Anteil durch die Sparren des Anbaus geleitet wird.

Sichtbarkeitsmodus
LF1 - eigengewicht
Statische Analyse
Kräfte N [kN]



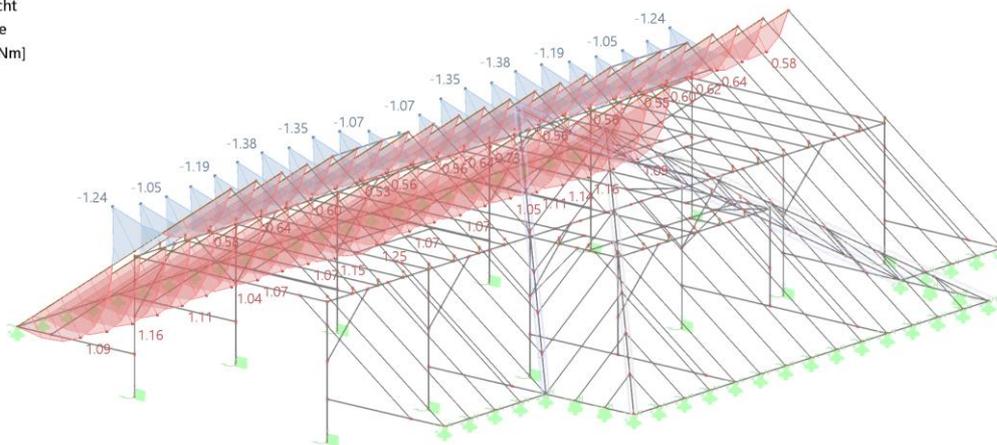
max N : 12.88 | min N : -7.78 kN

Abbildung 5-24: Normalkraftverlauf der Grat und Ichse

5-4.4 GLOBALE TRAGVERHALTEN DES TRAGWERKS

Da die Nordseite des Hauptdaches symmetrisch ist und keine Veränderungen des Tragsystems hat, weisen die Momentenverläufe der Sparren keine größeren Unterschiede auf. Dies ist in der Abbildung 5-25 zu sehen. Änderungen im Bereich des Kamins beeinflussen signifikant sowohl die Momentenverläufe (siehe Abbildung 5-26) als auch die Normalkraftverläufe (siehe Abbildung 5-27) in den Sparren.

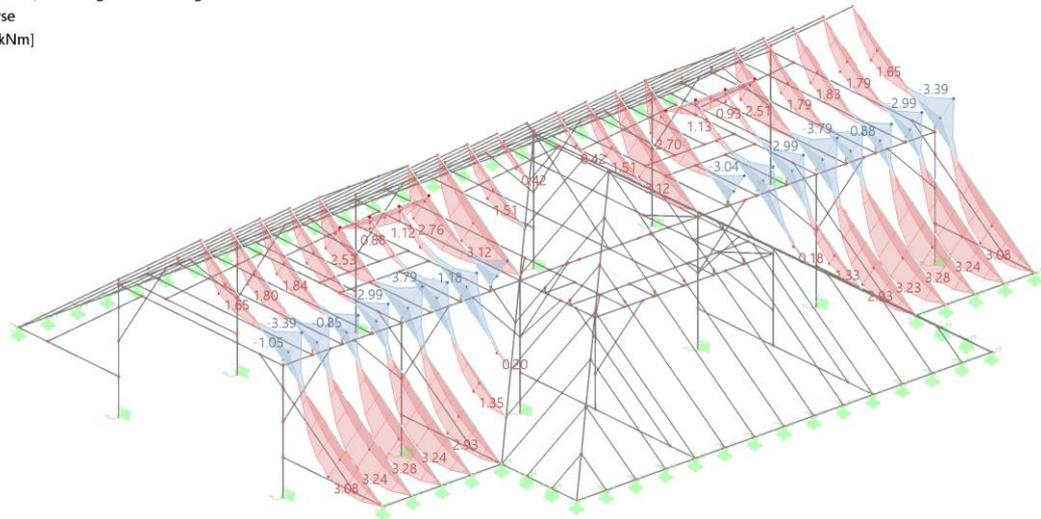
Sparren Hauptdach
Sichtbarkeitsmodus
LF1 - eigengewicht
Statische Analyse
Momente M_y [kNm]



max M_y : 1.25 | min M_y : -1.38 kNm

Abbildung 5-25: Momentverlauf der Sparren in der Nordseite des Hauptdaches

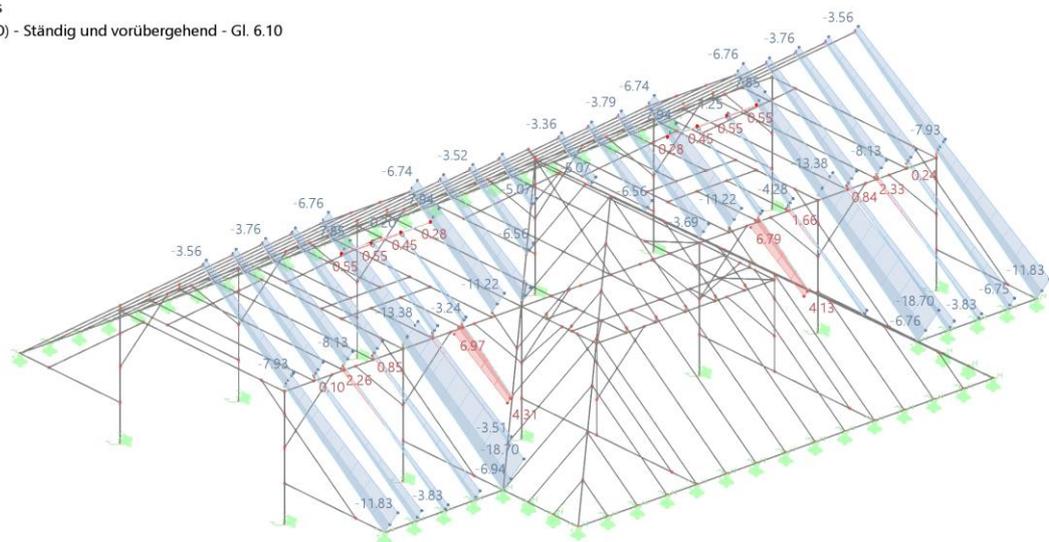
Sichtbarkeitsmodus
 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10
 Statische Analyse
 Momente M_y [kNm]



max M_y : 3.28 | min M_y : -3.79 kNm

Abbildung 5-26: Momentenverlauf der Sparren in der Südseite des Hauptdaches

Sichtbarkeitsmodus
 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10
 Statische Analyse
 Kräfte N [kN]

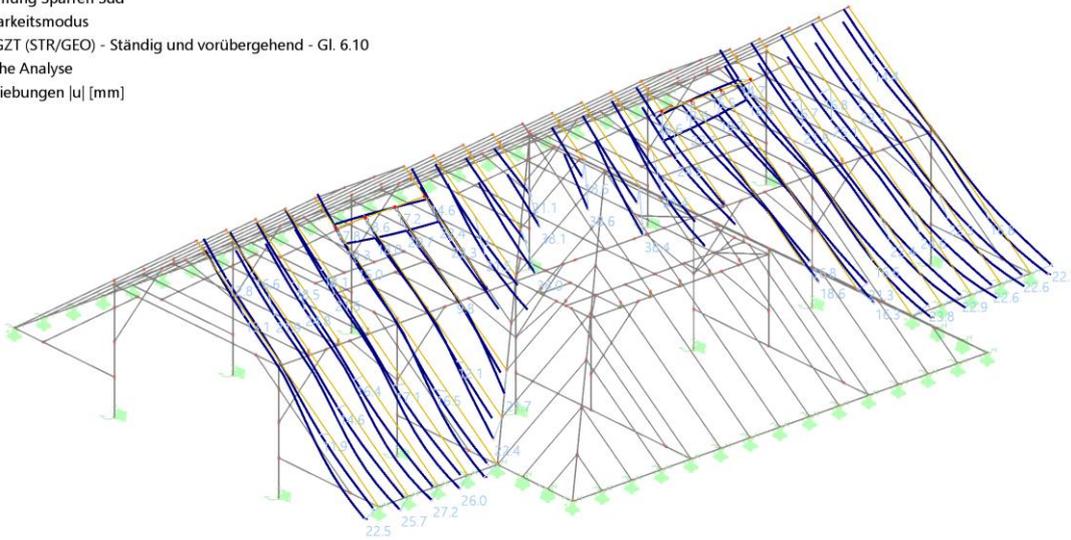


max N : 6.97 | min N : -18.70 kN

Abbildung 5-27: Normalkraftverlauf in den Sparren der Südseite des Hauptdaches

Die größten Verformungen an der Südseite des Hauptdachs treten im Bereich der Verbindung mit der Ichse auf. Die Anbindung des Anbaus führt zu einer Verformung des Hauptdachs von 43 mm. (Abbildung 5-28)

Verformung Sparren Süd
Sichtbarkeitsmodus
BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10
Statische Analyse
Verschiebungen |u| [mm]

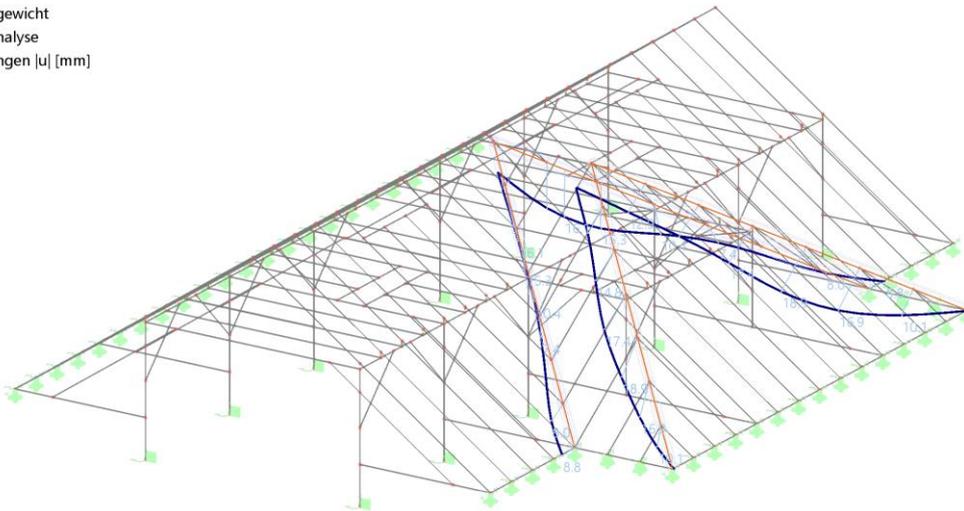


max |u| : 38.6 | min |u| : 4.3 mm

Abbildung 5-28: *Verformungsbild der Sparren an der Südseite des Hauptdaches*

Die Verformungsbilder des Anbaus sind in Abbildung 5-29 und Abbildung 5-30 dargestellt.

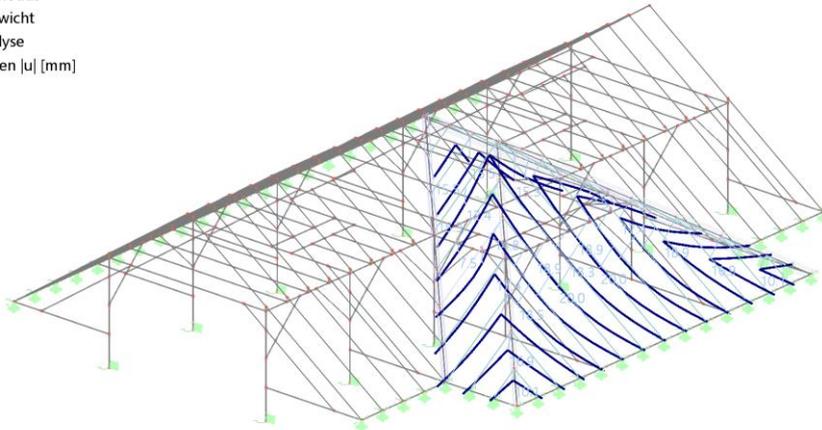
Sichtbarkeitsmodus
LF1 - eigengewicht
Statische Analyse
Verschiebungen |u| [mm]



max |u| : 18.9 | min |u| : 0.8 mm

Abbildung 5-29: *Verformungsbild der Ichse und des Grats*

Gaube Verformung
Sichtbarkeitsmodus
LF1 - eigengewicht
Statische Analyse
Verschiebungen u [mm]

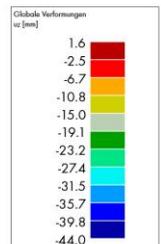
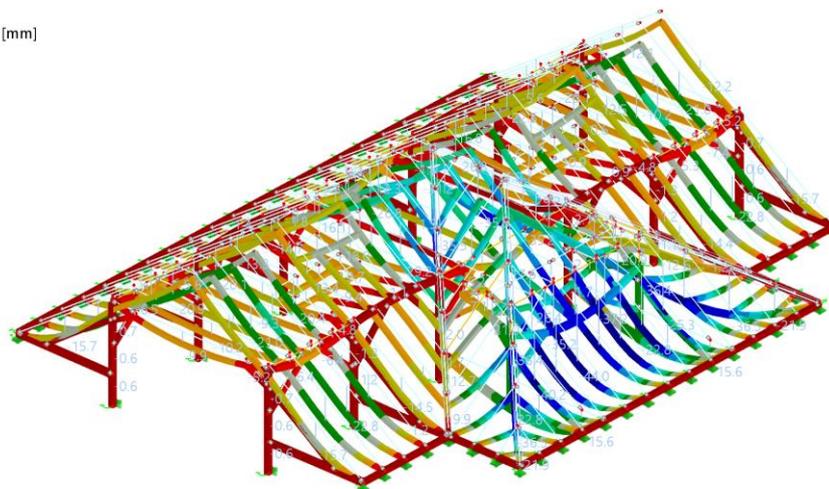


max $|u|$: 20.0 | min $|u|$: 1.1 mm

Abbildung 5-30: Verformungsbild bei den Sparren des Anbaus

In der nächsten Abbildung ist das Verformungsbild des gesamten Systems dargestellt. Aus der Abbildung 5-31 wird deutlich, dass die Tragstruktur des Anbaus an das Hauptdach angelehnt ist. Die Sparren des Anbaus zeigen die größten Verformungen.

verformungen des Systems
BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10
Statische Analyse
Verschiebungen u_z [mm]



max u_z : 1.6 | min u_z : -44.0 mm

Abbildung 5-31: Verformungsbild des gesamten Daches

5-4.5 BAUTEILNACHWEISE

Um das Ziel dieser Masterarbeit zu erreichen und eine volle Aussage über die Tragfähigkeit des Daches zu treffen, müssen die Bauteilnachweise gemäß den aktuellen technischen Regeln (Eurocode 5) erfüllt werden. In diesem Kapitel werden die kritischen Bereiche erläutert und die entsprechenden Lösungen bzw. Ursachen analysiert.

Die historischen Dachtragwerke wurden nach traditionellen Methoden und Erfahrungen errichtet und entsprechen nicht den aktuellen Normen. Es ist nicht ungewöhnlich, dass diese Tragwerke einen höheren Ausnutzungsgrad aufweisen. Der Sicherheitswert liegt bei 2,5 aber Werte über 2,0 sollten überprüft und

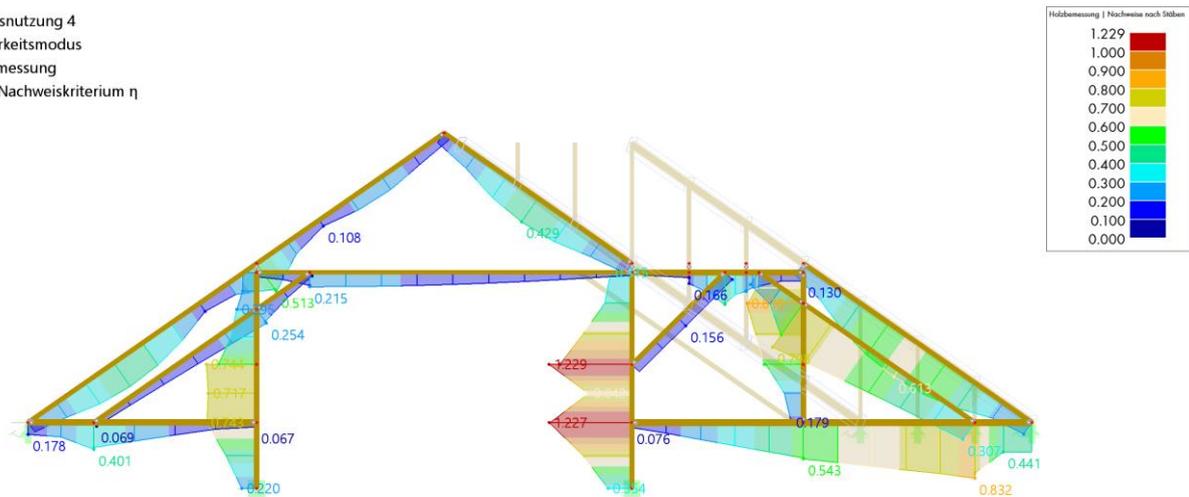
kontrolliert werden. Tragwerke mit einem Ausnutzungsgrad von 2,0 sind hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit erklärbar.

Bei der Berechnung ergaben sich von zwei Sparren in der Achsen 3.3 und 3.5 höhere Querschnittskräfte und damit einhergehend eine höhere Beanspruchung. Da Holz auf diese Stelle keine Schäden aufweist, kann es vernachlässigt und eine höhere Bauqualität eingesetzt werden, indem an diesen Stellen Holz der Festigkeitsklasse C30 verwendet wird.

5-4.5.1 Bauteilnachweis Vollgespärre

Die Ausnutzungsgrad größer als 1,0 wurde bei dem Dach an mehrere Stellen bemerkt. Die maximale Ausnutzungsgrad von 1,216 bei der Vollgespärre ist bei den Stützen in der Mitte des Systems in Achsen 3 und 4 gemessen.

Max Ausnutzung 4
Sichtbarkeitsmodus
Holzbemessung
Stäbe | Nachweiskriterium η



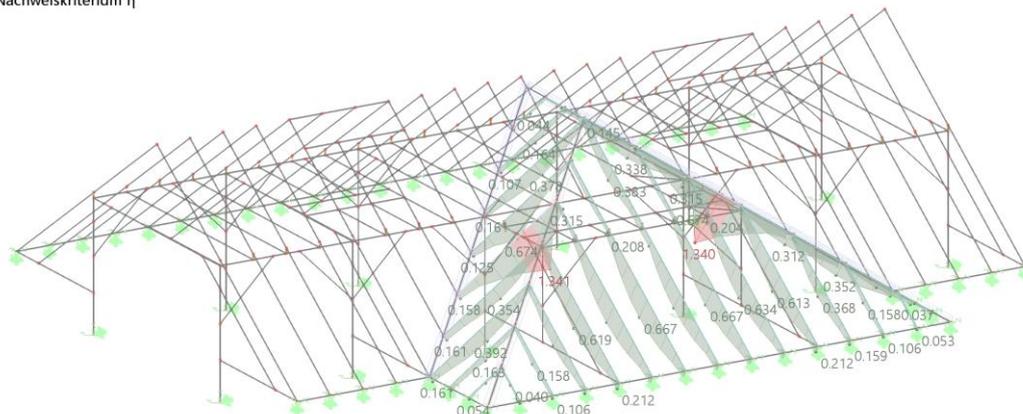
Stäbe | Max. aller Nachweise | max : 1.229 | min : 0.000
Stäbe | max η : 1.229 | min η : 0.000

Abbildung 5-32: Ausnutzungsgrad in der Achse 4

5-4.5.2 Höchste Ausnutzungsgrad

Die Sparre W5 im Anbaubereich weist einen Ausnutzungsgrad von 1,340 auf.

Gaube Sparren
Sichtbarkeitsmodus
Holzbemessung
Stäbe | Nachweiskriterium η

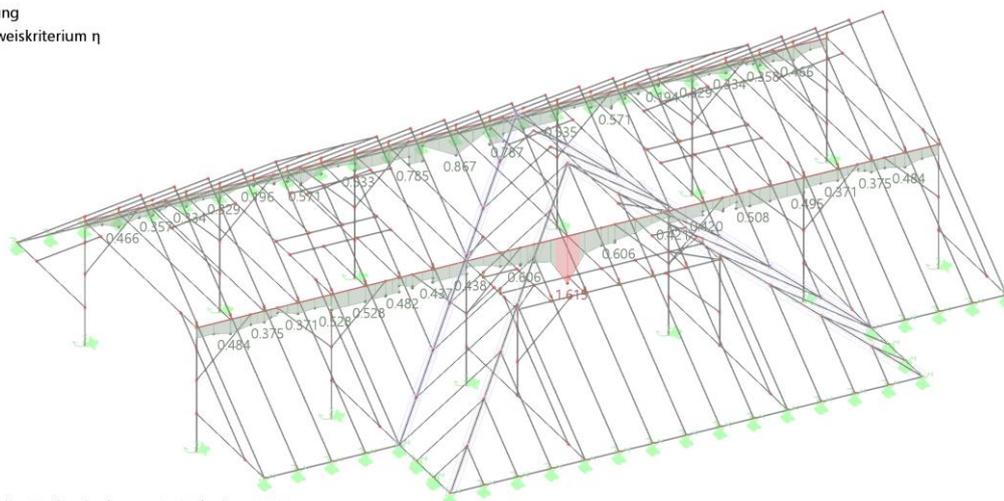


Stäbe | Max. aller Nachweise | max : 1.341 | min : 0.000
Stäbe | max η : 1.341 | min η : 0.000

Abbildung 5-33: Ausnutzungsgrad bei W5

Der höchste Ausnutzungsgrad des gesamten Modells von 1,615 wurde im Rähm in der Mitte des Systems erreicht (siehe Abbildung 5-34). Da es sich um ein historisches Dachtragwerk handelt, das seit über 100 Jahren steht und an keiner Stelle versagt hat, wurde dieser Wert nicht als „kritisch“ eingestuft.

