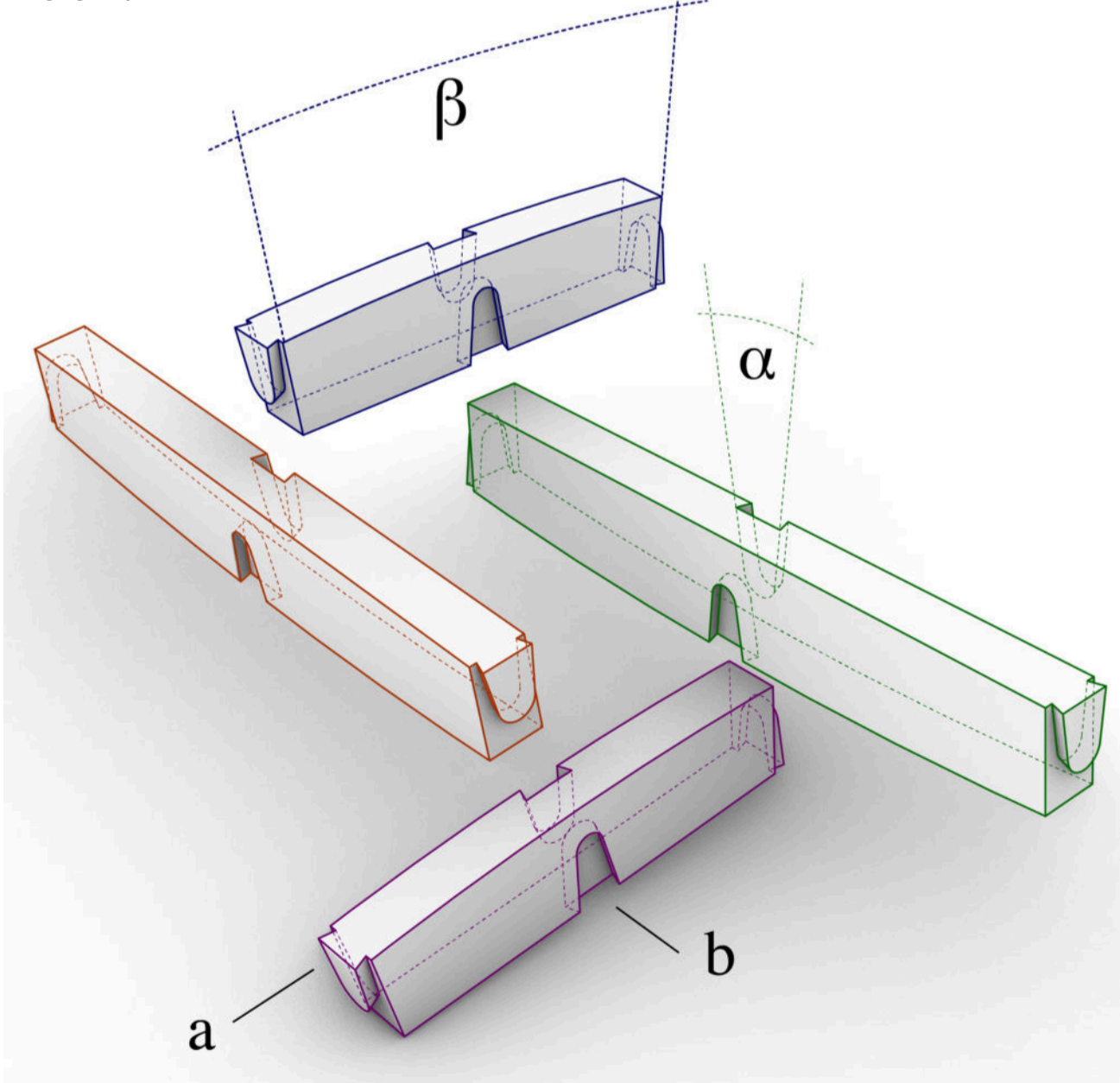




Nach dem Aufbau der Konstruktion



Füguings-Sequenz



CASTANEA SATIVA CABIN Schutzhütte am Zollstock, ein Reziprokes Stabwerk in Edelkastanie

