



*Karsten Tichelmann
Dipl.-Ing., Geschäftsführer
Tichelmann Simon Barillas
Institut für Trocken- und
Leichtbau
Darmstadt, Deutschland*

Innovationen in Holz Der Neubau der Landesvertre- tung Nordrhein-Westfalen in Berlin

**Innovation in wood - new home for the
permanent representation of North
Rhine Westphalia in Berlin**

**Innovazione in legno - Il nuovo edificio
della rappresentanza provinciale del
Nordrhein-Westfalen a Berlino**

Dokument in Deutsch

Innovationen in Holz - Der Neubau der Landesvertretung Nordrhein-Westfalen in Berlin



Abbildung 1: Eingang mit Blick ins Atrium (Foto: T. Kenan)

1 Einleitung

Die Unsicherheit bezüglich der tatsächlichen Leistungsfähigkeit von Holz führt dazu, diesen Werkstoff oft profan zu verwenden. Architekten sind mit ihren Ansprüchen an den Baustoff Holz zu bescheiden. Die mit dem Werkstoff Holz erstellten Bauwerke und Gebäudestrukturen spiegeln unseren heutigen Kenntnisstand und die technischen Möglichkeiten wieder.

Aufdringlich ist die Frage, ob das Potential des Werkstoffs Holz in seiner Vielfältigkeit für besondere, innovative Tragwerke und Gebäudestrukturen erschöpft ist. Nein, wir sind weit davon entfernt. So führt eine ganzheitliche Betrachtung von Gebäudestrukturen, unter Berücksichtigung modernster, konzeptioneller Lösungen, z.B. im Brandschutz, der Fügechnik, der statischen und dynamischen Formfindungsmethoden und der Vorfertigung zu neuartigen Strukturen aus Holz und Holzwerkstoffen.

Mit den Interaktionen zwischen Tragwerk, Form und Erscheinung bezüglich des Einsatzes von Holz- und Leichtbauwerkstoffen beschäftigt sich ein Entwicklungsbereich des Ingenieurbüros TSB – Tichelmann Simon Barillas, Beratende Ingenieure. Ziel der Untersuchungen ist die Entwicklung ausdrucksstarker und funktional optimierter Tragwerke aus Holz und Holzwerkstoffen bei ganzheitlicher Betrachtung der Gebäudestrukturen und der Entwurfsziele.

Aus diesem Ansatz heraus sollte in Zusammenarbeit mit Petzinka Pink Architekten für den im Jahr 1999 ausgelobten Wettbewerb der Landesvertretung Nordrhein-Westfalens in Berlin, ein intelligentes Tragwerk aus Holz entworfen werden. Der Werkstoff Holz sollte dabei den wesentlichen Charakter des Bauwerks prägen und fester Bestandteil der Architektursprache sein. Gefordert war die Entwicklung eines hoch aufgelösten, expressiven Tragwerks, das nur durch den Baustoff Holz aufgrund seiner speziellen mechanischen Eigenschaften wirtschaftlich und sinnvoll errichtet werden kann. Das Holztragwerk muss dabei hochgradig funktional sein und darf nicht nur als reines Gestaltungselement dienen. Ein Ergebnis ist ein neuartiges Hybridtragwerk aus Holz und Stahl mit einer hoch aufgelösten Parabelrautenkonstruktion aus Holz. Das entwickelte Tragwerk wurde in den Entwurf der Landesvertretung Nordrhein-Westfalens in Berlin umgesetzt.

Weitere Entwurfziele waren

- Sicherstellung der Veränderbarkeit und Anpassung an zukünftige Standards und Anforderungen über den gesamten Lebenslauf.
- Produktionsoptimierte Herstellung der einzelnen Bauteile, Bauelemente, Strukturen.
- Reduktion der Materialintensität.
- Maximierung des Einsatzes ökologisch zukunftsfähiger erneuerbarer Ressourcen und Baustoffe.
- Erweiterung der Einsatzbereiche von Baustoffen.

An das Tragwerk wurden hohe Anforderungen bezüglich der „Filigranität“, des Feuerwiderstands, der Vorfertigung / Montage und der Wirtschaftlichkeit gestellt. Durch das außen liegende strukturminimierte Flächentragwerk aus Holz wird ein „Haus in Haus“-Konzept mit flexiblen Grundriss-Zonierungen, Innenatrien, und einem hohen Maß an Nutzungsflexibilität möglich. Vor allem aber ermöglicht das entwickelte Holztragwerk, durch eine völlig neuartige brandschutztechnische, konzeptionelle Betrachtung, eine Tragfähigkeit der Gesamtstruktur im Brandfall von 30 bis 90 Minuten zu erzielen, ohne dass die einzelnen Holzquerschnitte und die filigranen Knotenpunkte einen Feuerwiderstand aufweisen.