Rähm
Sichtbarkeitsmodus
Holzbemessung
Stäbe | Nachweiskriterium η



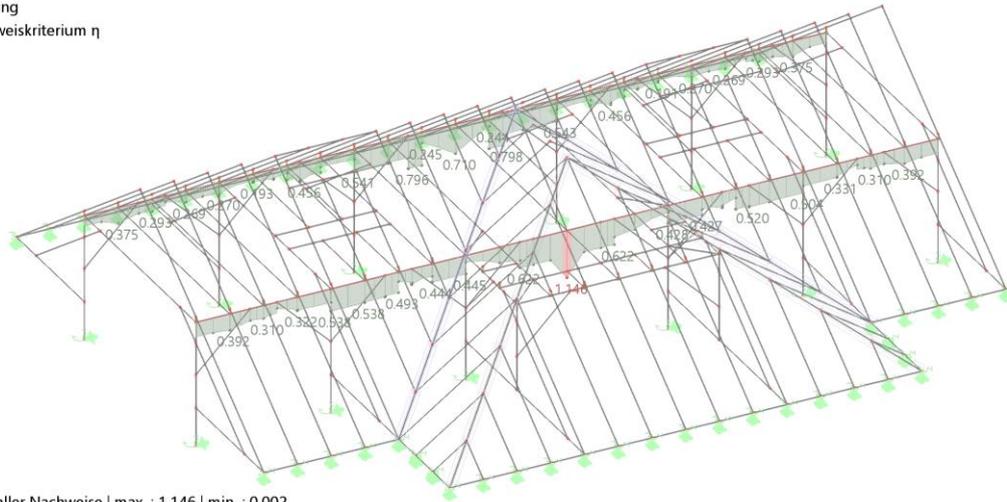
Stäbe | Max. aller Nachweise | max : 1.615 | min : 0.002
Stäbe | max η : 1.615 | min η : 0.002

Abbildung 5-34: Die maximale Ausnutzungsgrad des Rähms

Um die Ergebnisse zu untersuchen, wurde aufgrund des guten Zustandes des Tragwerkes an kritischen Stellen höherwertiges Material verwendet. So wurde z.B. für die Stuhlsäulen, den Rähm sowie für zwei Sparren, mit der höchsten Ausnutzung, Holz der Festigkeitsklasse C30 angenommen.

Ein angepasstes Modell zeigt nur eine Ausnutzung von 1,146 im Bereich des Rähms auf. Da hier keine Schäden aufgetreten sind, wurde dies vernachlässigt.

Rähm
 Sichtbarkeitsmodus
 Holzbemessung
 Stäbe | Nachweiskriterium η



Stäbe | Max. aller Nachweise | max : 1.146 | min : 0.002
 Stäbe | max η : 1.146 | min η : 0.002

Abbildung 5-35: Maximale Ausnutzungsgrad an Problemstellen nach der Anpassung

5-5 BAUTEILNACHWEISE DER STUHLSÄULE S4

Für die Plausibilitätskontrolle der Bauteilnachweise wurde die Stuhlsäule in der Achse 4 (S4) mit dem größten Ausnutzungsgrad herangezogen. Der Nachweis wurde auf Doppelbiegung und Druck mit Knicken um beide Achsen überprüft. Im Bereich von dem Mauerbankriegel bis zum Anschluss des Kopfbands wurde anhand des Stabwerkprogramms [38] der Wert des Ausnutzungsgrades von 1,229 ermittelt. (siehe Abbildung 5-32) Die maßgebende Lastfallkombination wurde als LFK 10 bezeichnet. Bei dieser Lastfallkombination wurde Schnee als führende Einwirkung angenommen und der Wind (Südseite) wirkt als Innensog in der Richtung von 0° .

Nachweis Biegung + Druck:

$$\frac{F_{c,0,d}}{A} + \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,7 \end{bmatrix} \cdot \frac{M_{y,d}}{W_y} + \begin{bmatrix} 0,7 \\ 1,0 \end{bmatrix} \cdot \frac{M_{z,d}}{W_z} \leq 1,0 \quad (5-69)$$

$$0,244 + \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,7 \end{bmatrix} \cdot 0,79 + \begin{bmatrix} 0,7 \\ 1,0 \end{bmatrix} \cdot 0,31 \leq 1,0 \quad (5-70)$$

$$\max \begin{bmatrix} 1,25 \\ 1,11 \end{bmatrix} = 1,25 > 1,0 \quad (5-71)$$

mit:

$$f_{m,d} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{crit} = \frac{b}{h} \leq 3,0 = 1,0$$

$$A = 27200 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 725330 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 770670 \text{ mm}^3$$

$$F_{c,0,d} = 87,73 \text{ kN (nach [38])}$$

$$M_{y,d} = 9,52 \text{ kNm (nach [38])}$$

$$M_{z,d} = 3,99 \text{ kNm (nach [38])}$$

$$k_{c,i} = \min(k_{c,y}; k_{c,z}) = \min(1,0; 0,91)$$

Die Nachweisberechnung stimmt mit der Berechnung des Stabwerksprogramms überein.

Für den Bereich von der Schwelle bis zum Mauerbankriegel bei der Stuhlsäule in Achse 4 (S4) ist die Lastfallkombination 8 maßgebend. Bei dieser Lastfallkombination wurde Schnee als führende Einwirkung angenommen und der Wind (Nordseite) wirkt als Innensog in der Richtung von 0°. Der Nachweis wurde auf Doppelbiegung und Druck mit Knicken um beide Achsen überprüft.

Nachweis Biegung + Druck:

$$\frac{\frac{F_{c,0,d}}{A}}{k_{c,i} \cdot f_{c,0,d}} + \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,7 \end{bmatrix} \cdot \frac{\frac{M_{y,d}}{W_y}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + \begin{bmatrix} 0,7 \\ 1,0 \end{bmatrix} \cdot \frac{\frac{M_{z,d}}{W_z}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad (5-72)$$

$$0,24 + \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,7 \end{bmatrix} \cdot 0,85 + \begin{bmatrix} 0,7 \\ 1,0 \end{bmatrix} \cdot 0,21 \leq 1,0 \quad (5-73)$$

$$\max \begin{bmatrix} 1,23 \\ 1,04 \end{bmatrix} = 1,23 > 1,0 \quad (5-74)$$

mit:

$$f_{m,d} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{crit} = \frac{b}{h} \leq 3,0 = 1,0$$

$$A = 27200 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 725330 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 770670 \text{ mm}^3$$

$$F_{c,0,d} = 83,87 \text{ kN (nach [38])}$$

$$M_{y,d} = 10,28 \text{ kNm (nach [38])}$$

$$M_{z,d} = 2,71 \text{ kNm (nach [38])}$$

$$k_{c,i} = \min(k_{c,y}; k_{c,z}) = \min(0,94; 0,88)$$

Die Nachweisberechnung stimmt mit der Berechnung des Stabwerksprogramms von 1,227 (siehe Abbildung 5-32) überein.

KAPITEL 6: SCHLUSSBETRACHTUNG

Holz war und ist aufgrund seiner Verfügbarkeit, Ästhetik und Tragfähigkeit einer der beliebtesten Baustoffe im Hochbau. Historische Dachtragwerke stehen seit über 100 Jahren und sind Beweis dafür, dass bei guter Konstruktion eine lange Lebensdauer des Bauwerkes gewährleistet ist. Sie sind aber auch ein Hinweis darauf, wie wichtig Instandsetzungsmaßnahmen für den Erhalt dieses Stückes der Historie sind.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine detaillierte Bestandsaufnahme durchgeführt. Da es sich bei Holz um ein natürliches Material handelt und die Bearbeitung früher nicht maschinell erfolgte, war die Erstellung eines exakten 3D-Modells nur bedingt möglich. Die Abweichungen der Querschnitte an verschiedenen Stellen eines Bauteils wurden vernachlässigt. Die Aufnahmen an den Anschlüssen zeigen, die für historische Dachwerke üblichen Abweichungen in der Breite und Tiefe der Zapfen. Aufgrund dieser Auffälligkeiten und auch der starken Verschmutzung des Daches ist es auch mit heutigen Computern und fortgeschrittenen Kenntnissen der Statik nicht möglich, eine 100-prozentige Aussage über die Tragfähigkeit des Tragwerkes zu treffen.

Das Dachtragwerk in der Humboldtstraße 10 weist keine traggefährdenden Schäden auf, jedoch sind regelmäßige Instandsetzungsmaßnahmen von größter Bedeutung. Dies gilt insbesondere für den Fall einer Umnutzung des Daches zu Wohnzwecken. Die historischen Dachgeschosse sind aufgrund der idealen innenstadtnahen Lage sehr beliebt. Im Falle einer solchen Umnutzung sind Maßnahmen in der Statik und zusätzlich eine detaillierte Prüfung auf mögliche neu auftretende Schäden erforderlich.

KAPITEL 7: LITERATURVERZEICHNIS

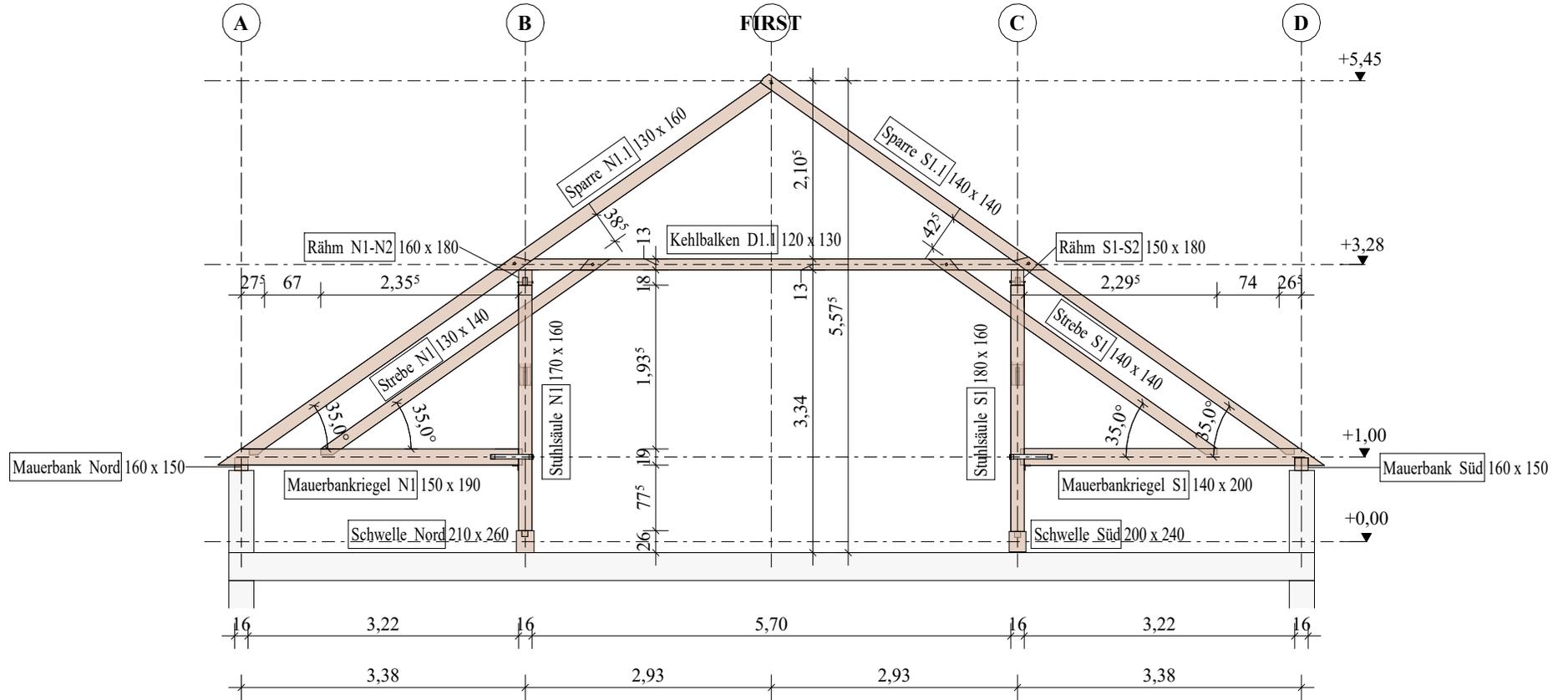
- [1] „Lignum TU Graz,“ Graz, Holzinstitut TU, 2023. [Online]. Available: <https://www.tugraz.at/institute/lignum/forschung/forschungsschwerpunkte#c24923>. [Zugriff am 23 April 2023].
- [2] A. MEISEL, G. SILLY und G. SCHICKHOFER, D(N)ACHHALTIGKEIT GRAZ, Graz: Stadt Graz, 2011.
- [3] „Google Maps,“ [Online]. Available: <https://www.google.at/maps/place/Humboldtstra%C3%9Fe+10,+8010+Graz>. [Zugriff am 26 Mai 2023].
- [4] A. Meisel, Historische Dachwerke Beurteilung, realitätsnahe statische Analyse und Instandsetzung, Graz, 2015.
- [5] A. Meisel, Historische Dachstühle- Tragsysteme, Bestandserfassung, statische Analyse, Graz, 2009.
- [6] B. Günther, Das Dachwerk auf Kirchen im deutschen Sprachraum : vom Mittelalter, München: Deutscher Kunstverlag, 1991.
- [7] L. Karl, Holz im Hochbau : praktische Hochbaukunde, Wien: Dipl.-Ing. Rudolf Bohrmann Industrie und Fachverlag, 1960.
- [8] M. Willi, Schäden an Holzkonstruktionen 3. Aufl., Berlin: Huss-Medien GmbH Verlag Bauwesen, 1999.
- [9] O. Friedrich, Die Geschichte des Dachwerkes : erläutert an einer grossen Anzahl mustergültiger alter Konstruktionen, Leipzig: 1982. - Reprint Verlag Leipzig, 1908.
- [10] F. Ostendorf, Die Geschichte des Dachwerks, Leipzig und Berlin: Verlag von B.G. Teubner, 1908.
- [11] M. H. u. B. Köck, Meisterwerke Barocker Bautechnik: Kuppel , Gewölbe und Kirchendachwerke in Südbayern, Regensburg: Schnell & Steiner GmbH, 2008.
- [12] W. Mönck, Schäden an Holzkonstruktionen, Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH: Bauwesen, 1999.
- [13] M. Deinhard, Die Tragfähigkeit historischer Holzkonstruktionen, Karlsruhe: Bruderverlag Karlsruhe, 1963.
- [14] G. Manfred und M. Hans-Jürgen, Entwicklung, Stuttgart: Fraunhofer, 2000.
- [15] A. Meisel, Historische Dachstühle- Tragsysteme, Bestandserfassung, statische Analyse, Graz, 2009.
- [16] J. Gromer und G. Eckstein, LANDESDENKMALAMT BADEN-WÜRTTEMBERG Empfehlungen für Bauaufnahmen – Genauigkeitsstufen – Planinhalte – Raumbuch – Kalkulationsrahmen, Stuttgart: Konradin Druck GmbH, 1990.
- [17] K. L. u. W. Rug, Holzbausanierung beim Bauen im Bestand, Berlin: Springer Vieweg, 2018.

- [18] J. Ortner, „Instandsetzungshandbuch für historische Dachwerke und deren Verbindungen“, Graz: Technische Universität Graz, 2014.
- [19] W. Mönck, Schäden an Holzkonstruktionen, Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH, Verlag Bauwesen, 1999.
- [20] K. Erler, Alte HolzBauWerke Beurteilen und Sanieren, Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH, Verlag Bauwesen, 2004.
- [21] „Eurocode 0 (Tabelle B.1; DIN EN 1990 (2010))“.
- [22] R. R. 13.03.11, Arbeitspapier Nr. 12 : Objekts- und Bauteilbewertung bei Brückenprüfungen, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2009.
- [23] Österreichische Kunsttopographie, Wien: Berger.
- [24] „Google Maps“, [Online]. Available: <https://www.google.at/maps/@47.0795992,15.4405002,3a,25.4y,156.47h,98.69t/data=!3m6!1e1!3m4!1sU2ucYswdwLaBWGmrKgjHDQ!2e0!7i16384!8i8192>. [Zugriff am 13.05.2023].
- [25] *Grundbuch der Stadt Graz*.
- [26] K. Zwerger, Das Holz und seine Verbindungen. Traditionelle Bautechniken in Europa, Japan und China, Basel: Birkhäuser GmbH, 2011.
- [27] L. F. Wolfram, Handbuch für Baumeister. Dritter Theil. Zimmerwerks-Kunst. Erste Abtheilung, Rudolstadt: Fürstl. Schwarzb. Rudolst. priv. Hofbuch- u. Kunsthandlung, 1824.
- [28] W. Helmut, Zur Entwicklung der Holzdachkonstruktionen unter besonderer Berücksichtigung, Graz: TU Graz, 1980.
- [29] R. Keylwert, Angaben des U.S. Forest Products Laboratory, Madison , 1951.
- [30] D. M. A. D. D. W. L. DI Dr. Georg Flatscher, Leitfaden zur Wartung und Instandhaltung von Hallen- und Dachtragwerken aus Holz, Wien: Österreichischer Ingenieurholzbauverband (IHBV), 2018.
- [31] „ZAMG“, [Online]. Available: <https://dataset.api.hub.zamg.ac.at/app/frontend/station/historical/klima-v1-1d?anonymous=true>. [Zugriff am 28. Mai 2023].
- [32] A. S. Cai L., „A study on the separation of diffusion and surface emission coefficients in wood“, Dry. Technol. 15 / 1997.
- [33] NORM, *ÖNORM EN 1990 Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung*, 2003.
- [34] B. Hartmut, Systeme, Dynamik, Simulation : Modellbildung, Analyse und Simulation.
- [35] *ÖNORM B 1991: 2020 Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten im Hochbau*.
- [36] *ÖNORM EN 1991: 2022 Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten*.
- [37] *OENORM EN 1991-1-4_2011, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*.

- [38] *RSTAB 9.02 Statik allgemeiner Stabwerke. Programm-Beschreibung*, Tiefenbach: Dlubal Software GmbH.
- [39] *ÖNORM EN 1991-2: 2011 Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten*.
- [40] *OENORM_B_1991-1-4_2019*, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten.
- [41] J. P. HARRAUER, Bestandserfassung und -analyse hölzerner Dachkonstruktionen am Beispiel der Hauptkuppel der „Alten Technik“ der TU Graz, Graz: TU Graz, 2017.
- [42] *ÖNORM EN 338 Bauholz für tragende Zwecke — Festigkeitsklassen*, 2016-06-01.
- [43] I. f. H. u. Holztechnologie, „Holz-Holz-Verbindungen,“ Technische Universität Graz, Graz, 2014.
- [44] *ÖNORM EN 1995-1-1 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*, 2019-06-01.
- [45] K. Heiko, Untersuchungen zum Last-Verformungsverhalten historischer Holztragwerke - Der abgestirnte Zapfen, Universität Kassel, 2011.
- [46] K. O. MURSOFT Wörgötter, *RuckZuck*, Graz.
- [47] W. Gerhard, *Werner-Ingenieur-Texte*, 1991.

