HSB
Hochschule Bremen
City University of Applied Sciences

Bachelorthesis:

Prototyp eines Holzparkhauses in Bremen

Studiengang:	Bauingenieurwesen B. Sc.
Eingereicht bei:	Prof. Dr. techn. Felipe Riola Parada und
	Prof. Dr. -Ing. Sven Uhrhan
Vorgelegt von:	Arne Meyerhoff
	Selworth 14
	27729 Vollersode
Matrikelnummer:	5150041
Abgabedatum:	14.10.2024

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis iii
Abbildungsverzeichnis iv
Tabellenverzeichnis vi
1 Einleitung 1
2 Aktueller Stand der Technik Parkhausbau 2
2.1 Stahlbetonbauweise 3
2.2 Stahlbauweise 4
2.3 Konstruktive Nachteile der Stahlbauweise und der Stahlbetonbauweise 5
2.4 Nachhaltigkeit: 6
3 Aktueller Stand der Technik Holzparkhäuser 7
3.1 Holzparkhaus Bad Aibling 7
3.2 Holzparkhaus Wendlingen Stuttgart 9
3.3 Holzparkhaus Rüsselsheim 12
3.4 Hargassner Holzparkhaus 13
4 Kriterien und Anforderungen an den Standort 16
5 Mögliche Standorte des Holzparkhauses 18
5.1 Standort 1: Südbad/ Hachez- Quartier 18
5.2 Standort 2: Depot Gröpelingen 20
5.3 Standort 3: Universität Bremen 22
5.4 Standort 4: Überseestadt 24
5.5 Wahl des Standorts des Prototypens für die weitere Betrachtung 26
6 Regulierungen und Normen 27
7 Entwurf 30
7.1 Abmessungen und Tragwerk 30
7.2 Aussteifung des Tragwerks 32
8 Kriterien und Anforderungen an die Konstruktion 33
8.1 Funktionalität und Ästhetik 33
8.2 Nachhaltigkeit 34
8.3 Witterungsbeständigkeit 34
8.4 Brandschutz 35
8.5 Barrierefreiheit 38
8.6 Statik und Tragfähigkeit 39
9 Statische Bemessung mit RFEM 45

9.1 Zweigeschossiges Modell 46
9.2 Dreigeschossiges Modell 48
9.3 Zusammenfassung 50
10 Konstruktive Details 51
10.1 Detail Anschluss Träger-Stütze 51
10.2 Detail Fußpunkt Stütze 53
11 Integration des Parkhauses 54
11.1 Anbindung an das Verkehrsnetz 54
11.2 Integration in das Stadtbild 55
12 Kalkulation 56
13 Fazit 57
Literaturverzeichnis vii
Anhang 1: Pläne (Revit) xiv
Anhang 2: Gerenderte Fotos (Twinmotion) xviii
Anhang 3: Ausdruckprotokoll Statik (RFEM) xxiii
Anhang 4: Preisliste BauBuche lix
Anhang 5: Eidesstattliche Erklärung lx

Abkürzungsverzeichnis

CLT / BSP: Cross Laminated Timber/ Brettsperrholz

BSH: Brettschichtholz

BremLBO: Bremische Landesbauordnung

CO_2: Kohlenstoffdioxid

DIN: Deutsches Institut für Normung

EN: Europäische Norm

FSC: Forest Stewardship Council

GaStplVO: Garagen- und Stellplatzverordnung

GL (30c): Glue Laminated Timber = Brettschichtholz

M-GarStVO: Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Garagen und Stellplätzen

ÖPNV: Öffentlicher Personennahverkehr

PEFC: Programme for the Endorsement of Forest Certification

RiLi SIB: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen

THG-Emissionen: Treibhausgasemissionen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grünfassade Parkhaus (SemperGreenwall, 2024) 2
Abbildung 2: Parkhaus in Dolni Brezany (Polák, 2024) 3
Abbildung 3: Parkhaus Stahlbau (Vijayagopal, et al., 2023, S. 45) 4
Abbildung 4: Korrosion eines Trägers (Vijayagopal, et al., 2023) 5
Abbildung 5: Treibhausgasemissionen der deutschen Industrie 2017 (Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien, 2024) 6
Abbildung 6: Holzparkhaus Bad Aibling (Schels, 2023) 7
Abbildung 7: BauBuche im Parkhaus Bad Aibling (Schels, 2023) 7
Abbildung 8: Parkhaus Wendlingen (Holzwarth, 2024) 9
Abbildung 10: Konstruktion Parkhaus Wendlingen (Birnbaum, 2024) 10
Abbildung 9: Sherpa XXL 300 (SHERPA, 2024) 10
Abbildung 11: Stabdübel-Schlitzblech-Verbindung (Baunetz_Wissen, 2024) 10
Abbildung 12: Holzparkhaus Rüsselsheim (kg5 parking, 2024) 12
Abbildung 13: Parkhaus Hargassner (Hargassner, 2024) 13
Abbildung 14: Parkebene Parkhaus Hargassner (Hargassner, 2024) 13
Abbildung 15: Standort Südbad (Geoportal Bremen, 2024) 18
Abbildung 16: Standort Südbad (nah) (Geoportal Bremen, 2024) 18
Abbildung 17: Standort Depot Gröpelingen (Geoportal Bremen, 2024) 20
Abbildung 18: Standort Depot Gröpelingen (nah) (Geoportal Bremen, 2024) 20
Abbildung 19: Standort Universität (Geoportal Bremen, 2024) 22
Abbildung 20: Standort Universität (nah) (Geoportal Bremen, 2024) 22
Abbildung 21: Standort Überseestadt (Geoportal Bremen, 2024) 24
Abbildung 22: Standort Überseestadt (nah) (Geoportal Bremen, 2024) 24
Abbildung 23: Übersicht Normen Tragwerksplanung (nach Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.2) 28
Abbildung 24: Parkhaus 3D Ansicht (Revit, 2024) 30
Abbildung 25: Parkhaus Grundriss EG (Revit, 2024) 30
Abbildung 26: Ansicht West (Revit, 2024) 31
Abbildung 27: Ansicht Nord (Revit, 2024) 31
Abbildung 28: Aussteifung Längsrichtung (Revit, 2024) 32
Abbildung 29: Aussteifung Querrichtung (Revit, 2024) 32
Abbildung 30: Parkhaus 3D gerendert (Twinmotion, 2024) 33
Abbildung 31: Fassade Parkhaus (Revit, 2024) 35
Abbildung 32: Längster Fluchtweg (Revit, 2024) 36
Abbildung 33: Trägerabstand Brandschutz (Twinmotion, 2024) 37
Abbildung 34: Barrierefreie Stellplätze (Revit, 2024) 38
Abbildung 35: Lastfall1: Eigengewicht (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 40
Abbildung 36: Lastfall 2: Verkehrslasten (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 40
Abbildung 37: Tafel 3.53a Charakteristische Werte sk der Schneelast auf dem Boden (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.53) 41
Abbildung 38: Lastfall 3: Schneelast (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 41
Abbildung 39: Tafel 3.30a Windzonenkarte (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.30) 42
Abbildung 40: Tafel 3.30b Geländekategorien (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.30) 42
Abbildung 41: Einteilung der Wandflächen (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.35) 43
Abbildung 42: Einteilung der Dachflächen bei Flachdächern (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.36) 43
Abbildung 43: Lastfall 4: Windlast (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 44

Abbildung 44: Statisches System zwei Geschosse (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 45
Abbildung 45: Statisches System drei Geschosse (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 45
Abbildung 46: Zwei Geschosse: LK2 (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)..... 46
Abbildung 47: Zwei Geschosse: Maximalwerte (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 46
Abbildung 48: Zwei Geschosse: Auslastung des Tragwerks (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)..... 47
Abbildung 49: Drei Geschosse: LK2 (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 48
Abbildung 50: Drei Geschosse: Maximalwerte (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)..... 48
Abbildung 51: Drei Geschosse: Auslastung des Tragwerks (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)..... 49
Abbildung 52: Darstellung Mittlere Stütze (Revit, 2024) 50
Abbildung 53: Querkräfte Träger (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024) 51
Abbildung 54: SCHERPA XXL 170 (SHERPA, 2024)..... 52
Abbildung 55: Detail Verbindung Träger-Stütze (Revit, 2024) 52
Abbildung 56: Detail Fußpunkt Stütze (Revit, 2024)..... 53
Abbildung 57: Anbindung an das Verkehrsnetz (Geoportal Bremen, 2024)..... 54
Abbildung 58: Erschließung des Parkhauses (Revit, 2024) 55
Abbildung 59: Integration des Parkhauses (Twinmotion, 2024)..... 55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Kosten Holz- und Massivbau (Kalusche, 2023) 14
Tabelle 2:Vergleich Bauzeit Holz- und Massivbau (Kalusche, 2023) 15
Tabelle 3: Abmessungen der Prototypen 16
Tabelle 4: Übersicht Standortwahl 26
Tabelle 5: Vereinfachte Böengeschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.31) 42
Tabelle 6: Tafel 3.35 Außendruckbeiwerte für vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.35) 43
Tabelle 7: Tafel 3.36 Außendruckbeiwerte für Flachdächer (Schneider Bautabellen, 2020) 44
Tabelle 8: Baustoffe und Quellen 56
Tabelle 9: Kalkulation der Materialkosten 56

1 Einleitung

Trotz grüner Verkehrspolitik in der Stadt Bremen, sei die Anzahl der Autos in den letzten Jahren stetig gestiegen, obwohl die angestrebte Mobilitätswende unter anderem bedeute, dass der Individualverkehr reduziert werden solle. Dadurch stiegen unter anderem die Umweltverschmutzung durch Luftverunreinigung, der Ausstoß von Treibhausgasemissionen und die Lärmbelästigung. Auch gebe es weniger Platz für Fußgänger und Radfahrer, da das illegale, aufgesetzte Parken auf Geh- und Radwegen zunehme, aufgrund der steigenden Anzahl der PKWs (vgl. Zeigler, 2024).

Ein möglicher Teil zur Lösung dieser Problematik, könnte die Errichtung von Parkhäusern aus Holz an mehreren Bremer Standorten sein. Diese Parkhäuser könnten als temporäre Bauwerke modelliert werden, die bei Bedarf problemlos zurückgebaut werden können, wenn sie nicht mehr benötigt werden. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil der Holzbauweise dar, da die Elemente nach dem Rückbau wiederverwendet werden können. Aufgrund des Klimawandels und der Verknappung fossiler Ressourcen (vgl. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, 2024) bieten Holzparkhäuser eine ökologischere und umweltfreundlichere Alternative zum konventionellen Parkhausbau mit Beton und Stahl. Nicht nur die Tatsache, dass Holz in der Lage ist CO_2 zu speichern, sondern auch ästhetische und technische Qualitäten besitzt, macht es zu einer interessanten Alternative. Wie auch die Holzbauinitiative des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen zeigt, dürfte der Holzbau weiterhin an Relevanz gewinnen (vgl. Pressemitteilung Bundesministerium für Wohnen, 2023). Dabei bieten Holzparkhäuser die Möglichkeit das Stadtbild zu bereichern und auch den ökologischen Fußabdruck zu verbessern.

In dieser Bachelorarbeit wird ein geometrisch einfacher, jedoch individuell anpassbarer Prototyp für ein Holzparkhaus entwickelt. Dieser Entwurf soll einen Ansatz bieten, um den steigenden Bedarf an Parkplätzen zu decken und gleichzeitig ökologische, ästhetische sowie technische Anforderungen zu erfüllen. Ziel der Arbeit ist es, anhand dieses Prototypens und durch die Auswahl spezifischer Standorte in Bremen einen konkreten Vorschlag für einen ausgewählten Standort zu erarbeiten. Dabei soll aufgezeigt werden, welche technischen Möglichkeiten Holzparkhäuser bieten und wie sie sich im Vergleich zu Parkhäusern aus Stahl und Beton hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit positionieren.

Zu Beginn der Arbeit wird der aktuelle Stand der Technik im Parkhausbau untersucht, wobei auf die bisher realisierten Holzparkhäuser eingegangen wird, deren Anzahl derzeit noch begrenzt ist. Hierbei werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Bauweisen analysiert, um die spezifischen Eigenschaften und Potenziale des Holzbaus im Kontext von Parkhäusern hervorzuheben. Ziel ist es, eine fundierte Grundlage für die Bewertung von Holzparkhäusern zu schaffen und ihre Eignung für den urbanen Raum und die städtebauliche Integration des Parkhauses zu diskutieren.

2 Aktueller Stand der Technik Parkhausbau

In modernen Städten würden Parkhäuser eine zentrale Rolle bei der effizienten Deckung des Parkbedarfs und der Organisation des urbanen Verkehrs spielen. Angesichts des wachsenden Fahrzeugaufkommens und der zunehmenden Verdichtung städtischer Räume hätten sich Parkhäuser von einfachen, einstöckigen Strukturen zu komplexen, mehrstöckigen Bauwerken entwickelt. Diese Entwicklungen würden nicht nur der Entlastung öffentlicher Verkehrsräume dienen, sondern auch wesentlich zur Reduktion des innerstädtischen Parksuchverkehrs beitragen (vgl. Rohs & Flore, 2021).

Historisch gesehen seien Parkhäuser eng mit der Entwicklung des Automobils verknüpft gewesen, die seit Beginn des 20. Jahrhunderts zunehmend an Bedeutung gewonnen hätte. Die ersten Parkhäuser hätten sich sowohl in den USA als auch in Europa etabliert und durch ihre Funktionalität sowie Effizienz ausgezeichnet. Besonders im 20. Jahrhundert habe die Verwendung von Beton- und Stahlbauweisen zur raschen Verbreitung mehrstöckiger Parkstrukturen im urbanen Raum beigetragen (vgl. Härig, 2023).

In den letzten Jahrzehnten hätten sich jedoch neue Trends im Parkhausbau entwickelt. Moderne Parkhäuser würden zunehmend auf Nachhaltigkeit und die Integration in das städtische Umfeld abzielen. Innovative Bauweisen wie Holzparkhäuser und begrünte Fassaden (siehe Abbildung 1) könnten umweltfreundlichere Alternativen bieten, während neue Technologien den Parkvorgang optimieren würden. Darüber hinaus würden einige Parkhäuser zusätzliche Funktionen wie Ladestationen für Elektrofahrzeuge und Carsharingkonzepte integrieren, was ihre Bedeutung als Mobilitätsknotenpunkte unterstreichen würde (vgl. verkehrsforum.de, 2022).

Im Parkhausbau gibt es unterschiedliche Bauweisen, die jeweils Vor- und Nachteile mit sich bringen. Das folgende Kapitel handelt von den unterschiedlichen Bauweisen mit deren Eigenschaften und erläutert deren Relevanz.

Abbildung 1: Grünfassade Parkhaus (SemperGreenwall, 2024)

2.1 Stahlbetonbauweise

Eine beliebte Bauweise im Parkhausbau ist die Stahlbetonbauweise. Durch die hohe Zugfestigkeit des Stahls und die hohe Druckfestigkeit des Betons, erhalte man bei Kombination dieser Baustoffe einen leistungsstarken Verbundwerkstoff. Dabei würden sich die positiven bauphysikalischen Eigenschaften des Stahls und des Betons ergänzen (vgl. chemie.de, 2024).

Abbildung 2: Parkhaus in Dolni Brezany (Polák, 2024)

Stahlbeton biete eine sehr hohe Tragfähigkeit, was sich besonders gut für die hohen Lasten von Fahrzeugen und die Beanspruchung durch häufigen Verkehr, die in einem Parkhaus auftreten, eigne. Abbildung 2 zeigt ein Parkhaus in Dolni Brezany, Tschechien, dessen Konstruktion größtenteils aus Stahlbetonbauteilen besteht. Da der Beton den innenliegenden Stahl schütze, habe diese Bauweise große Vorteile in Bezug auf Brand- und Korrosionsschutz, weil Beton natürlicherweise feuerbeständig und resistent gegen Korrosion sei. Außerdem gelten Stahlbetonparkhäuser bei richtiger Ausführung und Wartung als sehr robust und dauerhaft (vgl. Vijayagopal, et al., 2023). Es müsse jedoch beachtet werden, dass bei Konstruktionen, bei denen Gefügestörungen und Risse unvermeidbar wären, geeignete Schutzmaßnahmen gegen Tausalzbeanspruchung ergriffen werden müssen. Dazu zählen Maßnahmen wie rissüberbrückende oder starre Kunststoffbeschichtungen sowie bituminöse Abdichtungen, entsprechend der Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RiLi SIB) und der DIN 18195, die sich mit der Abdichtung von Bauwerken befasst. Derartige Schutzmaßnahmen wären Bestandteil des Dauerhaftigkeitskonzeptes, und ihre Wirksamkeit müsste über die gesamte Nutzungsdauer sichergestellt und im Bedarfsfall regelmäßig gewartet werden (vgl. Schöppel & Stenzel, 2012).

Auch wenn die Stahlbetonbauweise früher relevanter war (vgl. ingenieur.de, 2020) und einige Vorteile besitzt, habe sich die Stahlbauweise im Parkhausbau mittlerweile durchgesetzt, da Stahl filigraner, flexibler und nachhaltiger sei als Beton (vgl.Industrieverband Feuerverzinken, 2024). Nichtsdestotrotz spielt Beton im Stahlbau bei den Deckenelementen weiterhin eine wichtige Rolle.

2.2 Stahlbauweise

Eine weitere beliebte Bauweise im Parkhausbau ist die Stahlbauweise. Stahlbau-Parkhäuser würden aus einem Stahlskelett in Kombination mit Betonelementen bestehen, die sowohl in Betonfertigteilbauweise als auch in Form von Ortbeton ausgeführt werden könnten. Als horizontale Tragglieder würden in der Regel Stahlverbundträger zum Einsatz kommen (vgl. Vijayagopal, et al., 2023).

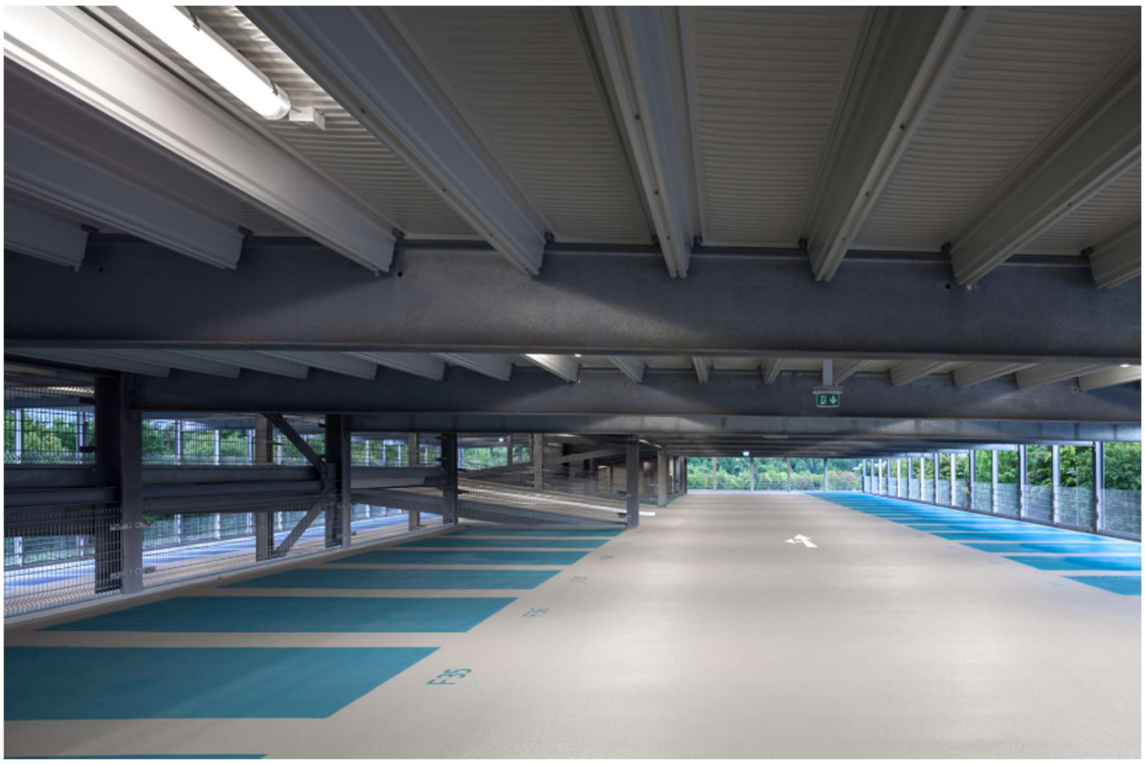


Abbildung 3: Parkhaus Stahlbau (Vijayagopal, et al., 2023, S. 45)

Das Stahltragwerk bestünde üblicherweise aus vertikalen Stützen und horizontalen Trägern, die in der Regel durch Schraubverbindungen miteinander verbunden wären. Horizontal wirkende Kräfte, die durch Winddruck oder die Bremswirkung von Fahrzeugen entstehen könnten, würden über die Deckenscheiben horizontal auf vertikale Windverbände oder aussteifende Wände, wie sie beispielsweise in Treppenhäusern vorkämen, übertragen. Für Profilstützen werde die Verwendung der Stahlsorte S355 empfohlen, um Material zu sparen und den Querschnitt der Stützen zu verringern. Die Wahl der Deckenträger hänge von deren Spannweite, der Fertigungsart der Decken sowie der verfügbaren Konstruktionshöhe ab. Im Allgemeinen stünden für die Decken folgende Fertigungsarten zur Verfügung: Ortbeton-, Verbund- und Betonfertigteildecken. Bei Verbunddecken, wie in Abbildung 3 dargestellt, werde die Verbindung in der Regel durch auf die Stahlträger aufgeschweißte Kopfbolzendübel sichergestellt. Dank der Verbundwirkung könnten geringere Stahlquerschnitte realisiert werden, was zu einer Gewichtsreduktion von bis zu 20 % führen könnte (vgl. ArcelorMittal, 2024). Eine weitgehende Vorfertigung der Bauteile im Werk ermögliche eine schnelle und trockene Montage auf der Baustelle, wodurch Kosten reduziert werden können. Im Vergleich zum Stahlbeton habe der Stahlbau bei hoher Tragfähigkeit ein geringeres Eigengewicht, wodurch Gründungsmaßnahmen einfacher gestaltet werden könnten (vgl. SkyCiv Engineering, 2019).

2.3 Konstruktive Nachteile der Stahlbauweise und der Stahlbetonbauweise

Außer Acht lassen sollte man dabei aber nicht, dass das Bauen mit Stahl oder Stahlbeton auch einige Nachteile mit sich bringt:

1. Korrosion des (Bewehrungs-)Stahls: Bei nicht ausreichender Betondeckung, könne es zur Korrosion und möglicherweise zu Abplatzungen des Betons kommen. Besonders bei Verkehrsbauwerken, können Chloride, die in Streusalz enthalten sind, den Stahlbeton angreifen und Korrosion auslösen. Dies könne die Tragfähigkeit beeinträchtigen und hohe Wartungskosten zur Folge haben (vgl. Schröder, 2019). Stahlkonstruktionen seien extremen Belastungen durch Tausalze und Feuchtigkeit ausgesetzt, die von den Fahrzeugen in das Parkhaus eingebracht würden, wodurch ein leistungsfähiger Korrosionsschutz erforderlich wäre. Sollte dieser Schutz nicht gewährleistet werden, könnten bereits nach wenigen Jahren schwer sanierbare Korrosionsschäden, wie in Abbildung 4 abgebildet, auftreten, sodass ein Abriss wirtschaftlicher sein könnte als eine Instandsetzung. Die ausgeprägte Anfälligkeit gegen Korrosion, könne außerdem einen hohen Wartungsaufwand nach sich ziehen (vgl. Vijayagopal, et al., 2023).

Abbildung 4: Korrosion eines Trägers (Vijayagopal, et al., 2023)

2. Rissbildung: Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen können durch Risse beeinträchtigt werden, was auch die Korrosion des Bewehrungsstahls fördern könne. Risse entstünden bei der Aushärtung des Frischbetons durch Wasserentzug oder infolge äußerer Lasten, wenn die Zugfestigkeit des Betons erreicht werde (vgl. Bosold & Grünewald, 2020).

3. Gewicht: Stahlbeton habe ein 66% höheres Eigengewicht als Holz, wodurch Gründungsmaßnahmen umfangreicher seien können (vgl. Pollmeier, 2023).

4. Brandverhalten: Ungeschützte Stahlkonstruktionen könnten sich bei einer Temperatureinwirkung von circa 500 °C verformen, wodurch sie ihre Tragfähigkeit verlieren und einstürzen könnten. Abhängig vom Profil erreichten nicht brandgeschützte Stahlbauteile diese kritische Temperatur bereits nach fünf bis zehn Minuten. Dadurch können reaktive Brandschutzsysteme, wie Brandschutzbeschichtungen notwendig werden, die bei hohen Temperatureinwirkungen im Brandfall eine aufschäumende Dämmschicht bilden und die Verformung des Stahls sowie dessen Versagen über einen definierten Zeitraum hinauszögern (vgl. Pflugfelder, 2024).

2.4 Nachhaltigkeit:

In diesem Abschnitt werden die Nachhaltigkeitsaspekte von Stahl und Stahlbeton untersucht.

1. Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen): „Doch Stahlbeton ist auch ein Klimakiller. Je nach Berechnung sind zwischen acht und 15 Prozent aller weltweit menschlich verursachten CO_2-Ausgasungen direkt mit der Betonbaukultur verbunden“ (Bernau, 2020). Besonders die Herstellung des Zements, einem Hauptbestandteil des Betons, sei sehr energieintensiv und werde mit fossilen Brennstoffen durchgeführt. Auch die Produktion des Baustahls sei sehr energieaufwändig und verschlechtere die ökologische Bilanz weiter. Wie Abbildung 5 zeigt, sei die Zementindustrie für 10% der Treibhausgasemissionen der Industrie verantwortlich. Die Stahlproduktion sei mit 28% noch signifikant stärker an der Produktion von Treibhausgasen beteiligt (vgl. Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien, 2024).

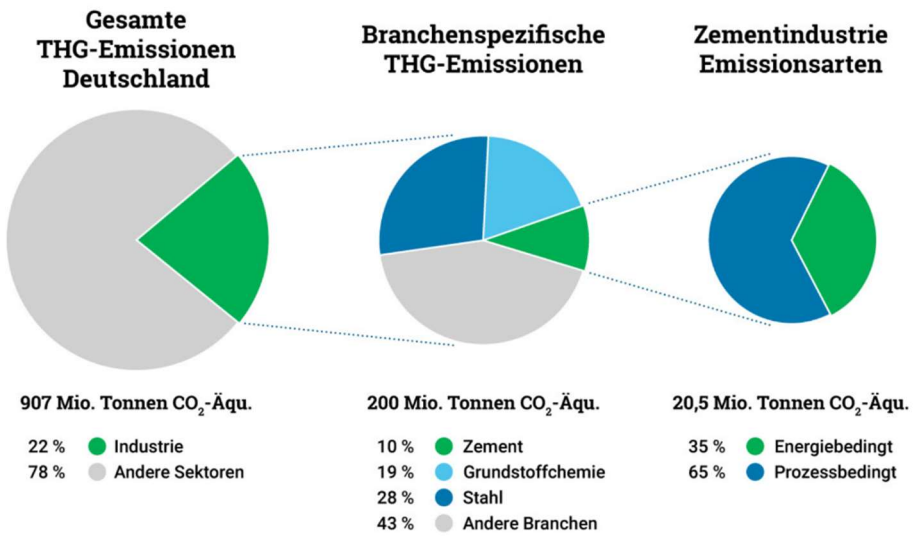


Abbildung 5: Treibhausgasemissionen der deutschen Industrie 2017 (Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien, 2024)

2. Verknappung von Bausand: Aufgrund des Baubooms und der Tatsache, dass nicht jeder Sand für die Herstellung von Beton geeignet sei, gäbe es eine akute Sandknappheit. Teilweise werde mehr Sand verbraucht, als reproduziert werde, was negative Konsequenzen für betroffene Ökosysteme haben könne (vgl. Bluebeam, 2022).

3. Dekonstruktion: Ein weiteres Problem sei die komplizierte Rückbaubarkeit des Stahlbetons. Wenn es zum Rückbau eines Stahlbetonbauwerks komme, könne man die einzelnen Komponenten nur schwer oder unter großem Energieaufwand voneinander trennen (vgl. Bernau, 2020).

Aufgrund all dieser Nachteile, rücken nachhaltigere und umweltfreundliche Werkstoffe wie Holz in den Vordergrund.

Im Parkhausbau gewinnen Holzbautechniken zunehmend an Bedeutung, da moderne Holzbauverfahren, gestützt auf innovative Holzwerkstoffe und ingenieurtechnische Verbindungstechnologien, zunehmend mit konventionellen Bauweisen konkurrieren. Diese Ansätze wurden bereits in mehreren internationalen Projekten erfolgreich umgesetzt. Im Folgenden wird der aktuelle Stand der Technik anhand bestehender Holzparkhäuser analysiert und die damit verbundenen Neuerungen erläutert.

3 Aktueller Stand der Technik Holzparkhäuser:

Der aktuelle Stand der Technik im Holzparkhausbau zeichnet sich durch verschiedene konstruktive und technologische Aspekte aus, die in diesem Kapitel analysiert werden.

3.1 Holzparkhaus Bad Aibling

Abbildung 6: Holzparkhaus Bad Aibling (Schels, 2023)

Das in Abbildung 6 dargestellte Holzparkhaus in Bad Aibling, entworfen von „HK Architekten“, bestehe fast vollständig aus Holz. Lediglich die Zufahrtsrampe würde aus Stahlbeton gefertigt sein. Das Gebäude sei 70 Meter lang und 17 m breit und biete Platz für insgesamt 104 Fahrzeuge in zwei Geschossen. Die Träger mit den Maßen 240/700 würden eine Breite von 17 m im Achsabstand von 2,60 m überspannen und die Decke aus Brettsperrholz tragen. Diese sei mit einer Bitumenbahn abgedichtet und mit Gussasphalt belegt. Aufgrund der hohen Lasten der Autos, bestünden die Träger über dem Erdgeschoss aus BauBuche (siehe Abbildung 7), während die Träger über dem Obergeschoss aus Brettschichtholz gefertigt seien, da diese nur das Gewicht der Decke und der Dachbegrünung tragen müssten. Im Obergeschoss stelle eine offene Lärchenschalung die Absturzsicherung dar und sorge für eine ausreichende Belichtung (vgl. Zettel, 2023).

In diesem Holzparkhaus spielen folgende Technologien und Aspekte eine wichtige Rolle:

BauBuche: Dieses Furnierschichtholz aus Laubholz sei eine leistungsstarke Alternative zu Stahlbetonträger und -balken und habe nicht nur eine bessere Ökobilanz, sondern auch ein circa 66% geringeres Eigengewicht als Stahlbeton. Es besitze eine deutlich höhere Festigkeit als Nadelholz, wodurch sich Spannweiten von über 20m realisieren ließen (vgl. Pollmeier, 2024).

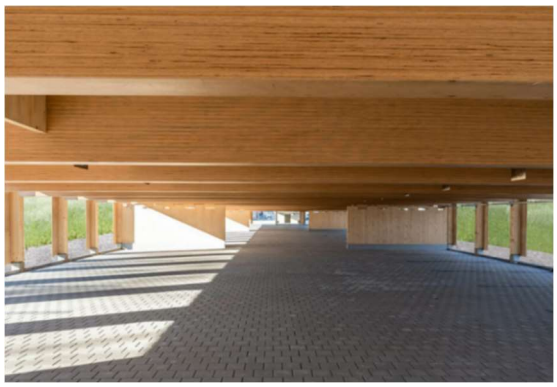


Abbildung 7: BauBuche Parkhaus Bad Aibling (Schels, 2023)

Brettsperrholz: Brettsperrholz, auch Cross Laminated Timber (CLT) genannt, bestehe aus mindestens drei rechtwinklig zueinander verklebten Lagen aus Schnitthölzern aus Nadelholz mit einer Stärke von bis zu 300 mm. Dadurch entstünden tragfähige Bauteile, die auch für große Spannweiten geeignet seien. Es sei also stark genug, um die Lasten von Fahrzeugen zu tragen, weswegen es bei Parkhäusern aus Holz in der Regel als Bestandteil der Decke verwendet werde, wie auch bei dem Holzparkhaus in Bad Aibling. Weitere Vorteile dieses Werkstoffs sind, dass er leicht sei, eine schnelle Bauweise ermögliche und als Holzwerkstoff eine gute Ökobilanz habe (vgl. Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., 2021).

Nachhaltigkeit: Dieses Parkhaus binde beinahe das doppelte an CO_2 als bei seiner Herstellung als graue Energie verbraucht werde (vgl. Zettel, 2023). Graue Energie sei die Primärenergie, die notwendig sei, um ein Gebäude zu errichten. Sie beinhalte die Energie zum Gewinnen der Materialen, zum Herstellen und Verarbeiten von Bauteilen, zum Transport der Bauteile, der Baumaschinen und der Bauarbeiter (vgl. Baunetz_Wissen, 2024). Außerdem könne das Parkhaus mühelos zurückgebaut werden, falls die Mobilitätswende eintrete, da das Tragwerk mit Schrauben und Steckverbindungen verbunden sei. Da die Bauteile konstruktiv voneinander getrennt seien, könnten sie nach dem Rückbau wiederverwendet werden (vgl. Zettel, 2023).

Brandschutz: Grundsätzlich müssten Tragwerk, Decken, Wände, Bekleidungen und Einbauten von Großgaragen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, was mit Holzwerkstoffen nicht zu erfüllen sei. Es bestünde jedoch die Möglichkeit, von Regelungen abzuweichen, wenn nachgewiesen werden könne, dass sich die Lösch- und Rettungssituation im Falle eines Brandereignisses nicht verschlechtere. Für offene Garagen werde gemeinhin ein Feuerwiderstand von mindestens 30 Minuten angesetzt (vgl. Baunetz_Wissen, 2024).

Ein Parkhaus in offener Bauweise weise bei jedem Geschoss Öffnungen auf, deren Fläche insgesamt einem Drittel der Gesamtfläche der Außenwände dieses Geschosses entspreche und das über eine ausreichende und dauerhafte Belüftung verfüge (vgl. ArcelorMittal, 2024).

Für das Holzparkhaus in Bad Aibling sei beispielsweise mithilfe eines Rechenmodells für Stützen und Träger eine Feuerwiderstandsdauer von 47 Minuten ermittelt worden. Für die Decke werde ein Feuerwiderstand von F30 als ausreichend eingestuft, was mit Brettsperrholz einfach zu erreichen sei, da dieses als feuerresistent gelte. Aufgrund der offenen Bauweise des Bad Aiblinger Parkhauses sei die Rauchausbreitung im Brandfall minimiert, jedoch gäbe es zur zusätzlichen Sicherheit noch Abschottungen zwischen den Deckenbindern, die verhindern würden, dass der Rauch ins Gebäudeinnere gelange (vgl. Baunetz_Wissen, 2024).

Im Brandfall verzögere die Verkohlungszone den Abbrand des Restquerschnitts, da durch diese „Schutzschicht“ die thermische Zersetzung nach innen langsamer fortschreiten würde, unter anderem aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit der Holzkohle und des Holzes. Dabei hänge die Abbrandgeschwindigkeit von der Temperaturentwicklung im Brandraum, der Holzfeuchte und der Holzart ab. Bei Brettsperrholz müsse jedoch beachtet werden, dass es ein ungünstigeres Brandverhalten als Massivholzplatten aufweisen könnte, da sich einzelne Schichten nach dem Durchbrand ablösen könnten. Dadurch ginge die Schutzwirkung der sich bildenden Kohleschicht verloren. Dieses Verhalten sei jedoch nur bei Deckenelementen beobachtet worden, nicht bei Wandelementen. Bei der Dimensionierung müsse bei Deckenelementen aus Brettsperrholz mit einer verdoppelten Abbrandrate gerechnet werden. Die Abbrandrate betrage pro Minute 0,65 mm bei einseitigem Abbrand. In diesem rechnerischen Fall müsste man also mit 2 x 0,65 mm = 1,3 mm pro Minute rechnen (vgl. Frangi & Klippel, 2020).

3.2 Holzparkhaus Wendlingen Stuttgart

Abbildung 8: Parkhaus Wendlingen (Holzwarth, 2024)

Das von herrmann+bosch architekten (Stuttgart) geplante Parkhaus in Wendlingen, dargestellt in Abbildung 8, in der Nähe von Stuttgart mit fünf Ebenen bestehe fast gänzlich aus Holz. Lediglich die Rampendecken und Treppenhäuser wären aus Statik- und Brandschutzgründen aus Beton errichtet worden. Die Stützen und Träger seien aus Brettschichtholz konstruiert worden und würden eine maximale Tragweite von 16m überspannen. Die Decken bestehen ähnlich zu dem Bauwerk aus Kapitel „3.1 Holzparkhaus Bad Aibling“ aus Brettsperrholz (vgl. IBA27, 2023).

Es seien größtenteils Schraub- und Steckverbindungen (wie der Sherpa Systemverbinder, siehe Abbildung 10: Sherpa XXL 300) verwendet worden, während auf Verbundmaterialien wie Stahlbeton verzichtet worden sei. Dies würde einen zukünftigen Rückbau erleichtern und die Wiederverwendung der Materialien ermöglichen. Außerdem seien die Geschosshöhen höher angelegt worden, als es bei Parkhäusern üblich sei, um eine Umnutzung zu einem Büro- oder Wohngebäude zu ermöglichen. Damit könne die Nutzungsdauer des Gebäudes gegebenenfalls verlängert werden, was den Nachhaltigkeitsaspekt weiter steigern würde. Zudem könne das Parkhaus etappenweise umgebaut werden, falls in Zukunft weniger Parkplätze benötigt würden. Der Betonkern im Inneren des Gebäudes würde dann von oben zurückgebaut werden und durch einen Innenhof, der Licht spendet, ersetzt werden (vgl. IBA27, 2023).

Neben den beschriebenen verwendeten Materialien und Aspekten der Nachhaltigkeit, fokussiert sich die Analyse dieses Parkhauses auf die verwendeten Verbindungsmittel.

Abbildung 9: Konstruktion Parkhaus Wendlingen (Birnbaum, 2024)

Abbildung 10: Sherpa XXL 300 (SHERPA, 2024)

Verbindungstechnologien:

Systemverbinder: Die Holzverbinder der Firma Sherpa, zu sehen in Abbildung 10, könnten Lasten in Knotenpunkten von bis zu 380kN weiterleiten und seien im Holzparkhaus Wendlingen erfolgreich eingesetzt worden (vgl. SHERPA, 2024). Da diese Verbinder komplett ins Holz eingelassen werden und somit nicht sichtbar sind, wie in Abbildung 9, wo sie nicht zu sehen, aber trotzdem vorhanden sind, haben sie im Vergleich zu Balkenschuhen den großen Vorteil, dass sie im Brandfall vom Holz geschützt werden (siehe Abbildung 10).

Stabdübel- Schlitzblech- Verbindungen: Mehrschnittige Stahl-Holz-Verbindungen mit Stabdübeln (siehe Abbildung 11) würden insbesondere für größere Brettschichtholzquerschnitte eine hohe Tragfähigkeit aufweisen. Mit solchen Verbindungen wäre es möglich, weitgespannte Tragkonstruktionen aus Holz auszuführen und die Konkurrenzfähigkeit des Baustoffes Holz gegenüber anderen Baustoffen wie Stahl zu verbessern. Da die Stahllaschen und die Verbindungsmittel vollständig in die Holzteile eingelassen würden, könnten gestalterisch und ästhetisch anspruchsvolle Konstruktionen entworfen und ausgeführt werden. Die Verbindungen würden im Werk hergestellt, was zu einer modernen und effizienten Montagebauweise auf der Baustelle führen würde. Mit

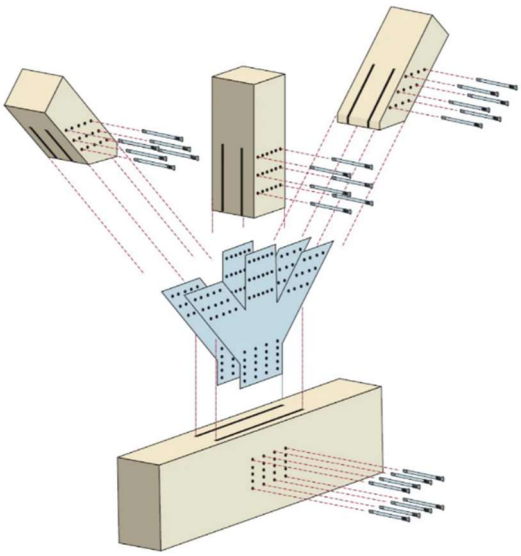


Abbildung 11: Stabdübel-Schlitzblech-Verbindung (Baunetz_Wissen, 2024)

selbstbohrenden Stabdübeln wäre es zudem möglich, diese Verbindungsart ohne vorgängiges Vorbohren der Stahllaschen und der Holzteile herzustellen (vgl. Mischler, 2003).

Mechanische Verbindungen: Schrauben, Nägel und Bolzen

Schrauben: Im modernen Holzbau gebe es eine Menge unterschiedlichster Schrauben für jeden Zweck. Dabei unterscheidet man zwischen dem Schraubenantrieb beziehungsweise dem Schraubenprofil (zum Beispiel Kreuz, Schlitz, Torx, Philips), der Schraubenkopfform (Linsenkopf, Tellerkopf, Senkkopf, Pan- Head), der Schraubenlänge, dem Schraubendurchmesser, dem Schraubenmaterial, der Schrauben-Festigkeitsklasse und der Gewindeart.

Vollgewindeschrauben sind Schrauben mit durchgehendem Gewinde, die bei der Verbindung von Holzbauteilen mit hohen Zug- und Druckkräften verwendet werden, was bei der Befestigung der Brettsperrholzplatten auf die Holzträger angewendet werde, während Teilgewindeschrauben, die einen Schaft haben und somit nur ein teilweises Gewinde, Bauteile fest zusammenziehen können und damit gut für tragende Verbindungen geeignet seien (vgl. fischer, 2024).

Auch Nägel und Bolzen sind gängige mechanische Verbindungsmittel, um Holzbauteile sicher und stabil miteinander zu verbinden und können im Parkhausbau eine Rolle spielen.

3.3 Holzparkhaus Rüsselsheim

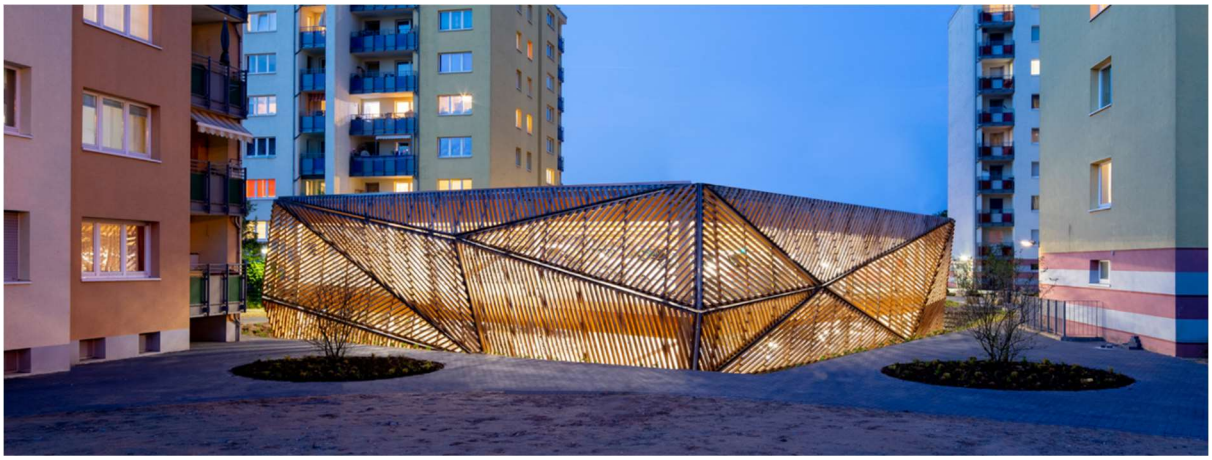


Abbildung 12: Holzparkhaus Rüsselsheim (kg5 parking, 2024)

Das in Abbildung 12 abgebildete zweigeschossige Holzparkhaus des Düsseldorfer Architekturbüros „kg5 architekten“ in Rüsselsheim, das Platz für 93 Parkplätze biete, sei ein Hybridbau mit Elementen aus Stahl und Holz. Es seien 45 Tonnen schwere Stahlstützen, 180 m^3 BSH für die Unterzüge und 300 m^3 Brettsperrholz für die Decken und Dachplatten verbaut. Die Fassade sei darüber hinaus noch mit 820 m^2 Lärchen-Vollholzstäben verkleidet. Die 60/24 cm BSH-Binder der Festigkeitsklasse GL30c überspannten eine Tragweite von 16 Metern und seien mit 12 cm starken CLT-Deckenelementen beplankt. Die Geschossdecke sei mit einer vier Zentimeter starken Gussasphaltschicht, die als dauerhafter Belag für die Autos und als Schutz der Holzkonstruktion diene, versehen. Das Dach sei aus ökologischen Motiven mit einem Gründach und einer Photovoltaikanlage versehen worden (vgl. DERIX, 2024).