1.1 Das Flächentragwerk der Gebäudehülle

Bei der Landesvertretung NRW handelt es sich um ein 4-geschossiges Gebäude mit einer Höhe von über 16 Metern und einer Grundfläche von 57 x 38 Metern.

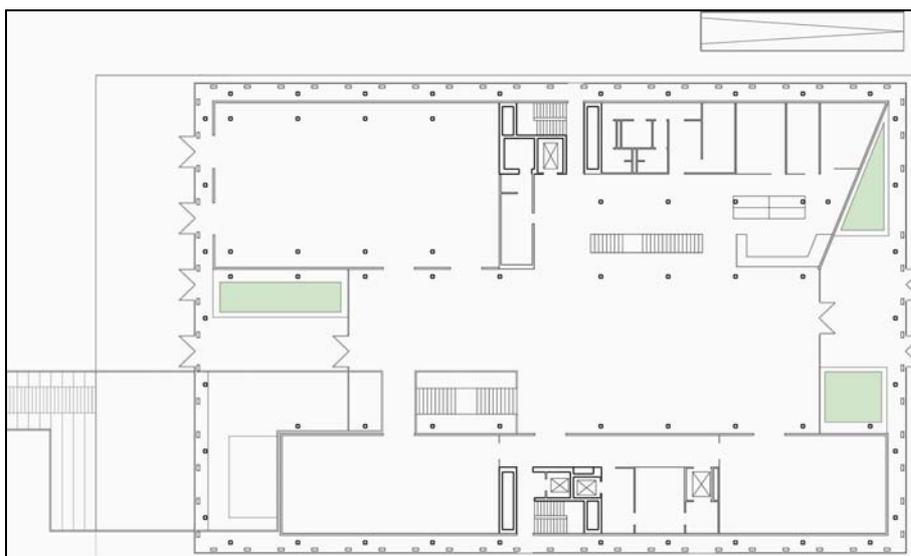


Abbildung 2: Grundriss der Landesvertretung NRW in Berlin

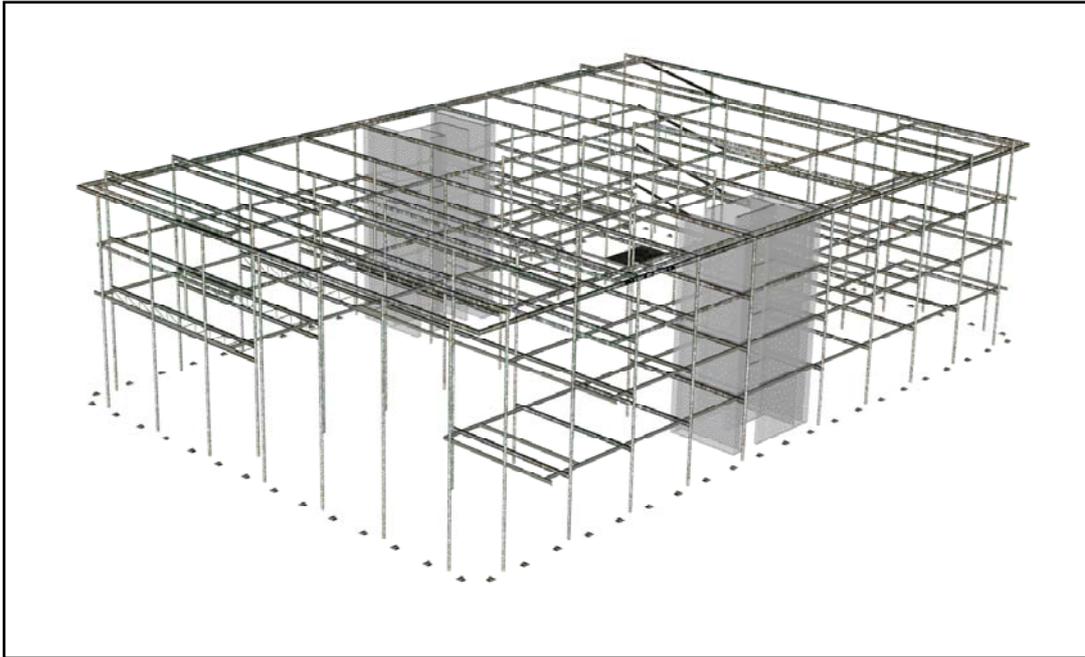


Abbildung 3: Isometrie der Stahlkonstruktion (VHT)

