

# **DIPLOMARBEIT**

Adaptierung und Erweiterung eines Sägewerkes in der Slowakei

Bsc.Tomas Horniak 2018





# **DIPLOMARBEIT**

Adaptierung und Erweiterung eines Sägewerkes in der Slowakei

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin unter der Leitung

Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Winter

E259

Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Bsc.Tomas Horniak** 

01623354

### Kurzfassung

darin, die Die Aufgabe bestand theoretische Dokumentation die Holztrocknungstechnologie, die Analyse der Waldbewirtschaftung in der Slowakei. Dokumentationsmaterial für die Herstellung von Lamellen für Brettschichtholz und die Lösungsbeispiels der Kombination Analyse des aus Industriehalle Verwaltungsgebäude zu entwickeln in einem Areal. Auf der Grundlage dieser Dokumente wurde anschließend eine Architekturstudie entwickelt, die das Entwurf Lagerhauses. einer Holztrocknungsanlage und eines eines neuen Verwaltungsgebäudes umfasst, um die Produktions- und Handelsaktivitäten des Sägewerks Spektrum zu erweitern.

Das Entwurf der Holztrocknungsanlage beinhaltet ein innovatives Konzept der Trocknungslösung, das die praktische Anwendung der Sonnenstrahlung (Trombe-Wand) zum Vorwärmen der Frischluft und zum Nachwärmen auf die gewünschte Temperatur unter Verwendung eines Wassersystems (Hypoplan-System) kombiniert, das von einem Biomassekessel mit Restholz aus der Sägewerkproduktion unterstützt wird. Gleichzeitig beinhaltet der Vorschlag die mögliche zukünftige Erweiterung des Lagers und der Holztrocknungsanlage bei einer erhöhten Sägewerksproduktion. Der Entwurf des Verwaltungsgebäudes gewährleistet die Vereinheitlichung der Büroflächen, die derzeit an drei Stellen im Sägewerksareal verteilt sind, und schafft so einen Schulungsraum und eine kleine Entspannungszone für die Mitarbeiter.

#### **Abstract**

The task was to develop the theoretical documentation for the wood drying technology, the analysis of forest industry in Slovakia, documentation for the production of lamellae for glued laminated timber and the analysis of example of industrial hall and administration building. On the basis of these documents, an architectural study was developed, which includes the design of a warehouse, a wood drying kiln and a new administration building, to provide an expansion the production and business activities of the Spektrum sawmill.

The design of the wood drying kiln incorporates an innovative concept of drying solution that combines the practical application of the solar radiation (Trombe wall) for preheating the fresh air and heating to the desired temperature using a water system (Hypoplan system) supported from a biomass boiler. At the same time, the study includes the possible future expansion of the warehouse and the wood drying kiln, when production will increase. The design of the administrative building ensures unifying of the office space, which is now spread over three locations in the sawmill area.

# **Danksagung**

Ohne die Hilfe und die Unterstützung zahlreicher Personen wäre die Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Ich will mich besonders bei Professor Wolfgang Winter bedanken, der mir die Möglichkeit gab, eine Diplomarbeit mit so umfassenden Versuchen durchführen zu können.

Ein großes Dankeschön geht an meinen guten Freund Ing. Matus Neusch aus STU Bratislava, da ohne seine Hilfe die Erstellung meiner Diplomarbeit nicht möglich wäre.

# Inhaltverzeichnis

0. E	inführung - Warum Holz?	1
1. Pr	oblemstellung	3
2. Ar	nalyse Forstwirtschaft in der Slowakei	4
	2.1. Die Forstwirtschaft	4
	2.2. Derzeitiger Zustand der Forstwirtschaft in der Slowakischen Republik	4
	2.3. Die schädlichen Faktoren und der Gesundheitszustand von Wäldern	6
	2.4.Holzeinschlag	7
	2.5. Holzhandel	9
	2.6. Holzverarbeitung	12
3. Gı	rundlagen der Holztrocknung	14
	3.1 Trocknung	14
	3.2 Holzfeuchte in Bauwesen	15
	3.3 Holzfeuchte und Fasersättigung	17
	3.4 Holzfeuchte in der technischen Trocknung	18
	3.5 Methoden zur Bestimmung der Holzfeuchte	19
	3.6 Schwindung und Quellung	20
	3.7 Vorbereitungen zur Trocknung	22
	3.8 Trocknungsmetoden	24
4. Gr	undlagen zur Herstellung von BSH	28
	4.1 Herstellungsprozess von BSH	28
	4.2 Lamellenaufbau	31
5. An	nalyse – Musterbeispiel für Hallenbau	34
	5.1 Logistik-, Verwaltungs- und Bildungszentrum Herz Slowakei	34
	5.2 Städtebauliche Lösung	34
	5.3 Architektonische Lösung	35
	5.4 Lokalität	36
	5.5 Raumprogramm	36
	5.6 Technische Lösung	38
	5.7 Figene Meinung	43

#### 6. Entwurf zur Adaptierung und Erweiterung eines Sägewerkes

- 6.1 Sägewerk Spektrum KTV
  - 6.1.1 Überblick
  - 6.1.2 Bestandsplan
- 6.2 Ausgangssituation
  - 0 Entwurfsansätze
  - 1 Sägewerk-Plan
  - 2 Lageplan
  - 3 Lageplan zukünftige Erweiterung
  - 4 Ansichten Areal
- 6.3 Entwurf eines Verwaltungsgebäudes
  - 0 Technischer Bericht
  - 1 Grundrisse, Schnitte
  - 2 Ansichten
  - 3 3D Konstruktion
  - 4 Aufbauten
  - 5 Details
  - 6 Visualisierung
- 6.4 Entwurf einer Trocknungshalle
  - 0 Technischer Bericht
  - 1 Grundrisse
  - 2 Ansichten
  - 3 Schnitte
  - 4 Aufbauten
  - 5 Details
  - 6 Trocknungskonzept
  - 7 Beschickung der Trocknungskammer
  - 8 Visualisierung
  - 9 3D Konstruktion

# 6.5 Entwurf einer Lagerhalle

- 0 Technischer Bericht
- 1 Grundriss, Schnitte
- 2 Ansichten
- 3 Grundriss Dachebene
- 4 Aufbauten
- 5 Details
- 6 Schema der Lagerung
- 7 Visualisierung
- 8 3D Konstruktion
- 7. Literaturverzeichnis
- 8. Abbildungen
- 9. Tabellen

# 0. Einführung - Warum Holz?

Bevor ich nach Wien studieren gekommen bin, habe ich mich seit 2 Jahre mit Holz als Baumaterial beschäftigt. Aber am Anfang habe ich mir die Frage gestellt – warum Holz? Warum soll man mit Holz bauen?

Heutzutage diskutiert man sehr oft zum Thema Nachhaltigkeit, Energieverbrauch, Lebenszyklus und Klimawandel. Meiner Meinung nach ist Holz eine richtige Antwort. Holz ist einer der ältesten Baustoffe der Menschheit und technische Entwicklungen haben völlig neue Formen der Gestaltung von Holzbauten möglich gemacht. Holz hat unglaubliches technisches, gestalterisches und ökonomisches Potenzial. Aus diesem Material entstehen öffentliche Bauten, zeitgemäße Holzkonstruktionen genauso wie mehrgeschossige Gebäude.



Abb.1 HOHO Wien – derzeit größtes Holzgebäude der Welt

Holz hat keine Grenzen, neue Dimensionen gerade kommen. Durch moderne Berechnungs- und Fertigungsverfahren sind nahezu alle Konstruktionen möglich. Ob Spannweiten über 150 Meter oder Höhen weit über 50 Meter – Holz macht das möglich. Und dabei sind auch rasche Verarbeitungszeiten und Vorfertigungsgrad, die andere Baustoffe nicht in der Lage einzuholen sind. [1]

#### Und was bedeutet das für Architekten?

Mit Holz ist fast alles gestalterisch möglich und als Material ist zeitlos schön. Es ist ein lebendiges Material, warm und atmungsaktiv. Die Farbe und Struktur sind so einzigartig, wie es eben nur die Natur hervorbringen kann. Die Bauten aus Holz sind modern, ökologisch, wirtschaftlich, dauerhaft und komfortabel.

#### Und zum Thema Nachhaltigkeit?

Wird ein Baum zur Holzproduktion genutzt, so bleibt der Kohlenstoff über die Lebensdauer des Produkts darin gebunden. Das Holzprodukt wird zum dauerhaften Kohlenstoffspeicher. Frei wird er erst, wenn das Holz zum Beispiel verbrannt wird. Somit sind nicht nur Wälder, sondern auch sämtliche Produkte aus Holz (Gebäude, Möbel, etc.) enorme Kohlenstoffspeicher.

Ich finde das Holz als Baustoff der Zukunft und das trifft auch eine Aussage von Mayr Melnhof Holz Geschäftsleiter:

"Wenn wir 15 Prozent mehr Holz im Bau einsetzen würden, hätten wir in der EU kein Problem, die Kyoto-Ziele zu erreichen." [1]

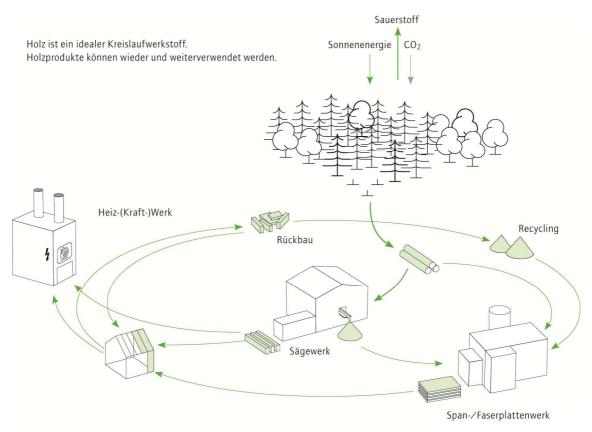


Abb.2 Holz - ein Kreislaufwerkstoff

### 1. Problemstellung

Die Forstwirtschaft als einer der Wirtschaftszweige der Volkswirtschaft, deren Hauptziel die geplante und nachhaltige Bewirtschaftung der slowakischen Wälder und ihre Entwicklung ist, hat im Vergleich zu anderen Branchen einige Besonderheiten. Die Wälder bilden den Lebensraum und zugleich sind ein Produktionsmittel, eine erneuerbare natürliche Ressource, der Produzent von Holz und weiteren handelbaren Waldprodukten, beziehungsweise Dienstleistungen.

Die Slowakische Republik als ein Land mit einem großen Waldflächenanteil schuf nach dem Fall des Kommunismus allmählich Möglichkeiten für die Entwicklung von Privatunternehmen in der Forstwirtschaft. Der allmähliche Rückgang des staatlichen Eigentums an Wäldern setzt Waldflächen für Privatpersonen frei, was den Aufbau von Infrastruktur und die Steigerung der Produktion ermöglicht. Dies schafft einen Impuls zur Erweiterung und Adaptierung der Sägewerke.

Ein großer Teil der Produktion ist für den Export bestimmt. Hier werden Chancen für die Lieferung der Lamellen von Brettschichtholz oder Brettsperrholz für ausländische Kunden geschaffen, was in direktem Zusammenhang mit der Trocknung des Holzes steht und fordert die höhere Qualität der Sägewerkinfrastruktur.

# 2. Analyse Forstwirtschaft in der Slowakei

#### 2.1. Die Forstwirtschaft

Die Wälder bieten eine ganze Reihe von gemeinnützigen Dienstleistungen, die nicht wirtschaftlich verwertet werden. Die Wälder wachsen heute dort, wo eine andere Bodenund Landnutzung nicht wirtschaftlich aünstia Die weitere Entwicklung der Forstwirtschaft hängt heutzutage unmittelbar von der Entwicklung einer Reihe von wirtschaftlichen und natürlichen Faktoren ab. Zu Faktoren gehören die Veränderungen in der Bedeutuna Waldfunktionen, die Konflikte zwischen "Okologie" und "Wirtschaft" Waldbewirtschaftung, die Entwicklung der Holzpreise auf den Weltmärkten, der Druck zur verstärkten Nutzung von forstlicher Biomasse für Energiezwecke, die Zunahme von katastrophischen Situationen in Wäldern und nicht zuletzt die Klimaveränderungen und ihre Auswirkungen auf die Waldökosysteme. [2]



Abb.3 Waldkarte Slowakei

#### 2.2. Derzeitiger Zustand der Forstwirtschaft in der Slowakischen Republik

Die Wälder in der Slowakei ermöglichen die Produktion einer breiten Palette von Holzarten. Die derzeitige Vertretung von Holzarten ist verändert, größtenteils zugunsten der produktiv effizienteren und wirtschaftlich gefragten Holzarten. Im Vergleich zu anderen west- und mitteleuropäischen Ländern ist die Veränderung geringer. Den höchsten Anteil stellen die Holzarten wie Buche (33,5 %), Fichte (23,1 %), Sommer- und Wintereiche (10,6 %) und Kiefer (6,8 %) dar. Dagegen die Hainbuche und die Tanne sind weniger vertreten. [2]

Die Fläche von dem Waldland (WL) und von dem Bestandsboden (BB) wird langfristig erweitert. In den letzten 10 Jahren erweiterte sich die Fläche des Bestandsbodens um mehr als 11 Tsd. ha. Im Jahr 2016 betrug die Fläche von WL und BB insgesamt mehr als 2 Mio. ha. Die aktuelle Entwicklung der Holzbestände in den slowakischen Wäldern ist durch ihren kontinuierlichen Anstieg gekennzeichnet. Im Jahr 2016 erreichten die Holzbestände mehr als 480 Mio. m³ und erhöhten sich gegenüber dem Vorjahr um 2,53 Mio. m³. Der durchschnittliche Holzbestand pro 1 ha. stieg auf mehr als 248 m³ an. [2]

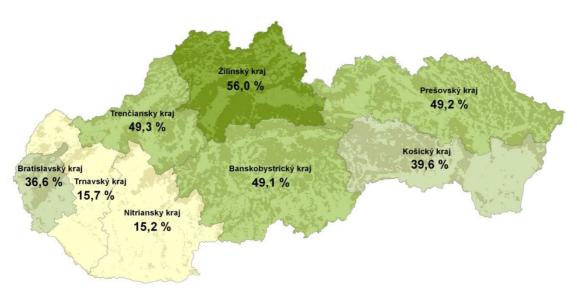


Abb.4 Waldfläche pro Region in Prozent

#### Altersstruktur

Die tatsächliche Altersstruktur des Waldes weicht erheblich von seiner normalen (idealen, optimalen) Struktur ab. Unter dem Niveau sind vor allem die jüngeren Gehölze im Alter zwischen 11 und 70 Jahren. Quasi normal vertreten sind die von 91 bis 130 Jahre alte Waldbestände. Über das Optimum sind die 70-91 Jahre alten Waldbestände vertreten und bestätigen damit die anhaltende hohe Perspektive des erneuerten Holzeinschlags in den kommenden Jahrzehnten. Die große Fläche von Jungwäldern, die nicht älter als 10 Jahre sind, resultiert aus der Überschreitung des geplanten Holzeinschlags, insbesondere nach dem Jahr 2004, aufgrund des hohen außerordentlichen Holzeinschlags (Kalamitätsholz), gefolgt von der Erneuerung des Waldes. Bei den 130-jährigen und älteren Bewaldungen handelt sich überwiegend um die schützenden und geschützten Wälder. [2]

Jahr	Durchschnittsalter						
	Fichte	Tanne	Kiefer	Lärche	Eiche	Buche	Hainbuche
2016	65,6	77,7	72,4	55,2	85,7	73,5	68,9
2010	68,3	77,6	66,0	49,8	78,4	71,6	64,4
2000	66,2	76,1	60,8	44,9	72,1	70,1	62,5

Tabelle 1: Entwicklung des Durchschnittsalters

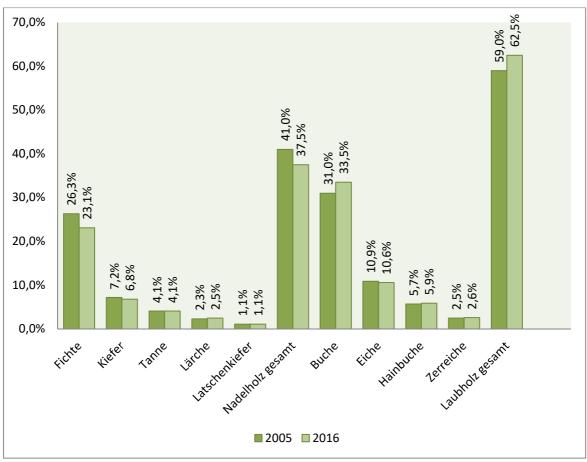


Tabelle 2: Repräsentanz der Holzarten in Prozent seit 2005

Nach dem Forstgesetz darf die Holzproduktion im vollen Umfang nur in der Kategorie der Wirtschaftswälder, die 70,7 % der Wälder der Slowakei beträgt, genutzt werden. In der Kategorie der Schutzwälder (17,1 %) und der Wälder mit besonderer Bestimmung (12,2 %) kann die Holzproduktion nur begrenzt genutzt werden, so dass die ökologischen und sozialen Funktionen des Waldes nicht beeinträchtigt werden. <sup>[2]</sup>

#### 2.3. Die schädlichen Faktoren und der Gesundheitszustand von Wäldern

Nach der Klimaprognose für Mitteleuropa wird bis das Jahr 2100 eine Erwärmung um 2 bis 3 ° C und nach dem Jahr 2050 ein Rückgang der Niederschläge erwartet. Als Folge der Klimaentwicklung und des zunehmenden Auftretens von Wind- und Regenstürmern werden sich die Produktionsbedingungen in den unteren Stufen der Waldvegetation verschlechtern, insbesondere für die statisch labileren Holzarten und für die Holzarten wie Tanne, Buche und Fichte, die höhere Feuchtigkeitsansprüche haben. Jedoch, die Bedeutung der resistenten thermophilen Holzarten des Kontinentalklimas wie Eiche, Kiefer und Lärche nimmt zu. [3]

Wind, Schnee, Frost, Dürre und andere abiotische Faktoren beschädigten im Jahr 2016 die Waldbestände im Umfang von 1,4 Mio. m³ Holz, davon 785 Tsd. m³ Nadelholz. Beschädigt wurden von Nadelholz vor allem die Fichte (580 Tsd. m³)

und von Laubholz die Buche (512 Tsd. m³). Verarbeitet wurde 1,38 Mio. m³ von Kalamitätsholz, was unter dem langjährigen Durchschnitt lag.

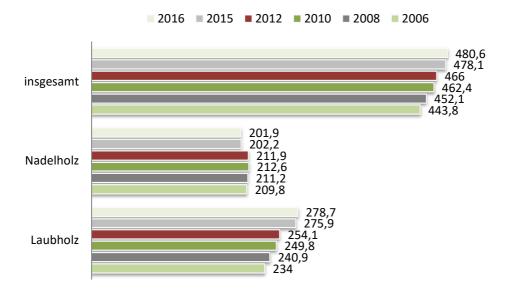
Die indirekten Auswirkungen von Temperaturerhöhungen werden die Zunahme von Pathogenen und Insektenschädlingen und die daraus resultierende Schädigung der Gehölze als deren Wirte sein. Eine besonders gedrohte Holzart ist in dieser Hinsicht aufgrund der Zunahme von der Anzahl der Generationen der Borkenkäfer bei der Erwärmung ist die Fichte. Im Jahr 2016 wurden durch biotische Faktoren die Waldbestände in einem Umfang von 3,2 Mio. m³ Holz geschädigt, davon durch Borkenkäfer 2,8 Mio. m³.

Durch anthropogene Schadfaktoren wurden in den letzten Jahren die Waldbestände in einem Umfang von über 47 Tsd. m³ geschädigt. Die wichtigsten anthropogenen Faktoren waren die Immissionen (71 %) und der Holzdiebstahl (17 %). Die Nadelhölzer wurden stärker betroffen (87 %).

In Bezug auf die vorherrschende Nutzung werden die Wälder in der Slowakei in drei grundlegende Kategorien unterteilt, nämlich Wirtschafts-, Schutzwälder und Wälder mit besonderer Bestimmung. Die am meisten vertretene Kategorie sind die Wirtschaftswälder, die 1.404 Mio. ha, d.h. 72,2 % der Gesamtfläche des Bestandsbodens betragen. Der Anteil von Wirtschaftswäldern ist höher bei den nicht staatlichen Wäldern (75,3 %); in den staatlichen Wäldern beträgt ihr Anteil 69,5 %.

Von den gesamten Holzbeständen in den Wäldern der Slowakei (mehr als 480 Mio. m³) wird der größte Teil (54,8 %) der Waldfläche von staatlichen Organisationen genutzt. Mit dem restlichen Teil disponieren die nicht staatlichen Subjekte, diese Wälder sind in Kategorien wie folgt verteilt: Gemeinschaftswälder (26,8 %), Kommunalwälder (9,7 %), Privatwälder (6,9 %), Kirchenwälder (1,5 %) und Genossenschaftswälder (0,3 %). Im Jahr 2016 erreichte die Fläche der Schutzwälder 335,2 Tsd. ha, d.h. 17,25 %. Ihre Vertretung ist bei den staatlichen (17 %) und bei den nicht staatlichen Wäldern (17,6 %) ungefähr gleich. [3]

#### 2.4. Holzeinschlag



Im Jahr 2016 wurden in der Slowakei 9,32 Mio. m³ Holz eingeschlagen. Im Vergleich zum Jahr 2015 war der Holzeinschlag um 0,8 % höher, aber um 1 % niedriger als im Jahr 2014. Von dem gesamten Holzeinschlag wurden 52,4 % von den staatlichen Forstorganisationen und 47,6 % von den Subjekten der nicht staatlichen Wälder eingeschlagen. Es wurden 55 % von Nadelholz und 45 % von Laubholz eingeschlagen. [3]

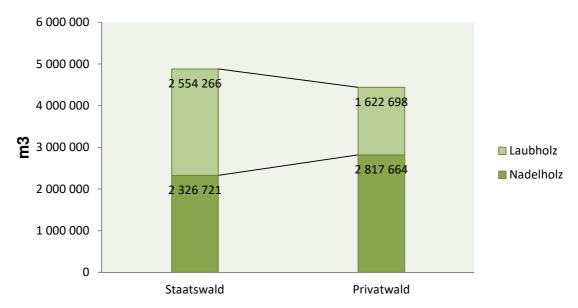


Tabelle 4: Holzernte in 2016

Nach der strategischen Prognose des Holzeinschlags bis das Jahr 2035 sollte unter der Berücksichtigung der Holzeserven, der Altersstruktur der Wälder und des aktuellen Holzeinschlags und dessen Struktur das Volumen der gesamten Holzeinschlags bis zum erwarteten Höhepunkt um das Jahr 2030 schrittweise steigen. Eine wachsende Tendenz wird der Laubholzeinschlag haben, der in den letzten Jahren, insbesondere bei Buche, Eiche und Hainbuche nur zu ca. 75 % des geplanten Einschlags betrug. Der Nadelholzeinschlag wird (insbesondere bei Fichte) im Gegenteil sinken. [3]

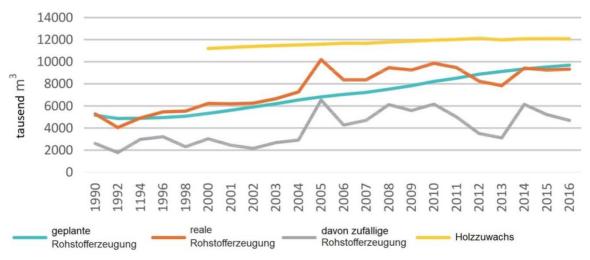


Tabelle 5: Entwicklung der Holzernte

Die Durchführung des geplanten Holzeinschlags erschweren die Zufallseinschläge (Kalamitätseinschläge) und anschließend auch die rechtliche Verpflichtung der Eigentümer und der Betreiber, das Kalamitätsholz umgehend zu verarbeiten. Die Zufallseinschläge haben eine negative Auswirkung auch auf die gleichmäßige und nachhaltige Nutzung des Waldproduktionspotenzials. Zu den schwerwiegendsten Zufallseinschlägen von Nadelholz gehört der Einschlag von Fichten. Die Zufallseinschläge betrugen in den letzten Jahren etwa 50% des gesamten Holzeinschlags in allen Wäldern, davon fast 85% in Nadelwäldern und die restlichen 15% in Laubwäldern. [3]

#### 2.5. Holzhandel

Der Holzverkauf ist die wichtigste Einkommensquelle der Forstwirtschaft, die vor allem dazu dient, die Waldfunktionen und die Arbeitsplätze im Forstsektor zu diese Einnahmeguelle erhalten. lm Jahr 2016 machte Gesamtumsatzes und der Gesamterträge aus. Neben der Forstwirtschaft ist das Holz ein Grundrohstoff auch für die holzverarbeitende Industrie, womit in beiden Industriezweigen die Beschäftigung, Umsätze und Erträge sichert. Gesamtlieferungen von Rohholz (einschließlich Exporte) erreichten im Jahr 2016 9 267 Tsd. m<sup>3</sup> und stiegen gegenüber dem Voriahr 2015 um 3 % an. Die heimischen Lieferungen der Forstbetreiber betrugen 8 867,5 Tsd. m<sup>3</sup> Holz (einschließlich Eigenverbrauch). Im Vergleich zum Jahr 2015 war es um 256,5 Tsd. m<sup>3</sup> mehr. Es stiegen vor allem die heimischen Lieferungen von Nadelholz an. und zwar um 505,5 Tsd. m<sup>3</sup>. Die Lieferungen von Laubholz sanken dagegen um 249 Tsd. m<sup>3</sup>. Der Anstieg der Holzvorräte ermöglichte auch einen höheren Einschlag, vor allem von Nadelholz.[4]

Die durchschnittliche Holzverwertung in der slowakischen Forstwirtschaft ist durch den Wechsel zwischen den Perioden vom Wachstum und vom Rückgang gekennzeichnet. Nach einem starken Preisrückgang im Jahr 2009 aufgrund der Finanz- und Wirtschaftskrise stieg die durchschnittliche Verwertung von Rohholz im Jahr 2010 und insbesondere im Jahr 2011 wieder an. Im Jahr 2016 ging die durchschnittliche Verwertung von Nadelholzsortimenten in der Forstwirtschaft im zwischen jährlichen Vergleich um 1,7 € pro m³ zurück, d.h. um 3,4 %. Im Gegenteil, die Laubholzsortimente stiegen um 1,75 € pro m3, d.h. um 4,1 % an. Seit dem Jahr 2011 ist die Entwicklung der durchschnittlichen Verwertung von Rohholz insgesamt stabil. Im Vergleich zum Jahr 2015 ging die durchschnittliche Verwertung um 0,6 % zurück. [³]

Der niedrigste Durchschnittspreis pro m³ von Holz in der slowakischen Forstwirtschaft lag im Jahr 2009 bei 34,26 €, als er sogar um 21,5 % zurückging (um 23 % beim Nadelholz und um 20 % beim Laubholz). Im Jahr 2016 betrug der Inlandspreis für Nadelholz insgesamt 49,60 € und für Laubholz 43,37 €. Der Exportpreis für Nadelholz betrug 53,38 € und für Laubholz 52,98 €. [4]

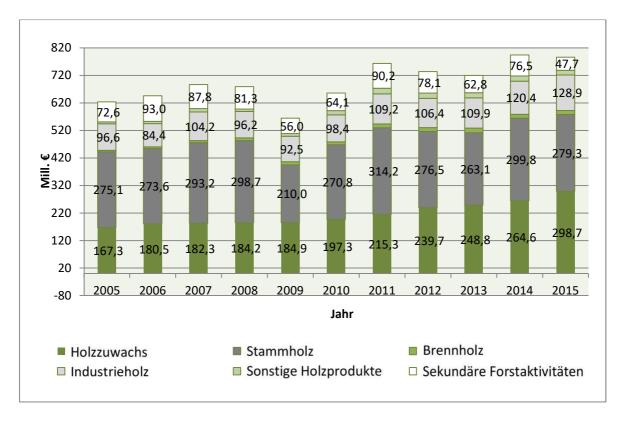


Tabelle 6: Entwicklung des Wertes der Forstwirschaft

Folgende Hauptgründe der problematischen Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen zwischen den forstwirtschaftlichen Betrieben als Produzenten und der holzverarbeitenden Industrie genannt werden können: die unzureichende Konkurrenzfähigkeit, die der Mangel an eigenen finanziellen Mitteln, insbesondere bei kleinen und mittleren Verarbeitern verursacht, der erschwerte direkte Zugang einheimischer Holzverarbeiter zu ausländischen Märkten oder die Produktion in der Form von Unterlieferungen an die ausländischen Verarbeiter oder Handelsgesellschaften. Diese Faktoren erhöhen die Empfindlichkeit der Verarbeiter, insbesondere von Nadelholz, gegen die zyklischen Änderungen des Beschaffungspreises, was zur Verschlechterung der Zahlungsfähigkeit eines Teils der inländischen Verarbeiter führt. Auf der anderen Seite sind die inländischen Verarbeiter nicht fähig, das verfügbare heimische Laubrundholz, von dem in der Slowakei ein Überschuss ist, zu verarbeiten. [4]

Zu den Hauptursachen für die Ausfuhr von Rohholz gehören insbesondere die Unterschiede zwischen den Rohholzpreisen auf den Inlands-Auslandsmärkten, die mangelnden Verarbeitungskapazitäten für die Nutzung Teils der einheimischen Rohholzproduktion, die unzureichende Kommunikation von Geschäftskontakten zwischen und Herstellung Holzverarbeitern und den nicht staatlichen Holzproduzenten die Handelspolitik der Nachbarländer. [4]

Gegenwärtig und insbesondere in der Zukunft werden das Gesamtvolumen und die Struktur der Holzlieferungen durch einen hohen Anteil von außerordentlichen

Holzeinschlägen (das Risiko einer schnelleren Abholzung von Nadelholz) beeinträchtigt. Auf der Seite der Holzproduktion ist notwendig, die mit der komplexen Holzverarbeitung zusammenhängende Probleme der technologischen Entwicklung und der forstwirtschaftlichen Infrastruktur zu lösen. Eine bestimmte Auswirkung auf das Volumen und die Struktur der Holzlieferungen kann auch das Ausmaß von Schutzgebieten haben. Das langfristig nicht gelöste Problem ist die Klärung und Verbesserung der Effizienz der Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit der Produktion, bzw. der Nutzung von Holz (Energie), der Arbeitsstellen und weiteren Vorteilen zu erreichen.<sup>[4]</sup>

Die Wettbewerbsfähigkeit der Holzverarbeiter auf in- und ausländischen Märkten

Die holzverarbeitende Industrie hat im Durchschnitt eine niedrigere Arbeitsproduktivität, was die Holzverarbeiter auf dem heimischen Markt und insbesondere auf den ausländischen Märkten weniger wettbewerbsfähig macht. Eine unzureichende Wettbewerbsfähigkeit wird insbesondere dadurch verursacht. dass vor allem die kleinen und mittleren Verarbeiter ungenügend von eigenen finanziellen Mitteln vorhanden haben, um Innovationen zu fördern. Ein weiteres Problem sind die Komplikationen bei der Vorbereitung und Durchführung von Innovationen, die durch die wirtschaftliche Instabilität der Unternehmen der holzverarbeitenden Industrie verursacht sind. Mit der Ausnahme einiger in der Slowakei tätigen multinationalen Unternehmen wurden erheblichere Investitionen in die Modernisierung von Verarbeitungstechnologien nicht getätigt. Aus den oben genannten Gründen haben die meisten einheimischen Holzverarbeiter den direkten Zugang zu den ausländischen Märkten erschwert, und ihre Produktion wird in der Form von Unterlieferungen an die ausländischen Verarbeiter oder Handelsunternehmen verkauft. Der direkte Zugang zu ausländischen Märkten haben hauptsächlich die in der Slowakei tätigen multinationalen Unternehmen, insbesondere MONDI, Kronospan, SWEDWOOD, Rettenmeyer, Zu den größten Verarbeitern von Nadelholz in der Region gehören TATRANWOOD, spol. s r.o. (Hliník nad Hronom), Raimex spol. s r.o., (Žiar nad Hronom), REKAD s.r.o. (Žiar nad Hronom), Perháč Peter (Hliník nad Hronom).