0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01		PLAN-NR: 01		DATUM: 01.06.2023		GEZ: Kablljagic	
Vollgespärre 1				1 : 75			
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10							



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR:
01

PLAN-NR:
02

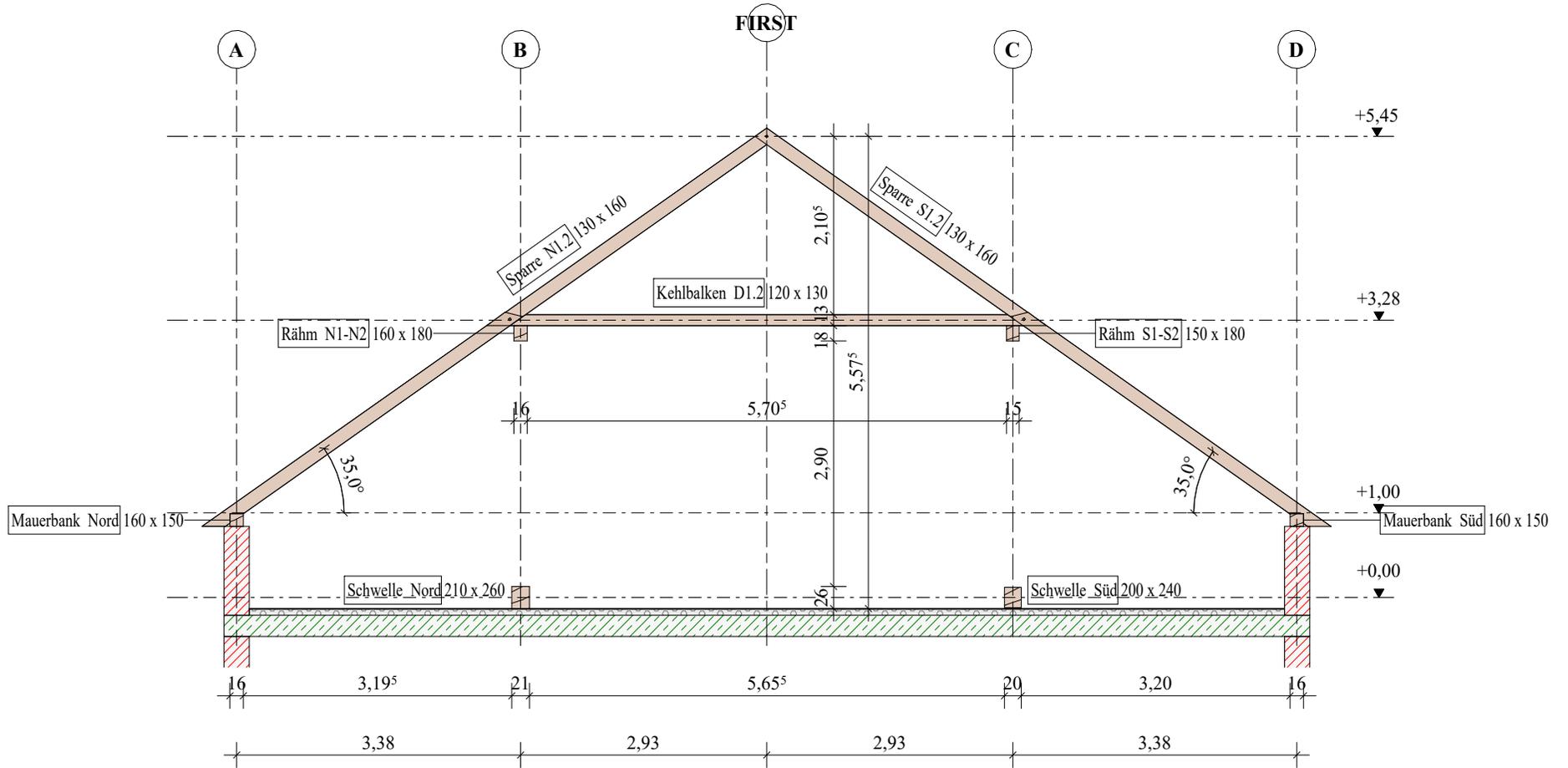
DATUM:
01.06.2023

GEZ:
Kabinlagie

Leergespärre 1.2

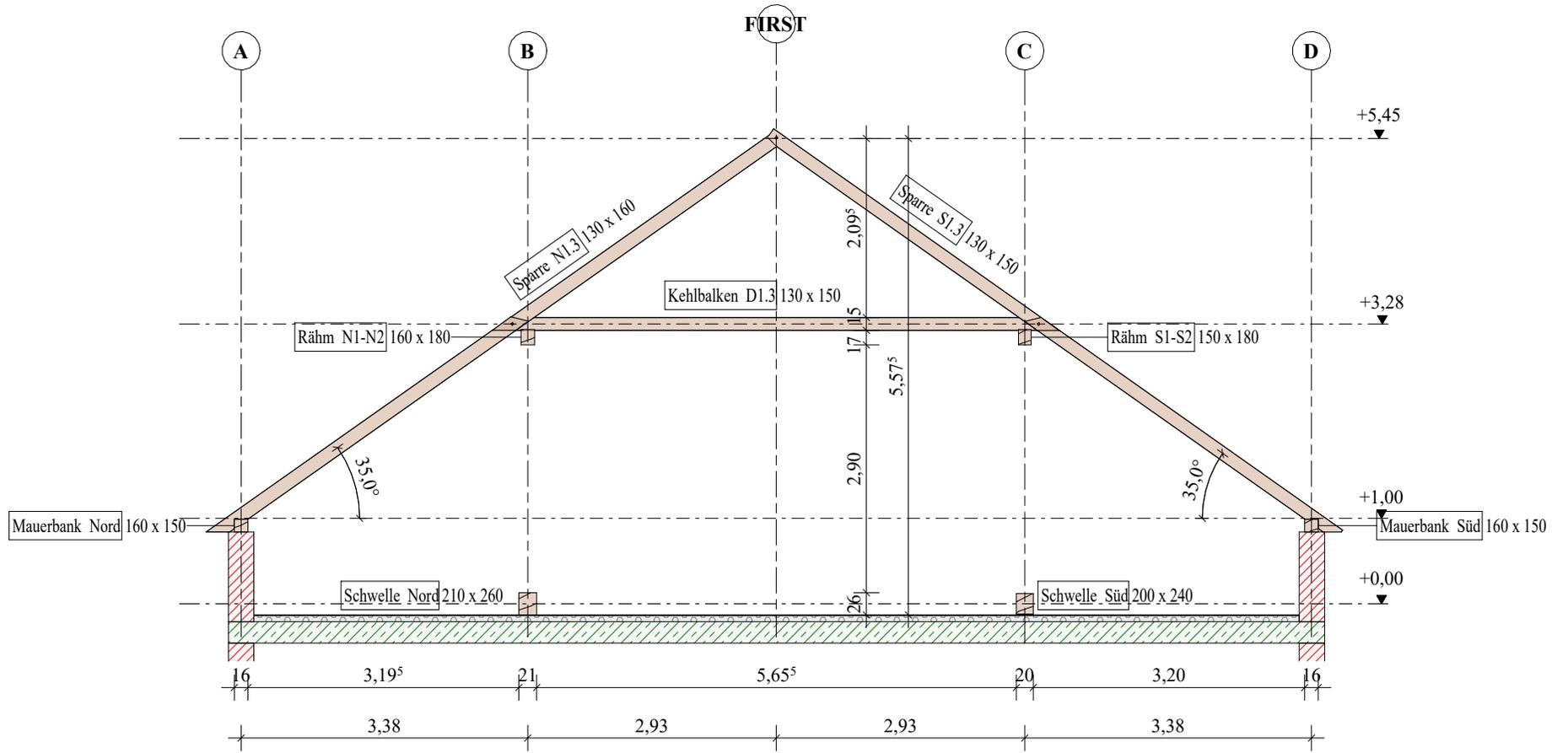
1 : 75

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10



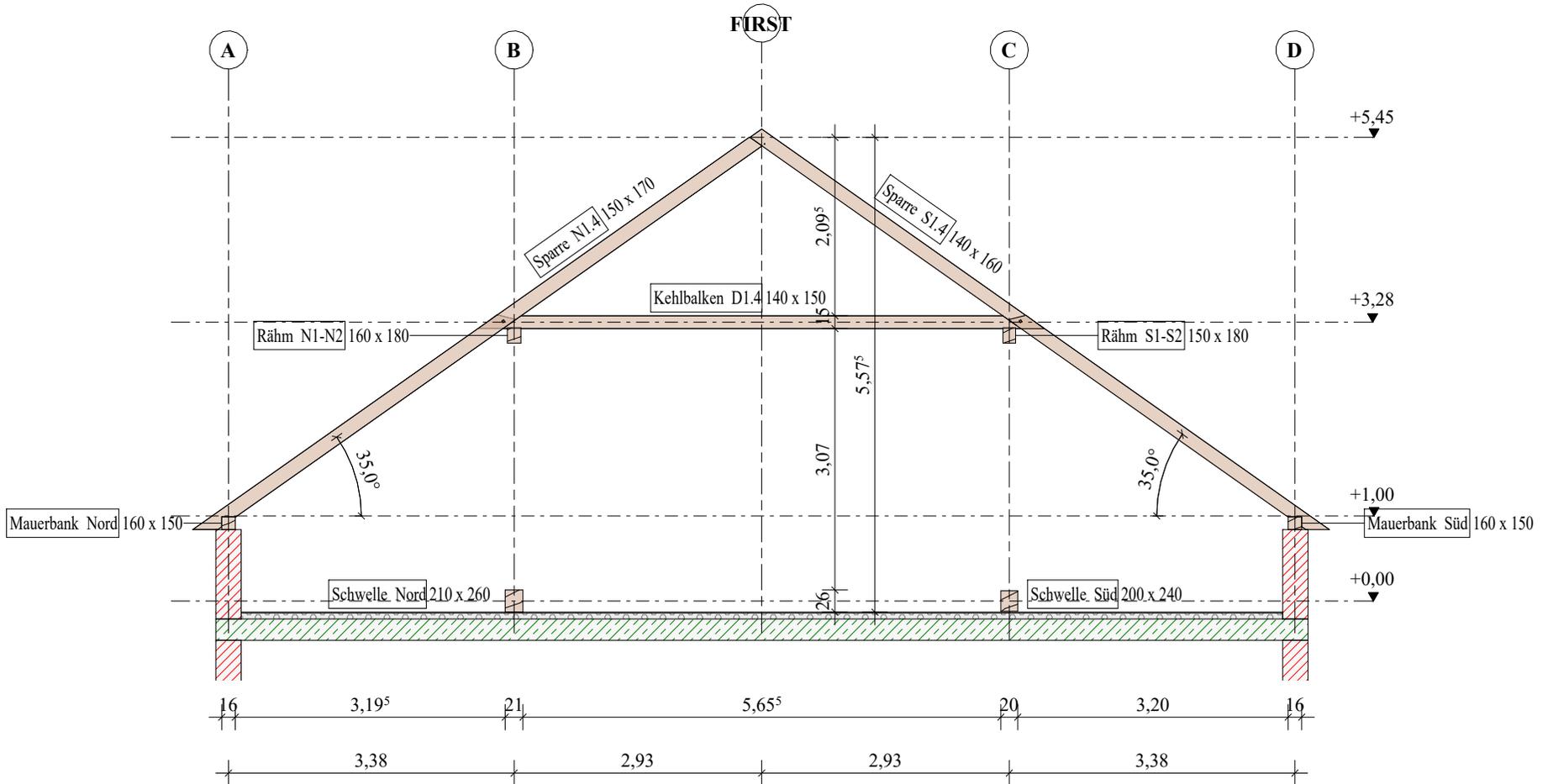
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01		PLAN-NR: 03		DATUM: 01.06.2023		GEZ: Kablljaglc	
Leergespärre 1.3				1 : 75			
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10							



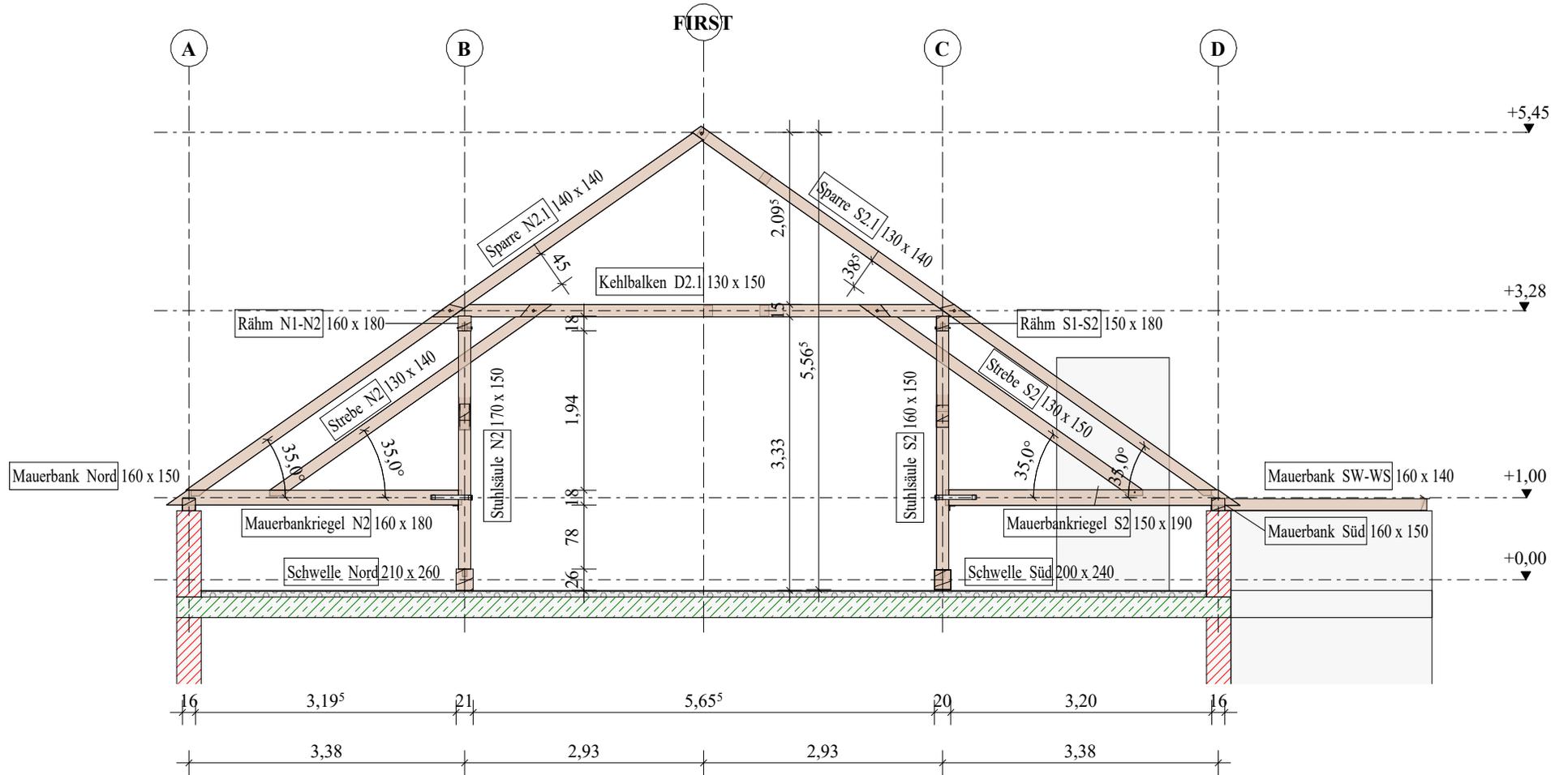
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 04	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leergespärre 1.4			
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			
1 : 75			



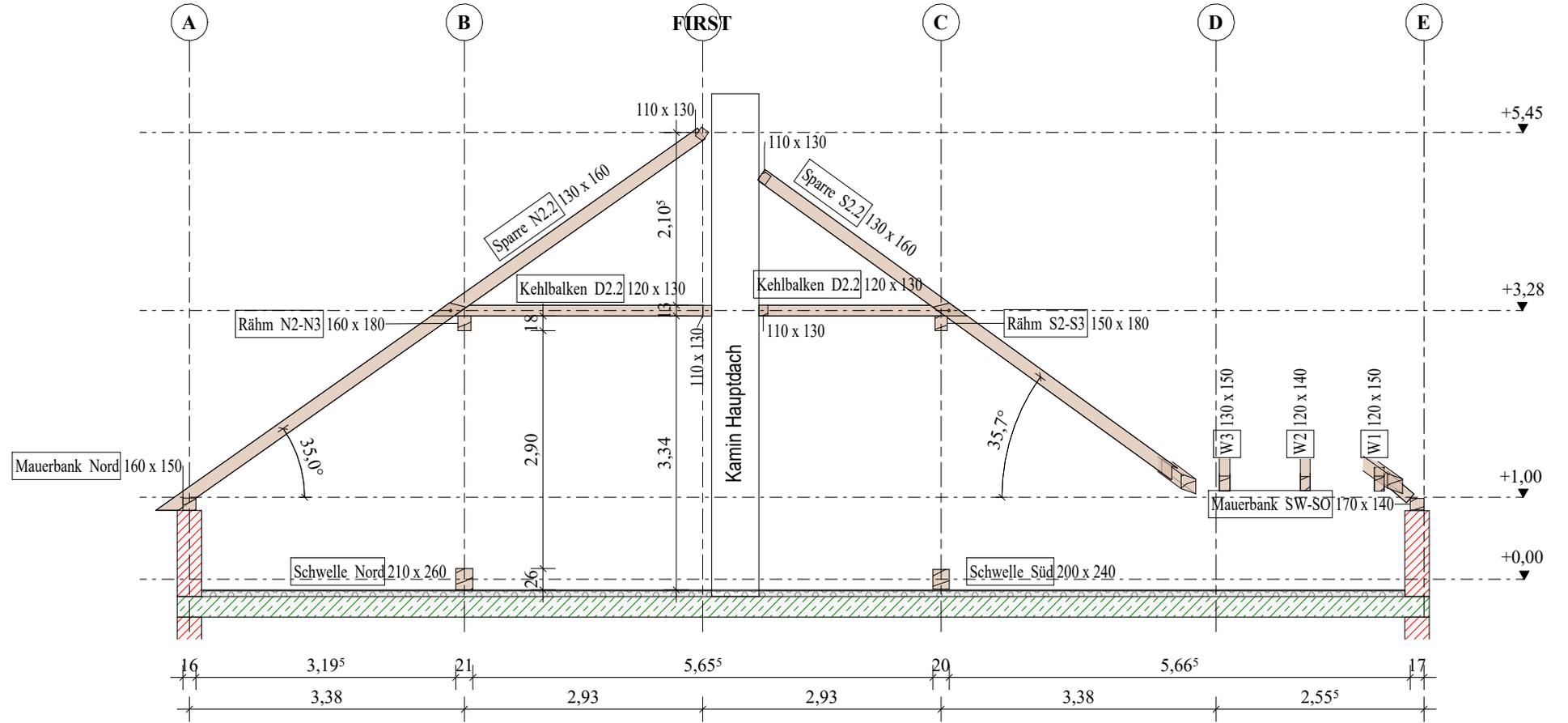
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 05	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagc
Vollgespärre 2			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 06	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljaglc
Leertgespärre 2.2			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR:
01