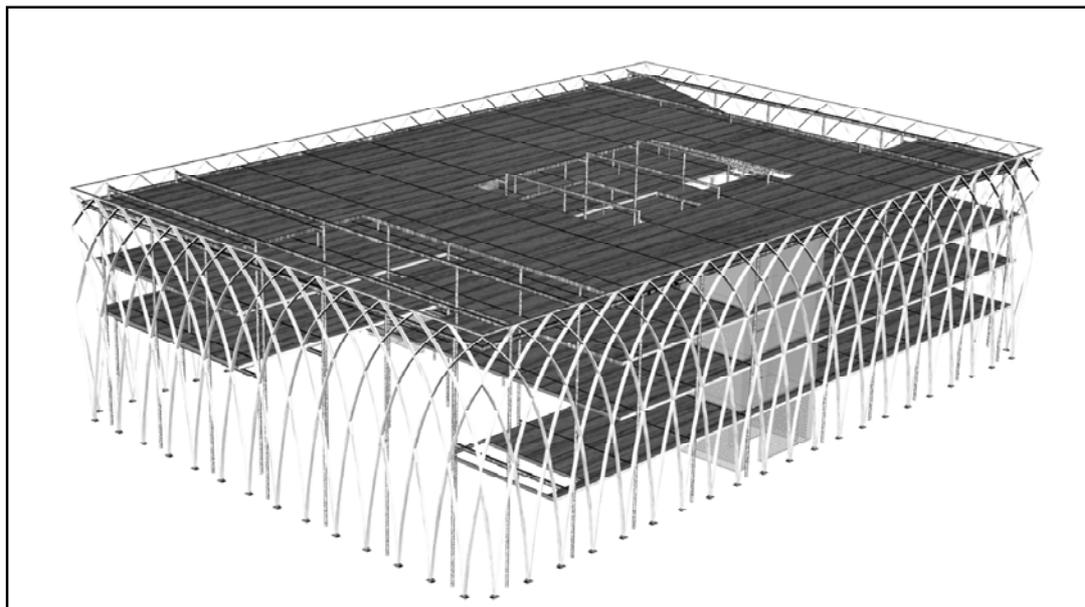


Abbildung 4: Isometrie mit Holzdecken und Rautenkonstruktion (VHT)

Diese führten zu einem hochgradig statisch unbestimmten Tragwerk, das sich aus einer Schar von überlagernden Parabelbögen ergibt. Diese begünstigen durch den flachen Auslaufwinkel der Stäbe im Kopfbereich die Einleitung der Horizontalkräfte. Die Holzparabeln der Fassade sind aus einzelnen gekrümmten Brettschichtholzstäben mit einem Querschnitt von 14 x 22 cm² der Güte BS14 zusammengesetzt.

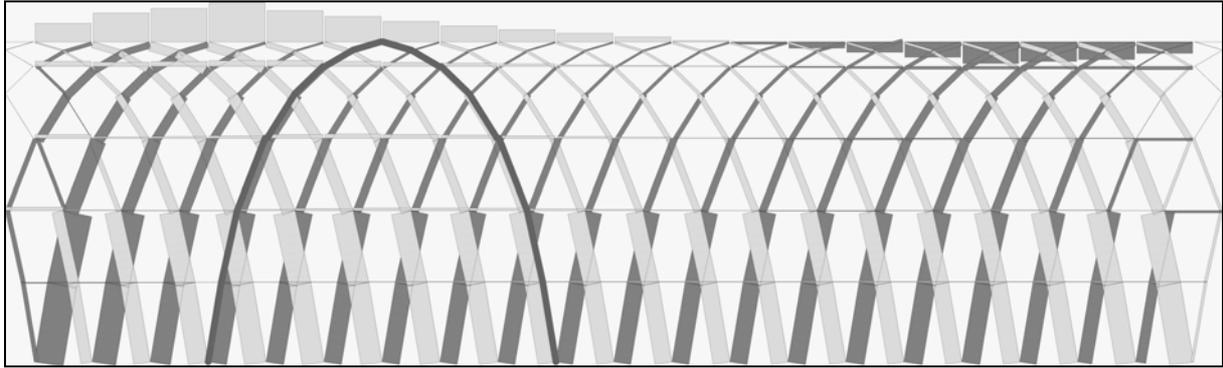


Abbildung 5: Normalkraftverlauf unter Windaussteifungslasten (Horizontallasten in Tragwerksebene)

Um den Montageaufwand zu minimieren, wurden an Stelle einer Einzelstabfertigung Teilsegmente gewählt. Die Parabelsegmente wurden in einer Breite von 2,70 m und in einer Höhe von 15,6 m vorgefertigt. Zur Vereinfachung der Montageverbindungen der einzelnen Elemente werden die Elementstöße gelenkig ausgebildet. Die Knotenverbindungen innerhalb der Elemente sind biegesteif, um die statische Unbestimmtheit des Tragwerks zu gewährleisten. Zur Begrenzung der Tragwerksverformung (hohe Anforderungen der direkt befestigten Verglasung) dienen horizontale Rundstäbe in Höhe der Geschossdecken.