In diesem Poster stellen wir ein montage- und fertigungsoptimiertes reziprokes Stabwerk vor, welches die Möglichkeiten moderner Holz-Abbaumaschinen ausnutzt. Edelkastanienholz (Castanea sativa) ist ein Holzart, die derzeit in Deutschland noch nicht für das Bauen verwendet wird. Das Holz der Castanea sativa weist eine hohe Festigkeit und Witterungsbeständigkeit auf, aber es korrodiert Metallverbindungen, bzw. erfordert aufwändige Edelstahl-Verbindungsmitel. Daher verwendet unser vorgestelltes System ausschließlich CNC-gefertigte Holz-Holz Schwalbenschwanzverbindungen. Es wurde von Friedrich Zollingers „Zollbauweise“ inspiriert, sowohl in seiner Geometrie als auch in seiner Philosophie – mit einer zweiten Krümmung zur Erhöhung der Stabilität und unter Berücksichtigung von spezifischen Montage-Einschränkungen der Schwalbenschwanzverbindungen.

Die Edelkastanie (Castanea Sativa)

Prognosen zum Klimawandel zufolge stehen die Wälder in den wärmeren Regionen Europas, wie beispielsweise in Rheinland-Pfalz, in den nächsten Jahrzehnten vor großen Veränderungen und Herausforderungen. So zeigt beispielsweise der Wald-Zustandsbericht 2021 der Landesforsten Rheinland-Pfalz, dass nur 20 % der Bäume im gesamten Bundesland gesund und ohne Schäden sind. Im Jahr 1980 war dies bei 60 % der Bäume der Fall. Vor allem die Fichte, das derzeit wichtigste Bauholz, ist stark vom Klimawandel betroffen. Den Prognosen nach wird sie in diesem Bundesland innerhalb des Jahrhunderts vollständig verschwinden. Während viele der Fichten in dieser Region gepflanzt wurden, anstatt dort natürlich zu wachsen, weist die häufigste Baumart in den europäischen Wäldern und insbesondere in Rheinland-Pfalz, die Buche (Fagus Sylvatica), mit nur 10% völlig gesunden Bäumen ebenfalls eine besorgniserregende Schadensrate auf. Zum Vergleich waren im Jahr 1980 55% aller Buchen völlig schadfrei. Daher war es Gegenstand neuerer Forschung, Baumarten zu bestimmen, die die Lü-

cken füllen und die Wälder während der beobachteten und vorhergesagten Klimaänderungen im nächsten Jahr stabilisieren können Jahrzehnte.

Konstruktionssystem

Das Konstruktionssystem für unseren Forschungsdemonstrator „Castanea Sativa Pavillon“ basiert auf einem reziproken Stabwerk, um den Bau großer Dach- oder Wandelemente unter Verwendung relativ kleiner Holzelemente zu ermöglichen. Reziproke Rahmen sind seit langem bekannt, darunter „gewobene Brücken“ im antiken China, mittelalterliche Deckenkonstruktionen, berühmte Skizzen in Leonardo da Vincis Atlantic Code und die von Friedrich Zollinger entwickelte „Zollbauweise“. Es wurden jedoch nur relativ wenige Strukturen mit dieser Methode gebaut, höchstwahrscheinlich aufgrund der weit verbreiteten Verfügbarkeit von relativ kostengünstigen Alternativen wie Stahl- oder Betonkonstruktionen oder verklebten Holzwerkstoffen, die alle den relativ einfachen Bau von Konstruktionen mit großen Spannweiten ermöglichen. Viele der historischen reziproken Stabwerke wurden aufgrund fehlender Alternativen (z. B. mittelalterliche Decken) oder knapper Ressourcen errichtet, wie beispielsweise die nach dem Ersten Weltkrieg entwickelte Zollbauweise. Angesichts unserer zukünftigen Herausforderungen in der Bauwirtschaft, und unseren modernen technologischen Möglichkeiten, sollten solche materialsparenden Leichtbaumethoden wieder in Erwägung gezogen werden. Insbesondere, weil die heutigen Roboter-Fertigungstechnologien sehr gut in der Lage ist, komplexe Bauteile herzustellen.