PLAN-NR:
07

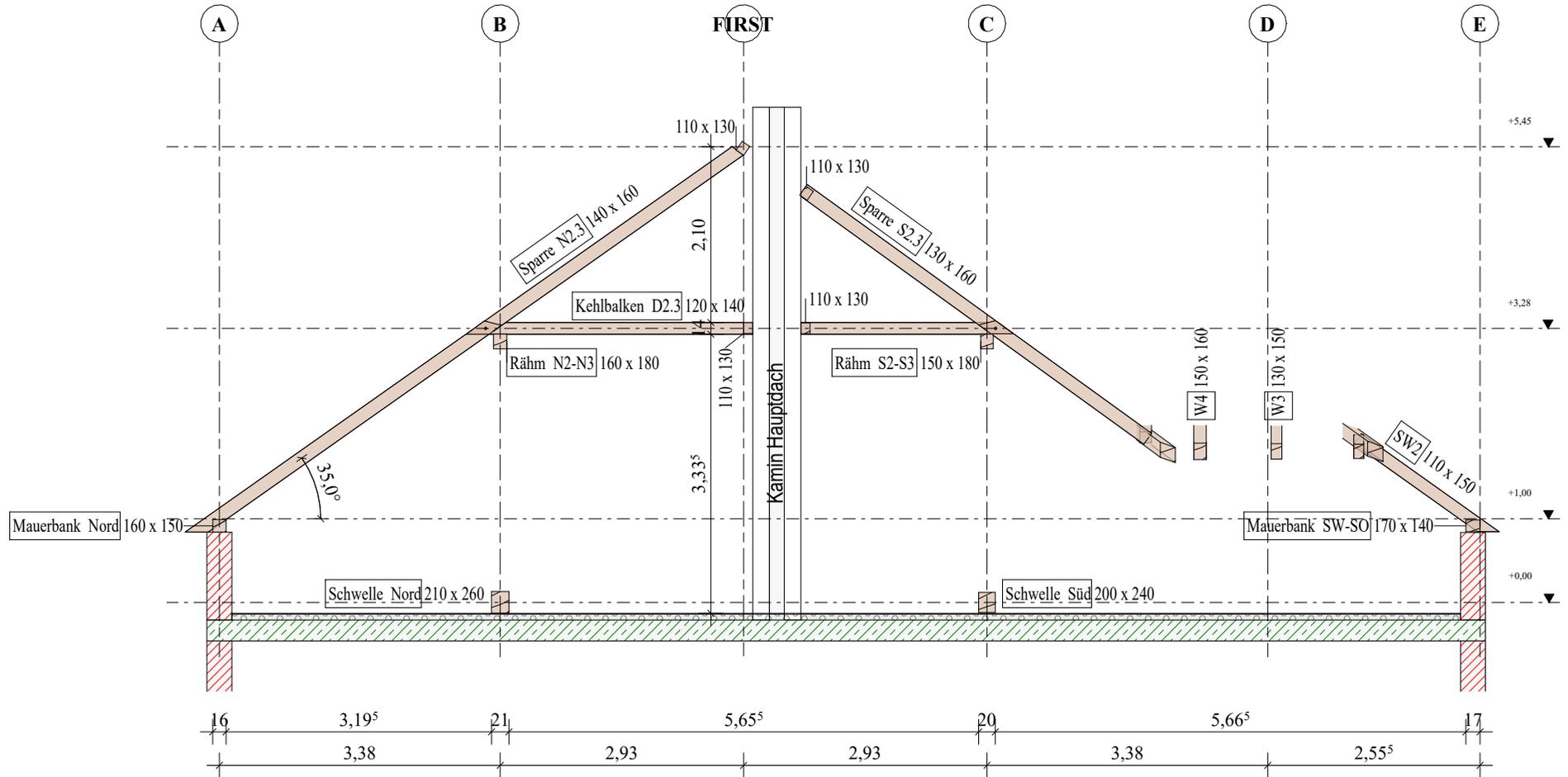
DATUM:
01.06.2023

GEZ:
Kabinlagie

Leergespärre 2.3

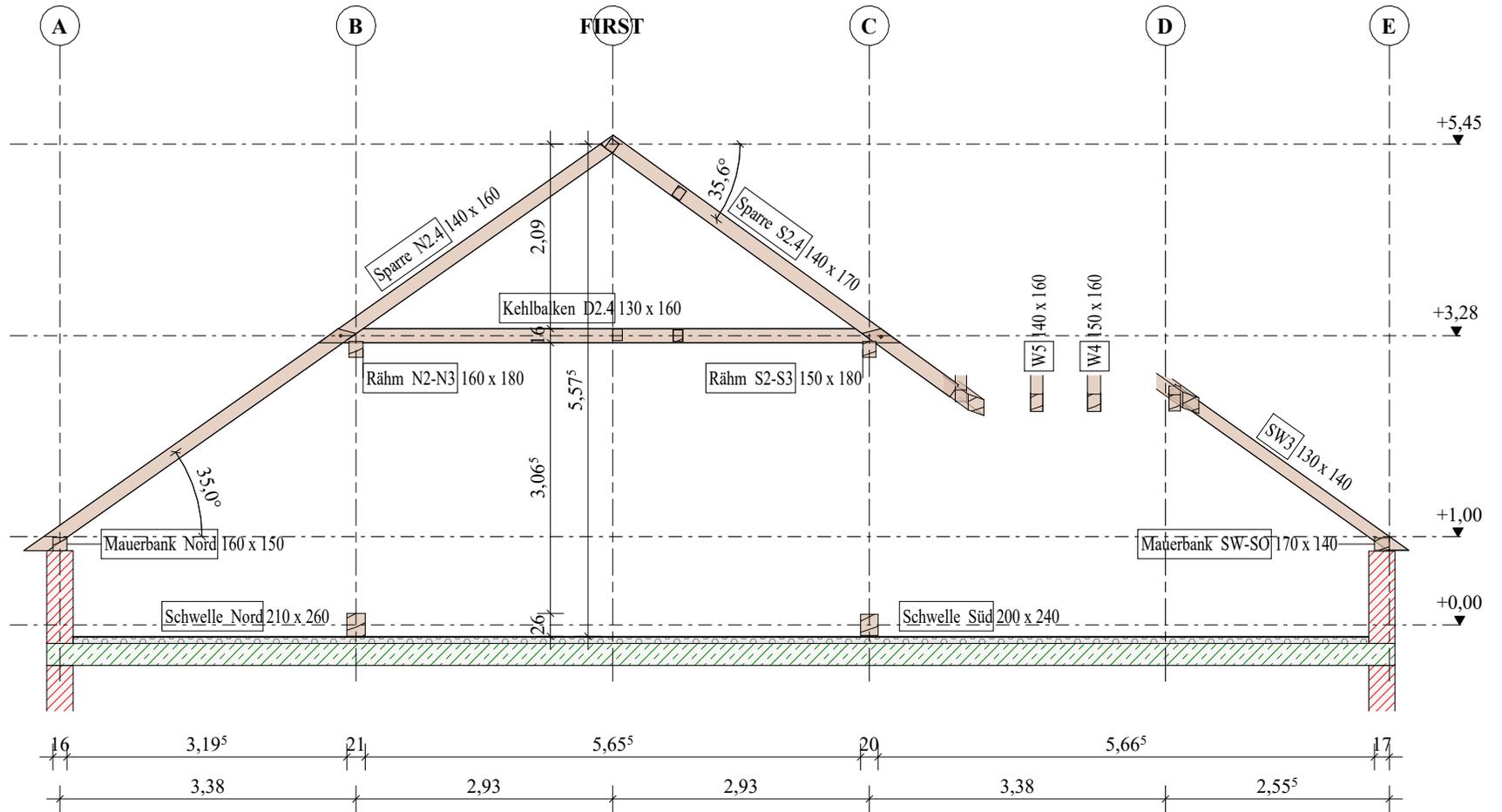
1 : 75

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10



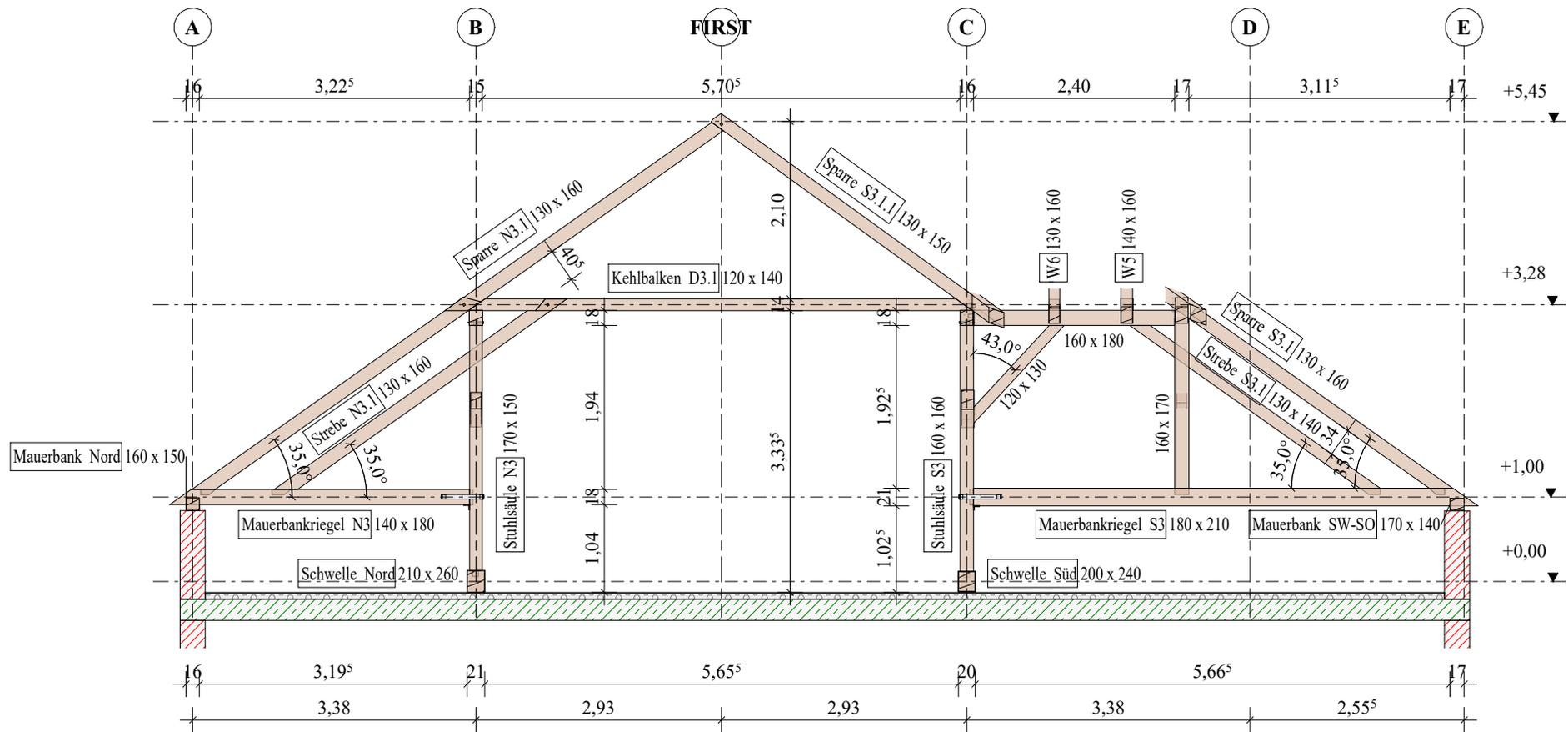
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 08	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leertgespärre 2.4			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			

0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 09	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljaglc
Volllgespäre 3			
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			
1 : 75			

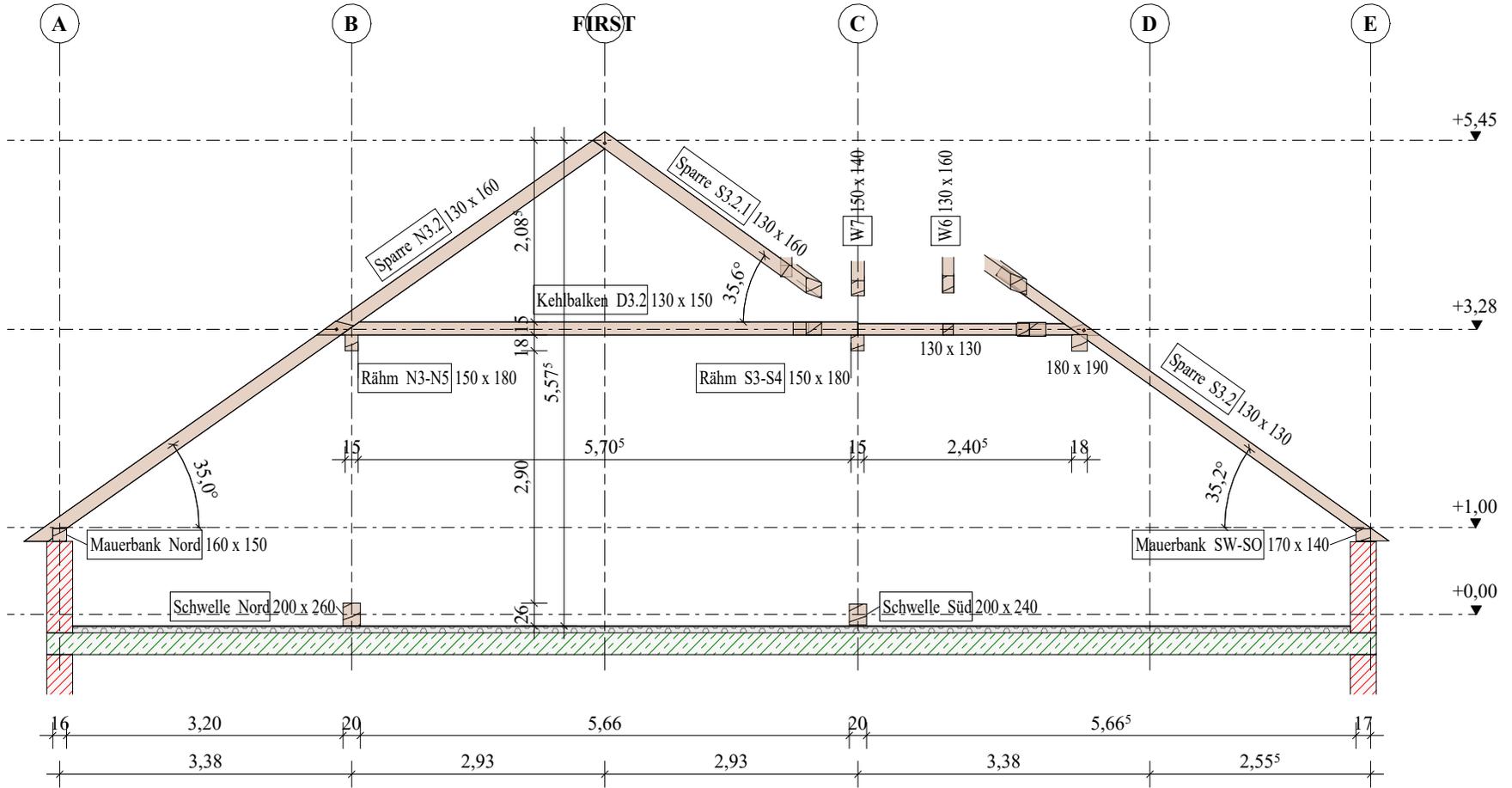


0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 10	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leertgespärre 3.2			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			

lignum
study research engineering test center

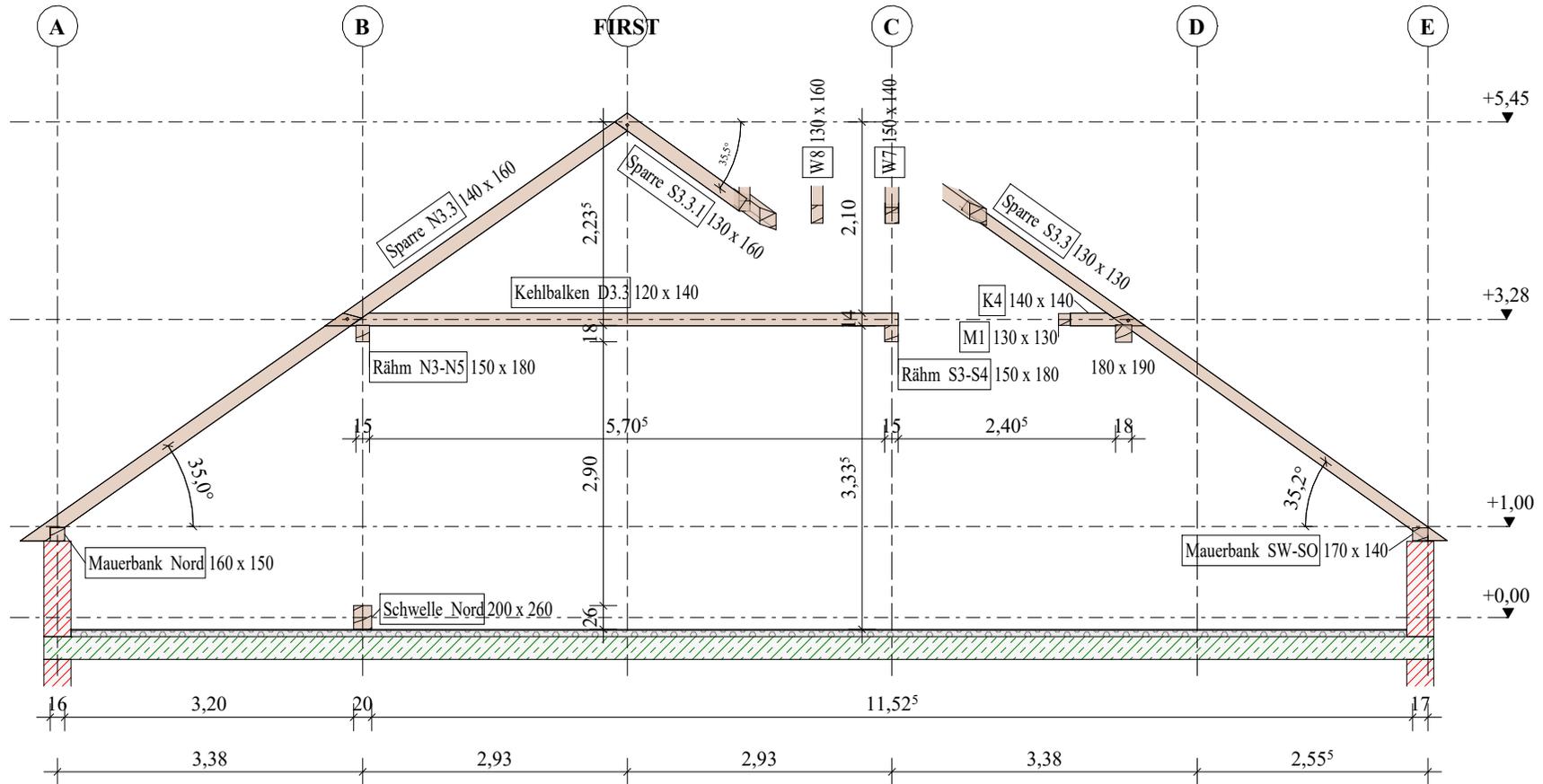
TU
Graz



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

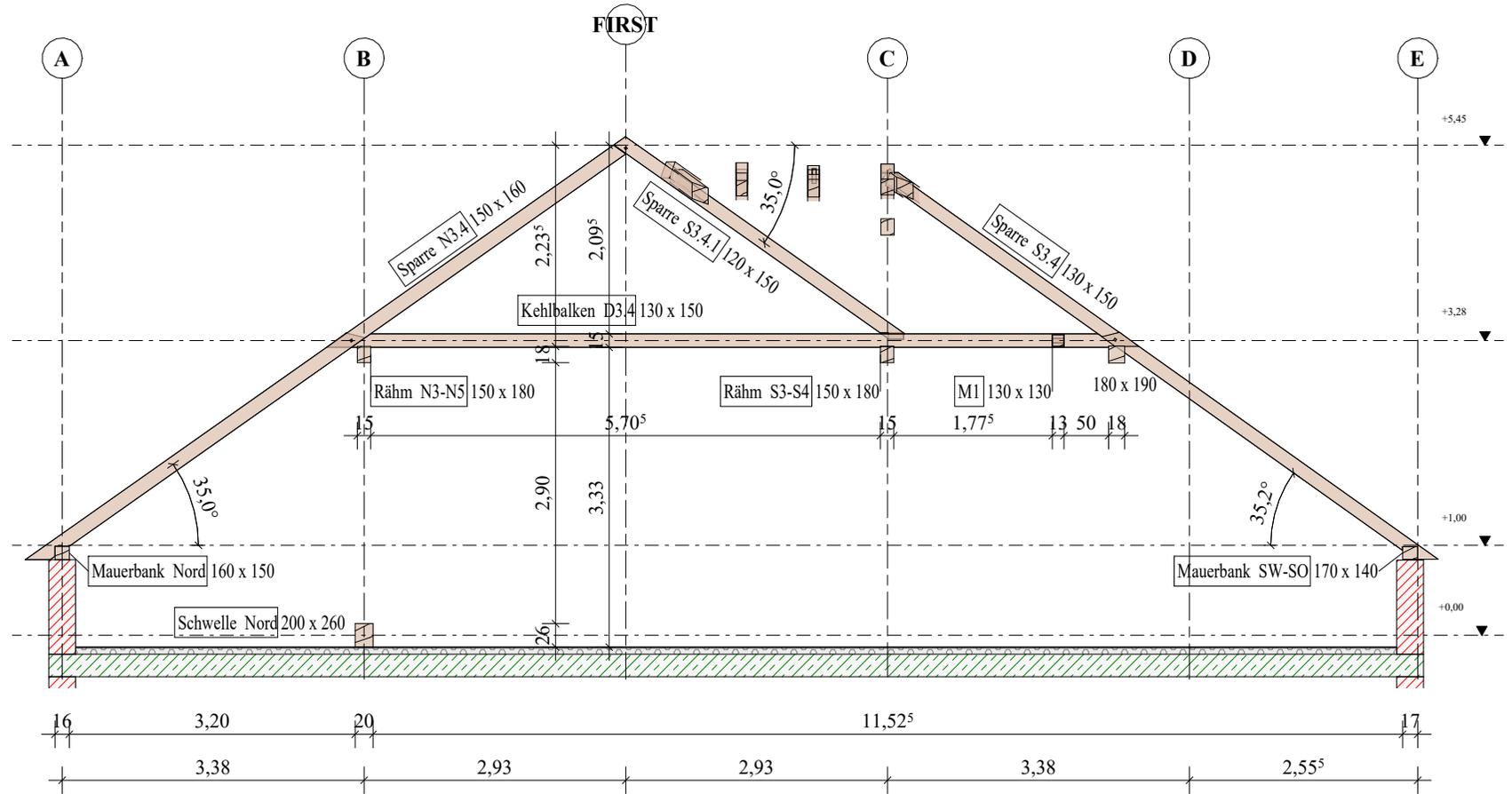
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 11	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leergespärre 3.3		1 : 75	

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

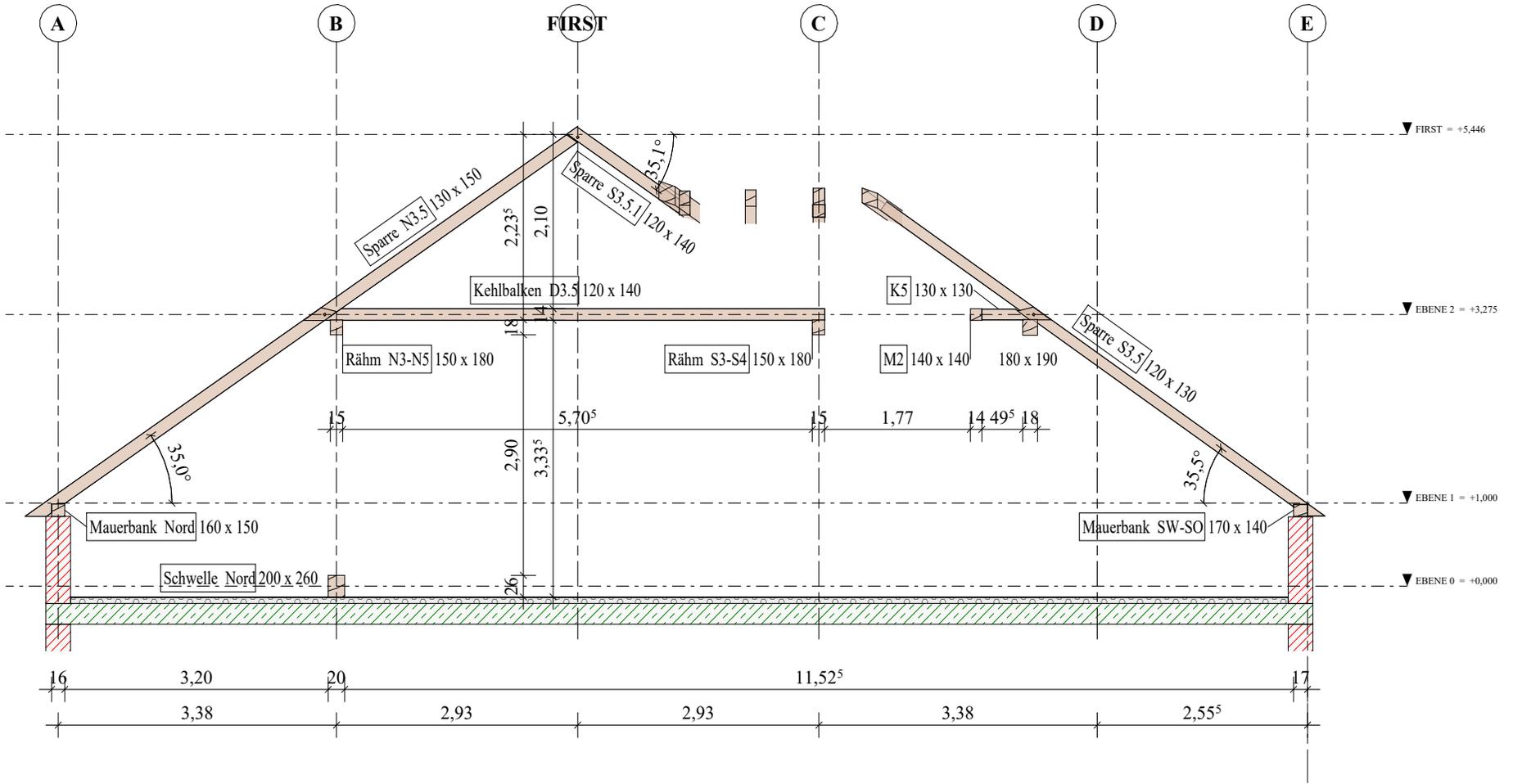
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 12	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leertgespärre 3.4			
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			
1 : 75			