Das beschriebene Konstruktionsprinzip macht es möglich, die Erschließungskern ab Oberkante Kellerdecke als reine Leichtbaukonstruktion zu erstellen. Sie werden nicht, wie üblich, zur Gebäudeaussteifung herangezogen, sondern tragen ausschließlich das Eigengewicht der Konstruktion, der Treppen, der Aufzüge und der technischen Installationen sowie die notwendigen Verkehrslasten ab. Restriktionen durch aussteifende Kernstrukturen bzw. aussteifende Schottensysteme konventioneller Systeme werden so vermieden.



Abbildung 6: Vorfertigung eines Holzsegmentes in der Werkhalle.

Der Montageablauf wurde dreidimensional virtuell simuliert, um den Einfluss der Knotenausbildung auf die Fügetechnik zu mitteln. Insbesondere bei der komplexen Geometrie der Gebäudeecken wurde dies zwingend erforderlich.

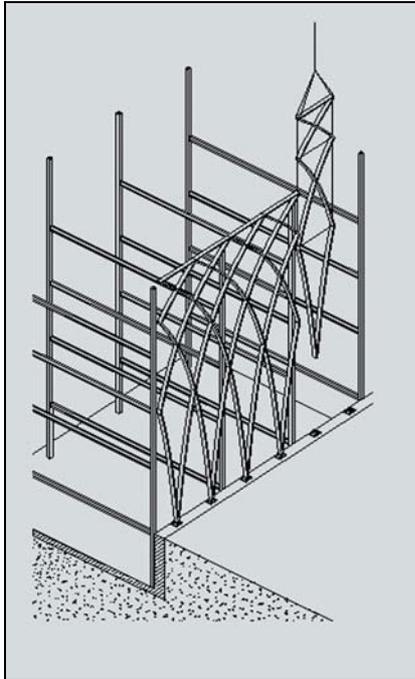


Abbildung 7: Montagevisualisierung



Abbildung 8: Baustellenmontage

Die Gebrauchstauglichkeit, also die verträgliche Verformung des Holztragwerks, wird vor allem durch die zulässigen relativen Verschiebungen der Glasfassade bestimmt. An die Anschlüsse des Holz-Rauten-Parabeltragwerks an die Stahlkonstruktion wurden besondere Anforderungen an die Maßhaltigkeit und Ausführungsgenauigkeit gestellt. Da die Verbindungsglaschen eine Nachjustierung nicht ermöglichten, wurde für die Holzkonstruktion eine erhöhte Anforderung der Maßhaltigkeit auf +/- 10 mm seitens des ausführenden Holzbauunternehmens gewährleistet.

2 Deckensysteme aus Holz-Hohlkörperelementen

Die ca. 3600 m² Decken vom ersten bis ins dritte Obergeschoss bestehen aus weitgespannten Hohlkörperdecken aus Holz. Die vorgefertigten Deckenelemente weisen eine Regelbreite von 2,0 m und Spannweiten bis 5,75 m auf. Die einzelnen Holzdeckensegmente bestehen aus Vollholzrippen mit den Abmessungen 60 x 200 mm, die im Werk mit den oberen und unteren 3-Schichtplatten zu einem statisch wirksamen Gesamtquerschnitt verbunden wurden. Die Gesamthöhe des tragenden Deckenquerschnitts beträgt 24,6 cm bei Spannweiten bis zu 5,75 m.

Die Auflagerflächen der Holzdeckenelemente sind mit einem Elastomer-Bi-Trapezlager versehen. Mit dieser toleranz-ausgleichenden und schallentkoppelnd wirkenden Trennlage wurden die Holzdecken auf die Stahlprofile aufgelegt.



Abbildung 9: Tragendes Stahlskelett mit eingelegten Holz-Hohlkörperdecken

Für den Aufbau und die Querschnitte der Decken maßgebend war der Nachweis auf Schwingungsempfindlichkeit. Aus diesem Grund wurde die Decke für eine maximale Durchbiegung von $l/450$ ausgelegt und eine Eigenfrequenz von $\geq 8,4$ Hz angestrebt.