In der Slowakei fehlen erheblich die Kapazitäten für die Verarbeitung von Laubrundholz. Der Wettbewerb zwischen der Zellstoff- und Papierindustrie und den Energieproduzenten im Bereich der Laubholzfasern nimmt zu, hauptsächlich aufgrund der Nichtverwendung von dem weniger wertvollen Forstholz für die Energiezwecke. Die holzverarbeitende Industrie in der Slowakei verfügt über die Verarbeitungskapazitäten, die ausreichen, die gesamte in der Slowakei geerntete Nadelholzmenge zu verarbeiten. Ihre Struktur, Kapazität und Verteilung sind durch den Aufbau neuer Unternehmen in den letzten zwei Jahrzehnten beeinflusst. Die Auslastung dieser Kapazitäten beträgt derzeit rund 40 %. [4]

Die Auswirkungen dieser und weiterer Faktoren erhöhen die Empfindlichkeit von Verarbeitern, insbesondere von Nadelholz, gegen die zyklischen Änderungen des Beschaffungspreises, was zu Problemen in den Beziehungen zwischen den Lieferanten und den Abnehmern führt. Auch aus diesem Grund wird ein Teil der Produktion von Nadelrundholz mit dem Ziel der höheren Verwertung ins Ausland exportiert. Auf der anderen Seite sind die heimischen Verarbeiter aus den gleichen Gründen nicht in der Lage, das Laubrundholz, von dem in der Slowakei ein Überschuss ist, zu verarbeiten, was der Grund für seinen Export ist. Die Außenhandelsbilanz verschlechtert sich aufgrund der Notwendigkeit, die Endprodukte aus Holz zu importieren. Es überwiegt indirekter Export von Holz durch Holzhändler, was die Verwertung besonders bei den nicht-staatlichen Waldbesitzern verringert. [4]

#### Voraussichtliche Entwicklung

Die derzeitigen Bedingungen für die Prognosen der zukünftigen Entwicklung des Holzeinschlags sind besonders kompliziert. Der Grund für diese Komplikation ist vor allem die aktuelle Entwicklung der Holzproduktion, die durch die hohen außerordentlichen Holzeinschläge (Kalamitätsholz) in Nadel-, insbesondere Fichtenwäldern, beeinflusst wird. Dies zeigt sich vor allem auf den Nadelholzeinschlägen, die in den letzten fünf Jahren durchschnittlich um 20 % höher als geplant waren, und im Gegenteil auf einem niedrigeren Laubholzeinschlag, insbesondere von Buche, Eiche und Hainbuche, der etwa 75% des geplanten Einschlags ausmacht.

Nach der strategischen Prognose der Holzeinschlagsentwicklung bis zum Jahr 2035, die von der Analyse der Entwicklung der Holzreserven, der Altersstruktur der Wälder, dem bisherigen Holzeinschlag, seiner Struktur und der notwendigen Verringerung des Holzeinschlags über dem Plan ausgeht, könnte die Menge schrittweise bis zum erwarteten Höhepunkt von 9 Mio. m3 um das Jahr 2030 steigen. Eine zunehmende Tendenz wird der Laubholzeinschlag haben, der in den letzten Jahren nur bei etwa 75 % des geplanten Einschlags lag. Aufgrund der schrittweise erfolgenden Veränderung der Altersstruktur der Wälder sollte der Rückgang des gesamten Holzeinschlags nach dem Jahr 2030 eintreten.<sup>[3]</sup>

#### 2.6. Holzverarbeitung

Im Jahr 2016 stieg die Nachfrage nach Holzprodukten moderat weiter an, insbesondere bei den Produkten der mechanischen Verarbeitung. Dieser Trend spiegelte sich in einem Anstieg des Gesamtvolumens der inländischen Holzverarbeitung wider, das im Vergleich zum Jahr 2015 von 6,857 Mio. m³ auf 7,394 Mio. m³, d.h. um 7,8 % wuchs. Zugleich sank der Holzexport von 2.687 Mio.

m³ auf 2449 Mio. m³, d.h. um 8,9 % und stieg der Holzimport von 0,549 Mio. m³ auf 0,576 Mio. m³, d.h. um 4,9 %. Das Wachstum der heimischen Holzverarbeitung spiegelte sich auch in den verbesserten wirtschaftlichen Bedingungen und in einem leichten Beschäftigungswachstum wider. [3]

In der Slowakei gibt es nicht genügend Kapazitäten für die Herstellung von Holzprodukten von höherer Qualität, nämlich von Messer- und Schälfurnieren, Verbundmaterialien, Faserplatten (MDF) für die Möbelindustrie und OSB-Platten. Heutzutage werden in der Slowakei die hochwertigsten Sortimente der Rundholzschnitte von besonderer Qualität zur Herstellung von Furnieren, die von Forstwirtschaft in einem Volumen von etwa 45 Tsd. m³ jährlich bei Nadelbäumen und etwa 250 Tsd. m³ jährlich bei Laubbäumen produziert werden können, nicht verarbeitet.

### 3. Grundlagen der Holztrocknung

#### 3.1 Trocknung

Trocknung ist der Feuchtigkeitsentzug aus dem Holz in allen Phasen der Holzbeund Verarbeitung, vom Holzeinschlag bis zum Fertigprodukt. <sup>[5]</sup> Die Grundlage um Holz zu Trocknen ist das Naturgesetz vom hygroskopischen Gleichgewicht, und dieses sagt aus, das Holz sich in seinem Feuchtezustand der es umgebenden Luft angleicht. Ein Stück Holz wird feucht, wenn es im Keller aufbewahrt wird, und das es wieder abtrocknet, sobald es unter dem Dach gelagert ist. Wobei bedingt durch eine Feuchtigkeitsänderung immer in weiten Bereichen auch eine Raumänderung des Holzes vorliegt, das heißt Holzstück quillt beziehungsweise schwindet. <sup>[6]</sup>

Maßstab für die Trocknung ist die geforderte Endfeuchte. Sie entspricht in der Regel der späteren Gleichgewichtsfeuchte, der Gebrauchsfeuchte. Die Gebrauchsfeuchte schwankt je nach Jahreszeit, Holzart, Anpassungsgeschwindigkeit an das sich ändernde Klima. [7] In Tabelle 1 wurden Beispiele und geforderte Endfeuchte nach Verwendungszweck dargestellt.

Verwendungszweck	Gebrauchsfeuchte in %	Trocknung auf %
Außenschalung, Paletten	13-18	15+-2
Fenster	12-15	13+-2
Holzleimbau	12-15	12+-2
Möbel, Fußboden, Innentüren	7-14	9+-2

Tabelle 7: Trocknungsziel nach Verwendungszweck

Die Holzfeuchte wird gemäß DIN EN 13183-1 definiert als das prozentuale Verhältnis der Masse des in einer Holzprobe enthaltenen Wassers zur Masse der wasserfreien (darrtrockenen) Holzprobe.

Die Gleichgewichtsfeuchte auch Holzfeuchtegleichgewicht ist derjenige Feuchtezustand, der von Holz angenommen wird, wenn dieses einem konstanten Klima hinreichend lange ausgesetzt wird. [7]

In Abbildung 1 ist Keylwerth Diagramm dargestellt. Aus Diagramm können die Werte der Gleichgewichtsfeuchte in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte abgelesen werden. Die Isothermen sind für Fichtenholz ermittelt.

Luftrocken ist Holz, wenn die Holzfeuchte sich nach Freiluftlagerung dem Klima angepasst hat. Die Normalfeuchte ist die Holzfeuchte, die sich in Normalklima N (20°C und 65% relative Luftfeuchte) nach Konditionierung, das heißt längerer Lagerung, einstellt. [7]

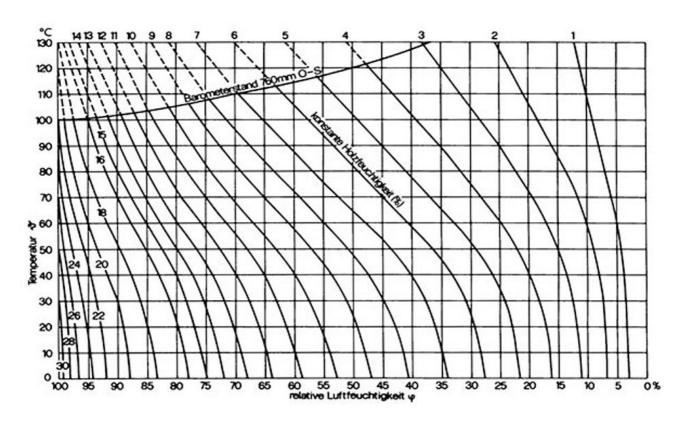


Tabelle 8: Diagramm Holzausgleichsfeuchte nach Keylwerth

#### 3.2 Holzfeuchte in Bauwesen

#### Nutzungsklassen

Nutzungsklasse 1 (trockener Bereich): gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Baustoffen, der einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen je Jahr einen Wert von 65 % übersteigt, zum Beispiel in allseitig geschlossenen und beheizten Bauwerken. Die Holzausgleichsfeuchten liegen zwischen 5 % und 15 %. [8]

Nutzungsklasse 2 (feuchter Bereich): ist gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Baustoffen, der einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen je Jahr einen Wert von 85 % übersteigt, zum Beispiel bei überdachten offenen Bauwerken. Die Holzausgleichsfeuchten liegen zwischen 10 % und 20 %. [8]

Die Nutzungsklasse 3: erfasst Klimabedingungen, die zu höheren Feuchtegehalten als in Nutzungsklasse 2 führen, zum Beispiel für Konstruktionen, die der Witterung ausgesetzt sind. Die Holzausgleichsfeuchten können deutlich über 20 % liegen. [8]

#### Gebrauchsklassen

GK		L la lafa va btick ait	Einbausituation <sup>a</sup>	Gefährdung durch			
	GK	Holzfeuchtigkeit	Embausituation	Insekten	Pilze <sup>b</sup>	Moderfäule	
	0	Holzfeuchtigkeit ständig maximal 20%, mittlere relative Luftfeuchtigkeit maximal 85%  relative Luftfeuchtigkeit nur kurzfristig über 85%  Holz in Räumen mit üblichen Wohnklima oder vergleichbaren Räumen verbaut		Nein	Nein	Nein	
Holzfeuchtig maximal 20 relative Luft 1 maxim relative Luft		Holzfeuchtigkeit ständig maximal 20%, mittlere relative Luftfeuchtigkeit maximal 85% relative Luftfeuchtigkeit nur kurzfristig über 85%	Holz unter Dach, nicht der Bewitterung und keiner Befeuchtung ausgesetzt	Ja	Nein	Nein	
2		Holzfeuchtigkeit gelegentlich kurzfristig über 20% mittlere relative Luftfeuchtigkeit über 85%	Holz unter Dach, nicht der Bewitterung ausgesetzt, eine hohe Umgebungsfeuchtigkeit oder Feuchteeintrag, z.B. aus Kondensation, kann zu gelegentlicher Befeuchtung führen	Ja	Ja	Nein	
3	Holzfeuchtigkeit 3.1 gelegentlich über 20%		Holz nicht unter Dach, der Bewitterung ausgesetzt, ohne ständigen Erd- und/oder Wasserkontakt, rasche Wasserableitung sowie eine gute Belüftung und somit eine rasche Rücktrocknung sichergestellt	Ja	Ja	Nein	
3	3.2	Holzfeuchtigkeit häufig über 20% keine langfristige/ständige Durchfeuchtung	Holz nicht unter Dach, der Bewitterung ausgesetzt, ohne ständigen Erd- und/oder Wasserkontakt, rasche Wasserableitung bzw. eine rasche Rücktrocknung, z.B. konstruktionsbedingt, nicht sichergestellt	Ja	Ja	Nein	
а	4	Holzfeuchtigkeit vorwiegend bis ständig über 20%	Holz in ständigen Erd- und/oder Wasserkontakt	Ja	Ja	Ja	

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup> Bei Einhaltung besonderer baulicher Maßnahmen gemäß ÖNORM B 3802-2 dürfen Holzbauteile, die einer höheren Gebrauchsklasse zuzuordnen wären, in eine niedrige Gebrauchsklasse eingestuft werden

<sup>&</sup>lt;sup>b</sup> holzzerstörende Pilze (ausgenommen Moderfäulepilze) und holzverfärbende Pilze

#### 3.3 Holzfeuchte und Fasersättigung

Fasersättigungsfeuchte bedeutet, dass die Zellwände feuchtegesättigt, die Zellhohlräume jedoch frei von Feuchte sind. Im Übergangsbereich liegen beide Zustände vor. [7]

Im frischen Zustand kann Holz je nach seiner Anatomie große Mengen Wasser enthalten. Holzartabhängig kann dies bei über 100 % der Trockenmasse liegen. Im Zuge des Trocknens von Holz, nach seiner Fällung, wird bald ein Punkt der Fasersättigung erreicht, der einer umgebenden (gesättigten) Luftfeuchtigkeit von 100 % entspricht. Alle Zellhohlräume sind frei von flüssigem Wasser. [9]

Ab hier (holzartbedingt 35-22% = i.M. 30%) sind die hygroskopischen Eigenschaften des Holzes wirksam (hygroskopischer Bereich). Das Verhältnis von Holzfeuchte zu umgebenden Klima ist bestimmt. Es besteht eine Gleichgewichtsfeuchte. Abhängig von der das Holz umgebenden Luftfeuchte, verringert sich bei geringerer Luftfeuchte der Wassergehalt des Holzes, es trocknet, desorbiert Wasser. Es schwindet. [9]

Begriff	Holzfeuchte in Masse-%	Anmerkungen
saftfrisches Holz/ naß	< 50 bis > 100	frisch gefällt
fasergesättigt	< 28 bis 32 (Eiche 25%)	Gleichgewichtsfeuchte bei 100% rel. Luftfeuchte
halbtrocken	< 20 bis 30	-
lufttrocken	< 0 bis 20	-
darrtrocken	0	bei 103 °C getrocknet

Tabelle 10: Begriffe zur Holzfeuchte und der Feuchtebereich

Bei absolut trockener Luft wird das Holz frei von Wasser, es ist darrtrocken. Dann ist alles freie Wasser verschwunden, nur noch chemisch gebundenes Wasser könnte im Holz enthalten sein. Dieser Zustand wird bei einer Trocknung im Wärmeofen bei 103 °C erreicht. Höhere Temperaturen würden auch chemisch gebundenes Wasser freisetzen. [9]

Dieser Vorgang beim Trockenen des Holzes ist umkehrbar. Holz wird bei ansteigender Luftfeuchte wieder mehr Wasser in sich aufnehmen, es adsorbiert Wasser. Dies führt wiederum zu einer Formänderung. Nunmehr quillt das Holz. [9]

Holzart	ρ <sub>N</sub> (kg/m3)	U <sub>max</sub> (%)	U <sub>65</sub> (%)	β <sub>V</sub> (%)	β <sub>tN</sub> (%)	β <sub>rN</sub> (%)
Fichte	430	140	11,9	12,0	4,0	2,0
Kiefer	490	130	11,5	12,4	4,5	3,0
Lärche	560	100	13,0	11,6	4,5	3,0
Tanne	470	165	12,4	11,7	4,0	2,0

Birke	610	86	13,0	13,7	8,0	5,0
Buche	680	73	11,2	17,9	9,5	4,5
Eiche europ.	650	73	13,0	14,9	7,5	4,0
Esche europ.	650	51	10,8	13,4	7,0	4,5
Nussbaum	640	70	11,5	13,4	5,5	3,0

Tabelle 11: Holzeigenschaften nach DIN 68 100

 $\rho_N\left(kg/m3\right)$  - Rohdichte im normalklimatisiertem Zustand

u<sub>max</sub> (%) - maximale Feuchte im saftfrischen Zustand

u<sub>65</sub> (%) - Holzfeuchte bei Normalklima (20°C und 65% relative Luftfeuchte)

β<sub>V</sub> (%) - Volumenschwindung

 $\beta_{tN}$  (%) - Schwindung tangential von nass bis 12%

 $\beta_{rN}$  (%) - Schwindung radial von nass bis 12%

#### 3.4 Holzfeuchte in der technischen Trocknung

Die Anfangsfeuchte oder Ausgangsfeuchte ist die Holzfeuchte zu Anfang der Trocknung, gemessen zum Zweck der Trocknungsregelung als Maximalwert oder als Durchschnittswert aller oder ausgewählter Messwerte. [7]

Die Endfeuchte am Ende der Trocknung wird gemessen als Maximalwert, Minimalwert oder als Durchschnittswert aller oder ausgewählter Messwerte.

Istfeuchte ist die im Verlauf der Trocknung zu einem beliebigen Zeitpunkt vorhandene Holzfeuchte. [7]

Die Grenzfeuchte ist diejenige Holzfeuchte, nach deren Unterschreiten das Trocknungsklima ohne Qualitätseinbußen planmäßig verschärft werden kann. Die Grenzfeuchte ist der Ersatzwert für den nicht sicher zu bestimmenden Fasersättigungspunkt. [7]

Holzfeuchteverteilung ist die Streubreite der Messwerte über den Brettquerschnitt, entweder über die Brettlänge oder innerhalb der einzelnen Stapel beziehungsweise Pakete oder innerhalb der Charge. [7]

Das Feuchtegefälle gibt die während der Trocknung entstehenden Holzfeuchteunterschiede zwischen den inneren und äußeren Zonen eines Brettquerschnitts an. [7]

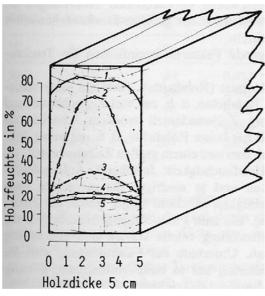


Abb.5 Veränderung der Holzfeuchteverteilung

Veränderung der Holzfeuchteverteilung in einer 50mm dicken Buchenbohle während der Lagerung auf dem Holzplatz.

- 1. Holzfeuchte am Anfang
- 2. Nach 6-wöchiger Lagerung
- 3. Nach 6-monatiger Lagerung
- 4. Nach 12-monatiger Lagerung
- 5. Nach 18-monatiger Lagerung

#### 3.5 Methoden zur Bestimmung der Holzfeuchte

#### Darrverfahren:

Eine Holzprobe wird entnommen und sofort gewogen. Anschließend wird sie bei einer Temperatur von  $103 \pm 2^{\circ}$ C möglichst in einem ventilierten Ofen bis zur Gewichtskonztanz getrocknet. Durch die Bestimmung des durch die Trocknung eingetretenen Gewichtsverlustes wird die Wassermenge festgestellt, die ursprünglich im Holzkörper vorhanden war. Das genaue Verfahren ist in der DIN EN 13183-1:2002-07 genormt. [10]

#### Extraktionsverfahren:

Bei imprägnierten Holzteilen sowie bei fett- oder öl- und harzreichen Holzarten kann der Wassergehalt mittels Extraktionsverfahren festgestellt werden. Die Extraktionsverfahren sind zeitraubend und kostspielig und werden daher selten angewendet. [10]

#### Titrimetrische Methode:

Das wohl das genauste der heute bekannten Verfahren ist die Wasserbestimmung nach Karl Fischer. Der Messbereich ist unbegrenzt. [10]

#### Elektrische Widerstands-Messverfahren:

Das Messprinzip beruht auf den Unterschieden des Widerstandes, der dem elektrischen Strom beim Durchfluss durch verschieden feuchtes Holz entgegengesetzt wird. Die Messzeit ist kurz, der Messbereich begrenzt zwischen etwa 7 und 25%.<sup>[10]</sup>

Messung dielektrischer Verluste:

Die Verfahren zur Messung dielektrischer Verluste beruhen auf dem Unterschied der Dielektrizitätskonstanten von Holz und Wasser. [10]

Messung der relativen Luftfeuchtigkeit im Holz:

Zwischen dem Wassergehalt des Holzes und der relativen Feuchtigkeit der Umgebungsluft besteht ein enger Zusammenhang. Wenn man mittels Hygometern, die in Bohrlöcher eingeschraubt werden, die Feuchtigkeit mi der Luft im Holzinneren misst, so kann daraus auf die entsprechende Holzfeuchtigkeit geschlossen werden. Einzelne Geräte sind direkt auf angenäherte Wassergehaltswerte geeicht. Dabei wird zum Beispiel mit Haarhygrometern oder mit Farbanzeigeverfahren gemessen. Die Farbanzeigeverfahren basieren auf dem Farbumschlag gewisser feuchtigkeitsempfindlicher Stoffe. Die Ablesung ist jedoch subjektiv und stark von der Beleuchtung Abhängig. Der Messbereich liegt unter ca. 23%. [10]

#### 3.6 Schwindung und Quellung

Bei der Feuchteänderung innerhalb des hygroskopischen Bereiches unterhalb der Fasersättigung (liegt zwischen 28-30% Holzfeuchte) kommt es zu Dimensionänderungen. Bei Feuchteaufnahme kommt es zum Quellen, bei Feuchteabgabe zum Schwinden. Das Quell- und Schwindverhalten in den drei Hauptschnittrichtungen unterscheidet sich wesentlich. In Faserrichtung ist das Quellen und Schwinden gering. Holz quillt in Radialrichtung 10-20-mal und tangential 15-30-mal stärker als in Faserrichtung. [11]

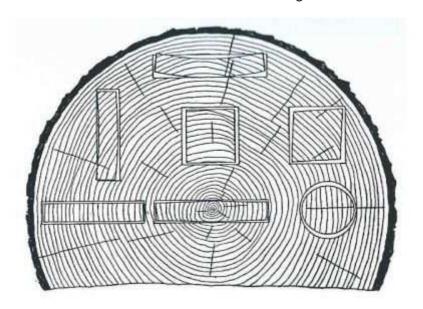


Abb.6 Schwindung des Holzes nach Trocknung auf Gebrauchszustand oder Darrzustand

Mit zunehmender Rohdichte nimmt das Ausmaß der Quellung linear zu. Zudem bestehen große Unterschiede im Quellverhalten zwischen den Holzarten. Häufig wird anstelle der maximalen Quell- bzw. Schwindmasse (Dimensionänderung vom maximal gequollenen Zustand bezogen auf den Darrzustand) die differentiele Quellung in % Quellung pro % Feuchteänderung angegeben. [11]

Schnittware	Formänderungen	Feststellung	Begründung
Seitenbretter, Seitenbohlen	linke Seite rechte Seite	Querschnitt ist gerundet, wegen geringer Formstabilität sind besondere konstruktive Maßnahmen notwendig	viele lange, nicht durchschnittene, liegende Jahrringe verkürzen sich, je nach Holzart 5%10%, Splintholz schwindet stark
Mittelbretter, Mittelbohlen	rechte Seite  oder  Splint  Kern	Querschnitt ist V- förmig, erfordert mittiges Auftrennen, Querschnitt wird trapezförmig	viele liegende durchschnittene Jahrringe verkürzen sich nur wenig, vorwiegend radiale Schwindrichtung mit geringem Schwindmaß, geringer schwindendes Kernholz
Kernbretter, Kernbohlen	Hirnrisse möglich	Beste Formstabilität, trapezförmiger Querschnitt bleibt fast eben, Trennschnitt in der Markröhre notwendig	stehende Jahrringe sind starkes Schwinden im Splintholz, Hirnrisse bei sich verkürzenden äußeren Jahrringen
Kantholz Balken	0/0	keine Formstabilität, Querschnitt wird trapezförmig	tangentialer Schwund ist immer größer als radialer Schwund

Tabelle 12: Formveränderung bei Schnittholz

#### 3.7 Vorbereitungen zur Trocknung

#### Stapelung

Schnittholz wird für die Trocknung lagenweise mit Stapellatten oder anderen Abstandshaltern oder auch in lattenlose Sonderformen zu Stapeln aufgesetzt. Zweck der Maßnahme ist, für alle Hölzer auf einem Schnittholzplatz oder in einer Trockenanlage die Voraussetzungen für eine möglichst gleichmäßige Belüftung zu schaffen und diese während der Trocknung beizubehalten. [7]

Für die technische Trocknung werden zwei Methoden von Stapelung benutzt: Kastenstapel und Blockstapel.

Kastenstapel - werden für Brett - oder Blockweise sortiertes Schnittholz angewendet. Der Zwischenraum zwischen zwei Kastenstapeln muss mindestens 300 mm betragen. Stapellatten werden zwischen den einzelnen Lagen der Hölzer eingelegt, die der Luft Zutritt zu den Schnittflächen gewähren soll. Bei den Stapellatten kommt man mit folgenden Querschnitten aus 20X25mm, 25x25mm und für Bohlen kann man gegebenenfalls 30x30mm und 30x40mm nutzen. Eine hinreichende Wasserabgabe des Holzes hat man mit Stapellatten von 15 bis 20mm bei dünnen, rasch trocknenden Brettern. Stapellatten gegen Bläue imprägniert und aus Kiefernkernholz nimmt man am besten für Kiefer. Die Stapellatten sollten 1m bis höchstens 2m Entfernung voneinander betragen, je nach dicke der zu stapelnden Hölzer. Stapellatten sollten entweder mit dem Brettern bündig liegen oder etwas vorstehen am Kopfende der Stapel. [12]

Blockstapel werden in Ausnahmefällen für Blockweise sortiertes, hochwertiges einheimisches Laubschnittholz und für nicht einheimisches Schnittholz verwendet. Der Zwischenraum zwischen zwei nebeneinander liegenden Blöcken muß mindestens 200mm betragen. Zur Gewährleistung der Standsicherheit des Stapels muß die Breite des unteren Brettes mindestens ein Drittel des Stammdurchmessers betragen. Anderenfalls wird es oben auf den Block gestapelt. Bei einem Stapel, der in der Breite nur einen Block enthält, dürfen höchstens zwei Blöcke übereinander gestapelt werden. Bei Stapeln mit mehr als einem Block in der Breite und in der Höhe sind die jeweils nebeneinanderliegenden Blöcke mit mindestens einer durchgehenden Stapellatte zu verbinden. [12]

#### Stapeltipps

- -Stapel möglicht quer zur Windrichtung stellen
- -Ein Kastenstapel sollte maximal 4m, ein Blockstapel maximal 3m hoch sein.
- -Die Hirnholzflächen der Hölzer soll man möglichst gegen die Witterung schützen, damit sie nicht einreisen. Zum Beispiel durch einen Metallbänder oder einen Schutzanstrich.
- -Möglichst den kompletten Stapel überdachen oder zumindest den obersten

Stapel abdecken. Direkte Sonne und Regen lassen das Holz ziemlich leiden.

- -Empfindliche Hölzer soll man, wenn es möglich ist, nicht im Freien, sondern in einem Schuppen trocknen. Dazu gehören Eiche, Esche, Ahorn, Kiefer, Rotbuche und Linde.
- -Der seitliche Abstand der Bretter zueinander sollte 3-5 cm betragen. Sie sollten sich niemals berühren, da sie sonst nicht komplett mit Luft umspült werden können. Sind alle Bretter gleich breit reichen auch 2 cm. Dann sollte jedoch ein Luftschachtangelegt werden.
- -Bei unterschiedlich langen Brettern werden unten die langen und oben die kurzen Bretter gestapelt.
- -Merkt man, dass ein Stapel durch einen einseitigen Trocknungsprozess an Standfestigkeit verloren hat, soll man ihn sofort umsetzen. [12]

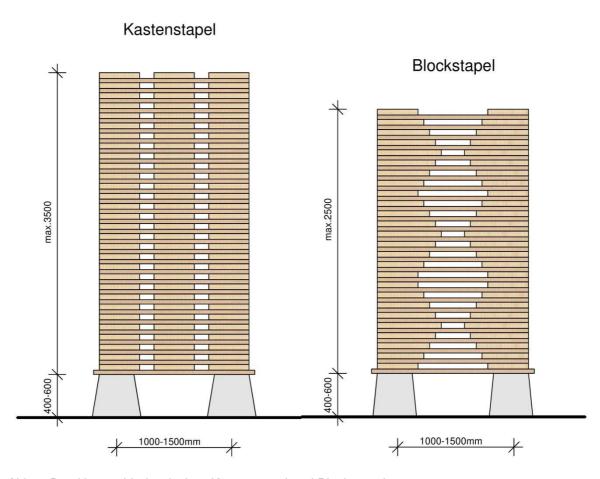


Abb.7 Das Unterschied zwischen Kastenstapel und Blockstapel

#### Stapelunterbau

- -Trockenholz immer auf Sockel. Diese sollten wenn möglich aus Beton oder Mauerwerk sein.
- -zwischen dem Holz und dem Sockel sollte eine Feuchtigkeitsbremse eingebaut sein. Dazu man kann entweder Folie oder Bitumenpappe nehmen. So kann die Feuchtigkeit vom Boden nicht in das trocknende Holz ziehen.
- -genug Abstand zum Boden, 40-60cm. So kann die Luft gut zirkulieren.
- Der Unterbau muss kippfest sein.
- den passenden Abstand für die Betonfüße einhalten. Dieser variiert je nach Holzdicke. Er liegt zwischen 60 cm und 150 cm. Bei dünnen Brettern müssen die Betonfüße dichter aneinander stehen als bei stabilen Kanthölzern. So vermeidet sich, dass sich das Holz während dem trocknen durchbiegt. Zusätzlich muss die Tragfähigkeit des Bodens berücksichtigt werden. [13]

#### Stapelleisten

Die Stapelleisten, also die Hölzer die man zum trennen der Brettschichten nutzt, sind sehr wichtig. Allerdings man kann bei falscher Nutzung auch großen Schaden anrichten.