Architektur und Design: Dieses Parkhaus sei ein exemplarisches Beispiel für die kreative und architektonisch wertvolle Gestaltung eines Bauwerks, das üblicherweise nicht für seine hohe Aufenthaltsqualität bekannt sei (vgl. Lennartz, 2019). Parkhäuser hätten einen schlechten Ruf aufgrund oft niedriger Decken, wenig ansehnlicher, großer Sichtbetonflächen und einer schlechten Ökobilanz. Sie seien oft Orte, die man nur zum Zweck des Parkens aufsuche und möglichst schnell wieder verlassen wolle. Holz biete als natürlicher, vielseitiger Rohstoff die Möglichkeit das Ansehen signifikant zu verbessern. Zudem habe Holz eine natürliche Optik, was Gebäuden eine warme und ästhetische Ausstrahlung verleihen würde. Außerdem sei es möglich, architektonische Designs flexibel zu gestalten, da Holz ein leicht formbarer und zuschneidbarer Werkstoff sei (vgl. bmH bauen mit Holz, 2024). Die Kubatur des Holzparkhauses in Rüsselsheim erinnere an einen Oktaeder und werte das Erscheinungsbild der Siedlung ästhetisch auf. Aus Brandschutzgründen bestünden die Außenstützen und deren Unterkonstruktion aus Stahl, während die offen gestaltete Holzfassade aus Lärche viel Tageslicht in das Parkhaus lasse (vgl. Lennartz, 2019).

3.4 Hargassner Holzparkhaus

Abbildung 13: Parkhaus Hargassner (Hargassner, 2024)

In Österreich habe der Heizungshersteller Hargassner den Bau eines neuen Holzparkhauses in Auftrag gegeben, das im Jahr 2024 in Betrieb genommen werden solle und Platz für 500 Autos bieten werde (siehe Abbildung 13). Das vorrangige Ziel dieses Projekts sei es, den ökologischen Fußabdruck möglichst gering zu halten. Im Vergleich zu einer Stahlbetonbauweise würden durch den Einsatz von rund 2.600 m³ Holz etwa 8.200 Tonnen CO_2 eingespart. Wie in Abbildung 14 dargestellt, bestünden die Stützen, Träger und Decken des Bauwerks vollständig aus Holz, während die Treppenhäuser und Rampen aus Stahlbeton konstruiert seien (vgl. ORF, 2024).

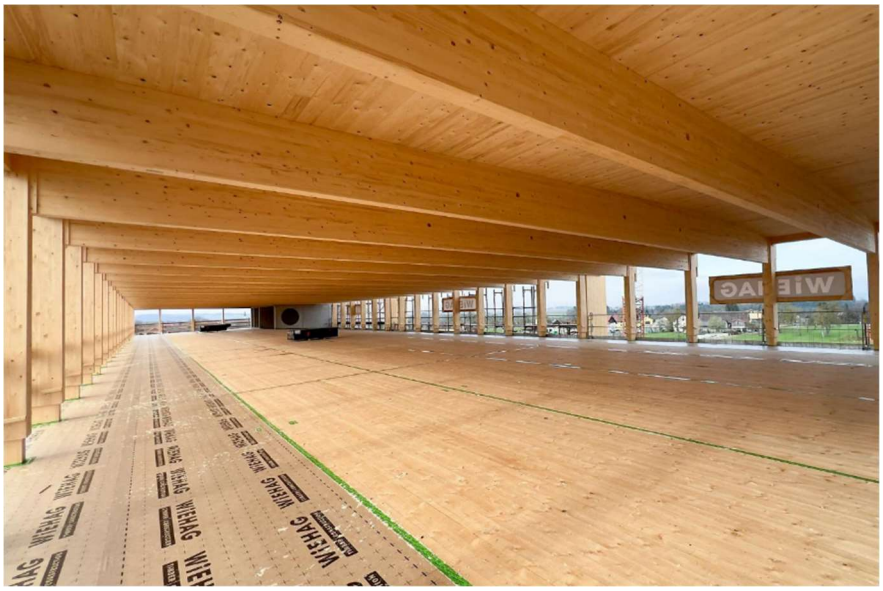


Abbildung 14: Parkebene Parkhaus Hargassner (Hargassner, 2024)

Bei der Analyse des aktuellen Stands der Technik anhand der bestehenden Holzparkhäuser, wird deutlich, dass durch die Weiterentwicklung von Holzwerkstoffen und Verbindungstechnologien die Leistungsfähigkeit des Holzbaus steigt und er dadurch im Parkhausbau mit anderen Bauweisen konkurrieren kann. Im Folgenden wird speziell auf die Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit des Holzbaus eingegangen.

Nachhaltigkeit:

Die Akzeptanz der Holzbauweise sei bereits hoch, die Diskussion um Klimaschutz und Ressourcenschonung gebe ihr Rückenwind in Politik, Gesellschaft und Medien. Dabei sei Holz nicht nur ein nachwachsender, sondern auch klimaneutraler Baustoff (vgl. Blumenröder, 2021). Der Wald werde heutzutage naturnäher bewirtschaftet als je zuvor, wie das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft mitteilt. Ein Indikator dafür sei, dass seit Jahrzehnten mehr Holz nachwachse, als genutzt werde und zwar mit hohen Zuwachsraten von über 120 Millionen Kubikmeter pro Jahr (vgl. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2023).

Im Gegensatz zur Produktion von Stahl und Zement, bei denen eine Menge CO_2- Emissionen freigesetzt werden würden, gelte Bauholz als CO_2-Speicher, da das zuvor in den Bäumen gespeicherte CO_2, im verarbeiteten Holz verbleibe. Jährlich könnten weltweit bis zu 700 Millionen Tonnen Kohlenstoff-Emissionen eingespart werden, wenn 90 Prozent der Neubauten aus Holz wären, wie Berechnungen eines Potsdamer Klimaforschungsteams ergeben (vgl. Maier, 2021). Die im Voraus geplante Umnutzung oder Rückbaubarkeit von Projekten, wie etwa bei den Parkhäusern in Wendlingen und Bad Aibling, verdeutliche, dass Nachhaltigkeit im Holzbau bei fachgerechter Planung problemlos realisierbar sei. Diese Ansätze zeigen, dass eine umweltfreundliche Bauweise nicht nur während der Nutzungsphase, sondern auch in Bezug auf den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks umsetzbar ist.

Wirtschaftlichkeit:

Da es noch nicht so viele Holzparkhäuser gibt, ist es nicht so leicht die Kosten der Holzbauweise und der traditionellen Bauweise zu vergleichen. Analog dazu gibt es jedoch Vergleiche der beiden Bauweisen, zum Beispiel in Bezug auf den Neubau von Kindergärten. Auch wenn Kindergärten und Parkhäuser ganz unterschiedliche Anforderungen haben und nur begrenzt zu vergleichen sind, bietet es einen Ansatz, um die Kosten vergleichen zu können. Mit Hilfe der Datenbanken des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern habe das Deutsche Architektenblatt (DAB) ermittelt, dass die Bauwerkskosten bei nicht unterkellerten Holzbauten rund neun Prozent höher seien als bei Massivbauten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleich Kosten Holz- und Massivbau (Kalusche, 2023)

Bauweise und Standard	BWK/BGF in €/m²		
	von	mittel	bis
Kindergärten, Holzbau, nicht unterkellert, 39 Vergleichsobjekte, S. 282	2.130	2.610	3.330
Kindergärten, Massivbau, nicht unterkellert, einfacher Standard, 12 Vergleichsobjekte, S. 246	1.620	1.970	2.335
Kindergärten, Massivbau, nicht unterkellert, mittlerer Standard, 52 Vergleichsobjekte, S. 254	2.000	2.380	2.740
Kindergärten, Massivbau, nicht unterkellert, hoher Standard, 17 Vergleichsobjekte, S. 272	2.275	2.810	3.420

In Tabelle 2 wurden zudem die Bauzeiten miteinander verglichen und haben ergeben, dass die Bauzeit der Holzbauten rund 72 Prozent der Massivbauten betrage (vgl. Kalusche, 2023). Die Bauzeit des Holzparkhauses in Bad Aibling ginge von August 2021 bis zum März 2022, also acht Monate, was auch dafür spreche wie schnell ein Holzparkhaus gebaut werden könne (vgl. Eder Holzbau, 2024).

In einem anderen Vergleich von ingenieur.de, heißt es, dass der Holzbau eine bis zu 60 Prozent schnellere Bauzeit ermögliche, aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads und der weitestgehend trockenen Bauweise. Dies könne Arbeitskosten auf der Baustelle reduzieren und die Gesamtkosten senken (vgl. ingenieur.de, 2020).

Tabelle 2:Vergleich Bauzeit Holz- und Massivbau (Kalusche, 2023)

Bauweise und Standard	Bauzeiten in Wochen		
	von	mittel	bis
Kindergärten, Holzbau, nicht unterkellert, 39 Vergleichsobjekte, S. 286-295	26	42	60
Kindergärten, Massivbau, nicht unterkellert, einfacher Standard, 12 Vergleichsobjekte, S. 250-252	42	50	63
Kindergärten, Massivbau, nicht unterkellert, mittlerer Standard, 52 Vergleichsobjekte, S. 258-270	43	58	78
Kindergärten, Massivbau, nicht unterkellert, hoher Standard, 17 Vergleichsobjekte, S. 276-280	44	64	92

Im Anschluss an die Analyse des aktuellen Stands der Technik im Holzparkhausbau befasst sich das folgende Kapitel mit der Untersuchung der relevanten Kriterien und Anforderungen an einen geeigneten Standort für das geplante Parkhaus.

4 Kriterien und Anforderungen an den Standort

Um geeignete Standorte für ein Holzparkhaus in Bremen ausfindig zu machen, sollten mehrere wichtige Kriterien berücksichtigt werden:

1. Bedarfsermittlung

Eine Bedarfsanalyse sollte klären, ob ein neues Holzparkhaus für den jeweiligen Standort einen tatsächlichen Mehrwert für die bestehende Parksituation bieten würde. Hierbei wäre zu prüfen, ob bereits ausreichend Parkhäuser und -flächen in der Nähe vorhanden sind und wie stark diese ausgelastet sind. Auch zukünftige Entwicklungen, wie geplante Neubauten oder steigende Bevölkerungszahlen, sollten berücksichtigt werden, um den langfristigen Bedarf zu prognostizieren.

2. Verkehrsanbindung und Einfluss auf das Verkehrsaufkommen

Die Erreichbarkeit des Standorts spielt eine zentrale Rolle. Es sollte untersucht werden, wie gut der Standort an das bestehende Verkehrsnetz angeschlossen ist und ob das erhöhte Verkehrsaufkommen durch ein neues Parkhaus zu negativen Auswirkungen, wie Staus oder erhöhter Lärmbelästigung, führen könnte. Auch die Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr sollte in die Bewertung einfließen. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass das Erreichen des besagten Parkhauses nicht durch verkehrsberuhigte Bereiche, Fahrrad- oder Spielstraßen zu erreichen sei.

3. Größe und Dimensionierung des Parkhauses

Abhängig vom Bedarf und den örtlichen Gegebenheiten, sollte die optimale Größe des Parkhauses festgelegt werden. Dabei sind die Anzahl der Geschosse (zwei oder drei) und die Abmessungen zu bestimmen. Für eine praktische Nutzung sollten Breiten von 16 Metern (zwei Parkreihen) oder 35 Metern (vier Parkreihen) und eine individuell angepasste Länge in Betracht gezogen werden. Diese Dimensionen sollten zu der Nachfrage und den räumlichen Gegebenheiten des Standorts passen. Dabei dient Tabelle 3 als Übersicht welche Varianten es gibt. Dabei ist außerdem zu beachten, dass es an den Längsenden noch genug Raum für Rampen eingeplant werden muss, die die Etagen miteinander verbinden. Diese sind mit ungefähr 15m pro Rampe geplant, wodurch sich die Länge um 30m vergrößert.

Tabelle 3: Abmessungen der Prototypen

	Breite	Länge + 30m Rampe	Grundfläche	Geschosse	Höhe	Parkplätze
Typ 1a	35	75 + 30 = 105m	3675 m²	2	6,40	240
Typ 1b	35	75 + 30 = 105m	3675 m²	3	9,60	360
Typ 2	52	75 + 30 = 105m	5460 m²	2	6,40	360
Typ 2b	52	75 + 30 = 105m	5460 m²	3	9,60	540

Zu der Spalte „Länge“ der Tabelle 3 ist anzumerken, dass die Länge variabel in Abständen von 2,50m gestaltet werden kann. Die Länge ist abhängig von den örtlichen Gegebenheiten und des Bedarfs des Standorts.

4. Flächenverfügbarkeit und Bodenbeschaffenheit

Die verfügbare Fläche muss groß genug sein, um ein Parkhaus in der gewünschten Größe zu errichten. Die benötigte Grundfläche des Prototypens ist der Tabelle 3 zu entnehmen, wobei zusätzlich einzuhaltende Abstände zu anderen Bauwerken oder Straßen zu beachten sind. Zudem ist die Bodenbeschaffenheit zu prüfen, da diese für die Tragfähigkeit des Baugrunds entscheidend ist und darüber entscheidet, ob aufwendigere Gründungsmaßnahmen nötig sind, was für die Wirtschaftlichkeit für den Bau eines solchen Parkhauses wichtig sein kann.

5. Integration in das Stadtbild

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Integration des Parkhauses in das bestehende Stadtbild. Es sollte untersucht werden, ob sich in der Nähe wichtige städtebauliche Ziele befinden, wie Wohngebiete, Einkaufsmöglichkeiten, kulturelle Einrichtungen oder öffentliche Verkehrsknotenpunkte, die durch das Parkhaus einen zusätzlichen Nutzen erhalten würden.

6. Planungsrechtliche Vorgaben

Außerdem ist zu klären, wie die in Betracht kommende Fläche im Flächennutzungsplan und genauer im Bebauungsplan gekennzeichnet ist. Dabei ist der Flächennutzungsplan ein grober Entwicklungsplan, während der Bebauungsplan detaillierter, rechtlich bindend ist und konkrete Bauvorschläge enthält. Es sollte untersucht werden, ob das Gebiet als Baufläche für Verkehrsflächen (insbesondere für Parkflächen) ausgewiesen ist oder ob es möglicherweise Nutzungseinschränkungen gibt, die eine Bebauung verhindern könnten. Vorteilhaft für die Planung und den Bau eines Parkhauses ist, wenn die zu bebauende Fläche als Sondergebiet (SO) für Parkflächen, Gewerbegebiet (GE), Mischgebiet (MI) oder als Kerngebiet (MK) ausgewiesen ist.

5 Mögliche Standorte des Holzparkhauses

Dieses Kapitel untersucht potenzielle Standorte für das geplante Holzparkhaus in Bremen. Dabei werden vier verschiedene Standorte bezüglich ihrer Eignung analysiert, indem die zuvor erarbeiteten Kriterien und Anforderungen betrachtet werden, um den optimalen Standort für den Prototyp zu bestimmen.

5.1 Standort 1: Südbad/ Hachez- Quartier

Auf dem Gelände der ehemaligen Schokoladenfabrik Hachez in der Bremer Neustadt, in der Nähe der Hochschule, solle ein Wohnquartier entstehen (vgl. buten un binnen, 2024), für das zusätzliche Parkplätze in der Nähe sinnvoll wären. Die Überlegung wäre auf den aktuellen Parkplatz des Südbads (siehe Abbildung 16) ein Parkhaus zu errichten, wodurch man auf der Fläche mehr Autos abstellen könnte. Außerdem würden neue, zusätzliche Parkplätze für die Hochschule und das Südbad geschaffen werden.

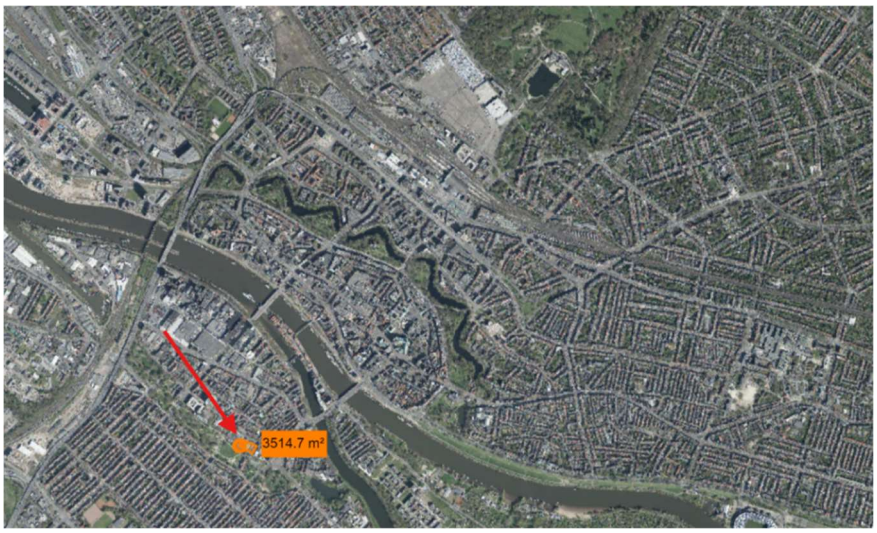


Abbildung 15: Standort Südbad (Geoportal Bremen, 2024)

Abbildung 16: Standort Südbad (nah) (Geoportal Bremen, 2024)

1. Bedarf: Es könnte angenommen werden, dass der Bedarf an zusätzlichen Parkplätzen in der Bremer Neustadt in Zukunft weiter steigen würde, insbesondere aufgrund der geplanten Entwicklung auf dem Gelände der ehemaligen Schokoladenfabrik von Hachez. Dort solle ein neues Wohnquartier entstehen, das zudem Arbeitsräume und kulturelle Einrichtungen umfasst (vgl. buten un binnen, 2024), wodurch die Nachfrage nach Parkmöglichkeiten in der Umgebung erheblich zunehmen könnte. Eine Alternative zur Schaffung von Parkplätzen, wäre der Bau von Tiefgaragen, jedoch stellt ein Holzparkhaus die wirtschaftlichere und ökologischere Alternative dar.

Ein Parkhaus in der Nähe, etwa auf dem bestehenden Parkplatz am Südbad, könnte somit nicht nur zur Entlastung des neuen Quartiers beitragen, indem es den Durchgangsverkehr und parkende Autos aus dem Wohnbereich fernhielte, sondern auch den Bedürfnissen der Studierenden und Beschäftigten der Hochschule Bremen sowie den Besuchern des Schwimmbads gerecht werden. Es wäre daher sinnvoll, diese Möglichkeit im Rahmen einer umfassenden städtebaulichen Planung zu prüfen, um die zukünftigen verkehrstechnischen Herausforderungen in diesem Gebiet zu bewältigen.

2. Verkehrsanbindung: Der Parkplatz des Südbads ist über die B75 und die B6 gut zu erreichen, die zu den wichtigsten Verkehrsachsen in Bremen gehören. Von diesen Straßen aus gibt es direkte Verbindungen in die Bremer Innenstadt und die umliegenden Stadtteile. Der Parkplatz liegt in der Nähe der Friedrich-Ebert-Straße, einer wichtigen Verbindungsstraße in der Neustadt, die eine schnelle Anbindung an andere Teile der Stadt ermöglicht. Eine umfangreiche Erschließung wäre in diesem Gebiet nicht nötig, da der Parkplatz bereits an das Verkehrsnetz angeschlossen ist.

3. Größe des Parkhauses: Für diesen Standort empfiehlt sich der Typ 1b (siehe Tabelle 3), da der verfügbare Platz begrenzt ist und man in 3 Geschossen mehr Autos unterbringen kann, wodurch der Raum effektiver genutzt wird. Da ein moderates Aufkommen zu erwarten ist, das zukünftig jedoch steigen kann, sollte der Typ 1b mit 360 Parkplätzen den Bedarf decken.

4. Flächenverfügbarkeit: Die Fläche des bereits vorhandenen Parkplatzes ist groß genug für den Typen 1b. Der Baugrund bestehe aus Auelehm mit jungen holozänen Ablagerungen (vgl. Geoportal Bremen, 2024), was ein problematischer Untergrund sein könne, weswegen eine Pfahlgründung notwendig sein könnte.

5. Integration in das Stadtbild: Durch die Nähe zu Einrichtungen für Kultur und Bildung, wie dem Südbad und der Hochschule, wie auch der schnellen Anbindung zu dem geplanten Wohnquartier auf dem Hachez Gelände, würde ein Parkhaus hier Sinn ergeben. Aufgrund des Holzbaus und der vielen gestalterischen Möglichkeiten, wie einer Holzfassade, sollte sich das Parkhaus gut in das Stadtbild einfügen lassen. Ein architektonisch wertvolles Parkhaus aus Holz, kann außerdem die städtebauliche Ansicht der Hochschule verbessern.

6. Planungsrecht: Im Flächennutzungsplan der Stadt Bremen ist der Standort als Parkanlage gekennzeichnet (vgl. Geoportal Bremen, 2024), während die Fläche im Bebauungsplan 667 als öffentlicher Sport- und Spielplatz ausgewiesen ist (vgl. Bauleitplanung der Stadt Bremen, 1969). Um hier trotzdem ein Parkhaus bauen zu können, müsste der Bebauungsplan geändert werden oder eine Sondergenehmigung von der zuständigen Behörde eingeholt werden, was das funktionalere Vorgehen wäre. Wenn das Bauvorhaben städtebaurechtlich vertretbar sei und einen Mehrwert darstelle, könne das Bauamt trotzdem eine Baugenehmigung erteilen (vgl. Redaktion Dr. Klein, 2024). Wenn der politische Wille vorhanden ist und auch die Öffentlichkeit zustimmt, sollte der Bau eines Parkhauses an diesem Standort zu realisieren sein.

5.2 Standort 2: Depot Gröpelingen

Da das, in Abbildung 18 abgebildete Depot, die Endstation einiger Bus- und Bahnverbindungen ist, könnte ein Holzparkhaus als Park & Ride Möglichkeit dienen, wodurch weniger Autos in der Innenstadt unterwegs sein könnten.

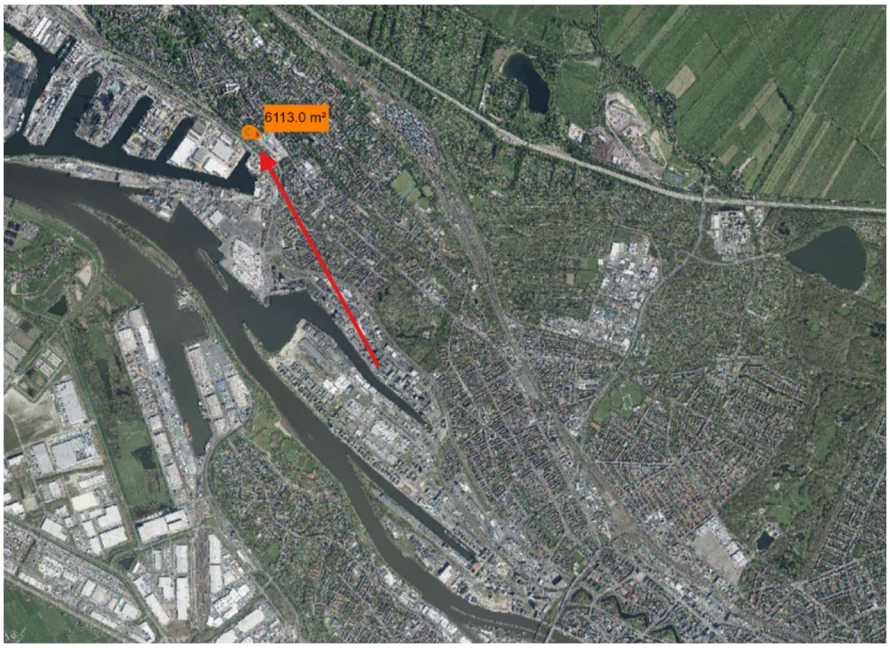


Abbildung 17: Standort Depot Gröpelingen (Geoportal Bremen, 2024)

Abbildung 18: Standort Depot Gröpelingen (nah) (Geoportal Bremen, 2024)

1. Bedarf: Das Depot Gröpelingen in Bremen stelle aufgrund der Endhaltestellen der Straßenbahnen 2, 3 und 10 sowie der Anbindung durch acht Buslinien einen der am meisten frequentierten Verkehrsknotenpunkte der Stadt dar (vgl. zukunft-groepelingen.de, 2024). Die Errichtung eines Parkhauses an diesem Standort würde es Pendlern ermöglichen, ihre Fahrzeuge abzustellen und den öffentlichen Nahverkehr für die weitere Fahrt in die Innenstadt zu nutzen. Es gibt direkt auf dem Gelände des Depots ein kleines zweigeschossiges Parkhaus, was für ein größer angelegtes Park-and-Ride-System jedoch nicht ausreichend ist. Durch ein nachhaltig geplantes Park-and-Ride-System, könnte der Innenstadtverkehr reduziert werden und das Stressniveau für Pendler verringert werden, da diese nicht mehr dem oftmals stressigen Innenstadtverkehr ausgesetzt sind. Außerdem kann durch die vermehrte Nutzung des ÖPNVs die Umwelt geschont werden.

2. Verkehrsanbindung: Es besteht eine gute Anbindung an das bestehende Straßennetz durch die Gröpelinger Heerstraße und dem anliegenden Industriegebiet, wodurch man eine schnelle Anbindung an die A27 und die A281 hat.

3. Größe des Parkhauses: Da genügend Platz vorhanden ist, aber ein zu hohes Bauwerk nicht ins Stadtbild passen würde, empfiehlt sich der Typ 2a, welcher 360 Parkplätze bietet (siehe Tabelle 3).

4. Flächenverfügbarkeit: Eine ausreichend große Fläche ist direkt neben dem Depot gegeben. Der Baugrund bestehe aus Sand, was ein guter Baugrund ist, weswegen die Gründung kein Problem darstellt (vgl. Geoportal Bremen, 2024).

5. Integration in das Stadtbild: Durch die enge Verknüpfung mit dem öffentlichen Nahverkehr und die Berücksichtigung der städtischen Struktur könnte es zu einem funktionalen und ästhetischen Bestandteil des Stadtteils werden und eine städtebauliche Aufwertung darstellen. Außerdem könnten weitere Grün- und Freiflächen in der Nähe des Parkhauses für die Öffentlichkeit den urbanen Raum beleben.

6. Planungsrecht: Die in Abbildung 18 gezeigte Fläche des potenziellen Standorts des Holzparkhauses ist im Bremer Flächennutzungsplan als Wohnbau gekennzeichnet. Im Bebauungsplan 519 ist die Fläche als Sondergebiet Krankenhaus gekennzeichnet (vgl. Bauleitplanung der Stadt Bremen, 1968), wodurch die Ausgangslage ähnlich wie bei Standort 1 ist, was bedeutet, dass der Flächennutzungsplan und der Bebauungsplan geändert und ein entsprechender Bauantrag eingereicht werden oder eine Sondergenehmigung beim Bauamt beantragt werden müsste.

5.3 Standort 3: Universität Bremen

Durch ein Holzparkhaus könnte man die große Fläche des Parkplatzes an der Universität verkleinern (siehe Abbildung 20), da man mehr Autos auf weniger Fläche unterbringen könnte. Dadurch könnte man die gewonnene Fläche anderweitig nutzen und die städtebauliche Optik des Universitätsgeländes durch ein modernes Parkhaus steigern.

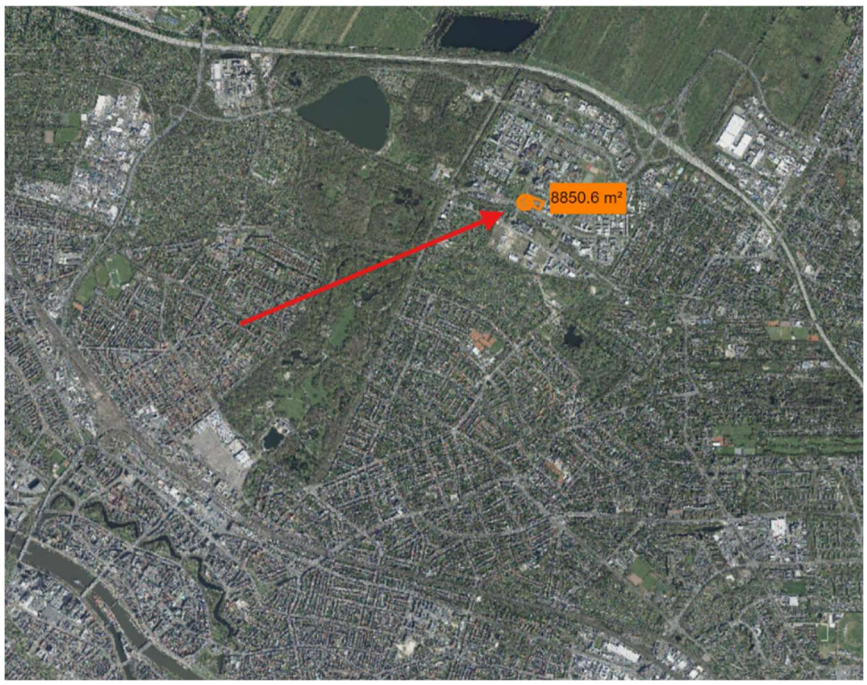


Abbildung 19: Standort Universität (Geoportal Bremen, 2024)

Abbildung 20: Standort Universität (nah) (Geoportal Bremen, 2024)

1. Bedarf: An der Universität Bremen gibt es einige Parkflächen, wie in Abbildung 20 zu sehen ist, die jedoch bei Stoßzeiten ausgelastet sein können. Ein Parkhaus würde die Möglichkeit bieten mehr Autos auf gleicher Fläche unterzubringen. Aufgrund der Nachhaltigkeitsziele der Uni Bremen, wäre der Bau eines neuen Parkhauses, was den Individualverkehr hier eher stärken würde, jedoch fragwürdig.

2. Verkehrsanbindung: Da dieses Parkhaus auf einem schon bestehenden Parkplatz gebaut werden würde, ist die Verkehrsanbindung gut und ohne weitere Baumaßnahmen gegeben. Es gibt eine gute Verkehrsanbindung dieses Standorts, aufgrund der direkten Nähe zur A27.

3. Größe des Parkhauses: Da die Nachfrage nach Parkplätzen an diesem Standort durchschnittlich, der große Platz jedoch gegeben ist, würde ein Parkhaus des Typs 2a (siehe Tabelle 3) infrage kommen. Auch die vor Ort ansässige Industrie könnte die Parkkapazitäten ausfüllen.

4. Flächenverfügbarkeit: Der bestehende Parkplatz ist groß und nimmt eine Menge Platz ein. Ein Parkhaus könnte mehr Autos auf weniger Fläche unterbringen, wodurch man den gewonnenen Platz anders nutzen könnte. Der Baugrund bestehe, wie bei Standort 1, aus Auelehm mit jungen holozänen Ablagerungen (vgl. Geoportal Bremen, 2024), was eine aufwendigere Gründung, wie eine Pfahlgründung zur Folge haben könnte. Der Bau eines Parkhauses mit nur zwei Geschossen könnte diese Gründungsmaßnahmen weiter vereinfachen, da weniger Last pro Stütze abgetragen werden muss.

5. Integration in das Stadtbild: Der Standort an der Universität wäre eine gute Möglichkeit ein technisch innovatives und architektonisch anspruchsvolles Parkhaus zu errichten und könnte das städtebauliche Bild des Universitätsgeländes aufwerten. Durch den gewonnenen Platz durch die Verkleinerung der Parkanlage, ergibt sich möglicher Platz für Grün- und Freiflächen, den Studenten und Anwohner nutzen können.

6. Planungsrecht: Dieser Standort ist laut Bebauungs- und Flächennutzungsplan ein Sondergebiet Bildung, weswegen es auch hier nicht ohne weiteres möglich ist ein Parkhaus zu bauen. Wie bei Standort 1 und 2 muss eine Sondergenehmigung eingeholt oder der Flächennutzungsplan und der Bebauungsplan geändert werden.

5.4 Standort 4: Überseestadt

Da die Überseestadt ein schnell wachsender Stadtteil ist, kann der steigende Parkbedarf durch ein neues Parkhaus besser gedeckt werden und die Situation für Arbeitnehmer und Anwohner erleichtern.

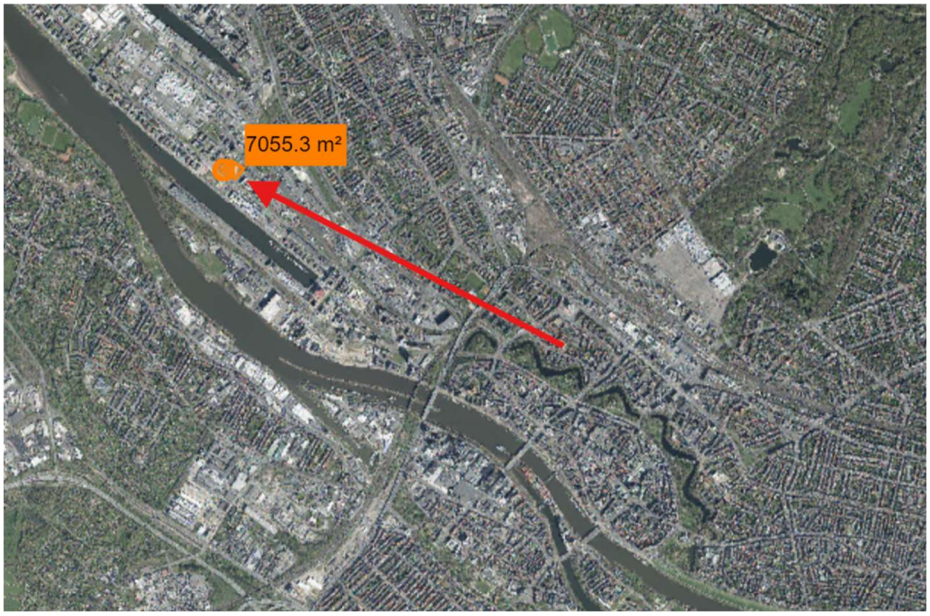


Abbildung 21: Standort Überseestadt (Geoportal Bremen, 2024)

Abbildung 22: Standort Überseestadt (nah) (Geoportal Bremen, 2024)

1. Bedarf: Als schnell wachsender und sich in der Entwicklung befindender Stadtteil, kann der Bedarf an Parkplätzen weiter steigen, da Wohnbauten, Büros und Gastronomiebetriebe diese benötigen. Jedoch gibt es schon einige Parkflächen und auch die Parkhäuser Marcuskaje 1 und Parkhaus Bömers Spitze, wodurch die Nachfrage nicht so stark ausgeprägt ist. Jedoch könnte ein optisch ansprechendes Parkhaus einen Mehrwert für diesen modernen Stadtteil bieten.

2. Verkehrsanbindung: Dieser potenzielle Standort hat eine gute Verkehrsanbindung und ist direkt an der Konsul-Smidt-Straße gelegen, wodurch eine schnelle Anbindung an die B6 möglich ist.

3. Größe des Parkhauses: Da die Nachfrage nicht allzu stark ausgeprägt ist würde sich der Typ 1b (siehe Tabelle 3) empfehlen. Ein dreigeschossiges Parkhaus mit einer Höhe von circa 10 Metern, könnte einen optischen Mehrwert für das Stadtbild liefern.

4. Flächenverfügbarkeit: Dieser Standort befindet sich auf einem großen Grundstück, wodurch alle Typen problemlos ausführbar wären. Der Baugrund hat eine ähnliche Beschaffenheit wie Standort 1 und 3, das heißt er besteht aus Auelehm mit jungen holozänen Ablagerungen, weswegen auch hier eine Pfahlgründung von Nöten sein könnte.

5. Integration in das Stadtbild: Da die Überseestadt innovative und moderne städtebauliche Ziele verfolgt, würde sich ein elegantes und technisch hochwertiges Parkhaus gut in das Stadtbild einfügen.

6. Planungsrecht: Diese Fläche (siehe Abbildung 22) ist im Bebauungs- und Flächennutzungsplan als gemischte Baufläche (MI) ausgewiesen, weswegen hier grundsätzlich ein Parkhaus gebaut werden könnte. Die Höhe baulicher Anlagen in diesem Gebiet (Oberkante) liegt bei 21 - 26m über Normalnull (NN), wobei die Geländehöhe circa 7m (NN) betrage. Bei einer erlaubten Gebäudehöhe von 14 – 19m und einer vorhanden Parkhaushöhe von knapp 10m, stellt dies kein Problem dar.

5.5 Wahl des Standorts des Prototypens für die weitere Betrachtung

Tabelle 4: Übersicht Standortwahl

	Bedarf	Anbindung	Flächenverfügbarkeit/ Bodenbeschaffenheit	Planungs-recht
Südbad	Hoch	Mittel	Fläche vorhanden Schwieriger Baugrund	Sondergenehmigung notwendig
Gröpelingen	Mittel-hoch	Mittel	Fläche vorhanden Guter Baugrund	Sondergenehmigung notwendig
Universität	Mittel-gering	Gut	Fläche vorhanden Schwieriger Baugrund	Sondergenehmigung notwendig
Überseestadt	gering	Gut	Fläche vorhanden Schwieriger Baugrund	Einfach realisierbar

Nach der Erstellung und Auswertung von Tabelle 4 hat sich gezeigt, dass der Standort 1 am Südbad in der Bremer Neustadt das größte Potenzial aufweist. Daher wird die Thesis im Folgenden einen Entwurf für diesen spezifischen Standort präzisieren. Aufgrund der Entwicklungen auf dem ehemaligen Hachez Gelände und der Möglichkeit die Straße an der Hochschule autofrei machen zu können, hat dieser Standort das meiste Potenzial die Infrastruktur dieses Stadtteils zu verbessern und könnte den größten Mehrwert bieten. Außerdem ist der Bedarf für ein neues Parkhaus der betrachteten Standorte beim Südbad am höchsten einzuschätzen, da die Parksituation dort schon schwierig ist und sich mit dem Bau des neuen Quartiers auf dem Hachez Gelände weiter verschärfen könnte. Viele Wohngebiete in der Umgebung sind bereits stark ausgelastet, und zusätzliche Parkmöglichkeiten würden den Parkdruck verringern und den Anwohnern zugutekommen. Wenn auf dem bestehenden Parkplatz ein Parkhaus gebaut werden würde, könnte die Fläche effizienter genutzt werden, da eine höhere Anzahl an Parkplätzen auf der gleichen Fläche untergebracht werden könnte. Die Schaffung zusätzlicher Parkplätze könnte die Lebensqualität von Anwohnern, Studierenden und Besuchern erheblich steigern, indem Parkplatzengpässe reduziert werden. Ein weiterer positiver Effekt der verbesserten Parkplatzsituation ist außerdem, dass der Einzelhandel oder auch die Gastronomie von dem Parkhaus profitieren könnten, da Besucher und Kunden, die mit dem Auto kommen, einfacher einen zentralen und sicheren Parkplatz finden. Des Weiteren wäre dies mit der gegebenen Nähe zur Hochschule Bremen ein guter Standort, um moderne Mobilitätskonzepte zu unterstützen, wie die Bereitstellung von E-Ladestationen für Elektroautos und Carsharing-Plätzen, was eine umweltfreundlichere Mobilität weiter fördert.

6 Regulierungen und Normen

Nach der sorgfältigen Auswahl des Standorts für das geplante Holzparkhaus in Bremen ist es entscheidend, die relevanten Regulierungen und Normen zu berücksichtigen, die den Bau und Betrieb des Projekts beeinflussen. Die Einhaltung dieser Vorschriften stellt nicht nur die rechtliche Zulässigkeit des Bauvorhabens sicher, sondern gewährleistet auch, dass das Gebäude den erforderlichen Sicherheits-, Umwelt- und Nutzungsstandards entspricht. In diesem Kapitel werden die Regulierungen und Normen, die für den Bau des Parkhauses zu beachten sind, näher erläutert.

Bremische Landesbauordnung (BremLBO):

Die BremLBO ist die zentrale Rechtsgrundlage für Bauvorhaben in Bremen. Sie enthält Vorschriften zu Tragwerksplanung, Genehmigungspflichten, Brandschutz und Nutzungssicherheit.

Nach § 2Begriffe (3) zähle das geplante Parkhaus zur Gebäudeklasse 3, da die Oberkante des Fußbodens des obersten Geschosses unter einer Höhe von sieben Metern liegt und es Nutzungseinheiten von mehr als 400 Quadratmetern habe (vgl. Brem.GBl, 2024). Laut § 2Begriffe (4) gehören Gebäude mit mehr als 1600 m² Grundfläche des größten Geschosses, was der Fall ist mit circa 2500 m², zu den Sonderbauten, jedoch werden Wohngebäude und Garagen davon ausgeschlossen. Dadurch gelten die Regelungen für ein Gebäude der Gebäudeklasse 3.

Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Garagen und Stellplätzen (M-GarStVO):

Die Muster-Garagenverordnung (M-GarVO) werde von der Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) herausgegeben und lege grundlegende Regelungen für Bereiche wie Brandschutz, Parkplatzabmessungen, Zufahrtsvorgaben und den Betrieb von Garagen fest (vgl. Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz (ARGEBAU), 2020). Sie dient den Bundesländern als rechtliche Vorlage zur Erstellung eigener Garagenverordnungen, die in die jeweilige Landesbauordnung integriert werden können, während es den Ländern vorbehalten ist, in den eigenen Verordnungen Anpassungen machen zu dürfen. Im Gegensatz zu den Bauordnungen der Länder ist die Musterbauordnung nicht rechtlich bindend.

Garagen- und Stellplatzverordnung (GaStplVO):

Die GaStplVO regelt die Anforderungen an Garagen und Parkhäuser in Bezug auf Brandschutz, Belüftung und Zufahrtsregelungen. Sie orientiert sich an der M-GarStVO, kann in den Ländern bedarfsweise spezifisch angepasst werden und ist rechtlich bindend. In dieser Arbeit, wird die aktuelle Fassung der GaStplVO,NI für Niedersachsen verwendet, da keine aktuelle Version der Bremer Verordnung aufgefunden werden konnte.

Nach „§ 1 GaStplVO – Begriffe (1)“ seien Garagen mit einer Nutzfläche von mehr als 1000 m² Großgaragen. Stellplätze würden zur Nutzfläche zählen, während Durchfahrten und Rampen als Verkehrsfläche betrachtet werden könnten (vgl. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2020). Das geplante Parkhaus soll auf drei Geschossen Platz für 360 Parkplätze, die eine Größe von 2,50 x 5,00 Metern haben, schaffen, wodurch sich eine Nutzfläche von ungefähr 4500 m² ergibt, weswegen es als Großgarage klassifiziert werde (vgl. GaStplVO, 2022). „Offene Garagen sind Garagen, die unmittelbar ins Freie führende unverschließbare Öffnungen in einer Größe von insgesamt mindestens einem Drittel der Gesamtfläche der Umfassungswände haben, bei denen mindestens zwei sich gegenüberliegende Umfassungswände mit den ins Freie führenden Öffnungen nicht mehr als 70 m voneinander entfernt sind und bei denen eine ständige Querlüftung vorhanden ist“ (GaStplVO, 2022,

S. §1,(2)). Da die Fassade als offene Lärchenfassade geplant wird und dadurch die ständige Querlüftung gewährleistet wird, gilt das Parkhaus als offene Garage.

Nach „§ 6 GaStplVO – Tragende Bauteile, aussteifende Bauteile und raumabschließende Bauteile, Dächer (2)“, müssten tragende Bauteile bei offenen, oberirdischen Mittel- und Großgaragen feuerhemmend sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen (vgl. GaStplVO, 2022). Da Holz ein brennbares Material sei, sei diese Anforderung generell nicht zu erreichen. Jedoch bestehe die Möglichkeit von Anforderungen abzuweichen, wenn nachgewiesen werden könne, dass sich die Lösch- und Rettungssituation im Brandfall nicht verschlechtere. Dies sei im Brandschutznachweis darzulegen (vgl. Baunetz_Wissen, 2024).