Aufgrund des hohen Säuregehalts von Edelkastanienholz korrodieren die üblichen Metallverbinder. Alternativ können auch Edelstahlverbinder verwendet werden, die jedoch deutlich teurer sind – und reziproke Stabwerke benötigen eine große Anzahl von Verbindern. Wenn wir in der Zukunft mit weniger chemischen Klebstoffen, mehr regionalen Ressourcen und weniger Transportwegen Holzkonstruktionen planen wollen, werden generell andere Arten von Verbindungen, wie z. B. formschlüssige Verbinder in großer Anzahl benötigt. Integrierte Holz-Holz-Verbinder sind eine nachhaltige Verbindungslösung für Holzkonstruktionen, insbesondere aufgrund ihrer zuvor genannten weiteren Vorteile wie

einer präzisen, einfachen, und schnellen vor Ort Montage digital vorgefertigter Komponenten. Ein wichtiges Konzept integraler „formschlüssiger“ Verbindungen besteht darin, die relativen Bewegungen zwischen Bauteilen durch die Form der Verbinder einzuschränken. Holz-Holz-Verbindungen wie Schlitz-Zapfen-Verbindungen und Schwalbenschwanz-Zapfen sind sogenannte Verbindungen mit einem Freiheitsgrad (DOF-Verbindung), bei denen die Form der Verbindung die relativen Bewegungen zwischen den Bauteilen auf nur einen Translationsvektor beschränkt, der den Zusammenbau der Teile ermöglicht.

CAD-Plugin / Generator-App

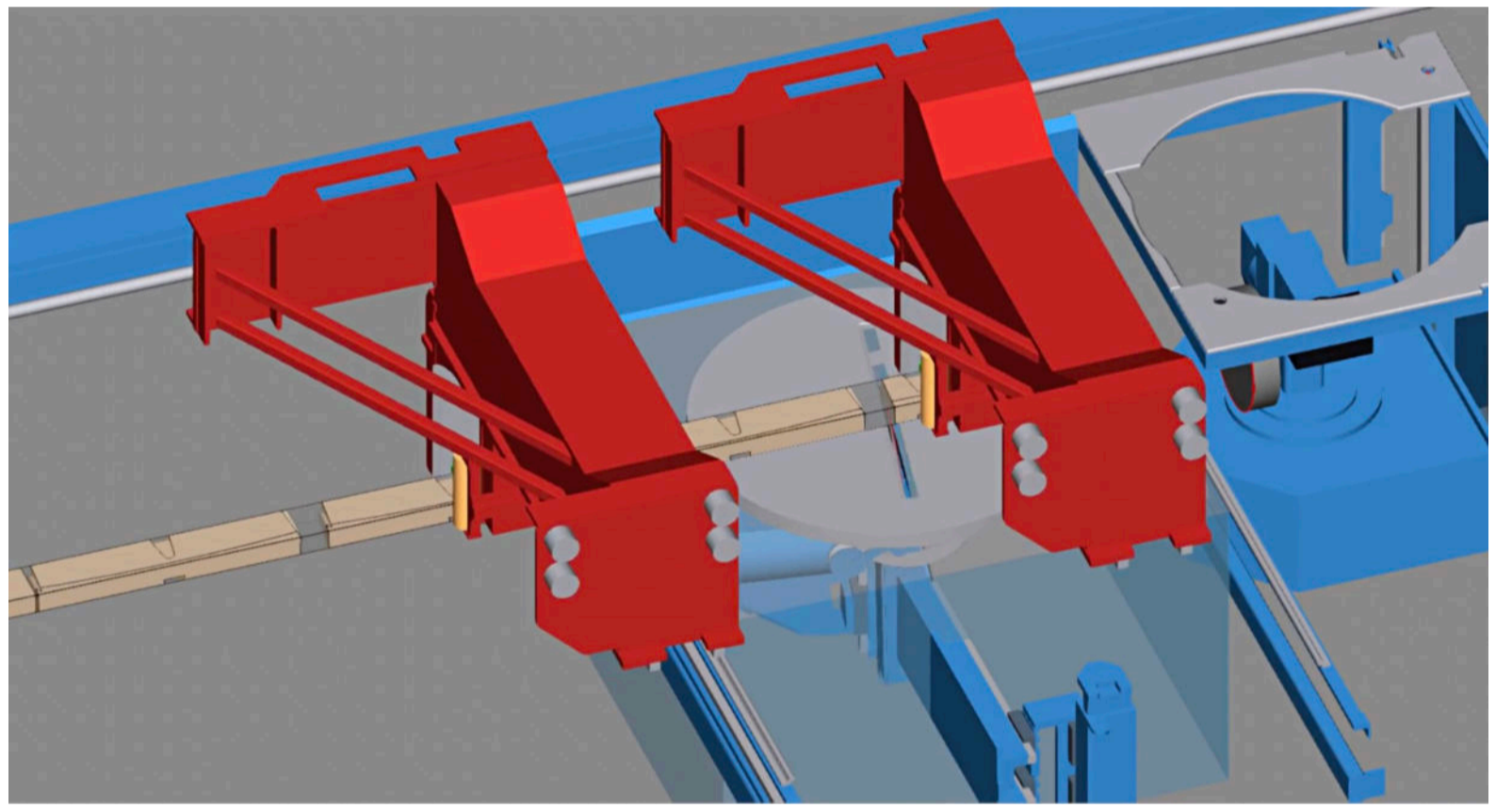