Zuerst einmal sollten sie leicht über die Bretter überstehen. So schützt man das Holz vor Verformung an den Brettenden. Durch die unterschiedlichen Öle und andere Inhaltsstoffe in Hölzern können Stapelleisten die Bretter verfärben. Diese Verfärbungen ziehen sich oft bis tief ins Holz. Deshalb sollten sie aus demselben Holz sein wie die zu trocknenden Bretter. Fichtenleisten vertragen sich gut mit den meisten Hölzern. Möglich sind alternativ auch Stapelleisten aus Kunststoff. Alle Stapelleisten müssen außerdem exakt übereinander liegen, sonst leiden die unteren Bretter an dem Ungleichgewicht und verziehen sich. Stapelleisten von 1 cm reichen bei normalem Holz aus. Bei feuchtem Holz sollten es 3 cm sein. Der Leistenabstand hängt von der Stapelgutdicke ab. Bei Brettern ca. 50-100 cm Abstand, bei Bohlen max. 150 cm. [13]

#### 3.8 Trocknungsmetoden

# Freilufttrocknung<sup>[14]</sup>

Auch als natürliche Trocknung bezeichnet, ist das älteste Verfahren der Holztrocknung, bei der das Schnittholz durch geeignete Lagerung (Stapelung) im Freien oder im offenen Schuppen unter Dach dem örtlichen Klima ausgesetzt wird (lediglich gegen Regen, Schnee und direkte Sonneneinstrahlung geschützt). Feuchteentzug und erreichbare Restfeuchte sind vorwiegend von den jahreszeitlichen Klimaschwankungen abhängig. Die Trockenzeiten bei der Freilufttrocknung unterliegen mehreren Faktoren wie dem schwankenden lokalen

Klima, der mittleren Windgeschwindigkeit und dem jeweiligen Zeitpunkt innerhalb des Jahres, an dem das Holz zur Trocknung gestapelt wird. Unterhalb des Fasersättigungsbereichs ist die Freilufttrocknung – vor allem im Kernbereich – stets langwierig. Die klimatischen Bedingungen in unseren Regionen verhindern, dass Holz an der frischen Luft unter eine Gleichgewichtsfeuchte von 14% bis 16% getrocknet werden kann. Wesentliche Nachteile der Freilufttrocknung sind außerdem die unbeeinflussbaren Witterungsschwankungen, die zu Wertminderungen des Holzes führen können, sowie das in den großen Lagerbeständen gebundene Umlaufkapital. Für viele Verwendungsarten müssen die Hölzer anschließend noch in Trockenkammern auf eine niedrigere Endfeuchte fertiggetrocknet werden (Die technische Trocknung). [14]

Die technische Trocknung

1. Niedrigtemperaturtrocknung<sup>[15]</sup>

Temperatur  $15^{\circ}\text{C} < \theta < 45^{\circ}\text{C}$ 

Ungesättigte warme Luft als Energieträger Indirekte Beheizung über Warmwasser aus konventioneller Kesselanlage Kondensationsaggregat über Wärmepumpe; auch Solarheizung

2. Normaltemperaturtrocknung<sup>[15]</sup>

Temperatur  $40^{\circ}$ C < -  $\theta$  <  $90^{\circ}$ C

Ungesättigte heiße Luft als Energieträger Indirekte Beheizung über Heißwasser oder Dampf aus konventioneller Kesselanlage oder Hochtemperaturwärmepumpe oder direkte Beheizung über Gas- oder Ölbrenner Einsatz von Wärmetauschern; auch Verbundverfahren mit Kondensationstrocknung

3. Hochtemperaturtrocknung<sup>[15]</sup>

Temperatur  $90^{\circ}\text{C} < \theta < 130^{\circ}\text{C}$ 

Ungesättigte heiße Luft oder Sattdampf als Energieträger Indirekte Beheizung über Kesselanlage, Dampferzeuger und Wärmetauscher auch Verbundverfahren mit Kondensationstrocknung

Gleichgewichtsfeuchte bei Sattdampf:

 $\theta$  = 100,2 °C Sattdampf ergibt ugl ≈ 20 %

 $\theta = 105.8$  °C Sattdampf ergibt ug(  $\approx 10$  % -

 $\theta = 129.3$  °C Sattdampf ergibt ugl  $\approx 3$  %

Druck 90 mbar < p <150 mbar

Kurze Trockenzeiten und damit rasche Verfügbarkeit von Hölzern, die auf konventionelle Weise nur langsam und schwer zu trocknen sind, haben der Vakuumtrocknung auch im Holzsektor einen festen Anwendungsbereich erschlossen. Grundprinzip dieses Verfahrens ist die Druckabhängigkeit des Siedepunktes des Wassers. Wird der Druck in einer Vakuumanlage unter den Druck abgesenkt, bei dem das Wasser bei gegebener Holztemperatur zu sieden und zu verdampfen beginnt, so führt dies zu einem Gesamtdruckgefälle über den Brettquerschnitt und damit zu einer gleichmäßigen und rasch ablaufenden Dampfströmung im Holz in Richtung Oberfläche. Damit ist eine relativ schnelle Trocknung bei niedrigen Temperaturen möglich. [15]

# 5. Hochfrequenztrocknung<sup>[15]</sup>

Bei diesem Verfahren wird feuchtes Holz als Dielektrikum zwischen die Platten eines Kondensators gebracht. Den Kondensator speist ein Hochfrequenzgenerator. Die dafür zugelassenen Frequenzen sind:

13,560 MHz ± 0,06%

27,120 MHz ± 0,60%; meistgenutzte Frequenz

40,680 MHz ± 0,05%

Wasser absorbiert im hochfrequenten Wechselfeld, bedingt durch die höhere Dielektrizitätskonstante, mehr Energie als trockenes Holz. Damit ist eine selektive Erwärmung der feuchteren Stellen im Holzinneren möglich. Mit dem Erreichen der Siedetemperatur setzt das Verdampfen des Wassers ein. Der Feuchtetransport hin zur Oberfläche wird durch einen Temperaturgradienten parallel zum Holzfeuchtegradienten begünstigt, das heißt die feuchtere Innenzone ist wärmer als die trockenere Holzoberfläche. Eine gute Dampfdurchlässigkeit der mit diesem Verfahren zu trocknenden Holzarten ist von Vorteil; bei weniger permeablen Hölzern führen falsche Trocknungsbedingungen durch den im Holzinneren entstehenden hohen Dampfdruck zu einer Schädigung des Trocknungsgutes. [15]

# 6. Mikrowellentrocknung<sup>[15]</sup>

Im Mikrowellenbereich arbeitende Trockner verwenden Frequenzen von 1 bis 6 GHz. Die Elektroden befinden sich nicht in unmittelbarer Nähe des Trocknungsgutes, vielmehr wird die im Generator erzeugte HF-Energie durch sogenannte Hohlleiter dem Gut zugeführt. Das Holz wird direkt durch den

Hohlleiter geführt, wobei dieser selbst den "Trocknungsraum" bildet. Kennzeichnend für einen Mikrowellengenerator ist der Dauerbetrieb mit Höchstleistung und die Vernichtung der überschüssigen beziehungsweise nicht zur Trocknung genutzten Energie in einem angeschlossenen Absorptionswiderstand. Der Trocknungsvorgang gleicht dem der HF-Trocknung. Die über das Wechselfeld zugeführte Energie lässt die Gutsfeuchte im Inneren des Holzes verdampfen. Es muss keine Wärme von außen durch ein entsprechendes Temperaturgefälle zugeführt werden. Vielmehr entsteht im Gut, das sich in einer kälteren Umgebung befindet, ein Temperaturgefälle von innen dach außen, so dass das verdampfende Wasser zur Oberfläche wandert und von dort konvektiv abgeführt werden muss. [15]

# 7. Infrarottrocknung<sup>[15]</sup>

Eigentlich wissenschaftlich richtig: Ultrarottrocknung. Hier wird die Energie in Form elektromagnetischer Strahlung eingesetzt. Ihr Frequenzbereich liegt bei 8\*10<sup>11</sup> bis 3,8»10<sup>14</sup> Hz. Ein Teil der Strahlung wird vom Trockengut absorbiert und in Wärme umgesetzt und zwar nur an den Stellen, wo die Oberfläche direkt der Strahlung ausgesetzt ist und daher im wesentlichen die Holzoberfläche erwärmt wird, eignet sich das Verfahren nicht zur Trocknung dicker Hölzer. Der Temperaturgradient verläuft entgegen dem Feuchtegradienten. Das kann zu Oberflächenrissen und Verschalung führen. Deshalb bevorzugter Einsatz in der Furnier- und Lacktrocknung. [15]

8. Trocknung in organischen Flüssigkeiten und mit chemischen Mitteln<sup>[15]</sup>

Die Trocknung in organischen Flüssigkeiten kommt nur dann in Frage, wenn parallel zur Trocknung noch eine Schutzbehandlung zum Beispiel gegen Fäulnis durchgeführt werden soll. Die Trocknung mit chemischen Mitteln wird nur in Einzelfällen als "Laborbehandlung" durchgeführt. [15]

# 4. Grundlagen zur Herstellung von BSH

#### 4.1 Herstellungsprozess von BSH

Brettschichtholz (BSH) ist ein industriell gefertigtes Holzprodukt mit einer Vielzahl von Vorteilen gegenüber von einfachem Bauholz. Die Herstellung erfolgt in mehreren Schritten. Entrindete Holzstämme werden zu Brettern aufgeschnitten und in Trockenkammern getrocknet, bis ihre durchschnittliche Restfeuchte maximal 12% beträgt und danach vorgehobelt.

### Festigkeitssortierung

Die vorgehobelten und getrockneten Bretter werden visuell oder zunehmend auch maschinell nach Festigkeit sortiert. Für die Decklamellen der Bauteile werden bei höheren Oberflächenqualitäten über die Kriterien für eine Festigkeitssortierung hinausgehende Sortierkriterien berücksichtigt. <sup>[16]</sup>

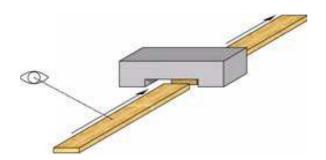


Abb. 8 Festigkeitssortierung von Brettschichtholz Lamellen.

# Herauskappen von Ästen und Fehlstellen

Bei der Sortierung entdeckte Brettabschnitte mit festigkeitsmindernden oder unansehnlichen Wuchsabweichungen wie zum Beispiel große Äste, Harzgallen und Rindeneinschlüssen werden je nach Festigkeits- und Oberflächenklasse ggf. ausgekappt. Durch eine fingerförmige, kraftschlüssige Klebeverbindung (Keilzinkenverbindung) werden die einzelnen Bretter in Längsrichtung zu im Prinzip endlos langen Lamellen gestoßen. [16]

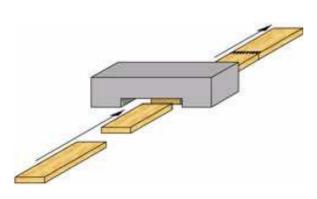
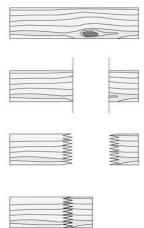


Abb. 9 Keilzinkenverbindungen in Brettschichtholz Lamellen.



# Lamellenhobelung

Die Endloslamellen werden auf eine Dicke von bis zu 45 mm gehobelt.

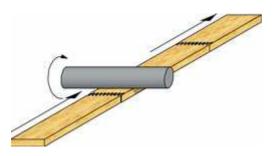


Abb. 10 Hobelung von Brettschichtholz Lamellen.

# Klebstoffauftrag

Auf die Breitseiten der Lamellen wird Klebstoff aufgetragen.

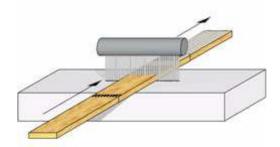


Abb. 11 Klebstoffauftrag

# Verpressen der Lamellen

Mindestens drei beleimte Lamellen werden aufeinandergeschichtet und in einem geraden oder auch gekrümmten Pressbett miteinander verpresst.

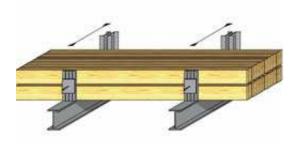


Abb.12 Brettschichtholz im Pressbett

#### Hobeln des Rohlings

Der so entstandene Brettschichtholzrohling härtet unter Druck aus. Nach der Aushärtung wird der Rohling in der Regel gehobelt und gefasst

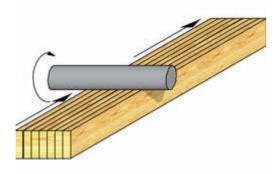


Abb.13 Hobeln von Brettschichtholz

#### **Abbund und weitere Arbeiten**

Häufig werden weitere Abbundarbeiten, wie der Einbau von Stahlteilen, beim Hersteller vorgenommen. Die Bauteile werden gegebenenfalls mit einem Witterungs- oder Holzschutz versehen und verpackt. [16]

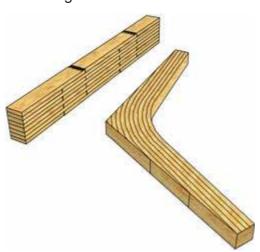


Abb.14 Abbund von Brettschichtholz

Die Klebstoffugen sind sehr dünn. Der Klebstoffanteil am fertigen Produkt beträgt weniger als 1% [16]

Durch Trocknung, Homogenisierung und Festigkeitssortierung entsteht ein Produkt, das formstabil ist und im Vergleich zu Vollholz eine geringere Rissbildung aufweist. Es kann bis zu 80% höher beansprucht werden als übliches Bauschnittholz. Da die Einzellamellen vor dem Verleimen leicht formbar sind, kann man mit relativ geringem Aufwand gekrümmte Bauteile herstellen. [17]

#### 4.2 Lamellenaufbau

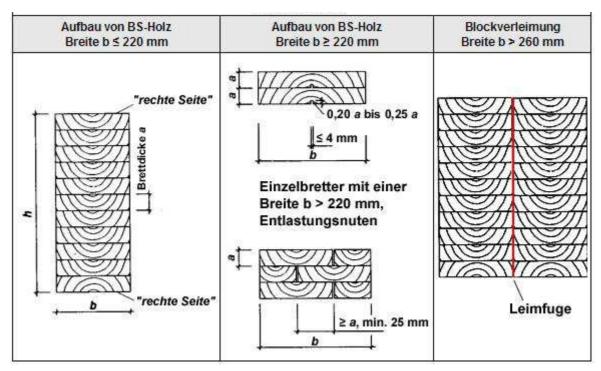


Abb.15 Lamellenaufbau

#### Lamellenabmessungen

BS-Holz aus Nadelholz darf mit Lamellendicken t zwischen 6 mm und 45 mm hergestellt werden. Die zulässige Lamellendicke t und die zulässige Lamellenfläche A sind von der klimatischen Beanspruchung des Bauteils und der Krümmung des Bauteiles (Krümmungsradius R) abhängig. [18]

Bei extremer klimatischer Klima- oder Witterungsbeanspruchung, wie zum Beispiel bei direkter starker Sonneneinstrahlung, über Öfen in Bäckereien und / oder bei Verwendung dauerhafterer Holzarten sind in Rücksprache mit dem Hersteller egebenenfalls geringere Lamellenstärken als üblichen Lamellendicken zu wählen. Die durch das Krümmen der einzelnen Bretter vor der Verklebung eingeprägten Biegespannungen klingen infolge Relaxation rasch ab und dürfen daher in der Regel bei der Bemessung vernachlässigt werden. <sup>[18]</sup>

### Lamellendicken t in mm und Querschnittsflächen A in mm² für Nadelholzlamellen<sup>[18]</sup>

#### Nutzungsklasse 1, 2

	zulässig	üblich
Gerade Bauteile <sup>1)</sup>	6 – 45	40
Gekrümmte Bauteile	$t \le \min.$ $\begin{cases} \frac{R}{250} \left( 1 + \frac{f_{m,j,dc,k}}{150} \right) \\ 35 \end{cases}$	30 – 40

Mit:

t = Lamellendicke in mm

R = an der Bauteilinnenseite gemessener Krümmungsradius in mm;

 $f_{m,j,dc,k}$  = deklarierter charakteristischer Wert der Keilzinkenbiegefestigkeit

#### Nutzungsklasse 3

zulässig	üblich
6 – 35 <sup>2)</sup>	30 – 32
$t \le \min_{k} \left\{ \frac{R}{250} \left( 1 + \frac{f_{m,j,dc,k}}{150} \right) \right\}$	30 – 32

Mit:

t = Lamellendicke in mm

R = an der Bauteilinnenseite gemessener Krümmungsradius in mm;

 $f_{m,j,dc,k}$  = deklarierter charakteristischer Wert der Keilzinkenbiegefestigkeit

<sup>&</sup>lt;sup>1)</sup> Bauteile mit einer Überhöhung bis zu einem Hundertstel der Spannweite werden als gerade Bauteile betrachtet.

<sup>&</sup>lt;sup>2)</sup> DIN EN 14080:2013 erlaubt die Vereinbarung von Lamellendicken bis 45 mm sofern die Querschnittsfläche des BS-Holz 60.000 mm<sup>2</sup> nicht überschreitet.

Auszug aus der Norm	Sichtqualität	Industriegualität
Gesunder Ast:	Die Größe richtet sich nach den zulässigen Abmessungen der Festigkeitssortierung nach DIN 4074-1	sungen der Festigkeitssortierung nach DIN 4074-1
Schwarz umrandeter Ast:	Vereinzelt bis Ø 30 mm	Zulässig
Ast mit Rinde:	Vereinzelt bis Ø 25 mm	Zulässig
Durchfallast:	Bis Ø 10 mm	Zulässig
Ausgerissener Ast:	Bis 10 mm	Zulässig
Länge der Markröhre:	Bis 50% der Stangenlänge	Zulässig
Breiter Schwindriss:	Länge bis BSH-Breite (schmaler Riss zulässig)	Zulässig
Dunkle Bläue:	Nicht zulässig, außer leichte Bläue (strichförmig)	Zulässig
Dunkle Bräune (nagelfest):	Nicht zulässig, außer helle Bräune (strichförmig)	Zulässig
Fläche von Buchs (Druckholz):	Bis 50% der Lamelle	Zulässig
Insekten- und Wurmfraß:	Nicht zulässig	Vereinzelt zulässig
Breite der Harzgalle:	Bis 5 mm	Zulässig
Waldkante:	Nicht zulässig	Vereinzelt zulässig
Bearbeitung der Oberfläche:	Gehobelt und gefast	Egalisieren
	(Hobelschlagtiefe bis 1 mm zulässig)	
Ausflicken:	Vereinzelt zulässig	Nicht notwendig
Holzart:	Fichte	Fichte
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	Vereinzelt schwarz umrandete Äste bis Ø 30 mm und Äste mit Rinde bis Ø 25 mm.	Harzgallen & sonstige Kriterien werden nicht ausgebessert. Druckholz (Buchs) ist zulässig.
		Verfärbungen (Bläue & Bräune), Schwindrisse, Ausgebrochene Kantenäste

#### 5. Analyse - Musterbeispiel für Hallenbau

#### 5.1 Logistik-, Verwaltungs- und Bildungszentrum Herz Slowakei

Das Werksgelände der Gesellschaft HERZ Slovensko befindet sich in der entstehenden Zone von Distributionszentren im Dorf Bernolákovo in der Nähe von Bratislava. Die Analyse des Objektes wird zum Zwecke des Aufbaus des Vertriebszentrums und der Firmenzentrale in der Slowakei durchgeführt. Der Entwurf der architektonischen Gestaltung und der Konstruktionsentwurf von Objekten der Lagerhalle und des Bürogebäudes basieren auf dem Konzept des nachhaltigen Bauens, das eng mit der Philosophie der Gesellschaft Herz, die Produkte zur Nutzung erneuerbarer Energien und Reduzierung der Energieintensität von Gebäuden produziert, verbunden ist. [20]

Architekten: Ing. arch. Aleš Hradecký, PhD., Ing. arch. Daniel Bartoš

#### 5.2 Städtebauliche Lösung

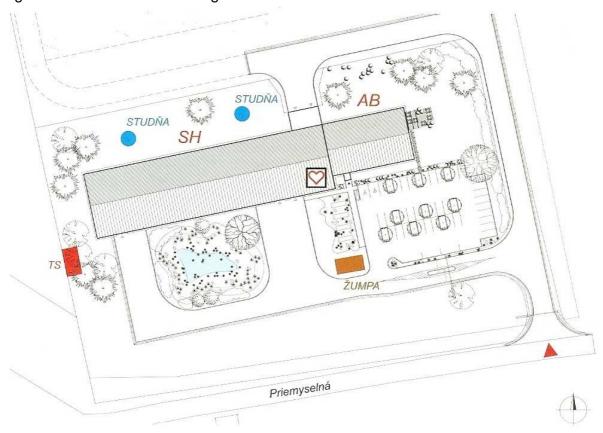
Die neu entstehenden Industrieparks und Logistikzentren an den Rändern der Städte sind in der Regel nicht mit der Landschaft und geplanten künftigen Entwicklung der Stadt verbunden. Sie kommunizieren nicht, sie sind anonyme Schachteln. Der Neubau der Gesellschaft Herz in Bernolákovo gegen diese gegenwärtigen typologischen Dogmen auf seine Weise unauffällig polemisiert und stört sie positiv.



Abb.16

Der Umfang und der Charakter von Objekten der Logistik-, Verwaltungs- und Schulungszentren von Herz Slovakia spiegeln die Bebauung der Umgebung wider, der erste Wahrnehmungseindruck sind die einfachen, klar definierten und lesbaren Volumen der Konstruktion.

Die Architekten respektieren den Zivilcharakter und die formale Einfachheit, die architektonische Modellnotwendigkeit und im Vordergrund stellen den inneren Körper des Objektes der Gesellschaft Herz, programmierend und wörtlich verleihen ihm das Herz. Das Ergebnis ist kein Produkt der "Konsum-Architektur", sondern eine Marke von Qualität, achtsamen Umweltdenkens und gesellschaftlicher Bedeutung.<sup>[21]</sup>



Studňa=der Brunnen

Žumpa=die Senkgrube

SH=die Lagerhalle

AB=das Verwaltungs- und Bildungszentrum

TS=die Trafostation

Abb.17 Lageplan

#### 5.3 Architektonische Lösung

Der Impuls des Baues bildet die Schnittstelle zwischen der "statischen" Lagerhalle und dem "dynamischen" Verwaltungsgebäude, so genanntes technologisches Herz des Objektes - der zweigeschossige Trakt in der Ostlage der Lagerhalle mit dem Kesselhaus, Maschinenraum der Lüftungstechnik und dem dazugehörigen Feststofftank. Das Kesselhaus ist als Showroom von Technologien der Gesellschaft Herz konzipiert und dient zugleich auch als ein Labor für die Schulungen von Projektanten und Technikern.

Die Autoren haben seit dem Beginn der Vorbereitungen der Projektdokumentation mit dem Ziel gearbeitet, ein Werk zu schaffen, das die dem Kunden eigene Idee von erneuerbarer Energie und ökologischem Zugang zur Umwelt darstellt. Der Kunde hat den Wunsch hinzugefügt, sich energetisch maximal selbst versorgen zu können und die komplette Palette seines Portfolios von Biomassekesseln, Solarsystemen, Wärmepumpen, System- und Steuerungstechnik und anderen aktiv zu präsentieren. Die Entwürfe der architektonischen, baulichen und technischen Teile des Verwaltungsgebäudes sollen die Energieeffizienz des Gebäudes weiter zum Maximum optimieren. Die Wirklichkeit ist, dass der Bau heutzutage energiesparend ist und nur vom Strom aus dem öffentlichen Netz abhängig ist, ansonsten ist er unabhängig.<sup>[22]</sup>

#### 5.4 Lokalität

Die Lage des Logistik- und Lagergeländes im betrachteten Gebiet geht aus dem städtebaulichen Konzept der schrittweisen Neugestaltung des für den Ausbau der Geschäftstätigkeit entlang der Autobahn D1 ausgewiesenen Gebiets aus. Das Gelände der Gesellschaft Herz befindet sich im Randbereich des bebauten Gebiets und bildet eine autonome Zone (die erste von drei) von Distributionslagern. [22]

#### 5.5 Raumprogramm

Die Betriebsbeziehungen und Disposition arbeiten mit elementarer Logik. Das Gebäude besteht aus zwei verbundenen Volumen der Lagerhalle und des Verwaltungsgebäudes auf dem Ost-West-rechteckigen Grundriss, der die nördliche Grenze des Grundstücks folgt.

Das zweistöckige repräsentative Verwaltungsgebäude (im östlichen Teil) mit seiner asymmetrischen Lage gegen die Längsachse der Lagerhalle (im westlichen Teil) bildet den Raum des Eingangs zum Parkbereich. Passive und aktive Ökound Umweltprinzipien reflektieren das Konzept des Holzbaus auf der Basis von geklebten Lamellenelementen der Rahmenkonstruktion, die sich auf einen sichtbaren Stahlbetonkern mit der Funktion des Akkumulationskerns energiesparenden Gebäudes stützt, und einer Sandwichkonstruktion der Gebäudehülle. Das längliche Konstruktions-Drei-Trakt kopiert die Dispositionsgliederung und Zonierung: das öffentliche Bereich am Südende (Empfang, Ausstellungsraum mit Galerie, Kundenbesprechungsbüros Besprechungsraum); Sozialzone in der Mitte (Kern mit der vertikalen Kommunikation und Hygieneeinrichtungen); halböffentliche Räume Arbeitszone nördlichen Ende (Schulungsraum, am Besprechungsraum, Aufenthaltsraum, Werkstatt, Büros).

Die Lagerhalle in westlicher Lage gliedert sich in einen einstöckigen Lagerraum mit einzelnen Zonen der Regalsysteme mit Wareneingangs- und Warenabgangslogistik und so genanntes technologisches Herz des Objekts mit einem zweistöckigen Hintergrund. [22]

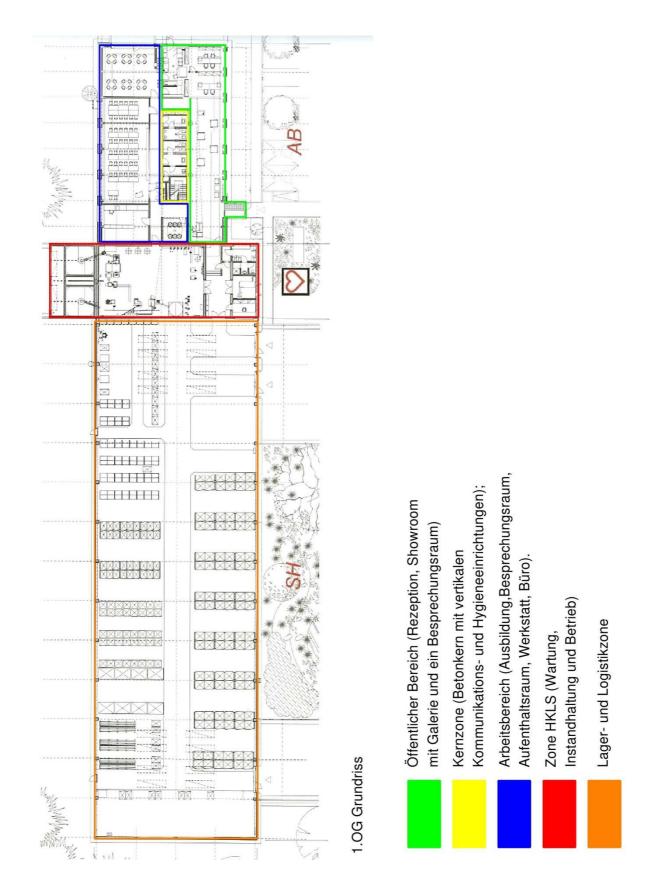


Abb.18 1.OG Grundriss - Zonen

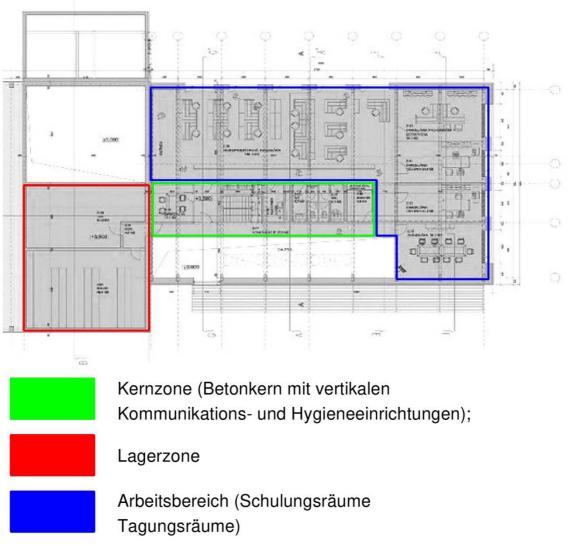


Abb.19 2.OG Grundriss - Zonen

#### 5.6 Technische Lösung

Der Bau besteht aus zwei Teilen, der Lagerhalle und des Verwaltungsgebäudes, die funktionell und in der Masse in einem Objekt verbunden sind. Die Lagerhalle ist als energiesparendes Objekt, das Abluft aus dem Verwaltungsgebäude und ein zusätzliches Heizungssystem nutzt, konzipiert. Das Verwaltungsgebäude ist als energiesparendes Objekt der Energieeffizienzklasse "A" konzipiert. Das Hauptbauelement von Objekten sind die Holztragwerke. [23]

Die Lagerhalle zeichnet sich durch die eingespannten Holzrahmen mit einer Trennleiste mit Verbindungsplatten und Säulen aus Brettschichtholz aus. Die Rahmen sind in einem Quadrat mit einem 5,5 m Modul verbunden. Die Dachschale wird von KVH-Pfetten getragen. Das Verwaltungsgebäude ist als Holzbau aus geklebten Brettschichtholzrahmen konzipiert, die sich auf einen zentralen Stahlbetonkern in einem 3,6 m langen Modul stützen. Die Objekthülle ist als eine diffus offene Sandwichkonstruktion mit Wärmedämmung aus geblasener

Zellulose mit einer Dicke von 300 und 330 mm, und Faserplatten mit einer Dicke von 100 mm konzipiert. Die tragende Konstruktion der Hülle besteht aus Fachwerkbalken aus Holz mit Posistrut Stahldiagonalen. [23]

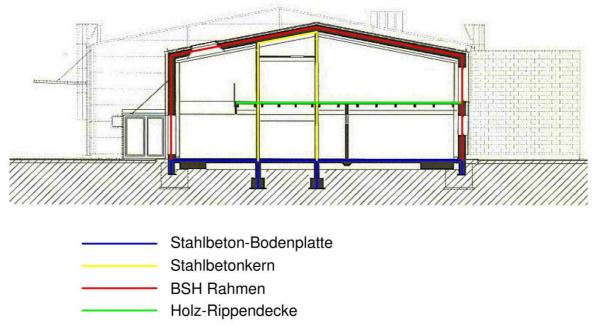


Abb.20 Schnitt mit Darstellung der Konstruktionen



Abb.21 Blick in die Lagerhalle



Abb.22 Ausführung des Verwaltungsgebäudes



Abb.23 Ausführung der Lagerhalle

Die Luftdichtigkeit des Objekts wird durch eine Ebene, die eine gestreifte OSB-Platte bildet, auf dem Dach durch eine Folie mit einem variablen SD-Faktor gewährleistet. Die Lagerhalle ist mit Dämmplatten verkleidet, das Verwaltungsgebäude hat eine hinterlüftete Fassade aus Eternitplatten. [23]

#### Beschreibung des Heizsystems: [23]

• Der Wärmebedarf ist durch eigene Wärmequelle - das Warmwasserkesselhaus im 1.OG gewährleistet.

Zwei unabhängige Verteiler von Heizungswasser sind vorgesehen.

- Die Büroräume werden mit einer Warmwasser-Fußbodenheizung-System + Deckenstrahlplatten beheizt.
- Die Zufuhr von Frischluft wird über Bodenkonvektoren verteilt, die um den Außenmantel unter den Fenstern installiert sind, mit der Möglichkeit, die Luftaustrittstemperatur nach Platzbedarf anzupassen. Das System der Warmwasserheizung wird thermostatisch auf Temperatur von + 20 ° C geregelt.
- Die Produktions- Lagerhalle wird durch Luftheizung und Belüftungstechnik auf eine Temperatur von + 10 ° C temperiert, die lokalen Arbeitsplätze auf + 18 ° C.
- Die sozialen Einrichtungen werden mit einem Warmwasser-Fußbodenheizung System beheizt, das Warmwasserheizung System wird auf eine Temperatur von + 20 ° C thermisch reguliert.