Brandschutzvorschriften nach DIN 4102 und DIN EN 13501:

Die nationale Normengruppe DIN 4102 sei die zuständige Norm, die den Brennbarkeitsgrad von Baustoffen und die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen definiere. Dabei werden Baustoffe in unterschiedliche Feuerwiderstandsklassen (zum Beispiel F30, F60, F90) eingeteilt und klassifiziert.

Das europäische Klassifizierungssystem nach DIN EN 13501 sei komplexer als die DIN 4102, da hier neben der Entflammbarkeit auch die Rauchentwicklung und das brennende Abfallen/Abtropfen von Baustoffen berücksichtigt werde.

Technische Normen der Tragwerksplanung:

In der DIN EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung seien Anforderungen und Prinzipien zur Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Tragwerke bestimmt. Die DIN EN 1991 Einwirkungen auf Tragwerke beinhalte die maßgebenden Einwirkungen auf die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken (vgl. Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.2).

Für die Berechnung und Bemessung des Holzparkhauses ist die DIN EN 1995 zu beachten.

Abbildung 23: Übersicht Normen Tragwerksplanung (nach Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.2)

Des Weiteren ist der Eurocode 5 – Holzbemessung, worin die DIN 1052 enthalten ist, relevant. Darin gehe es um Vorschriften zur Tragwerksplanung für Holzbauten, insbesondere in Bezug auf die Lastabtragung und Verbindungstechniken (vgl. Eurocode online, 2024).

Weitere technische Normen und Vorgaben:

Gemäß der DIN 18040 müssen Parkhäuser barrierefrei gestaltet werden. Ziel dieser Norm sei die Barrierefreiheit baulicher Anlagen, damit sie für Menschen mit Behinderung, ohne besondere Erschwernis und grundsätzlich ohne fremde Hilfe zugänglich und nutzbar seien. Dies umfasse zum Beispiel Behindertenparkplätze und ausreichend breite Wege (vgl. Verband Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2024).

Außerdem müssen umweltrechtliche Vorgaben auch erfüllt werden, welche in Bremen durch das Bremische Klimaschutzgesetz geregelt werden. Hierin sei festgelegt wie das Land Bremen seinen Beitrag zur internationalen, europäischen und deutschen Klimaschutz- und Energiepolitik leisten könne, um die Risiken des Klimawandels zu mindern (vgl. Sina & Stockhaus, 2019).

In Bezug auf die Verkehrssicherheit spiele auch die Straßenverkehrsordnung (StVO) eine Rolle, da es sich bei einem Parkhaus auch um einen öffentlichen Verkehrsraum handle, da es für die Öffentlichkeit zugänglich sei (vgl. Kanzlei Vogt, 2021).

Alle baulichen Maßnahmen müssen vorab durch das Bauordnungsamt Bremen genehmigt werden, da dieses die Einhaltung der relevanten Vorschriften prüft und gegebenenfalls Auflagen für den Bau gibt.

Nach der Analyse der Regulierungen und Normen, die für den Bau des Holzparkhauses von Bedeutung sind, ist der nächste Schritt die konkrete Ausarbeitung eines Entwurfs, welche im folgenden Kapitel behandelt wird.

7 Entwurf

Aufgrund der Ausführungen aus Kapitel „5.1 Standort 1: Südbad/ Hachez- Quartier“ und den damit einhergehenden örtlichen Gegebenheiten und dem potenziell hohen Bedarf, wird ein dreigeschossiges Parkhaus mit 350 Parkplätzen entworfen (siehe Abbildung 24).

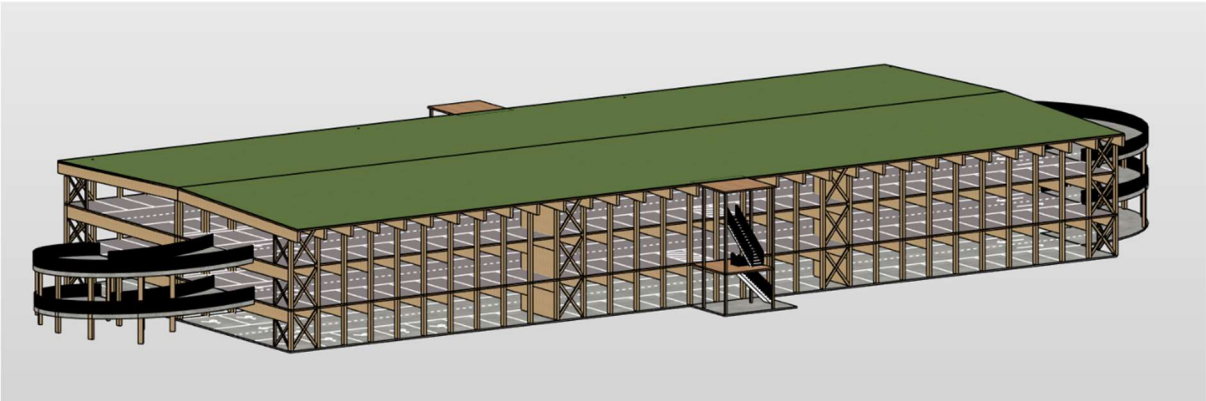


Abbildung 24: Parkhaus 3D Ansicht (Revit, 2024)

7.1 Abmessungen und Tragwerk

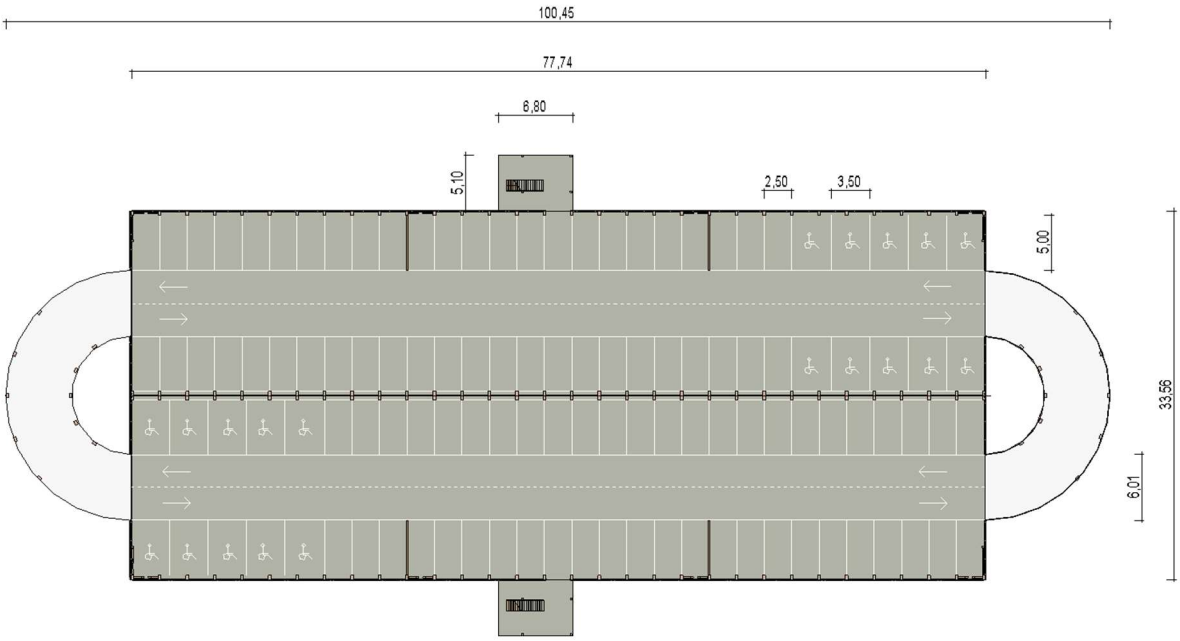


Abbildung 25: Parkhaus Grundriss EG (Revit, 2024)

Der Rohkörper des Parkhauses ist 77,74 m lang und 33,56 m breit. Mit den notwendigen Rampen und Treppenhäusern, vergrößern sich die Maße auf 100,46 m Länge und 43,76 m Breite (siehe Abbildung 25). Das Holztragwerk des Parkhauses besteht aus Holzstützen und -trägern, die in einem Achsabstand von 2,50 Metern angeordnet sind. Diese Dimension entspricht der Breite eines Parkplatzes, was sowohl funktionale als auch ästhetische Vorteile für die Nutzer bietet. Der regelmäßige Abstand der Stützen erleichtert die Orientierung und trägt zur klaren Strukturierung der Parkflächen bei. Darüber

hinaus hat diese Anordnung brandschutztechnische Vorteile, die im späteren Verlauf im Kapitel „8.4 Brandschutz“ genauer erläutert werden.

Die Deckenkonstruktion besteht aus 120 mm dicken Brettsperrholzplatten, die eine stabile und tragfähige Grundlage bieten. Diese Platten sind mit einer abdichtenden Bitumenschicht versehen und darauf befindet sich eine 3 cm dicke Gussasphaltschicht, die den Fahrbahnbelag bildet. Diese Schicht stellt eine langlebige und widerstandsfähige Oberfläche dar, die den täglichen Belastungen durch den Fahrzeugverkehr standhält.

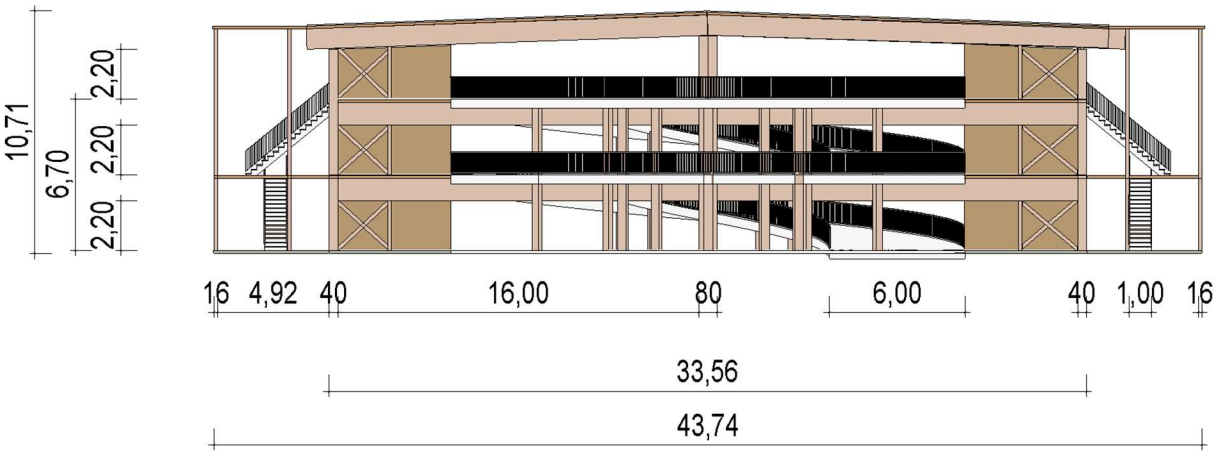


Abbildung 26: Ansicht West (Revit, 2024)

Auch die Dachkonstruktion basiert auf Brettsperrholz und wird mit einem Gründach abgeschlossen, das sowohl ökologische als auch funktionale Vorteile bietet.

Insgesamt ist das Parkhaus 10,71 m hoch (siehe Abbildung 26) und inklusive der Rampen 100,46 m lang (siehe Abbildung 27). Die Durchfahrtshöhe beträgt 2,20 m, während die Raumhöhe zwischen den Trägern sogar 3,20 m hoch ist. Diese hohen Deckenhöhen in Kombination mit der offenen Holzfassade sorgen für gute Lichtverhältnisse und einen hohen Komfort für den Parkhausnutzer. In Anhang 1: Pläne befinden sich weitere Grundrisse und Ansichten, die eine detailliertere Darstellung ermöglichen.

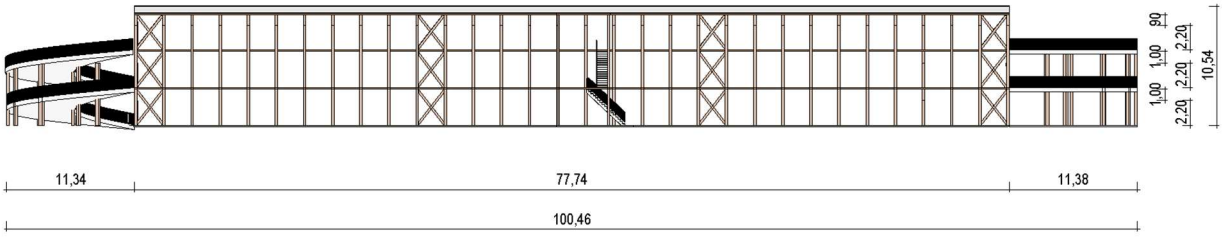


Abbildung 27: Ansicht Nord (Revit, 2024)

7.2 Aussteifung des Tragwerks

Die in Abbildung 28 dargestellte Aussteifung des Tragwerks erfolgt in Längsrichtung durch die Brettsperrholzplatten, sowie durch Verstrebungen, die zwischen zwei Stützen angeordnet sind. Diese Verstrebungen sind an den Enden des Gebäudes und in einem regelmäßigen Abstand von 25 Metern entlang der Längsrichtung des Parkhauses positioniert. Sie dienen dazu, die strukturelle Stabilität zu gewährleisten und horizontale Kräfte wie Windlasten effizient in das Tragwerk abzuleiten.

In Querrichtung tragen ebenfalls an den Enden des Parkhauses angebrachte Verstrebungen dazu bei, horizontale Lasten in das Tragwerk weiterzuleiten (siehe Abbildung 29). Zusätzlich sind innerhalb des Parkhauses in einem Abstand von 25 Metern aussteifende Holzwände angeordnet, die für eine zusätzliche Steifigkeit sorgen. Diese Maßnahmen gewährleisten eine optimale Lastabtragung und tragen zur Gesamtstabilität der Konstruktion bei. Die Verstrebungen sind in diesem Entwurf mit Kanthölzern ausgeführt, jedoch können diese auch durch Auskreuzungen mit Stahlseilen erfolgen, wodurch sich eine filigranere Ansicht erzeugen lassen könnte.

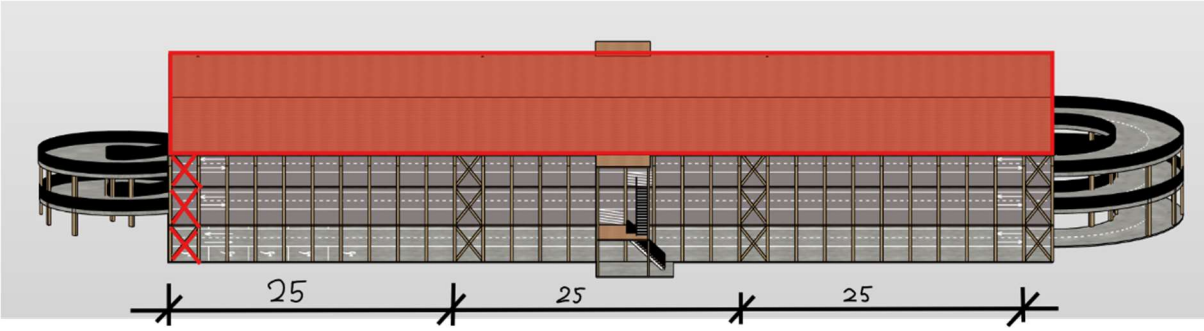


Abbildung 28: Aussteifung Längsrichtung (Revit, 2024)

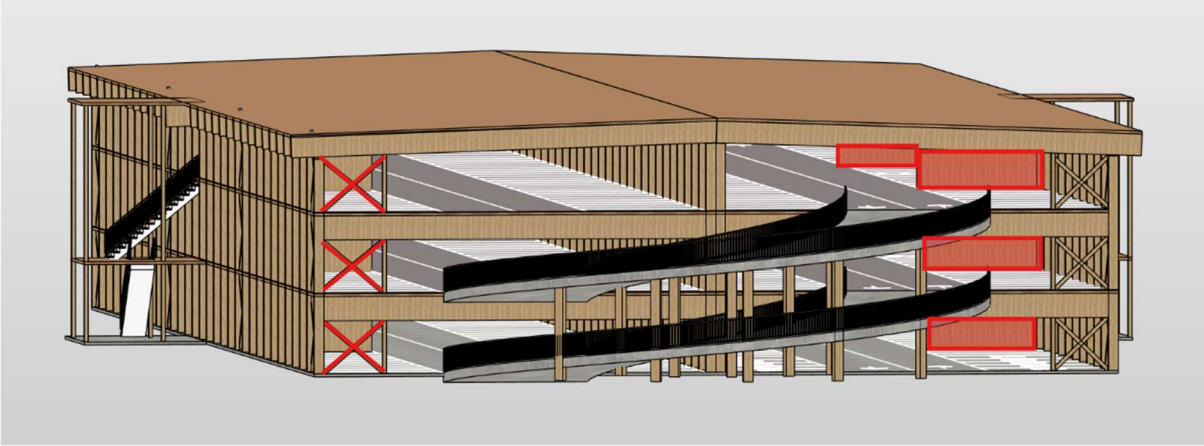


Abbildung 29: Aussteifung Querrichtung (Revit, 2024)

Nachdem die Abmessungen des Parkhauses, das Tragwerk sowie die Aussteifung in diesem Kapitel erläutert wurden, befasst sich das folgende Kapitel mit den spezifischen Kriterien und Anforderungen, die an das Parkhaus gestellt werden.

8 Kriterien und Anforderungen an die Konstruktion

Dieses Kapitel handelt sowohl von technischen als auch funktionalen Anforderungen an das Parkhaus. Anhand des Entwurfs wird erläutert, wie diese Anforderungen erfüllt werden, um eine effiziente und nachhaltige Nutzung des Bauwerks zu gewährleisten.

8.1 Funktionalität und Ästhetik

Eine effiziente Raumnutzung ist von entscheidender Bedeutung, um die Anzahl der verfügbaren Parkplätze zu maximieren und gleichzeitig die Zugänglichkeit zu gewährleisten. Dabei spielt die Ermittlung des Bedarfs, insbesondere die Entscheidung, ob zwei oder drei Geschosse erforderlich sind, eine wichtige Rolle, da sie die konstruktiven Anforderungen maßgeblich beeinflusst. Die Verwendung bewährter Materialien wie Brettschichtholz (BSH) oder BauBuche in der Holzkonstruktion sowie Gussasphalt als Fahrbahnbelag trägt entscheidend zur Funktionalität eines Parkhauses bei. Diese Materialien zeichnen sich durch ihre hohe Tragfähigkeit und Langlebigkeit aus, was sowohl den Bau als auch den Betrieb effizient gestaltet. Sie seien vergleichsweise wartungsarm und ließen sich im Falle von Schäden leichter inspizieren als etwa Stahlbeton. Holzbauteile böten den Vorteil, dass Risse oder andere Defekte an der Oberfläche schneller sichtbar seien, wodurch frühzeitige Instandhaltungsmaßnahmen möglich werden (vgl. Bohn Holzbau, 2024).

Der Holzbau bietet eine Vielzahl an gestalterischen Möglichkeiten, um funktionale und zugleich ästhetisch ansprechende Parkhäuser zu realisieren. Wie in den Projekten im Abschnitt „2 Aktueller Stand der Technik Parkhausbau“ gezeigt, ermöglicht Holz die Konstruktion technisch funktionsfähiger und moderner Gebäude, die sich harmonisch in das Stadtbild integrieren. Insbesondere Holzfassaden können zur städtebaulichen Bereicherung beitragen, indem sie eine natürliche und warme Optik schaffen. Auch im Inneren des Parkhauses tragen Holzwerkstoffe zu einem angenehmen Nutzererlebnis bei, indem sie eine behagliche Atmosphäre erzeugen und somit den Komfort für die Nutzer steigern (vgl. Lennartz, 2019). Im Entwurf dieser Arbeit besteht die Fassade aus diagonal angeordneten Lärchenbrettern mit offenen Fugen. Dabei versetzt die Anordnung der Bretter bei den Längsseiten, in regelmäßigen Abständen von 2,50 Metern um 90 Grad, was eine optisch ansprechende Ansicht erzeugt, die in Abbildung 30 zu sehen ist.

In „Anhang 2: Gerenderte Fotos“ werden weitere realitätsnahe Renderings präsentiert, die die optischen Qualitäten das Parkhaus veranschaulichen.

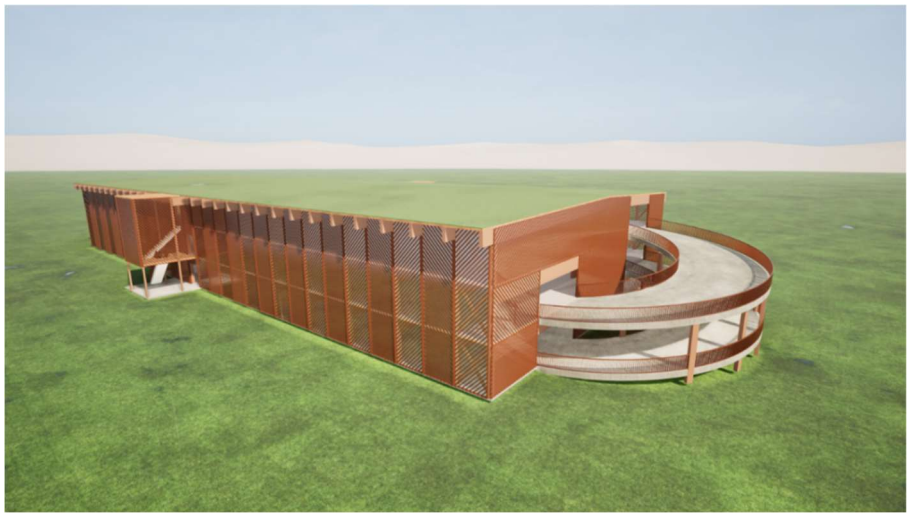


Abbildung 30: Parkhaus 3D gerendert (Twinmotion, 2024)

8.2 Nachhaltigkeit

Die Verwendung von nachhaltig bewirtschaftetem Holz und anderen umweltfreundlichen Materialien ist zu berücksichtigen, damit man einen positiven Einfluss auf die Umwelt nehmen kann. Die Wiederverwendbarkeit der Baumaterialien nach der Nutzungsdauer des Bauwerks sowie die Integration von PV-Anlagen spielen dabei eine Rolle.

Um sicherzustellen, dass das Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt, sollte man auf eine PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) oder FSC (Forest Stewardship Council) Zertifizierung achten. Diese Zertifikate weisen transparent nach, dass das Holz aus ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltiger Waldbewirtschaftung stamme (vgl. PEFC, 2024). Außerdem sollten, wenn möglich, Holzwerkstoffe aus regionalen Quellen verwendet werden, um kürzere Transportwege zu ermöglichen und damit die Umwelt zu schonen. Die bereits erwähnte, durch Schraub und Steckverbindungen, einfache Rückbaubarkeit der Holzkonstruktion, ermöglicht eine Wiederverwertung der Bauteile, im Falle des Rückbaus des Parkhauses, was die Nachhaltigkeit der Konstruktionsweise unterstreicht.

Die geplante PV-Anlage auf dem Gründach unterstützt den Aspekt der Nachhaltigkeit zusätzlich, da mit der gewonnenen Solarenergie, Elektroautos direkt im Parkhaus aufgeladen werden können. Das Gründach könne außerdem zur Verbesserung des Stadtklimas und dem Erhalt der Artenvielfalt beitragen (vgl Dachbegrünung Ratgeber, 2024).

8.3 Witterungsbeständigkeit

Das Gebäude muss vor Witterungseinflüssen wie Regen und Schnee durch konstruktiven oder chemischen Holzschutz geschützt werden. Konstruktiver Holzschutz heißt dafür zu sorgen, dass eindringende Feuchtigkeit abfließen oder abtrocknen kann, während chemischer Holzschutz durch wetterfeste Holzschutzmittel oder-beschichtungen erfolgt.

Das Dach wird als leichtes Satteldach mit 2 Grad Dachneigung ausgeführt, um die Regenwasserentwässerung auch während der Bauphase sicherzustellen, damit sich kein Wasser auf der Fläche sammeln kann. Außerdem wird ein Dachüberstand von einem Meter geplant, welcher die Konstruktion vor direktem Regen und Schneeeinfall schützt. Zusätzlich schützt die offen geplante Fassade aus Lärchenholz vor Witterungseinflüssen. Aufgrund der Witterungsbeständigkeit und des dekorativen Aussehens sei Lärchenholz sehr vorteilhaft für die Fassadengestaltung (vgl. Grosser & Gabriele, 2012). Die offen gestaltete Fassade stellt eine gute Belüftung sicher, sodass das Holz nach Niederschlägen effektiv abtrocknen kann und auch im Brandschutz vorteilhafte Auswirkungen hat (siehe Kapitel „8.4 Brandschutz“). Die Abdichtung der Deckenelemente wird durch eine bituminöse Abdichtungsbahn und den Gussasphalt sichergestellt. Durch die trockene, aber offene Bauweise werden die Holzbauteile der Nutzungsklasse 2 zugeordnet, was in der statischen Berechnung eine Rolle spielt.

BauBuche weise im Vergleich zu Nadelholz größere Quell- und Schwindmaße auf. Insbesondere in Bereichen mit Hirnholzanschnitten, wie beispielsweise Balkenenden, Einschnitten und Löchern, könne der Kontakt mit Feuchtigkeit zu einem signifikanten Quellen des Querschnitts und zur Bildung von Flecken führen. Deswegen werde empfohlen, BauBuche mit einem geeigneten Schutzanstrich zu versehen, der die Feuchtigkeitsaufnahme verlangsame und einen effektiven Feuchteschutz während Transport und Montage biete. Durch diese Schutzmaßnahmen könne die Qualität und Dauerhaftigkeit der BauBuche-Elemente signifikant verbessert werden (vgl. Pollmeier, 2020).

8.4 Brandschutz

Das Parkhaus muss besondere Anforderungen an den Brandschutz erfüllen, die abhängig von der Landesbauordnung und der Garagen- und Stellplatzverordnung sind.

Das Parkhaus definiert sich als offene, oberirdische Großgarage mit drei Geschossen und muss dementsprechende Brandschutzanforderungen erfüllen. Für offene Parkgaragen werde üblicherweise ein Feuerwiderstand von mindestens 30 Minuten angesetzt (F30) (vgl. Baunetz_Wissen, 2024). In Abbildung 31 ist die offen gestaltete Holzfassade abgebildet, die die gute Durchlüftung sicherstellt und wodurch das Parkhaus als offene Garage gilt.

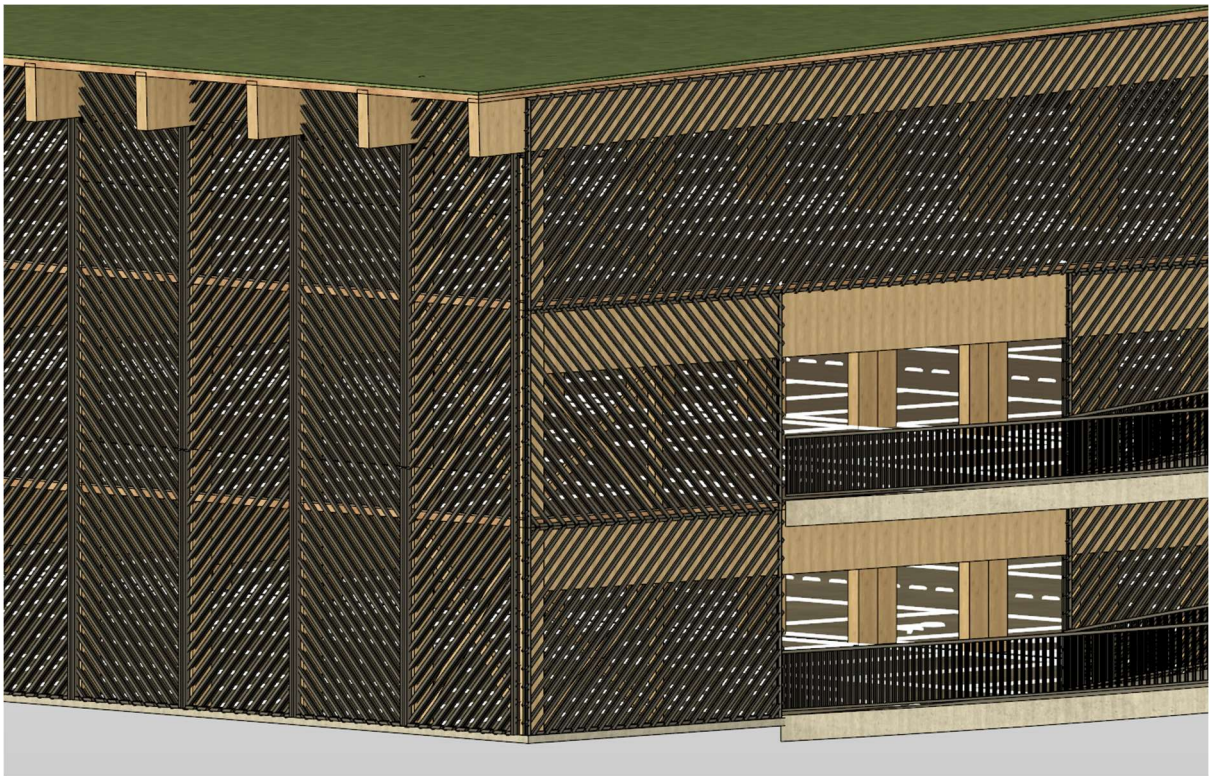


Abbildung 31: Fassade Parkhaus (Revit, 2024)

Wie bereits in Kapitel „6 Regulierungen und Normen“ beschrieben, gehört das geplante Parkhaus nach BremLBO in Gebäudeklasse 3, wodurch tragende und aussteifende Bauteile feuerhemmend sein und einen Feuerwiderstand von mindestens 30 Minuten (F30) aufweisen müssen (vgl. Brem.GBl, 2024). Um dies zu gewährleisten, könnte nach Eurocode 5 (DIN EN 1995-1-1:2010) mit einer holzartspezifischen Abbrandrate und der Branddauer ein ideeller Restquerschnitt bestimmt werden. Da Holz ein kalkulierbares Abbrandverhalten habe und die sich beim Brand ausbildende Holzkohleschicht positiv auf den Brand einwirken könnte, würde dies einen Vorteil für die Bemessung im Brandfall darstellen (vgl. Baunetz_Wissen, 2024).

Gemäß § 13 der Garagen- und Stellplatzverordnung (GaStplVO) müssten Mittel- und Großgaragen in jedem Geschoss über mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege verfügen. Darüber hinaus sei sicherzustellen, dass in offenen Großgaragen in jedem Geschoss von jeder Stelle aus entweder ein Ausgang ins Freie oder eine Treppe innerhalb einer maximalen Entfernung von 50 Metern erreichbar sei. Des Weiteren müssten in Mittel- und Großgaragen dauerhafte und leicht erkennbare Hinweise auf die Ausgänge angebracht sein. In Großgaragen wäre außerdem sicherzustellen, dass die Wege zu den notwendigen Treppen oder Ausgängen ins Freie sowohl durch

dauerhafte und gut erkennbare Markierungen auf dem Boden als auch durch beleuchtete Hinweise an den Wänden gekennzeichnet würden. Diese Vorgaben dienen dem Schutz der Nutzer und der sicheren Evakuierung im Notfall (vgl. GaStplVO, 2022).

Im Entwurf wird dies durch die zwei Treppenhäuser sichergestellt. Wie Abbildung 32 zeigt, liegt eines der Treppenhäuser von jeder Position im Gebäude weniger als 50 m weit entfernt. Dadurch gibt es zwei voneinander unabhängige Rettungswege, was im Havariefall entscheidend sein kann. Auch die Rampen können als Rettungsweg genutzt werden.

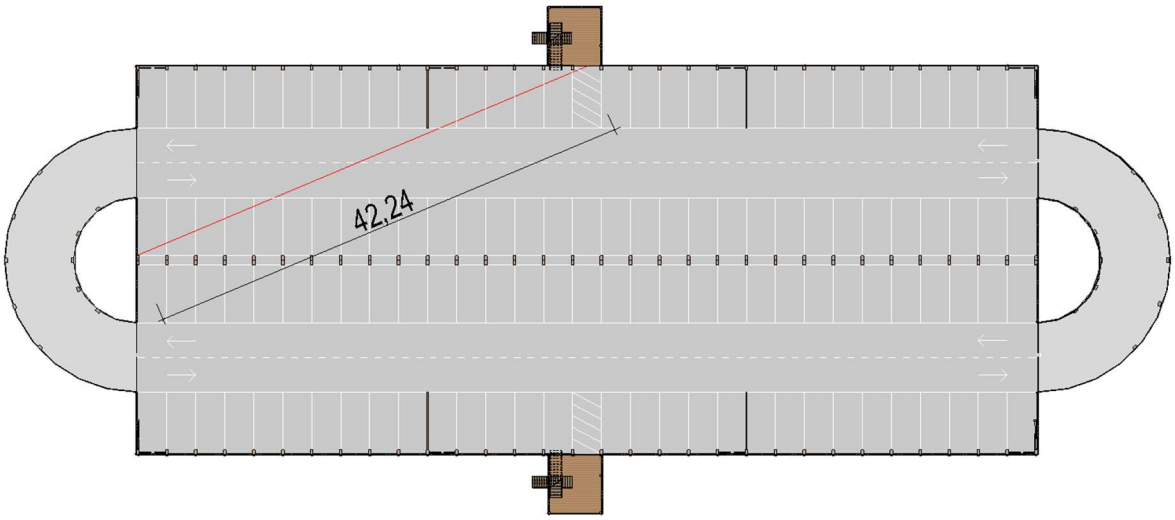


Abbildung 32: Längster Fluchtweg (Revit, 2024)

Aufgrund des Achsabstandes der Träger von 2,50 m, der sich an der Parkplatzgröße orientiert, käme es im Brandfall lediglich lokal eingeschränkt und berechenbar zu einem möglichen Versagen der Deckenkonstruktion. Die offene Bauweise und die hohe Trägerhöhe fördern einen Rauchabzug innerhalb zweier Träger, wodurch das Risiko der Rauch- und Brandausbreitung minimiert wird (siehe Abbildung 33).

Wie bereits in Kapitel „6 Regulierungen und Normen“ beschrieben, müssen tragende Bauteile laut § 6 GaStplVO bei offenen, oberirdischen Mittel- und Großgaragen feuerhemmend sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen (vgl. GaStplVO, 2022). Da Holz ein brennbarer Baustoff ist, müssen die herkömmlichen Brandschutzanforderungen angepasst werden. Im vorliegenden Entwurf wird jedoch durch eine sorgfältige Berechnung des Feuerwiderstands innerhalb des RFEM Modells (siehe Anhang 3: Ausdruckprotokoll Statik (RFEM)(S.liii)) sichergestellt, dass die Querschnitte im Brandfall stark genug dimensioniert sind, sodass ein angemessenes Sicherheitsniveau gewährleistet wird. Die verwendeten Materialien zeichnen sich durch ein günstiges Brandverhalten in Bezug auf Standhaftigkeit und Dauerhaftigkeit aus. In Kombination mit den konstruktiven Maßnahmen, wie der offenen Fassade, die eine schnelle Rauchableitung ermöglicht, den angemessenen Rettungswegen, sowie der lokal begrenzten Brandlast, kann gewährleistet werden, dass sich im Brandfall die Bedingungen für Lösch- und Rettungskräfte nicht verschlechtern.

Aufgrund dieser spezifischen Vorkehrungen und der brandschutztechnischen Eigenschaften des Holztragwerks könnte es möglich sein, auf eine umfangreichere technische Gebäudeausstattung wie Brandmeldeanlagen und Sprinkleranlagen zu verzichten, ohne die Sicherheit der Nutzer oder der Rettungskräfte zu beeinträchtigen. Diese Reduktion der technischen Ausstattung sollte jedoch stets im Einklang mit den geltenden bauordnungsrechtlichen Vorgaben und den spezifischen Ergebnissen der Brandschutzplanung erfolgen.

Abbildung 33: Trägerabstand Brandschutz (Twinmotion, 2024)

8.5 Barrierefreiheit

Wie bereits in Kapitel „6 Regulierungen und Normen beschrieben“, müssen nach DIN 18040 Parkhäuser barrierefrei gestaltet werden. Dies wird durch ausreichend dimensionierte, leicht zugängliche barrierefreie Parkplätze gewährleistet.

Laut Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Garagen und Stellplätzen (M-GarStVO) § 5 Einstellplätze und Fahrgassen (4) Stellplätze muss ein Parkplatz mindestens 5 Meter lang und 3,50 Meter breit sein, wenn er als barrierefreier Einstellplatz bestimmt sei (vgl. Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz (ARGEBAU), 2020).

Im Erdgeschoss sind 20 barrierefrei gestaltete Parkplätze vorgesehen, die entsprechend gekennzeichnet sind, um die Inklusion von Menschen mit Behinderungen zu gewährleisten (Abbildung 34). Diese Parkplätze sind stufenlos und ebenerdig zugänglich, um den Aspekt der Barrierefreiheit gerecht zu werden. Durch den Verzicht auf barrierefreie Stellplätze in den oberen Geschossen kann auf die Installation von Aufzügen verzichtet werden, sodass die beiden Treppenhäuser als ausreichend gelten, um die oberen beiden Geschosse zu erreichen.

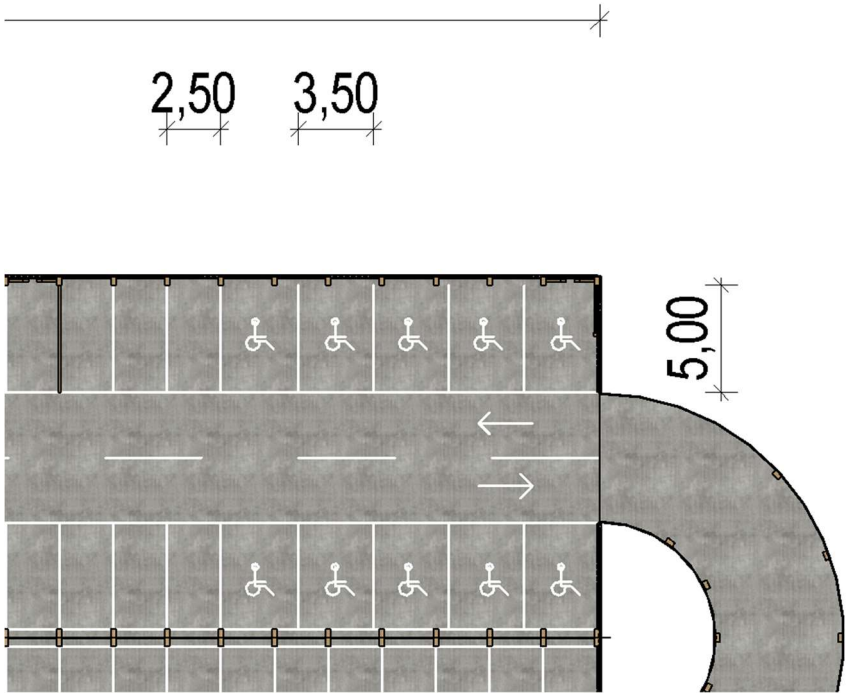


Abbildung 34: Barrierefreie Stellplätze (Revit, 2024)

8.6 Statik und Tragfähigkeit

Die Konstruktion des Holzparkhauses muss in der Lage sein, die verschiedenen Lasten wie Eigengewicht, Nutzlasten, Schneelasten und Windlasten zu tragen. Dabei spielt die Materialauswahl eine wichtige Rolle, da leistungsfähige Werkstoffe wie BauBuche oder Brettsperrholz notwendig sind, um die hohen Lasten abzutragen. Auch die Verwendung moderner ingenieursmäßiger Holzverbindungen, wie die Scherpa-Systemverbinder oder Stabdübel-Schlitzblech-Verbindungen sind unerlässlich, um ein Parkhaus zu errichten, welches mit dem konventionellen Parkhausbau konkurrieren kann.

Lastfall 1: Eigengewicht (nach DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-1/NA1 (12.2010), DIN EN 1991-1-1/NA/A1 (05.2015)

- Gewicht Holzkonstruktion (durch RFEM)

<u>Aufbau Dachträger:</u>

- PV Anlage: 0,3 kN/m² (vgl. Echtsolar, 2024)

- Extensive Dachbegrünung: 1,5 kN/m²

Dabei sei die *DIN EN 1991-1-4: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten* zu beachten (vgl. Baunetz_Wissen, 2024).

- Brettsperrholz BSP 120mm (480 kg/m³): 480 x 0,12= 57,6 kg/m² ≈ 0,6 kN/m² (vgl. binderholz, 2024)

Da die Träger in einem Achsabstand von 2,50 m angeordnet werden, haben die Träger auch eine effektive Lasteinzugsbreite von 2,50 m außer, die beiden äußersten, die nur eine Lasteinzugsbreite von 1,25 m haben, was in der Berechnung jedoch vernachlässigt wird. **l_{eff} = 2,50 m**

Σ = 2,4 kN/m² x 2,50 m = 6 kN/m

<u>Aufbau Träger 1./2. Geschoss</u>:

- Gussasphalt 3 cm: je Zentimeter Schichtdicke 25 kg/m² Eigengewicht. 3 x 25 kg/m² = 75 kg/m² = 0,75 kN/m² (vgl. Elflein Isolierbau GmbH, 2024)

- Brettsperrholz BSP 120 mm (480 kg/m³): 480 x 0,12= 57,6 kg/m² ≈ 0,6 kN/m² (vgl. binderholz, 2024)

0,75 + 0,6 = 1,35 kN/m²

Σ = 1,35 kN/m² x 2,50 m = 3,375 kN/m

Die Einwirkungen sind in Abbildung 35 dargestellt.