3 Fassadenkonzept

Die Selbstanpassungsfähigkeit der äußeren reagiblen Gebäudehülle ist wesentliches Merkmal des Fassadenkonzeptes. Der mehrschichtige Aufbau der Fassade ermöglicht ein Gebäude, das sich tages- und jahrszeitabhängig der Witterung anpasst. Bei der Konzeption der Fassade standen folgende Kriterien im Vordergrund:

- Die architektonische Verwirklichung des „gläsernen offenen Hauses“.
- Die Erfüllung der erhöhten Anforderung an die Energieeinsparung und des Schallschutzes.
- Die Reduktion des Primärenergieverbrauches, d.h. Realisierung der natürlichen Be- und Entlüftung bei gleichzeitigem Verzicht auf Klimaanlage.
- Die Reduktion der Kosten für Betrieb und Erhaltung (Sommernachtslüftung/Auskühlung des Gebäudes.)
- Nutzung des Wintergarteneffektes und der im Gebäude anfallenden Wärmeimmission.
- Der Witterungsschutz für das Holztragwerk.
- Die konstruktiv bauphysikalische Optimierung der einzelnen Fassadenkomponenten.

Die Fassade besteht aus einer geschosshohen Verglasung aus ESG. Sie ist linienförmig gelagert und in Höhe des Brüstungsholmes an zwei Stellen über Punktlagerung horizontal unterstützt.

Zu den Fragen der freien Lüftung und zur Auslegung des Fassadenzwischenraumes bzw. der mit ihm in Zusammenhang stehenden Energieversorgung, wurden umfangreiche dynamische Strömungssimulationen und Laborversuche durchgeführt.

4 Ein neuartiges Brandschutzkonzept für die Holz-Stahl-Konstruktion

Um das aussteifende Holztragwerk filigran und wirtschaftlich auszuführen, wurde ein Ansatz gewählt, bei dem die Knotenpunkte „theoretisch“ keinen Feuerwiderstand aufweisen. Um den Nachweis zu führen, dass solche statisch hochgradig unbestimmten Holzkonstruktionen zwar nur einen geringen lokalen Feuerwiderstand aufweisen, jedoch einen nahezu beliebigen globalen Feuerwiderstand der Gesamtstruktur erzielen können, wurde mit Hilfe des „Semi-Komponenten-Stubausfallsverfahrens“ die Holzparabel-Konstruktion untersucht.

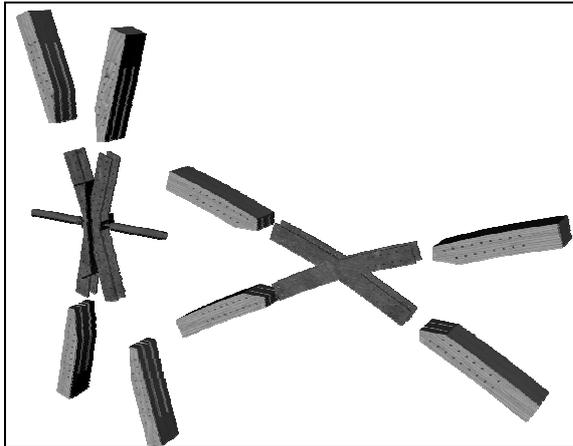


Abbildung 10: Ausbildung der biegesteifen Knoten des Holztragwerks

Die mechanischen Eigenschaften der hoch ausgelasteten Stabdübelverbindung mit innen liegenden Stahlblechen wurden an Probekörpern in Originalgröße ermittelt. In Simulationsrechnungen wurde das Verhalten der Knotenpunkte im Brandfall nachvollzogen und kalibriert.