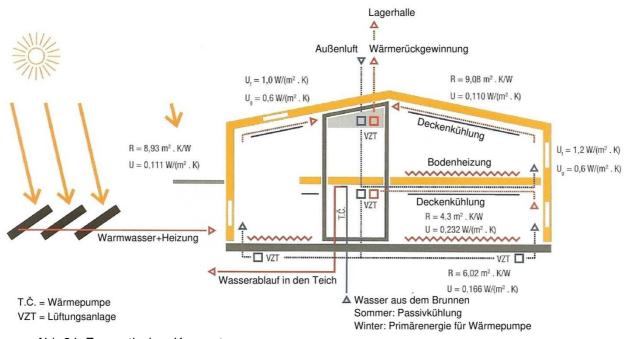


Abb.24 Energetisches Konzept

#### Warmwasseraufbereitung:

- Solarkollektoren 15xHERZ CS100F mit einer Gesamtabsorptionsfläche von 28,65 m2 sind zur Unterstützung der Warmwasserwärmung und Heizung vorgesehen. Das Wärmeträgermedium des Primärkreislaufs des Trockenkühlers ist 35% Propylenglykol.
- Die Warmwasserbereitung wird durch das Speichersystem gesichert.
- 1x Biomassekessel HERZ Biomatic 300 (Qia = 300,0 kW, Qi = 300,0 kW Solarsystem), 15x Sonnenkollektor HERZ CS100F, 28,65m2 Absorptionsfläche Qi = 26,7kW.



Abb.25 Solaranlage für Warmwasserbereitung

#### Lüftungsanlagen:

#### • Belüftung von Büroräumen:

Die Lüftung der Räumlichkeiten des Verwaltungsgebäudes erfolgt durch die Split-Klimaanlage - inneres Modell mit einem Plattenrekuperator (im VZT Maschinenraum im 2. OG), die einen hygienischen Luftaustausch gewährleistet. Verteilung durch die quadratische und kreisförmige Rohrleitung mit Endelementen - Bodenkonvektoren, Plattenventilen, viereckige Abläufe.

#### • Belüftung der Lagerhalle

Die Raumbelüftung wird durch Abluft aus dem Verwaltungsgebäude gewährleistet.

Belüftung von Sozialräumen - Lagerhalle:

Die Unterdrucklüftung gewährleistet den Luftauslass aus den Sozialräumen mittels eines kreisrunden Gebläses und eines Auslass über dem Dach.

• Belüftung von Sozialräumen - Verwaltung:

Die Unterdrucklüftung gewährleistet den Luftauslass aus den Sozialräumen mittels eines kreisrunden Gebläses und eines Auslass über dem Dach.

• Belüftung der Küche:

Die Unterdrucklüftung gewährleistet den Luftauslass aus der Küche mittels eines kreisrunden Gebläses und eines Auslass über dem Dach.

• Belüftung der Küche auf dem 2. OG:

Die Unterdrucklüftung gewährleistet den Luftauslass aus der Küche mittels eines kreisrunden Gebläses und eines Auslass über dem Dach.

#### Lösung der Sommerwärme:

- Die Büros werden durch ein Wassersystem mit Zwangsumlauf durch HERZ-Deckenstrahlplatten gekühlt, unter hängende Trockenmontage, das Kühlsystem wird auf eine Raumtemperatur von + 26 ° C geregelt. Als Kältequelle dient Brunnenwasser natural cooling (im System ist ein Trennplattenwärmetauscher integriert).
- Der Kühler der Lüftungstechnikanlage wird durch Brunnenwasser gekühlt natural cooling.
- Als Kühlsystem ist das System natural cooling verwendet energieeffiziente Quelle, die im Winter für die Wärmepumpen Commotherm WW15 und im Sommer als Kältequelle für Deckenstrahlplatten und VTZ Kühler verwendet wird. [23]

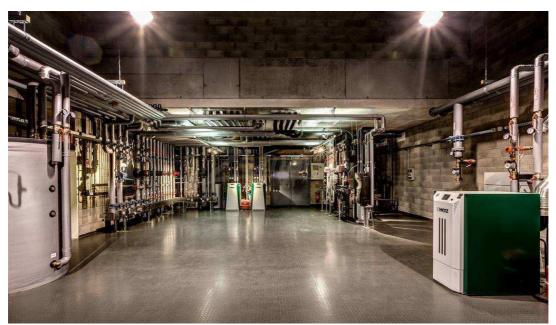


Abb.26 Technikzentrale

#### 5.7 Eigene Meinung

Das Zentrum der Gesellschaft Herz ist eine außergewöhnliche Lösung. Die Unabhängigkeit von den zentralen Netzwerken zusammen mit der hybriden Lösung der Konstruktion aus Holz und Beton zeigt, dass auch ein Industrie- und Verwaltungsgebäude sowohl umweltfreundlich als auch architektonisch interessant sein kann. Die Energiesysteme sind auch das Hauptprodukt des Unternehmens, was zeigt, dass es ihm wichtig war, solch ein Gebäude zu bauen, das eine echte Verbindung mit der Firma hat, und nicht nur ein Prunkstück. Es ist jedoch Schade, dass es in der Slowakei nicht mehr von ähnlichen Gebäuden gibt und ich hoffe daher, dass das Gebäude der Gesellschaft Herz ein Vorbild für weitere Projekte von Industrie- und Verwaltungsgebäuden sein wird.



## 6.1 Sägewerk Spektrum KTV

#### 6.1.1 Überblick

Die Firma SPEKTRUM s.r.o. mit dem Sitz in Hliník nad Hronom (Die Mittelslowakei) entstand durch die Privatisierung des hiesigen Betriebs Sägewerk PREGLEJKA Žarnovica. Sie wurde am 9.3.1992 in Žiar nad Hronom gegründet.

Das Sägewerk bearbeitet das Nadelrundholz (Fichte/Tanne) mit Hilfe von einem Paar der senkrechten Rahmensägen (nacheinander aufgestellt und achsversetzt) mit nachfolgender Produktion des kappenden Schnittholzes. [24]



Abb.27 Lagerung von Schnittholz

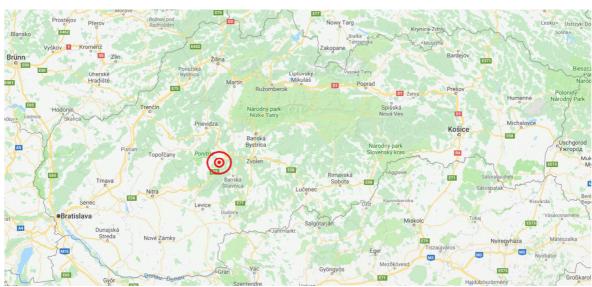


Abb.28 Lage des Sägewerkes innerhalb der Slowakei

Genutzt wird die Technologie des Schnittholzes durch Schaffung von Prismen, indem durch das die Säge Nr. 1 passierende Rundholz ein Prisma und durch die Säge Nr. 2 die Mittenschnittware aus dem Prisma gebildet wird.

In dieser Zeit hat die Firma ca. 70 Arbeitnehmer und verarbeitet etwa 50 000 m3 Rohholz pro Jahr. [24]

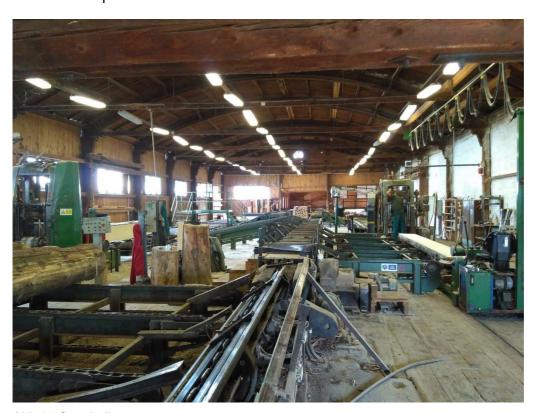


Abb.29 Sägehalle



Abb.30 Sägehalle Geschichte des Sägewerkes

Das Sägewerk liegt in unmittelbarer Nähe der Eisenbahnlinie Zvolen - Nové Zámky, was einen günstigen Einfluss auf die Transportmöglichkeiten für den Rohstoff und Export des Produktes hat. [24]



Abb.31 Sägehalle Rollenbahn – links Bretter, rechts Balken

Das ursprüngliche Sägewerk entstand in 1930, damals als dampfbetriebener Sägebetrieb. Der erste Inhaber und Bauherr war die damalige Firma IMPEX Žilina. Nach mehrmaligem Inhaberwechsel und Untergang der Firma IMPEX in 1937 setzte die Geschichte die Firma LICHTENSTEIN A WILLCSEK bis 1955; dann wurde sie durch PREGLEJKA AG Žarnovica übernommen.

Damals zählte die Belegschaft ca. 20 Arbeiter. Die Firma verarbeitete Nadelholz zum Halbfertigprodukt für Holzbauten, das der Ausgangsrohstoff des Betriebs PREGLEJKA AG Žarnovica darstellte. In der Zeit schwankte das Volumen des zu verarbeitenden Rundholzes zwischen 11 000 und 12 000 m3. PREGLEJKA Žarnovica war der Inhaber des Sägewerkes bis 1992. [24]

Das Sägewerk produziert heutzutage verschiedene Produkte aus Holz – Bretter, Planken, Prismen, Latten, Holzabfall.



Abb.32 Die ehemalige Trocknungskammer



Abb.33 Lagerung von Bretter



Abb.34 Lagerung des trockenen Holzes

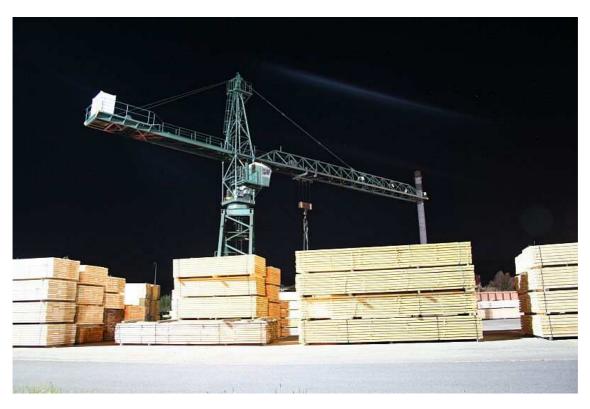
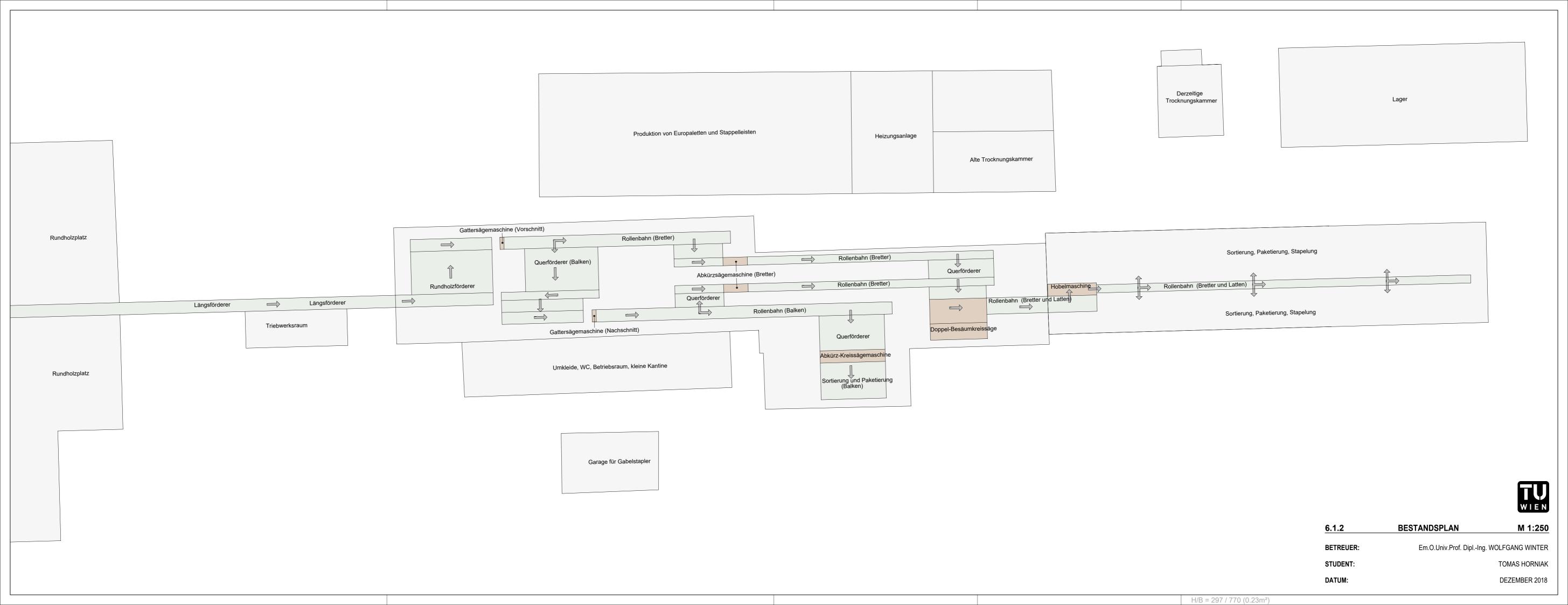


Abb.35 Lagerplatz



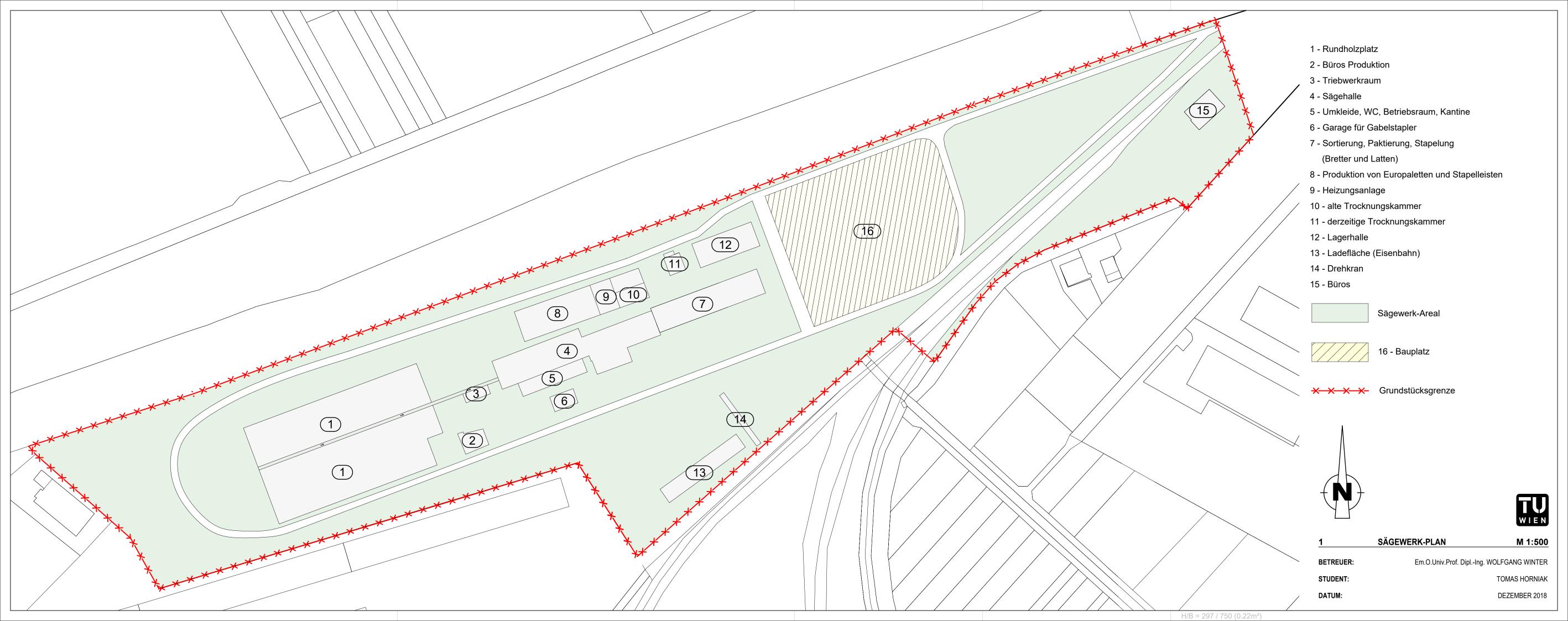
#### **6.2 Ausgangssituation**

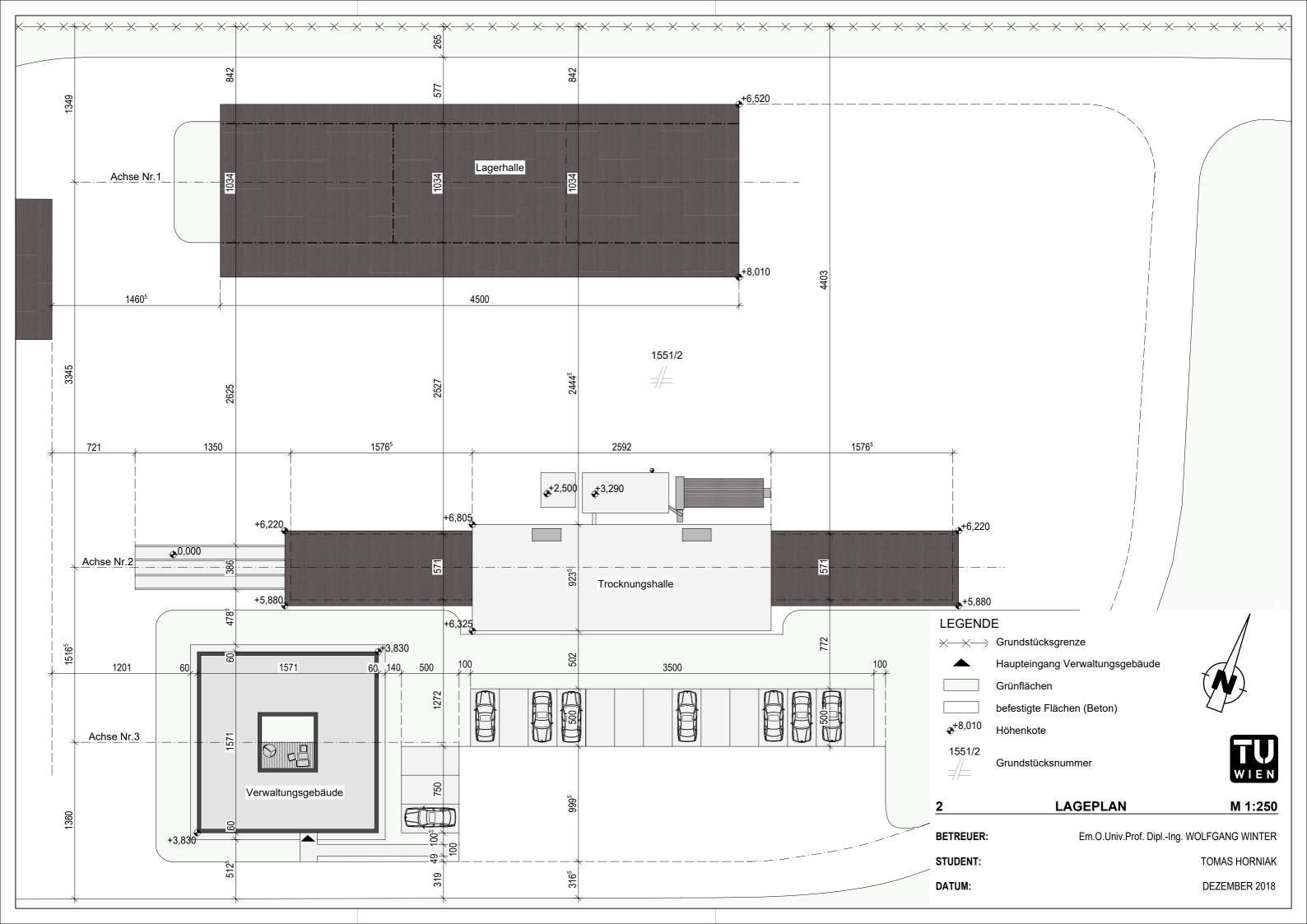
#### Entwurfsansätze

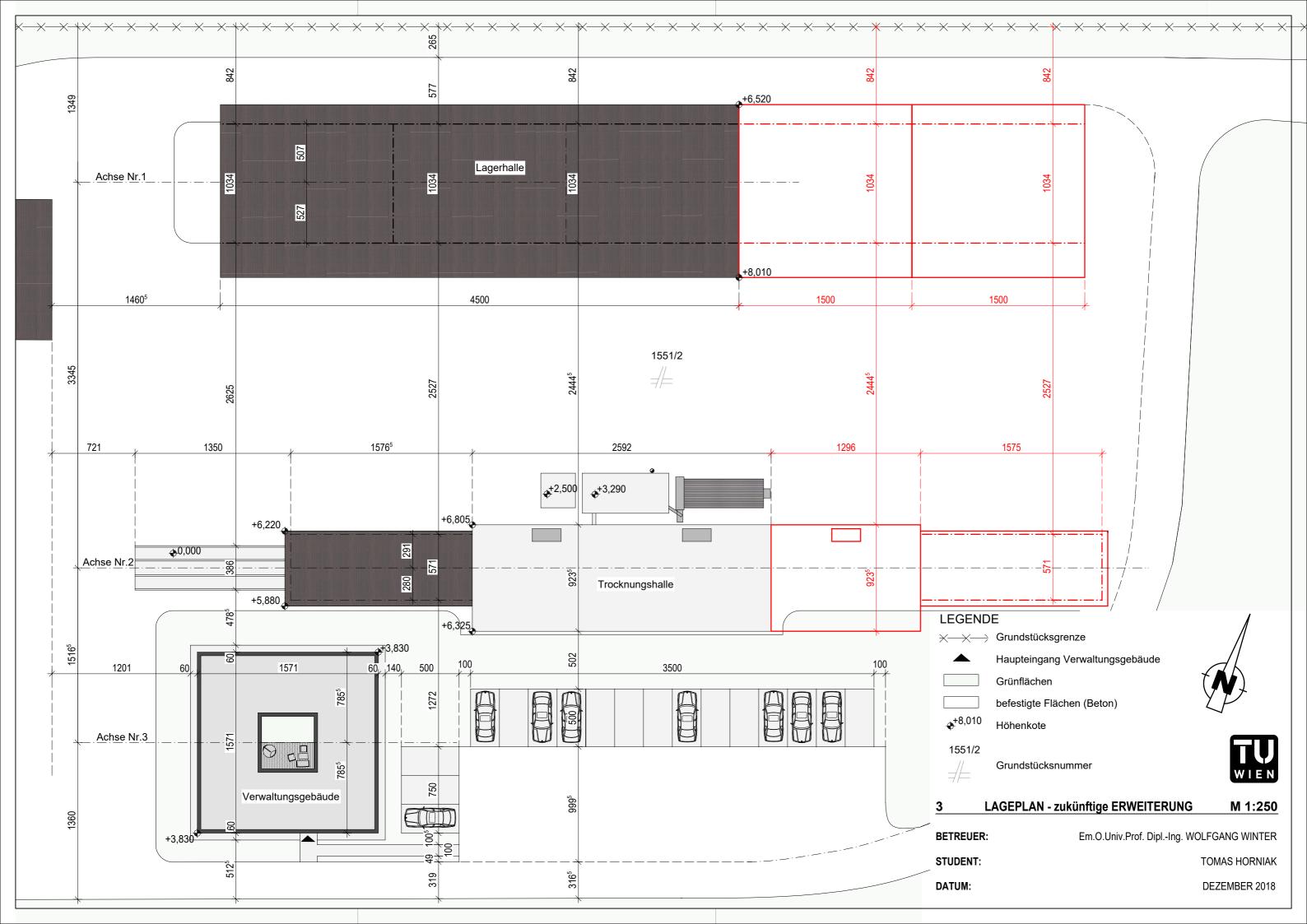
Das betroffene Gebiet liegt am Rande der Stadt Hliník nad Hronom, in der Nähe der Stadt Žiar nad Hronom, vom Norden grenzt es an die Eisenbahnlinie, die Straße R1 (Nitra-Banská Bystrica) und den Fluss Hron, ab der südliche Teil grenzt an ein Industriegebiet. Die Aufgabe des Investors bestand darin, ein Lager, eine Holztrocknungsanlage und ein neues Verwaltungsgebäude zu entwerfen, um die Produktions- und Handelsaktivitäten des Sägewerks zu erweitern.

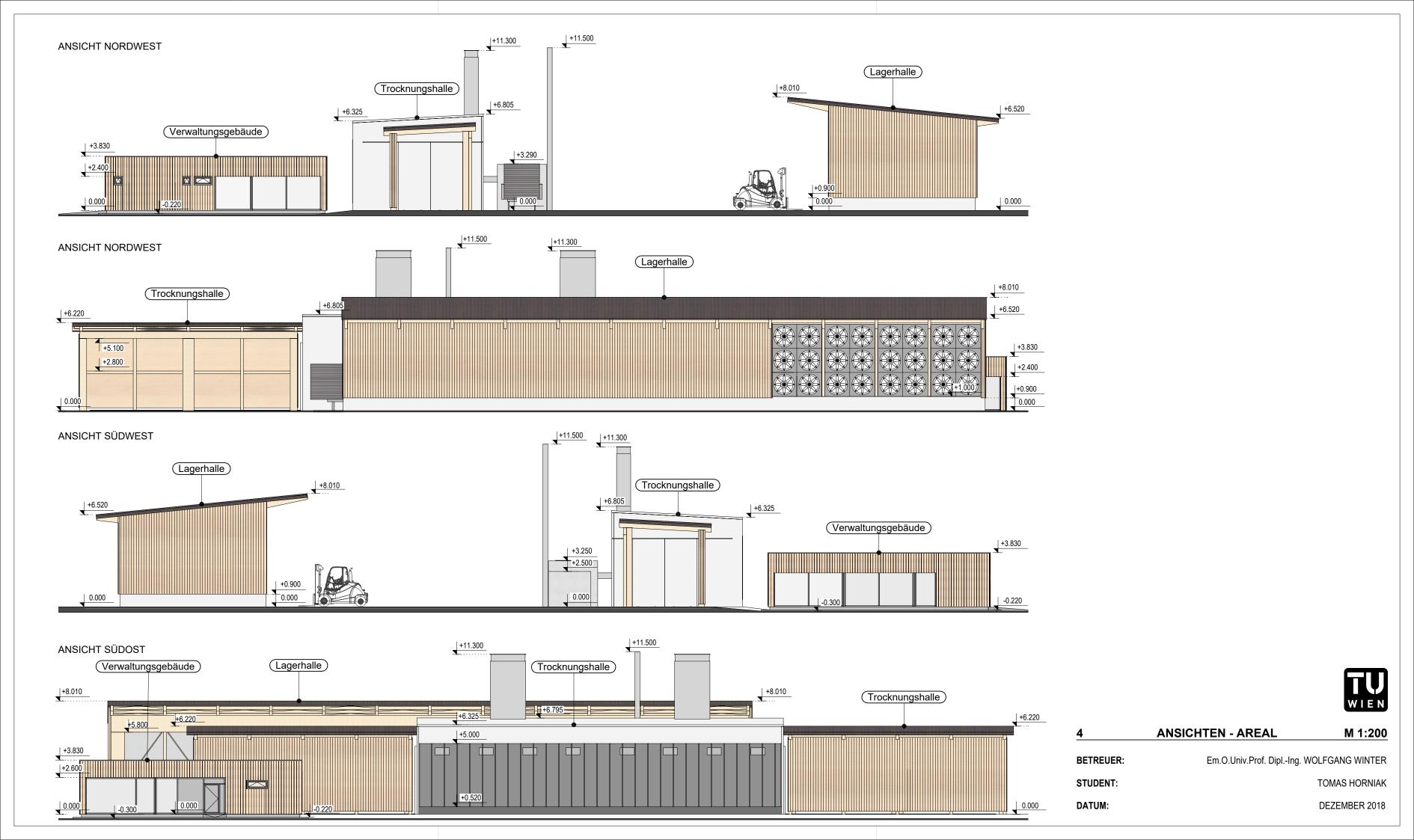
Die Philosophie des Entwurfs beruht in erster Linie auf den technischen und räumlichen Anforderungen des Investors im Falle eines Lagers - zwei getrennten Teilen - einem Vortrocknungsbereich und einem Lagerraum für trockenes Holz. Bei einer Holztrocknungsanlage ist die erforderliche jährliche Trockenholzmenge - 6000 m³/Jahr - die Grundlage für den Entwurf. Voraussetzung für das Verwaltungsgebäude war die Vereinheitlichung der derzeit an drei Stellen im Sägewerkbereich verstreuten Büroflächen, um gleichzeitig einen Schulungsraum und eine kleine Entspannungszone für die Arbeiter zu schaffen.

Die Arbeitsbeziehungen und das Raumprogramm arbeiten mit elementarer Logik. Die räumliche Lösung des jeweiligen Gebiets basiert auf drei Achsen, die von Südwesten nach Nordosten führen und die Position der einzelnen Objekte bestimmen. In der nordöstlichen Ecke der Parzelle auf Achse 1 befindet sich eine Lagerhalle, die aus drei gleich großen Blöcken besteht und in zwei separate Abschnitte unterteilt ist. Gleichzeitig sieht der Entwurf eine mögliche Erweiterung um weitere 2 Blöcke in Richtung Nordosten vor, wodurch die Lagerkapazität um etwa 290 m² erhöht wird und die freie Fläche, die durch die Straße begrenzt ist, gefüllt wird. Die Holztrocknungsanlage befindet sich auf Achse 2 und ist eine direkte Fortsetzung der Längsachse des gesamten Sägewerksareals. Der Entwurf beinhaltet auch die mögliche zukünftige Erweiterung einer weiteren Holztrocknungsanlage in Richtung Nordosten, wodurch die Kapazität um etwa 30% erhöht wird. Große freie Fläche zwischen Lagerhalle und Holztrocknungsanlage dient zur Manipulation und Distribution. Auf Achse Nummer 3 befindet sich ein Verwaltungsgebäude zusammen mit dem Parkplatz, der das Gebiet abschließt. Alle Gebäude sind einstöckig angelegt und entsprechen den Anforderungen des Investors.





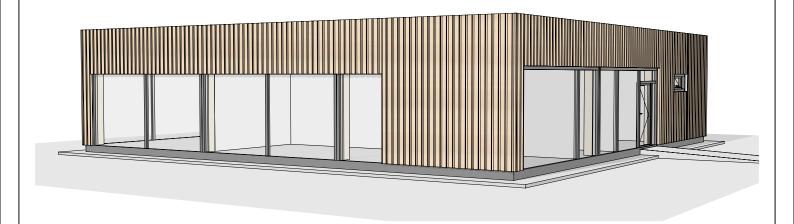




TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Fakultät für Architektur und Raumplanung
Institut für Architekturwissenschaften - Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau



# 6.3 ENTWURF EINES VERWALTUNGSGEBÄUDES



**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-lng. WOLFGANG WINTER

**STUDENT:** TOMAS HORNIAK

**DATUM**: DEZEMBER 2018

Abmessungen (Grundriss) 15,71 x 15,71m

Nutzfläche 216,2m<sup>2</sup>

Dachform Flachdach

Gebäudehöhe 3,83m

Dachneigung 3%

Binderabstand 5,0m

Eindeckung PVC-Abdichtungsbahn

Aussteifung BSP-Wände

Holzmenge 24,5m<sup>3</sup>

Die Philosophie des Entwurfs bestand darin, ein Gebäude zu schaffen, das den aktuellen Arbeitsraumanforderungen entspricht und ein Ort ist, an dem die Arbeitszeit gut genutzt werden kann und somit die Leistung der Mitarbeiter maximiert wird. Funktionalität, Sauberkeit der betrieblichen Verknüpfungen, logische Aufteilung des Layouts und Kontinuität der Funktionseinheiten waren wichtige Aspekte der Lösung.