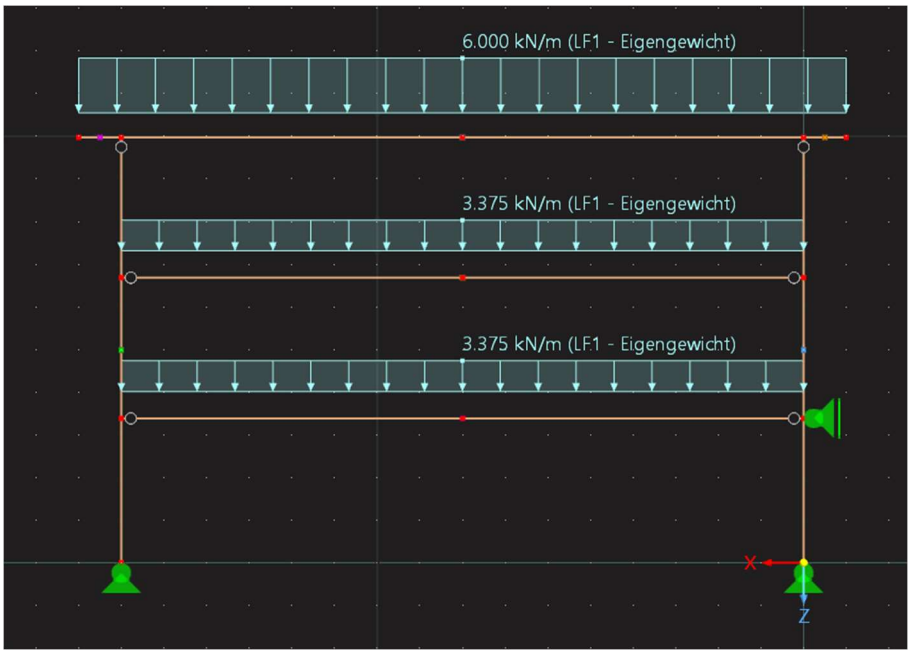


Abbildung 35: Lastfall1: Eigengewicht (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

Lastfall 2: Nutzlasten (nach Din EN 1991-1-1/NA/A1)

Dachträger: Nutzlasten für Dächer (DIN EN 1991-1-1/NA/A1, Tab. 6.8DE): Q_k = 1,0 kN (anzusetzen in Feldmitte) (vgl. Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.23: Tafel 3.23b Nutzlasten für Dächer)

Geschossträger: Nutzlasten für Parkhäuser und Flächen mit Fahrzeugverkehr (DIN EN 1991-1-1: q_k = 3,0 kN/m² (vgl. Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.23: Tafel 3.23a Nutzlasten für Parkhäuser und Flächen mit Fahrzeugverkehr)

$q_{k,\,eff}$ = 3,0 kN/m² x 2,5 m = 7,5 kN/m (siehe Abbildung 36)

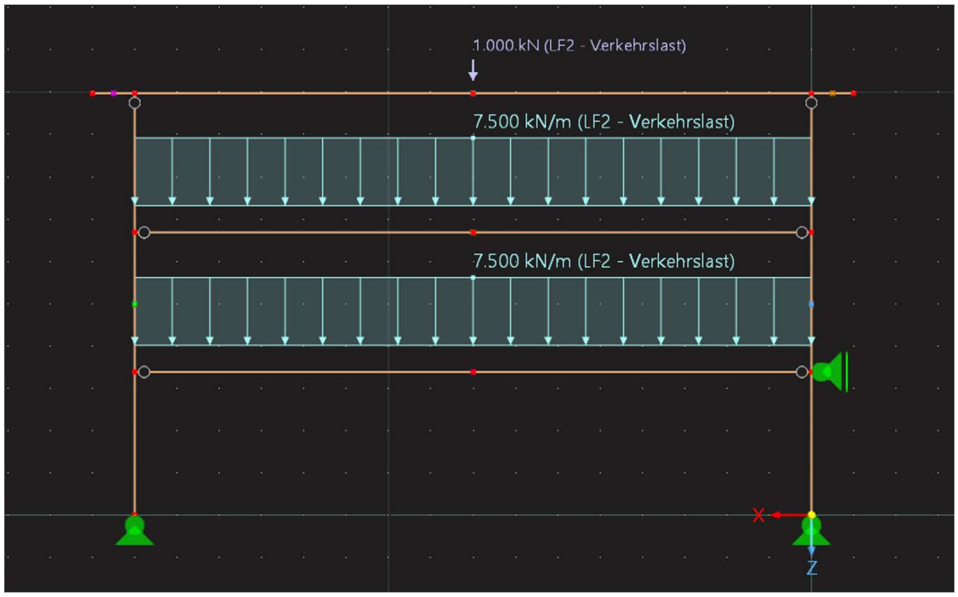


Abbildung 36: Lastfall 2: Verkehrslasten (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

Lastfall 3: Schneelast (nach DIN EN 1991-1-3:2010-12, DIN EN 1991-1-3/A1:2015 und DIN EN 1991-1-3/NA:2019-04)

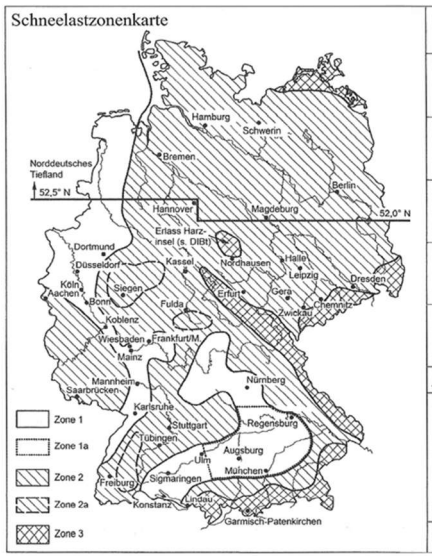
In Abbildung 37: Tafel 3.53a Charakteristische Werte sk der Schneelast auf dem Boden liegt Bremen in der Schneelastzone 2, weswegen die entsprechende Formel berechnet wird. Für A wird eine Geländehöhe von 8 m über dem Meeresniveau gewählt.

$$0{,}25 + 1{,}91 * \left(\frac{8+140}{760}\right)^2 \geq 0{,}85$$

$$= 0{,}32 < 0{,}85$$

Gewähltes s_k = 0,85 kN/m² (siehe Abbildung 37: Tafel 3.53a Charakteristische Werte sk der Schneelast auf dem Boden)

$S_{k,\,eff}$ = 0,85 kN/m² x 2,5 m = 2,125 kN/m (siehe Abbildung 38)



Zone	Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden in kN/m²
1	$s_k = 0{,}19 + 0{,}91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2 \geq 0{,}65$
1a	$s_k = 1{,}25 \cdot \left[0{,}19 + 0{,}91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2\right] \geq 0{,}81$
2	$s_k = 0{,}25 + 1{,}91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2 \geq 0{,}85$
2a	$s_k = 1{,}25 \cdot \left[0{,}25 + 1{,}91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2\right] \geq 1{,}06$
3 [1)]	$s_k = 0{,}31 + 2{,}91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2 \geq 1{,}10$
A Geländehöhe über dem Meeresniveau in m	
[1)] In Zone 3 können für bestimmte Lagen (z. B. Oberharz, Hochlagen des Fichtelgebirges, Reit im Winkl, Obernach/Walchensee) höhere Werte als nach der oben angegebenen Gleichung maßgebend sein. Angaben über die Schneelast in diesen Regionen sind bei den zuständigen Stellen einzuholen.	
Norddeutsches Tiefland: siehe Abschnitt 3.3!	

Abbildung 37: Tafel 3.53a Charakteristische Werte sk der Schneelast auf dem Boden (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.53)

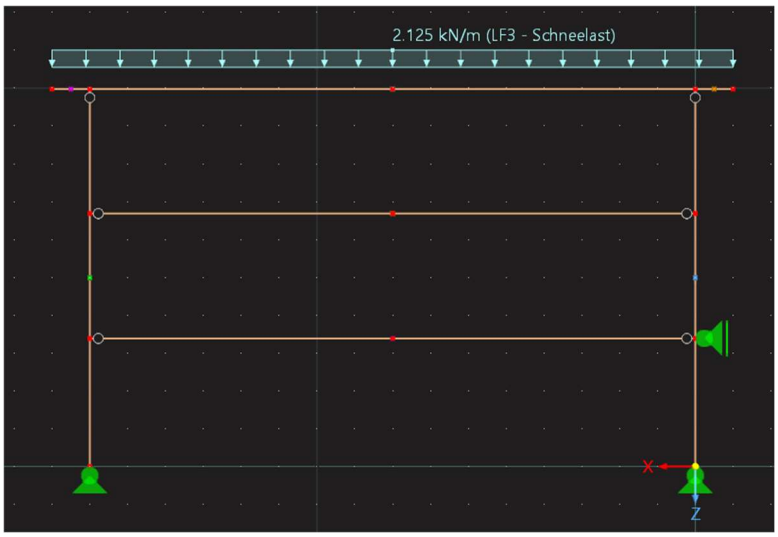


Abbildung 38: Lastfall 3: Schneelast (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

Lastfall 4: Windlast (nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 und DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12)

Windzone	$v_{b,0}$ in m/s	$q_{b,0}$ in kN/m²
1	22,5	0,32
2	25,0	0,39
3	27,5	0,47
4	30,0	0,56

Mittelwerte in 10 m Höhe im ebenen, offenen Gelände für einen Zeitraum von 10 Minuten bei einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02.

Abbildung 39: Tafel 3.30a Windzonenkarte (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.30)

Abbildung 40: Tafel 3.30b Geländekategorien (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.30)

Nach Abbildung 39 und Abbildung 40 ist der Standort in Bremen der Windzone 3 und der Geländekategorie 3 zuzuordnen.

Tabelle 5: Vereinfachte Böengeschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.31)

Windzone		Geschwindigkeitsdruck q_p in kN/m² bei einer Gebäudehöhe h in den Grenzen von		
		$h \leq 10$ m	10 m $< h \leq 18$ m	18 m $< h \leq 25$ m
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
2	Binnenland	0,65	0,80	0,90
	Küste[1)] und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3	Binnenland	0,80	0,95	1,10
	Küste[1)] und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4	Binnenland	0,95	1,15	1,30
	Küste[1)] der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee [2)]	1,40	–	–

1) Zur Küste zählt ein 5 km breiter Streifen, der entlang der Küste verläuft und landeinwärts gerichtet ist.
2) Auf den Inseln der Nordsee ist der Böengeschwindigkeitsdruck für Bauwerke über 10 m Höhe nach Abschnitt 5.4 zu ermitteln.

Aus Tabelle 5 ergibt sich dadurch q_p = 0,80, da die Gebäudehöhe h = 9,90m ist.

Tabelle 6: Tafel 3.35 Außendruckbeiwerte für vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.35)

Bereich	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
= 5	−1,4	−1,7	−0,8	−1,1	−0,5	−0,7	+0,8	+1,0	−0,5	−0,7
1	−1,2	−1,4	−0,8	−1,1	−0,5		+0,8	+1,0	−0,5	
≤ 0,25	−1,2	−1,4	−0,8	−1,1	−0,5		+0,7	+1,0	−0,3	−0,5
Für einzeln im offenen Gelände stehende Gebäude können im Sogbereich auch größere Sogkräfte auftreten. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Für Gebäude mit $h/d > 5$ ist die Gesamtwindlast anhand der Kraftbeiwerte aus DIN EN 1991-1-4, Abschnitte 7.6 bis 7.8 und 7.9.2 (vgl. a. Abschn. 8 in diesem Beitrag) zu ermitteln.										

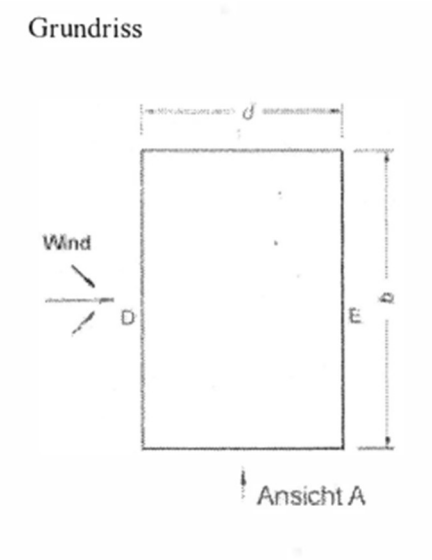


Abbildung 41: Einteilung der Wandflächen (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.35)

Da im 2D - Modell gerechnet wird werden nur die Windkräfte für die Bereiche D und E ermittelt, die in Abbildung 41: Einteilung der Wandflächen dargestellt sind.

Da h = 9,90m und d = 35m und h/d = 9,90/35 = 0,28 wird im Bereich D und E mit $c_{pe,10,D}$ = 0,7 und $c_{pe,10,E}$ = -0,3 gerechnet (siehe Tabelle 6).

Im Bereich D ergibt sich also: q_p x $c_{pe,10,D}$

= 0,80 x 0,7 = 0,56 kN/m²

Auch dieses muss mit l_{eff} multipliziert werden:

0,56 kN/m² x 2,50 m = 1,4 kN/m (Druck)

Das Gleiche wird für den Bereich E gemacht: 0,80 * - 0,3 = -0,24 kN/m² (Sog)

-0,24 kN/m² x 2,5 m = -0,6 kN/m (Sog)

Die Windkräfte im Dachbereich berechnen sich mithilfe der Tabelle 7 für die unterschiedlichen Dachbereiche (siehe Abbildung 42) folgendermaßen:

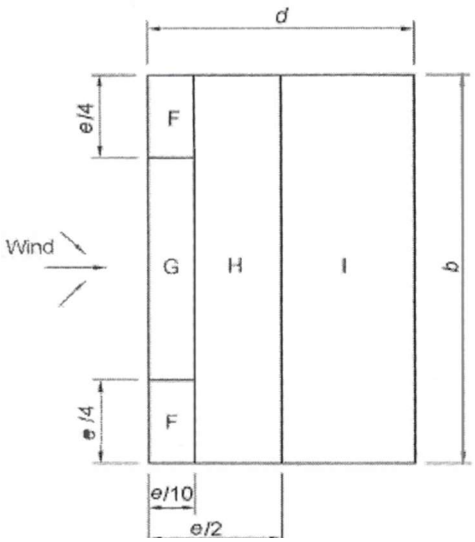


Abbildung 42: Einteilung der Dachflächen bei Flachdächern (Schneider Bautabellen, 2020, S. 3.36)

Tabelle 7: Tafel 3.36 Außendruckbeiwerte für Flachdächer (Schneider Bautabellen, 2020)

Ausbildung des Traufbereichs		Artikel I. Bereich F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Scharfkantiger Traufbereich		−1,8	−2,5	−1,2	−2,0	−0,7	−1,2	+0,2 −0,6	
mit Attika	$h_p/h = 0{,}025$	−1,6	−2,2	−1,1	−1,8	−0,7	−1,2	+0,2 −0,6	
	$h_p/h = 0{,}05$	−1,4	−2,0	−0,9	−1,6	−0,7	−1,2	+0,2 −0,6	
	$h_p/h = 0{,}10$	−1,2	−1,8	−0,8	−1,4	−0,7	−1,2	+0,2 −0,6	
Abgerundeter Traufbereich	$r/h = 0{,}05$	−1,0	−1,5	−1,2	−1,8	−0,4		±0,2	
	$r/h = 0{,}10$	−0,7	−1,2	−0,8	−1,4	−0,3		±0,2	
	$r/h = 0{,}20$	−0,5	−0,8	−0,5	−0,8	−0,3		±0,2	
Abgeschrägter Traufbereich	$\alpha = 30°$	−1,0	−1,5	−1,0	−1,5	−0,3		±0,2	
	$\alpha = 45°$	−1,2	−1,8	−1,3	−1,9	−0,4		±0,2	
	$\alpha = 60°$	−1,3	−1,9	−1,3	−1,9	−0,5		±0,2	

Bei Flachdächern mit Attika oder abgerundetem Traufbereich darf für Zwischenwerte h_p/h und r/h linear interpoliert werden.
Bei Flachdächern mit mansardendachartigem Traufbereich darf für Zwischenwerte von α zwischen $\alpha = 30°$, 45° und 60° linear interpoliert werden. Für $\alpha > 60°$ darf zwischen den Werten für $\alpha = 60°$ und den Werten für Flachdächer mit rechtwinkligem Traufbereich interpoliert werden.
Im Bereich I, für den positive und negative Werte angegeben werden, müssen beide Werte berücksichtigt werden.
Für die Schräge des mansardendachartigen Traufbereichs selbst werden die Außendruckbeiwerte in Abschnitt 7.2.5 „Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer" Anströmrichtung $\theta = 0°$, Bereiche F und G, in Abhängigkeit von dem Neigungswinkel des mansardendachartigen Traufenbereichs angegeben.
Für den abgerundeten Traufbereich selbst werden die Außendruckbeiwerte entlang der Krümmung durch lineare Interpolation entlang der Kurve zwischen dem Wert an der vertikalen Wand und auf dem Dach ermittelt.

G: 0,8 x (-1,2) x 2,5 = - 2,4 kN/m

H: 0,8 x (-0,7) x 2,5 = -1,4 kN/m (zur Vereinfachung der Übersichtlichkeit der RFEM-Datei wurde H = I angenommen)

Bei den Kräften im Dachbereich handelt es sich ausschließlich um Sogkräfte (siehe Abbildung 43).

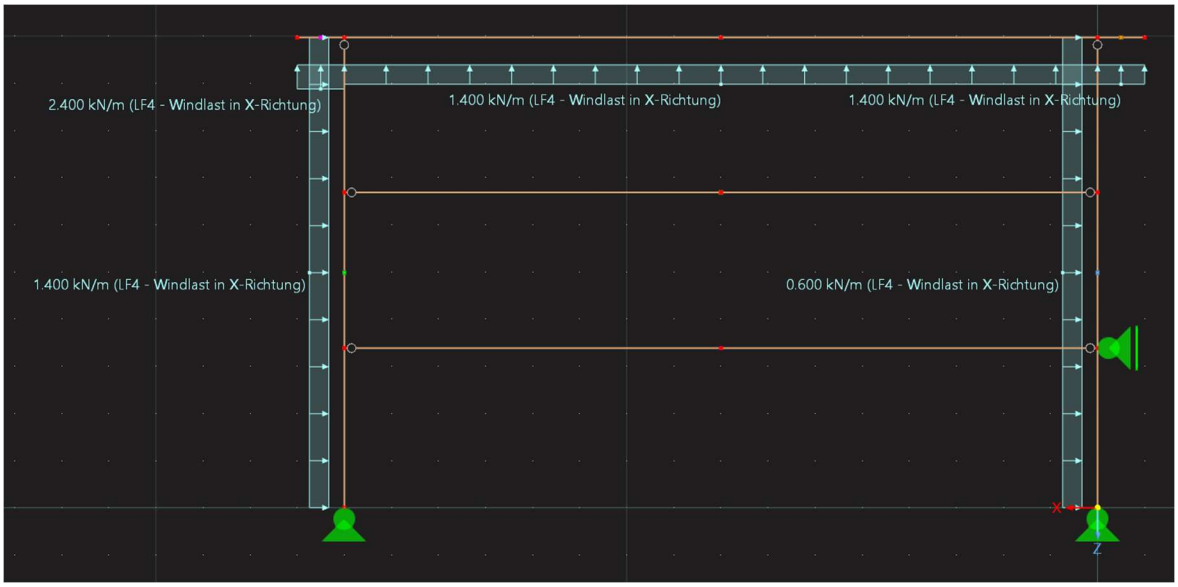


Abbildung 43: Lastfall 4: Windlast (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

Die in diesem Abschnitt behandelten Lasten sind für die im folgenden Kapitel erläuterte statische Bemessung von entscheidender Bedeutung, da sie maßgeblich die Dimensionierung des Tragwerks beeinflussen.

9 Statische Bemessung mit RFEM

Aus statischer Sicht ist interessant zu betrachten, welche Auswirkung die Wahl der Geschosszahl auf das Tragwerk hat. Die Dimensionierung der Träger bleibt aufgrund der gleichen Lasteinwirkungen aus dem vorherigen Kapitel gleich, die Stützen müssen jedoch anders dimensioniert werden. Dafür werden mit Hilfe von Dlubal RFEM zwei Entwürfe mit jeweils zwei oder drei Geschossen erstellt und miteinander verglichen. Um die hohen Lasten effizient abzuleiten und gleichzeitig schlanke Bauteile zu ermöglichen, wird BauBuche für die Stützen und Träger eingesetzt (siehe Kapitel „3.1 Holzparkhaus Bad Aibling“).

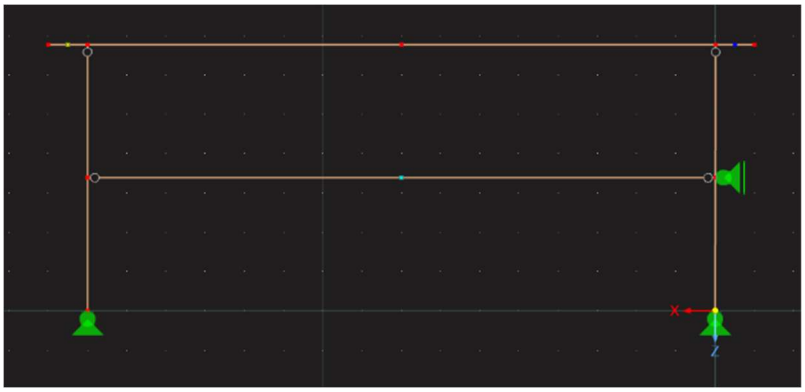


Abbildung 44: Statisches System zwei Geschosse (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

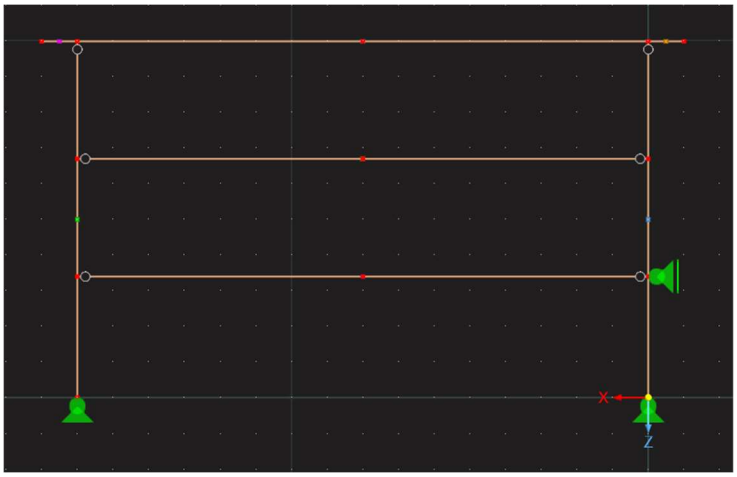


Abbildung 45: Statisches System drei Geschosse (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

Die statischen Systeme sind einfach gehalten und unterscheiden sich nur darin, dass es bei dem dreigeschossigen Modell einen Träger mehr und damit eine zusätzliche Ebene gibt (siehe Abbildung 44 und Abbildung 45). Die Stützen sind gelenkig gelagert, während das Loslager mittig rechts in den Abbildungen für die Aussteifung gegen horizontale Kräfte zuständig ist. In dem praktischen Entwurf stellen die inneren Holzwände und Auskreuzungen in Querrichtung (siehe Abbildung 29: Aussteifung Querrichtung) das Loslager da. Die Stützen und Träger sind durch Momentengelenke aneinander angeschlossen, es werden also nur Normal- und Querkräfte übertragen.

Die Lastannahmen aus „8.6 Statik und Tragfähigkeit“ werden für das zweigeschossige Modell analog angesetzt. Exemplarisch verglichen wird dabei die Lastkombination 2 (LK2: 1,35 * LF1 + 1,5 * LF2), bei der die höchsten Lasten anfallen und die maßgeblich für die Bemessung ist.

9.1 Zweigeschossiges Modell

In diesem Abschnitt wird die Bemessung des zweigeschossigen Modells betrachtet.

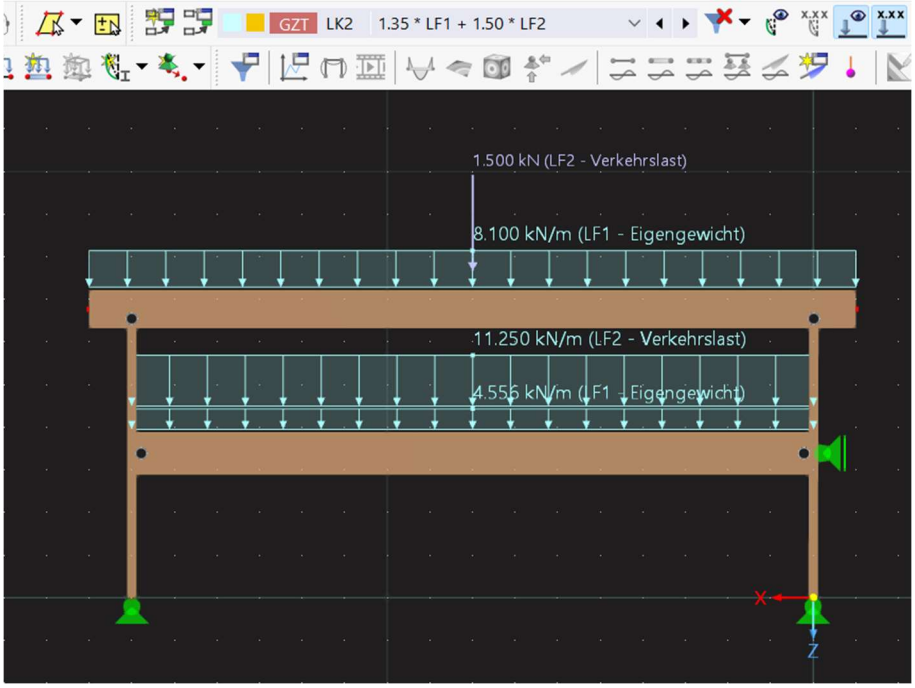


Abbildung 46: Zwei Geschosse: LK2 (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

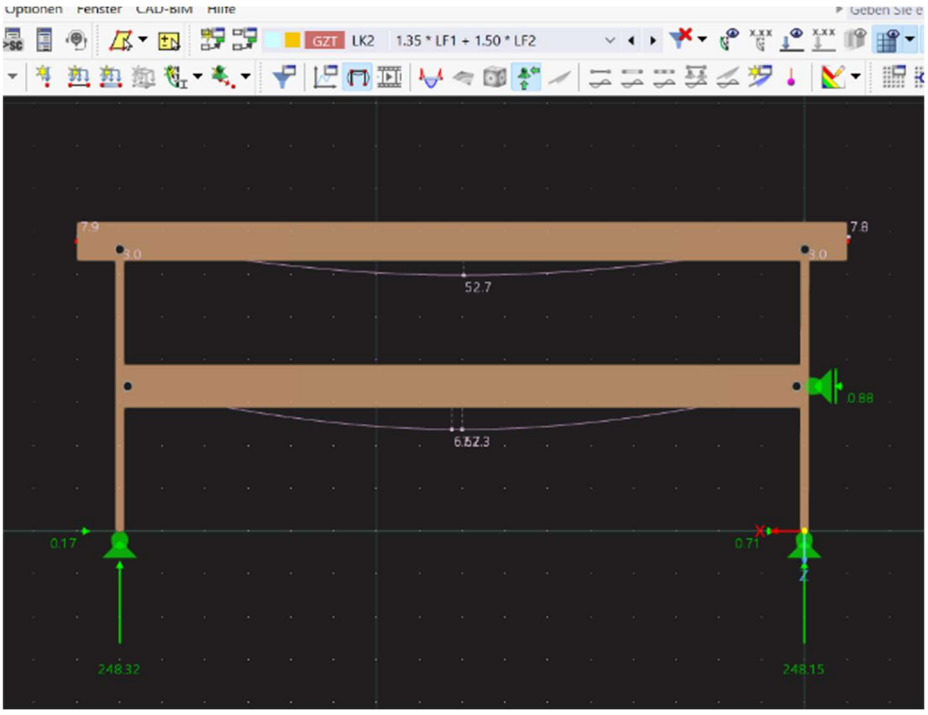


Abbildung 47: Zwei Geschosse: Maximalwerte (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

In Folge der Lasten der LK2 aus Abbildung 46 müssen die Stützen im zweigeschossigen Parkhaus maximale Schnittgrößen von 248,32 kN aufnehmen. Wie der Abbildung 47 zu entnehmen ist, beträgt die maximale Verformung des Geschossträgers 67,3 mm. In Folge der Lasten ergeben sich folgende Querschnitte und deren Auslastungen, die man der Abbildung 48 entnehmen kann (Maße in Millimeter):

Stütze: 240/200 (Maximale Auslastung 0,805 bei LK2: Stabilität: Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen und 0,807 LK2: Stabilität: Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen)

Geschossträger: 240/1000 (Maximale Auslastung 0,812 bei LK 28 (1,6 * LF1 + 0,96 * LF2): Gebrauchstauglichkeit: Einwirkungskombination „quasi-ständig“, z-Richtung)

Dachträger: 240/900 (maximale Auslastung 0,862 bei LK 28: Gebrauchstauglichkeit: Einwirkungskombination „quasi-ständig“, z-Richtung)

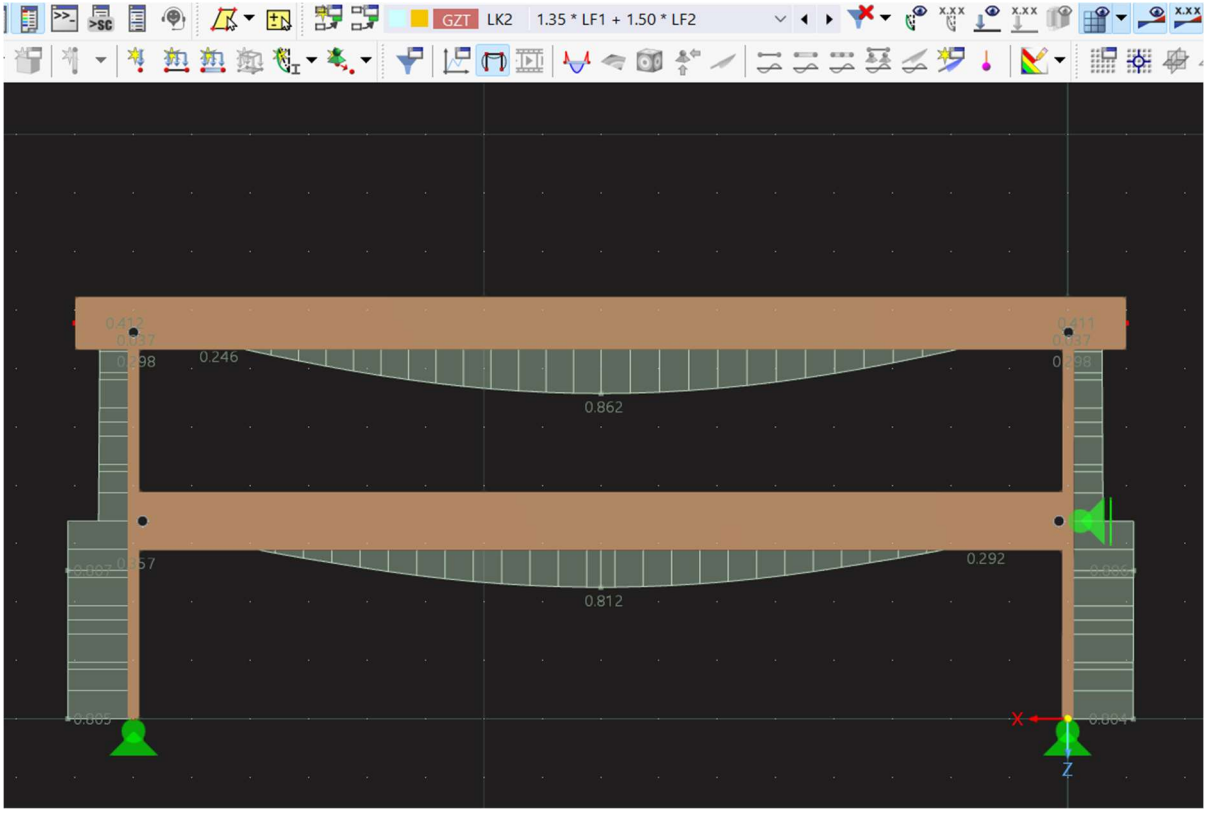


Abbildung 48: Zwei Geschosse: Auslastung des Tragwerks (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

9.2 Dreigeschossiges Modell

In diesem Abschnitt wird das dreigeschossige Modell und dessen Dimensionierung erläutert.

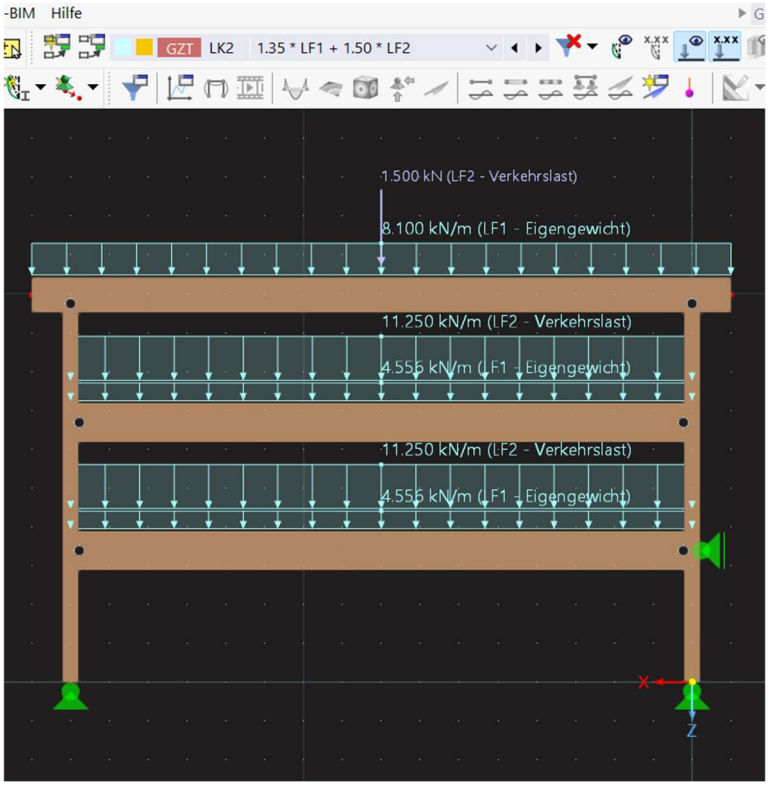


Abbildung 49: Drei Geschosse: LK2 (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

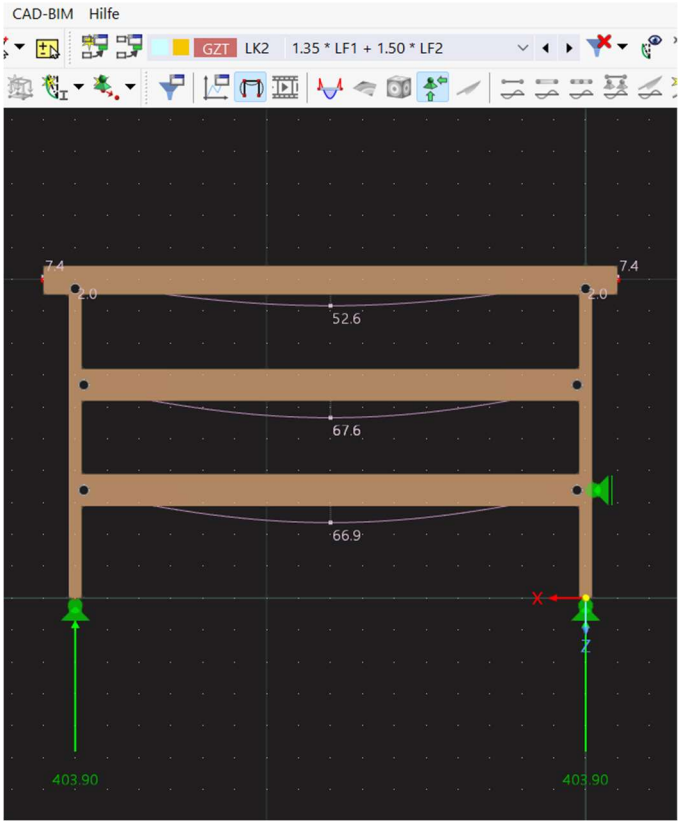


Abbildung 50: Drei Geschosse: Maximalwerte (Dlubal RFEM (Version 6.07),

Im dreigeschossigen Parkhaus müssen die Stützen maximale Schnittgrößen von 403,9 kN aufnehmen (siehe Abbildung 50). In Abbildung 50 wird deutlich, dass die Verformung des Geschossträgers, ähnlich zum zweigeschossigen Parkhaus, 67,6 mm beträgt. In Folge der Einwirkungen ergeben sich folgende Querschnitte (Maße in Millimeter):

Stützen: 240/400 (Maximale Auslastung 0,975 bei LK2: Stabilität: Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen (siehe Abbildung 51)

Geschossträger: 240/1000 (Maximale Auslastung 0,811 (siehe zweigeschossiges Modell)

Dachträger: 240/1000 (Maximale Auslastung 0,86 (siehe zweigeschossiges Modell)

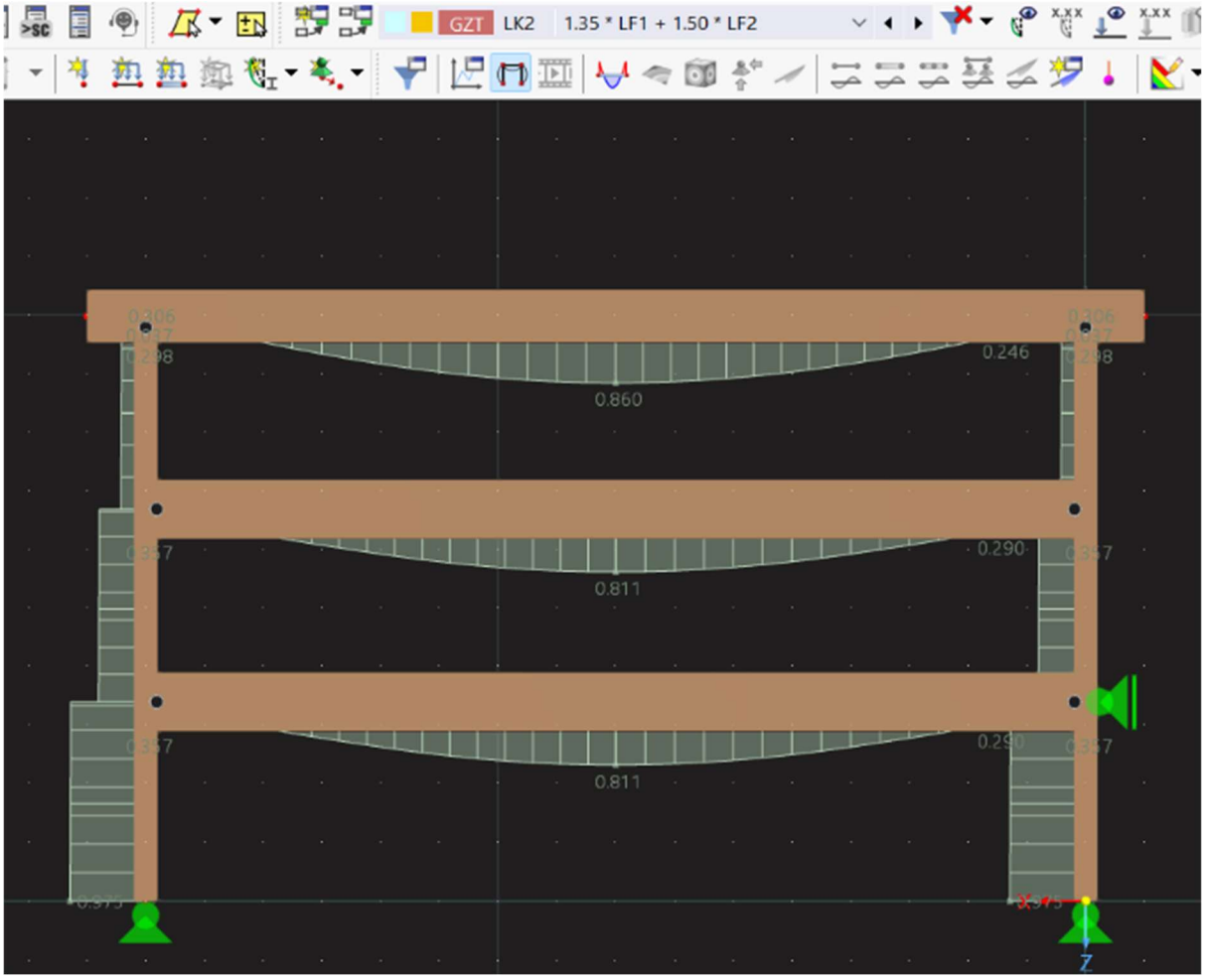


Abbildung 51: Drei Geschosse: Auslastung des Tragwerks (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

9.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Stützenquerschnitte bei einer Erhöhung der Geschossanzahl von zwei auf drei ungefähr verdoppelt werden müssen, um den erhöhten Lasten gerecht zu werden.

Interessanterweise zeigt sich, dass die Auslastung der Geschossträger in der für die Bemessung der Stützen relevanten Lastkombination 2 lediglich 35,7 % beträgt. Dies deutet darauf hin, dass die Träger deutlich schlanker dimensioniert werden könnten. Allerdings steht dies im Konflikt mit den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit, da eine Reduzierung der Trägerdimension zu unerwünscht großen Verformungen führen würde.

Im finalen Entwurf wird das Parkhauskonzept modular gestaltet, indem das Modell baukastenartig nebeneinandergesetzt wird. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, die mittlere Stütze, die in Abbildung 52 hervorgehoben ist, auf einen Querschnitt von 240/800 mm zu dimensionieren. Dies bietet sowohl baupraktische als auch ästhetische Vorteile, da es die Tragstruktur optimiert und gleichzeitig auch das Erscheinungsbild des Parkhauses verbessert.

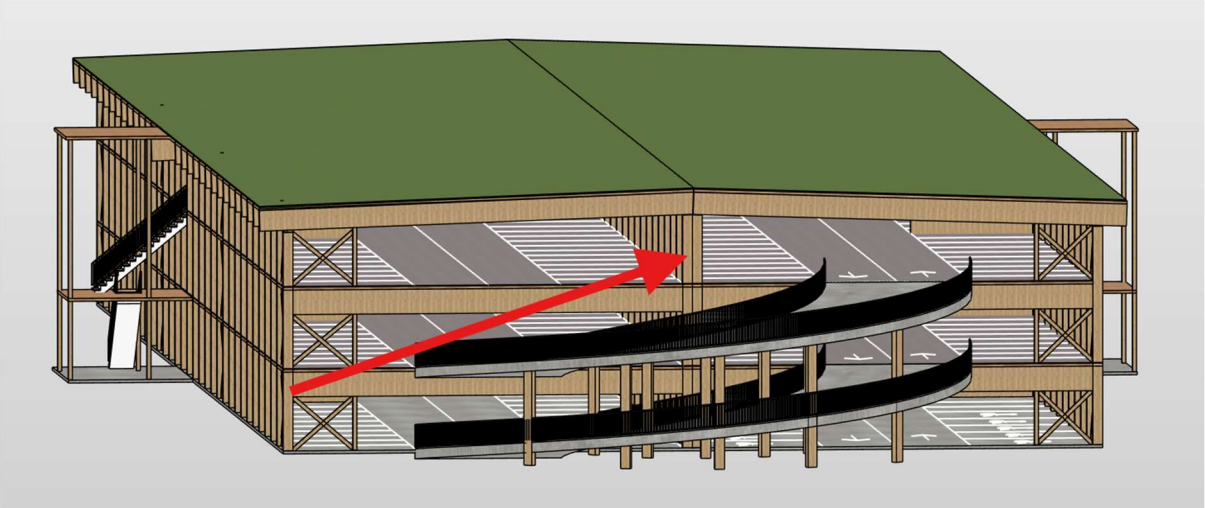


Abbildung 52: Darstellung Mittlere Stütze (Revit, 2024)

Das Ausdruckprotokoll zum ausgewählten dreigeschossigen Modell von RFEM befindet sich im Anhang (siehe Anhang 3: Ausdruckprotokoll) und enthält genauere Informationen und Ausführungen zur statischen Bemessung des Tragwerks.

An den Verbindungsstellen des Tragwerks werden teilweise hohe Lasten übertragen. Im folgenden Kapitel wird detailliert erläutert, wie die Kraftübertragung an diesen Knotenpunkten gewährleistet wird.

10 Konstruktive Details

Im Entwurf werden zwei Detailpunkte besonders hervorgehoben, deren konstruktive Ausführung in diesem Kapitel näher erläutert wird. Dabei handelt es sich um den Anschluss des Trägers an die Stützen sowie die Ausbildung des Fußpunktes der Stütze.

10.1 Detail Anschluss Träger-Stütze

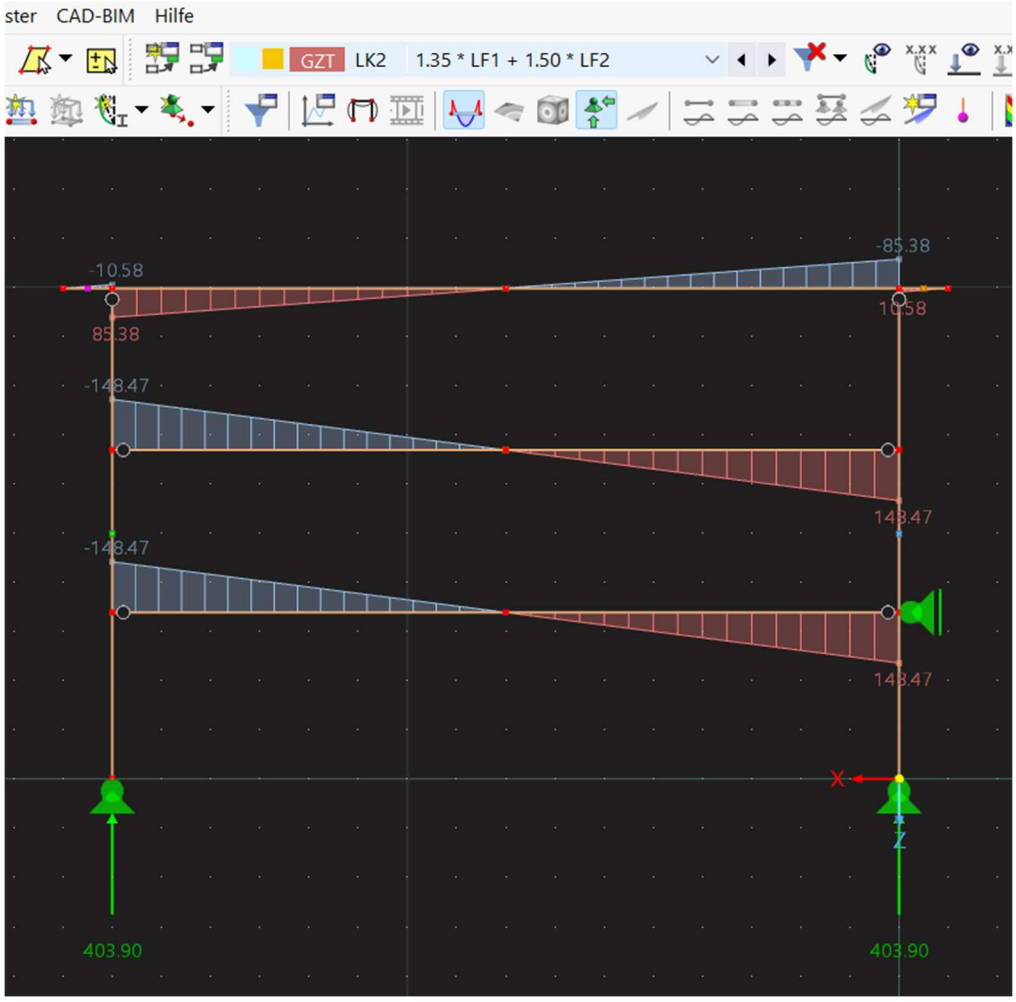


Abbildung 53: Querkräfte Träger (Dlubal RFEM (Version 6.07), 2024)

Aufgrund der auftretenden maximalen Querkräfte von Vz = 148,47 kN aus der Abbildung 53, wird dieser Knoten mit dem SCHERPA XXL 170 Systemverbinder (siehe Abbildung 54) ausgeführt, der eine Lastübertragung im Bereich von 170 bis 220 kN ermöglicht. Diese Verbindungsart hat sich im Holzparkhausbau bewährt und wurde im Kapitel „3.2 Holzparkhaus Wendlingen Stuttgart“ bereits näher erläutert. Die Befestigung des Systemverbinders erfolgt mit 8 x 160 mm Holzschrauben. Wie in Abbildung 55 dargestellt, werden diese schräg eingeschraubt, um die Last gleichmäßiger auf den Verbinder zu verteilen und eine erhöhte Zugfestigkeit zu erreichen.