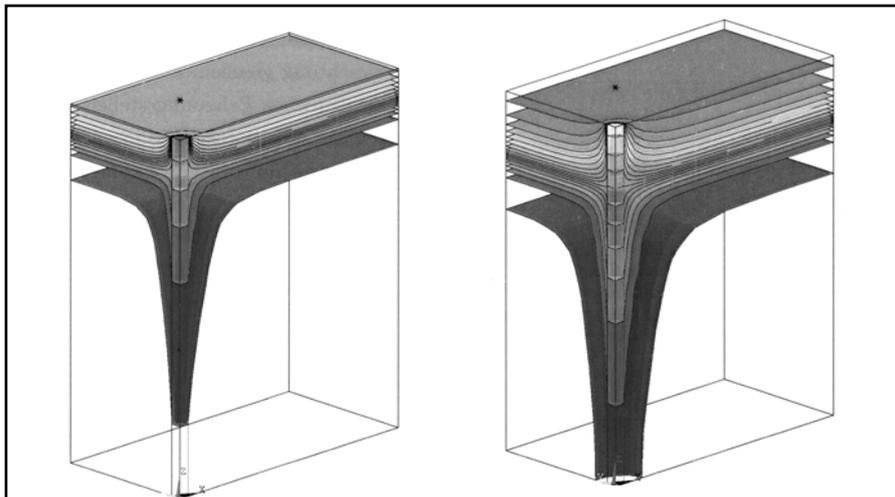


Abbildung 11: Flächen der Temperaturen (Isothermen) im Bereich eines Stabdübels der Holzknotenpunkte nach 30 und 60 Minuten Brandbelastung

Durch Kenntnis des Brandverhaltens der Knotenpunkte konnte die Resttragfähigkeit abgeschätzt und die Gesamtstruktur für verschiedene Brandszenarien, der Ausfall einzelner Holzstäbe und Knotenpunkte simuliert werden. Es wurde so nachgewiesen, dass durch Lastumlagerungen innerhalb des Flächentragwerks mehrere Knotenpunkte ausfallen können, ohne dass ein Kollaps der Gesamttragstruktur erfolgt. Das Hülltragwerk wird weder global noch lokal kinematisch. Berücksichtigt man nun noch die realen Eintrittswahrscheinlichkeiten wann und in welcher Form ein Brand ausbricht und wie dieser sich ausbreitet, so waren Feuerwiderstandsklassen von F30 bis F90 mit diesem Holztragwerk nachweisbar. Die tragenden und aussteifenden Bauteile weisen brandschutztechnische Anforderungen von F30 bei Einsatz einer Sprinkleranlage auf. Diese reduziert die Brandbeanspruchung der Bauteile sowie die Brandausbreitung.

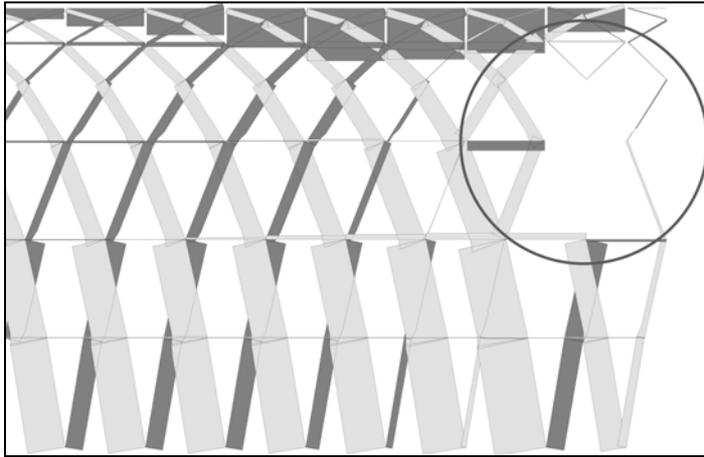


Abbildung 12: Kraftverlauf nach lokalem Versagen eines beispielhaften Bereiches des Tragwerks im Brandfall

Das entwickelte Brandschutznachweisverfahren ermöglicht filligrane Flächentragwerke aus Holz und Stahl, bei dem nicht der lokale Querschnitt oder die Ausbildung der Knotenpunkte bemessungsrelevant werden, sondern die Gesamtstruktur betrachtet wird. Dabei werden in einem iterativen Verfahren Stäbe und Knotenpunkte ausgewählt, die bei verschiedenen Brandszenarien in einer Kette von Versagensmechanismen ausfallen dürfen, bis der Gesamtkollaps der Struktur erreicht wird.

5 Umsetzung der bauakustischen Anforderungen mit der Holzkonstruktion

Die Landesvertretung beinhaltet unterschiedliche Nutzungen: Büro- und Verwaltungsbereiche, Wohnappartements für Gäste und Mitglieder der Landesregierung NRW, Hausmeisterwohnungen, ein großer „Mehrzweckssaal“ für unterschiedliche Veranstaltungen, Dolmetscherkabinen und Gastronomiebereiche. Aus der Mischnutzung ergeben sich entsprechend unterschiedliche Vorgaben des Schallschutzes. Die in Abstimmung mit dem Bauherrn festgelegten Schallschutzstandards sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Raumklassifikation	Trennwände	Trenndecken	
	Luftschall $R'_w \geq$	Luftschall $R'_w \geq$	Trittschall $L'_{n,w} \leq$
Übliche Büroräume	37 dB	52 dB	53 dB
Hochwertige Büroräume	47 dB	54 dB	53 dB
Mehrzwecksaal	62 dB	62 dB	46 dB
Besprechungsräume	45 dB Nachbarraum 42 dB transparente Wände	52 dB	53 dB
Normale Appartements	47 dB	54 dB	53 dB
Hochwertige Appartements, Wohnung	54 dB	54 dB	53 dB