Grundlage für den Entwurf des Verwaltungsgebäudes war die Schaffung eines relativ einfachen statischen Systems, das in dem Grundriss eindeutig definiert werden kann. Das Objekt wird mit einem Raster von 5x5 m erstellt, ist einstöckig und hat ein Flachdach. Das Raster besteht aus hölzernen Säulen und Trägern, die durch die BSP-Wände versteift werden. Das Objekt ist durch eine große verglaste Fassade nach außen und gleichzeitig in das Innere ausgerichtet, wo ein kleines Atrium mit einer Entspannungszone entsteht. Das neue Verwaltungsgebäude sorgt für die Vereinheitlichung der derzeit an drei Stellen im Sägewerkareal verstreuten Büroflächen.

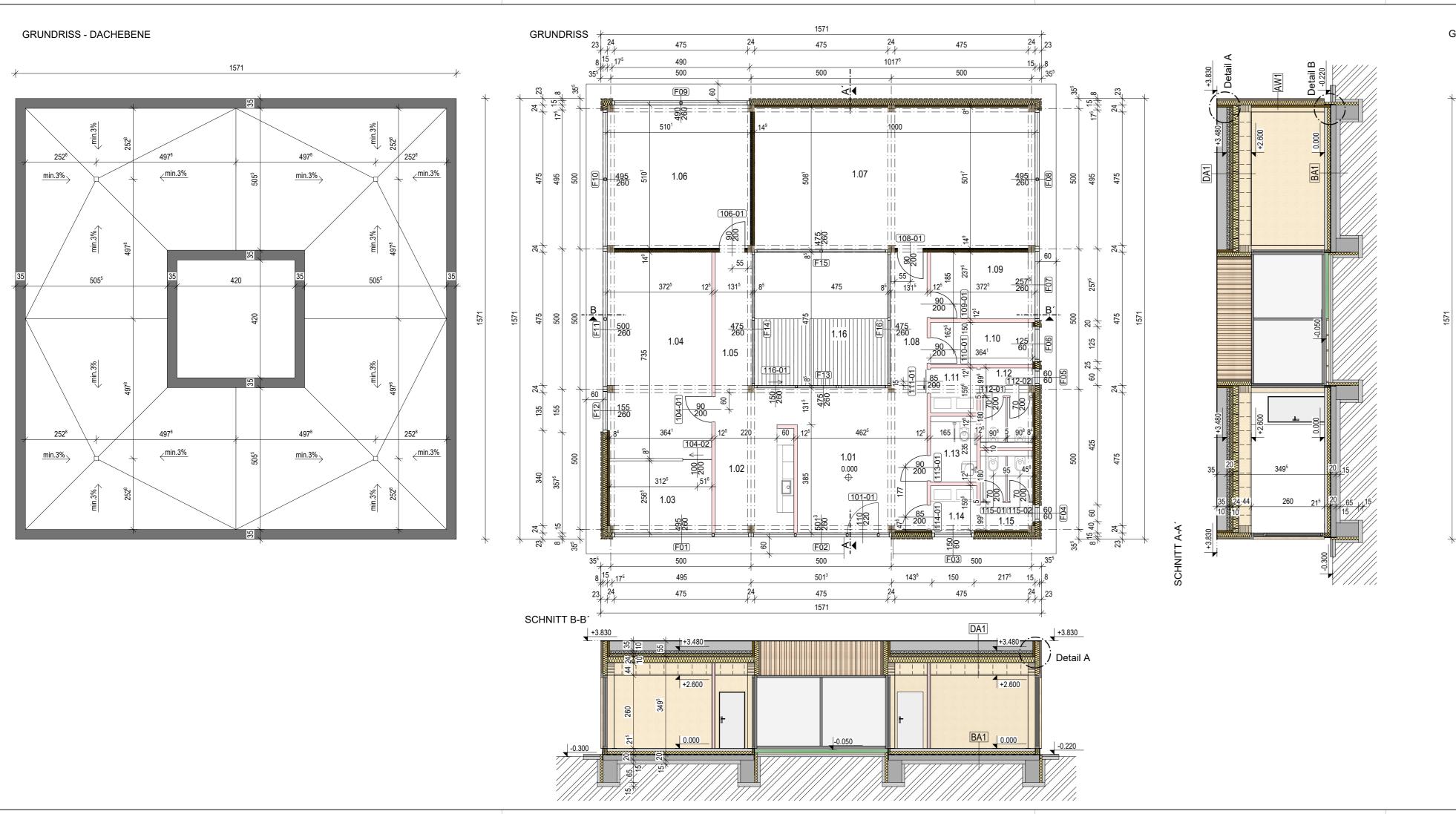
Das Layout basiert auf der Dokumentation des Investors, die die Schaffung eines Schulungsraums, einer Entspannungszone im Innen- und Außenbereich sowie 12 Arbeitsplätze einschließlich des Büros für den Direktor forderte. Die betreffenden Arbeitsplätze werden ebenfalls mit Reserve berechnet, so dass nicht erwartet wird, dass in Zukunft das Objekt eines Verwaltungsgebäudes erweitert wird, wie dies bei Lagerhalle und Trocknungshalle vorgesehen ist.

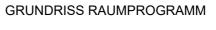
Die Eingangshalle (1.01) des Verwaltungsgebäudes ist nach Südwesten ausgerichtet und kann direkt von der Straße oder dem Gehweg aus dem Parkplatz aus erreicht werden. In der Eingangshalle gibt es eine Rezeption und ein kleines Wartezimmer. Der Raum ist von beiden Seiten luftig und beleuchtet, so dass der Raum optisch vergrößert wird. An der Rezeption auf der linken Seite befindet sich ein Gemeinschaftsraum mit Küche (1.02), die offen und mit dem Atrium (1.16) verbunden

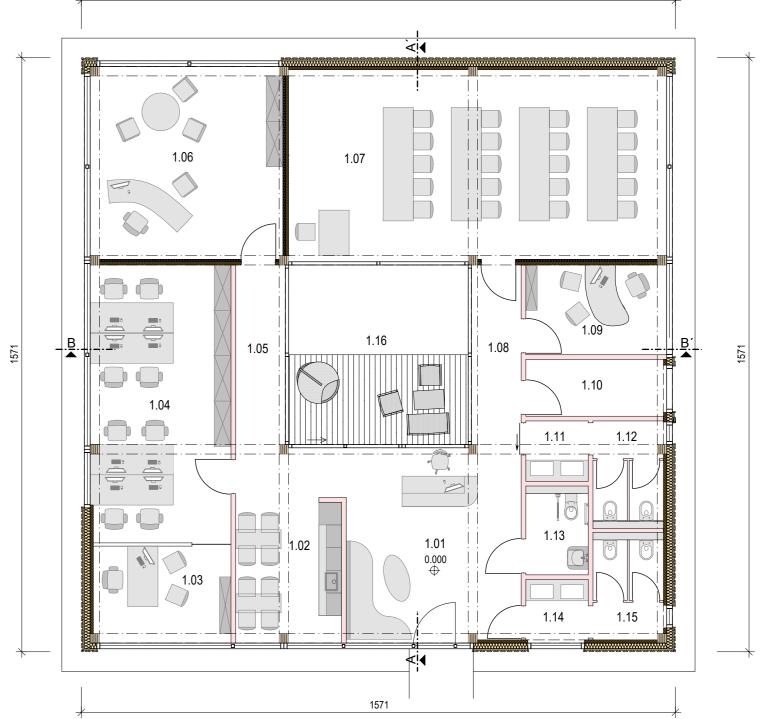
ist. Während der Sommerzeit ist es möglich, große Verglasungen im Atrium zu öffnen und direkten Kontakt mit dem Äußeren zu haben. Neben einem Gemeinschaftsraum gibt es einen Büroraum, der in zwei separate Bereiche unterteilt ist - ein gemeinsames Büro mit 8 Arbeitsplätzen (1,04) und ein Office Manager Büro (1,03). Am Ende des Korridors (1,05) befindet sich ein Büro des Geschäftsführers (1,06), das einen Blick auf die gesamte Sägewerksproduktion bietet. Der Schulungsraum (1,07) ist im Nordosten des Objekts mit einer Kapazität von 20 Personen ausgelegt. Vom Schulungsraum aus ist es möglich, das Atrium (1.16) zu betreten, wo in den Sommermonaten Snacks serviert werden können, an denen die Teilnehmer an der frischen Luft bleiben können. Im westlichen Teil gibt es ein weiteres Büro - das Büro des Produktionsleiters (1.09). Rechts an der Rezeption befindet sich ein technischer Teil des Gebäudes - separate Toilette für Männer (1.15) und Frauen (1.12) sowie Vorräume, WC für Behinderte (1.13) und ein Technikraum (1.10).

Die Trennwände sind als Gipskartonwände mit akustischer Dämmung ausgeführt. Bei der Trennung von Wänden aus BSP habe ich eine akustische Vorsatzschale entworfen. Akustische Deckenplatten Lignotrend wird in allen Räumen installiert. Die Bodenstruktur ist als Vinylboden ausgelegt. Die Fassade des Gebäudes ist hinterlüftet und architektonisch mit anderen vorgeschlagenen Gebäuden verbunden, in denen die Deckelschalung verwendet wird. Die Überhitzung des Gebäudes während der Sommermonate wird durch in der Fassade eingebaute Rollläden gelöst.

Die Heizung des Gebäudes wird durch eine Fußbodenheizung und Konvektoren gestaltet, die sich unter großen Glasflächen befinden. Die Belüftung des Gebäudes wird durch das Lüftungssystem in der Decke (Installationsebene) zusammen mit der Wärmerückgewinnungsanlage sichergestellt, um die Wärmeverluste des Gebäudes zu reduzieren. Die Wasserversorgung wird durch eine hauseigene Wasserversorgung sichergestellt. Abwasser wird in die öffentliche Abwasserleitung geleitet.







1571

# Raumprogramm

Nr.	Raumbezeichnung	Fläche (m²)
1.01	Empfang	24,92
1.02	Aufenthaltsraum	10,19
1.03	Büro	9,13
1.04	Büro	27,15
1.05	Gang	7,17
1.06	Büro Geschäftsführer	25,50
1.07	Schulungsraum	50,34
1.08	Gang	6,63
1.09	Büro	8,84
1.10	Technikraum	5,58
1.11	Vorraum	2,63
1.12	WC Frauen	4,71
1.13	WC barrierefrei	3,54
1.14	Vorraum	2,63
1.15	WC Männer	4,72
1.16	Innenhof	22,58
	Nutzfläche	216,26

NOVATOP Solid Wandelement b=84mm

Stütze BSH 240x240mm

Knauf Metallständerwand, doppelt beplankt 2x12,5mm, CW Profil 75, Wanddicke 125mm

leichte Trennwand

Deckelschalung

Fassadendämmplatte Isover Mineralwolle 150mm

Vorsatzschale Knauf 65mm





**GRUNDRISSE, SCHNITTE** 

M 1:100

BETREUER:

Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT:

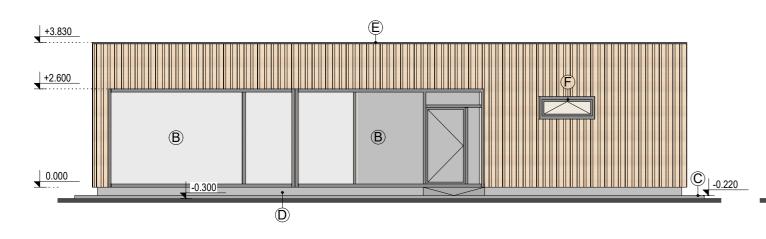
TOMAS HORNIAK

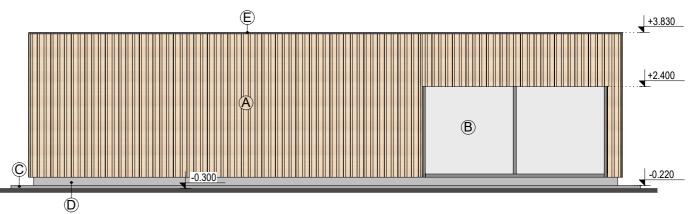
DEZEMBER 2018

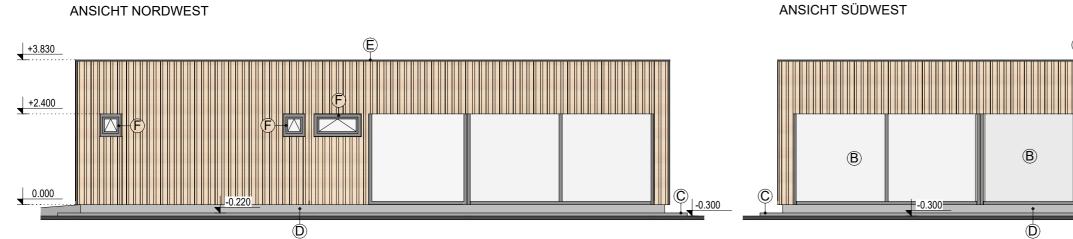
DATUM:

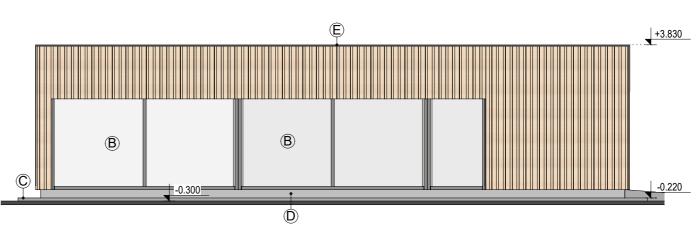
 $H/B = 297 / 820 (0.24m^2)$ 

ANSICHT SÜDOST ANSICHT NORDOST









- A Deckelschalung Fichtenbretter
- B Fassadensystem, 3-fach Verglasung, RAL 7016
- C Hausumrandung Beton
- D Sockelputz dunkelgrau
- E Attikablech RAL 7021
- F Fenster, 3-fach Verglasung, RAL 7016

WIEN

2 ANSICHTEN M 1:100

BETREUER:

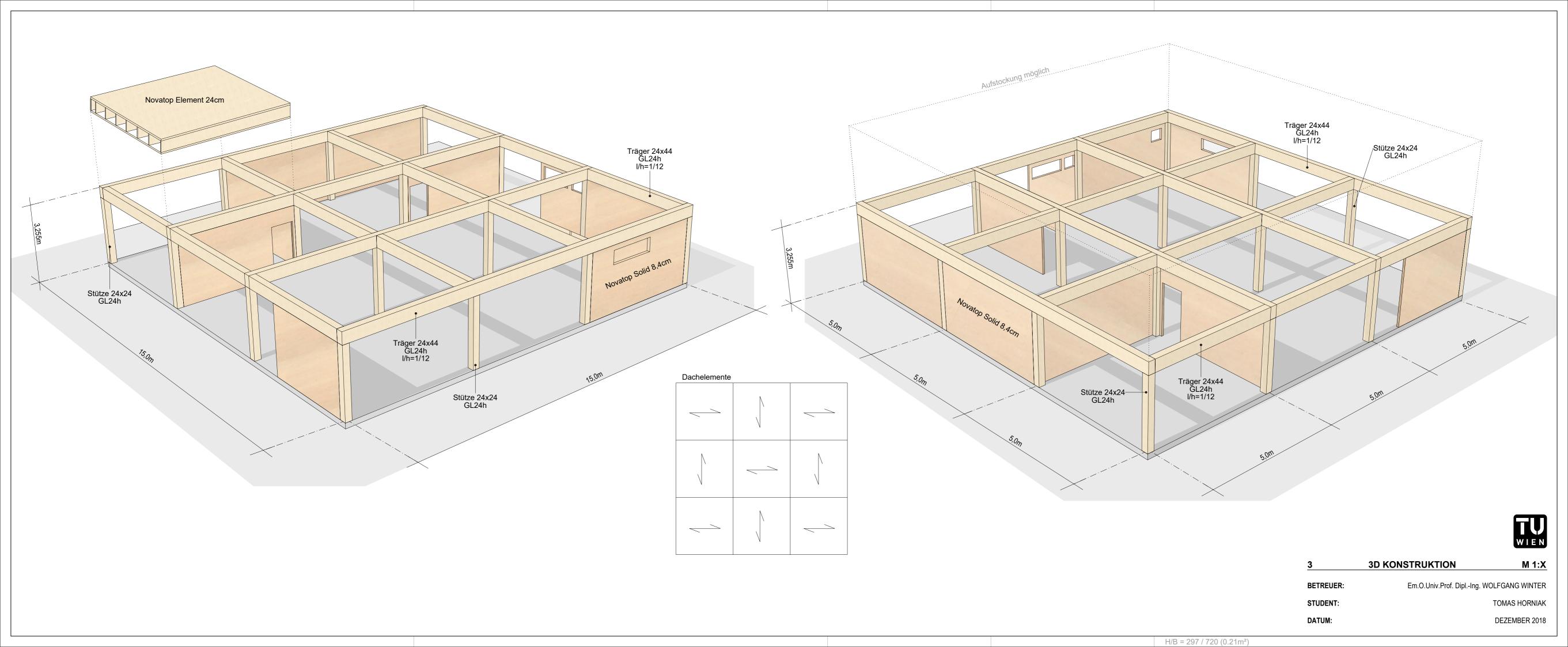
Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT:

TOMAS HORNIAK

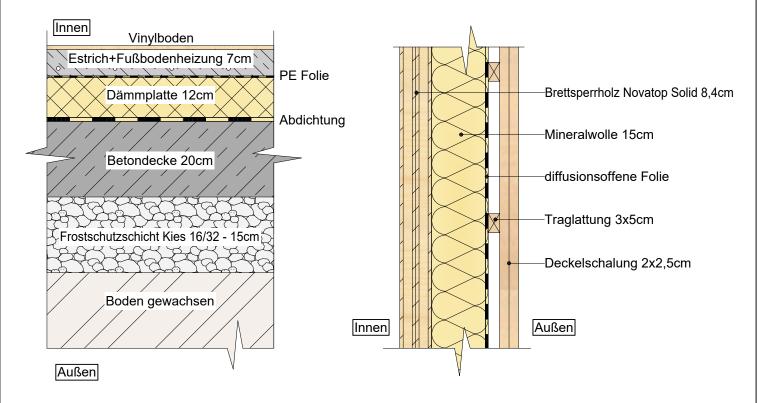
DATUM:

DEZEMBER 2018

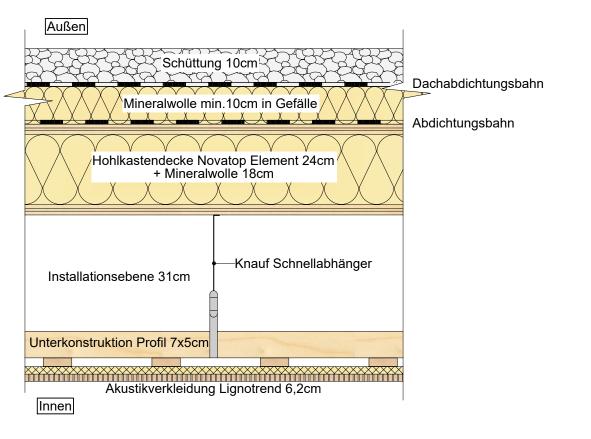


# Bodenaufbau - BA1

#### Fassade - AW1



#### Dachaufbau - DA1





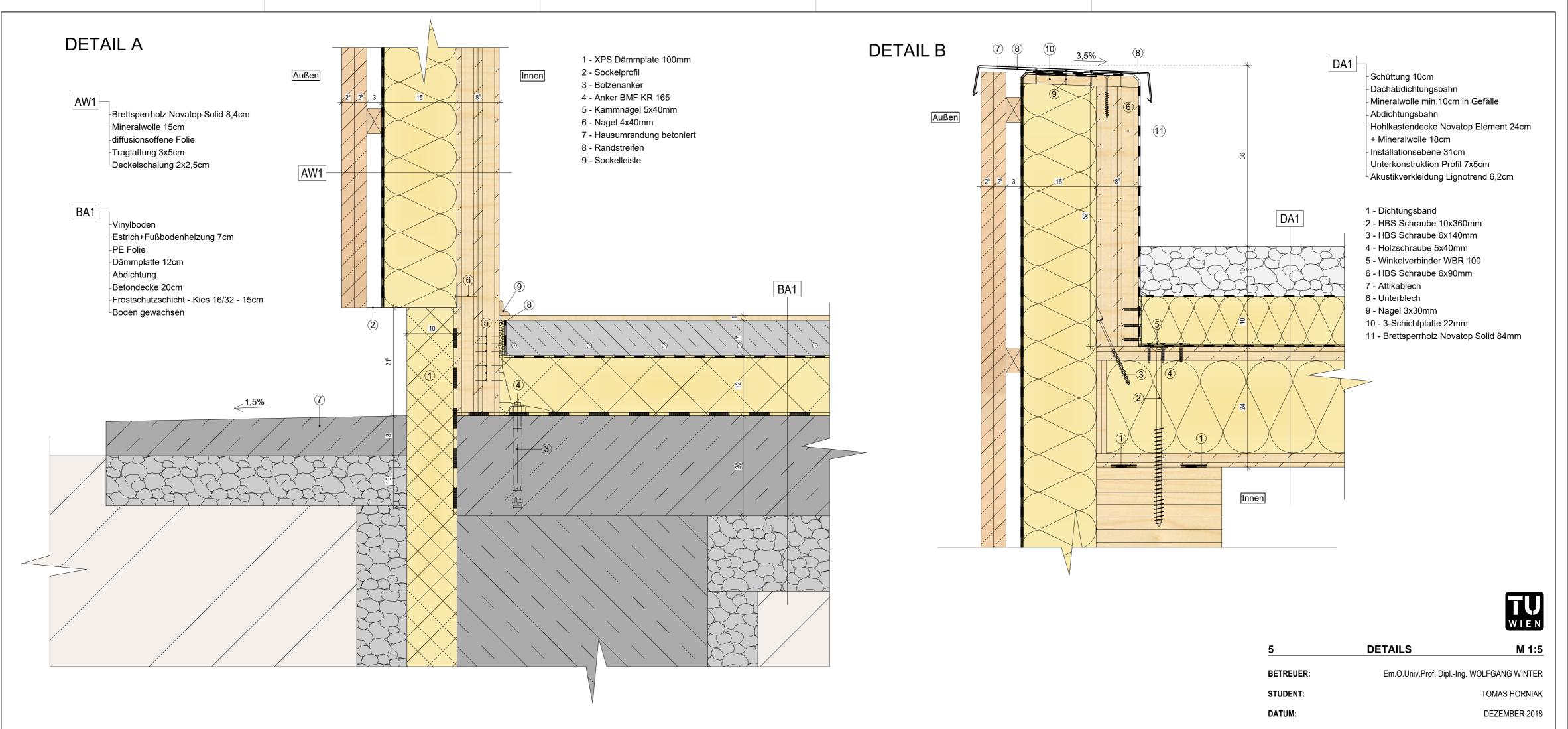
AUFBAUTEN M 1:10

**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT: TOMAS HORNIAK

DATUM: DEZEMBER 2018

H/B = 297 / 210 (0.06m<sup>2</sup>)



 $H/B = 297 / 630 (0.19m^2)$ 







6 VISUALISIERUNG M 1:X

**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT: TOMAS HORNIAK

**DATUM:** DEZEMBER 2018

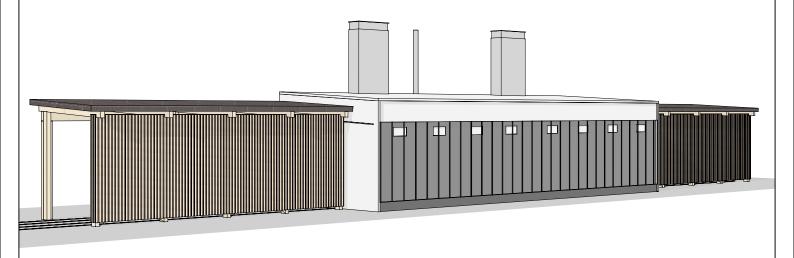
#### TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

Fakultät für Architektur und Raumplanung

Institut für Architekturwissenschaften - Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau



# 6.4 ENTWURF EINER TROCKNUNGSHALLE



**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-lng. WOLFGANG WINTER

STUDENT: TOMAS HORNIAK

DATUM: DEZEMBER 2018

## Vorpuffer/Nachpuffer (2x)

Abmessungen (Grundriss) 15,4 x 5,72m

Nutzfläche 80,80m<sup>2</sup>

Dachform Pultdach

Abmessungen (Dach) 16,25 x 6,4m

Firsthöhe 6,22m

Dachneigung 4°

Binderabstand 3,795m

Eindeckung Trapezblech

Pfetten durchlaufend auf den Bindern

Aussteifung (Wand) 3-Schichtplatte

Aussteifung (Dach) Zug-/Druckstab (Stahl)

Holzmenge 23,0m<sup>3</sup>

## Trocknungskammer

Abmessungen (Grundriss) 25,92 x 9,235m

Nutzfläche 228,3m<sup>2</sup>

Dachform Pultdach

Abmessungen (Dach) 25,92 x 9,235m

Firsthöhe 6,805m

Dachneigung 4°

Binderabstand 3.1m

Eindeckung Isoliertes Sandwichelement Kingspann KS1000RW

Pfetten durchlaufend auf den Bindern

Aussteifung (Wand) Zug-/Druckstab (Stahl)

Aussteifung (Dach) Zug-/Druckstab (Stahl)

Holzmenge 25,5m<sup>3</sup>

Grundvoraussetzung für die Gestaltung des Gebäudes war eine jährliche Trockenholzmenge - 6000m³/Jahr, davon 4000m³ Bretter/Bohlen und 2000m³ Bauholz (Balken). Auf der Grundlage dieser Eingangsdaten wurde eine Berechnung durchgeführt, aus der eine Holztrocknungsanlage mit einem Volumen von 180 m³ und der Möglichkeit der Trocknung von ca. 6400m³ Holz pro Jahr entworfen wurde. Die vorgeschlagene Trocknungsanlage besteht aus 3 separaten Gebäuden - Vorpuffer, Trocknungskammer und Nachpuffer. Die Trocknungskammer kann bei Bedarf in zwei separate Kammern unterteilt werden, und das Holz kann in zwei separaten Kammern mit unterschiedlichen Feuchtigkeitsanforderungen getrocknet werden. Beide Kammern haben einen separaten Zugang und sind daher unabhängig.

Alle Objekte haben eine rechteckige Form, sind einstöckig und werden durch ein System von Pultdächern abgedeckt. Die tragenden Konstruktionen der Gebäude bestehen aus Rahmensystemen aus Brettschichtholz GL24h und die Aussteifung aus Zug-/Druckstäbe und Dreischichtplatten. Vorpuffer/Nachpuffer dient als Wetterschutz sowie Vortrocknung. Das Dach ist mit einem trapezförmigen Blech mit einer Neigung von 4°(7%) bedeckt. Die Trockenkammer ist mit Kingspan KS1000RW isolierten Polyurethan-Sandwichpanels mit einer Kernstärke von 100 mm verkleidet. Die Bodenkonstruktion ist mit einer XPS-Dämmplatte mit einer Dicke von 100 mm isoliert. Die Dachkonstruktion hat eine Neigung von 4°(7%). Übergänge und Verbindungen zwischen den einzelnen Teilen der Fassade (Dach, Wand, Ecken usw.) werden mit gebogenen Metallprofilen, Verbindungs- und Dichtungsmaterialien verbunden. Der Transport des Holzes zur Holztrocknungsanlage und aus der Holztrocknungsanlage wird durch das Schienensystem LOXrail 80 sichergestellt, das aus vier Schienen und Rollwagen besteht, die vom Verwaltungsgebäude oder direkt vor Ort elektronisch gesteuert werden.

Es gibt auch 3 kleine separate Objekte - Elektrozentrale, Biomasse-Heizanlage und Schubbodencontainer. Elektrozentrale versorgt die Holztrocknungsanlage mit elektrischer Energie und ermöglicht die Fernsteuerung des gesamten Trocknungsprozesses vom Verwaltungsgebäude aus. Bei Bedarf Trocknungsprozess auch direkt aus der Elektrozentrale gesteuert werden. Biomasse-Heizanlage erzeugt thermische Energie für den Trocknungsprozess. Das Entwurf beinhaltet ein innovatives Konzept einer Trocknungslösung, die den praktischen Einsatz von Sonnenstrahlung (Trombe-Wand) zur Frischluftvorwärmung und Nachwärmung auf die gewünschte Temperatur unter Verwendung eines Wassersystems (Hypoplan-System) kombiniert, das von einem Biomassekessel mit Restholz (Schubbodencontainer) aus dem Sägewerk unterstützt wird.

## **Trocknunskonzept**

(A) Frische Luft und Sonnenstrahlung treten durch die perforierte transparente Polycarbonatplatte von LUBI. Ein Teil der Wärme wird in die Platte aufgenommen. Sobald die Sonnenstrahlung die Ziegelmauer erreicht, wird die Wand zum Absorber. In diesem Moment verwandelt sich die Sonnenstrahlung in Wärme. Wärme wird als heiße Luft zwischen Wand und Paneel aufgefangen. Der Luftspalt wird auch als Auffangbehälter bezeichnet. Bei optimalen Sonnenbedingungen kann die Lufttemperatur in der Kammer bis zu 45° C über der Umgebungstemperatur erreichen. Anschließend wird mit kleinen Ventilatoren die Luft in die Zwischenkammer (B) geblasen, wo sie primär mit einem (Hypoplan-System-) Heizsystem, das von einem Biomassekessel und sekundär einer Strahlung aus Mauerwand betrieben wird, auf eine erforderliche Temperatur unter 100°C erhitzt wird. Anschließend wird die erwärmte Luft durch das Lüftersystem in die Hauptkammer (C) eingetrieben. Die erwärmte, trockene Zuluft umströmt das Schnittholz (Konvektion) und nimmt dabei Feuchtigkeit auf. Dann wird sie über eine Abluftklappe nach außen abgeführt (D). Um gegebenenfalls die Luftfeuchte in der Trockenkammer zu erhöhen, sind die Trockenkammern mit einer Sprüheinrichtung versehen.

Bei geringer Sonneneinstrahlung schließt die Zwischenkammer und der gesamte Luftheizungsprozess funktioniert nur über das Wassersystem (Hypoplan-System).

Der Wirkungsgrad des LUBI-Panels beträgt selbst bei minimalem Luftstrom rund 80%. Dies ist der höchste Wert, der mit dem Einschicht-Solarmodul-Prinzip erzielt wird. Der große Vorteil ist, dass der hohe Wirkungsgrad auch bei unterschiedlichen Luftströmen durch das Panel erhalten bleibt. Plötzliche Windveränderungen wirken sich daher nicht wesentlich auf die Leistung des Panels aus.