Abbildung 54: SCHERPA XXL 170 (SHERPA, 2024)

Diese Verbindungstechnik erlaubt einen hohen Vorfertigungsgrad und eine schnelle Montage auf der Baustelle, wodurch die Bauzeit verkürzt werden kann. Außerdem bietet diese Verbindung nicht nur optische Vorteile, sondern verbessert auch den Brandschutz, da sie durch das Holz vor möglichen Brandeinwirkungen geschützt wird.

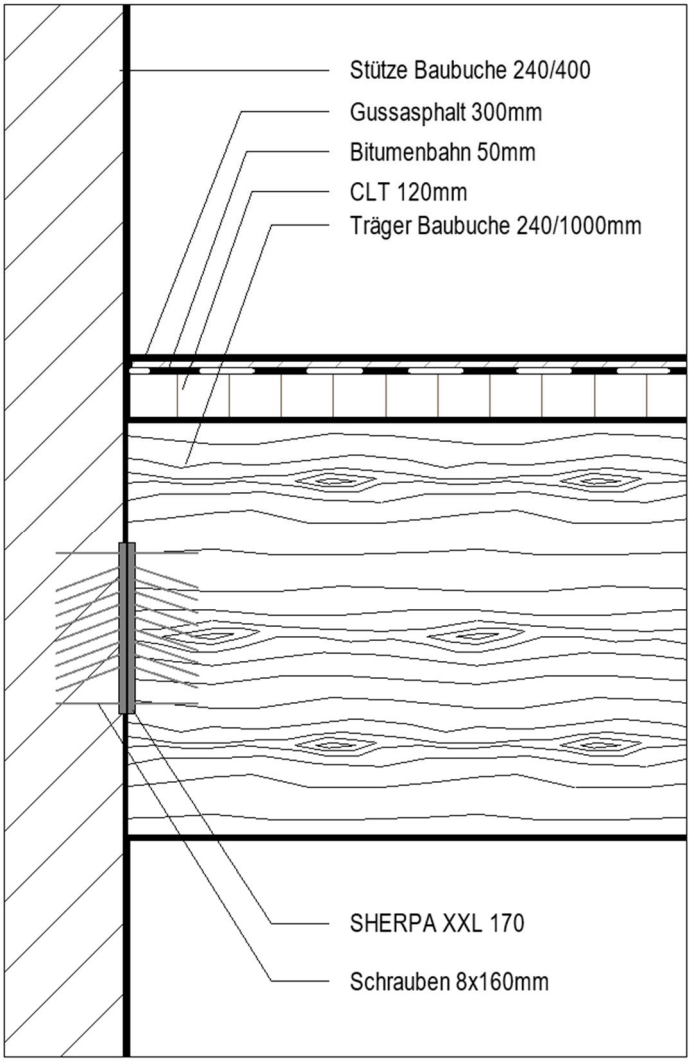


Abbildung 55: Detail Verbindung Träger-Stütze (Revit, 2024)

10.2 Detail Fußpunkt Stütze

Der Fußpunkt der Stütze, der in Abbildung 56 abgebildet ist, wird mit einem Schwerlast-Stützenfuß ausgeführt, der eine sichere und stabile Verankerung der Stütze im Fundament gewährleistet. Der Dorn des Stützenfußes wird dabei einbetoniert, was eine dauerhafte Lastübertragung ermöglicht und die Standfestigkeit der gesamten Konstruktion gewährleistet.

Die Holzverbindung erfolgt über eine Stabdübel-Schlitzblech-Verbindung, die aufgrund ihrer Konstruktion fast nicht sichtbar ist. Dadurch bietet sie wie die in „10.1 Detail Anschluss Träger-Stütze“ gezeigte Verbindung optische und brandschutztechnische Vorteile.

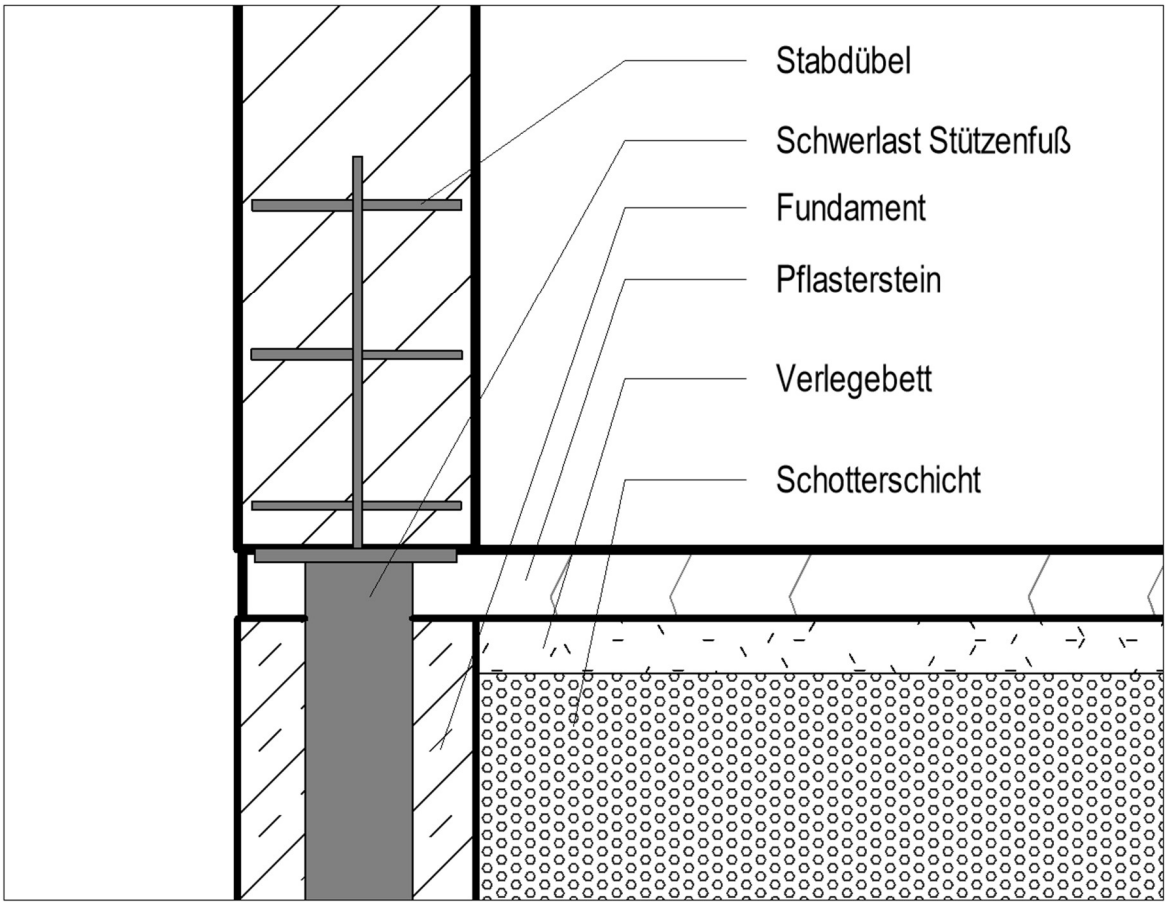


Abbildung 56: Detail Fußpunkt Stütze (Revit, 2024)

11 Integration des Parkhauses

Nachdem die konstruktiven Details des Parkhauses erläutert wurden, ist es nun wichtig, die Integration des Parkhauses in das städtebauliche Umfeld zu betrachten. Die Anbindung an das bestehende Straßennetz und die Integration in das umliegende Gebiet sind wesentliche Bestandteile des Entwurfs, da sie eine Schlüsselrolle für die erfolgreiche Realisierung, die Akzeptanz und den langfristigen Nutzen des Projekts spielen.

11.1 Anbindung an das Verkehrsnetz

Die Anbindung an das Verkehrsnetz erfolgt ohne die Erschließung neuer Straßen, sondern gelingt durch die direkte Anbindung an das bestehende Straßennetz. Das neue Parkhaus ist an die Schulstraße angebunden und über die Friedrich-Ebert-Straße und den Neustadtswall zu erreichen. Die Ausfahrt erfolgt ebenfalls über die Schulstraße, mit einer schnellen Verbindung zur Friedrich-Ebert-Straße über die Neustadtcontrescarpe. Diese Lage ermöglicht eine effiziente Anbindung an das überregionale Straßennetz, wobei die Friedrich-Ebert-Straße eine schnelle Verbindung zur A281 sowie zur B6 über die Westerstraße bietet (siehe Abbildung 57).

Abbildung 57: Anbindung an das Verkehrsnetz (Geoportal Bremen, 2024)

Die Erschließung des Parkhauses ist in Abbildung 58 dargestellt und macht deutlich, dass lediglich eine Zu- und Ausfahrt notwendig ist. Die Ein- und Ausfahrt erfolgen dabei durch die gleiche Öffnung, was eine effiziente Nutzbarkeit der Zufahrtswege und eine kompakte Anordnung ermöglicht, die den Platzbedarf minimiert und die Verkehrsführung im Gebäude einfach gestaltet.

Abbildung 58: Erschließung des Parkhauses (Revit, 2024)

11.2 Integration in das Stadtbild

In Abbildung 59 wird deutlich, wie sich das Parkhaus passend in die Umgebung integriert. Durch das Gründach, die Holzbauweise und die Holzfassade fügt es sich ästhetisch in die anliegenden Grünflächen der Neustadtswallanlagen ein und trägt zur gestalterischen Aufwertung des städtischen Raums bei. Die architektonische Gestaltung schafft eine ansprechende optische Lösung, die zur Umgebung passt und sorgt gleichzeitig für eine ökologisch vorteilhafte Lösung. Darüber hinaus trägt das Parkhaus zur Entlastung des öffentlichen Raums bei, indem es eine große Anzahl an Parkplätzen bietet. Dies könnte zu einer Verbesserung des Stadtbildes führen, da weniger Fahrzeuge in den Straßen geparkt werden und somit der öffentliche Raum freier und übersichtlicher gestaltet werden kann.

Abbildung 59: Integration des Parkhauses (Twinmotion, 2024)

Nach der Betrachtung der Integration des Parkhauses in das städtebauliche Umfeld wird im folgenden Kapitel die Kalkulation der Baukosten thematisiert. Eine Kostenübersicht ist essenziell wichtig, um die wirtschaftliche Machbarkeit dieses Projektes einschätzen zu können.

12 Kalkulation

Im Folgenden werden die Materialkosten für den Bau des Parkhauses dargestellt. Die Kosten für die Gründung bleiben unberücksichtigt, da keine ausreichenden Informationen über die erforderlichen Gründungsmaßnahmen vorliegen. Auch die Rampen werden in der Kalkulation vernachlässigt, da diese individuell gestaltet werden und sich eine Kostenschätzung somit schwierig gestaltet. Darüber hinaus werden ausschließlich die Materialkosten betrachtet, während die Arbeits- sowie Baustellennebenkosten in dieser Kalkulation nicht enthalten sind. Die jeweiligen Quellen der Materialpreise sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Baustoffe und Quellen

BauBuche	Siehe Anhang 4: Preisliste BauBuche (Pollmeier, 2024)
KVH für die Auskreuzungen	(Holzland Seibert, 2023)
Brettsperrholz für Decken und aussteifende Wände	(best wood SCHNEIDER, 2023, S. 20)
SCHERPA Systemverbinder	(Lambrecht24.de Befestigungstechnik, 2024)
Bitumenbahn	(bausep.de, 2024)
Gussasphalt	(zoofy.com, 2024)
Pflaster	(Hagebau Ott, 2024)
Gründach	(co2online.de, 2024)
Fassade	(Meyer, 2022)

Tabelle 9: Kalkulation der Materialkosten

Materialkosten	Breite (m)	Höhe (m)	Länge /Fläche (m/m²)	Anzahl /Stück	Kosten	Einheit	Gesamtkosten
Stützen	0,24	0,40	9,00	120,00	1.150,00 €	m³	119.232,00 €
Geschossträger	0,24	1,00	16,00	120,00	1.150,00 €	m³	529.920,00 €
Dachträger	0,24	0,90	17,80	60,00	1.150,00 €	m³	265.291,20 €
Auskreuzungen	0,08	0,16	4,00	72,00	700,00 €	m³	2.580,48 €
Wände	-	0,12	11,00	12,00	79,20 €	m²	10.454,40 €
BSP	-	0,12	2600,00	3,00	79,20 €	m²	617.760,00 €
Holzkosten Konstruktion							1.545.238,08 €
SCHERPA	-	-	-	240,00	170,00 €	stk	40.800,00 €
Bitumenbahn	-	0,005	2600,00	3,00	7,50 €	m²	58.500,00 €
Gussasphalt	-	0,03	2600,00	2,00	6,00 €	m²	31.200,00 €
Pflaster	-	0,08	2600,00	1,00	50,00 €	m²	130.000,00 €
Gründach	-	0,05	2740,00	1,00	50,00 €	m²	137.000,00 €
Kosten Ausbau							397.500,00 €
Fassade	-	0,06	2170,00	1,00	90,00 €	m²	195.300,00 €
						Gesamtkosten des Materials:	2.138.038,08 €

In Tabelle 9 wird ersichtlich, dass der Holzbau den größten Anteil der Materialkosten ausmacht und mit einem Anteil von 72 % den größten Kostenpunkt darstellt. Im Vergleich dazu entfallen auf den Ausbau 19 % der Gesamtkosten. Bei einer Gesamtkapazität des Parkhauses von 350 Stellplätzen ergeben sich daraus Materialkosten von etwa 6.100 € pro Stellplatz.

13 Fazit

Abschließend lässt sich feststellen, dass der entwickelte Prototyp eines Parkhauses in Holzbauweise eine vielversprechende und nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Bauweisen aus Stahl und Stahlbeton darstellt. Durch die Verwendung von innovativen Technologien, wie den SCHERPA Systemverbindern und fortschrittlichen Holzwerkstoffen wie Brettsperrholz und BauBuche, kann nicht nur der CO_2-Fußabdruck des Bauwerks deutlich reduziert, sondern auch eine ansprechende Architektur realisiert werden, die sich optisch hochwertig in das Stadtbild einfügt. Außerdem stellt Holz durch seine natürlichen Eigenschaften einen umweltfreundlichen und nachhaltigen Baustoff dar.

Die Untersuchung der verschiedenen Standorte in Bremen hat gezeigt, dass insbesondere der Standort beim Südbad in der Bremer Neustadt großes Potenzial bietet. Ein Holzparkhaus an diesem Standort kann zu einer Entlastung der Parksituation in der Umgebung beitragen, das städtebauliche Bild Bremens aufwerten und einen wesentlichen Mehrwert für die Anwohner und Besucher dort bilden.

Die statische Bemessung mit RFEM bestätigt, dass der Holzbau auch in Bezug auf Tragfähigkeit und Sicherheit mit herkömmlichen Bauweisen mithalten kann, ohne dabei massiver als herkömmliche Bauweisen zu sein. Besondere Herausforderungen, wie die Erfüllung des Brandschutzes, können durch eine sorgfältige Berechnung des nötigen Feuerwiderstandes, Beachtung spezifischer Brandschutzanforderungen und moderner Verbindungstechniken bewältigt werden.

Sollte die angestrebte Mobilitätswende in Zukunft eintreten, ermöglicht die modulare Bauweise des Parkhauses, wie auch die Verwendung von Schraub- und Steckverbindungen einen vergleichsweisen einfachen Rückbau. Die dabei eingesetzten Baustoffe können zum Großteil wiederverwendet werden, was die Ressourceneffizienz erhöht und die Umweltbelastung minimiert. Das Parkhaus kann als temporäres Bauwerk betrachtet werden, da langfristig ein Rückgang des städtischen Individualverkehrs durch Autos angestrebt wird. Aktuell besteht jedoch aufgrund der hohen Anzahl an Fahrzeugen in urbanen Gebieten noch ein erheblicher Bedarf an Parkraum.

Insgesamt zeigt die Arbeit anhand eines konkreten Beispiels in Bremen, dass der Einsatz von Holz im Parkhausbau nicht nur umweltfreundlich, sondern auch wirtschaftlich und funktional sinnvoll ist. Die Ergebnisse dieser Arbeit könnten somit als Grundlage und Orientierung für zukünftige Bauprojekte dienen, die Umweltfreundlichkeit und städtische Anforderungen miteinander vereinen.

Im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen im nachhaltigen Bauen könnten temporäre Holzbauten, wie das entwickelte Holzparkhaus, eine zunehmend wichtigere Rolle einnehmen, da diese Bauwerke leicht abgebaut und an anderen Orten wieder errichtet werden können. Alternativ ist es möglich, die verwendeten Materialien wiederzuverwenden, wodurch Ressourcen geschont werden können. Diese Flexibilität und Ressourceneffizienz tragen dazu bei, die ökologischen und ökonomischen Vorteile der Holzbauweise weiter zu steigern und sie im Bauwesen für unterschiedliche Bauvorhaben generell attraktiver zu machen.

Literaturverzeichnis

ArcelorMittal. (2024). Parkhäuser in Stahlbauweise. Abgerufen am 10. September 2024 von https://constructalia.arcelormittal.com/files/CarParks_DE--f0a4d6efe57d9847c3ce03befe300315.pdf

Bauleitplanung der Stadt Bremen. (27. September 1968). Bebauungsplan 519. Abgerufen am 23. September 2024 von https://www.bauleitplan.bremen.de/bplan/bp_00519.pdf

Bauleitplanung der Stadt Bremen. (24. 03 1969). www.bauleitplan.bremen.de. *Bebauungsplan 667*. Abgerufen am 23. 09 2024 von https://www.bauleitplan.bremen.de/bplan/bp_00667.pdf

Baunetz_Wissen. (2024). *www.baunetzwissen.de*. Abgerufen am 02. September 2024 von https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/brandschutz/brandverhalten-von-holz-und-feuerwiderstand--klassifizierung-und-zuordnung-7579452

Baunetz_Wissen. (2024). *www.baunetzwissen.de*. Abgerufen am 5. September 2024 von https://www.baunetzwissen.de/glossar/g/graue-energie-664290

Baunetz_Wissen. (2024). *www.baunetzwissen.de*. (I. Holz, Herausgeber) Abgerufen am 10. September 2024 von https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/verbindungen/mechanische-verbindungen-7105470/gallery-1/5

Baunetz_Wissen. (2024). *www.baunetzwissen.de*. Abgerufen am 09. September 2024 von https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/gruendaecher/statik-und-windsog-bei-dachbegruenungen-156221?glossar=/glossar/e/extensivbegruenung-52539

Baunetz_Wissen. (2024). *www.baunetzwissen.de*. Abgerufen am 29. August 2024 von https://www.baunetzwissen.de/brandschutz/objekte/weitere-bauten/parkhaus-in-bad-aibling-8251232

bausep.de. (2024). *www.bausep.de*. Abgerufen am 1. Oktober 2024 von https://www.bausep.de/bauder-pye-pv-200-s-5-en-elastomerbitumenbahn-5-qm.html

Bernau, N. (12. Juni 2020). *deutschlandfunk.de*. Abgerufen am 18. August 2024 von https://www.deutschlandfunk.de/endlich-mal-erklaert-ist-betonarchitektur-klimaschaedlich-100.html

best wood SCHNEIDER. (Januar 2023). *www.schneider-holz.com.* Abgerufen am 01. Oktober 2024 von https://www.schneider-holz.com/site/assets/files/8436/preisliste_holz_de_2023_web.pdf

binderholz. (2024). Technische Daten Brettsperrholz BBS. Abgerufen am 03. September 2024 von https://www.binderholz.com/fileadmin/user_upload/books/de/bbs/8/index.html

Birnbaum, A. (01. März 2024). *www.proholz.at.* Abgerufen am 08. August 2024 von https://www.proholz.at/zuschnitt/92/parkhaeuser-aus-holz

Bluebeam. (07. Juli 2022). *blog.bluebeam.com*. Abgerufen am 28. August 2024 von https://blog.bluebeam.com/de/sand-shortage-2021/

Blumenröder, S. (Oktober 2021). Wie nachhaltig ist Bauen mit Holz wirklich? *BundesBauBlatt*. Abgerufen am 6. September 2024 von https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_Wie_nachhaltig_ist_Bauen_mit_Holz_wirklich_-3691961.html#:~:text=Holz%20ist%20nicht%20nur%20ein,Holz%20nach%2C%20als%20genutzt%20wird.

bmH bauen mit Holz. (29. Februar 2024). *www.bauenmitholz.de*. Abgerufen am 15. September 2024 von https://www.bauenmitholz.de/holzbau-und-massivbau-im-vergleich-29022024

Bohn Holzbau. (13. Mai 2024). *www.bohnholzbau.de*. Abgerufen am 04. Oktober 2024 von https://bohnholzbau.de/hallenbau-holz/pflege-und-wartung-von-holzhallen-tipps-und-tricks/63398/

Bosold, D.-I. D., & Grünewald, D.-I. A. (2020). *Zement-Merkblatt Betontechnik: Risse im Beton.* Düsseldorf: InformationsZentrum Beton GmbH. Abgerufen am 03. September 2024 von https://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Dokumente/PDF/Service/Zementmerkbl%C3%A4tter/B18.pdf

Brem.GBl. (24. Juni 2024). Bremische Landesbauordnung. Abgerufen am 02. September 2024 von https://www.transparenz.bremen.de/metainformationen/bremische-landesbauordnung-vom-29-mai-2024-232736?asl=bremen203_tpgesetz.c.55340.de&template=20_gp_ifg_meta_detail_d#jlr-BauOBR2024pP26

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. (2020). *www.bnb-nachhaltigesbauen.de*. Abgerufen am 27. September 2024 von https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/anlagen/2011_1/FAQ/3.2.2-FAQ_BN_2011-1.pdf

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (26. Juli 2023). *bmel.de*. Abgerufen am 13. Septemebr 2024 von https://www.bmel.de/DE/themen/wald/holz/holzmarktberichte.html#:~:text=Holz%20w%C3%A4chst%20in%20Deutschland%20in%20sehr%20produktiven%20W%C3%A4ldern,genutzt%20wird.%20Dadurch%20haben%20sich%20hohe%20Vorr%C3%A4te%20aufgebaut.

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. (2024). *www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de*. Abgerufen am 13. August 2024 von https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/DE/Themen/Forschung/Stadt-von-uebermorgen/Trendmolekuele/Artikel/trendmolekuel-05.html

buten un binnen. (13. August 2024). *www.butenunbinnen.de*. Abgerufen am 14. August 2024 von https://www.butenunbinnen.de/nachrichten/hachez-gelaende-zukunft-wohnquartier-100.html

chemie.de. (2024). *www.chemie.de*. Abgerufen am 13. September 2024 von https://www.chemie.de/lexikon/Stahlbeton.html

co2online.de. (2024). *www.co2online.de*. Abgerufen am 01. Oktober 2024 von https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/anpassung-an-den-klimawandel/dachbegruenung/#c176703

Dachbegrünung Ratgeber. (2024). *www.dachbegruenung-ratgeber.de*. Abgerufen am 11. September 2024 von https://www.dachbegruenung-ratgeber.de/vorteile-dachbegruenung

DERIX. (2024). *www.derix.de*. Abgerufen am 10. September 2024 von https://derix.de/project/parkhaus-ruesselsheim/

Dlubal RFEM (Version 6.07). (2024). Von www.dlubal.com abgerufen

Echtsolar. (2024). *www.echtsolar.de*. Abgerufen am 09. September 2024 von https://echtsolar.de/photovoltaik-flachdach-gewicht/

Eder Holzbau. (2024). *www.eder-holzbau.de*. Abgerufen am 18. August 2024 von https://www.eder-holzbau.de/projekt/bauprojekt-parkdeck-bad-aibling/

Elflein Isolierbau GmbH. (2024). *www.elflein-isolierbau.de*. Abgerufen am 09. September 2024 von https://www.elflein-isolierbau.de/gussasphalt.html#:~:text=Wie%20schwer%20ist%20Gussasphalt%3F,%E2%80%93%2026%20kg%2Fm%C2%B2%20Eigengewicht.

Eurocode online. (2024). *www.eurocode-online.de*. Abgerufen am 09. September 2024 von https://www.eurocode-online.de/de/eurocode-inhalte/eurocode-5

Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz (ARGEBAU). (04. September 2020). Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Garagen und Stellplätzen (M-GarStVO). Abgerufen am 29. September 2024 von https://www.is-argebau.de/Dokumente/42323133.pdf

fischer. (2024). *fischer.de*. Abgerufen am 8. September 2024 von https://www.fischer.de/de-de/service/wir-helfen-weiter/schraubenratgeber#:~:text=Schrauben%20mit%20Vollgewinde,aufzunehmen%20und%20gleichm%C3%A4%C3%9Fig%20zu%20verteilen.

Frangi, A., & Klippel, M. (März 2020). Brandrede für Holz. (p. Austria, Hrsg.) *Zuschnitt 77*. Abgerufen am 11. September 2024 von https://www.proholz.at/fileadmin/flippingbooks/zuschnitt77/zuschnitt_77.pdf

GaStplVO. (18. Mai 2022). Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen und Stellplätzen (Garagen- und Stellplatzverordnung - GaStplVO). (N. V. (NI-VORIS), Hrsg.) Niedersachsen. Abgerufen am 12. September 2024 von https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/source/csh-da-filter%21a52e918e-8a02-41f8-8b62-1c4b6a92ff6a--WKDE_LTR_0000003520%2360c1a1e440ac312597abad1d656e958b

Geoportal Bremen. (2024). *www.geoportal.bremen.de*. Abgerufen am 14. August 2024 von https://geoportal.bremen.de/geoportal/#

Grosser, D., & Gabriele, E. (2012). *Das Holz der Lärche - Eigenschaften und Verwendung.* Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft. Abgerufen am 12. September 2024 von https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/das_holz_der_laerche_w69.pdf

Hagebau Ott. (2024). *www.hagebau-ott.de*. Abgerufen am 01. Oktober 2024 von https://www.hagebau-ott.de/Braun-S-Form-Normalstein-naturgrau-8-cm/p/30381214?srsltid=AfmBOorUeaKKo4ke0M5x6bLBG79F-TS1RFI5sOLULt3MNevtm-FQjhIJ

Hargassner. (24. Juli 2024). *www.hargassner.com.* Abgerufen am 08. August 2024 von https://www.hargassner.com/at-de/news/hargassner-service-center/#wso-fancybox-image-MzA=-6

Härig, B. (2023). *www.monumente-online.de*. Abgerufen am 10. September 2024 von https://www.monumente-online.de/de/ausgaben/2014/1/historische-parkhaeuser.php

Holzland Seibert. (12. August 2023). *www.holzland-seibert.de*. Abgerufen am 01. Oktober 2024 von https://www.holzland-seibert.de/kvh-konstruktionsvollholz-ist-getrocknet/

Holzwarth, J. (03. August 2024). *www.ntz.de.* Abgerufen am 03. September 2024 von https://www.ntz.de/wendlingen/artikel_das-holzparkhaus-wendlingen-als-echte-pionierarbeit.html

IBA27. (11. Dezember 2023). *www.iba27.de*. Abgerufen am 16. August 2024 von https://www.iba27.de/ein-parkhaus-als-bruecke-in-die-zukunft/

Industrieverband Feuerverzinken. (2024). *www.feuerverzinken.com*. Abgerufen am 10. September 2024 von https://www.feuerverzinken.com/anwendungen/bauen/parkhaeuser

ingenieur.de. (10. Juli 2020). *www.ingenieur.de*. Abgerufen am 20. August 2024 von https://www.ingenieur.de/fachmedien/bauingenieur/baustoffe/holzbau-und-massivbau-stehen-im-vergleich/

Kalusche, W. (25. Januar 2023). *www.dabonline.de*. Abgerufen am 7. September 2024 von https://www.dabonline.de/2023/01/25/holzbau-massivbau-guenstiger-vergleich-baukosten-kindergaerten/#comments

Kanzlei Vogt. (25. Januar 2021). *www.kanzlei-voigt.de*. Abgerufen am 12. September 2024 von https://kanzlei-voigt.de/rechtstipps/12525/

kg5 parking. (2024). *www.parking.kg5.de.* Abgerufen am 08. August 2024 von https://parking.kg5.de/portfolio/holzparkhaus-ruesselsheim-p4#lg=1&slide=0

Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien. (2024). *www.klimaschutz-industrie.de*. Abgerufen am 11. September 2024 von https://www.klimaschutz-industrie.de/themen/branchen/zementindustrie/

Lambrecht24.de Befestigungstechnik. (2024). *www.lambrecht24.de*. Abgerufen am 01. Oktober 2024 von https://www.lamprecht24.de/holzverbinder/passverbinder/sherpa-verbinder-unsichtbare-passverbinungen/sherpa-connector-holzverbinder/sherpa-verbinder-xxl-170-passverbinder-4-paare

Lennartz, M. W. (12 2019). Wider die gebaute Ödnis. *Bausubstanz - Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege*, S. 18-22. Abgerufen am 13. August 2024 von https://www.bausubstanz.de/export/dokumente-bs/bs-leseprobe/BS-6-2019_Blick_ins_Heft.pdf

Maier, S. (30. Juli 2021). *www.konstruktiver-holzbau.de*. Abgerufen am 13. August 2024 von https://www.konstruktiver-holzbau.de/2021/07/30/gebaeude-in-holzbauweise-als-riesige-co2-speicher/

Meyer, M. (14. Dezember 2022). *www.hausfrage.de*. Abgerufen am 01. Oktober 2024 von https://www.hausfrage.de/holzfassade-kosten/

Mischler, A. (November 2003). Rein ins Holz - Schraube oder Nagel. *Zuschnitt 11*. Abgerufen am 14. August 2024 von https://www.proholz.at/zuschnitt/11/mehrschnittige-stahl-holz-verbindungen-mit-stabduebeln/#:~:text=Die%20Stabd%C3%BCbel%20bestehen%20aus%20Kohlestoffstahl%20und%20sind%20in,eingeschlitzten%20Bauteile%20werden%20die%205mm%20dicken%20Stahlbleche%20eingeset

ORF. (06. April 2024). *orf.at*. Abgerufen am 27. August 2024 von https://ooe.orf.at/stories/3251542/

Pawlitschko, R. (März 2024). Nachhaltig parken, B&O Holzparkhaus, Bad Aibling. *Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz*, S. 12-13. Abgerufen am 10. August 2024 von https://www.proholz.at/zuschnitt/92/b-o-holzparkhaus-in-bad-aibling

PEFC. (2024). *www.pefc.de*. Abgerufen am 12. September 2024 von https://www.pefc.de/

Pflugfelder, D.-I. J. (25. Mai 2024). Brand- und Korrosionsschutz: Parkhäuser nachhaltig betreiben. *ingenieur.de*. Abgerufen am 10. September 2024 von https://www.ingenieur.de/fachmedien/bauingenieur/empfehlung-der-redaktion/parkhaeuser-nachhaltig-betreiben/

Polák, P. (2024). *www.baunetzwissen.de.* Abgerufen am 08. August 2024 von https://www.baunetzwissen.de/beton/objekte/sonderbauten/parkhaus-in-dolni-brezany-7914769/gallery-1/9

Pollmeier. (2020). *BauBuche Holzschutz und Oberflächenbehandlung.* Abgerufen am 30. September 2024 von https://www.pollmeier.com/wp-content/uploads/2023/03/Pollmeier-BauBuche-Kapitel-09-Holzschutz-und-Oberflachenbehandlung.pdf

Pollmeier. (April 2023). *www.pollmeier.com.* Abgerufen am 03. September 2024 von https://www.pollmeier.com/wp-content/uploads/2023/04/BauBuche-16Stuetzen-04-23-DE-150dpi.pdf

Pollmeier. (15. Juli 2024). BauBuche Preisliste. Von www.pollmeier.com abgerufen

Pollmeier. (2024). *www.pollmeier.com.* Abgerufen am 5. August 2024 von https://www.pollmeier.com/de/baubuche/

Pressemitteilung Bundesministerium für Wohnen, S. u. (21. Juni 2023). Abgerufen am 23. August 2024 von https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/06/holzbauinitiative.html

Redaktion Dr. Klein. (2024). *www.drklein.de*. Abgerufen am 23. September 2024 von https://www.drklein.de/bebauungsplan.html#:~:text=K%C3%B6nnen%20Sie%20den%20Bebauungsplan%20%C3%A4ndern,Antrag%20bei%20der%20Gemeinde%20stellen.

Revit. (2024). Revit 2025. (autodesk, Hrsg.) Abgerufen am 2024 von https://www.autodesk.com/de/products/revit/architecture

Rohs, M., & Flore, G. (2021). *Parkraummanagement für eine nachhaltige urbane Mobilität in der Stadt für Morgen.* Düsseldorf: Umweltbundesamt. Abgerufen am 10. September 2024 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_broschuere_parkraummanagement_0.pdf

Schels, S. (01. Juni 2023). *www.detail.de.* Abgerufen am 08. August 2024 von https://www.detail.de/de_de/parkhaus-in-bad-aibling-von-hk-architekten

Schneider Bautabellen. (2020). Schneider Bautabellen für Ingenieure. In A. Albert. Köln: Reguvis.

Schöppel, K., & Stenzel, G. (2012). Konstruktionsregeln für Parkbauten in Betonbauweise. *Beton- und Stahlbetonbau 107*. Abgerufen am 11. September 2024 von https://www.allvia.de/Aufsatz_Konstruktionsregeln-Parkbauten-2012-05.pdf

Schröder, M. (Dezember 2019). Schutz und Instandsetzung von Stahlbeton. *bauhandwerk. Das Profimagazin für Ausbau, Neubau und Sanierung*. Abgerufen am 23. August 2024 von https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Korrosionsschaeden_an_Stahlbetonbauteilen_Erscheinungsbilder_Ursachen_und-3465717.html

SemperGreenwall. (2024). *www.sempergreenwall.com*. Abgerufen am 13. September 2024 von https://sempergreenwall.com/de/projekte/parkhaus-tonipark/

SHERPA. (2024). *www.sherpa-connector.com.* Abgerufen am 12. August 2024 von https://www.sherpa-connector.com/de/produkte/schrauben/sperrschrauben/3570_269_shop_SHERPA-XXL-300.aspx?LNG=de

SHERPA. (2024). *www.sherpa-connector.com*. Abgerufen am 28. August 2024 von https://www.sherpa-connector.com/de/blog/holzparkhaus-mit-sherpa-verbindern/

Sina, D. S., & Stockhaus, D. H. (Mai 2019). Landesklimaschutzgesetze in Deutschland. Abgerufen am 12. September 2024 von https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_KSG_Gutachten1_Landesklimaschutzgesetze_DE_Webfassung.pdf

SkyCiv Engineering. (13. Februar 2019). *www.skyciv.com*. Abgerufen am 13. September 2024 von https://skyciv.com/de/technical/steel-vs-timber-vs-concrete/

Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (Januar 2021). *informationsdienst-holz.de.* Abgerufen am 13. August 2024 von https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/6_Arbeitshilfen/BSP_Holz_Merkblatt.pdf

Twinmotion. (2024). Abgerufen am 2024 von https://www.twinmotion.com/en-US

Verband Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. (2024). *www.dguv.de*. Abgerufen am 12. September 2024 von https://www.dguv.de/barrierefrei/grundlagen/gesetze/standards/din18040/index.jsp

verkehrsforum.de. (April 2022). *www-verkehrsforum.de*. Abgerufen am 10. September 2024 von https://www.verkehrsforum.de/de/service/newsletter/2022-04-26-newsletter/2022-04-25-parkhaeuser-als-essenzieller-teil-der-mobilitaetswende

Vijayagopal, S., Girkes, A., Fritsch, A., Kocker, R., Kukulka, S., Mann, G., & Siebers, R. (2023). *Parkhäuser in Stahl- und Verbundbauweise.* Düsseldorf: bauforumstahl e. V. Abgerufen am 23. August 2024 von https://bauforumstahl.de/wp-content/uploads/2024/02/Leitfaden_-_Parkhaeuser_in_Stahl-_und_Verbundbauweise.pdf

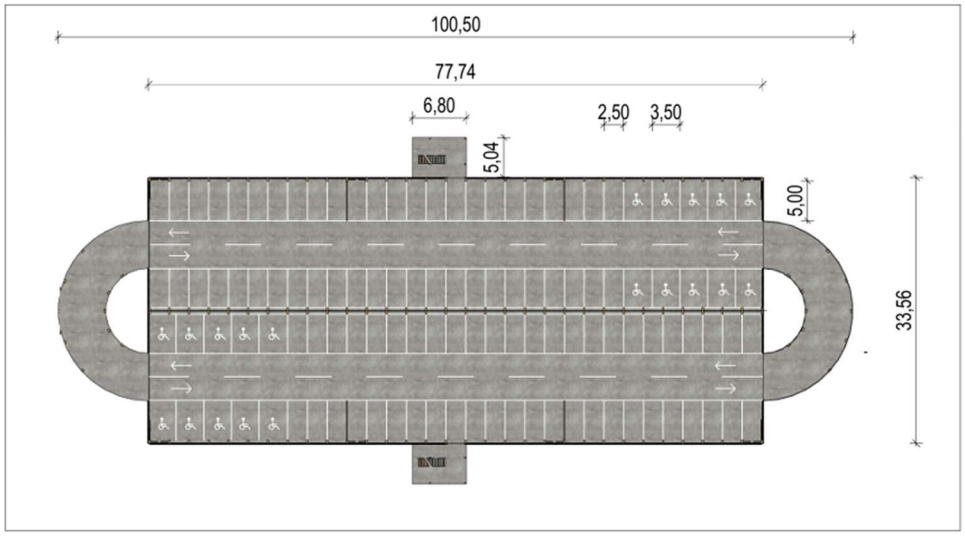
Zeigler, H. (18. Juni 2024). *butenunbinnen.de*. Abgerufen am 23. August 2024 von https://www.butenunbinnen.de/nachrichten/aufgesetztes-parken-bremen-urteil-buergerschaft-100.html

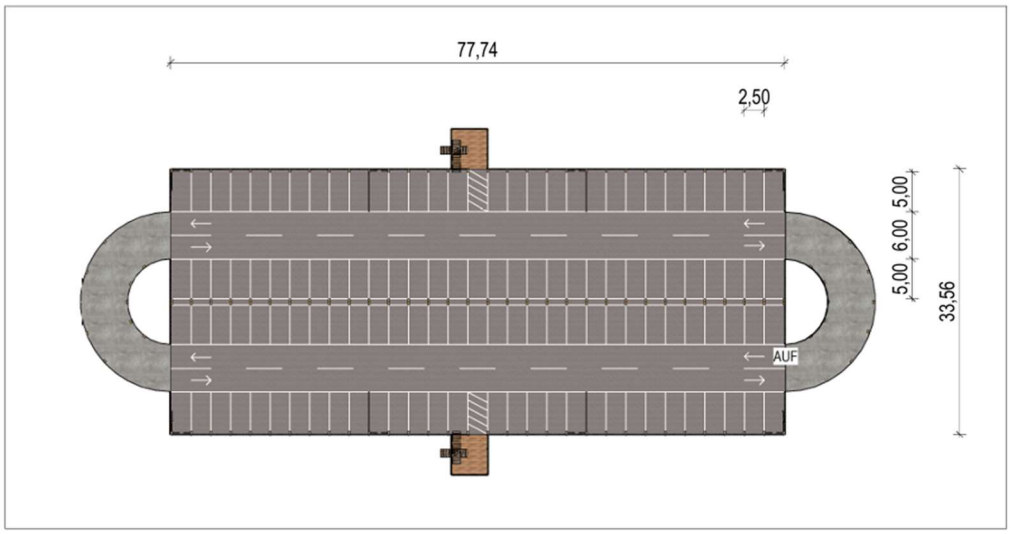
Zettel, B. (01. Juni 2023). Parken im Holzbau: Parkhaus in Bad Aibling von HK Architekten. *Detail*. Abgerufen am 23. August 2024 von https://www.detail.de/de_de/parkhaus-in-bad-aibling-von-hk-architekten?srsltid=AfmBOorOJ8MyI-bw6S8r7elua5fO5Bjp1TeWRQtXrDy8CeSnMTkjxTMV

zoofy.com. (2024). *www.zoofy.com*. Abgerufen am 01. Oktober 2024 von https://zoofy.com/de-de/preisfuehrer/estrich-kosten/#:~:text=Kosten%20von%20Gussasphaltestrich,als%20bei%20anderen%20Estrich%2DArten.

zukunft-groepelingen.de. (2024). *hwww.zukunft-groepelingen.de*. Abgerufen am 14. August 2024 von https://www.zukunft-groepelingen.de/

Anhang 1: Pläne (Revit)



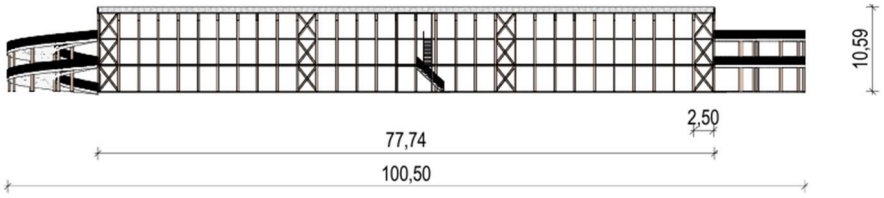


Parkhaus Südbad				AUTODESK GmbH
Grundrisse EG und OG		1 : 750		Adresse Ort Telefon E-Mail
PROJ-NR: 2018_01	PLAN-NR: AP-04	DATUM: 10/01/24	GEZ: Meyerhoff	
C:\Users\arne1\Desktop\Bachelorarbeit\Parkhaus_Prototyp.rvt				www.Autodesk.de/BIM

0,210 x 0,297 = 0,06 m²

DER AUSFÜHRENDE IST VERPFLICHTET, ALLE BESTANDSMASSE UND PLANKOTEN VOR ARBEITSBEGINN ZU ÜBERPRÜFEN. DIESE ZEICHNUNG IST UNSER GEISTIGES EIGENTUM UND UNTERLIEGT DEM URHEBERRECHT. EINE VERVIELFÄLTIGUNG, AUSHÄNDIGUNG AN DRITTE PERSONEN ODER ÜBERLASSUNG AN KONKURRENZFIRMEN IST UNTERSAGT.