Basierend auf den geometrischen Abhängigkeiten des Systems haben wir eine „Generator-App“ entwickelt, um die Möglichkeiten dieses reziproken Stabwerk-Systems weiter zu erkunden. Verschiedenste Formen und Parameter können schnell und einfach generiert werden. Die App wurde mit dem RhinoCommon Software Development Kit als Plug-In für die CAD-Software Rhino3D entwickelt. Als Eingabe benötigt die App 1. eine Zielfläche für die Gitterschale, die durch zwei Kurvenscharen beschrieben wird (NURBS Fläche). Diese Oberfläche kann planar, einfach gekrümmt oder doppelt gekrümmt sein. Die Krümmung bzw. Krümmungsradien müssen nicht konstant sein, wie bei der originalen Zollinger Bauweise. Dies erweitert die Einsatzmöglichkeiten gegenüber dem klassischen Zollinger System, weil tragwerktechnisch günstige Formen oft einen parabolförmigen Querschnitt haben (Kettelinienform). Die Zielfläche kann positiv oder negativ gekrümmt sein, oder auch beides innerhalb einer Fläche. 2. Zwei Integer Zahlenwerte für die Unterteilung der Fläche in beiden Richtungen. 3. Die Breite der Stabelemente. 4. Eine Mindesthöhe der Stabelemente (die tatsächliche Höhe hängt individuell von der Krümmung der Zielfläche ab). 5. Eine Auswahl, welche Art von Modell generiert werden soll: A: die Geometrie der Komponenten, B: ein detailliertes Modell einschließlich 3D-Verbindungen oder C: eine Industriestandard-Fertigungsdatendatei (BVX). Alle Modelle können gleichzeitig generiert werden, dies erfordert jedoch etwas mehr Zeit für die Verarbeitung. Die Fertigungsdatendatei berücksichtigt automatisch