## Planung von Holztrocknungsanlage

Holzart - Fichte

Holzabmessungen - bis 10m

Holzvolumen - 6000m3/Jahr -

- 4000m3 Bretter/Bohlen, Längen 3,0 ....6,0m, Dicken 18...70mm, Anfangsfeuchte 50%, Endfeuchte 10%
- 2000m3 Bauholz (Balken), Längen bis 10m, Dicken 120...240mm, Anfangsfeuchte 50%, Endfeuchte 15%

Stappelabmessungen 1,2m breit, ca. 2,0m hoch, Länge 3-10m

Stapellatten 22mm

Vortrocknung möglich (nicht berücksichtigt in Berechnung)

Wasserentzug – Rohdichte Fichte = 450kg/m3, die maximale Volumenschwindung bei ca. 12%

#### Masse des darrtrockenen Holzes:

 $m_0$ = 6000 x (1-0,12) x 450kg= 2 376 000 kg = 2376 t

u<sub>a</sub>=50% (Anfangsfeuchte)

u<sub>e</sub>=10% (Endfeuchte)

#### Masse des aus dem Holz zu entziehenden Wasser

 $m_w = 2376 \times (0,5-0,1) = 951 t$ 

#### Notwendiger Wärmeenergiebedarf

Bei Frischluft-Abluft je kg Wasserentzug bei Nadelholz ca.1,5 kWh benötigt

 $W = 951 \times 1,5 = 1427 \text{ MWh/a} = 1427 000 \text{ kWh/a}$ 

Wärmeverlust ca. 30%

W=1427 / (1-0,3) = 2039 MWh/a = notwendiger Wärmeenergiebedarf pro Jahr

#### Schätzung von Anzahl und Größe der Anlagen

Frischablufttrocknung – Trocknungszeit:

Bretter/Bohlen - 120h/Charge

Bauholz großer Abmessungen 384h/Charge

Mittlere Trocknungszeit  $t_{tr}$ = (120 x 4000m3 + 384 x 2000m3)/ (2000+4000) = 208 h/Ch

Chargen pro Jahr – Wirschaftlichkeit – mindestens 320 d/a = 320 x 24 = 7680h/a

 $Nch = t_i/t_{tr} = 7680 / 208 = 37 Ch/a$ 

66% Bretter/Bohlen (4000m3) = 25 Ch/a

33% Bauholz (2000m3) = 12 Ch/a

Kapazität in m3 Holz je Charge Kch

 $K_{ch} = 6000/37 = 162m3/Ch$ 

## <u>Errechnung des benötigten Nutzraum = V<sub>n</sub></u>

V<sub>Nst</sub> = der Stapelraum eines Stapels

f<sub>s</sub> = Stapelfaktor

Holzvolumen eines Stapel =  $V_{HSt}$ =  $V_{NSt}$  x  $f_s$ 

Anzahl Stapel je Charge n<sub>St</sub>= K<sub>Ch</sub>/ V<sub>HSt</sub>

Länge f<sub>i</sub>=0,9 angenommen für alle Sortimente

Breite fb=0,8 angenommen für alle Sortimente

Höhe f<sub>h</sub>= aus Lagenzahl zu berechnen

Höhe des Stapels= 2000mm

Anzahl der Lagen bei Bretter/ Bohlen (mittlere Höhe = 40mm), Stapellatten 22mm,

n = 2000/(40+22) = 32 Lagen

Anzahl der Lagen bei Bauholz (mittlere Höhe = 160mm), Stapellatten 22mm,

n = 2000/(160+22) = 11 Lagen

#### Faktor der Höhe

Bretter/ Bohlen  $f_d = (32 \times 40)/(32 \times 40 + 31 \times 22) = 0.65$ 

Bauholz  $f_d = (11 \times 160)/(11 \times 160 + 10 \times 22) = 0.89$ 

Stapelfaktor Bretter/ Bohlen  $f_{s, Bretter} = 0.9 \times 0.8 \times 0.65 = 0.47$ 

Stapelfaktor Bauholz  $f_{s, Bauholz} = 0.9 \times 0.8 \times 0.89 = 0.64$ 

#### <u>Holzvolumen</u>

Stappelabmessungen 1,2m breit, 2,0m hoch, 6,0 m lang

 $V_{HSt, Bretter} = 1.2 \text{ x} (h = 32 \text{ x} 0.040 + 31 \text{ x} 0.022) \text{ x} 6.0 \text{ x} 0.47 = 6.64 \text{ m} 3$ 

 $V_{HSt, Bauholz} = 1.2 \text{ x}$  (h= 11 x 0.16 + 10 x 0.022) x 6.0 x 0.64 = 9.12 m3

 $V_{HSt, mittel} = (6.64 \times 4000 + 9.12 \times 2000) / 6000 = 7.46 \text{ m} 3 \text{ Holz/ Stapel}$ 

Stapelanzahl mittel  $n_{st} = K_{Chm} / V_{HStm} = 162 / 7,46 = 21,7 = 22$  Stapel / Charge

## Aufteilung der Stapel, Kammeranzahl und -größe:

Nutzlänge gewählt: 4x6,0m

bleibt Stapelanzahl in Querschnitt: 22 Stapel/ 4 Stapel in Länge = 5,5 = 6 Stapel

Anzahl Stapel in der Höhe gewählt: 2 Stapel

Daraus Höhe der Kammer bei 10cm Durchlage:

$$H_n = 2x2,0+0,1=4,1m$$

Anzahl Stapel in Breite: 6/2 = 3

Luftweg in m bei Stapelbreite = 3x1,2 = 3,6m (Luftweg soll nicht 10m überschreiten)

### Kontrolle:

 $V_h$  der Kammer = 4 St. x 2St. x 3St. x 7,46m<sup>3</sup>/St. = **179,0 m<sup>3</sup>** 

Manipulationszeit Frontstapler: t<sub>m</sub> = 179,0 x 3 min/m<sup>3</sup> x 1/60 h/min = 8,95 h/Kammer

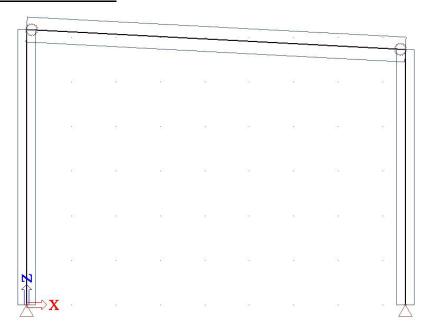
 $N_{Ch korr.} = 179,0 \times 36 \text{ m}^3 \text{ Holz/a} = 6444 \text{ m}^3/\text{a}$ 

 $K_{j \text{ ist}} = 7680/\text{ } (208+8,95) = 35,3 = 35 \text{ Ch/a}$ 

Installiert werden soll eine Trocknungsanlage mit einem Holzinhalt 179m3. Getrocknet werden können ca. 6400m3 Holz pro Jahr.

#### **Statische Berechnung**

#### 2D Modell der Konstruktion



#### Lasten:

Belastungsfläche: Bf = 6,6m<sup>2</sup> (Knotenkraft von Pfette in 1/4 der Länge)

Eigenlast: wird automatisch in das Berechnungsprogramm aufgenommen

Last der Dachkonstruktion:  $g_{1k} = 0.5 \text{ kN.m}^2$ .Bf  $g_{1k} = 3.30 \text{ kN}$ 

Nutzlast:  $g_{2k} = 1 \text{ kN.m}^2.\text{Bf}$   $g_{2k} = 6,60 \text{ kN}$ 

Schneelast:  $s = 1,12 \text{ kN.m}^2$ .Bf s = 7,392 kN

Hlinik nad Hronom - Zone IV (STN EN 1991-1-3 NA1)

Meereshöhe - 293m ü.d.M

#### Material:

BSH-Fichte, Festigkeitsklasse GL24h

Gebrauchsklasse: 1

Berechnung  $k_{mod}$  nach DIN 1052:

$$k_{mod} = \frac{g_{1k}.0,6 + g_{2k}.0,7 + s.0,8}{g_{1k} + g_{2k} + s} = 0,724$$

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M}$  = 1,25 (BSH)

## Festigkeitseigenschaften:

$$f_{m.y.k}$$
 =24MPa

$$f_{v.k}$$
 =2,7MPa

$$f_{m.y.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m.y.k}}{Y_{M}} = 13,894 \text{ MPa}$$

$$f_{v.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{V_{M}} = 1,563 \text{ MPa}$$

## **DACHTRÄGER**

Bemessung:

Systemabmessungen:

$$b = 220 mm$$

$$h = 560 mm$$

$$L = 8.5 m$$

Trägheitsmoment:

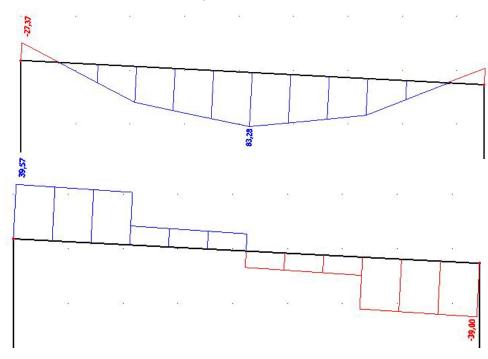
$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 3,220 \cdot 10^{-3} \, \text{m}^4$$

Widerstandsmoment:

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0.011 \cdot m^3$$

Statisches Moment:

$$S_y = \frac{1}{8} \cdot b \cdot h^2 = 8,624 \cdot 10^{-3} \, m^3$$



$$M_y = 84 \text{ kN.m}$$

$$V_Z = 40kN$$

$$\sigma_{m.y.d} = \frac{M_y}{W_y} = 7,305 \text{ MPa}$$

$$T = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot b_p \cdot 0.67} = 0.727 \text{ MPa}$$

#### Tragfähigkeitnachweis:

$$\sigma_{m.y.d} < f_{m.y.d} \land T < f_{v.d} \longrightarrow 7,305 < 13,894 \land 0,727 < 1,563$$

Ausnutzung des Querschnitts:

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 52,577 \%$$

$$\frac{T}{f_{V,d}} = 46,502 \%$$

#### Gebrauchstauglichtkeitsnachweis

Durchbiegung infolge ständigen Lasten:

$$w_{a.inst} = 4.3 \, mm$$

Durchbiegung infolge Nutzlasten:

$$w_{q.inst} = 9 mm$$

Durchbiegung Grenzwert:

$$w_{lim} = \frac{L}{250} = 34 \text{ mm}$$

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$\Psi_2 = 0.2$$

$$k_{def} = 0.6$$

$$w_{fin} = w_{g.inst} \cdot (1 + k_{def}) + w_{g.inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 16,96 \text{ mm}$$

$$w_{fin} < w_{lim} \longrightarrow 16,96 < 34mm$$

Ausnutzung des Querschnitts:  $\frac{w_{fin}}{w_{lim}} = 49,882 \%$ 

#### **STÜTZE**

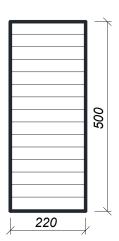
Systemabmessungen: 
$$b = 220 \, mm$$

$$h = 500 \, mm$$

$$L = 6180 \, mm$$

$$L_{cr.v} = 1.5 \cdot L$$

$$L_{cr.z} = 2L$$



$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 2,292 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$I_Z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = 4,437 \cdot 10^{-4} m^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 9,167 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$W_Z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = 4,033 \cdot 10^{-3} \, \text{m}^4$$

$$N_{max} = 66 \, kN$$

$$M_{v.S1} = 27 \, kN. \, m$$

$$M_{z,S1} = 0 \text{ kN.m}$$

#### Tragfähigkeitnachweis:

$$f_{c,0,k} = 24MPa$$

5% Quantile des Elastizitätsmoduls parallel:

$$E_{0.g.05} = 9400 \, MPa$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{b \cdot h}} = 0.144 \ m$$
  $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{b \cdot h}} = 0.064 \ m$ 

$$i_Z = \sqrt{\frac{I_Z}{b \cdot h}} = 0.064 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr.y}}{i_v} = 64,224$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr.y}}{i_v} = 64,224$$
  $\lambda_z = \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 194,62$ 

$$\lambda_{rel.y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.g.05}}} = 1,033$$

$$\lambda_{rel.z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.g.05}}} = 3,130$$

$$k_y = 0.5 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.3) + \lambda_{rel.y}^2] = 1,07$$

$$k_z = 0.5 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\lambda_{rel.z} - 0.3) + \lambda_{rel.z}^2] = 5,541$$

Knickbeiwert:

$$k_{Cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}} = 0.741$$

$$k_{CZ} = \frac{1}{k_Z + \sqrt{k_Z^2 - \lambda_{rel.Z}^2}} = 0,099$$

Beiwert:

$$k_{mod} = 0.7$$

Partialfaktor:

$$Y_{M} = 1.25$$

Bemessungswert Druckfestigkeit:

$$f_{c.0.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{Y_M} = 13,44 \text{ MPa}$$

Bemessungswerte der Spannungen:

$$\sigma_{c.0.d} = \frac{N_{max}}{b \cdot h} = 0.6 MPa$$

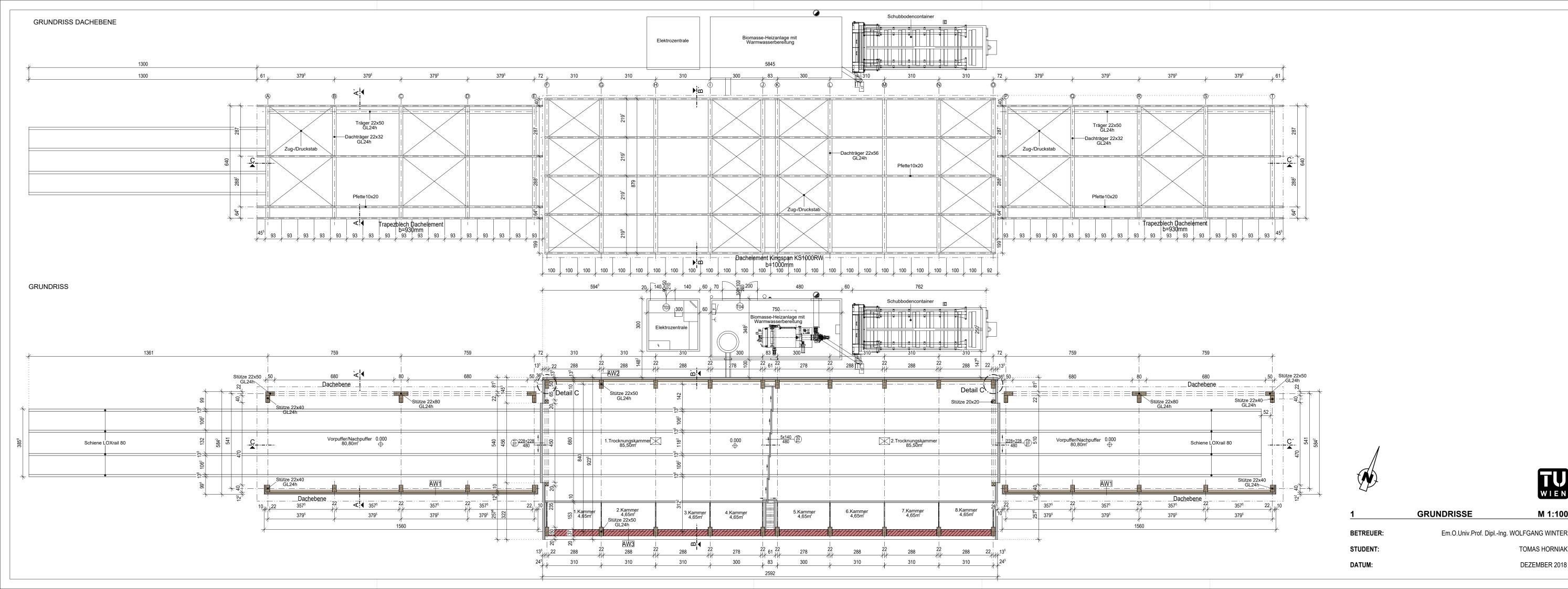
$$\sigma_{m.y.d} = \frac{M_{y.S1}}{W_y} = 2,945 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m.z.d} = \frac{M_{z.S1}}{W_z} = 0 MPa$$

Ausnutzung des Querschnitts:  $k_m = 0.7$ 

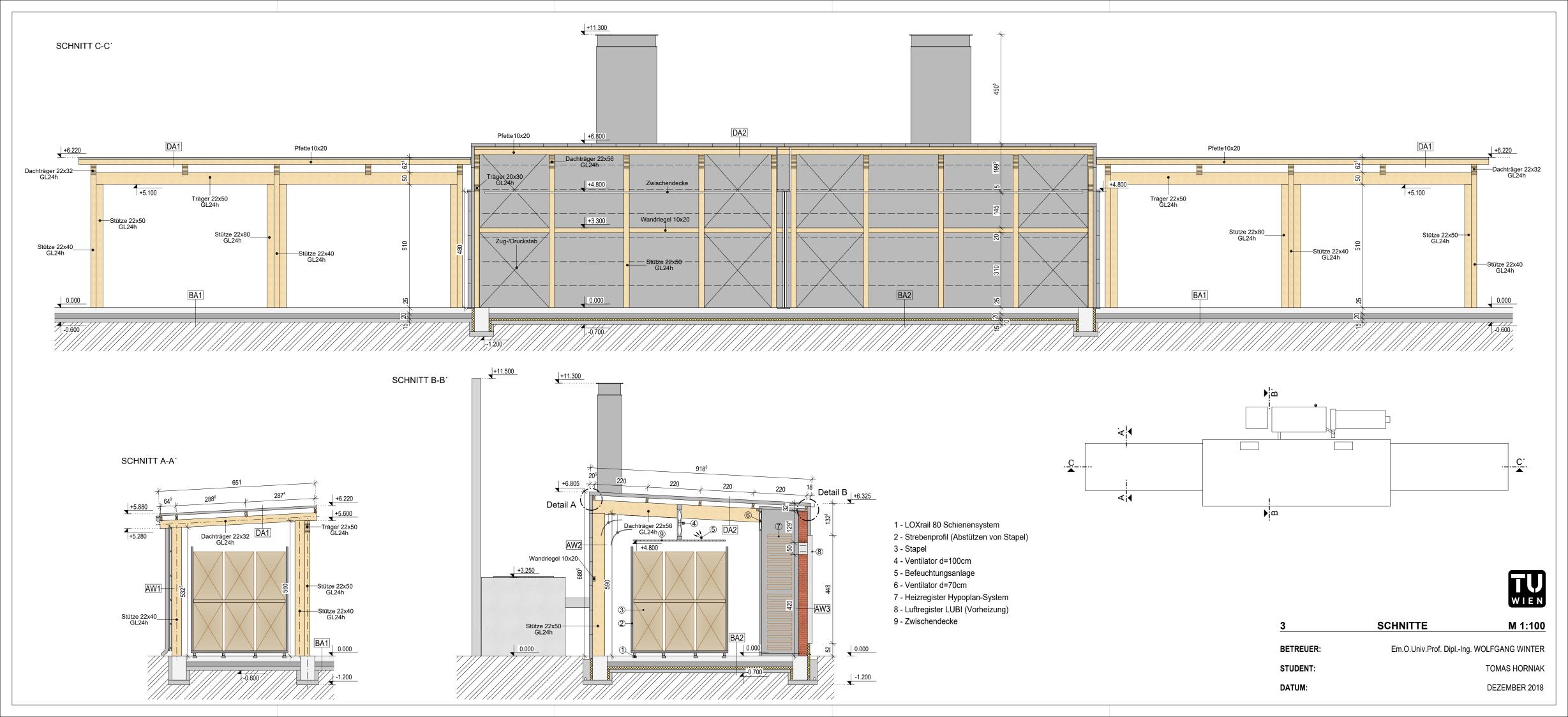
$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d} \cdot k_{cy}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.y.d}} = 27,225 \%$$

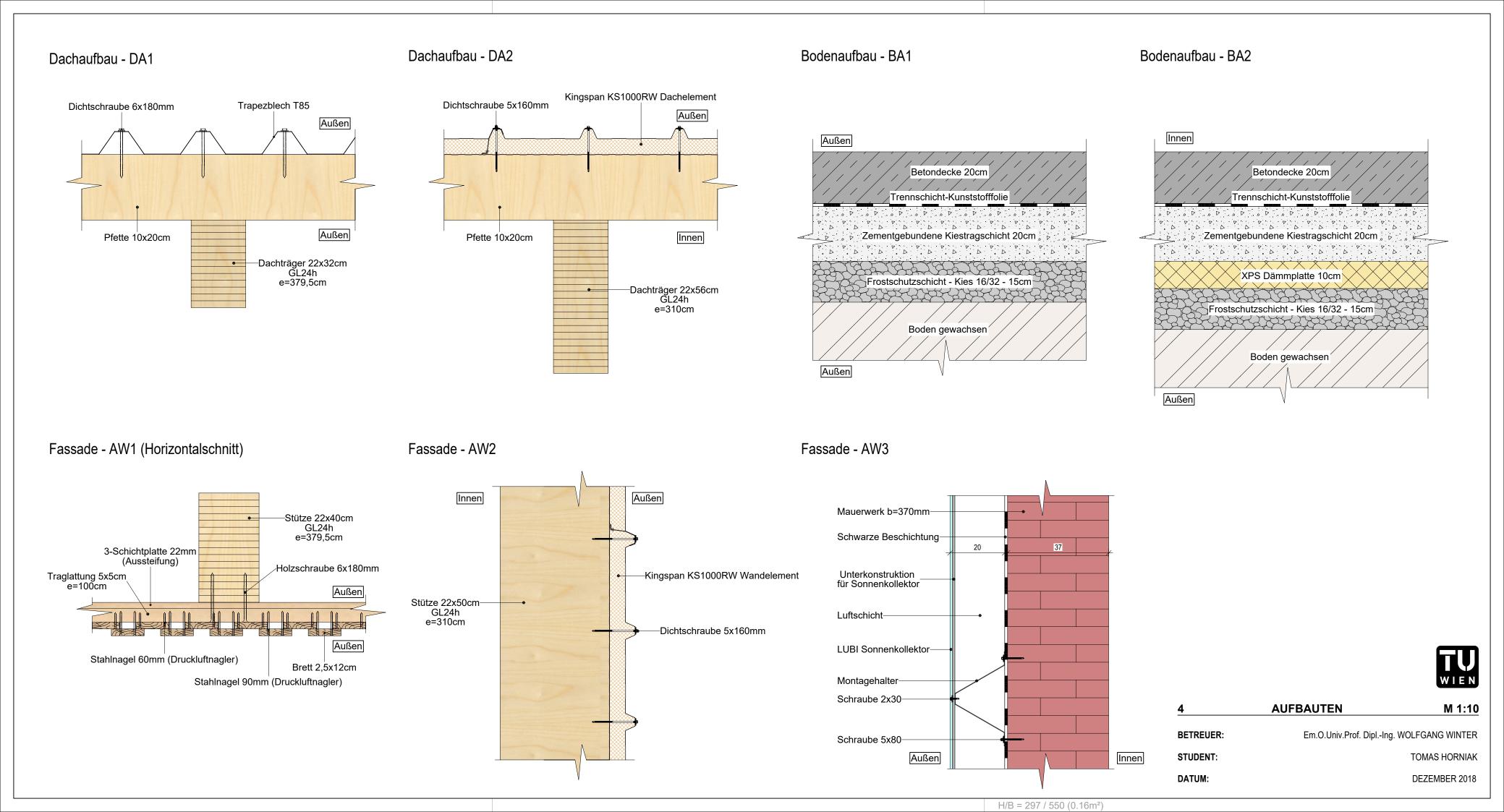
$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d} \cdot k_{cz}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.y.d}} = 59,984 \%$$



M 1:100

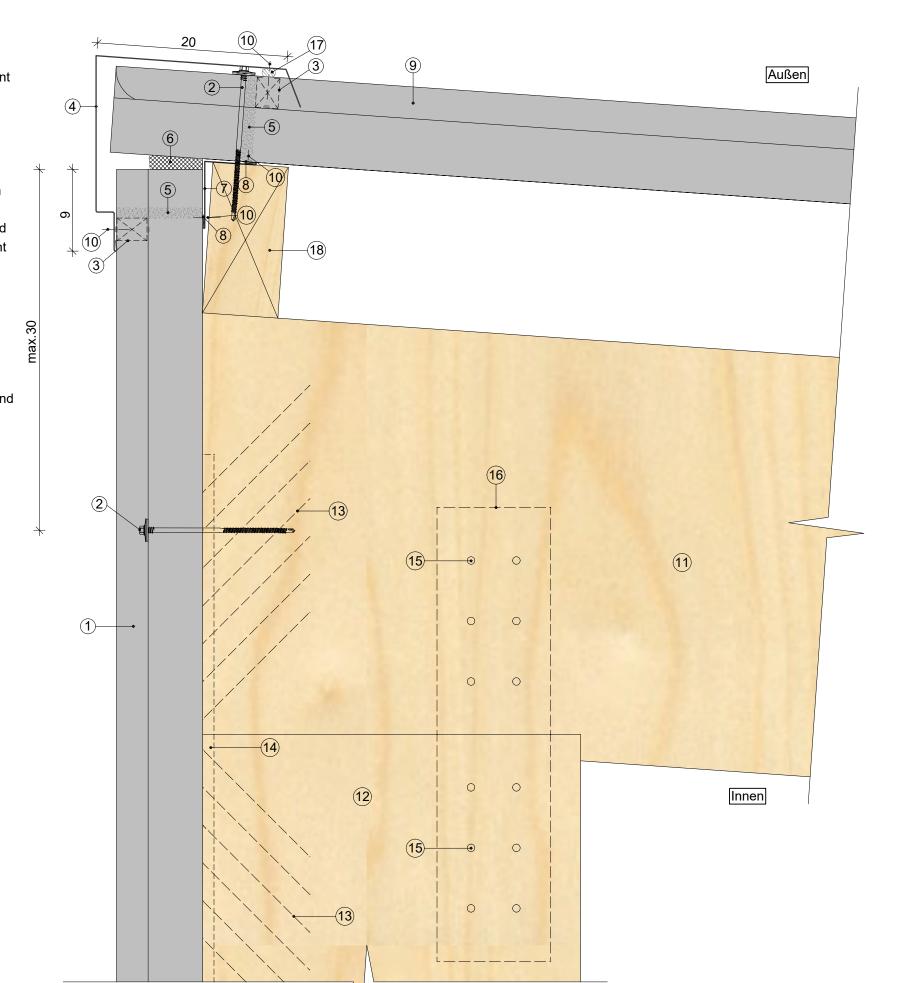


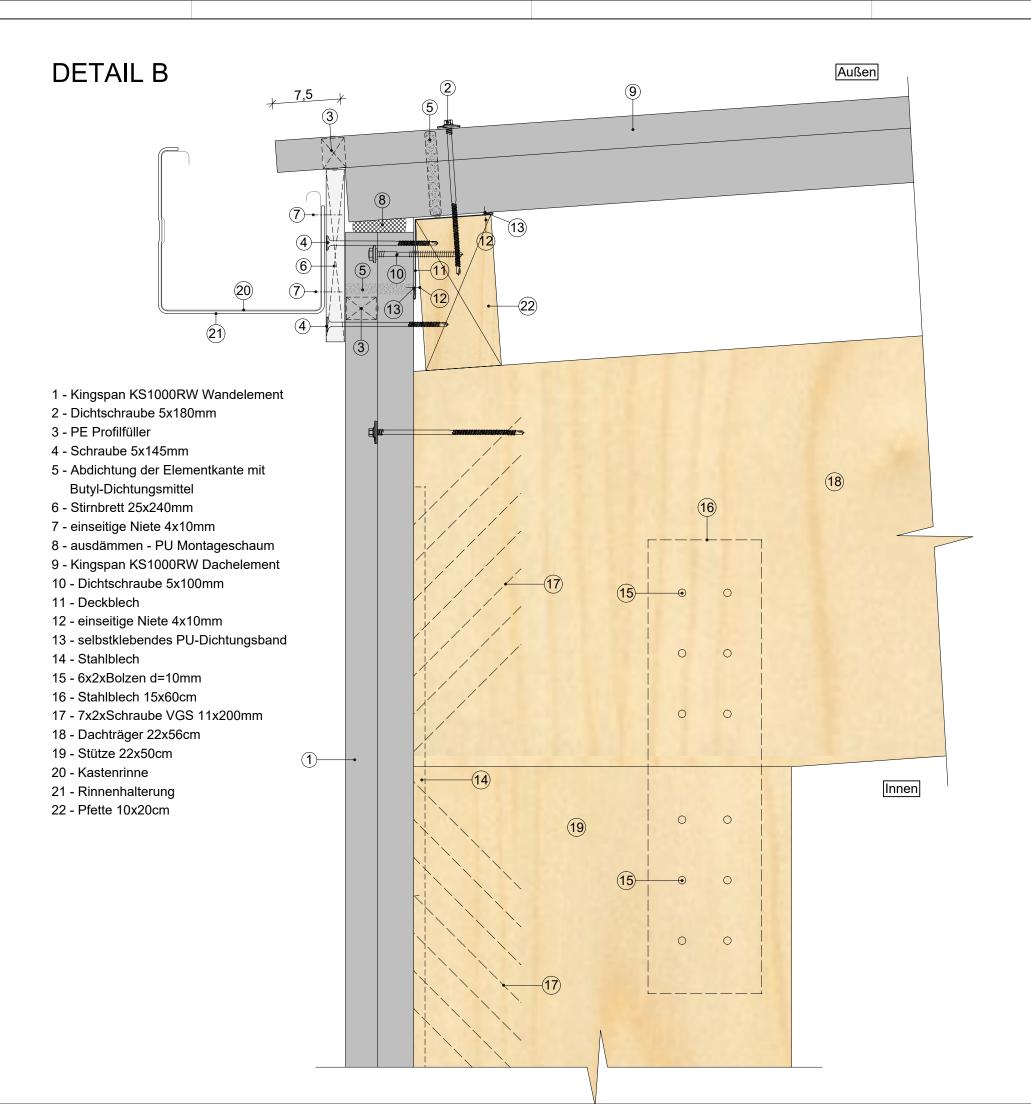




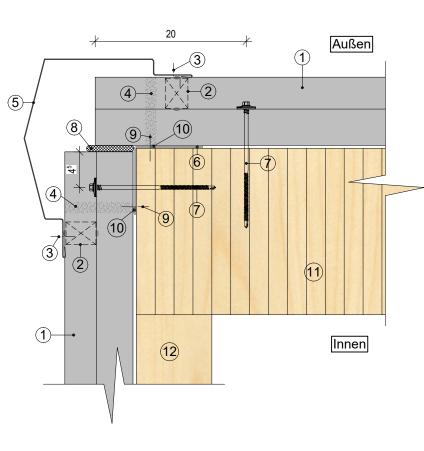
# **DETAIL A**

- 1 Kingspan KS1000RW Wandelement
- 2 Dichtschraube 5x180mm
- 3 PE Profilfüller
- 4 Pultfirstblech
- 5 Abdichtung der Elementkante mit Butyl-Dichtungsmittel
- 6 ausdämmen PU Montageschaum
- 7 Deckblech
- 8 selbstklebendes PU-Dichtungsband
- 9 Kingspan KS1000RW Dachelement
- 10 einseitige Niete 4x10mm
- 11 Dachträger 22x56cm
- 12 Stütze 22x50cm
- 13 7x2xSchraube VGS 11x200mm
- 14 Stahlblech
- 15 6x2xBolzen d=10mm
- 16 Stahlblech 15x60cm
- 17 selbstklebendes PU-Dichtungsband
- 18 Pfette 10x20cm