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

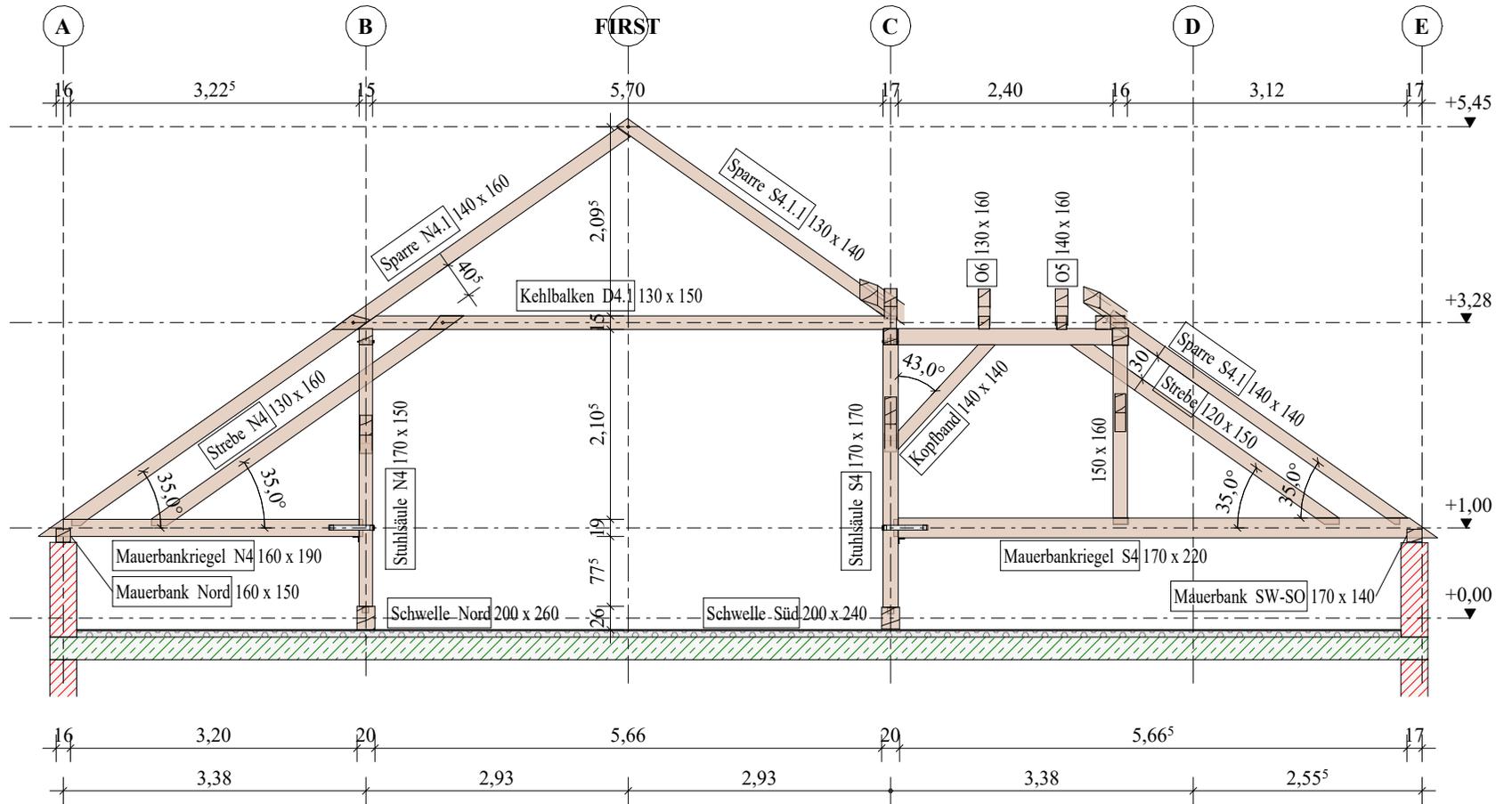
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 13	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leertgespärre 3.5		1 : 75	

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10



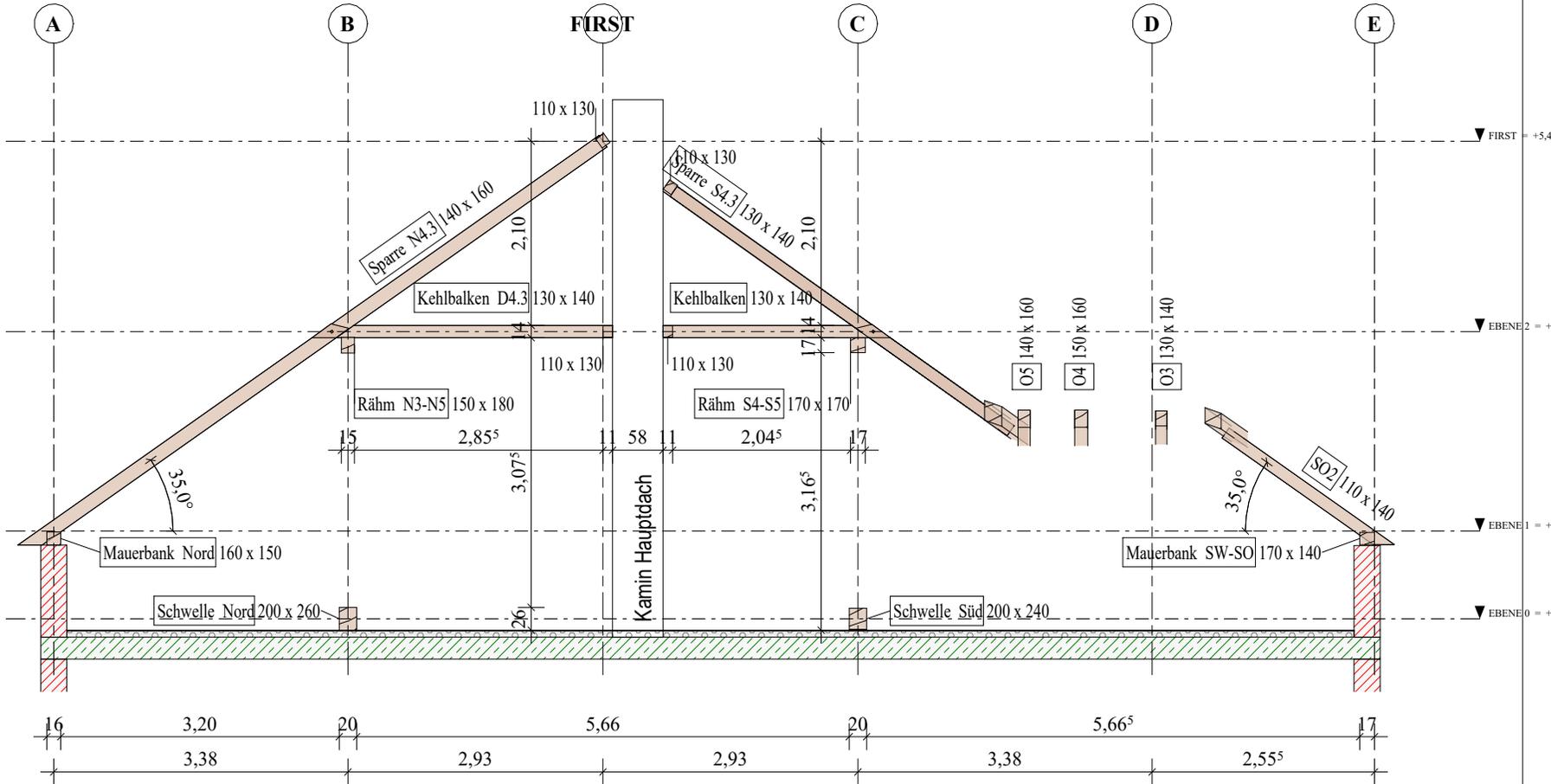
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 15	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljaglc
Vollgespärre 4			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

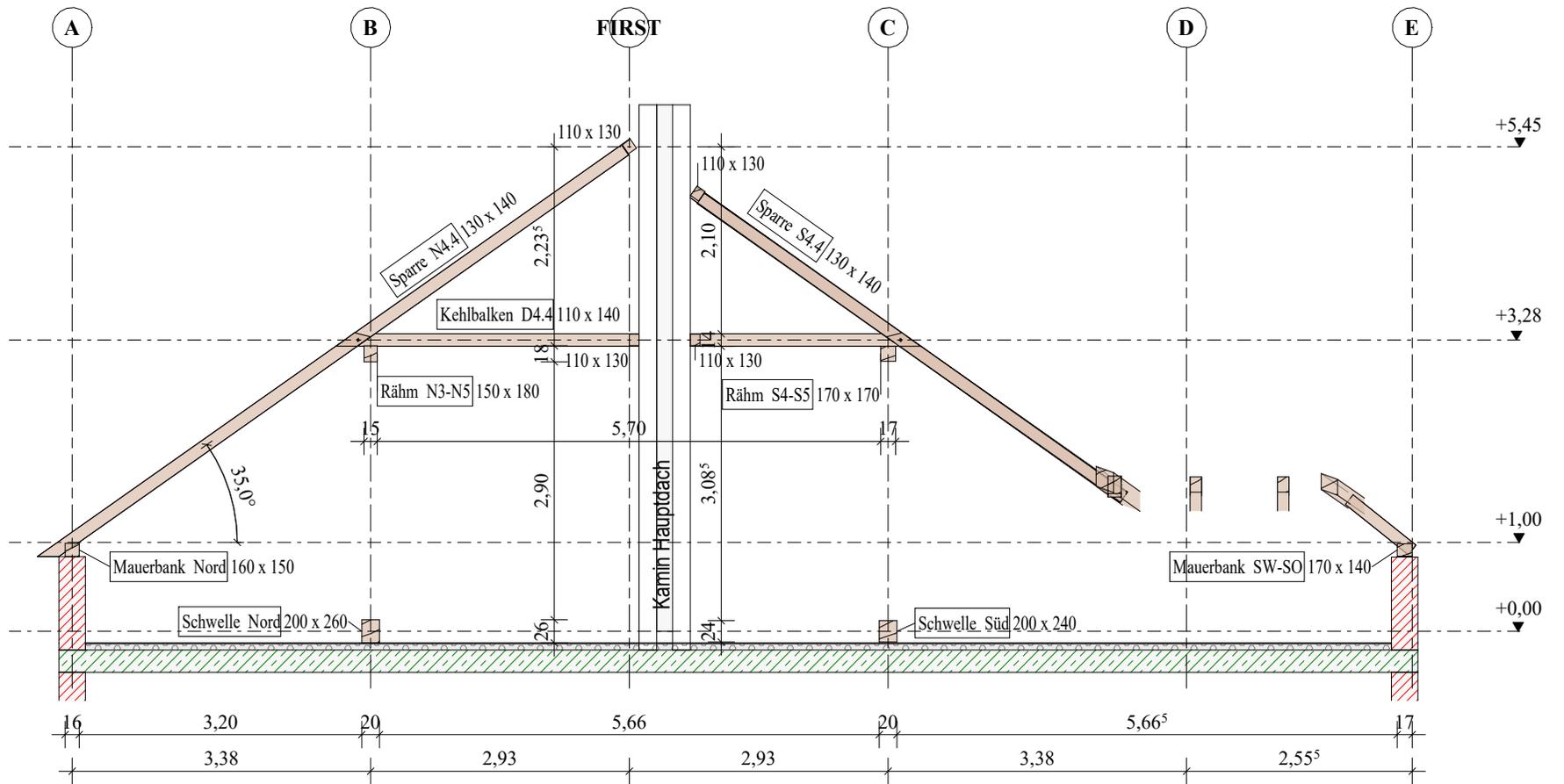
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 17	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leertgespärre 4,3			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			

0,210 x 0,297 = 0,06 m²

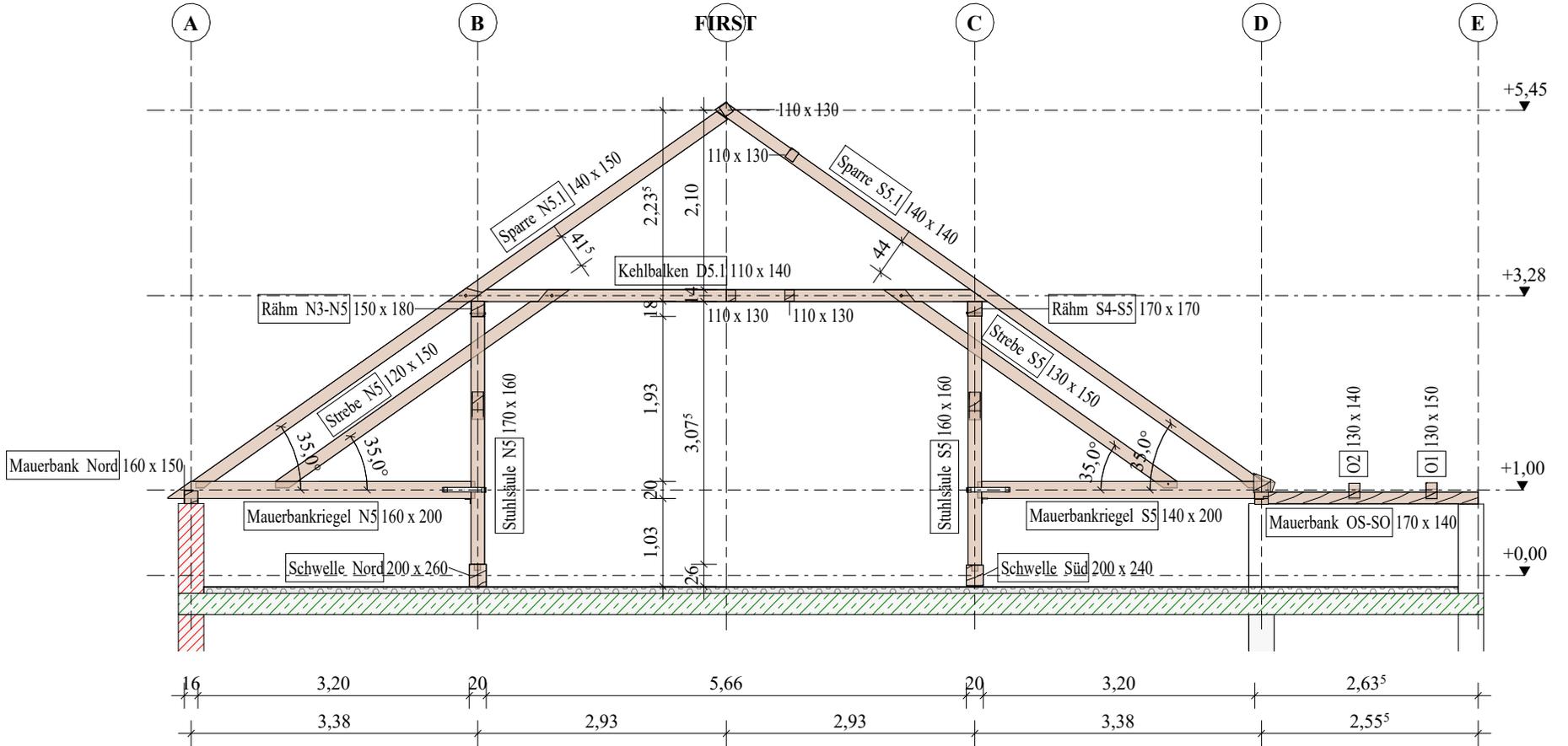
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 18	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Leertgespärre 4,4			
1 : 75			

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 19	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljagic
Vollgespärre 5			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR:
01