„Rohteil“-Größen, die auf nur wenige verschiedene Rohbalkenhöhen in 20-mm-Schritten rationalisiert sind. Dies vereinfacht die finale Bearbeitung im Werk.

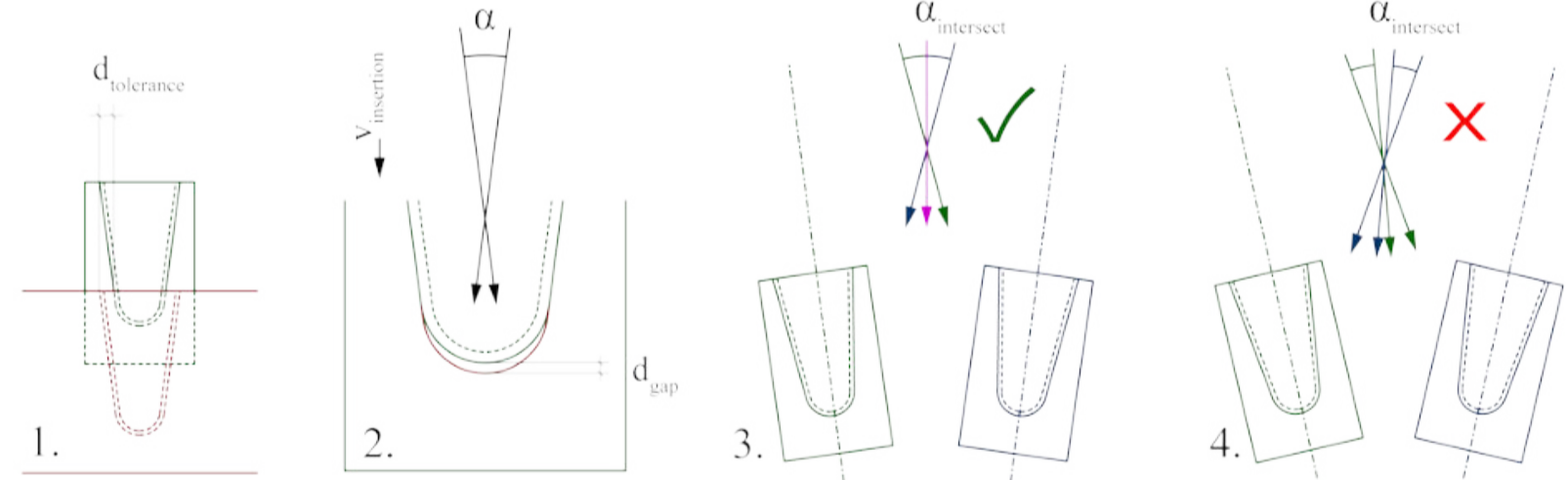
Schlussfolgerung

Angesichts der zukünftigen Herausforderungen der Architektur in Zeiten des Klimawandels, eines hohen Bedarfs an Gebäuden und eines Fachkräftemangels in vielen Ländern, versucht dieses Forschungsprojekt materialsparende Leichtbaukonstruktionen mit nachwachsenden lokalen Materialien und automatisierter Hightech-Produktionstechnologie kombinieren. Unser Konstruktionssystem basiert auf einem montagebewussten Algorithmus, der die Geometrie der Schwalbenschwanzverbindung und die Einschränkungen der gesamten Montagesequenz berücksichtigt. Es ist die erste reziproke Rahmenstruktur aus Castanea Sativa-Holz und die erste Edelkastanienholzstruktur, die auf einer automatisierten Tischlereimaschine hergestellt wird. Die überwiegende Mehrheit der Neubauten mit nachwachsenden Rohstoffen wird derzeit aus Weichholz wie Fichte gebaut. Wie in diesem Artikel beschrieben, wurden viele Projekte, in denen wir diese Weichholzbäume derzeit beziehen, besonders stark von den warmen und trockenen Sommern des letzten Jahrzehnts getroffen. Nach der Prognose werden wir diese Bäume in vielen dieser Gebiete in den nächsten 100 Jahren nicht mehr anbauen können. Während viele dieser Bäume in diesen Gebieten nicht natürlich wachsen, sind auch die natürlichen Bäume wie Buche und Eiche stark vom Klimawandel betroffen, daher schlägt die Forschung vor, diese Wälder mit Baumarten wie Castanea Sativa zu stabilisieren, die sehr hitzebeständig und widerstandsfähig sind gegen Trockenheit. Die Region unseres Demonstrators hat die größte Menge an Castanea Sativa-Bäumen in Deutschland; Unser Demonstrator war jedoch die erste dauerhafte Struktur, bei der Edelkastanienholz als Konstruktionsmaterial verwendet wurde. Wir glauben, dass weitere Forschung zum architektonischen Potenzial von weniger genutzten und zukunftssicheren Holzarten dringend erforderlich sind - in enger Zusammenarbeit mit Forstexperten.