# DETAIL C



- 1 Kingspan KS1000RW Wandelement
- 2 PE Profilfüller
- 3 einseitige Niete 4x10mm
- 4 Abdichtung der Elementkante mit
- Butyl-Dichtungsmittel
- 5 Eckprofil
- 6 Deckprofil
- 7 Dichtschraube 5x160mm
- 8 ausdämmen PU Montageschaum
- 9 Schraube 3x40mm
- 10 selbstklebendes PU-Dichtungsband
- 11 Stütze 22x50cm
- 12 Wandriegel 10x20cm



M 1:5

TOMAS HORNIAK

DETAILS

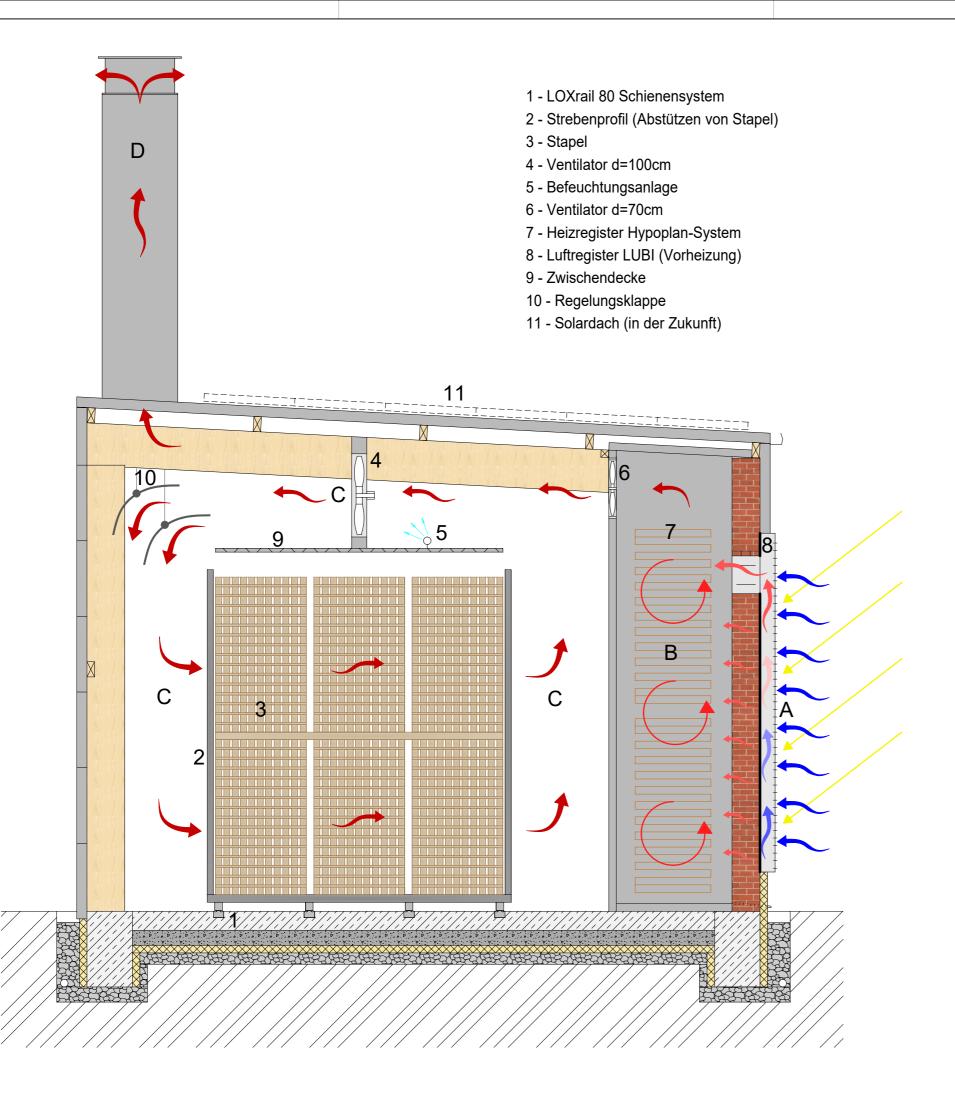
BETREUER:

Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT: DATUM:

DEZEMBER 2018

 $H/B = 297 / 750 (0.22m^2)$ 



(A) Frische Luft und Sonnenstrahlung treten durch die perforierte transparente Polycarbonatplatte von LUBI. Ein Teil der Wärme wird in die Platte aufgenommen. Sobald die Sonnenstrahlung die Ziegelmauer erreicht, wird die Wand zum Absorber. In diesem Moment verwandelt sich die Sonnenstrahlung in Wärme. Wärme wird als heiße Luft zwischen Wand und Paneel aufgefangen. Der Luftspalt wird auch als Auffangbehälter bezeichnet. Bei optimalen Sonnenbedingungen kann die Lufttemperatur in der Kammer bis zu 45° C über der Umgebungstemperatur erreichen. Anschließend wird mit kleinen Ventilatoren die Luft in die Zwischenkammer (B) geblasen, wo sie primär mit einem (Hypoplan-System-) Heizsystem, das von einem Biomassekessel und sekundär einer Strahlung aus Mauerwand betrieben wird, auf eine erforderliche Temperatur unter 100°C erhitzt wird. Anschließend wird die erwärmte Luft durch das Lüftersystem in die Hauptkammer (C) eingetrieben. Die erwärmte, trockene Zuluft umströmt das Schnittholz (Konvektion) und nimmt dabei Feuchtigkeit auf. Dann wird sie über eine Abluftklappe nach außen abgeführt (D). Um gegebenenfalls die Luftfeuchte in der Trockenkammer zu erhöhen, sind die Trockenkammern mit einer Sprüheinrichtung versehen.

Bei geringer Sonneneinstrahlung schließt die Zwischenkammer und der gesamte Luftheizungsprozess funktioniert nur über das Wassersystem (Hypoplan-System).

Der Wirkungsgrad des LUBI-Panels beträgt selbst bei minimalem Luftstrom rund 80%. Dies ist der höchste Wert, der mit dem Einschicht-Solarmodul-Prinzip erzielt wird. Der große Vorteil ist, dass der hohe Wirkungsgrad auch bei unterschiedlichen Luftströmen durch das Panel erhalten bleibt. Plötzliche Windveränderungen wirken sich daher nicht wesentlich auf die Leistung des Panels aus.



TROCKNUNGSKONZEPT

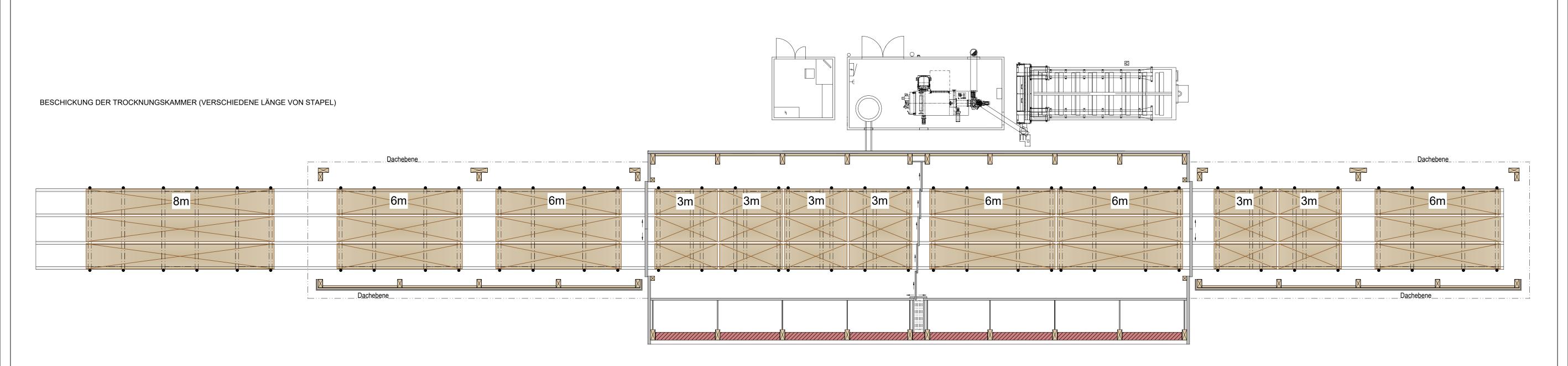
DATUM:

M 1:50

**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT: TOMAS HORNIAK

DEZEMBER 2018





BESCHICKUNG DER TROCKNUNGSKAMMER M 1:100

**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

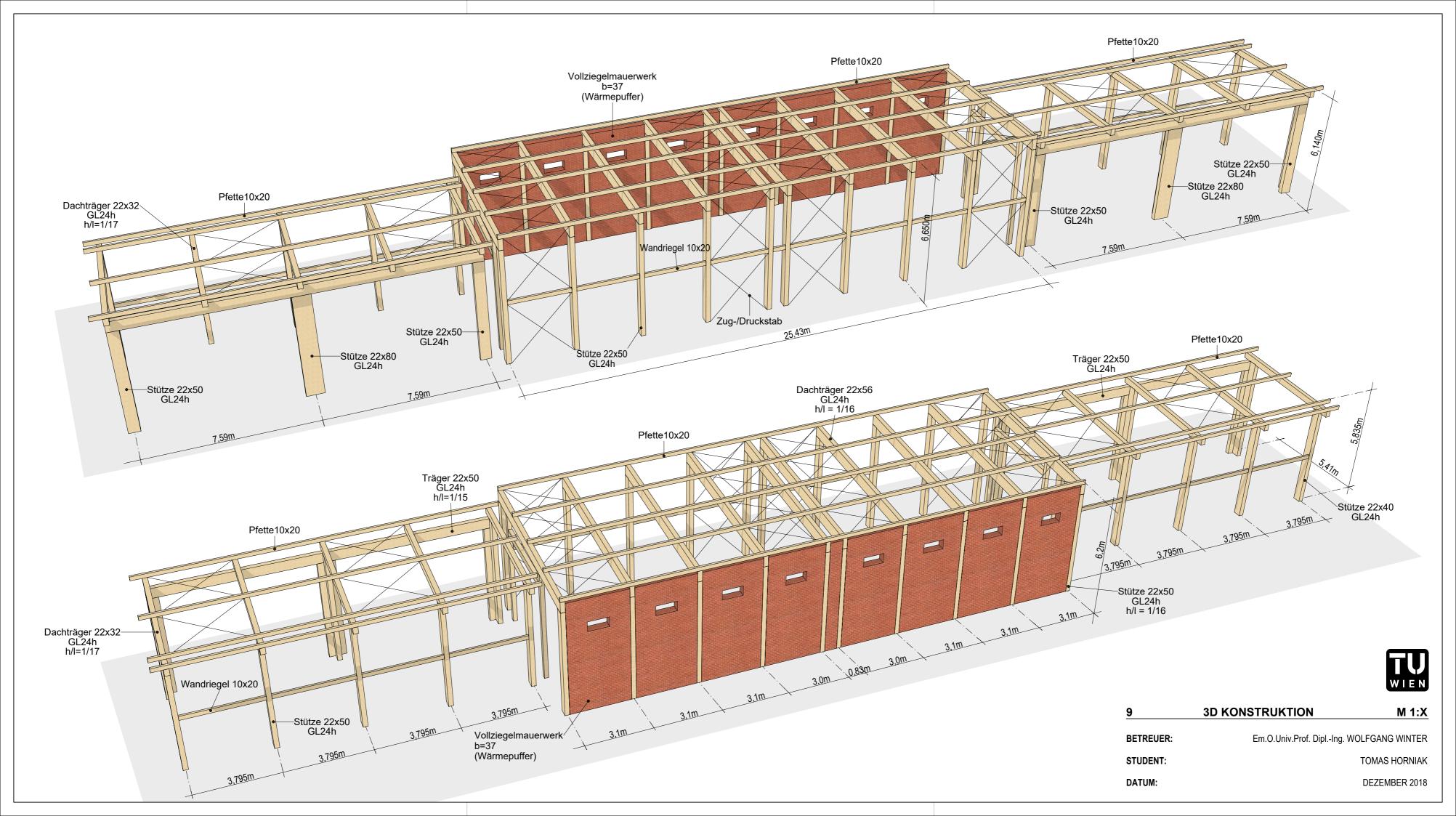
STUDENT: TOMAS HORNIAK





**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-lng. WOLFGANG WINTER

STUDENT: TOMAS HORNIAK



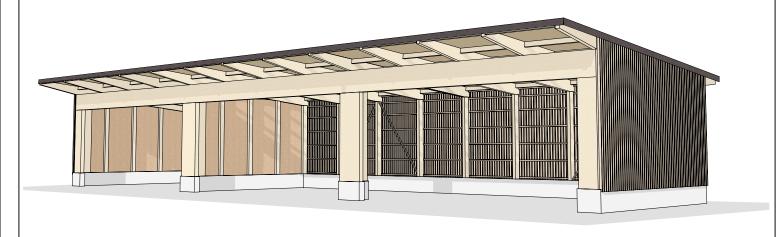
TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

Fakultät für Architektur und Raumplanung

Institut für Architekturwissenschaften - Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau



# 6.5 ENTWURF EINER LAGERHALLE



**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-lng. WOLFGANG WINTER

**STUDENT:** TOMAS HORNIAK

Abmessungen (Grundriss) 45 x 10m

Lagerfläche 430,5m<sup>2</sup>

Vordach 3,0m und 1,8m

Dachform Pultdach

Abmessungen (Dach) 45x15m

Firsthöhe 8,01m

Dachneigung 4°

Binderabstand 3,75m

Eindeckung Trapezblech

Pfetten eingehängt, Anschluß sichtbar mit Balkenschuhen

Aussteifung (Wand) Druckriegel (Schnittholz)

Aussteifung (Dach) Rauhschalung, diagonal

Holzmenge 69,0m<sup>3</sup>

Der Entwurf orientiert sich insbesondere an den technischen und räumlichen Anforderungen des Investors, nämlich dem Erfordernis von zwei separaten Teilen - einem Vortrocknungsbereich und einem Trockenlagerbereich mit einer Gesamtkapazität von ca. 2000m³=60 Stapel.

Die Lagerhalle hat eine klare Konstruktionsphilosophie. Dies ist ein Quader mit einem Grundriss von 15x10 m und einer Höhe von 6,5 m. Der Quader wird noch zweimal wiederholt und ergibt eine Gesamtlänge der Halle von 3x15=45 m, mit einer Länge von 30 m für die Lagerung von trockenem Holz und 15 m für die Vortrocknung. Das Dach ist als Pultdach mit einer Neigung von 4° ausgeführt und mit einem Trapezblech abgedeckt. Die Aussteifung in Dachebene besteht aus der diagonal angeordneten Rauhschalung, auf der sich die Unterdachfolie befindet, die die Gefahr des Eindringens von Wasser und das anschließende Durchnässen von trockenem Holz verhindert.

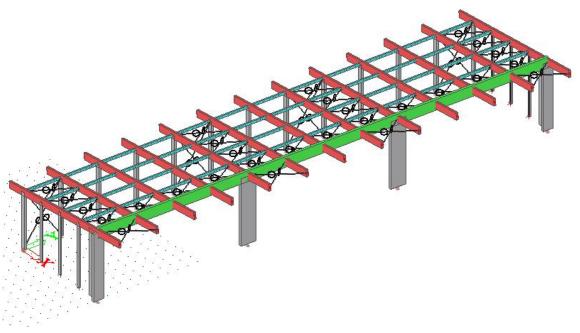
Die tragende Konstruktion des Objektes besteht aus einem Rahmensystem aus Brettschichtholz GL24h, das auf dem Stahlbetonsockel montiert ist, das als Feuchtigkeitsschutz und gleichzeitig als Schutz der Holzkonstruktion gegen das Aufschlagen des Gabelstaplers beim Umgang mit dem Holz dient . Die Wandverstärkung wird wie folgt gelöst: Die Giebelwände werden durch die Dreischichtplatten verstärkt und die Rückwand des Gebäudes wird mit Druckriegel verstärkt. Die Fassade der Halle setzt sich aus der Deckelschalung aus Fichtenholz

zusammen, die mit anderen Gebäuden im Entwurf vereint ist. Ein Teil der Halle zum Vortrocknen des Holzes ist von zwei Seiten offen, um den Luftstrom zu ermöglichen und den natürlichen Trocknungsprozess zu beschleunigen. Die Ausrichtung des offenen Teils ist durch die vorherrschende Windrichtung - nach Nordosten gegeben. Um das Holz im Winter zu schützen, wird an der Nordwestwand ein Stahlgewebe mit einem kleinen Raster angebracht, das jedoch den Luftstrom zulässt. Von der Südostseite (offener Teil der Halle) ist es möglich, eine transparente PVC-Folie anzubringen, die an den Dachbalken hängt und das Holz vor widrigen Bedingungen schützt, aber auch den Zugang zur Halle ermöglicht.

Der Entwurf sieht auch eine mögliche Erweiterung von 2 Blöcken nach Nordosten vor, wodurch die Lagerkapazität um etwa 290 m² erhöht wird und die freie, von der Straße begrenzte Fläche gefüllt wird.

#### **Statische Berechnung**

#### 3D Modell der Konstruktion



#### Lasten:

Belastungsbreite: Bb = 3750 mm

Eigenlast: wird automatisch in das Berechnungsprogramm aufgenommen

Last der Dachkonstruktion:  $g_{1k} = 0.5 \text{ kN.m}^2$ .Bb  $g_{1k} = 1.875 \text{ kN.m}^3$ 

Nutzlast:  $g_{2k} = 1 \text{ kN.m}^2.\text{Bb}$   $g_{2k} = 3,75 \text{ kN.m}^3$ 

Last der Schutzkonstruktion: g3k = 1 kN.m<sup>-1</sup>

Schneelast:  $s = 1,12 \text{ kN.m}^2$ .Bb  $s = 4,2 \text{ kN.m}^1$ 

Hlinik nad Hronom - Zone IV (STN EN 1991-1-3 NA1)

Meereshöhe - 293m ü.d.M

#### **Material:**

BSH-Fichte, Festigkeitsklasse GL24h

Gebrauchsklasse:

Berechnung k<sub>mod</sub> nach DIN 1052:

$$k_{mod} = \frac{g_{1k}.0.6 + g_{2k}.0.7 + s.0.8}{g_{1k} + g_{2k} + s} = 0.724$$

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M}$  = 1,25 (BSH)

## Festigkeitseigenschaften:

$$f_{m.y.k}$$
 =24MPa

$$f_{v.k}$$
 =2,7MPa

$$f_{m.y.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m.y.k}}{V_{M}} = 13,894 \text{ MPa}$$

$$f_{v.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{V_{M}} = 1,563 \text{ MPa}$$

## **DACHTRÄGER**

Bemessung:

Systemabmessungen:

$$b = 200 \, mm$$

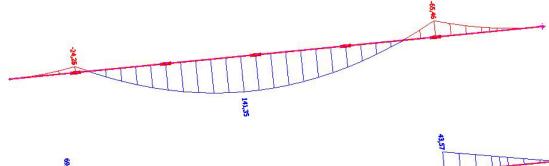
$$h = 640 \, mm$$

$$L = 10m$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 4,369 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0.014 \cdot m^3$$

$$S_y = \frac{1}{8} \cdot b \cdot h^2 = 0.01 \cdot m^3$$





$$M_y = 142 \, kN.m$$

$$V_z = 78kN$$

$$\sigma_{m.y.d} = \frac{M_y}{W_V} = 10.4 \text{ MPa}$$

$$T = \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot b_p \cdot 0.67} = 1.364 \text{ MPa}$$

#### Tragfähigkeitnachweis:

$$\sigma_{m.y.d} < f_{m.y.d} \wedge T < f_{v.d} \longrightarrow 10.4 < 13.894 \wedge 1.364 < 1.563$$

Ausnutzung des Querschnitts:

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 74,853 \%$$

$$\frac{T}{f_{v,d}}$$
 = 87,279 %

#### Gebrauchstauglichtkeitsnachweis

Durchbiegung infolge ständigen Lasten:

$$w_{a.inst} = 17mm$$

Durchbiegung infolge Nutzlasten:

$$w_{a.inst} = 11 mm$$

Durchbiegung Grenzwert:

$$W_{lim} = \frac{L}{200} = 50 \text{ mm}$$
 - STN EN 1995-1-1, Tab. 7.2

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$\Psi_2 = 0.2$$

$$k_{def} = 0.6$$

$$w_{fin} = w_{g.inst} \cdot (1 + k_{def}) + w_{q.inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 39,52 \text{ mm}$$

$$w_{fin} < w_{lim} \longrightarrow 39,52 < 50mm$$

Ausnutzung des Querschnitts:  $\frac{w_{fin}}{w_{lim}} = 79,04 \%$ 

#### **HAUPTTRÄGER**

Bemessung:

Systemabmessungen:

$$b = 280 \, mm$$

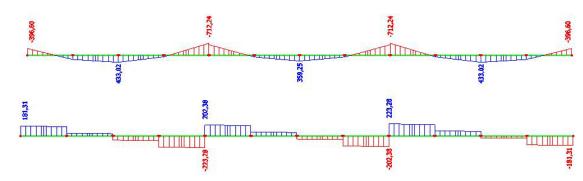
$$h = 1200 \, mm$$

$$L = 12m$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0.04 \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,067 \text{ m}^3$$

$$S_y = \frac{1}{8} \cdot b \cdot h^2 = 0.05 \text{ m}^3$$



$$M_{y} = 715 kN.m$$

$$V_z = 225 kN$$

$$\sigma_{m.y.d} = \frac{M_y}{W_v} = 10,64 \text{ MPa}$$

$$T = \frac{V_z \cdot S_y}{I_v \cdot b_p \cdot 0.67} = 1.499 MPa$$

#### Tragfähigkeitnachweis:

$$\sigma_{m.y.d} < f_{m.y.d} \land T < f_{v.d} \longrightarrow 10,64 < 13,894 \land 1,499 < 1,563$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 76,577 \%$$

$$\frac{T}{f_{v,d}} = 95,911 \%$$

#### Gebrauchstauglichtkeitsnachweis

Durchbiegung infolge ständigen Lasten:

$$w_{g.inst} = 16mm$$

Durchbiegung infolge Nutzlasten:

$$w_{q.inst} = 10mm$$

Durchbiegung Grenzwert:

$$w_{lim} = \frac{L}{200} = 60 \text{ mm}$$
 - STN EN 1995-1-1, Tab. 7.2

quasi-ständige Bemessungssituation:

$$\Psi_2 = 0.2$$

$$k_{def} = 0.6$$

$$w_{fin} = w_{g.inst} \cdot (1 + k_{def}) + w_{q.inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 36,80 \text{ mm}$$

$$w_{fin} < w_{lim} \longrightarrow 36,80 < 60mm$$

Ausnutzung des Querschnitts:  $\frac{w_{fin}}{w_{fin}} = 61,333 \%$ 

#### STÜTZE 1

Systemabmessungen: 
$$b = 280 \, mm$$

$$h = 1000 \, mm$$

$$L = 6000 \, mm$$

$$L_{cr.v} = 1.5 \cdot L$$

$$L_{cr.z} = 2L$$

Trägheitsmoment: 
$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0.023 \text{ m}^4$$

$$I_Z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = 1,829 \cdot 10^{-3} \, \text{m}^4$$

Widerstandsmoment: 
$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0.047 \text{ m}^3$$

$$W_Z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = 0.013 \text{ m}^3$$

$$N_{max} = 280 \, kN$$
  $M_{y.S1} = 385 \, kN.m$   $M_{z.S1} = 15 \, kN.m$ 

240



Druckfestigkeit GL24h: 
$$f_{c,0,k} = 24MPa$$

5% Quantile des Elastizitätsmoduls parallel:

$$E_{0.g.05} = 9400 \, MPa$$

Trägheitsradius: 
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{b \cdot h}} = 0.289 \text{ m}$$
  $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{b \cdot h}} = 0.081 \text{ m}$ 

Geometrische Schlankheit: 
$$\lambda_y = \frac{L_{cr.y}}{i_v} = 31,177$$
  $\lambda_z = \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 148,461$ 

Relative Schlankheit: 
$$\lambda_{rel.y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.g.05}}} = 0,501$$

$$\lambda_{rel.z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.g.05}}} = 2,388$$

$$k_y = 0.5 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.3) + \lambda_{rel.y}^2] = 0.636$$

$$k_z = 0.5 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 3,455$$

Knickbeiwert:

$$k_{Cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}} = 0,974$$

$$k_{CZ} = \frac{1}{k_Z + \sqrt{k_Z^2 - \lambda_{rel,Z}^2}} = 0.168$$

Beiwert:

$$k_{mod} = 0.7$$

Partialfaktor:

$$Y_{M} = 1.25$$

Bemessungswert Druckfestigkeit:

$$f_{c.0.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{Y_M} = 13,44 \text{ MPa}$$

Bemessungswerte der Spannungen:

$$\sigma_{c.0.d} = \frac{N_{max}}{b \cdot h} = 1 MPa$$

$$\sigma_{m.y.d} = \frac{M_{y.S1}}{W_y} = 8,25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m.z.d} = \frac{M_{z.S1}}{W_z} = 1,148 \text{ MPa}$$

Ausnutzung des Querschnitts:  $k_m = 0.7$ 

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d} \cdot k_{cy}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.y.d}} = 72,799 \%$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d} \cdot k_{cz}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.y.d}} = 94,117 \%$$

#### STÜTZE 2

Systemabmessungen: 
$$b = 280 \, mm$$

$$h = 1500 \, mm$$

$$L = 6000 \, mm$$

$$L_{cr.y} = 1.5 \cdot L$$

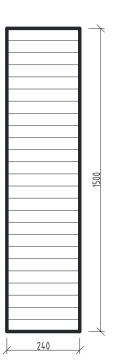
$$L_{cr.z} = 2L$$

Trägheitsmoment: 
$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0,079 \text{ m}^4$$

$$I_Z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = 2,744 \cdot 10^{-3} m^4$$

Widerstandsmoment: 
$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0.105 \text{ m}^3$$

$$W_Z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = 0.02 \text{ m}^3$$



$$N_{max} = 568 kN$$

$$M_{v.S2} = 83kN.m$$

$$M_{z.S2} = 4kN.m$$

#### **Tragfähigkeitnachweis:**

Geometrische Schlankheit:

$$f_{c,0,k} = 24MPa$$

5% Quantile des Elastizitätsmoduls parallel:

$$E_{0.g.05} = 9400 \, MPa$$

Trägheitsradius: 
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{b \cdot h}} = 0.433 \text{ m}$$
  $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{b \cdot h}} = 0.081 \text{ m}$ 

$$\lambda_y = \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 20,785$$
  $\lambda_z = \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 148,461$ 

Relative Schlankheit: 
$$\lambda_{rel.y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.g.05}}} = 0.334$$

$$\lambda_{rel.z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.g.05}}} = 2,388$$

$$k_y = 0.5 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.3) + \lambda_{rel.y}^2] = 0,558$$

$$k_z = 0.5 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 3,455$$

Knickbeiwert:

$$k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}} = 0,996$$

$$k_{CZ} = \frac{1}{k_{Z} + \sqrt{k_{Z}^{2} - \lambda_{rel,Z}^{2}}} = 0.168$$

Beiwert:

$$k_{mod} = 0.7$$

Partialfaktor:

$$Y_M = 1.25$$

Bemessungswert Druckfestigkeit:

$$f_{c.0.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{Y_M} = 13,44 \text{ MPa}$$

Bemessungswert Biegefestigkeit:

$$f_{m.y.d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m.y.k}}{\gamma_M} = 13,44 \text{ MPa}$$

Bemessungswerte der Spannungen:

$$\sigma_{c.0.d} = \frac{N_{max}}{b \cdot h} = 1,352 MPa$$

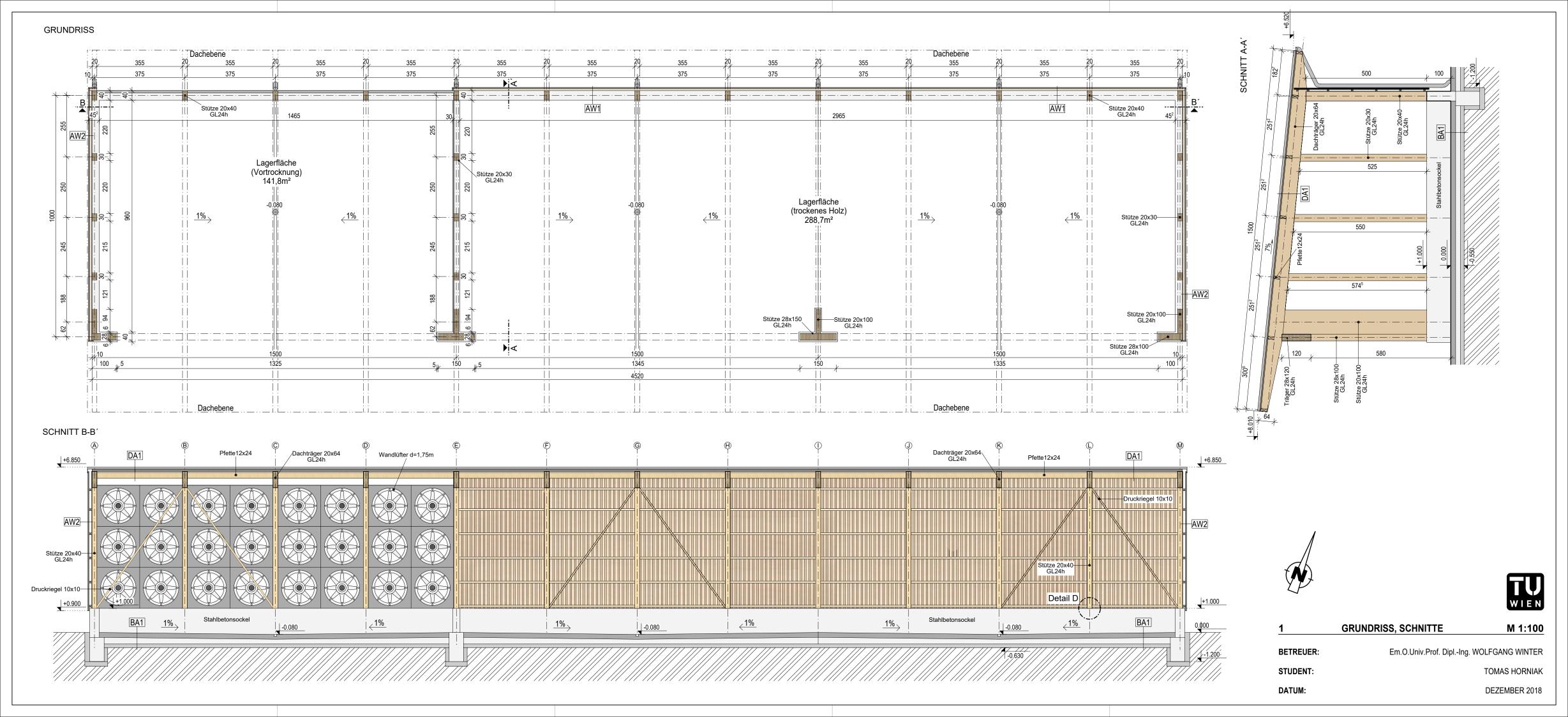
$$\sigma_{m.y.d} = \frac{M_{y.S2}}{W_y} = 0.79 \text{ MPa}$$