PLAN-NR:
20

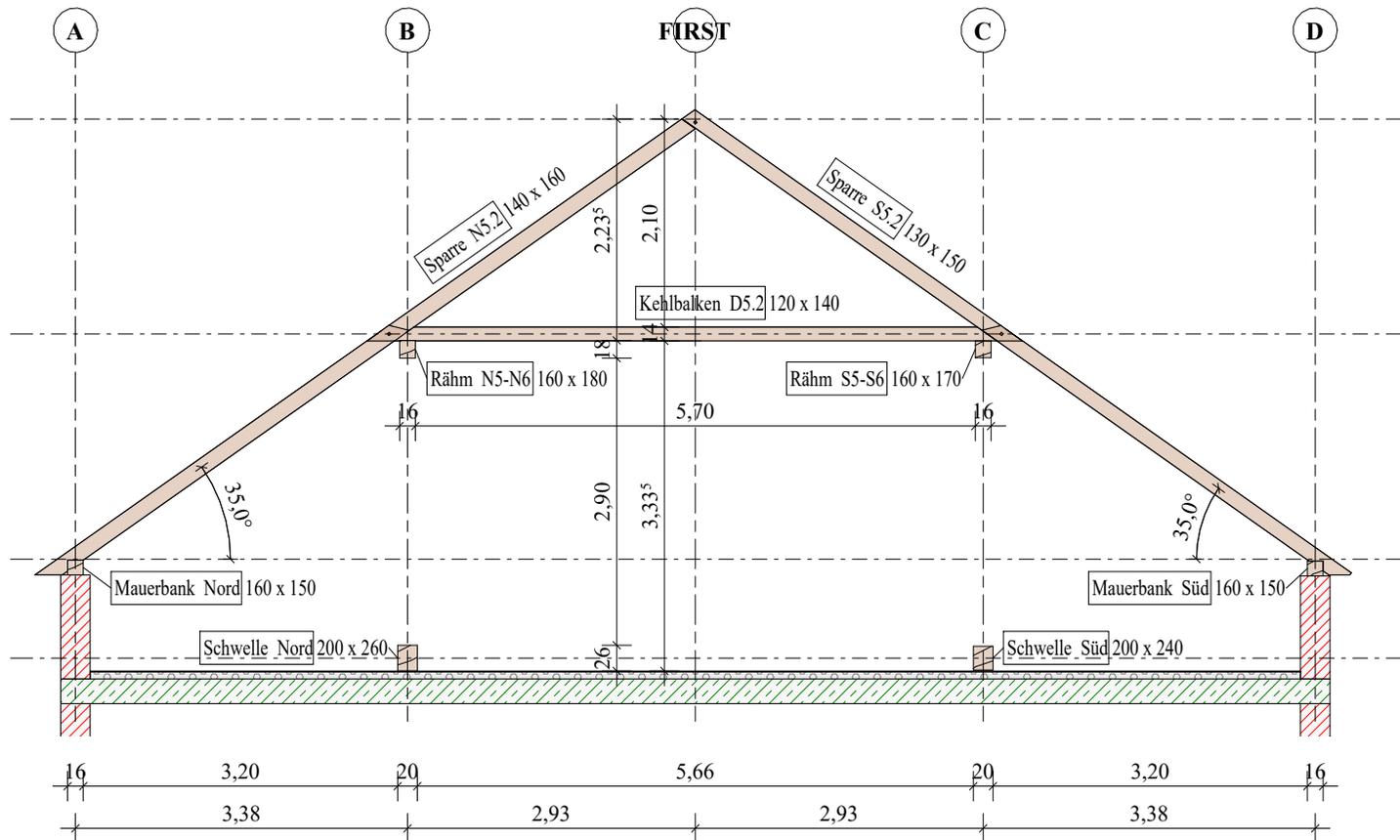
DATUM:
01.06.2023

GEZ:
Kabllage

Leergespärre 5.2

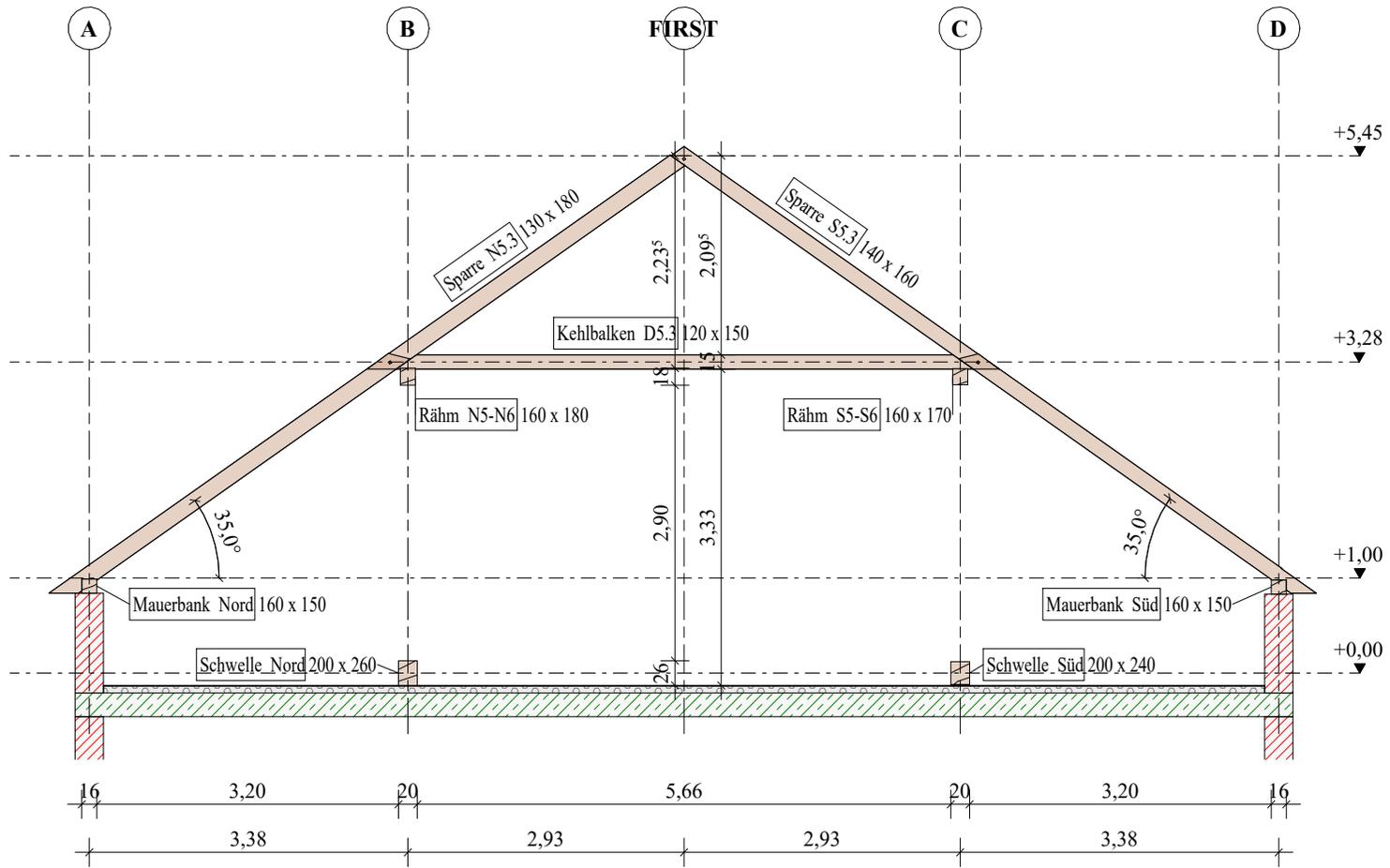
1 : 75

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10



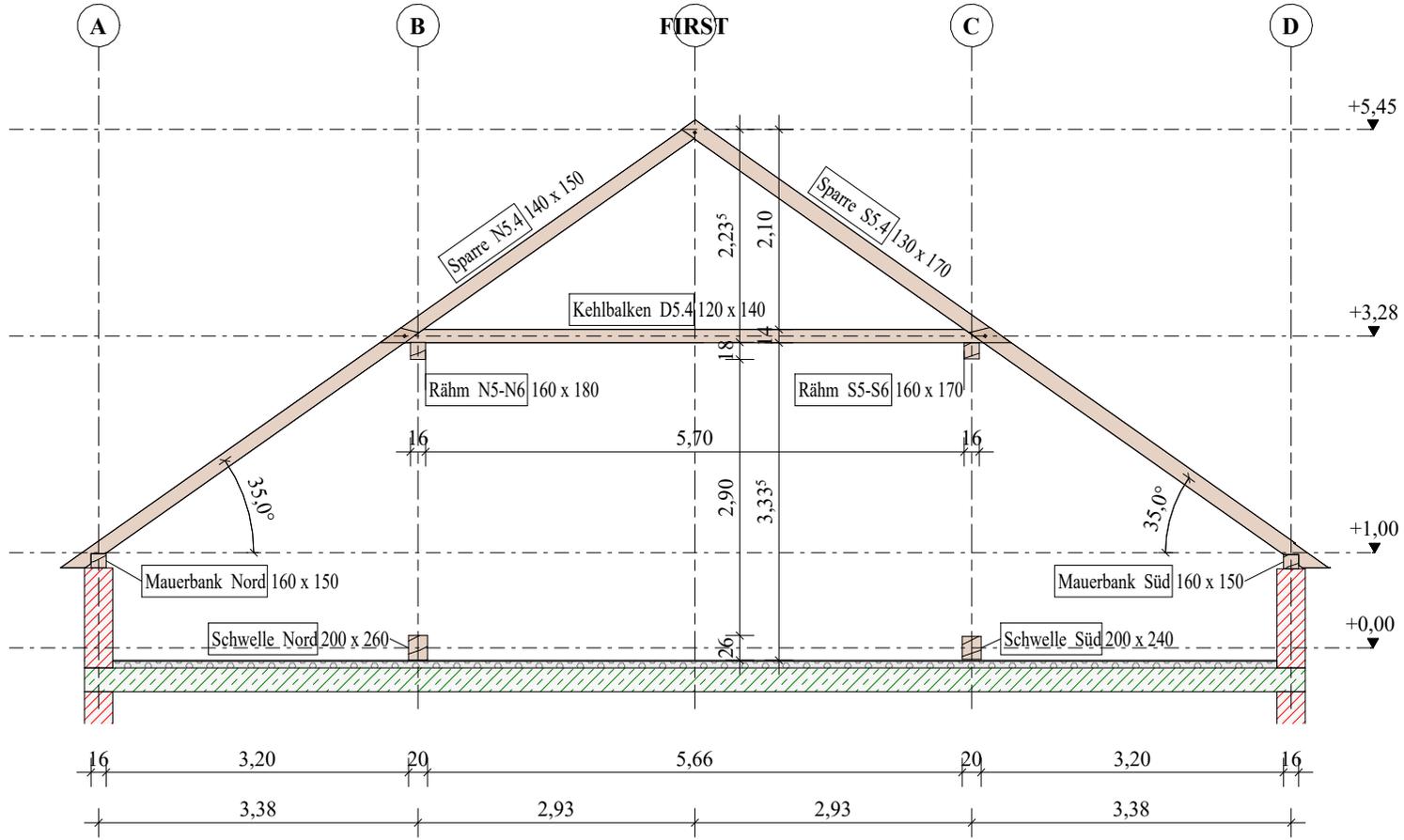
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 21	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljaglc
Leertgespärre 5.3			
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			
1 : 75			

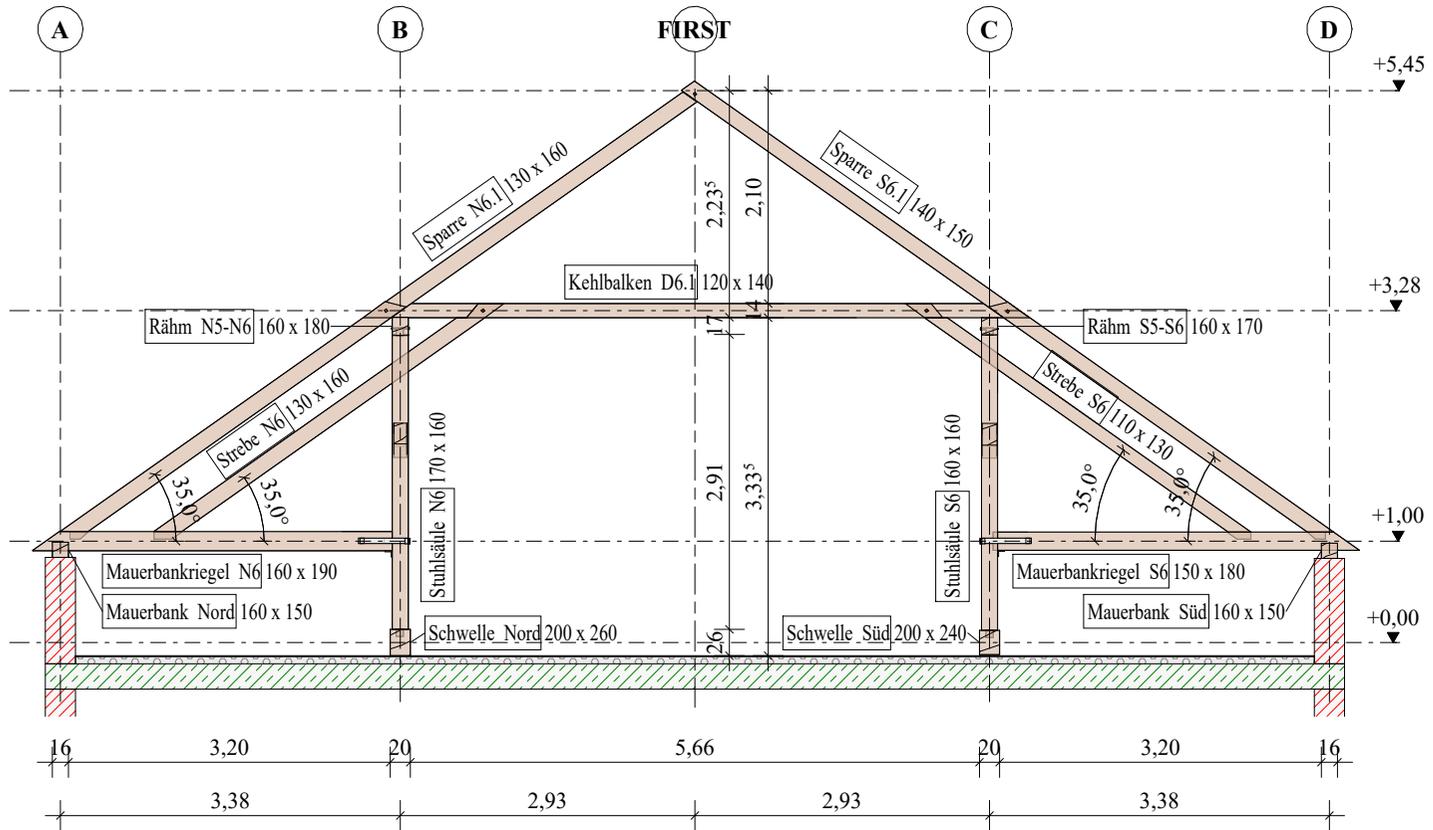
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

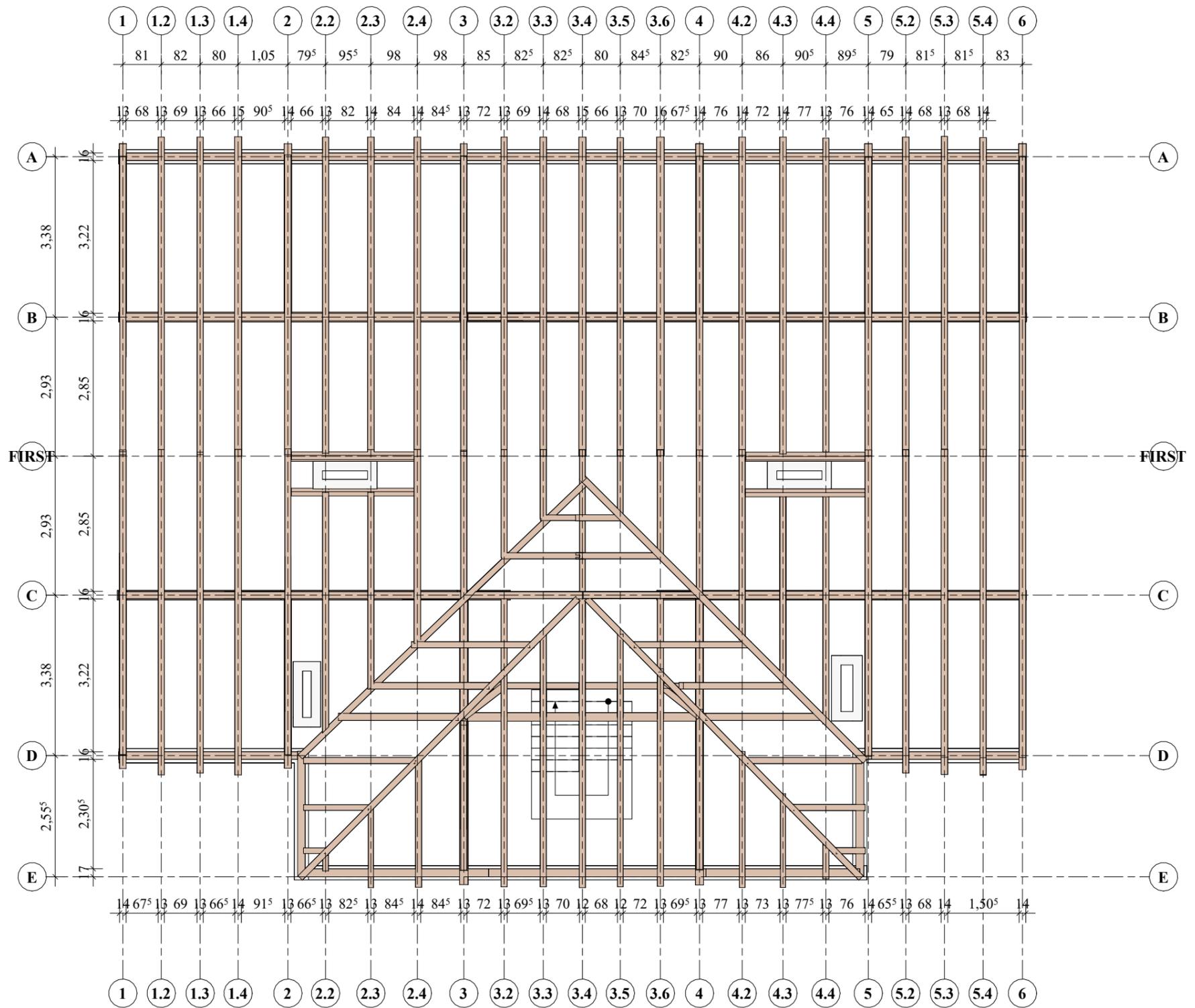
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 22	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kablljaglc
Leergespärre 5.4			1 : 75
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			



0,210 x 0,297 = 0,06 m²

PROJ-NR: 01		PLAN-NR: 23		DATUM: 01.06.2023		GEZ: Kablljaglc	
Vollgespärre 6				1 : 75			
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10							





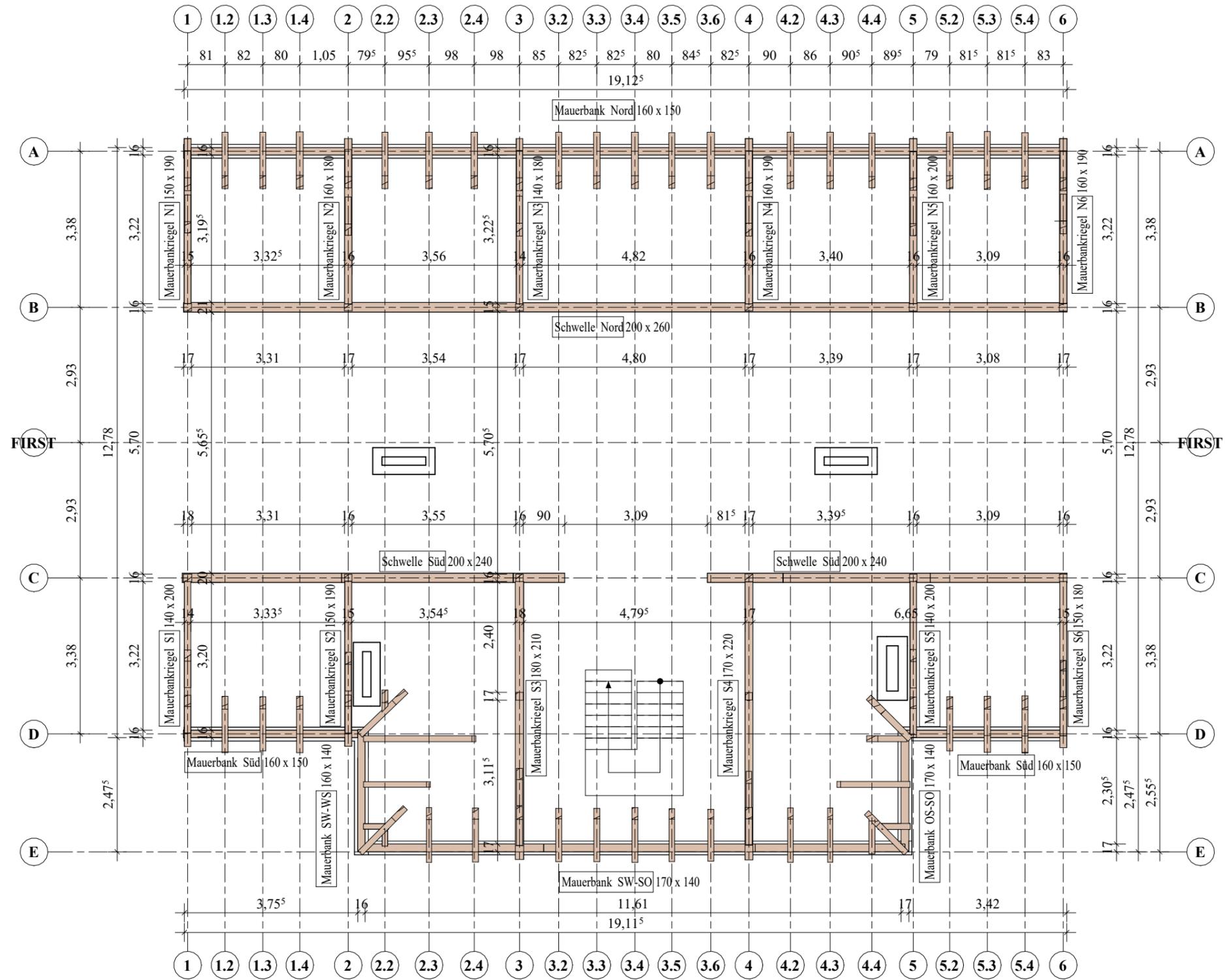
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10			
Dachdraufsicht		1 : 100	
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 100	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kabiljagic





study research engineering test center

0,420 x 0,297 = 0,12 m²

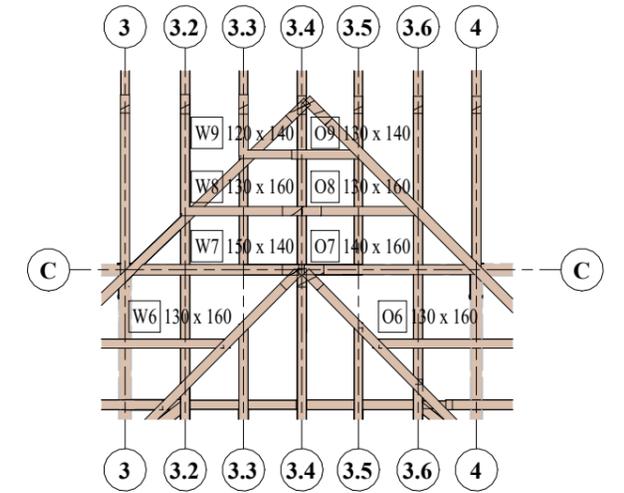
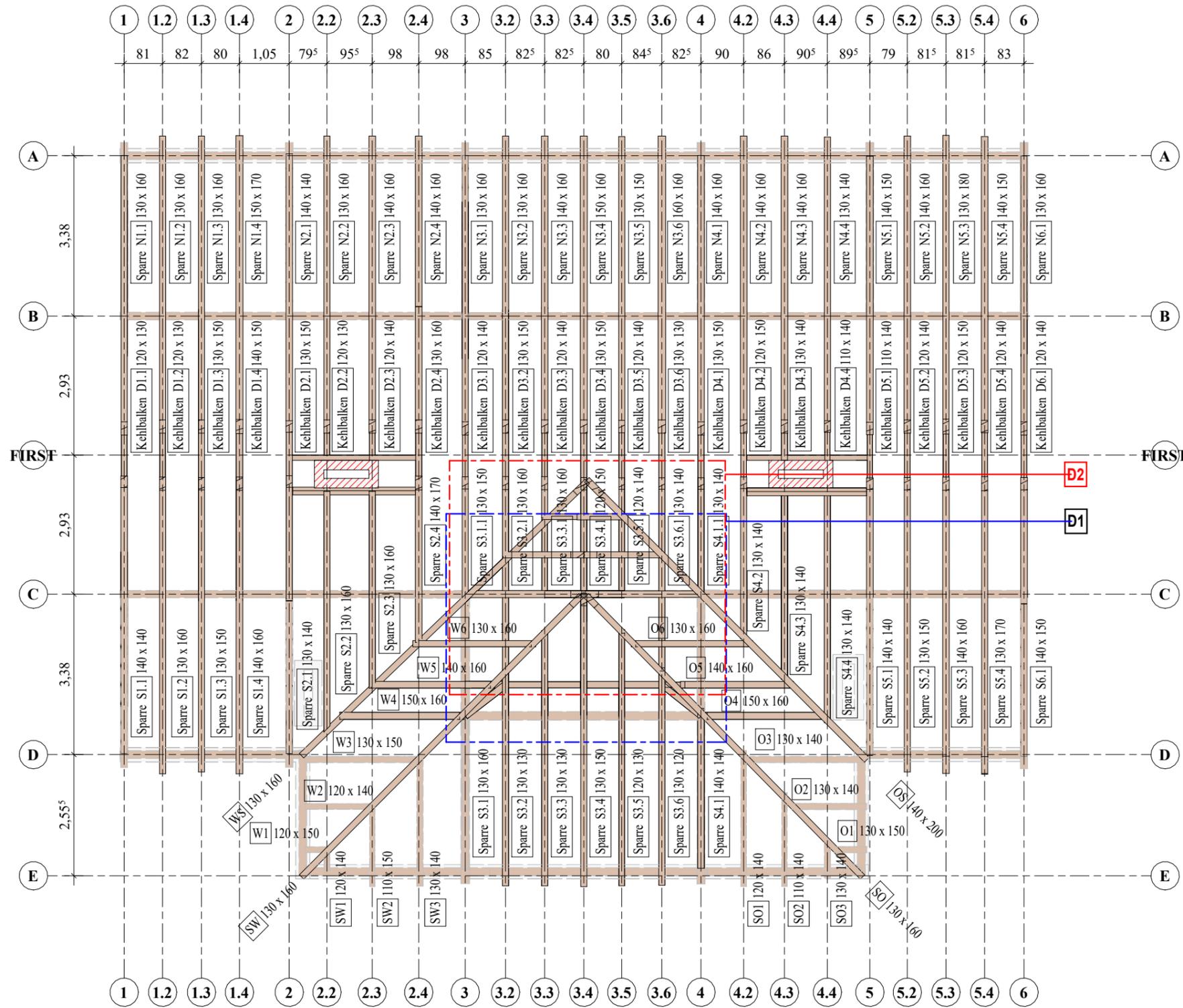