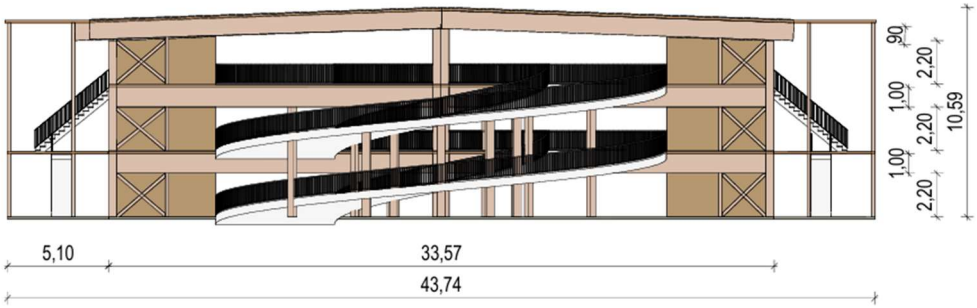
Ansicht Nord M 1:750



Fassade ausgeblendet

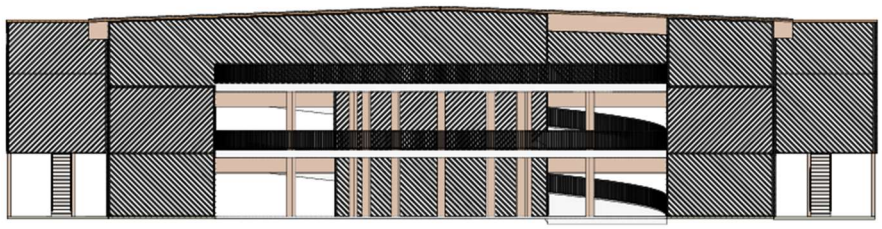
Ansicht Süd M 1:750

Ansicht Ost M 1:300



Fassade ausgeblendet

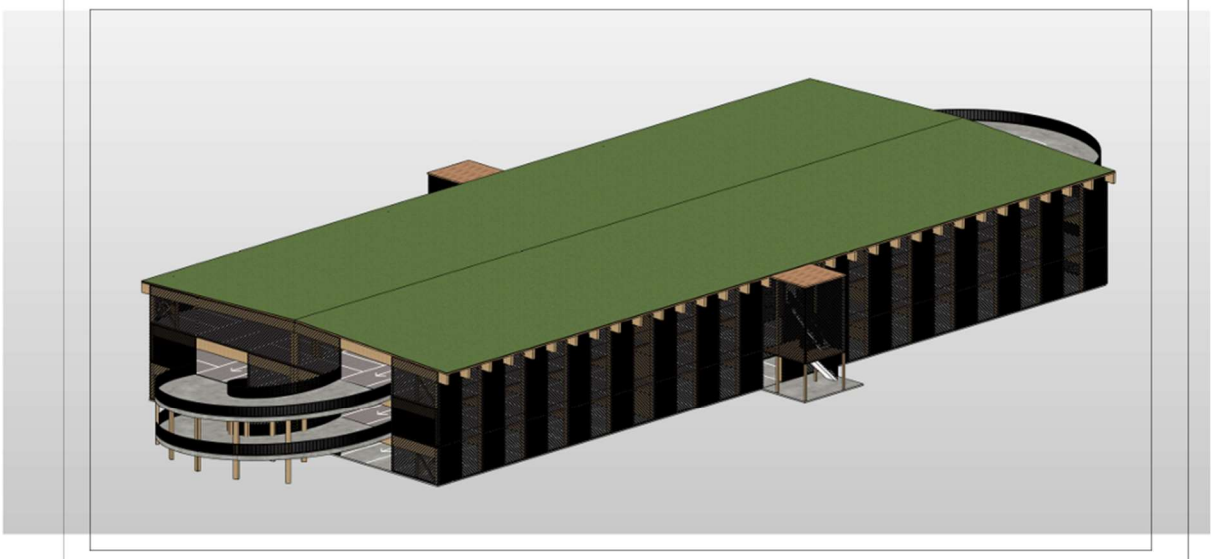
Ansicht West M 1:300

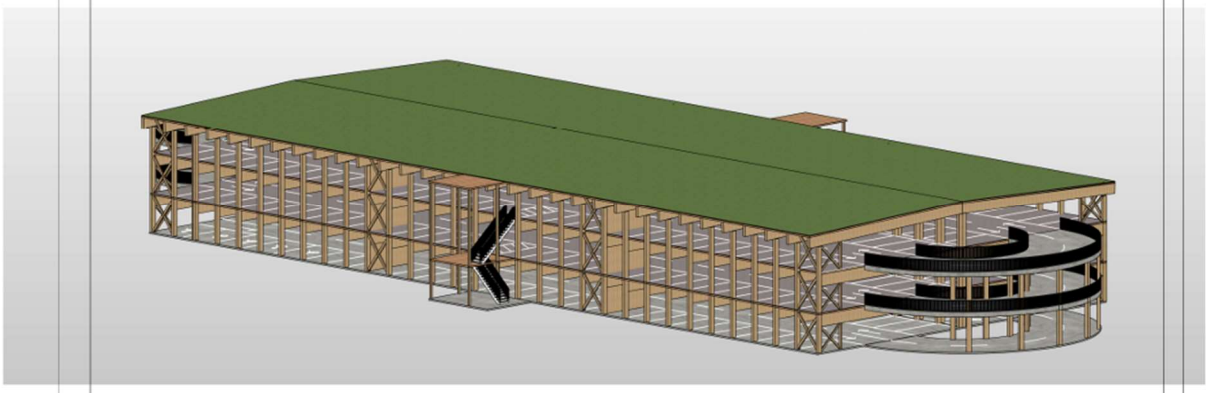


Parkhaus Südbad				AUTODESK GmbH
Ansichten			Wie angezeigt	Adresse Ort Telefon E-Mail
PROJ-NR: 2018_01	PLAN-NR: AP-05	DATUM: 10/01/24	GEZ: Meyerhoff	
C:\Users\arne1\Desktop\Bachelorarbeit\Parkhaus_Prototyp.rvt				www.Autodesk.de/BIM

DER AUSFÜHRENDE IST VERPFLICHTET, ALLE BESTANDSMASSE UND PLANKOTEN VOR ARBEITSBEGINN ZU ÜBERPRÜFEN. DIESE ZEICHNUNG IST UNSER GEISTIGES EIGENTUM UND UNTERLIEGT DEM URHEBERRECHT. EINE VERVIELFÄLTIGUNG, AUSHÄNDIGUNG AN DRITTE PERSONEN ODER ÜBERLASSUNG AN KONKURRENZFIRMEN IST UNTERSAGT.

0,210 x 0,297 = 0,06 m²



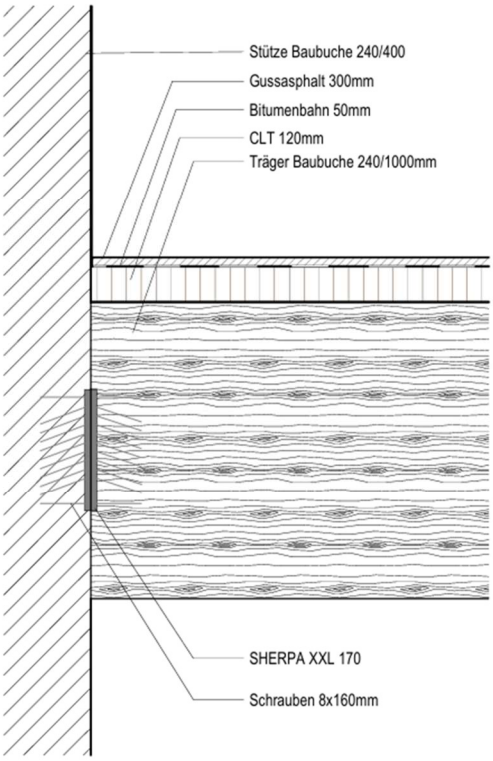


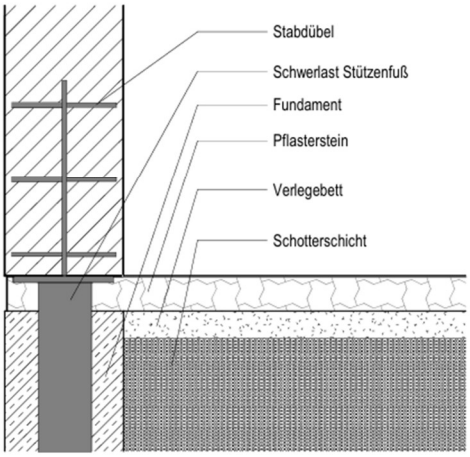
Fassade ausgeblendet

Parkhaus Südbad				AUTODESK GmbH
3D Ansichten				Adresse Ort Telefon E-Mail
PROJ-NR: 2018_01	PLAN-NR: AP-06	DATUM: 10/01/24	GEZ: Meyerhoff	
C:\Users\arne1\Desktop\Bachelorarbeit\Parkhaus_Prototyp.rvt				www.Autodesk.de/BIM

0,210 x 0,297 = 0,06 m²

DER AUSFÜHRENDE IST VERPFLICHTET, ALLE BESTANDSMASSE UND PLANKOTEN VOR ARBEITSBEGINN ZU ÜBERPRÜFEN. DIESE ZEICHNUNG IST UNSER GEISTIGES EIGENTUM UND UNTERLIEGT DEM URHEBERRECHT. EINE VERVIELFÄLTIGUNG, AUSHÄNDIGUNG AN DRITTE PERSONEN ODER ÜBERLASSUNG AN KONKURRENZFIRMEN IST UNTERSAGT.



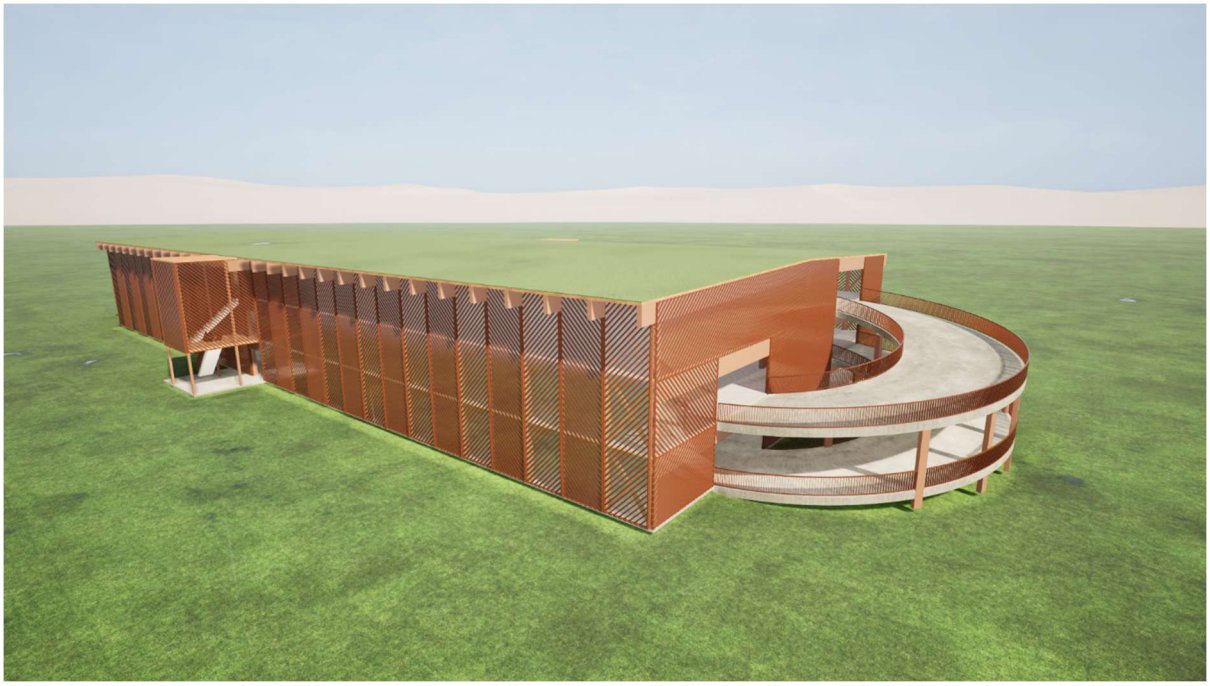


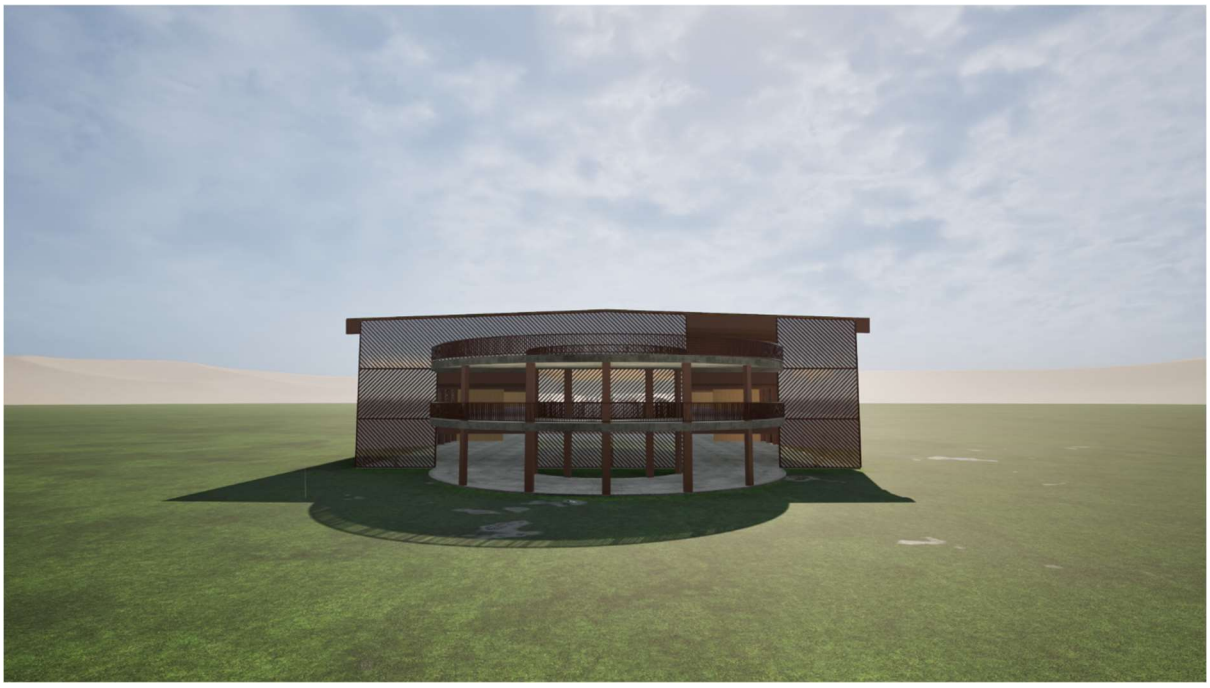
Parkhaus Südbad				AUTODESK GmbH
Detailplanung			1 : 20	Adresse Ort Telefon E-Mail
PROJ-NR: 2018_01	PLAN-NR: DP-01	DATUM: 01.10.2024	GEZ: Meyerhoff	
C:\Users\arne1\Desktop\Bachelorarbeit\Parkhaus_Prototyp.rvt				www.Autodesk.de/BIM

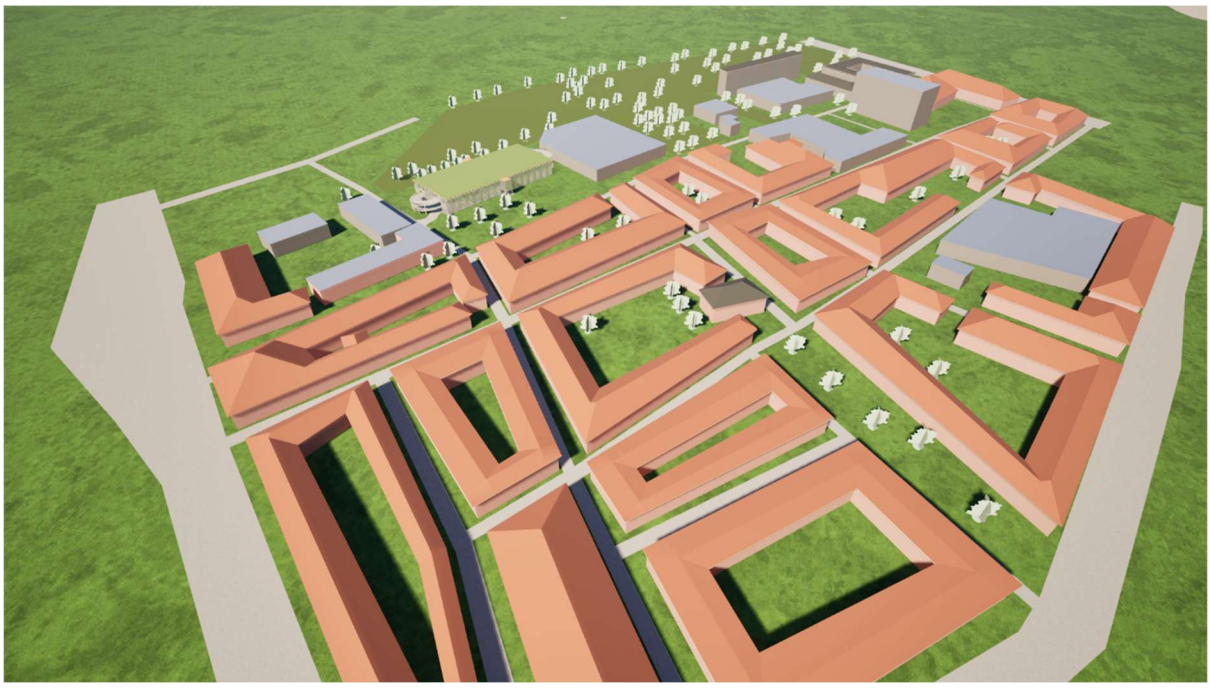
0,210 x 0,297 = 0,06 m²

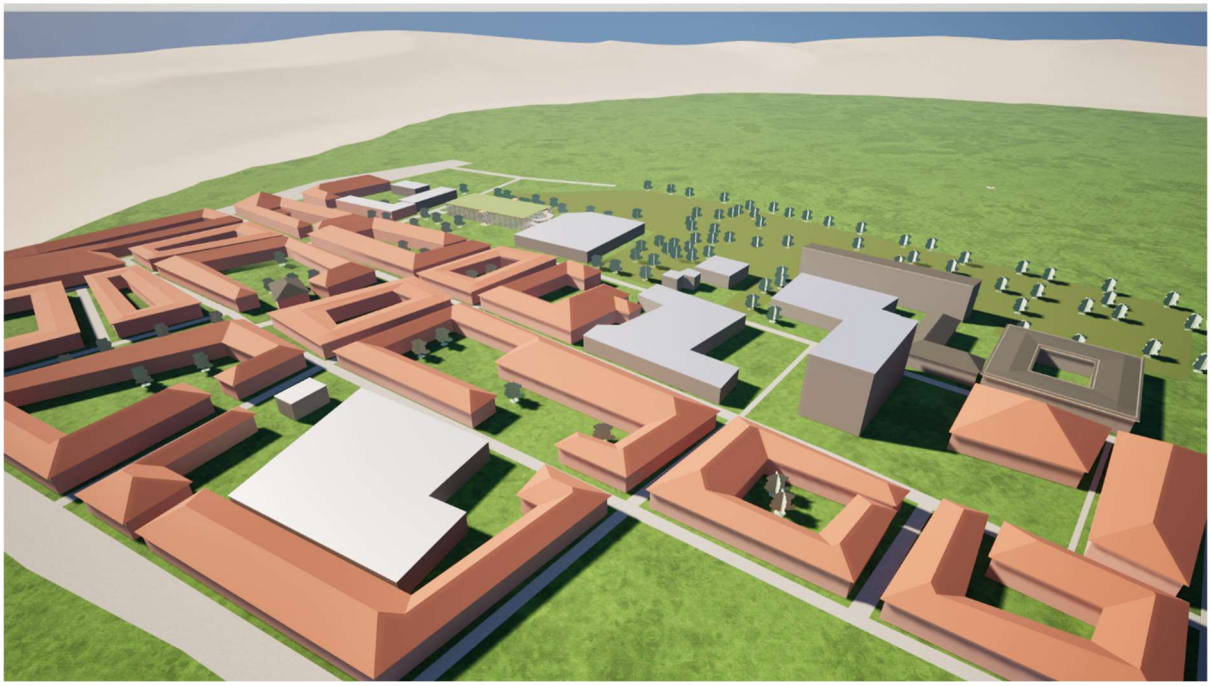
DER AUSFÜHRENDE IST VERPFLICHTET, ALLE BESTANDSMASSE UND PLANKOTEN VOR ARBEITSBEGINN ZU ÜBERPRÜFEN. DIESE ZEICHNUNG IST UNSER GEISTIGES EIGENTUM UND UNTERLIEGT DEM URHEBERRECHT. EINE VERVIELFÄLTIGUNG, AUSHÄNDIGUNG AN DRITTE PERSONEN ODER ÜBERLASSUNG AN KONKURRENZFIRMEN IST UNTERSAGT.

Anhang 2: Gerenderte Fotos (Twinmotion)









Anhang 3: Ausdruckprotokoll Statik (RFEM)

Arne Meyerhoff
| | Germany

Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 1/36
Blatt 1

MODELL

Statische Berechnung

BAUHERR

Prof. Dr. Felipe Riola Parada
Prof. Dr. -Ing. Sven Uhrhan

ERSTELLT VON

Arne Meyerhoff

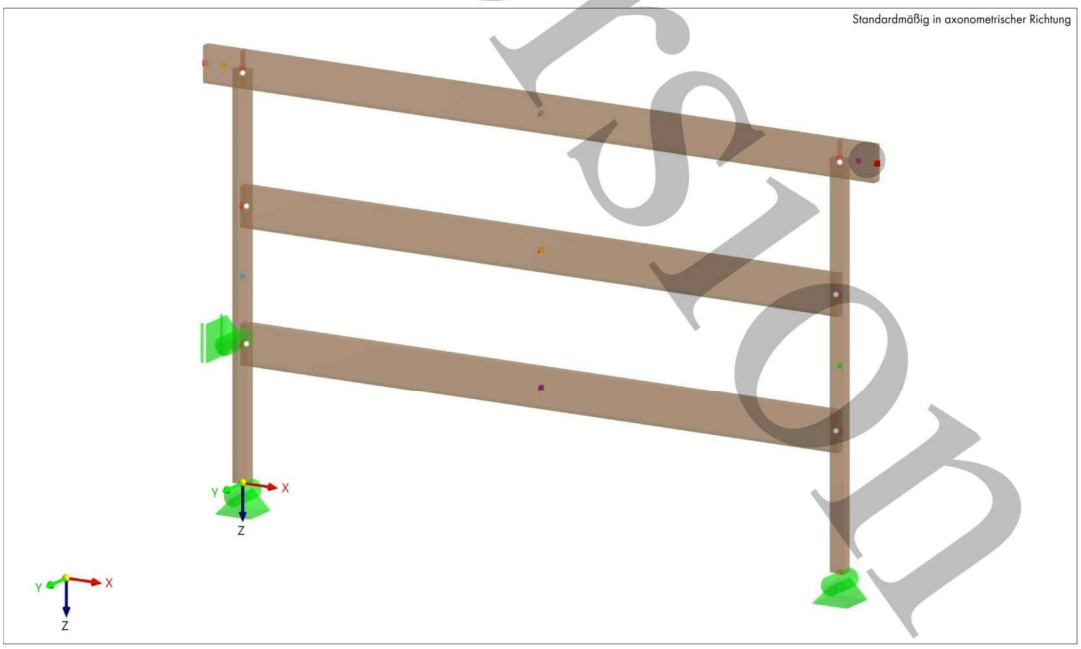
PROJEKT

Entwurf Prototyp Holzparkhaus Parkplatz Südbad

Kapitel

1	Basisobjekte	3
2	Spezielle Objekte	6
3	Typen für Knoten	6
4	Typen für Stäbe	6
5	Typen für Holzbemessung	6
6	Lastfälle und Kombinationen	7
7	Lasten	9
8	Hilfsobjekte	13
9	Statikanalyse-Ergebnisse	13
10	Holzbemessung	29
11	Bemessungsübersicht	35

MODELL



www.dlubal.com RFEM 6.07.0002 - Allgemeine 3D-Tragwerke nach FEM

Testversion

INHALT

A	Modell - Position	3
B	Modell - Parameter	3
C	Modell - Basisangaben	3
1	**Basisobjekte**	**3**
1.1	Materialien	3
1.2	Querschnitte	3
1.3	Stäbe	4
1.4	Modell, In axonometrischer Richtung	5
2	**Spezielle Objekte**	**6**
2.1	Strukturmodifikationen	6
3	**Typen für Knoten**	**6**
3.1	Knotenlager	6
4	**Typen für Stäbe**	**6**
4.1	Stabendgelenke	6
5	**Typen für Holzbemessung**	**6**
5.1	Knicklängen	6
5.1.1	Knicklängen - Knotenlager	6
5.1.2	Knicklängen - Beiwerte	7
5.2	Nutzungsklassen	7
6	**Lastfälle und Kombinationen**	**7**
6.1	Lastfälle	7
6.2	Einwirkungen	7
6.3	Statikanalyse-Einstellungen	8
6.4	Kombinationsassistenten	8
6.4.1	Kombinationsassistenten - Anfangszustandselemente	9
7	**Lasten**	**9**
7.1	LF1 - Eigengewicht	9
7.1.1	Lastfall 1	10
7.1.2	Stablasten	10
7.2	LF2 - Verkehrslast	10
7.2.1	Lastfall 2	11
7.2.2	Knotenlasten	11
7.2.3	Stablasten	11
7.3	LF3 - Schneelast	11
7.3.1	Lastfall 3	12
7.3.2	Stablasten	12
7.4	LF4 - Windlast in X-Richtung	12
7.4.1	Lastfall 4	12
7.4.2	Stablasten	13
8	**Hilfsobjekte**	**13**
8.1	Koordinatensysteme	13
9	**Statikanalyse-Ergebnisse**	**13**
9.1	Zusammenfassung	13
9.2	BS1: Ergebnisumhüllende - Max-Werte, Globale Globale Verformungen |u|, Knotenlager P_x, Knotenlager P_z, In axonometrischer Richtung	17
9.3	BS2: Ergebnisumhüllende - Max-Werte, Globale Globale Verformungen |u|, Knotenlager P_x, Knotenlager P_z, In axonometrischer Richtung	18
9.4	Knoten - Globale Verformungen	19
9.5	Knoten - Lagerkräfte	21
9.6	Stäbe - Schnittgrößen querschnittsweise	23
9.7	LK2: Schnittgrößen N, Knotenlager P_x, Knotenlager P_z, In axonometrischer Richtung	25
9.8	LK2: Schnittgrößen V_z, Knotenlager P_x, Knotenlager P_z, In axonometrischer Richtung	26
9.9	LK2: Schnittgrößen M_y, Knotenlager P_x, Knotenlager P_z, In axonometrischer Richtung	27
9.10	LK2: Globale Verformungen |u|, Knotenlager P_x, P_x, Knotenlager P_z, Belastung, In axonometrischer Richtung	28
10	**Holzbemessung**	**29**
10.1	Zu bemessende Objekte	29
10.2	Bemessungssituationen	29
10.3	Materialien	29
10.4	Querschnitte	29
10.5	Tragfähigkeitskonfigurationen	29
10.5.1	Tragfähigkeitskonfigurationen - Einstellungen - Stäbe	29
10.5.2	Tragfähigkeitskonfigurationen - Einstellungen - Flächen	30
10.6	Gebrauchstauglichkeitskonfigurationen	30
10.6.1	Gebrauchstauglichkeitskonfigurationen - Einstellungen - Stäbe	30
10.6.2	Gebrauchstauglichkeitskonfigurationen - Einstellungen - Flächen	30
10.7	Brandschutzkonfigurationen	31
10.7.1	Brandschutzkonfigurationen - Einstellungen - Stäbe	31
10.7.2	Brandschutzkonfigurationen - Einstellungen - Flächen	31
10.8	Ergebnisse	31
10.8.1	Ausnutzungen an Stäben nach Bemessungssituation	31
10.8.2	Ausnutzungen an Stäben querschnittsweise	32
10.8.3	Schlankheiten nach Stabrepräsentanten	33
10.8.4	Maßgebende Beanspruchung	33
11	**Bemessungsübersicht**	**35**
11.1	Bemessungsübersicht	35

Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

Modell: Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 3/36 Blatt 1

MODELL

A MODELL - POSITION

Ort	Land	:	Deutschland
	Straße	:	Neustadtswall
	PLZ	:	28199
	Stadt	:	Bremen
	Staat	:	Freie Hansestadt Bremen
	Breitengrad	:	53.072 °
	Längengrad	:	8.793 °
	Höhenlage	:	24.000 m

B MODELL - PARAMETER

Modell-ID	**{a6abf8fd-42a3-445e-b9b8-087c0d994561}**	
	Eindeutige Modellkennung	
Projekt-ID	Eindeutige Projektkennung	

C MODELL - BASISANGABEN

Basis	Modellname	:	Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D.rf6
	Modellbeschreibung	:	
	Modelltyp	:	2D | XZ | Spannung in Ebene
Add-Ons	Holzbemessung		
Normen I	Lastfallklassifizierungs- und Kombinationsassistent	:	EN 1990 | Holz DIN | 2012-08
	Lastassistent	:	EN 1991 DIN | 2019-04
	Normgruppe für Holzbemessung	:	EN 1995 DIN | 2014-07
Einstellungen und Optione	Fallbeschleunigung/Massenumwandlungskonstante g	:	10.00 m/s²
	Globale Achsen XYZ	:	Z nach unten
	Lokale Achsen xyz	:	z nach unten
Toleranzen	Toleranz für Knoten	:	0.00050 m
	Toleranz für Linien	:	0.00050 m
	Toleranz für Flächen/Ebenen	:	0.00050 m
	Toleranz für Richtungen	:	0.00050 m

1 Basisobjekte

1.1 MATERIALIEN

Legende
Steifigkeitsmodifizierung

Material Nr.	Name des Materials	Material-Typ	Analyse Modell	Optionen
2	Baubuche GL75 Träger | Isotrop | Linear elastisch	Holz	Isotrop | Linear elastisch	

1.2 QUERSCHNITTE

R_M1 240/900 R_M1 240/640

Quersch. Nr.	Material Nr.	Querschnitts-Typ	Herstellungs-Typ	I_t [cm⁴] A [cm²]	I_y [cm⁴] A_y [cm²]	I_z [cm⁴] A_z [cm²]	Gesamtabmessungen b [mm]	h [mm]
1	R_M1 240/900 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
	2	Parametrisch - Dickwandige I		345076.40	1458000.00	103680.00	240.0	900.0
				2160.00	1800.00	1800.00		
2	R_M1 240/640 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
	2	Parametrisch - Dickwandige I		225353.86	524288.00	73728.00	240.0	640.0

Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

Dlubal

Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 4/36
Blatt 1

MODELL

1.2 QUERSCHNITTE

R_M1 240/1000 R_M1 240/400

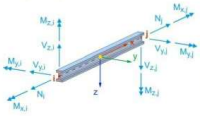
R_M1 240/900

Quersch. Nr.	Material Nr.	Querschnitts-Typ	Herstellungs-Typ	I_t [cm⁴] / A [cm²]	I_y [cm⁴] / A_y [cm²]	I_z [cm⁴] / A_z [cm²]	Gesamtabmessungen b [mm]	Gesamtabmessungen h [mm]
				1536.00	1280.00	1280.00		
3	R_M1 240/1000 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
	2	Parametrisch - Dickwandige I		391146.30	2000000.00	115200.00	240.0	1000.0
				2400.00	2000.00	2000.00		
4	R_M1 240/400 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
	2	Parametrisch - Dickwandige I		115399.51	128000.00	46080.00	240.0	400.0
				960.00	800.00	800.00		
5	R_M1 240/900 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
	2	Parametrisch - Dickwandige I		345076.40	1458000.00	103680.00	240.0	900.0
				2160.00	1800.00	1800.00		

1.3 STÄBE

Legende
- Bemessungseigenschaften
- Knicklänge (Holzbemessung)
- Nutzungsklasse (Holzbemessung)
- Stabendgelenk
- Stabendgelenk

Balkenstab

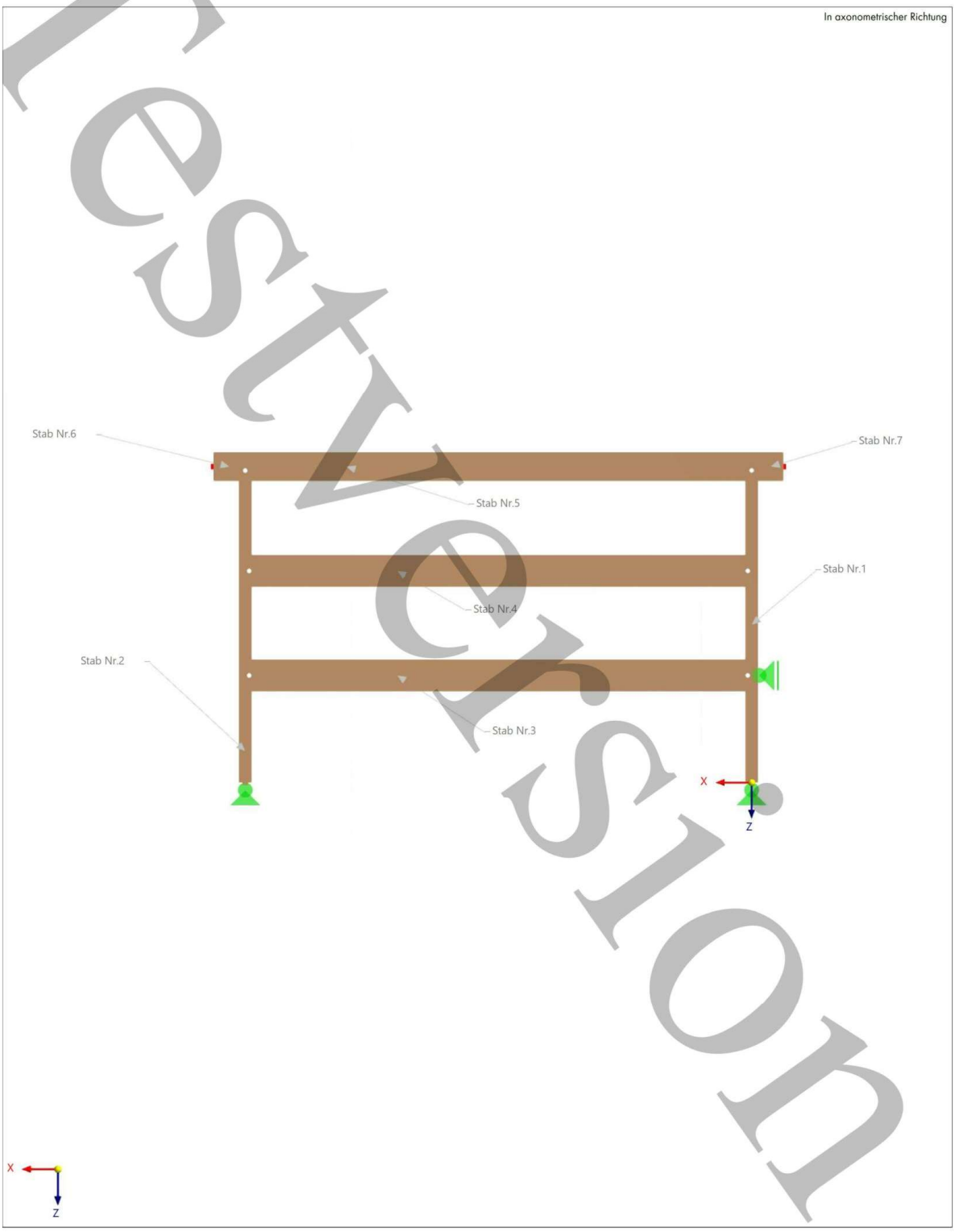


Stab Nr.	Linie Nr.	Stabtyp / Querschnittsverteilung	Drehung Typ	Drehung β [°]	Quersch. i/k/j	Gelenk i/j	Exzentrizität i/j	Länge L [m]	Lage
1	1	Balkenstab / Gleichmäßig	Winkel	0.00	4	-- / 3	-- / --	9.970	Auf Z
2	2	Balkenstab / Gleichmäßig	Winkel	0.00	4	-- / 3	-- / --	9.970	|| Z
3	8	Balkenstab / Gleichmäßig	Winkel	0.00	3	3 / 3	-- / --	16.000	|| X
4	9	Balkenstab / Gleichmäßig	Winkel	0.00	3	3 / 3	-- / --	16.000	|| X
5	11	Balkenstab / Gleichmäßig	Winkel	0.00	1	-- / --	-- / --	16.000	|| X
6	10	Balkenstab / Gleichmäßig	Winkel	0.00	1	-- / --	-- / --	1.000	|| X
7	12	Balkenstab / Gleichmäßig	Winkel	0.00	1	-- / --	-- / --	1.000	|| X

Testversion

1.4 MODELL, IN AXONOMETRISCHER RICHTUNG

In axonometrischer Richtung



Testversion

2 Spezielle Objekte

2.1 STRUKTURMODIFIKATIONEN

Mod. Nr.	Beschreibung	Wert	Kommentar
1	Strukturmodifikation 1		
	Zugewiesen an	LK 1-13	
	Teilsicherheitsbeiwert γ_M	☒	
	Materialien	☐	
	Querschnitte	☐	
	Stäbe	☐	
	Stabendgelenke	☐	
	Knotenlager	☐	
	Holzstäbe durch Feuchteklasse	☐	
	In Statik-, Stabilitäts- und Modalanalyse berücksichtigen	☒	

3 Typen für Knoten

3.1 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Koordinatensystem	Wegfeder [kN/m] $C_{u,x}$	$C_{u,Y}$	$C_{u,Z}$	Drehfeder [kNm/rad] $C_{\varphi,x}$	$C_{\varphi,Y}$	$C_{\varphi,z}$
1	☑☐☑ ☐☐☐ | Gelenkig							
	1,3	1 - Global XYZ	☒		☒		☐	
4	☑☐☐ ☐☐☐							
	10	1 - Global XYZ	☒		☐		☐	

4 Typen für Stäbe

4.1 STABENDGELENKE

Gelenk Nr.	Koordinaten-System	Wegfeder [kN/m] $C_{u,x}$	$C_{u,y}$	$C_{u,z}$	Drehfeder [kNm/rad] $C_{\varphi,x}$	$C_{\varphi,y}$	$C_{\varphi,z}$
3	☐☐☐ ☑☐ | Lokales Koordinatensystem xyz						
	Lokales Koordinatensystem xyz	☐		☐		☒	

5 Typen für Holzbemessung

5.1 KNICKLÄNGEN

Legende
Hauptquerschnittsachsen y/u und z/v

Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit	Optionen
1	Standard (Stäbe : 1-7)				
	Zugewiesen an Stäbe		1-7		
	Zugewiesen an Stabsätze				
	Biegeknicken um y		☒		
	Biegeknicken um z		☒		
	Biegedrillknicken		☒		
	Ermittlung von M_{cr}		Analytisch (für Rechteck- oder Trapezprofil)		
	Brandbemessung - unterschiedliche Knicklängen		☐		
	Zwischenknoten		☐		
	Unterschiedliche Eigenschaften		☒		

5.1.1 KNICKLÄNGEN - KNOTENLAGER

Nr.	Knoten-Folge. Nr.	Fest in z/v	y/u	Einspann. Um x	Um z/v	Knoten	Federn $c_{y/u}$ [kN/m]	$c_{\varphi,x}$ [kNm/rad]	Exzentrizität Typ	e_z [mm]
1	Standard (Stäbe : 1-7)									
	Anfang	☒ 2	☒	☒		1-3,9,10,13,14			Ohne	
	Ende	☒ 2	☒	☒		2,8,11,13,15			Ohne	

Testversion

5.1.2 KNICKLÄNGEN - BEIWERTE

Nr.	Segment Nr.	Biegeknicken $k_{y/u}$ [--]	Biegeknicken $k_{z/v}$ [--]	Biegedrill k_{LT} [--]	Biegedrill $k_{LT,\,oben}$ [--]	Biegedrill $k_{LT,\,unten}$ [--]	Kritisches Moment M_{crit} [kNm]
1	Standard (Stäbe : 1-7)						
	1	1.00	1.00	1.00			

5.2 NUTZUNGSKLASSEN

Klasse Nr.	Zugewiesen an: Stäbe	Stabsätze	Flächen	Flächensätze	Nutzungsklasse Typ	Kommentar
2	Nutzungsklasse 2 (Stäbe : 1-7)					
	1-7				2 - Feucht	

6 Lastfälle und Kombinationen

6.1 LASTFÄLLE

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
1	G Eigengewicht			
	Analysetyp	Statische Analyse		☒
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08		
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	G Ständig		
	Eigengewicht - Faktor in Richtung X	0.000	--	
	Eigengewicht - Faktor in Richtung Z	1.000	--	
	Lasteinwirkungsdauer	Ständig		
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal		
2	Q LF Verkehrslast			
	Analysetyp	Statische Analyse		☒
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08		
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	Q LF Nutzlasten - Kategorie F: Verkehrslasten - Fahrzeuglast <= 30 kN		
	Lasteinwirkungsdauer	Mittel		
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal		
3	Qs Schneelast			
	Analysetyp	Statische Analyse		☒
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08		
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	Qs Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz		
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal		
4	Qw Windlast in X-Richtung			
	Analysetyp	Statische Analyse		☒
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08		
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung		
	Einwirkungskategorie	Qw Wind		
	Lasteinwirkungsdauer	Kurz / Sehr kurz		
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal		

6.2 EINWIRKUNGEN

Einw. Nr.	Einstell.	Wert	Aktiv
1	G Ständig		
	Einwirkungskategorie	G Ständig	☒
	Einwirkungstyp	Gleichzeitig	
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08	
2	Q LF Nutzlasten - Kategorie F: Verkehrslasten - Fahrzeuglast <= 30 kN		
	Einwirkungskategorie	Q LF Nutzlasten - Kategorie F: Verkehrslasten - Fahrzeuglast <= 30 kN	☒
	Einwirkungstyp	Gleichzeitig	
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08	
3	Qs Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		
	Einwirkungskategorie	Qs Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m	☒
	Einwirkungstyp	Alternativ	
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08	
4	Qw Wind		
	Einwirkungskategorie	Qw Wind	☒

Testversion

6.2 EINWIRKUNGEN

Einw. Nr.	Einstell.	Wert	Aktiv
	Einwirkungstyp	Alternativ	
	Zugehörige Norm	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08	

6.3 STATIKANALYSE-EINSTELLUNGEN

Einstell. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	I. Ordnung			
	Analysetyp		I. Ordnung	
	Einstellungen für Standardgenauigkeit und -toleranz ändern		☐	
	Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren		☐	
	Verschiebungen durch Stablast des Typs 'Rohrinnendruck' (Bourdon-Effekt)		☐	
	Methode für Gleichungssystem		Direkt	
	Platten-Biegetheorie		Mindlin	
	Massenumwandlung in Last aktivieren		☐	
	Gleichgewicht für unverformte Struktur		☐	
2	II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1			
	Analysetyp		II. Ordnung (P-Δ)	
	Iterative Methode für nichtlineare Analyse		Picard	
	Maximale Anzahl der Iterationen		100	
	Anzahl der Laststufen		1	
	Einstellungen für Standardgenauigkeit und -toleranz ändern		☐	
	Alle Nichtlinearitäten ignorieren		☐	
	Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren		☐	
	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte in Stäben berücksichtigen		☒	
	Verschiebungen durch Stablast des Typs 'Rohrinnendruck' (Bourdon-Effekt)		☐	
	Schnittgrößen auf verformte Struktur beziehen		☒	
	Schnittgrößen auf verformte Struktur beziehen für Normalkräfte		☒	
	Schnittgrößen auf verformte Struktur beziehen für Querkräfte		☒	
	Schnittgrößen auf verformte Struktur beziehen für Momente		☒	
	Methode für Gleichungssystem		Direkt	
	Platten-Biegetheorie		Mindlin	
	Massenumwandlung in Last aktivieren		☐	
	Gleichgewicht für unverformte Struktur		☐	
	Stabiliätsnachweis anhand der Verformungsrate		☐	
3	III. Ordnung | Newton-Raphson | 100 | 1			
	Analysetyp		III. Ordnung	
	Iterative Methode für nichtlineare Analyse		Newton-Raphson	
	Maximale Anzahl der Iterationen		100	
	Anzahl der Laststufen		1	
	Einstellungen für Standardgenauigkeit und -toleranz ändern		☐	
	Alle Nichtlinearitäten ignorieren		☐	
	Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren		☐	
	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte in Stäben berücksichtigen		☒	
	Versuchen, instabile Struktur zu berechnen		☐	
	Verschiebungen durch Stablast des Typs 'Rohrinnendruck' (Bourdon-Effekt)		☐	
	Methode für Gleichungssystem		Direkt	
	Platten-Biegetheorie		Mindlin	
	Massenumwandlung in Last aktivieren		☐	
	Gleichgewicht für unverformte Struktur		☐	
	Stabiliätsnachweis anhand der Verformungsrate		☐	