Tabelle 1: Zusammenfassung des festgelegten Schallschutzstandards

Die Holz-Hohlkörperdecke führt zu einer leichten, vorfertigten und ressourcenschonenden Konstruktion. Diesen positiven Eigenschaften steht ein bauakustisch komplexes Verhalten der leichten Rohdecke gegenüber. Durch die Ausführung als Hohlkörperdecke sind die aufgeleimten oberen und unteren Beplankungen über die Holzbalken akustisch steif miteinander verbunden. Eine Körperschallübertragung findet direkt über die Balken statt, die Schalen sind nicht ausreichend entkoppelt und der Hohlraum stellt einen Resonanzkörper dar. Andererseits sind die Holzdecken für eine Schalldämmung über deren „Masse“ deutlich zu leicht.

Die im Wohnungsbau übliche bauakustische Verbesserung ähnlich aufgebauter Rohdecken mit schwimmend verlegten Massivestrichen war bei dem Bauvorhaben der Landesvertretung NRW nicht gewollt, da es mit dem Konzept der leichten und flexiblen Trag- und Ausbaustruktur nicht harmonierte.

Um das festgelegte Schallschutzniveau ohne schwimmenden Massivestrich erreichen zu können, waren andere akustisch hochwirksame Leichtbaukonzepte erforderlich. Eine weitere Herausforderung stellte der Wunsch einer Metall-Kühldecke in den Büroräumen dar. Die Möglichkeit für den Einsatz einer raumseitigen, bauakustisch wirksamen, geschlossenen Unterdecke waren mehr nicht gegeben. Die gewünschte Metall-Kühldecke ist bauakustisch annähernd wirkungslos. Durch die Perforation der Metallkassetten und die Fugen zwischen den einzelnen Platten und zum Bandraster erfüllt die Decke nicht die wichtige akustische Anforderung der Dichtheit. Auch durch eine Dämmstoff- und Gipskartoneinlage in die Metallkassetten lässt sich keine ausreichende Verbesserung erzielen.

Die bauakustisch schwierige Ausgangslage der Holzdecken lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Bauakustische komplexe Holz-Hohlkörperdecke als Rohdecke.
- Hohe Fugenteile durch die vorgefertigte Montage der Rohdeckenelemente.
- Einbringen von Masse (z.B. schwimmende Massivestriche) nicht gewünscht.
- Hohe Installationsdichte an der Unterseite der Holzdecke.
- Raumseitige geschlossene biegeeweiche Unterdecke nicht möglich.

Diese akustisch komplexe Grundkonstruktion sollte durch gezielte Zusatzmaßnahmen bei der Konzipierung des Fußbodenaufbaus und der Unterdeckensysteme auf die jeweiligen gestalterischen und akustischen Anforderungen einstellbar sein. Ohne Rückgriff auf einen schwimmenden Massivestrich und eine bauakustisch wirksame Unterdecke, mit denen gute Ergebnisse zu erzielen sind, war dies eine besondere Aufgabe für die Ingenieure von TSB.

Entwickelt wurde ein neuartiger Deckenaufbau in Zusammenarbeit mit der Versuchsanstalt für Holz und Trockenbau in Darmstadt. Als Bodenaufbau wurde ein Hohlraumboden in Trockenbauweise auf einem akustisch zu entkoppelten Trockenestrich entworfen. Als Estrich kam eine Scheibe aus drei Lagen Gipsfaserplatten der Dicke 10 mm auf einer Mineralwolle-Trittschalldämmung zur Ausführung. Die Stützfüße des Hohlraumbodens sind über zusätzliche Dämmelemente aus Kork-Gummi-Granulat von dem Trockenestrich entkoppelt. Ein weiterer wichtiger Baustein für die Reduzierung des Schalleintrages in das Deckensystem war eine geeignete Fußbodenaufgabe. Hier wurde ein akustisch hochwertiger Teppichbelag mit hohem Trittschallverbesserungsmaß vorgesehen.