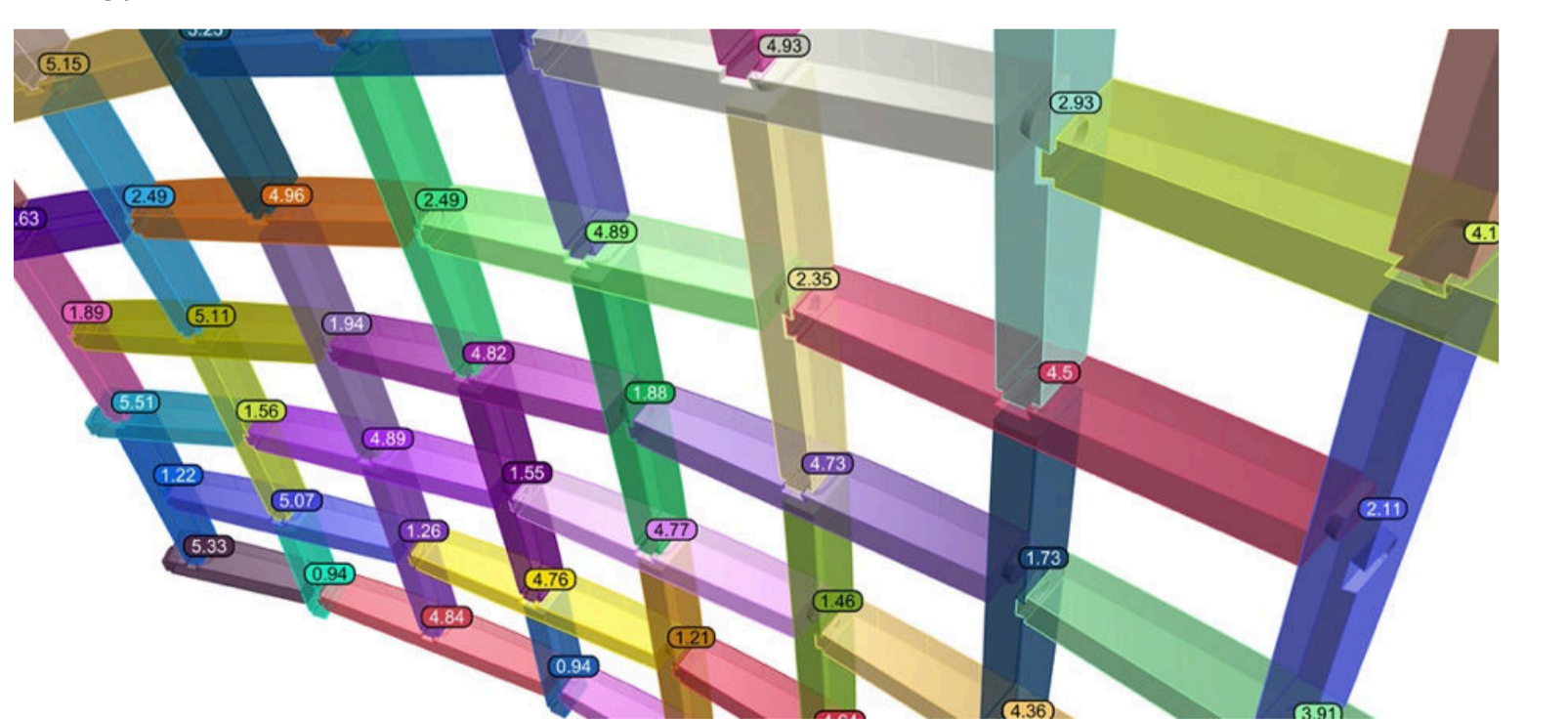
Produktion mittels automatischer Abbaumaschine



Füguingslogik



Verbindungsparameter



Bauherrenschaft

Landesforsten Rheinland-Pfalz, Forstamt Annweiler, Haus der Nachhaltigkeit Johanniskreuz. Das Demonstrator-Projekt wurde vom Umweltministerium Rheinland-Pfalz (MUEF) gefördert. Ein besonderer Dank gilt Jürgen Gottschall, Hannsjörg Pohlmeier, Gregor Seitz und Michael Leschnig.

Architektur & Informatik

Arbeitsgruppe Digitaler Holzbau, Prof. Dr. Christopher Robeller

Holzbau

CLTech GmbH Kaiserslautern

Support

Wir danken unseren großzügigen Projektpartnern CLTech GmbH Kaiserslautern, Landesforsten Rheinland-Pfalz, Forstamt Annweiler, Haus der Nachhaltigkeit Johanniskreuz, Holzbaucorpus Rheinland-Pfalz und Hundegger AG.

#HolzbaupreisRLP2024

SONDERPREIS RETTLING HOLZBAUTEN NACH DER AHRFLUT2021

Lage in RLP



LANDESBEIRAT HOLZ Rheinland-Pfalz e.V.



Rheinland-Pfalz MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE UND MOBILITÄT