0,420 x 0,297 = 0,12 m²

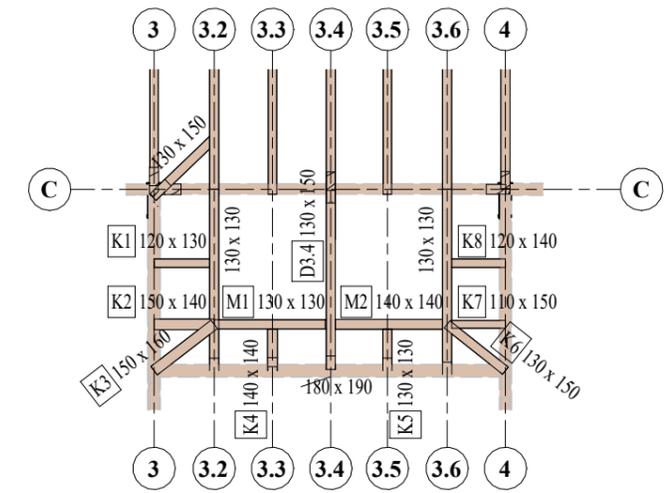
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10

Ebene 1		1 : 100	
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 101	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kabiljagic





D2
M 1 : 100



D1
M 1 : 100

0,420 x 0,297 = 0,12 m²

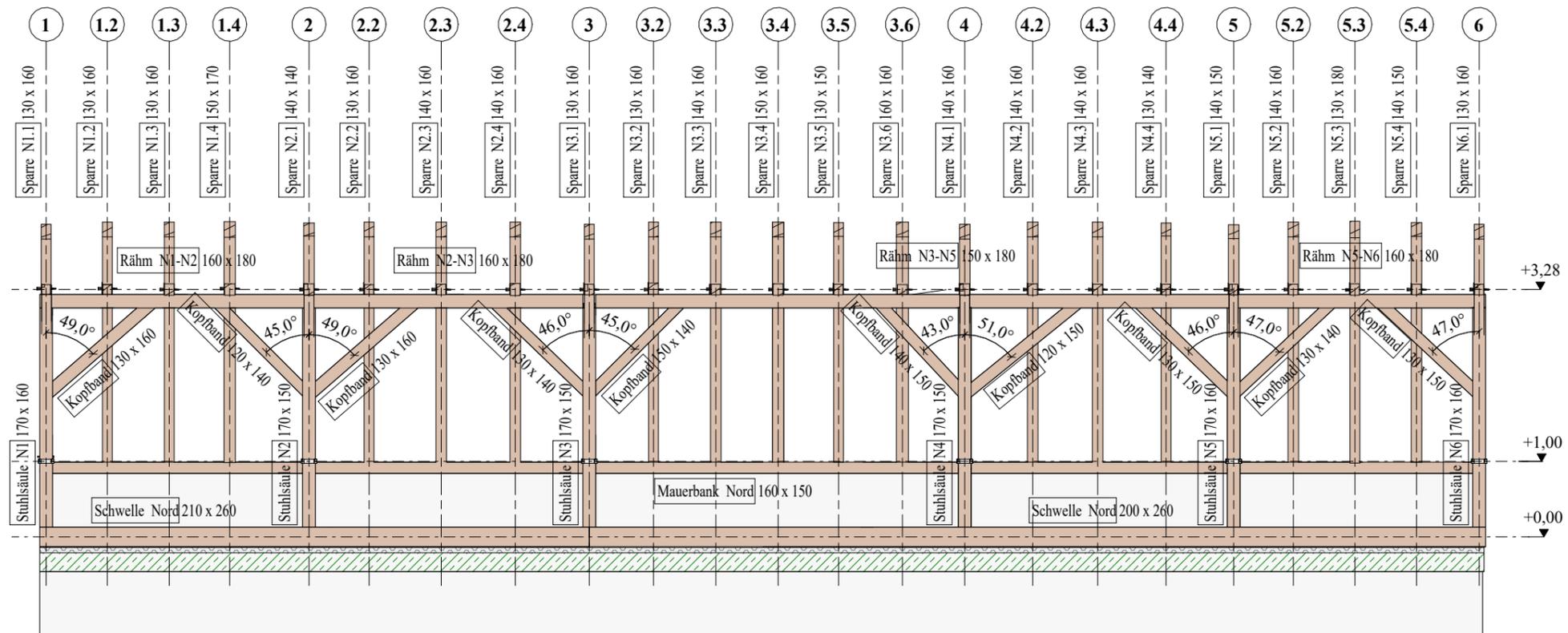
ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10

Sparren und Kehlbalken Übersicht

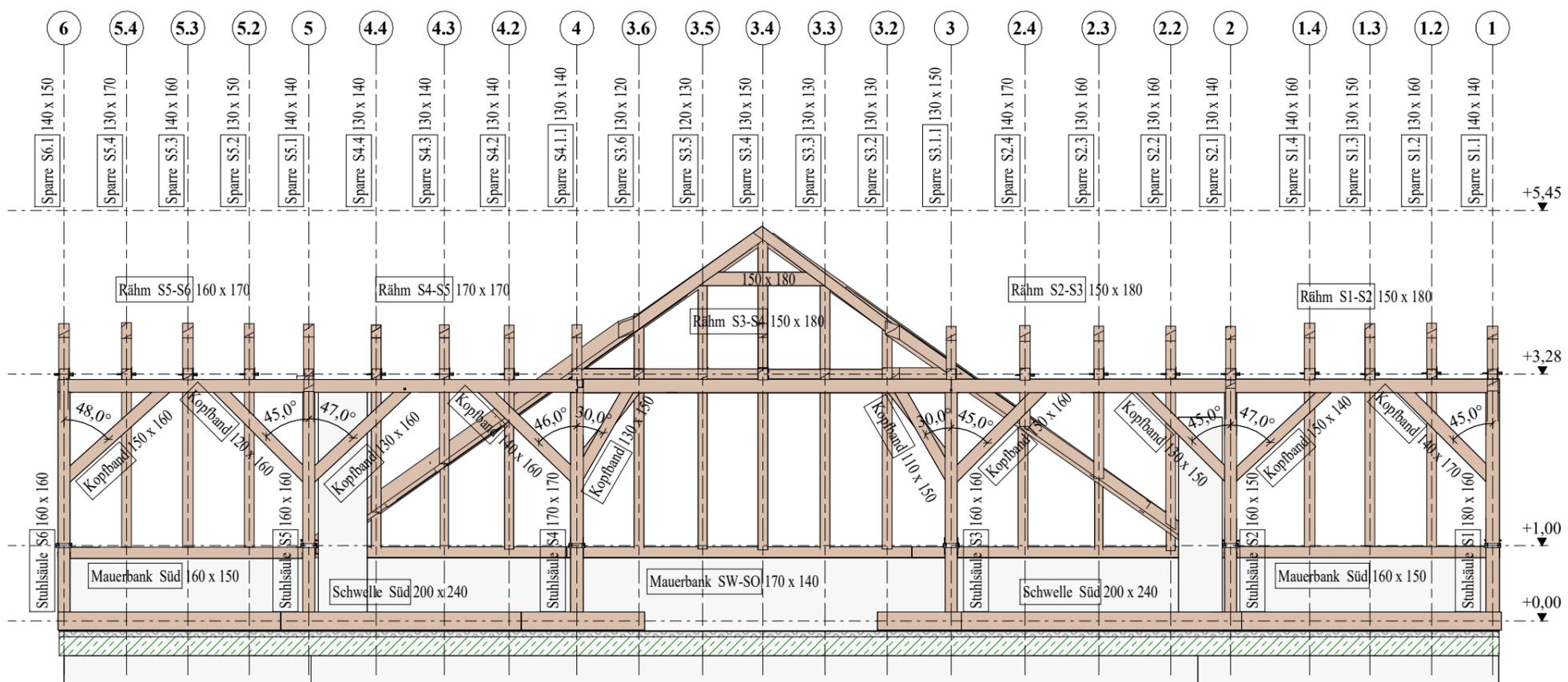
1 : 100

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 102	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kabiljagic
----------------	-----------------	----------------------	--------------------





Ansicht Nord
M 1 : 75



Ansicht Süd
M 1 : 75

0,420 x 0,297 = 0,12 m²

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10

Ansichten		1 : 75	
PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 103	DATUM: 01.06.2023	GEZ: Kabiljagic



BAUTEILLISTE SÜD

Strebe	S1	140 x 140
Mauerbankriegel	S1	140 x 200
Rähm	S1-S2	150 x 180
Sparre	S1.1	140 x 140
Sparre	S1.2	130 x 160
Sparre	S1.3	130 x 150
Sparre	S1.4	140 x 160
Strebe	S2	130 x 150
Mauerbankriegel	S2	150 x 190
Rähm	S2-S3	150 x 180
Sparre	S2.1	130 x 140
Sparre	S2.2	130 x 160
Sparre	S2.3	130 x 160
Sparre	S2.4	140 x 170
Mauerbankriegel	S3	180 x 210
Rähm	S3-S4	150 x 180
Sparre	S3.1	130 x 160
Strebe	S3.1	130 x 140
Sparre	S3.1.1	130 x 150
Sparre	S3.2	130 x 130
Sparre	S3.2.1	130 x 160
Sparre	S3.3	130 x 130
Sparre	S3.3.1	130 x 160
Sparre	S3.4	130 x 150
Sparre	S3.4.1	120 x 150
Sparre	S3.5	120 x 130
Sparre	S3.5.1	120 x 140
Sparre	S3.6	130 x 120
Sparre	S3.6.1	130 x 140
Mauerbankriegel	S4	170 x 220
Rähm	S4-S5	170 x 170
Sparre	S4.1	140 x 140
Sparre	S4.1.1	130 x 140
Sparre	S4.2	130 x 140
Sparre	S4.3	130 x 140
Sparre	S4.3	130 x 140
Sparre	S4.4	130 x 140
Sparre	S4.4	130 x 140
Strebe	S5	130 x 150
Mauerbankriegel	S5	140 x 200
Rähm	S5-S6	160 x 170
Sparre	S5.1	140 x 140
Sparre	S5.2	130 x 150
Sparre	S5.3	140 x 160
Sparre	S5.4	130 x 170
Strebe	S6	110 x 130
Mauerbankriegel	S6	150 x 180
Sparre	S6.1	140 x 150
	SO	130 x 160
	SO1	120 x 140
	SO2	110 x 140
	SO3	130 x 140
	SW	130 x 160
	SW1	120 x 140
	SW2	110 x 150
	SW3	130 x 140
Mauerbank	SW-SO	170 x 140
Mauerbank	SW-SO	170 x 140
Mauerbank	SW-SO	170 x 140
Mauerbank	SW-WS	160 x 140
Schwelle	Süd	200 x 240
Mauerbank	Süd	160 x 150
Mauerbank	Süd	160 x 150
Schwelle	Süd	200 x 240
Schwelle	Süd	200 x 240
Schwelle	Süd	200 x 240
Schwelle	Süd	200 x 240
Schwelle	Süd	200 x 240

BAUTEILLISTE NORD

Mauerbankriegel	N1	150 x 190
Strebe	N1	130 x 140
Rähm	N1-N2	160 x 180
Sparre	N1.1	130 x 160
Sparre	N1.2	130 x 160
Sparre	N1.3	130 x 160
Sparre	N1.4	150 x 170
Strebe	N2	130 x 140
Mauerbankriegel	N2	160 x 180
Rähm	N2-N3	160 x 180
Sparre	N2.1	140 x 140
Sparre	N2.2	130 x 160
Sparre	N2.3	140 x 160
Sparre	N2.4	140 x 160
Mauerbankriegel	N3	140 x 180
Rähm	N3-N5	150 x 180
Sparre	N3.1	130 x 160
Strebe	N3.1	130 x 160
Sparre	N3.2	130 x 160
Sparre	N3.3	140 x 160
Sparre	N3.4	150 x 160
Sparre	N3.5	130 x 150
Sparre	N3.6	160 x 160
Mauerbankriegel	N4	160 x 190
Strebe	N4	130 x 160
Sparre	N4.1	140 x 160
Sparre	N4.2	140 x 160
Sparre	N4.3	140 x 160
Sparre	N4.4	130 x 140
Mauerbankriegel	N5	160 x 200
Strebe	N5	120 x 150
Rähm	N5-N6	160 x 180
Sparre	N5.1	140 x 150
Sparre	N5.2	140 x 160
Sparre	N5.3	130 x 180
Sparre	N5.4	140 x 150
Strebe	N6	130 x 160
Mauerbankriegel	N6	160 x 190
Sparre	N6.1	130 x 160
Schwelle	Nord	200 x 260
Mauerbank	Nord	160 x 150
Mauerbank	Nord	160 x 150
Mauerbank	Nord	160 x 150
Mauerbank	Nord	160 x 150
Schwelle	Nord	210 x 260

BAUTEILLISTE WEST

W1	120 x 150
W2	120 x 140
W3	130 x 150
W4	150 x 160
W5	140 x 160
W6	130 x 160
W7	150 x 140
W8	130 x 160
W9	120 x 140
WS	130 x 160

BAUTEILLISTE OST

O1	130 x 150
O2	130 x 140
O3	130 x 140
O4	150 x 160
O5	140 x 160
O6	130 x 160
O7	140 x 160
O8	130 x 160
O9	130 x 140
OS	140 x 200
OS-SO	170 x 140

BAUTEILLISTE

D1.1	120 x 130
D1.2	120 x 130
D1.3	130 x 150
D1.4	140 x 150
D2.1	130 x 150
D2.2	120 x 130
D2.2	120 x 130
D2.3	120 x 140
D2.4	130 x 160
D3.1	120 x 140
D3.2	130 x 150
D3.3	120 x 140
D3.4	130 x 150
D3.4	130 x 150
D3.5	120 x 140
D3.6	130 x 130
D4.1	130 x 150
D4.2	120 x 150
D4.3	130 x 140
D4.4	110 x 140
D5.1	110 x 140
D5.2	120 x 140
D5.3	120 x 150
D5.4	120 x 140
D6.1	120 x 140
K1	120 x 130
K2	150 x 140
K3	150 x 160
K4	140 x 140
K5	130 x 130
K6	130 x 150
K7	110 x 150
K8	120 x 140
M1	130 x 130
M2	140 x 140

0,210 x 0,297 = 0,06 m²

ANHANG A: Bestandsaufnahme Dachtragwerk Humboldtstraße 10

Listenplan

PROJ-NR: 01	PLAN-NR: 00	DATUM: 04/07/22	GEZ: Verfasser
----------------	----------------	--------------------	-------------------





Statische Berechnung

BAUHERR

INSTITUT FÜR HOLZBAU UND HOLZTECHNOLOGIE
TU GRAZ

ERSTELLT VON

MERIMA KABILJAGIC

Kapitel

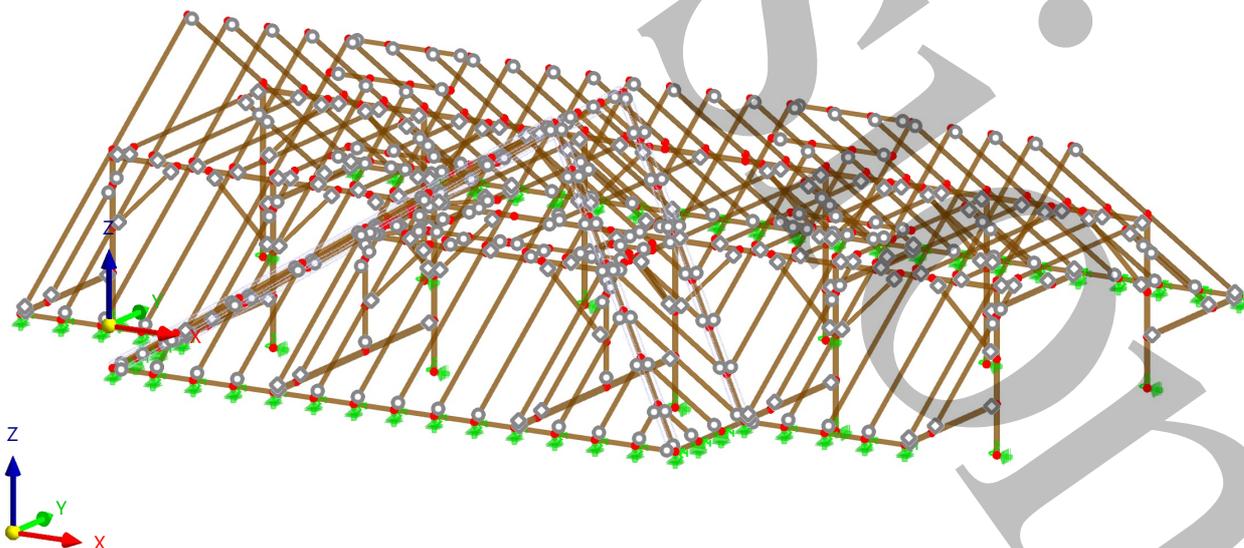
1	Typen für Holzbemessung	3
2	Lastfälle & Kombinationen	4
3	Bemessungsübersicht	23

PROJEKT

HUMBOLDTSTRASSE 10
ANHANG B

MODELL

Standardmäßig in axonometrischer Richtung





MODELL

INHALT

1	Typen für Holzbemessung	■ ■	3	2.1	Lastfälle	4
1.1	Knicklängen		3	2.2	Einwirkungen	5
1.1.1	Knicklängen - Beiwerte		4	2.3	Lastkombinationen	5
2	Lastfälle & Kombinationen	■ ■	4	3	Bemessungsübersicht	■ ■ 23
				3.1	Bemessungsübersicht	23





HOLZ

1.1.1 **KNICKLÄNGEN - BEIWERTE**

Nr.	Segment Nr.	Biegeknicke		Biegedrill		Kritisches Moment M_{crit} [kNm]
		$k_{y/lx}$ [-]	$k_{z/lx}$ [-]	k_{LT} [-]	$k_{LT, oben}$ [-]	
1	Standard (Stäbe : 7-17,21-25,28-31,33-36,40,43,50-67,70,74-76,95-98,100-103,416-439,442,445-467,476-483,651-657,660,663-669,672,673,676-682,685,688-694,697-699,701-710,713-723,728-739,742-745,747-753,756,757,759-762,765-769,771-786,790-794,797-802,804-807,809-861,863-867,870-886,888,890-910,930-938,940-947,950-956,960,963,966-970,991-1008,1011-1020,1022-1037,1043-1046,1049,1053-1060,1069-1091,1094-1096)	1.00	1.00	1.00		
2	Standard (Stabsätze : 1-4)					
	1	1.00	1.00	1.00		
	2	1.00	1.00	1.00		
	3	1.00	1.00	1.00		
	4	1.00	1.00	1.00		
	5	1.00	1.00	1.00		
	6	1.00	1.00	1.00		
	7	1.00	1.00	1.00		
3	Standard (Stäbe : 2,3,413,414,649,650,674,675,700,758,795,796)	1.44	2.00	1.00		
4	Standard (Stäbe : 38,41,440,443,658,661,683,686,711,763,948,961)	0.84	2.00	1.00		
5	Standard (Stäbe : 39,42,441,444,659,662,684,687,712,764,949,962)	0.84	0.70	1.00		

2 **Lastfälle & Kombinationen**

2.1 **LASTFÄLLE**

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
1	<input checked="" type="checkbox"/> eigengewicht			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	<input checked="" type="checkbox"/> Ständig		
	Eigengewicht - Faktor in Richtung X	0.000	-	
	Eigengewicht - Faktor in Richtung Y	0.000	-	
	Eigengewicht - Faktor in Richtung Z	-1.000	-	
	Lasteinwirkungsdauer	Ständig		
3	<input checked="" type="checkbox"/> Schnee_max			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	<input checked="" type="checkbox"/> Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
4	<input checked="" type="checkbox"/> Schnee Halblast_Südos			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	<input checked="" type="checkbox"/> Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
5	<input checked="" type="checkbox"/> Schnee Halblast_Nordwest			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	<input checked="" type="checkbox"/> Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
6	<input checked="" type="checkbox"/> Wind_90_ID			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	<input checked="" type="checkbox"/> Wind		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
7	<input checked="" type="checkbox"/> Wind_90_IS			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	<input checked="" type="checkbox"/> Wind		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
8	<input checked="" type="checkbox"/> Wind_0_Nord_ID			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		





LASTEN

2.1 **LASTFÄLLE**

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Einwirkungskategorie	Qw Wind		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
9	Qw Wind_0_Nord_IS			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	Qw Wind		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
10	Qw Wind_0_Süd_ID			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	Qw Wind		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
11	Qw Wind_0_Süd_IS			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	Qw Wind		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		

2.2 **EINWIRKUNGEN**

Einwirkung Nr.	Einstell.	Wert	Aktiv
4	Ke Ständig	Ke Ständig	<input checked="" type="checkbox"/>
	Einwirkungskategorie	Gleichzeitig	
	Einwirkungstyp		
5	Qs Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m	Qs Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m	<input checked="" type="checkbox"/>
	Einwirkungskategorie	Alternativ	
	Einwirkungstyp		
6	Qw Wind	Qw Wind	<input checked="" type="checkbox"/>
	Einwirkungskategorie	Alternativ	
	Einwirkungstyp		