6.4 KOMBINATIONSASSISTENTEN

Assistent Nr.	Einstell.	Wert
1	Lastkombinationen | SA2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1	
	Zugewiesen an	BS 1-4
	Kombinationen generieren	Lastkombinationen (nichtlineare Berechnung)
	Statikanalyse-Einstellungen	SA2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1
	Imperfektionsfall berücksichtigen	☒
	Anfangszustand berücksichtigen	☐

Testversion

6.4 KOMBINATIONSASSISTENTEN

Assistent Nr.	Einstell.	Wert
	Strukturmodifikation aktiviert	☐
	Gleiche Kombinationen ohne Imperfektionsfall generieren	☐
	Benutzerdefinierte Einwirkungskombinationen	☐
	Günstige ständige Einwirkungen	☐
	Anzahl der generierten Kombinationen reduzieren	☐
	Zugewiesen an	BS 1-4
	Kombinationen generieren	Lastkombinationen (nichtlineare Berechnung)
	Statikanalyse-Einstellungen	SA2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1
	Imperfektionsfall berücksichtigen	☒
	Anfangszustand berücksichtigen	☐
	Strukturmodifikation aktiviert	☐
	Gleiche Kombinationen ohne Imperfektionsfall generieren	☐
	Benutzerdefinierte Einwirkungskombinationen	☐
	Günstige ständige Einwirkungen	☐
	Anzahl der generierten Kombinationen reduzieren	☐
2	Lastkombinationen | SA1 - I. Ordnung	
	Zugewiesen an	
	Kombinationen generieren	Lastkombinationen (nichtlineare Berechnung)
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung
	Imperfektionsfall berücksichtigen	☐
	Anfangszustand berücksichtigen	☐
	Strukturmodifikation aktiviert	☐
	Benutzerdefinierte Einwirkungskombinationen	☐
	Günstige ständige Einwirkungen	☐
	Anzahl der generierten Kombinationen reduzieren	☐
	Zugewiesen an	
	Kombinationen generieren	Lastkombinationen (nichtlineare Berechnung)
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung
	Imperfektionsfall berücksichtigen	☐
	Anfangszustand berücksichtigen	☐
	Strukturmodifikation aktiviert	☐
	Benutzerdefinierte Einwirkungskombinationen	☐
	Günstige ständige Einwirkungen	☐
	Anzahl der generierten Kombinationen reduzieren	☐

6.4.1 KOMBINATIONSASSISTENTEN - ANFANGSZUSTANDSELEMENTE

Assistent Nr.	Definitionstyp	Fallobjekt
1	Lastkombinationen | SA2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1	
2	Lastkombinationen | SA1 - I. Ordnung	

7 Lasten

7.1 LF1 - Eigengewicht

Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 10/36
Blatt 1

LASTEN

7.1.1 LASTFALL 1

7.1.2 STABLASTEN

LF1: Eigengewicht G

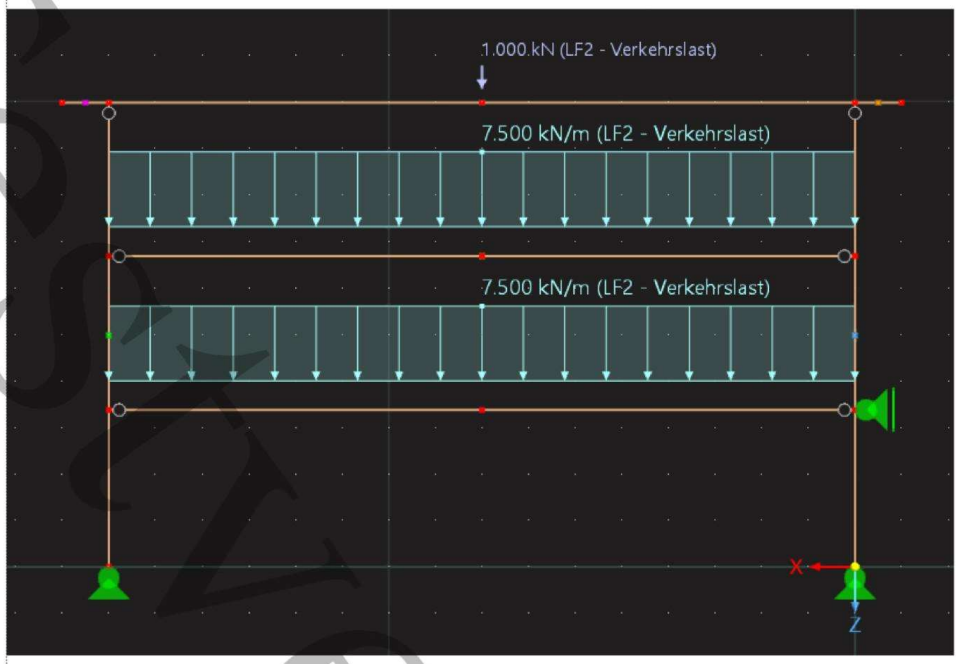
Legende
Bezug zur Liste der stäbe

Last Nr.	Stäbe Nr.	Last-Typ	Last-Verteilung	Koord.-System	Last-Richtung	Parameter Symbol	Wert	Einheit	Optionen
1	7,5,6	Kraft	Konstant	1	Z_L	p	6.000	kN/m	
	PV-Anlage (0,3kN/m²) + Gründach (1,5kN/m²) + BSP (0,6kN/m²) = 2,4kN/m² *2,5m (l.eff)								
2	3,4	Kraft	Konstant	1	Z_L	p	3.375	kN/m	
	Gussasphalt (0,75kN/m²) + BSP (0,6kN/m²) = 1,35kN/m² * 2,5m (l.eff)								

7.2 LF2 - Verkehrslast

Testversion

7.2.1 LASTFALL 2



7.2.2 KNOTENLASTEN

LF2: Verkehrslast QI F

Last Nr.	An Knoten Nr.	Last-Typ	Koord.-System	Richtung	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
1		Kraft	1	Z	F_z	1.000	kN
2		Kraft	1	Z	F_z	1.000	kN
	Nutzlasten für Dächer von 1 kN						
3	33	Kraft	1	Z	F_z	1.000	kN
	Nutzlasten für Dächer Qk = 1 kN						

7.2.3 STABLASTEN

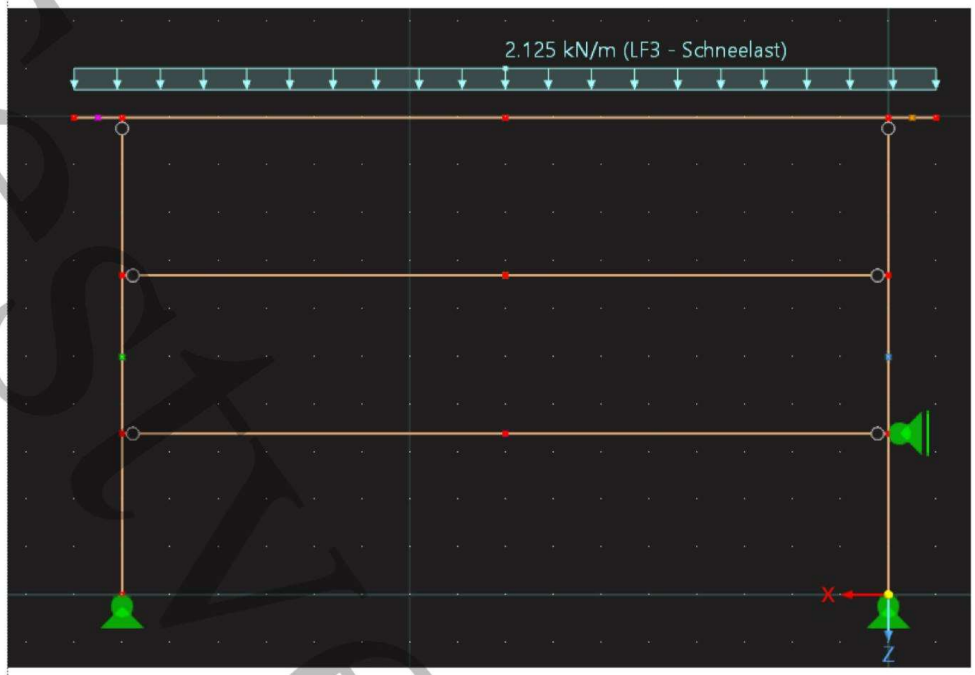
LF2: Verkehrslast QI F

Last Nr.	Stäbe Nr.	Last-Typ	Last-Verteilung	Koord.-System	Last-Richtung	Parameter Symbol	Wert	Einheit
1	3,4	Kraft	Konstant	1	Z_L	p	7.500	kN/m
	Nutzlasten für Parkhäuser und Flächen mit Fahrzeugverkehr; qk = 3,0 kN/m² *2,5 l.eff							

7.3 LF3 - Schneelast

Testversion

7.3.1 **LASTFALL 3**



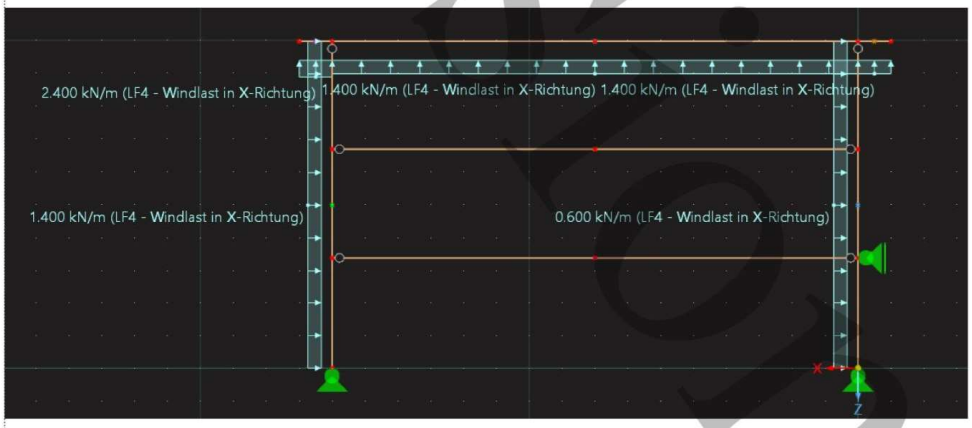
7.3.2 **STABLASTEN** **LF3: Schneelast** Qs

Legende
Bezug zur Liste der stäbe

Last Nr.	Stäbe Nr.	Last-Typ	Last-Verteilung	Koord.-System	Last-Richtung	Parameter Symbol	Wert	Einheit	Optionen
1	7,5,6	Kraft	Konstant	1	Z_L	p	2.125	kN/m	
	sk = 0,85 kN/m²; leff = 2,5m; 0,85*2,5 = 2,125 kN/m								

7.4 LF4 - Windlast in X-Richtung

7.4.1 **LASTFALL 4**

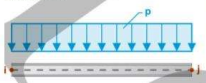


Testversion

7.4.2 STABLASTEN

LF4: Windlast in X-Richtung Qw

Lastart 'Kraft' | Lastverteilung 'Konstant'



Last Nr.	Stäbe Nr.	Last-Typ	Last-Verteilung	Koord.-System	Last-Richtung	Parameter Symbol	Parameter Wert	Parameter Einheit
1	2	Kraft	Konstant	1	X_L	p	-1.400	kN/m
2	1	Kraft	Konstant	1	X_L	p	-0.600	kN/m
	Sog							
3	6	Kraft	Konstant	1	Z_L	p	-2.400	kN/m
4	5,7	Kraft	Konstant	1	Z_L	p	-1.400	kN/m

8 Hilfsobjekte

8.1 KOORDINATENSYSTEME

System Nr.	Typ	Koordinaten Symbol	Koordinaten Wert	Koordinaten Einheit	Drehung Sequenz	Drehung Symbol	Drehung Wert	Drehung Einheit	Kommentar
1	Global XYZ								

9 Statikanalyse-Ergebnisse

9.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
G LF1 - Eigengewicht			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	330.60	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	330.60	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (8.000, 0.000, -6.451 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	29.2	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m
Maximale vektorielle Verschiebung	29.2	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	-5.3	mrad	Stab Nr. 5, x: 16.000 m
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	1.04e+13	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	47902700.00	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	1.14e+2884	--	
Unendlich-Norm	2.09e+13	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 1 - I. Ordnung			
Analysetyp	I. Ordnung		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
GY4 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10			
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	-46.1	mm	Stab Nr. 2, x: 9.970 m | LK12
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	67.7	mm	Stab Nr. 4, x: 7.996 m | LK3
Maximale vektorielle Verschiebung	68.7	mm	Stab Nr. 4, x: 7.996 m | LK1
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	12.3	mrad	Stab Nr. 3, x: 16.000 m | LK4
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch			
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	-21.3	mm	Stab Nr. 2, x: 9.970 m | LK25

Testversion

9.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	37.5	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m | LK20
Maximale vektorielle Verschiebung	37.5	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m | LK14
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	-6.8	mrad	Stab Nr. 5, x: 16.000 m | LK20
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
G+1 LK1 - 1.35 * LF1			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	446.31	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	446.31	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (8.000, 0.000, -6.451 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	Stab Nr. 1, x: 9.970 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	51.2	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m
Maximale vektorielle Verschiebung	51.2	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	-9.4	mrad	Stab Nr. 5, x: 16.000 m
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	2		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	8.03e+12	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	36843800.00	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	9.81e+2847	--	
Unendlich-Norm	1.61e+13	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1			
Analysetyp	II. Ordnung (P-Δ)		
Iterative Methode	Picard		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
G+1 LK2 - 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	807.81	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	807.81	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (8.000, 0.000, -6.451 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	Stab Nr. 1, x: 9.970 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	67.6	mm	Stab Nr. 4, x: 8.000 m
Maximale vektorielle Verschiebung	67.6	mm	Stab Nr. 4, x: 8.000 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	-12.3	mrad	Stab Nr. 4, x: 0.000 m
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	2		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	8.03e+12	--	

Testversion

9.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	36843800.00	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	8.27e+2847	--	
Unendlich-Norm	1.61e+13	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1			
Analysetyp	II. Ordnung (P-Δ)		
Iterative Methode	Picard		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
G 41 LK4 - 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2 + 0.75 * LF3 + 0.90 * LF4			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	-17.95	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	-17.95	kN	Abweichung: 0.00 %
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	812.92	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	812.92	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (8.000, 0.000, -6.451 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	-9.32	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	-28.6	mm	Stab Nr. 2, x: 9.970 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	67.6	mm	Stab Nr. 4, x: 7.996 m
Maximale vektorielle Verschiebung	68.7	mm	Stab Nr. 4, x: 7.996 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	12.3	mrad	Stab Nr. 3, x: 16.000 m
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	2		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	8.03e+12	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	36843700.00	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	8.20e+2847	--	
Unendlich-Norm	1.61e+13	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1			
Analysetyp	II. Ordnung (P-Δ)		
Iterative Methode	Picard		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
G Ch LK14 - LF1			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	330.60	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	330.60	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (8.000, 0.000, -6.451 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	29.2	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m

Testversion

9.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Maximale vektorielle Verschiebung	29.2	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	-5.3	mrad	Stab Nr. 5, x: 16.000 m
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	2		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	1.04e+13	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	47899400.00	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	9.12e+2883	--	
Unendlich-Norm	2.09e+13	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1			
Analysetyp	II. Ordnung (P-Δ)		
Iterative Methode	Picard		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
GCs LK28 - 1.60 * LF1 + 0.96 * LF2			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	760.32	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	760.32	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (8.000, 0.000, -6.451 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	Stab Nr. 1, x: 9.970 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	47.4	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m
Maximale vektorielle Verschiebung	47.4	mm	Stab Nr. 5, x: 8.000 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	-8.6	mrad	Stab Nr. 5, x: 16.000 m
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	2		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	1.04e+13	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	47897500.00	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	7.31e+2883	--	
Unendlich-Norm	2.09e+13	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - II. Ordnung (P-Δ) | Picard | 100 | 1			
Analysetyp	II. Ordnung (P-Δ)		
Iterative Methode	Picard		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		

Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 17/36
Blatt 1

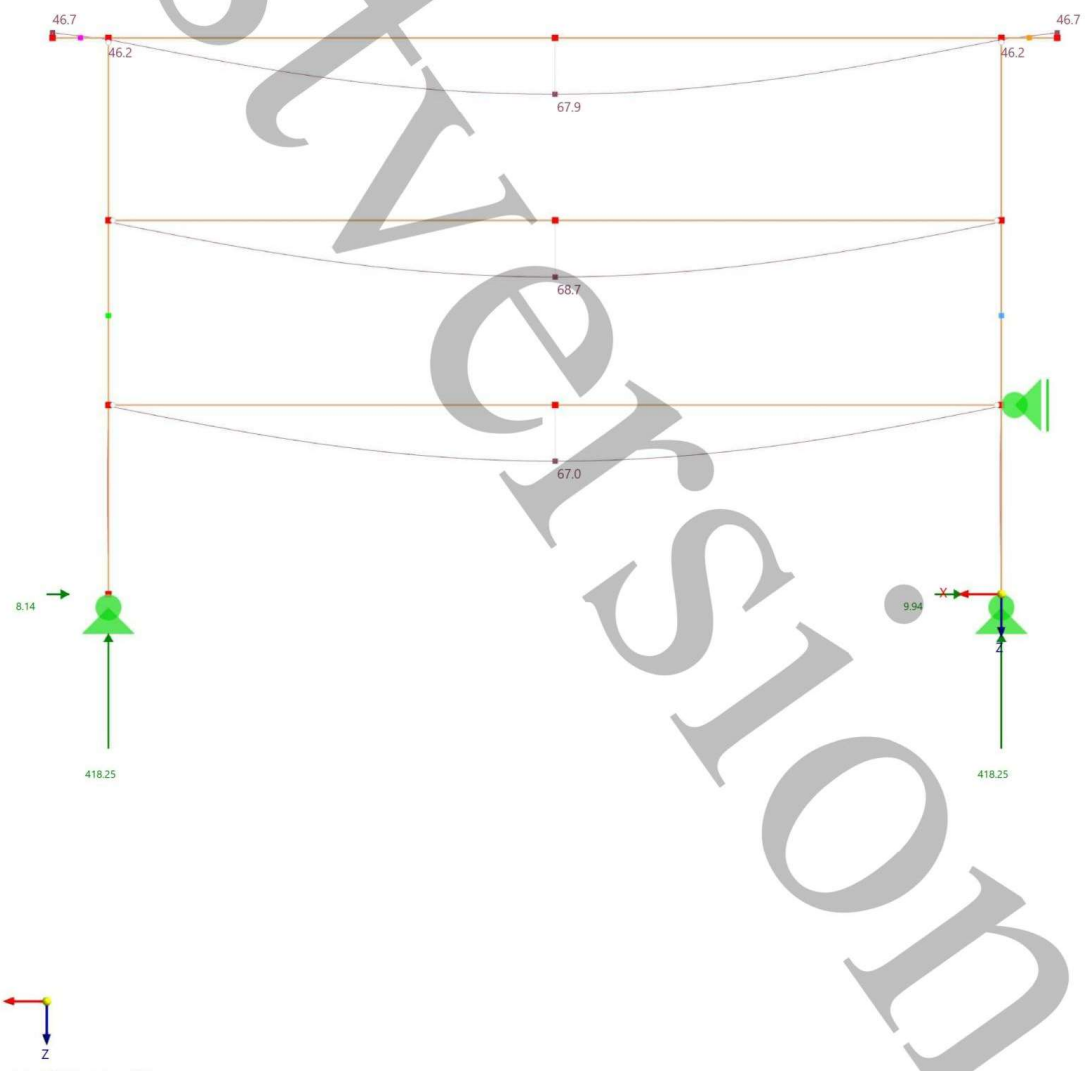
MODELL

9.2 BS1: ERGEBNISUMHÜLLENDE - MAX-WERTE, GLOBALE VERFORMUNGEN |U|, KNOTENLAGER P_x, KNOTENLAGER P_z, IN AXONOMETRISCHER RICHTUNG

Statische Analyse

BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10
Statische Analyse
Verschiebungen |u| [mm]
Knoten | Globale Reaktionskräfte P_x, P_z [kN]

In axonometrischer Richtung



max |u| : 68.7 | min |u| : 0.0 mm
Knoten | max P_x : 9.94 | min P_x : 0.00 kN
Knoten | max P_z : 418.25 | min P_z : 0.00 kN

Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

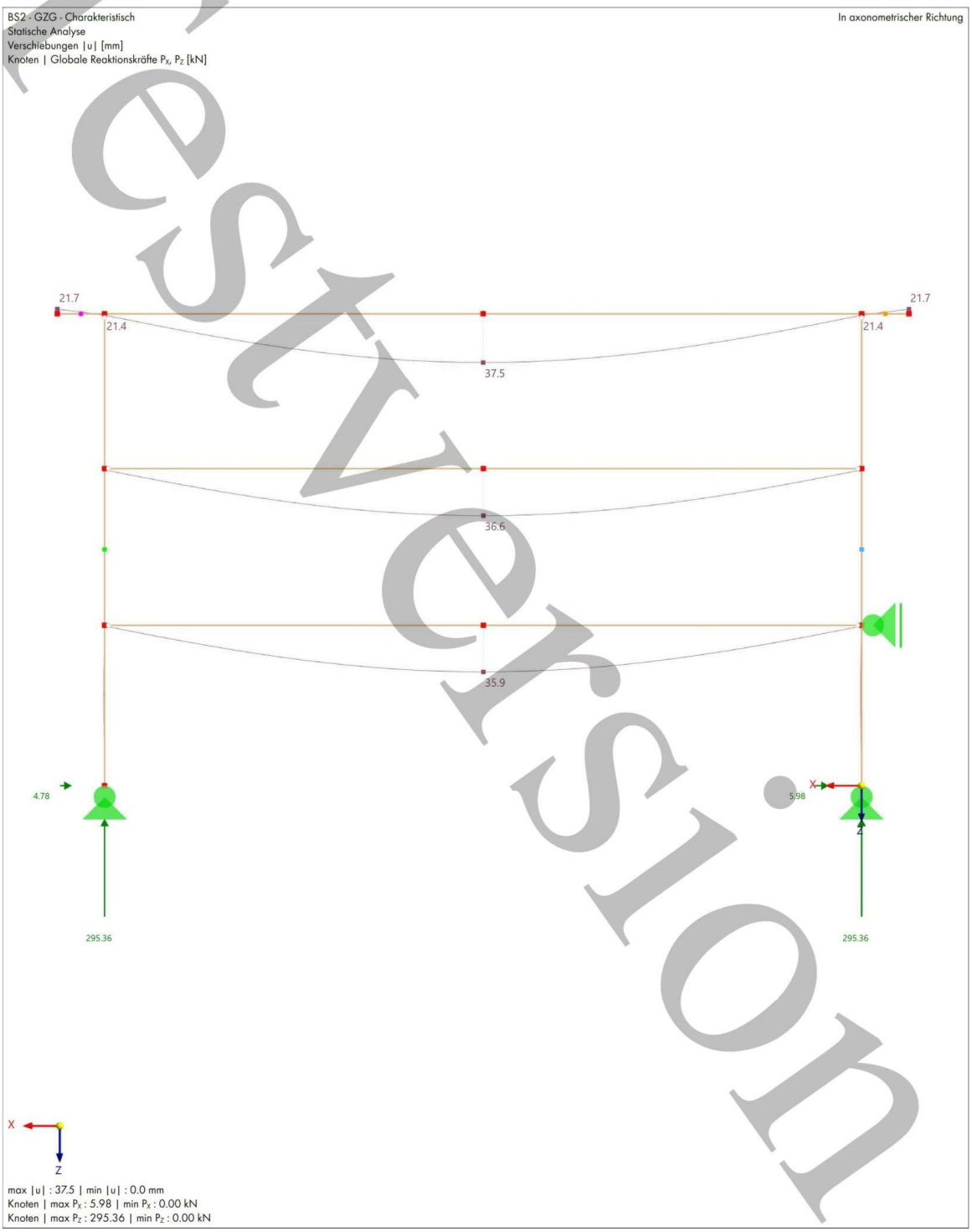
Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 18/36
Blatt 1

MODELL

9.3 BS2: ERGEBNISUMHÜLLENDE - MAX-WERTE, GLOBALE VERFORMUNGEN |U|, KNOTENLAGER P_x, KNOTENLAGER P_z, IN AXONOMETRISCHER RICHTUNG

Statische Analyse



Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

Dlubal

Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 19/36
Blatt 1

ERGEBNISSE

9.4 KNOTEN - GLOBALE VERFORMUNGEN

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.	Verschiebungen [mm] |u|	u_X	u_Y	u_Z	Drehungen [mrad] φ_X	φ_Y	φ_Z	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
1	G LF1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	G LF1	0.7	0.0	0.0	0.7	0.0	-5.3	0.0	
3	G LF1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	G LF1	4.6	0.0	0.0	-4.6	0.0	-5.3	0.0	
9	G LF1	4.6	0.0	0.0	-4.6	0.0	5.3	0.0	
10	G LF1	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	
11	G LF1	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	
13	G LF1	0.7	0.0	0.0	0.7	0.0	5.3	0.0	
14	G LF1	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	
15	G LF1	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	
22	G LF1	15.4	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	
23	G LF1	15.1	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0	
33	G LF1	29.2	0.0	0.0	29.2	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	G LF1	29.2	0.0	0.0	29.2	0.0	5.3	0.0	
max/min		0.0	0.0	0.0	-4.6	0.0	-5.3	0.0	
1	GZT BS1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.1	0.0	
2	GZT BS1	46.2	0.0	0.0	2.1	0.0	-7.5	0.0	
		1.3	-46.1	0.0	1.1	0.0	-12.3	0.0	
3	GZT BS1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	0.0	
8	GZT BS1	46.7	0.0	0.0	-5.9	0.0	-7.5	0.0	
		7.4	-46.1	0.0	-10.6	0.0	-12.3	0.0	
9	GZT BS1	46.7	0.0	0.0	-5.9	0.0	12.3	0.0	
		7.4	-46.1	0.0	-10.6	0.0	7.5	0.0	
10	GZT BS1	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	2.8	0.0	
		0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	
11	GZT BS1	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	2.8	0.0	
		0.6	-0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	
13	GZT BS1	46.2	0.0	0.0	2.1	0.0	12.3	0.0	
		1.3	-46.1	0.0	1.1	0.0	7.5	0.0	
14	GZT BS1	19.3	0.0	0.0	1.8	0.0	7.6	0.0	
		1.0	-19.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	
15	GZT BS1	19.3	0.0	0.0	1.8	0.0	7.5	0.0	
		1.0	-19.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	
22	GZT BS1	68.7	0.0	0.0	67.7	0.0	0.0	0.0	
		27.0	-19.3	0.0	26.9	0.0	0.0	0.0	
23	GZT BS1	67.0	0.0	0.0	67.0	0.0	0.0	0.0	
		26.5	-0.1	0.0	26.5	0.0	0.0	0.0	
33	GZT BS1	67.9	0.0	0.0	67.5	0.0	0.0	0.0	
		51.2	-46.1	0.0	41.2	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	GZT BS1	68.7	0.0	0.0	67.7	0.0	12.3	0.0	
max/min		0.0	-46.1	0.0	-10.6	0.0	-12.3	0.0	
1	G Ch BS2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.0	
2	G Ch BS2	21.4	0.0	0.0	1.2	0.0	-4.4	0.0	
		0.7	-21.3	0.0	0.7	0.0	-6.8	0.0	
3	G Ch BS2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.0	
8	G Ch BS2	21.7	0.0	0.0	-3.5	0.0	-4.4	0.0	
		4.3	-21.3	0.0	-5.9	0.0	-6.8	0.0	
9	G Ch BS2	21.7	0.0	0.0	-3.5	0.0	6.8	0.0	
		4.3	-21.3	0.0	-5.9	0.0	4.4	0.0	
10	G Ch BS2	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	1.3	0.0	
		0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	
11	G Ch BS2	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	1.3	0.0	

Testversion

9.4 KNOTEN - GLOBALE VERFORMUNGEN

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.	Verschiebungen [mm] |u|	u_X	u_Y	u_Z	Drehungen [mrad] φ_X	φ_Y	φ_Z	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
11		0.3	-0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	
13	G Ch BS2	21.4	0.0	0.0	1.2	0.0	6.8	0.0	
		0.7	-21.3	0.0	0.6	0.0	4.4	0.0	
14	G Ch BS2	9.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.5	0.0	
		0.6	-9.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	
15	G Ch BS2	9.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.5	0.0	
		0.6	-9.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	
22	G Ch BS2	36.6	0.0	0.0	36.2	0.0	0.0	0.0	
		15.4	-9.0	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0	
23	G Ch BS2	35.9	0.0	0.0	35.9	0.0	0.0	0.0	
		15.1	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0	
33	G Ch BS2	37.5	0.0	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0	
		29.2	-21.3	0.0	24.0	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	G Ch BS2	37.5	0.0	0.0	37.5	0.0	6.8	0.0	
max/min		0.0	-21.3	0.0	-5.9	0.0	-6.8	0.0	
1	CY1 LK1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	CY1 LK1	1.3	0.0	0.0	1.3	0.0	-9.4	0.0	
3	CY1 LK1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	CY1 LK1	8.0	0.0	0.0	-8.0	0.0	-9.3	0.0	
9	CY1 LK1	8.0	0.0	0.0	-8.0	0.0	9.3	0.0	
10	CY1 LK1	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	
11	CY1 LK1	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	
13	CY1 LK1	1.3	0.0	0.0	1.3	0.0	9.4	0.0	
14	CY1 LK1	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	
15	CY1 LK1	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	
22	CY1 LK1	27.0	0.0	0.0	27.0	0.0	0.0	0.0	
23	CY1 LK1	26.5	0.0	0.0	26.5	0.0	0.0	0.0	
33	CY1 LK1	51.2	0.0	0.0	51.2	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	CY1 LK1	51.2	0.0	0.0	51.2	0.0	9.4	0.0	
max/min		0.0	0.0	0.0	-8.0	0.0	-9.4	0.0	
1	CY1 LK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	CY1 LK2	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	-9.5	0.0	
3	CY1 LK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	CY1 LK2	7.4	0.0	0.0	-7.4	0.0	-9.5	0.0	
9	CY1 LK2	7.4	0.0	0.0	-7.4	0.0	9.5	0.0	
10	CY1 LK2	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	
11	CY1 LK2	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	
13	CY1 LK2	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	9.5	0.0	
14	CY1 LK2	1.8	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	
15	CY1 LK2	1.8	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	
22	CY1 LK2	67.6	0.0	0.0	67.6	0.0	0.0	0.0	
23	CY1 LK2	66.9	0.0	0.0	66.9	0.0	0.0	0.0	
33	CY1 LK2	52.6	0.0	0.0	52.6	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	CY1 LK2	67.6	0.0	0.0	67.6	0.0	9.5	0.0	
max/min		0.0	0.0	0.0	-7.4	0.0	-9.5	0.0	
1	CY1 LK4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.7	0.0	
2	CY1 LK4	28.7	-28.6	0.0	2.0	0.0	-9.8	0.0	
3	CY1 LK4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	0.0	
8	CY1 LK4	29.6	-28.6	0.0	-7.7	0.0	-9.8	0.0	
9	CY1 LK4	29.6	-28.6	0.0	-7.7	0.0	9.8	0.0	
10	CY1 LK4	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	1.7	0.0	
11	CY1 LK4	1.1	-0.1	0.0	1.1	0.0	1.7	0.0	
13	CY1 LK4	28.7	-28.6	0.0	2.0	0.0	9.8	0.0	
14	CY1 LK4	12.1	-11.9	0.0	1.8	0.0	4.7	0.0	
15	CY1 LK4	12.1	-11.9	0.0	1.8	0.0	4.7	0.0	
22	CY1 LK4	68.7	-11.9	0.0	67.6	0.0	0.0	0.0	
23	CY1 LK4	67.0	0.0	0.0	67.0	0.0	0.0	0.0	
33	CY1 LK4	61.3	-28.6	0.0	54.3	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	CY1 LK4	68.7	0.0	0.0	67.6	0.0	9.8	0.0	
max/min		0.0	-28.6	0.0	-7.7	0.0	-9.8	0.0	
1	G Ch LK14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	G Ch LK14	0.7	0.0	0.0	0.7	0.0	-5.3	0.0	
3	G Ch LK14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	G Ch LK14	4.6	0.0	0.0	-4.6	0.0	-5.3	0.0	
9	G Ch LK14	4.6	0.0	0.0	-4.6	0.0	5.3	0.0	
10	G Ch LK14	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	

Testversion

9.4 KNOTEN - GLOBALE VERFORMUNGEN

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.	Verschiebungen [mm] |u|	u_x	u_Y	u_Z	Drehungen [mrad] φ_X	φ_Y	φ_Z	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
11	G Ch LK14	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	
13	G Ch LK14	0.7	0.0	0.0	0.7	0.0	5.3	0.0	
14	G Ch LK14	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	
15	G Ch LK14	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	
22	G Ch LK14	15.4	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	
23	G Ch LK14	15.1	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0	
33	G Ch LK14	29.2	0.0	0.0	29.2	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	G Ch LK14	29.2	0.0	0.0	29.2	0.0	5.3	0.0	
max/min		0.0	0.0	0.0	-4.6	0.0	-5.3	0.0	
1	G Qs LK28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	G Qs LK28	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	-8.6	0.0	
3	G Qs LK28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	G Qs LK28	7.0	0.0	0.0	-7.0	0.0	-8.6	0.0	
9	G Qs LK28	7.0	0.0	0.0	-7.0	0.0	8.6	0.0	
10	G Qs LK28	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	
11	G Qs LK28	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	
13	G Qs LK28	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	8.6	0.0	
14	G Qs LK28	1.3	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	
15	G Qs LK28	1.3	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	
22	G Qs LK28	44.6	0.0	0.0	44.6	0.0	0.0	0.0	
23	G Qs LK28	44.1	0.0	0.0	44.1	0.0	0.0	0.0	
33	G Qs LK28	47.4	0.0	0.0	47.4	0.0	0.0	0.0	
Gesamt	G Qs LK28	47.4	0.0	0.0	47.4	0.0	8.6	0.0	
max/min		0.0	0.0	0.0	-7.0	0.0	-8.6	0.0	

9.5 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.		Lagerkräfte P_x [kN]	P_y [kN]	P_z [kN]	Lagermomente M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
1	G LF1		0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
3	G LF1		0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
10	G LF1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten								
1	G LF1	P_x	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		P_y	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
3		P_z	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		M_x	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1		M_y	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1		M_z	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
	Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte								
	G LF1		P_X [kN]	P_Y [kN]	P_Z [kN]				
Σ			0.00	0.00	330.60	Lasten			
Σ			0.00	0.00	330.60	Lagerkräfte			
1	G+1 LK1		0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
3	G+1 LK1		0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
10	G+1 LK1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten								
1	G+1 LK1	P_x	0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		P_y	0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
3		P_z	0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		M_x	0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
1		M_y	0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
1		M_z	0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	223.15	0.00	0.00	0.00	
	Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte								
	G+1 LK1		P_X [kN]	P_Y [kN]	P_Z [kN]				
Σ			0.00	0.00	446.31	Lasten			
Σ			0.00	0.00	446.31	Lagerkräfte			
1	G+1 LK2		0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
3	G+1 LK2		0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	

Entwurf

9.5 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.		Lagerkräfte P_x [kN]	P_y [kN]	P_z [kN]	Lagermomente M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
10	G Y1 LK2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten								
1	G Y1 LK2	P_x	0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		P_y	0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
3		P_z	0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		M_x	0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
1		M_y	0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
1		M_z	0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	403.90	0.00	0.00	0.00	
	Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte								
	G Y1 LK2		P_X [kN]	P_Y [kN]	P_Z [kN]				
Σ			0.00	0.00	807.81	Lasten			
Σ			0.00	0.00	807.81	Lagerkräfte			
1	G Y1 LK4		6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
3	G Y1 LK4		5.09	0.00	405.98	0.00	0.00	0.00	
10	G Y1 LK4		-29.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten								
1	G Y1 LK4	P_x	6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
10			-29.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		P_y	6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
1			6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
1		P_z	6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
10			-29.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		M_x	6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
1			6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
1		M_y	6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
1			6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
1		M_z	6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
1			6.17	0.00	406.94	0.00	0.00	0.00	
	Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte								
	G Y1 LK4		P_X [kN]	P_Y [kN]	P_Z [kN]				
Σ			-17.95	0.00	812.92	Lasten			
Σ			-17.95	0.00	812.92	Lagerkräfte			
1	G Ch LK14		0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
3	G Ch LK14		0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
10	G Ch LK14		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten								
1	G Ch LK14	P_x	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		P_y	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
3		P_z	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		M_x	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1		M_y	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1		M_z	0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	165.30	0.00	0.00	0.00	
	Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte								
	G Ch LK14		P_X [kN]	P_Y [kN]	P_Z [kN]				
Σ			0.00	0.00	330.60	Lasten			
Σ			0.00	0.00	330.60	Lagerkräfte			
1	G QS LK28		0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
3	G QS LK28		0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
10	G QS LK28		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten								
1	G QS LK28	P_x	0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		P_y	0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
3		P_z	0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
10			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		M_x	0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
1		M_y	0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	

Testversion

9.5 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.		Lagerkräfte P_x [kN]	P_y [kN]	P_z [kN]	Lagermomente M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
1		M_y	0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
1		M_z	0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
1			0.00	0.00	380.16	0.00	0.00	0.00	
	Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte								
	G Cs LK28		P_X [kN]	P_Y [kN]	P_Z [kN]				
Σ			0.00	0.00	760.32	Lasten			
Σ			0.00	0.00	760.32	Lagerkräfte			

9.6 STÄBE - SCHNITTGRÖßEN QUERSCHNITTSWEISE

Statische Analyse

Quersch. Nr.	Stab Nr.	Knoten Nr.	Stelle x [m]		Kräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z	Stabkommentar Zugehörige Belastung
	G LF1 - Eigengewicht										
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
1	5	13	0.000	N	0.00	0.00	62.69	0.00	-3.92	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	V_y	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	5	13	0.000	V_z	0.00	0.00	62.69	0.00	-3.92	0.00	
1	5	2	16.000		0.00	0.00	-62.69	0.00	-3.92	0.00	
4	1	1	0.000	M_T	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	5	33	8.000 ½	M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	246.83	0.00	
1	5	13	0.000		0.00	0.00	62.69	0.00	-3.92	0.00	
4	1	1	0.000	M_z	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	GZ1 BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10										
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
3	4	15	16.000	N	1.82	0.00	-148.47	0.00	0.00	0.00	LK2
4	1	1	0.000		-418.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK3
4	1	1	0.000	V_y	-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
4	1	1	0.000		-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
3	3	10	0.000	V_z	-13.82	0.00	148.65	0.00	0.00	0.00	LK5
3	3	11	16.000		-13.82	0.00	-148.65	0.00	0.00	0.00	LK5
4	1	1	0.000	M_T	-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
4	1	1	0.000		-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
3	3	23	7.996	M_y	-15.80	0.00	0.07	0.00	594.88	0.00	LK4
1	5	13	0.000		1.34	0.00	110.12	0.00	-6.88	0.00	LK6
4	1	1	0.000	M_z	-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
4	1	1	0.000		-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
	G Ch BS2 - GZG - Charakteristisch										
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
3	4	15	16.000	N	0.68	0.00	-103.32	0.00	0.00	0.00	LK15
4	1	1	0.000		-295.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK16
4	1	1	0.000	V_y	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK14
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK14
3	3	10	0.000	V_z	-9.35	0.00	103.38	0.00	0.00	0.00	LK18
3	3	11	16.000		-9.34	0.00	-103.38	0.00	0.00	0.00	LK18
4	1	1	0.000	M_T	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK14
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK14
3	3	23	7.996	M_y	-10.07	0.00	0.05	0.00	413.62	0.00	LK17
1	5	13	0.000		0.54	0.00	79.69	0.00	-4.98	0.00	LK19
4	1	1	0.000	M_z	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK14
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK14
	GZ1 LK1 - 1.35 * LF1										
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
1	5	13	0.000	N	0.79	0.00	84.63	0.00	-5.29	0.00	
4	1	1	0.000		-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	V_y	-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	5	13	0.000	V_z	0.79	0.00	84.63	0.00	-5.29	0.00	
1	5	2	16.000		0.79	0.00	-84.63	0.00	-5.29	0.00	
4	1	1	0.000	M_T	-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	5	33	8.000 ½	M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	333.23	0.00	
1	5	13	0.000		0.79	0.00	84.63	0.00	-5.29	0.00	
4	1	1	0.000	M_z	-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-223.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	GZ1 LK2 - 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2										
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
3	4	15	16.000	N	1.82	0.00	-148.47	0.00	0.00	0.00	

Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 24/36
Blatt 1

ERGEBNISSE

9.6 STÄBE - SCHNITTGRÖßEN QUERSCHNITTSWEISE

Statische Analyse

Quersch. Nr.	Stab Nr.	Knoten Nr.	Stelle x [m]		Kräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z	Stabkommentar Zugehörige Belastung
4	1	1	0.000	N	-403.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	V_y	-403.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-403.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	3	10	0.000	V_z	1.82	0.00	148.47	0.00	0.00	0.00	
3	3	11	16.000		1.82	0.00	-148.47	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	M_T	-403.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-403.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	3	23	7.996	M_y	0.00	0.00	0.07	0.00	593.93	0.00	
1	5	13	0.000		0.81	0.00	85.38	0.00	-5.29	0.00	
4	1	1	0.000	M_z	-403.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-403.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	GZT	LK4 - 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2 + 0.75 * LF3 + 0.90 * LF4									
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
1	5	13	0.000	N	0.42	0.00	88.02	0.00	-5.01	0.00	
4	1	1	0.000		-406.93	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	V_y	-406.93	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-406.93	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	
3	3	10	0.000	V_z	-13.98	0.00	148.65	0.00	0.00	0.00	
3	3	11	16.000		-13.98	0.00	-148.65	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	M_T	-406.93	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-406.93	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	
3	3	23	7.996	M_y	-15.80	0.00	0.07	0.00	594.88	0.00	
1	5	2	16.000		0.42	0.00	-88.08	0.00	-5.46	0.00	
4	1	1	0.000	M_z	-406.93	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-406.93	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	
	G Ch	LK14 - LF1									
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
1	5	13	0.000	N	0.33	0.00	62.69	0.00	-3.92	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	V_y	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	5	13	0.000	V_z	0.33	0.00	62.69	0.00	-3.92	0.00	
1	5	2	16.000		0.33	0.00	-62.69	0.00	-3.92	0.00	
4	1	1	0.000	M_T	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	5	33	8.000 ½	M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	246.83	0.00	
1	5	13	0.000		0.33	0.00	62.69	0.00	-3.92	0.00	
4	1	1	0.000	M_z	-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-165.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	G Qs	LK28 - 1.60 * LF1 + 0.96 * LF2									
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten										
3	4	15	16.000	N	1.02	0.00	-126.91	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-380.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	V_y	-380.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-380.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	3	10	0.000	V_z	1.02	0.00	126.91	0.00	0.00	0.00	
3	3	11	16.000		1.02	0.00	-126.91	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000	M_T	-380.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-380.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	3	23	7.996	M_y	0.00	0.00	0.06	0.00	507.65	0.00	
1	5	13	0.000		0.87	0.00	100.78	0.00	-6.27	0.00	
4	1	1	0.000	M_z	-380.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	1	1	0.000		-380.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Testversion