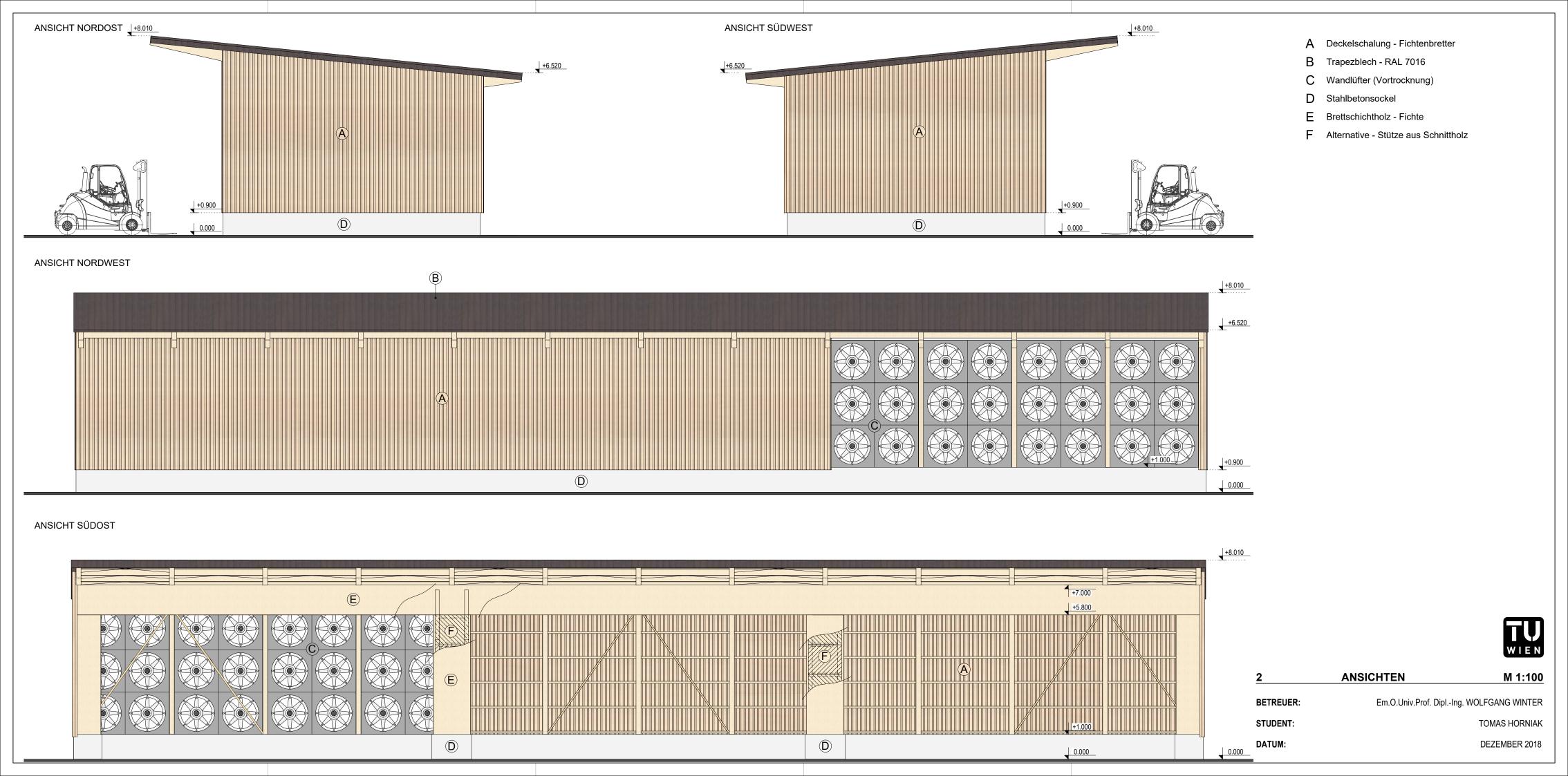
$$\sigma_{m.z.d} = \frac{M_{z.S2}}{W_z} = 0,204 \text{ MPa}$$

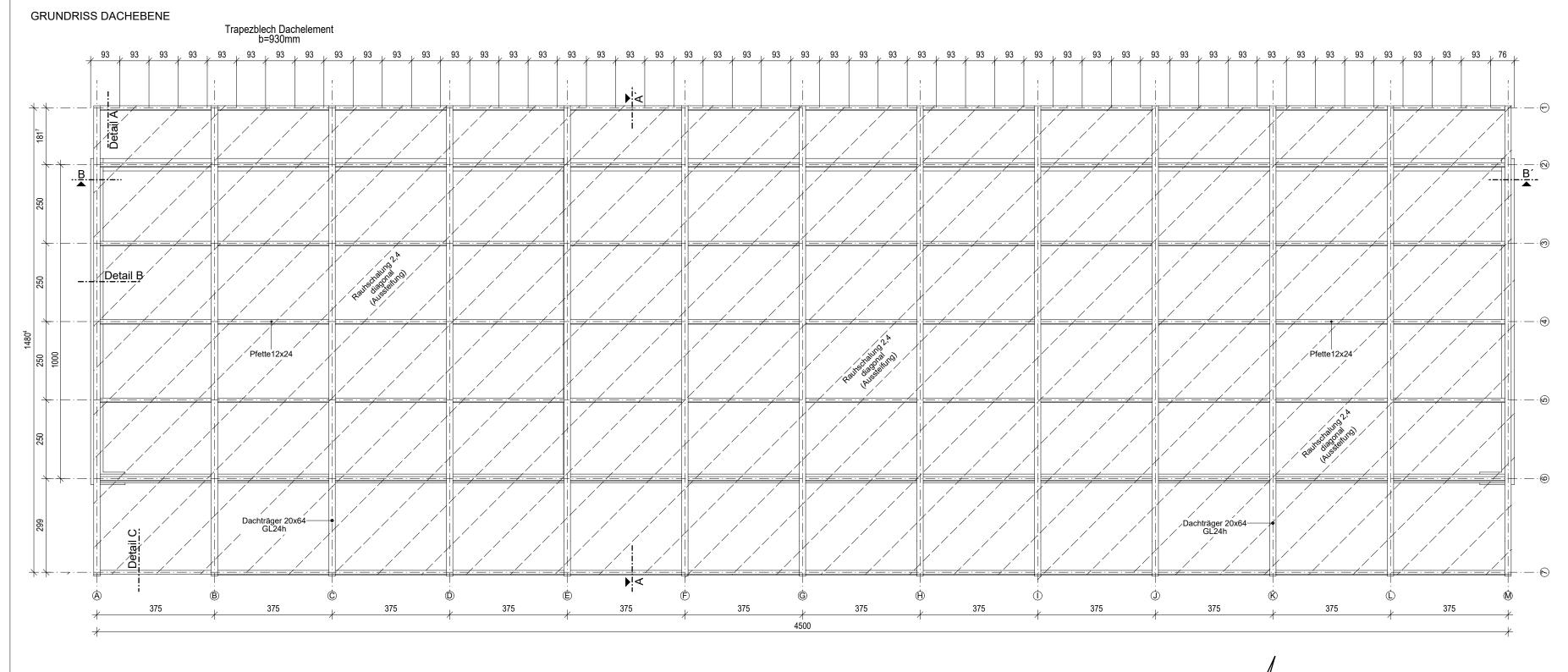
Ausnutzung des Querschnitts:  $k_m = 0.7$ 

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d} \cdot k_{cy}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.y.d}} = 17,046 \%$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d} \cdot k_{cz}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.y.d}} = 65,534 \%$$











GRUNDRISS DACHEBENE M 1:100

BETREUER:

Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT:

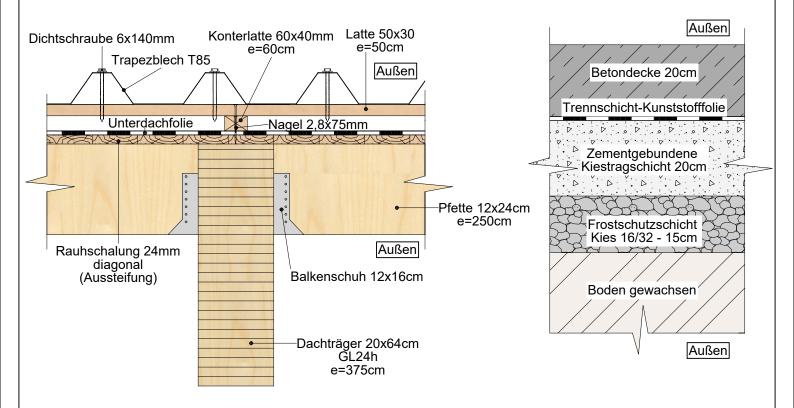
TOMAS HORNIAK

DATUM:

DEZEMBER 2018

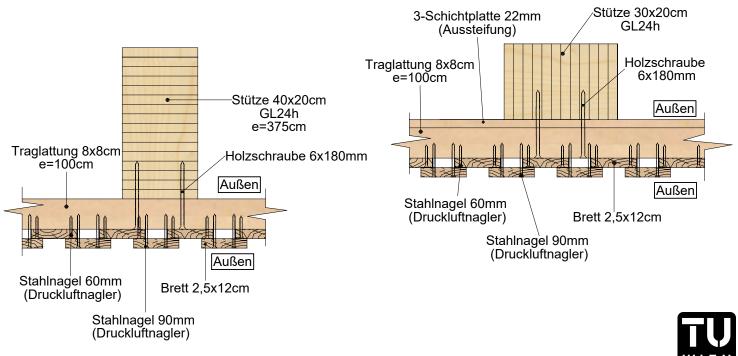
## Dachaufbau - DA1

## Bodenaufbau - BA1



## Fassade - AW1

## Fassade - AW2 (Stirnwand mit Aussteifung)

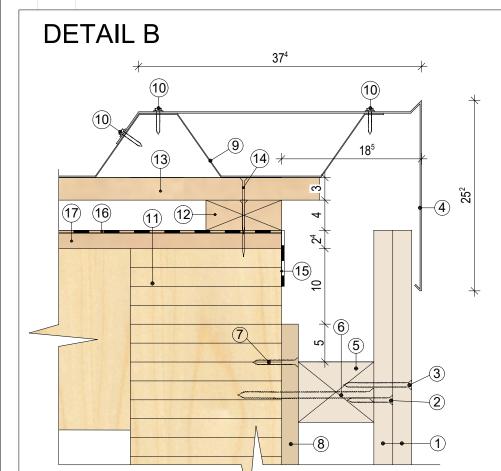




**AUFBAUTEN** M 1:10

**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

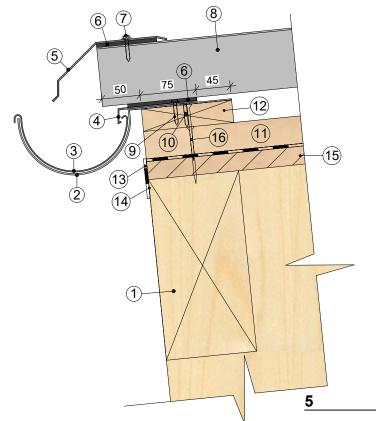
STUDENT: TOMAS HORNIAK



10

- 1 Brett 2.5x12cm
- 2 Stahlnagel 60mm (Druckluftnagler)
- 3 Stahlnagel 90mm (Druckluftnagler)
- 4 Ortgangprofil
- 5 Traglattung 8x10cm
- 6 Holzschraube 6x180mm
- 7 Holzschraube 4x60mm
- 8 3-Schichtplatte 22mm
- 9 Trapezblech
- 10 Dichtschraube 35mm
- 11 Dachträger 20x64cm
- 12 Brett 40x100
- 13 Latte 50x30mm
- 14 Nagel 2,8x75mm
- 15 Unterdachfolie verkleben
- 16 Unterdachfolie
- 17 Rauhschalung 24mm, diagonal





- 1 Pfette 12x24cm
- 2 Rinneneisen
- 3 Rinne 15cm
- 4 Rinneneinlaufblech
- 5 Sichtschutzprofil
- 6 EPDM Dichtung
- 7 Dichtschraube 35mm
- 8 Trapezblech
- 9 Dichtschraube 35mm
- 10 Bohrschraube
- 11 Konterlatte 60x40mm
- 12 Brett 120x30mm
- 13 Unterdachfolie
- 14 Unterdachfolie verkleben
- 15 Rauhschalung 24mm, diagonal
- 16 Nagel 2,8x75mm



**DETAILS** 

M 1:5

**BETREUER:** 

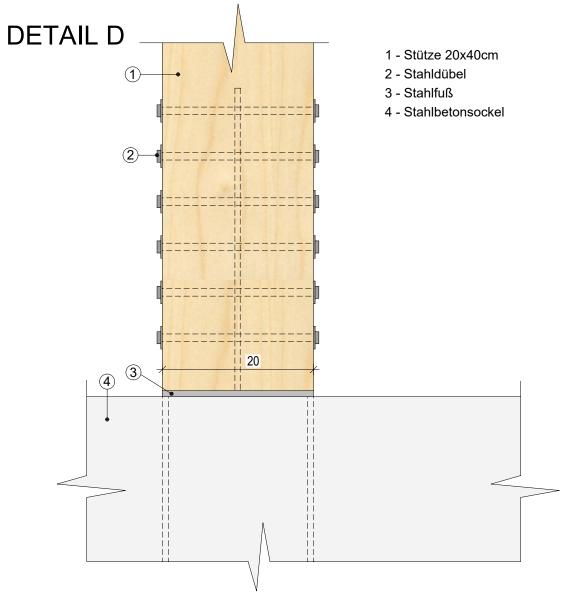
Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT:

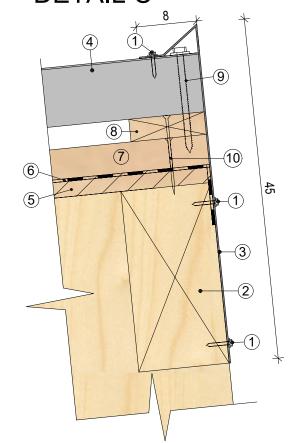
TOMAS HORNIAK

DATUM:

**DEZEMBER 2018** 



# **DETAIL C**



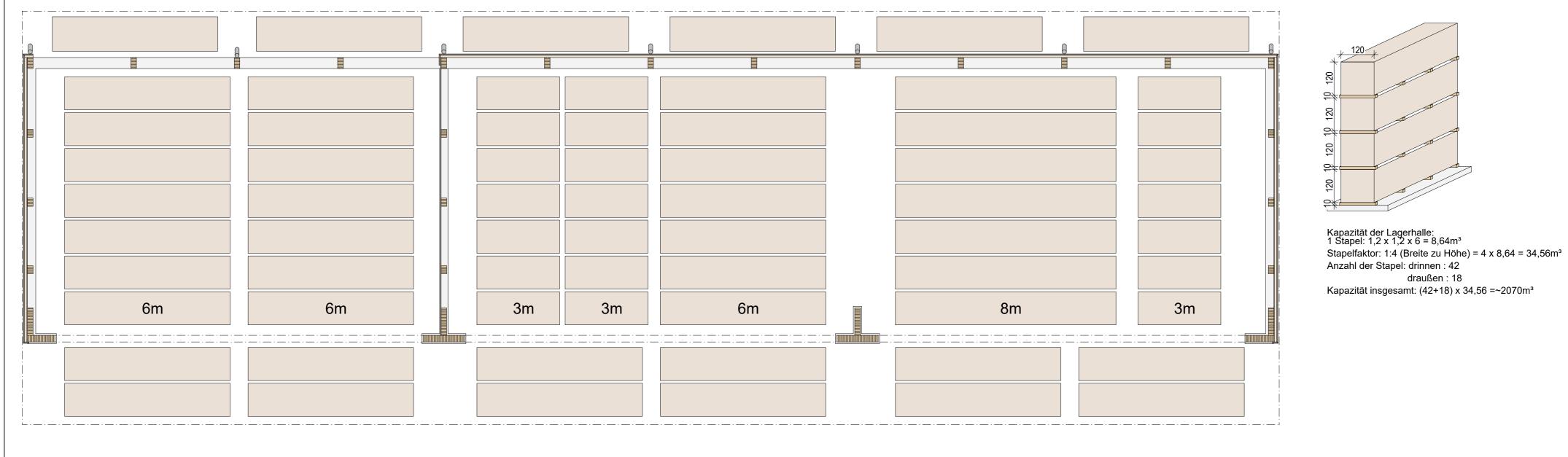
- 1 Dichtschraube 35mm
- 2 Pfette 12x24cm
- 3 Ortgangprofil
- 4 Trapezblech
- 5 Rauhschalung 24mm, diagonal
- 6 Unterdachfolie
- 7 Konterlatte 60x40mm
- 8 Brett 100x30mm
- 9 Dichtschraube 6x140mm
- 10 Nagel 2,8x75mm



5 **DETAILS M** 1:5

**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT: TOMAS HORNIAK





SCHEMA DER LAGERUNG

RUNG M 1:100

BETREUER:

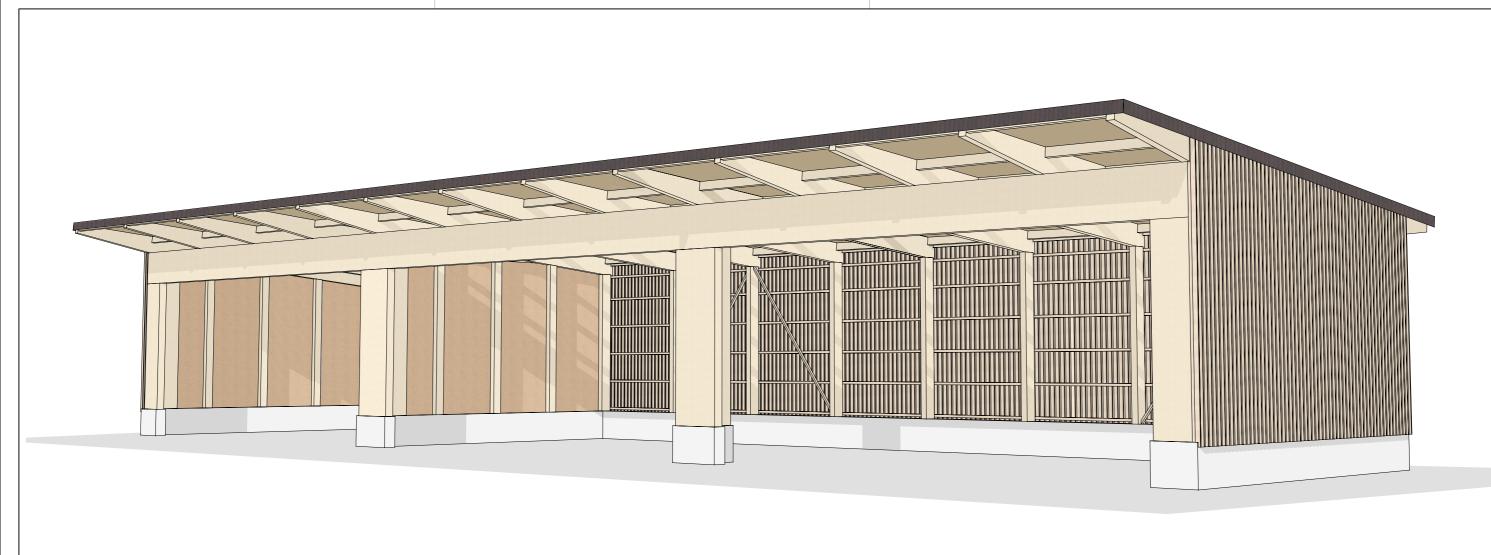
Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

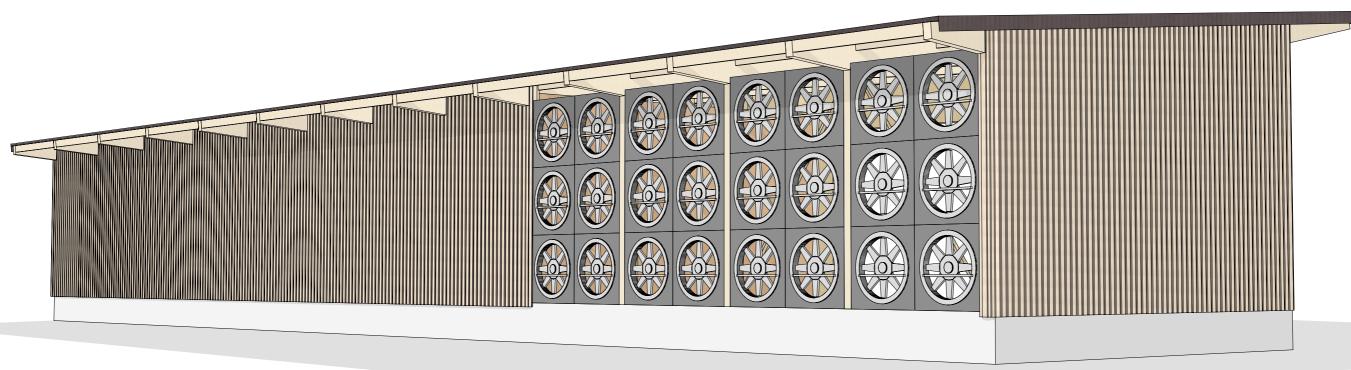
STUDENT:

TOMAS HORNIAK

DATUM:

DEZEMBER 2018



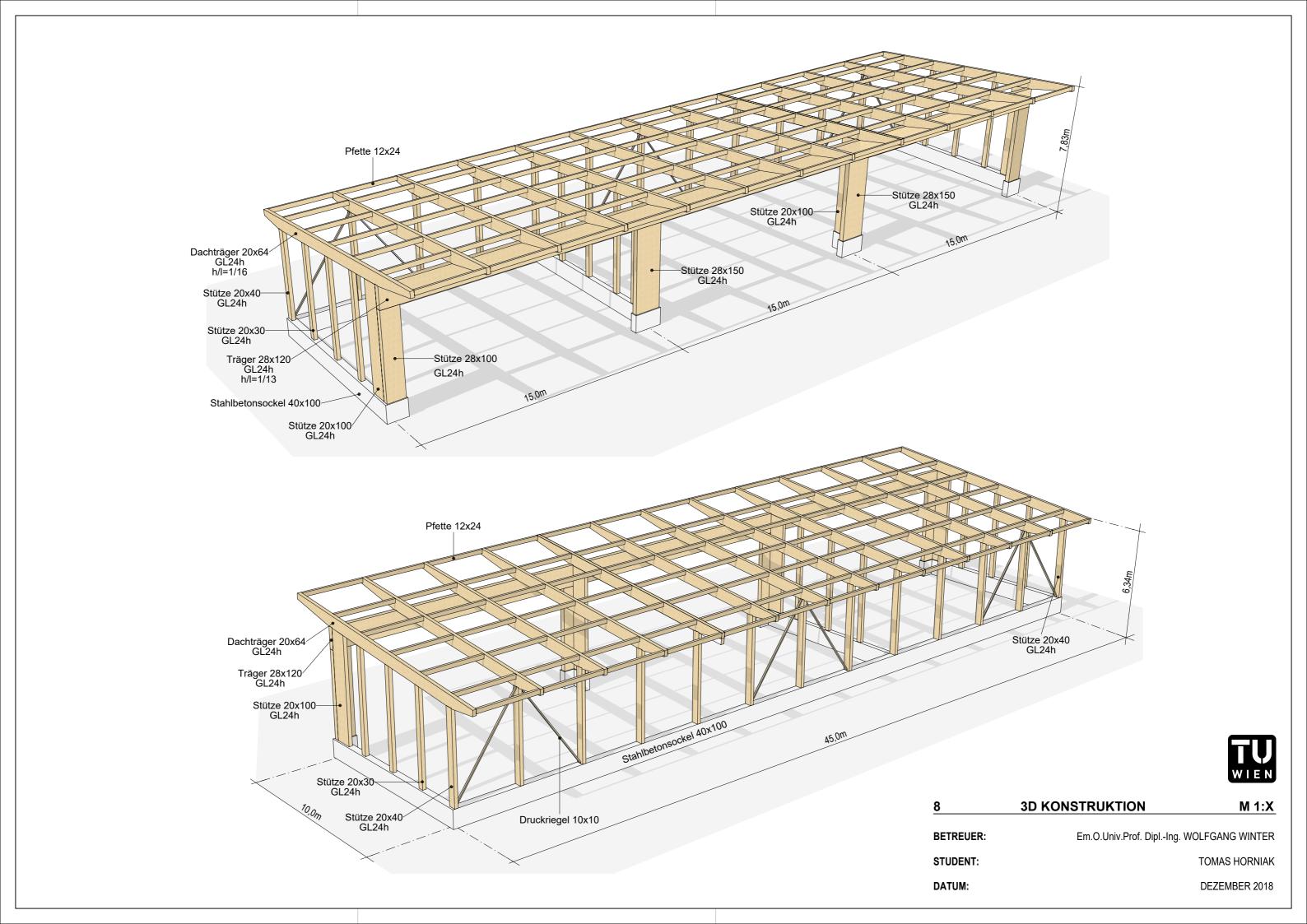




7 VISUALISIERUNG M 1:X

**BETREUER:** Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. WOLFGANG WINTER

STUDENT: TOMAS HORNIAK



#### 7. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] http://www.mm-holz.com/warum-holz/
- [2] eigene Übersetzung (Originalquelle: http://www.forestportal.sk/lesne-hospodarstvo/Pages/default.aspx
- [3] eigene Übersetzung (Originalquelle: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2016.pdf)
- [4] eigene Übersetzung (Originalquelle: Návrh Národného programu využitia potenciálu dreva SK.pdf)
- [5] https://holzunddesign.wordpress.com/2014/02/15/holz-an-sich-trocknung-und-verarbeitungsfeuchtigkeit/
- [6] http://www.holzwurm-page.de/technik/trocknen/erklaerung.htm
- [7] Thomas Trübswetter, Holztrocknung Verfahren zur Trocknung von Schnittholz Planung von Trocknungsanlagen, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München 2009
- [8] Gegenüberstellung Nutzungsklasse und Gebrauchsklasse.pdf
- [9] http://www.holzfragen.de/seiten/schwinden\_quellen.html
- [10] http://blog.brennholzfeuchte.de/home/holzfeuchte-messmethoden/
- [11] Werkstoffe1 Holz2011-pdf
- [12] http://www.holzwurm-page.de/technik/stapeln/normale\_stapel.htm
- [13] https://baubeaver.de/holz-lagern-trocknen/
- [14] Holz\_Und\_Wasser\_-\_Holzfeuchte.pdf
- [15] 024 Trock E01.pdf
- [16] https://www.brettschichtholz.de/publish/59fce3ca\_20ed\_76a6\_2c90c81a82bd9477.cfm
- [17] http://www.leichterbauen.at/was-sind-leimbinder-und-wie-werden-sie-hergestellt/
- [18] ifo-geklebte-vollholzprodukte-korr-2.auflage-2016.pdf
- [19] 13-3 Leimbinder.pdf
- [20] eigene Übersetzung (Originalquelle: https://www.asb.sk/architektura/stavba-roka/stavba-roka-2014/logisticke-administrativne-a-skoliace-centrum-herz-slovensko)
- [21] eigene Übersetzung (Originalquelle: http://www.4-construction.com/sk/clanok/herz-slovensko/)
- [22] eigene Übersetzung (Originalquelle: http://www.proma.sk/wp-content/uploads/2014/04/článok-HERZ.pdf )

[23] eigene Übersetzung (Originalquelle:

http://stavbaroka.zoznam.sk/se/963/621/msg/23151/12-2014-Logisticke--administrativne-a-skoliace-centrum-HERZ-Slovensko)

[24] eigene Übersetzung (Originalquelle:

http://www.spektrum1.sk/index.php?option=com\_content&view=article&id=4&Itemid=3&lang =de )

#### 8. ABBILDUNGEN

Abb.1 - https://architizer-

prod.imgix.net/media/1484828175882HoHo\_Wien\_Competition\_Kopie.jpg?q=60&auto=form at,compress&cs=strip&w=1680

Abb.2 - http://www.proholz.at/co2-klima-wald/co2-speicher-wald/wald-und-holz-sind-co2-langzeitspeicher/

Abb.3, 4 - https://www.enviroportal.sk/spravy/osobitna-kapitola-preview/841

Abb.5 - http://docplayer.org/43622919-Tfz-rationelle-scheitholzbereitstellungsverfahrenberichte-aus-dem-tfz-technologie-und-foerderzentrum-projektpartner.html

Abb.6 - http://www.holzwurm-page.de/print/29

Abb.7 - eigene Darstellung

Abb.8 - 14 -

https://www.brettschichtholz.de/publish/59fce3ca 20ed 76a6 2c90c81a82bd9477.cfm

Abb.15 - http://www.derix.de/service/lexikon/lamellenaufbau

Abb.16 - http://www.herz-sk.sk/aktuality/zaujimavosti/prvy-uspech-noveho-sidla-herz/

Abb.17-20 - eigene Darstellung (Unterlage: Časopis ASB 168/2014)

Abb.21 - https://www.asb.sk/architektura/stavba-roka/stavba-roka-2014/logisticke-administrativne-a-skoliace-centrum-herz-slovensko

Abb.22.23 - https://sk-

sk.facebook.com/media/set/?set=a.154197647947247.31967.146082888758723&type=3

Abb.24 - Časopis ASB 168/2014

Abb.25, 26 - https://www.asb.sk/fotogalerie/architektura/logisticke-administrativne-a-skoliace-centrum-herz-slovensko-foto/20131008-neudoerfler5d4915161718192021

Abb.27

http://www.spektrum1.sk/index.php?option=com\_content&view=article&id=4&Itemid=3&lang =de

Abb.28 https://www.google.at/maps

#### Abb.29-34 eigene Fotos

#### Abb.35

http://www.spektrum1.sk/index.php?option=com\_content&view=article&id=4&Itemid=3&lang =de

#### 9. TABELLEN

Tabelle 1, 2, 3, 4, 6 - eigene Darstellung (Unterlage: zelena\_sprava\_publikacia\_.pdf)

Tabelle 5 - zelena\_sprava\_publikacia\_.pdf

Tabelle 7 - eigene Darstellung (Unterlage: Thomas Trübswetter, Holztrocknung – Verfahren zur Trocknung von Schnittholz – Planung von Trocknungsanlagen, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München 2009)

#### Tabelle 8 -

http://www.holzbauaustria.at/index.php?id=111&tx\_ttnews%5Btt\_news%5D=6206&cHash=780abfd9189d2a0c9ced66fa253d3762

Tabelle 9 - eigene Darstellung (Unterlage: Gebrauchsklassen Tabelle – ÖNORM B 3802-1:2015)

Tabelle 10 - http://www.holzfragen.de/seiten/schwinden\_quellen.html

Tabelle 11 - eigene Darstellung (Unterlage: Thomas Trübswetter, Holztrocknung – Verfahren zur Trocknung von Schnittholz – Planung von Trocknungsanlagen, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München 2009)

Tabelle 12 - http://www.holzwurm-page.de/print/29