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
1	Qz1 1.35G			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	Qz1 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Ständig		
2	Qz1 1.35G + 1.50Qs1			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	Qz1 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
3	Qz1 1.35G + 1.50Qs2			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	Qz1 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
4	Qz1 1.35G + 1.50Qs3			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	Qz1 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
5	Qz1 1.35G + 1.50Qs1 + 0.90Qw1			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	Qz1 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
6	Qz1 1.35G + 1.50Qs1 + 0.90Qw2			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
7	1.35G + 1.50Qs1 + 0.90Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
8	1.35G + 1.50Qs1 + 0.90Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
9	1.35G + 1.50Qs1 + 0.90Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
10	1.35G + 1.50Qs1 + 0.90Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
11	1.35G + 1.50Qs2 + 0.90Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
12	1.35G + 1.50Qs2 + 0.90Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
13	1.35G + 1.50Qs2 + 0.90Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
14	1.35G + 1.50Qs2 + 0.90Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
15	1.35G + 1.50Qs2 + 0.90Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
16	1.35G + 1.50Qs2 + 0.90Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
17	1.35G + 1.50Qs3 + 0.90Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
18	1.35G + 1.50Qs3 + 0.90Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
19	1.35G + 1.50Qs3 + 0.90Qw3			





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
20	CE21 1.35G + 1.50Qs3 + 0.90Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
21	CE21 1.35G + 1.50Qs3 + 0.90Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
22	CE21 1.35G + 1.50Qs3 + 0.90Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
23	CE21 1.35G + 1.50Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
24	CE21 1.35G + 1.50Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
25	CE21 1.35G + 1.50Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
26	CE21 1.35G + 1.50Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
27	CE21 1.35G + 1.50Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
28	CE21 1.35G + 1.50Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
29	CE21 1.35G + 0.75Qs1 + 1.50Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
30	CE21 1.35G + 0.75Qs1 + 1.50Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
31	CE21 1.35G + 0.75Qs1 + 1.50Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischenanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	CE21 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		





MODELL

2.3

LASTKOMBINATIONEN

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
32	1.35G + 0.75Qs1 + 1.50Qw4			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
33	1.35G + 0.75Qs1 + 1.50Qw5			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
34	1.35G + 0.75Qs1 + 1.50Qw6			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
35	1.35G + 0.75Qs2 + 1.50Qw1			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
36	1.35G + 0.75Qs2 + 1.50Qw2			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
37	1.35G + 0.75Qs2 + 1.50Qw3			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
38	1.35G + 0.75Qs2 + 1.50Qw4			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
39	1.35G + 0.75Qs2 + 1.50Qw5			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
40	1.35G + 0.75Qs2 + 1.50Qw6			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
41	1.35G + 0.75Qs3 + 1.50Qw1			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
42	1.35G + 0.75Qs3 + 1.50Qw2			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
43	1.35G + 0.75Qs3 + 1.50Qw3			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
44	1.35G + 0.75Qs3 + 1.50Qw4			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
45	1.35G + 0.75Qs3 + 1.50Qw5 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10 Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
46	1.35G + 0.75Qs3 + 1.50Qw6 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10 Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
47	G Ch G Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Ständig		<input checked="" type="checkbox"/>
48	G Ch G + Qs1 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
49	G Ch G + Qs2 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
50	G Ch G + Qs3 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
51	G Ch G + Qs1 + 0.60Qw1 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
52	G Ch G + Qs1 + 0.60Qw2 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
53	G Ch G + Qs1 + 0.60Qw3 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
54	G Ch G + Qs1 + 0.60Qw4 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
55	G Ch G + Qs1 + 0.60Qw5 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
56	G Ch G + Qs1 + 0.60Qw6 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
57	G Ch G + Qs2 + 0.60Qw1 Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
58	G Ch G + Qs2 + 0.60Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
59	G Ch G + Qs2 + 0.60Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
60	G Ch G + Qs2 + 0.60Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
61	G Ch G + Qs2 + 0.60Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
62	G Ch G + Qs2 + 0.60Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
63	G Ch G + Qs3 + 0.60Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
64	G Ch G + Qs3 + 0.60Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
65	G Ch G + Qs3 + 0.60Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
66	G Ch G + Qs3 + 0.60Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
67	G Ch G + Qs3 + 0.60Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
68	G Ch G + Qs3 + 0.60Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
69	G Ch G + Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
70	G Ch G + Qw2 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
71	G Ch G + Qw3 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
72	G Ch G + Qw4 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
73	G Ch G + Qw5 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
74	G Ch G + Qw6 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
75	G Ch G + 0.50Qs1 + Qw1 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
76	G Ch G + 0.50Qs1 + Qw2 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
77	G Ch G + 0.50Qs1 + Qw3 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
78	G Ch G + 0.50Qs1 + Qw4 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
79	G Ch G + 0.50Qs1 + Qw5 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
80	G Ch G + 0.50Qs1 + Qw6 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
81	G Ch G + 0.50Qs2 + Qw1 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation Lasteinwirkungsdauer	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
82	G Ch G + 0.50Qs2 + Qw2 Analysetyp Statikanalyse-Einstellungen Bemessungssituation	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		<input checked="" type="checkbox"/>





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
83	G Ch $G + 0.50Q_{s2} + Q_{w3}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
84	G Ch $G + 0.50Q_{s2} + Q_{w4}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
85	G Ch $G + 0.50Q_{s2} + Q_{w5}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
86	G Ch $G + 0.50Q_{s2} + Q_{w6}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
87	G Ch $G + 0.50Q_{s3} + Q_{w1}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
88	G Ch $G + 0.50Q_{s3} + Q_{w2}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
89	G Ch $G + 0.50Q_{s3} + Q_{w3}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
90	G Ch $G + 0.50Q_{s3} + Q_{w4}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
91	G Ch $G + 0.50Q_{s3} + Q_{w5}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
92	G Ch $G + 0.50Q_{s3} + Q_{w6}$			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
93	G Cs 1.60G			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Cs BS3 - GZG - Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Ständig		
94	G Cc 1.60G			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	G Cc BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Ständig		
95	G Cc 1.60G + Qs1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
96	1.60G + Qs2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
97	1.60G + Qs3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
98	1.60G + Qs1 + 0.60Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
99	1.60G + Qs1 + 0.60Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
100	1.60G + Qs1 + 0.60Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
101	1.60G + Qs1 + 0.60Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
102	1.60G + Qs1 + 0.60Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
103	1.60G + Qs1 + 0.60Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
104	1.60G + Qs2 + 0.60Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
105	1.60G + Qs2 + 0.60Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
106	1.60G + Qs2 + 0.60Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
107	1.60G + Qs2 + 0.60Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statischen-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
108	1.60G + Qs2 + 0.60Qw5	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
109	1.60G + Qs2 + 0.60Qw6	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
110	1.60G + Qs3 + 0.60Qw1	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
111	1.60G + Qs3 + 0.60Qw2	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
112	1.60G + Qs3 + 0.60Qw3	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
113	1.60G + Qs3 + 0.60Qw4	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
114	1.60G + Qs3 + 0.60Qw5	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
115	1.60G + Qs3 + 0.60Qw6	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
116	1.60G + Qw1	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
117	1.60G + Qw2	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
118	1.60G + Qw3	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
119	1.60G + Qw4	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig Kurz		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
120	1.60G + Qw5	Statische Analyse SA1 - I. Ordnung BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		<input checked="" type="checkbox"/>
	Analysetyp	Statische Analyse		
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
121	1.60G + Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
122	1.60G + 0.50Qs1 + Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
123	1.60G + 0.50Qs1 + Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
124	1.60G + 0.50Qs1 + Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
125	1.60G + 0.50Qs1 + Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
126	1.60G + 0.50Qs1 + Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
127	1.60G + 0.50Qs1 + Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
128	1.60G + 0.50Qs2 + Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
129	1.60G + 0.50Qs2 + Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
130	1.60G + 0.50Qs2 + Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
131	1.60G + 0.50Qs2 + Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
132	1.60G + 0.50Qs2 + Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
133	1.60G + 0.50Qs2 + Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
134	1.60G + 0.50Qs3 + Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
135	1.60G + 0.50Qs3 + Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
136	1.60G + 0.50Qs3 + Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
137	1.60G + 0.50Qs3 + Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
138	1.60G + 0.50Qs3 + Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
139	1.60G + 0.50Qs3 + Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS4 - GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
140	1.10G			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Ständig		
141	1.10G + 1.50Qs1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
142	1.10G + 1.50Qs2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
143	1.10G + 1.50Qs3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
144	1.10G + 1.50Qs1 + 0.90Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
145	1.10G + 1.50Qs1 + 0.90Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
146	LAG 1.10G + 1.50Qs1 + 0.90Qw3			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
147	LAG 1.10G + 1.50Qs1 + 0.90Qw4			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
148	LAG 1.10G + 1.50Qs1 + 0.90Qw5			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
149	LAG 1.10G + 1.50Qs1 + 0.90Qw6			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
150	LAG 1.10G + 1.50Qs2 + 0.90Qw1			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
151	LAG 1.10G + 1.50Qs2 + 0.90Qw2			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
152	LAG 1.10G + 1.50Qs2 + 0.90Qw3			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
153	LAG 1.10G + 1.50Qs2 + 0.90Qw4			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
154	LAG 1.10G + 1.50Qs2 + 0.90Qw5			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
155	LAG 1.10G + 1.50Qs2 + 0.90Qw6			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
156	LAG 1.10G + 1.50Qs3 + 0.90Qw1			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
157	LAG 1.10G + 1.50Qs3 + 0.90Qw2			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
158	LAG 1.10G + 1.50Qs3 + 0.90Qw3			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
159	LAG 1.10G + 1.50Qs3 + 0.90Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
160	LAG 1.10G + 1.50Qs3 + 0.90Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
161	LAG 1.10G + 1.50Qs3 + 0.90Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
162	LAG 1.10G + 1.50Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
163	LAG 1.10G + 1.50Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
164	LAG 1.10G + 1.50Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
165	LAG 1.10G + 1.50Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
166	LAG 1.10G + 1.50Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
167	LAG 1.10G + 1.50Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
168	LAG 1.10G + 0.75Qs1 + 1.50Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
169	LAG 1.10G + 0.75Qs1 + 1.50Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
170	LAG 1.10G + 0.75Qs1 + 1.50Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
171	LAG 1.10G + 0.75Qs1 + 1.50Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
172	LAG 1.10G + 0.75Qs1 + 1.50Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
173	LAG 1.10G + 0.75Qs1 + 1.50Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
174	LAG 1.10G + 0.75Qs2 + 1.50Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
175	LAG 1.10G + 0.75Qs2 + 1.50Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
176	LAG 1.10G + 0.75Qs2 + 1.50Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
177	LAG 1.10G + 0.75Qs2 + 1.50Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
178	LAG 1.10G + 0.75Qs2 + 1.50Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
179	LAG 1.10G + 0.75Qs2 + 1.50Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
180	LAG 1.10G + 0.75Qs3 + 1.50Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
181	LAG 1.10G + 0.75Qs3 + 1.50Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
182	LAG 1.10G + 0.75Qs3 + 1.50Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
183	LAG 1.10G + 0.75Qs3 + 1.50Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
184	LAG 1.10G + 0.75Qs3 + 1.50Qw5			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
185	LAG 1.10G + 0.75Qs3 + 1.50Qw6			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
186	LAG 0.90G			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Ständig		
187	LAG 0.90G + 1.50Qs1			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
188	LAG 0.90G + 1.50Qs2			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
189	LAG 0.90G + 1.50Qs3			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
190	LAG 0.90G + 1.50Qs1 + 0.90Qw1			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
191	LAG 0.90G + 1.50Qs1 + 0.90Qw2			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
192	LAG 0.90G + 1.50Qs1 + 0.90Qw3			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
193	LAG 0.90G + 1.50Qs1 + 0.90Qw4			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
194	LAG 0.90G + 1.50Qs1 + 0.90Qw5			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
195	LAG 0.90G + 1.50Qs1 + 0.90Qw6			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
196	LAG 0.90G + 1.50Qs2 + 0.90Qw1			
	Analysetyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
197	LAG 0.90G + 1.50Qs2 + 0.90Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
198	LAG 0.90G + 1.50Qs2 + 0.90Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
199	LAG 0.90G + 1.50Qs2 + 0.90Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
200	LAG 0.90G + 1.50Qs2 + 0.90Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
201	LAG 0.90G + 1.50Qs2 + 0.90Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
202	LAG 0.90G + 1.50Qs3 + 0.90Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
203	LAG 0.90G + 1.50Qs3 + 0.90Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
204	LAG 0.90G + 1.50Qs3 + 0.90Qw3			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
205	LAG 0.90G + 1.50Qs3 + 0.90Qw4			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
206	LAG 0.90G + 1.50Qs3 + 0.90Qw5			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
207	LAG 0.90G + 1.50Qs3 + 0.90Qw6			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
208	LAG 0.90G + 1.50Qw1			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
209	LAG 0.90G + 1.50Qw2			
	Analysotyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
210	LAG 0.90G + 1.50Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
211	LAG 0.90G + 1.50Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
212	LAG 0.90G + 1.50Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
213	LAG 0.90G + 1.50Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
214	LAG 0.90G + 0.75Qs1 + 1.50Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
215	LAG 0.90G + 0.75Qs1 + 1.50Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
216	LAG 0.90G + 0.75Qs1 + 1.50Qw3			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
217	LAG 0.90G + 0.75Qs1 + 1.50Qw4			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
218	LAG 0.90G + 0.75Qs1 + 1.50Qw5			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
219	LAG 0.90G + 0.75Qs1 + 1.50Qw6			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
220	LAG 0.90G + 0.75Qs2 + 1.50Qw1			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
221	LAG 0.90G + 0.75Qs2 + 1.50Qw2			
	Analysentyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statische Analyse	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		





MODELL

2.3 **LASTKOMBINATIONEN**

LK Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
222	LAG 0.90G + 0.75Qs2 + 1.50Qw3			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
223	LAG 0.90G + 0.75Qs2 + 1.50Qw4			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
224	LAG 0.90G + 0.75Qs2 + 1.50Qw5			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
225	LAG 0.90G + 0.75Qs2 + 1.50Qw6			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
226	LAG 0.90G + 0.75Qs3 + 1.50Qw1			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
227	LAG 0.90G + 0.75Qs3 + 1.50Qw2			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
228	LAG 0.90G + 0.75Qs3 + 1.50Qw3			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
229	LAG 0.90G + 0.75Qs3 + 1.50Qw4			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
230	LAG 0.90G + 0.75Qs3 + 1.50Qw5			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
231	LAG 0.90G + 0.75Qs3 + 1.50Qw6			
	Analysertyp	Statische Analyse		<input checked="" type="checkbox"/>
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Bemessungssituation	LAG BS5 - GZT (EQU) - Ständig und vorübergehend		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		

3 **Bemessungsübersicht**

3.1 **BEMESSUNGSÜBERSICHT**

Bemessungsübersicht

Add-On	Typ	Objekte		Position [m]	Bemess. Situation	Belastung Nr.	Nachweis		Beschreibung
		Nr.					η [-]	Typ	
Holzbemessung	Stab	894		x: 0.00	BS1	LK10	1.615	ST2300.00	Stabilität Biegestab ohne Druckkraft Doppelbiegung nach 6.3.3
Holzbemessung	Stab	870,894		x: 0.00	BS1	LK10	1.378	SP5300.00	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Zugnormalkraft nach 6.2.3
Holzbemessung	Stab	961		x: 0.88	BS1	LK10	1.229	ST1600.03	Stabilität Doppelbiegung und Druck mit Knicken um beide Achsen nach
Holzbemessung	Stab	796		x: 1.00	BS1	LK8	1.180	ST3400.00	Stabilität Doppelbiegung und Druck





ERGEBNISSE

3.1 **BEMESSUNGSÜBERSICHT**

Bemessungsübersicht

Add-On	Typ	Objekte		Position [m]	Bemess. Situation	Belastung Nr.	Nachweis		Beschreibung
		Nr.					η [-]	Typ	
g Holzbemessun	Stab	954		x: 0.00	BS1	LK22	1.099	SP3400.00	nach 6.3.3 Querschnittsnachweis Querkraft und Torsion nach 6.1.8 Rechteckprofil
g Holzbemessun	Stab	961		x: 0.88	BS1	LK10	1.057	SP6300.00	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Drucknormalkraft nach 6.2.4
g Holzbemessun	Stab	1005		x: 0.00	BS1	LK14	0.923	SP4300.00	Querschnittsnachweis Doppelbiegung nach 6.1.6
g Holzbemessun	Stab	906		x: 0.93	BS1	LK10	0.781	ST2400.00	Stabilität Biegestab ohne Druckkraft Doppelbiegung nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stab	794		x: 0.87	BS1	LK8	0.749	ST3300.00	Stabilität Doppelbiegung und Druck nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stab	953		x: 0.00	BS1	LK10	0.689	SP3300.00	Querschnittsnachweis Querkraft in beiden Achsen nach 6.1.8 Rechteckprofil
g Holzbemessun	Stab	1096		x: 3.23	BS1	LK10	0.659	ST1600.01	Stabilität Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
g Holzbemessun	Stab	815		x: 2.10	BS1	LK22	0.619	SP5100.00	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse und Zugnormalkraft nach 6.2.3
g Holzbemessun	Stab	815		x: 2.10	BS1	LK10	0.571	ST2100.00	Stabilität Biegestab ohne Druckkraft Biegung um y-Achse nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stab	1096		x: 3.23	BS1	LK10	0.558	ST3100.00	Stabilität Biegung um y-Achse und Druck nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stab	961		x: 0.44	BS1	LK5	0.526	ST1600.02	Stabilität Biegung um z-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
g Holzbemessun	Stab	1096		x: 0.00	BS1	LK10	0.519	ST1300.00	Stabilität Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
g Holzbemessun	Stab	833		x: 2.10	BS1	LK16	0.483	SP6100.00	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
g Holzbemessun	Stab	742		x: 4.20	BS1	LK14	0.416	SP4100.00	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach 6.1.6
g Holzbemessun	Stab	900		x: 0.00	BS1	LK6	0.404	SP5200.00	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse und Zugnormalkraft nach 6.2.3
g Holzbemessun	Stab	899		x: 0.87	BS1	LK6	0.400	SP6200.00	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
g Holzbemessun	Stab	899		x: 0.87	BS1	LK5	0.392	SP4200.00	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse nach 6.1.6
g Holzbemessun	Stab	948		x: 0.00	BS5	LK169	0.351	SP3100.00	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 Rechteckprofil
g Holzbemessun	Stab	961		x: 0.44	BS1	LK5	0.296	ST3200.00	Stabilität Biegung um z-Achse und Druck nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stab	899		x: 0.44	BS1	LK6	0.265	SP3200.00	Querschnittsnachweis Querkraft in y-Achse nach 6.1.7 Rechteckprofil
g Holzbemessun	Stab	796		x: 0.00	BS1	LK10	0.229	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
g Holzbemessun	Stab	1002		x: 3.15	BS1	LK10	0.130	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug in Faserrichtung nach 6.1.2
g Holzbemessun	Stab	59		x: 0.34	BS5	LK150	0.109	SP2100.00	Querschnittsnachweis Schub aus Torsion nach 6.1.8
g Holzbemessun	Stab	818,819,825,826,840,841,846,854,907,1017-1019,1025,1026		x: 1.06	BS5	LK212	0.000	SP0100.00	Querschnittsnachweis Vernachlässigbare Schnittgrößen
g Holzbemessun	Stabsatz	4		x: 0.00	BS1	LK10	0.685	SP5300.00	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Zugnormalkraft nach 6.2.3
g Holzbemessun	Stabsatz	4		x: 1.36	BS1	LK10	0.515	ST2300.00	Stabilität Biegestab ohne Druckkraft Doppelbiegung nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK6	0.496	ST1600.03	Stabilität Doppelbiegung und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK6	0.486	SP6300.00	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Drucknormalkraft nach 6.2.4
g Holzbemessun	Stabsatz	2		x: 1.36	BS1	LK5	0.471	SP4300.00	Querschnittsnachweis Doppelbiegung nach 6.1.6
g Holzbemessun	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK6	0.463	ST3300.00	Stabilität Doppelbiegung und Druck nach 6.3.3
g Holzbemessun	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK14	0.333	ST1600.01	Stabilität Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
g Holzbemessun	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK14	0.309	SP6100.00	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
g Holzbemessun	Stabsatz	1		x: 0.00	BS1	LK6	0.256	SP3300.00	Querschnittsnachweis Querkraft in beiden Achsen nach 6.1.8 Rechteckprofil
g Holzbemessun	Stabsatz	4		x: 0.00	BS1	LK30	0.253	SP5100.00	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse und Zugnormalkraft nach 6.2.3





ERGEBNISSE

3.1 **BEMESSUNGSÜBERSICHT**

Bemessungsübersicht

Add-On	Typ	Objekte		Position [m]	Bemess. Situation	Belastung Nr.	Nachweis		Typ	Beschreibung
		Nr.					η [-]	✓		
Holzbemessung	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK20	0.234	✓	ST1600.02	Stabilität Biegung um z-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
Holzbemessung	Stabsatz	2		x: 0.45	BS1	LK44	0.224	✓	SP4100.00	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach 6.1.6
Holzbemessung	Stabsatz	2		x: 0.45	BS1	LK44	0.224	✓	ST2100.00	Stabilität Biegestab ohne Druckkraft Biegung um y-Achse nach 6.3.3
Holzbemessung	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK20	0.185	✓	SP6200.00	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
Holzbemessung	Stabsatz	4		x: 0.00	BS5	LK157	0.157	✓	SP3100.00	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 Rechteckprofil
Holzbemessung	Stabsatz	1,4		x: 1.36	BS1	LK10	0.131	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug in Faserrichtung nach 6.1.2
Holzbemessung	Stabsatz	2		x: 0.00	BS1	LK14	0.122	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung um y-Achse und Druck nach 6.3.3
Holzbemessung	Stabsatz	1		x: 1.36	BS1	LK18	0.091	✓	SP5200.00	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse und Zugnormalkraft nach 6.2.3
Holzbemessung	Stabsatz	3		x: 0.00	BS1	LK14	0.060	✓	SP3200.00	Querschnittsnachweis Querkraft in y-Achse nach 6.1.7 Rechteckprofil
Holzbemessung	Stabsatz	3		x: 0.00	BS1	LK22	0.059	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
Holzbemessung	Stabsatz	3		x: 0.00	BS1	LK45	0.008	✓	ST1300.00	Stabilität Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2