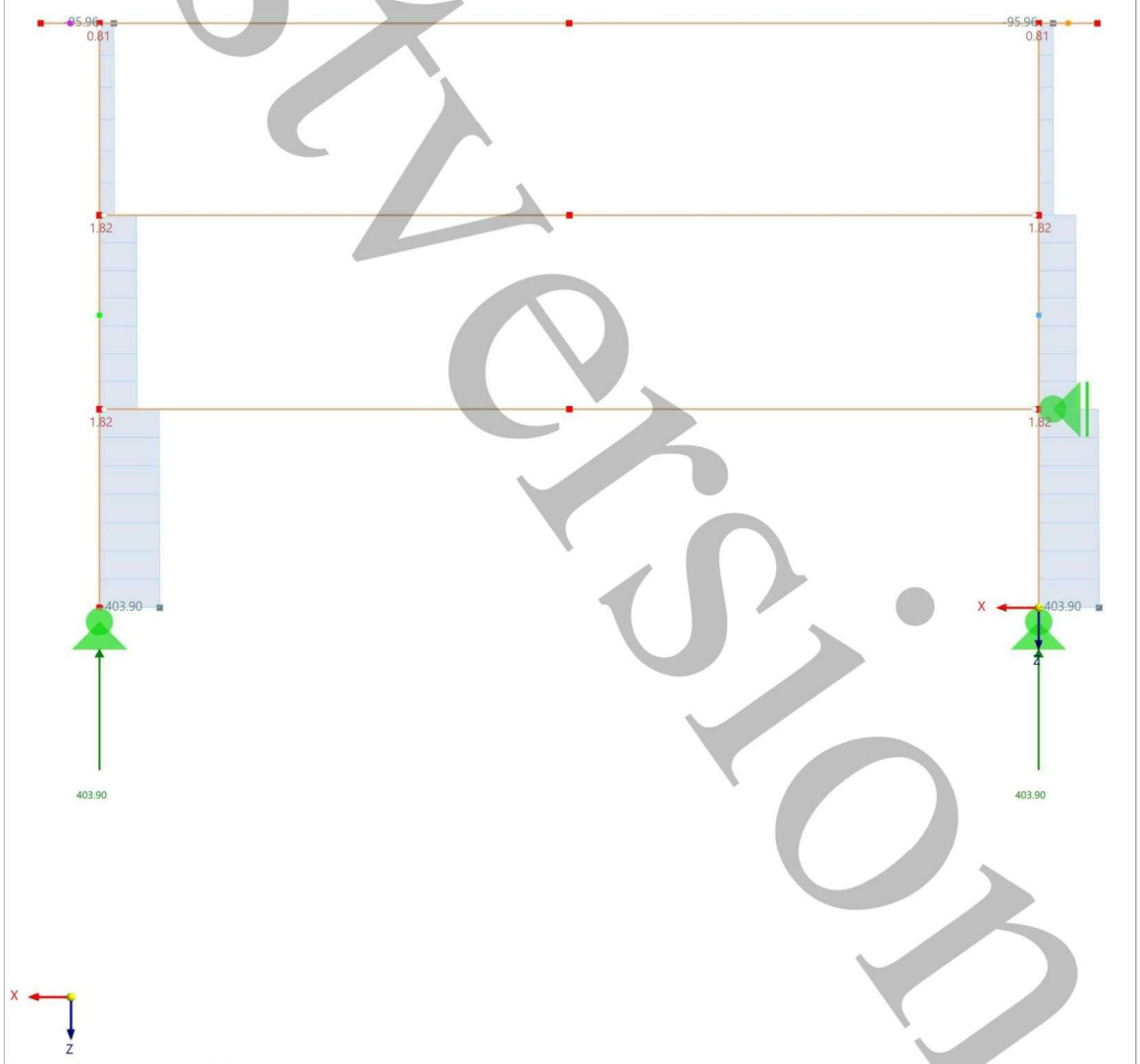
Arne Meyerhoff | | Germany	Modell: Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D	Datum 2.10.2024 Seite 25/36 Blatt 1 MODELL

9.7 LK2: SCHNITTGRÖßEN N, KNOTENLAGER P_x, KNOTENLAGER P_z, IN AXONOMETRISCHER RICHTUNG

Statische Analyse

LK2 - 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2
Statische Analyse
Stäbe | Kräfte N [kN]
Knoten | Globale Reaktionskräfte P_x, P_z [kN]

In axonometrischer Richtung



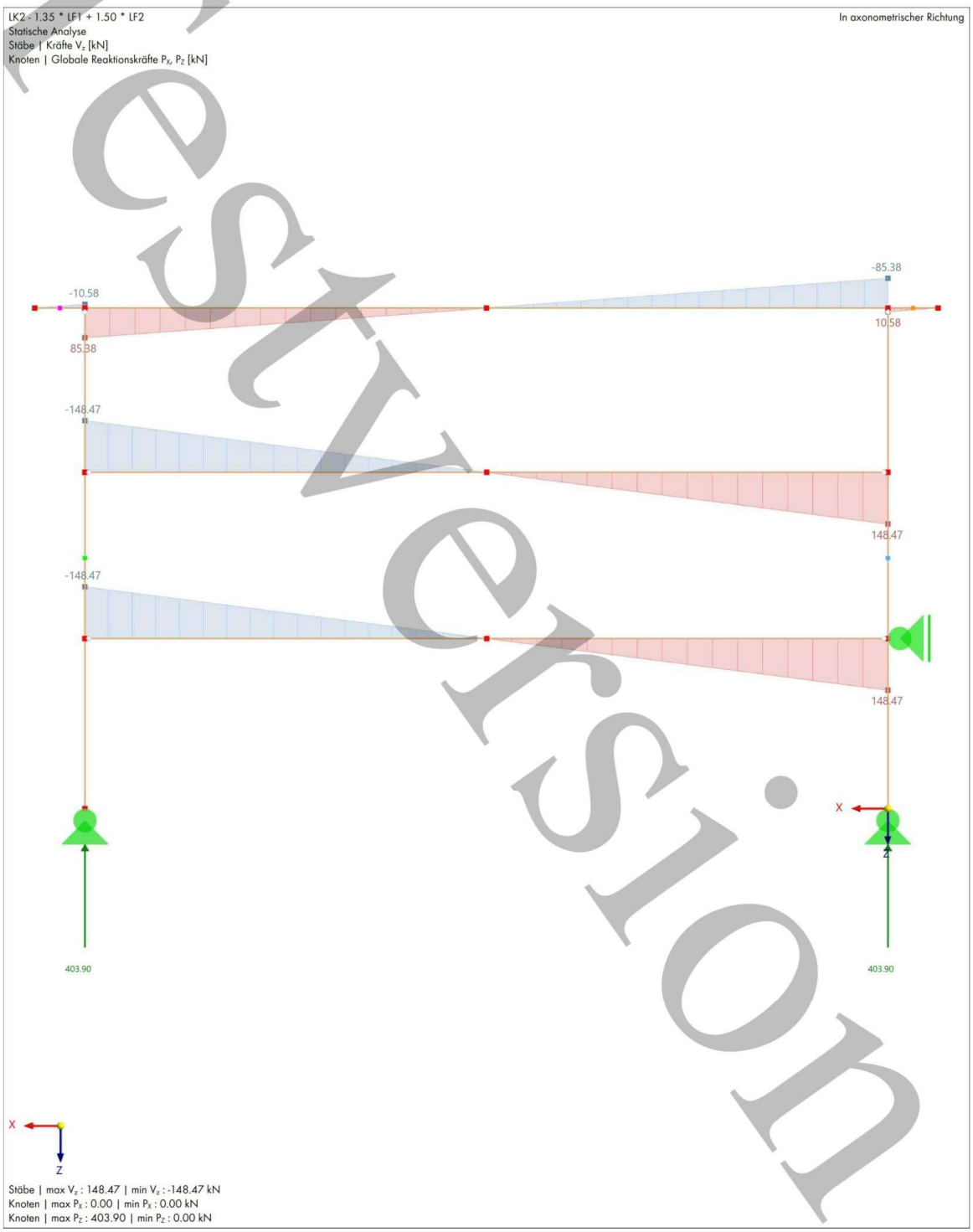
Stäbe | max N : 1.82 | min N : -403.90 kN
Knoten | max P_x : 0.00 | min P_x : 0.00 kN
Knoten | max P_z : 403.90 | min P_z : 0.00 kN

Testversion

Arne Meyerhoff | | Germany	Modell: Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D	Datum 2.10.2024 Seite 26/36 Blatt 1 MODELL

9.8 LK2: SCHNITTGRÖßEN V_z, KNOTENLAGER P_x, KNOTENLAGER P_z, IN AXONOMETRISCHER RICHTUNG

Statische Analyse

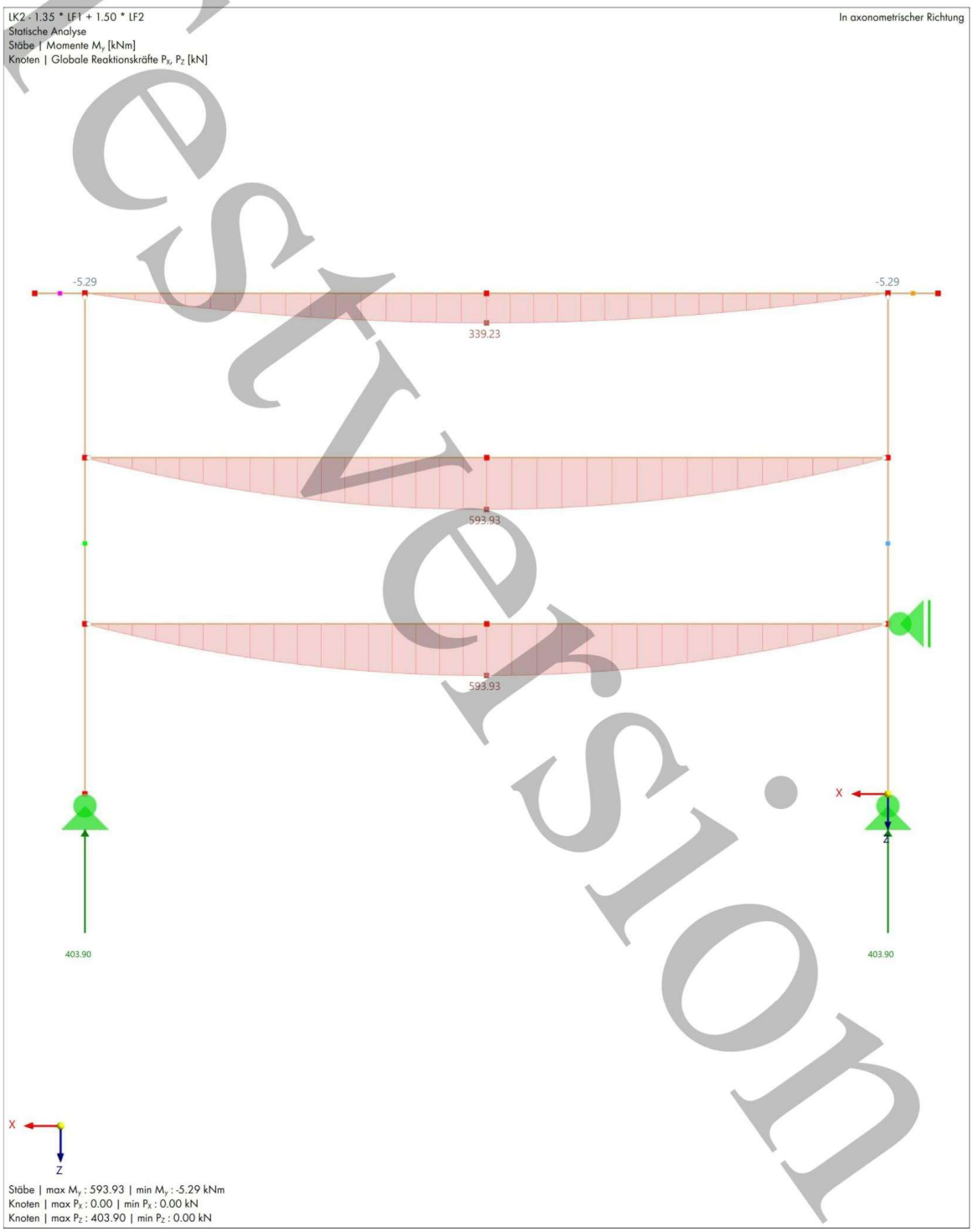


Testversion

Arne Meyerhoff | | Germany	Modell: Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D	Datum 2.10.2024 Seite 27/36 Blatt 1 MODELL

9.9 LK2: SCHNITTGRÖßEN M_y, KNOTENLAGER P_x, KNOTENLAGER P_z, IN AXONOMETRISCHER RICHTUNG

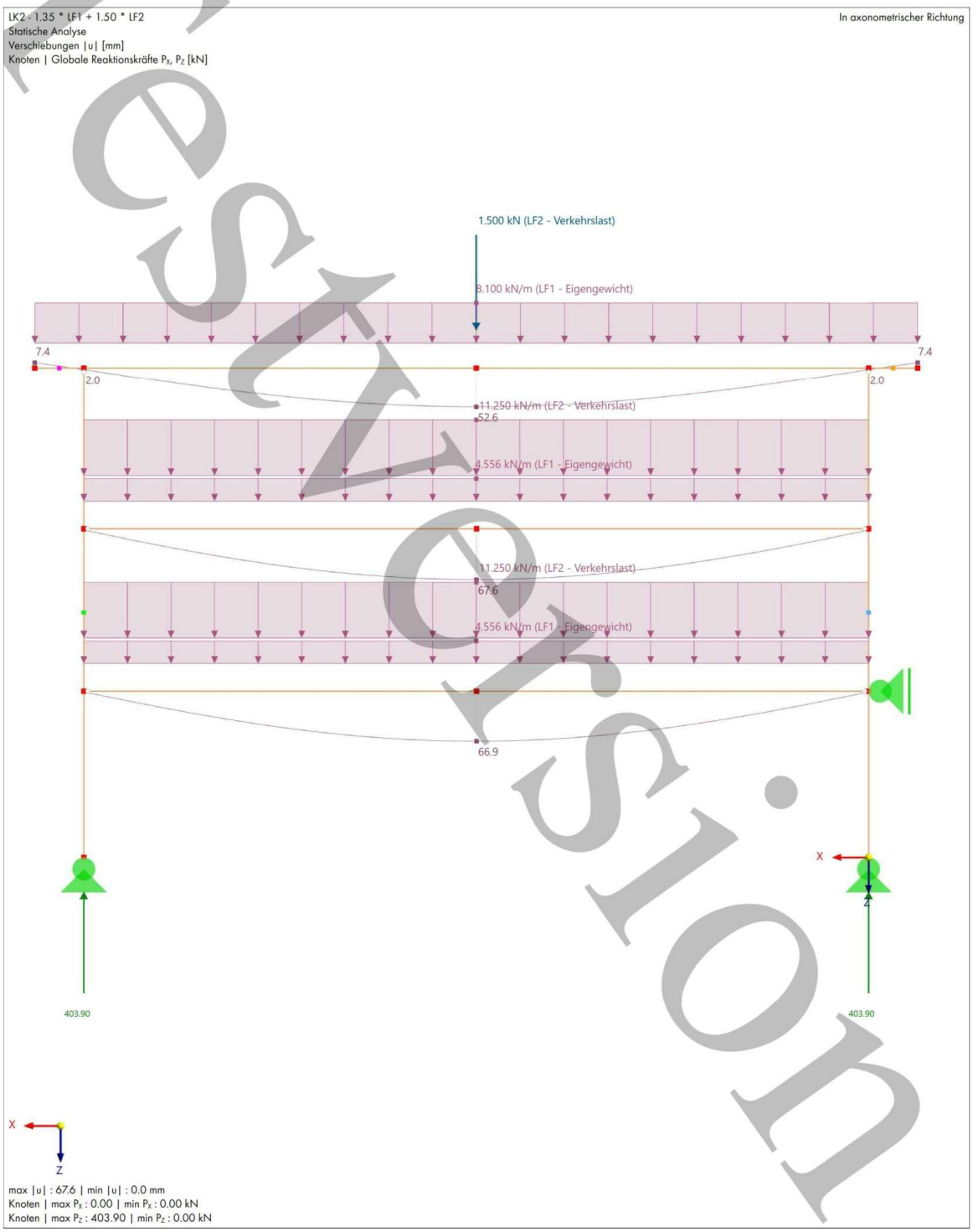
Statische Analyse



Testversion

9.10 LK2: GLOBALE VERFORMUNGEN |U|, KNOTENLAGER P_x, KNOTENLAGER P_z, BELASTUNG, IN AXONOMETRISCHER RICHTUNG

Statische Analyse



Testversion

10 Holzbemessung

10.1 ZU BEMESSENDE OBJEKTE

	Objekttyp	Alles bemessen	Zu bemessende Objekte: Ausgewählt	Zu berechnen	Entfernt	Nicht gültig / deakt.	Kommentar
	Stäbe	☒	1-7	1-7			
	Stabrepräsentanten	☒	1-7	1-7			

10.2 BEMESSUNGSSITUATIONEN

BS Nr.	EN 1990 | Holz | DIN | 2012-08 Bemessungssituationstyp	Zu bemessen	Aktiv	EN 1995 | DIN | 2014-07 Bemessungssituationstyp	Zu bemessende Kombinationen für Aufzählungsmethode
1	GZ I GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10	☒	☒	GZ I GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend	Alle
2	G Ch GZG - Charakteristisch	☒	☒	G Ch GZG - Charakteristisch	Alle
3	G Qs GZG - Quasi-ständig	☒	☒	G Qs GZG - Quasi-ständig	Alle
4	G CQ GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig	☒	☒	G CQ GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig	Alle

10.3 MATERIALIEN

Legende
% Steifigkeitsmodifizierung

Material Nr.	Name	Zu bemessen	Material-Typ	Optionen	Kommentar
2	Baubuche GL75 Träger	☒	Holz	%	

10.4 QUERSCHNITTE

Legende
Wölbsteifigkeit deaktiviert

Querschn. Nr.	Name	Material	Zu bemessen	Querschnitts-Typ	Anderen Querschnitt für die Bemessung verwenden	Optionen
1	R_M1 240/900	2	☒	Parametrisch - Dickwandige I	--	
2	R_M1 240/640	2	☒	Parametrisch - Dickwandige I	--	
3	R_M1 240/1000	2	☒	Parametrisch - Dickwandige I	--	
4	R_M1 240/400	2	☒	Parametrisch - Dickwandige I	--	
5	R_M1 240/900	2	☒	Parametrisch - Dickwandige I	--	

10.5 TRAGFÄHIGKEITSKONFIGURATIONEN

Konfig. Nr.	Name	Zugewiesen an: Stäbe	Stabsätze	Flächen	Flächensätze
1	Standard	Alle	Alle	Alle	Alle

10.5.1 TRAGFÄHIGKEITSKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - STÄBE

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	Standard			
	Allgemein			
	☒ Stabilitätsnachweis durchführen			
	Grenzwerte für Sonderfälle			
	Zug ($\sigma_{t,0,d}$ / $f_{t,0,d}$)	$\eta_{\sigma t,lim}$	0.001	--
	Druck ($\sigma_{c,0,d}$ / $f_{c,0,d}$)	$\eta_{\sigma c,lim}$	0.001	--
	Schub ($\tau_{xy,d}$ / $f_{v,d}$)	$\eta_{\tau xy,lim}$	0.001	--
	Schub ($\tau_{xz,d}$ / $f_{v,d}$)	$\eta_{\tau xz,lim}$	0.001	--
	Torsion ($\tau_{tor,d}$ / $f_{v,d}$)	$\eta_{\tau tor,lim}$	0.010	--
	Biegung ($\sigma_{m,y,d}$ / $f_{m,d}$)	$\eta_{\sigma m,y,lim}$	0.001	--
	Biegung ($\sigma_{m,z,d}$ / $f_{m,d}$)	$\eta_{\sigma m,z,lim}$	0.001	--
	Gekrümmte und Sattelstäbe			
	☒ Querzugnachweis der gekrümmten Stäbe			
	☒ Querzugnachweis der Sattelstäbe			
	Faseranschnittwinkelbegrenzung			
	Weitere Bemessung zulassen, falls der Winkel den Grenzwert nicht überschreitet	$\lvert\alpha\rvert \leq$	24.00	°
	Systemfestigkeit gem. 6.6			
	☐ Systemfestigkeitsbeiwert berücksichtigen			

Testversion

10.5.1 TRAGFÄHIGKEITSKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - STÄBE

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
	Erhöhung des Schubrissfaktors gem. DIN EN 1995-1-1 NDP zu 6.1.7(2)			
	☐ Faktor k_{cr} um 30% erhöhen			
	Einstellungen für Stabilitätsbemessung			
	Steifigkeitsreduzierung			
	☐ Reduzierung der Steifigkeit mit Beiwert $1/(1+k_{def})$			
	Lastangriffspunkt der positiven Querlasten			
	Vertikale Lage			
	◉ Am Profilrand (destabilisierende Wirkung)			
	○ Im Schubmittelpunkt			
	○ Im Schwerpunkt			
	○ Am Profilrand (stabilisierende Wirkung)			
	☐ Reduzierung der Ersatzstablänge um 0.5h nach Tab. 6.1 (stabilisierende Wirkung)			

10.5.2 TRAGFÄHIGKEITSKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - FLÄCHEN

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	Standard			
	Grenzwerte für Sonderfälle			
	Zug ($\sigma_{t,0,d}$ / $f_{t,0,d}$)	$\eta_{\sigma t,0,lim}$	0.001	--
	Zug senkrecht ($\sigma_{t,90,d}$ / $f_{t,90,d}$)	$\eta_{\sigma t,90,lim}$	0.001	--
	Druck ($\sigma_{c,0,d}$ / $f_{c,0,d}$)	$\eta_{\sigma c,0,lim}$	0.001	--
	Druck senkrecht ($\sigma_{c,90,d}$ / $f_{c,90,d}$)	$\eta_{\sigma c,90,lim}$	0.001	--
	Schub in yz-Ebene (τ_{yz} / $f_{v,yz,d}$)	$\eta_{\tau yz,lim}$	0.001	--
	Schub in xz-Ebene (τ_{xz} / $f_{v,xz,d}$)	$\eta_{\tau xz,lim}$	0.001	--
	Schub in xy-Ebene (τ_{xy} / $f_{v,xy,d}$)	$\eta_{\tau xy,lim}$	0.001	--
	Schub am Nettoquerschnitt (τ_{net} / $f_{v,net,d}$)	$\eta_{\tau net,lim}$	0.001	--
	Äquivalente Torsion (τ_{tor} / $f_{v,tor,d}$)	$\eta_{\tau tor,lim}$	0.001	--
	Biegung ($\sigma_{b,0,d}$ / $f_{m,0,d}$)	$\eta_{\sigma b,0,lim}$	0.001	--
	Biegung senkrecht ($\sigma_{b,90,d}$ / $f_{m,90,d}$)	$\eta_{\sigma b,90,lim}$	0.001	--
	Systemfestigkeit			
	☐ Systemfestigkeitsbeiwert berücksichtigen			

10.6 GEBRAUCHSTAUGLICHKEITSKONFIGURATIONEN

Konfig. Nr.	Name	Zugewiesen an			
		Stäbe	Stabsätze	Flächen	Flächensätze
1	Standard	Alle	Alle	Alle	Alle

10.6.1 GEBRAUCHSTAUGLICHKEITSKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - STÄBE

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	Standard			
	Gebrauchstauglichkeits-Grenzwerte (Durchbiegungen) nach 7.2			
	Trägergrenzwerte			
	Charakteristisch	L /	300	--
	Quasi-ständig	L /	300	--
	Charakteristisch/Quasi-ständig	L /	200	--
	Kragträgergrenzwerte			
	Charakteristisch	L_c /	150	--
	Quasi-ständig	L_c /	150	--
	Charakteristisch/Quasi-ständig	L_c /	100	--
	Schwingungsnachweis			
	Schwingungsnachweis	$w_{inst,lim}$	5.0	mm

10.6.2 GEBRAUCHSTAUGLICHKEITSKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - FLÄCHEN

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	Standard			
	Gebrauchstauglichkeits-Grenzwerte (Durchbiegungen) nach 7.2			
	Grenzwert für doppelt gelagerte Fläche			
	Charakteristisch	L /	300	--
	Quasi-ständig	L /	300	--
	Charakteristisch/Quasi-ständig	L /	200	--

Testversion

10.6.2 GEBRAUCHSTAUGLICHKEITSKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - FLÄCHEN

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
	Grenzwert für Kragfläche			
	Charakteristisch	L_c /	150	--
	Quasi-ständig	L_c /	150	--
	Charakteristisch/Quasi-ständig	L_c /	100	--
	Schwingungsnachweis			
	Schwingungsnachweis	w_{lim}	5.0	mm

10.7 BRANDSCHUTZKONFIGURATIONEN

Konfig. Nr.	Name	Zugewiesen an: Stäbe	Stabsätze	Flächen	Flächensätze
1	Standard	Alle	Alle	Alle	Alle

10.7.1 BRANDSCHUTZKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - STÄBE

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	Standard			
	Einstellungen für Brandbemessung			
	Erforderliche Dauer des Brandschutzes	t	30	min
	Brandbeanspruchung (nicht für Kreisprofile)			
	☒ Oben (-z)			
	☒ Links (-y)			
	☒ Rechts (+y)			
	☒ Unten (+z)			

10.7.2 BRANDSCHUTZKONFIGURATIONEN - EINSTELLUNGEN - FLÄCHEN

Konfig. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	Standard			
	Einstellungen für Brandbemessung			
	Erforderliche Dauer des Brandschutzes	t	30	min
	○ Wand			
	● Decke			
	○ Hitzebeständige Verklebung von Brettsperrholzschichten			
	● Nicht hitzebeständige Verklebung von Brettsperrholzschichten			
	Koeffizient zur Erhöhung der Abbrandrate der Innenschichten	k_β	2.00	--
	☐ Benutzerdefinierter Koeffizient der Schichtdicke mit Nullfestigkeit			
	Dicke zum Vernachlässigen der durch Brand reduzierten Schicht		3.0	mm
	Brandbeanspruchung			
	☐ Oben (-z)			
	☒ Unten (+z)			
	☒ Nicht hitzebeständige Verklebung von unten berücksichtigen			
	☐ Anfänglich geschützt von unten (+z)			

10.8 Ergebnisse

10.8.1 AUSNUTZUNGEN AN STÄBEN NACH BEMESSUNGSSITUATION — Holzbemessung

Bemess.-Situation	Stab Nr.	Stelle x [m]	Spann.-Punkt Nr.	Belast. Nr.	Nachweis: Kriterium η [--]	Typ	Beschreibung
	GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10						
BS1	6	0.000		LK1	0.000 ✓	SP0100.00	Querschnittsnachweis | Vernachlässigbare Schnittgrößen
	2	0.000	1	LK2	0.138 ✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis | Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
	4	0.000	4	LK2	0.357 ✓	SP3100.00	Querschnittsnachweis | Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 | Rechteckprofil
		8.000 ½	1	LK2	0.339 ✓	SP4100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse nach 6.1.6
	3	8.000 ½	1	LK4	0.271 ✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
	2	0.000	1	LK2	0.975 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
	1	3.385	1	LK4	0.824 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
	4	8.000 ½	1	LK2	0.764 ✓	ST2100.00	Stabilität | Biegestab ohne Druckkraft | Biegung um y-Achse nach 6.3.3
	1	0.484	1	LK4	0.785 ✓	ST3100.00	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck nach 6.3.3
	GZG - Charakteristisch						
BS2	1	0.000		LK14	0.000 ✓	SE0100.01	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch'
	5	8.000 ½		LK20	0.682 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2

Testversion

10.8.1 AUSNUTZUNGEN AN STÄBEN NACH BEMESSUNGSSITUATION — Holzbemessung

Bemess.-Situation	Stab Nr.	Stelle x [m]	Spann.-Punkt Nr.	Belast. Nr.	Nachweis Kriterium η [--]	Nachweis Typ	Beschreibung
	GZG - Quasi-ständig						
BS3	1	0.000		LK27	0.000 ✓	SE0100.04	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig'
	5	8.000 ½		LK28	0.860 ✓	SE1200.04	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
	GZG - Charakteristisch/Quasi-ständig						
BS4	1	0.000		LK29	0.000 ✓	SE0100.05	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig'
	5	8.000 ½		LK35	0.670 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2

10.8.2 AUSNUTZUNGEN AN STÄBEN QUERSCHNITTSWEISE — Holzbemessung

Querschn. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Spann.-Punkt Nr.	Bemess.-Situation	Belast. Nr.	Nachweis Kriterium η [--]	Nachweis Typ	Beschreibung
	R_M1 240/900 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
1	6	0.000		BS1	LK1	0.000 ✓	SP0100.00	Querschnittsnachweis | Vernachlässigbare Schnittgrößen
	5	0.000	4	BS1	LK1	0.298 ✓	SP3100.00	Querschnittsnachweis | Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 | Rechteckprofil
		8.000 ½	1	BS1	LK1	0.309 ✓	SP4100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse nach 6.1.6
			1	BS1	LK1	0.634 ✓	ST2100.00	Stabilität | Biegestab ohne Druckkraft | Biegung um y-Achse nach 6.3.3
		0.000		BS2	LK14	0.000 ✓	SE0100.01	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch'
				BS3	LK27	0.000 ✓	SE0100.04	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig'
				BS4	LK29	0.000 ✓	SE0100.05	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig'
		8.000 ½		BS2	LK20	0.682 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2
				BS3	LK28	0.860 ✓	SE1200.04	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
				BS4	LK35	0.670 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/ Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
	R_M1 240/1000 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
3	3	7.996	1	BS1	LK12	0.003 ✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis | Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
	4	0.000	4	BS1	LK2	0.357 ✓	SP3100.00	Querschnittsnachweis | Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 | Rechteckprofil
		8.000 ½	1	BS1	LK2	0.339 ✓	SP4100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse nach 6.1.6
	3	8.000 ½	1	BS1	LK4	0.271 ✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
		0.000	1	BS1	LK13	0.049 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
		8.000 ½	1	BS1	LK4	0.274 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
	4	8.000 ½	1	BS1	LK2	0.764 ✓	ST2100.00	Stabilität | Biegestab ohne Druckkraft | Biegung um y-Achse nach 6.3.3
	3	8.000 ½	1	BS1	LK4	0.406 ✓	ST3100.00	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck nach 6.3.3
		0.000		BS2	LK14	0.000 ✓	SE0100.01	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch'
				BS3	LK27	0.000 ✓	SE0100.04	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig'
				BS4	LK29	0.000 ✓	SE0100.05	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig'
		8.000 ½		BS2	LK17	0.661 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2
	4	8.000 ½		BS3	LK28	0.811 ✓	SE1200.04	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
	3	8.000 ½		BS4	LK32	0.644 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/ Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
	R_M1 240/400 | 2 - Baubuche GL75 Träger							
4	2	0.000	1	BS1	LK2	0.138 ✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis | Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
		3.385	5	BS1	LK12	0.064 ✓	SP3100.00	Querschnittsnachweis | Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 | Rechteckprofil
			1	BS1	LK12	0.116 ✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
		0.000	1	BS1	LK2	0.975 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
	1	3.385	1	BS1	LK4	0.824 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
		0.484	1	BS1	LK4	0.785 ✓	ST3100.00	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck nach 6.3.3
		0.000		BS2	LK14	0.000 ✓	SE0100.01	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch'
				BS3	LK27	0.000 ✓	SE0100.04	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig'
				BS4	LK29	0.000 ✓	SE0100.05	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig'
		4.328		BS2	LK25	0.226 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2
				BS4	LK40	0.163 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/ Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2

Testversion

10.8.3 SCHLANKHEITEN NACH STABREPRÄSENTANTEN

Holzbemessung

Stab-Rep. Nr.	Stab Nr.	Starke Achse y/u: Unter Spannung	L [m]	$k_{y/u}$ [--]	$i_{y/u}$ [mm]	$\lambda_{y/u}$ [--]	Schwache Achse z/v: Unter Spannung	L [m]	$k_{z/v}$ [--]	$i_{z/v}$ [mm]	$\lambda_{z/v}$ [--]	Kommentar
1	1	Druck/Biegung	9.970	1.00	115.5	86.343	Druck/Biegung	9.970	1.00	69.3	143.904	
2	2	Druck/Biegung	9.970	1.00	115.5	86.343	Druck/Biegung	9.970	1.00	69.3	143.905	
3	3	Druck/Biegung	16.000	1.00	288.7	55.426	Druck/Biegung	16.000	1.00	69.3	230.940	
4	4	Druck/Biegung	16.000	1.00	288.7	55.426	Druck/Biegung	16.000	1.00	69.3	230.940	
5	5	Druck/Biegung	16.000	1.00	259.8	61.584	Druck/Biegung	16.000	1.00	69.3	230.940	
6	6	Druck/Biegung	1.000	1.00	259.8	3.849 ✓	Druck/Biegung	1.000	1.00	69.3	14.434	
7	7	Druck/Biegung	1.000	1.00	259.8	3.849 ✓	Druck/Biegung	1.000	1.00	69.3	14.433	

10.8.4 MAßGEBENDE BEANSPRUCHUNG

Holzbemessung

Belast. Nr.	Bemess.-Situation	Nachweis: Kriterium η [--]	Typ	Beschreibung	Stelle
	GZT 1.35 * LF1				
LK1	BS1	0.718 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 2 (x: 0.000 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2				
LK2	BS1	0.975 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 2 (x: 0.000 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2 + 0.75 * LF3				
LK3	BS1	0.897 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 2 (x: 0.000 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2 + 0.75 * LF3 + 0.90 * LF4				
LK4	BS1	0.824 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.50 * LF2 + 0.90 * LF4				
LK5	BS1	0.795 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.50 * LF3				
LK6	BS1	0.550 ✓	ST2100.00	Stabilität | Biegestab ohne Druckkraft | Biegung um y-Achse nach 6.3.3	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.05 * LF2 + 1.50 * LF3				
LK7	BS1	0.812 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 2 (x: 0.000 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.05 * LF2 + 1.50 * LF3 + 0.90 * LF4				
LK8	BS1	0.747 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.50 * LF3 + 0.90 * LF4				
LK9	BS1	0.501 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.50 * LF4				
LK10	BS1	0.457 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.05 * LF2 + 1.50 * LF4				
LK11	BS1	0.704 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 1.05 * LF2 + 0.75 * LF3 + 1.50 * LF4				
LK12	BS1	0.733 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	GZT 1.35 * LF1 + 0.75 * LF3 + 1.50 * LF4				
LK13	BS1	0.486 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2	Stab Nr. 1 (x: 3.385 m)
	G Ch LF1				
LK14	BS2	0.533 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + LF2				
LK15	BS2	0.661 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 4 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + LF2 + 0.50 * LF3				
LK16	BS2	0.661 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 4 (x: 8.000 m)

Testversion

Arne Meyerhoff
| | Germany

Dlubal

Modell:
Parkhaus Prototyp 3 Geschosse 2D

Datum 2.10.2024 Seite 34/36
Blatt 1

HOLZ

10.8.4 MAßGEBENDE BEANSPRUCHUNG

Holzbemessung

Belast. Nr.	Bemess.-Situation	Nachweis Kriterium η [--]	Nachweis Typ	Beschreibung	Stelle
	G Ch LF1 + LF2 + 0.50 * LF3 + 0.60 * LF4				
LK17	BS2	0.661 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + LF2 + 0.60 * LF4				
LK18	BS2	0.661 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + LF3				
LK19	BS2	0.678 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + 0.70 * LF2 + LF3				
LK20	BS2	0.682 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + 0.70 * LF2 + LF3 + 0.60 * LF4				
LK21	BS2	0.626 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + LF3 + 0.60 * LF4				
LK22	BS2	0.621 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + LF4				
LK23	BS2	0.438 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + 0.70 * LF2 + LF4				
LK24	BS2	0.546 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + 0.70 * LF2 + 0.50 * LF3 + LF4				
LK25	BS2	0.546 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	G Ch LF1 + 0.50 * LF3 + LF4				
LK26	BS2	0.511 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Qs 1.60 * LF1				
LK27	BS3	0.853 ✓	SE1200.04	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Qs 1.60 * LF1 + 0.96 * LF2				
LK28	BS3	0.860 ✓	SE1200.04	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1				
LK29	BS4	0.569 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1 + 1.36 * LF2				
LK30	BS4	0.643 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 4 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1 + 1.36 * LF2 + 0.50 * LF3				
LK31	BS4	0.643 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 4 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1 + 1.36 * LF2 + 0.50 * LF3 + 0.60 * LF4				
LK32	BS4	0.644 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1 + 1.36 * LF2 + 0.60 * LF4				
LK33	BS4	0.644 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1 + LF3				
LK34	BS4	0.665 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1 + 1.06 * LF2 + LF3				
LK35	BS4	0.670 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	G Co 1.60 * LF1 + 1.06 * LF2 + LF3 + 0.60 * LF4				

Testversion

10.8.4 MAßGEBENDE BEANSPRUCHUNG

Holzbemessung

Belast. Nr.	Bemess.-Situation	Nachweis Kriterium η [--]	Nachweis Typ	Beschreibung	Stelle
LK36	BS4	0.632 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	GCO 1.60 * LF1 + LF3 + 0.60 * LF4				
LK37	BS4	0.627 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	GCO 1.60 * LF1 + LF4				
LK38	BS4	0.505 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)
	GCO 1.60 * LF1 + 1.06 * LF2 + LF4				
LK39	BS4	0.567 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	GCO 1.60 * LF1 + 1.06 * LF2 + 0.50 * LF3 + LF4				
LK40	BS4	0.567 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 3 (x: 8.000 m)
	GCO 1.60 * LF1 + 0.50 * LF3 + LF4				
LK41	BS4	0.554 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2	Stab Nr. 5 (x: 8.000 m)

11 Bemessungsübersicht

11.1 BEMESSUNGSÜBERSICHT

Bemessungsübersicht

Add-On	Objekte Typ	Objekte Nr.	Position [m]	Bemess. Situation	Belastung Nr.	Nachweis Kriterium η [--]	Nachweis Typ	Beschreibung
Holzbemessung	Stab	2	x: 0.000	BS1	LK2	0.975 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
Holzbemessung	Stab	5	x: 8.000	BS3	LK28	0.860 ✓	SE1200.04	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
Holzbemessung	Stab	1	x: 3.385	BS1	LK4	0.824 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
Holzbemessung	Stab	1	x: 0.484	BS1	LK4	0.785 ✓	ST3100.00	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck nach 6.3.3
Holzbemessung	Stab	3,4	x: 8.000	BS1	LK2	0.764 ✓	ST2100.00	Stabilität | Biegestab ohne Druckkraft | Biegung um y-Achse nach 6.3.3
Holzbemessung	Stab	5	x: 8.000	BS2	LK20	0.682 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2
Holzbemessung	Stab	5	x: 8.000	BS4	LK35	0.670 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
Holzbemessung	Stab	3,4	x: 0.000	BS1	LK2	0.357 ✓	SP3100.00	Querschnittsnachweis | Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 | Rechteckprofil
Holzbemessung	Stab	3,4	x: 8.000	BS1	LK2	0.339 ✓	SP4100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse nach 6.1.6
Holzbemessung	Stab	3	x: 8.000	BS1	LK4	0.271 ✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
Holzbemessung	Stab	1,2	x: 0.000	BS1	LK2	0.138 ✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis | Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
Holzbemessung	Stab	6,7	x: 0.000	BS1	LK1	0.000 ✓	SP0100.00	Querschnittsnachweis | Vernachlässigbare Schnittgrößen
Holzbemessung	Stab	1-7	x: 0.000	BS2	LK14	0.000 ✓	SE0100.01	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch'
Holzbemessung	Stab	1-7	x: 0.000	BS3	LK27	0.000 ✓	SE0100.04	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig'
Holzbemessung	Stab	1-7	x: 0.000	BS4	LK29	0.000 ✓	SE0100.05	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig'
Holzbemessung	Stabrepräsentant	2	x: 0.000	BS1	LK2	0.975 ✓	ST1300.00	Stabilität | Zentrischer Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
Holzbemessung	Stabrepräsentant	5	x: 8.000	BS3	LK28	0.860 ✓	SE1200.04	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Quasi-

Testversion

11.1 BEMESSUNGSÜBERSICHT

Bemessungsübersicht

Add-On	Objekte Typ	Objekte Nr.	Position [m]	Bemess. Situation	Belastung Nr.	Nachweis Kriterium η [--]	Nachweis Typ	Beschreibung
								ständig' | z-Richtung nach 7.2
Holzbemessung	Stabrepräsentant	1	x: 3.385	BS1	LK4	0.824 ✓	ST1600.01	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck mit Knicken um beide Achsen nach 6.3.2
Holzbemessung	Stabrepräsentant	1	x: 0.484	BS1	LK4	0.785 ✓	ST3100.00	Stabilität | Biegung um y-Achse und Druck nach 6.3.3
Holzbemessung	Stabrepräsentant	3,4	x: 8.000	BS1	LK2	0.764 ✓	ST2100.00	Stabilität | Biegestab ohne Druckkraft | Biegung um y-Achse nach 6.3.3
Holzbemessung	Stabrepräsentant	5	x: 8.000	BS2	LK20	0.682 ✓	SE1200.01	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch' | z-Richtung nach 7.2
Holzbemessung	Stabrepräsentant	5	x: 8.000	BS4	LK35	0.670 ✓	SE1200.05	Gebrauchstauglichkeit | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig' | z-Richtung nach 7.2
Holzbemessung	Stabrepräsentant	3,4	x: 0.000	BS1	LK2	0.357 ✓	SP3100.00	Querschnittsnachweis | Querkraft in z-Achse nach 6.1.7 | Rechteckprofil
Holzbemessung	Stabrepräsentant	3,4	x: 8.000	BS1	LK2	0.339 ✓	SP4100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse nach 6.1.6
Holzbemessung	Stabrepräsentant	3	x: 8.000	BS1	LK4	0.271 ✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis | Biegung um y-Achse und Drucknormalkraft nach 6.2.4
Holzbemessung	Stabrepräsentant	1,2	x: 0.000	BS1	LK2	0.138 ✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis | Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
Holzbemessung	Stabrepräsentant	6,7	x: 0.000	BS1	LK1	0.000 ✓	SP0100.00	Querschnittsnachweis | Vernachlässigbare Schnittgrößen
Holzbemessung	Stabrepräsentant	1-7	x: 0.000	BS2	LK14	0.000 ✓	SE0100.01	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch'
Holzbemessung	Stabrepräsentant	1-7	x: 0.000	BS3	LK27	0.000 ✓	SE0100.04	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Quasi-ständig'
Holzbemessung	Stabrepräsentant	1-7	x: 0.000	BS4	LK29	0.000 ✓	SE0100.05	Gebrauchstauglichkeit | Vernachlässigbare Durchbiegung | Einwirkungskombination 'Charakteristisch/Quasi-ständig'

Testversion

Anhang 4: Preisliste BauBuche

BauBuche

www.pollmeier.com
07/24-DE Seite 1/1

Preisliste – 15. Juli 2024

Gültig für Lieferungen ab 15.07.2024 | Gültig bis auf Widerruf |
Alle Preise in EUR/m³, FCA Amt Creuzburg, zzgl. ges. MwSt. | Transportkosten auf Anfrage |
Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen | Wir behalten uns jederzeit Änderungen vor

PLATTE BAUBUCHE

Flächen ungeschliffen oder geschliffen (Körnung 80mm), Sägeschnitt an der Kante, bis 1.360 mm gefast möglich

Produkt	Bemerkungen	Preis (€)
S 42 (40)	Nichtsicht, für statische Anwendungen geeignet Breite: 1,82 m Länge: 10 m, 12 m, 13,5 m, 16 m, 18 m	970 ,-

TRÄGER BAUBUCHE GL75

Sichtqualität, Flächen und Kanten geschliffen (Körnung 80), gefast

Längen: 2 - 18 m
Höhen: 120 - 1.360 mm (in 40 mm Schritten)

Produkt (Breite)	Mindestabnahmemenge / Bemerkungen	Preis (€)
100	- 10 lfm je Abmessung (b x h x l)	1320 ,-
120	- 10 lfm je Abmessung (b x h x l)	1200 ,-
160	- 10 lfm je Abmessung (b x h x l)	1200 ,-
200	- 10 lfm je Abmessung (b x h x l)	1150 ,-
240 / 280 / 300	- 10 lfm je Abmessung (b x h x l)	1150 ,-

Zwischenbreiten	101 - 299 mm
Mindestbestellmenge je Abmessung:	10 lfm
Preis der nächstniedrigeren Breite Kein Preisaufschlag ab > 20 cbm	**Preisaufschlag** **100 ,- €/m³**

Höhe 80 mm - Aufschlag 50 ,- €/m³, nur ungefast, Mindestabnahme 20 lfm je Abmessung

Andere Höhen ab 140 mm möglich durch Hobeln um bis zu 20 mm mit Preisaufschlag. Aufschlag für beidseitiges Hobeln 120 ,- €/m³, für einseitiges Hobeln 170 ,- €/m³
Gehobelte Seiten haben keine Sichtqualität.

PEFC

Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, Pferdsdorfer Weg 6, 99831 Amt Creuzburg, Deutschland
T +49 36926 945 560, baubuche@pollmeier.com, www.pollmeier.com, PEFC/04-31-0545

Pollmeier

Anhang 5: Eidesstattliche Erklärung

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel:

„Prototyp eines Holzparkhauses in Bremen“

selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und alle wörtlich oder sinngemäß übernommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum: Bremen, den 08.10.2024

Unterschrift: A Meyerhoff

Arne Meyerhoff