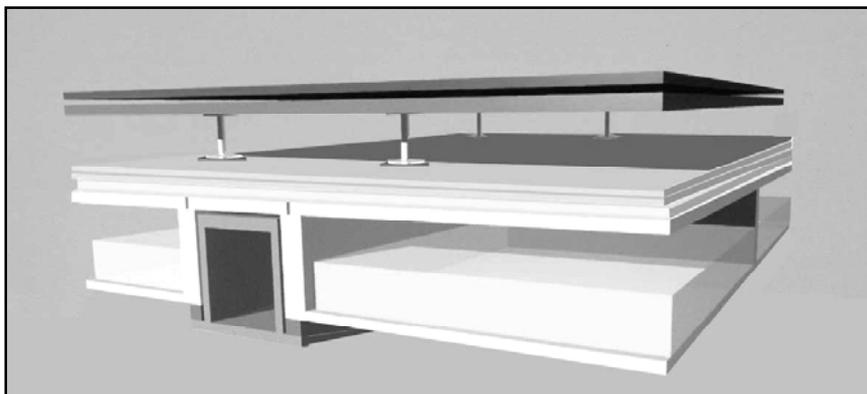


Abbildung 13: Deckenaufbau mit schwimmenden Trockenestrich

Die Raumaufteilung (Anordnen von Trennwänden) erfolgt oberhalb des Estrichs. Dabei werden Trennwände mit höheren Anforderungen auf den Estrich gestellt. Normale Bürotrennwände werden im Sinne einer Grundrissflexibilität auf den Hohlraumboden gesetzt. Lediglich im Bereich der Wohnungstrennwände musste die Estrichscheibe zur Verringerung der Schall-Längsleitung unterbrochen werden.

Es wurden abschließende Schallschutzmessungen durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse entsprachen in etwa den Erwartungen. Beispielhafte Messergebnisse sind in Tabelle 3 gegenüber gestellt.

Nr.	Deckenaufbau bauseitige Rohdecke, unterseitige Brandschutzbekleidung der Stahlträger, schwimmend verlegter Trockenestrich, Hohlraumboden mit Dämmelementen unter den Stützenfüßen, Teppichbelag	Luftschall R'w,B [dB]	Trittschall L'n,w,B [dB]
1	Normaler Büroraum:	59	55
2	Appartement:	61	51

Tabelle 2: Ergebnisse der Schallschutzmessungen auf der Baustelle an ausgebauten Räumen

Die erzielten Luftschalldämm-Maße liegen bei beiden Raumtypen deutlich über den festgelegten Schallschutzanforderungen. Aus der leichten Holzrohdecke im Verbund mit dem durchgehenden schwimmenden Trockenestrich wurde eine neue Einheit als Grundkonstruktion der Trenndecke geschaffen. Die Funktion Tragen und die Funktionen Dichtheit und Bauakustik sind voneinander getrennt.

Im Rahmen des betrachteten Bauvorhabens wurde gezeigt, dass es auch in reiner Trocken- und Leichtbauweise gelingt, die gängigen Schallschutzstandards zu vereinbaren. Nicht durch die Masse, sondern durch eine intelligente Bauteilschichtung lassen sich die bauakustischen Anforderungen erfüllen.

Dabei wird in einer konsequenten Leichtbauweise schonend mit natürlichen Ressourcen und Energie umgegangen und Wartezeiten durch Trocknungsprozesse vermieden.

Durch fortschreitende Entwicklung auf Basis der im Rahmen des Neubaus der Landesvertretung Nordrhein-Westfalens beim Bund in Berlin gesammelten Erfahrungen wird sich die beschriebene Art der Deckenkonstruktion akustisch weiter verbessern lassen und so zukünftig für einen breiteren Anwendungszweck im Leichtbau zur Verfügung stehen.

Ausblick

Durch das von allen Beteiligten umgesetzte Gesamtkonzept dieser neuen innovativen Bauweise eines einzigartigen Tragwerks ist ein neuartiges Gebäude entstanden, das dem hohen Anspruch des Bauherrn und damit auch der Nutzer genügt. Die Weiterentwicklung solcher Tragwerksstrukturen, in Verbindung mit speziell auf den Werkstoff Holz abgestimmten Brandschutzkonzepten, wird Ziel der nächsten Entwicklungsarbeiten von TSB sein. Es gibt keine zwangsläufige Ablehnung von Holz auch weit über heutigen Einsatzbereich hinaus. Aber es zeigen sich riesige weiße Flecken auf der Landkarte des baulichen Denkens. Nicht das Holz oder das "Leicht" ist das Problem, sondern das Unwissen von den Vorzügen dieses leichten Baustoffs. Der schöpferische kongeniale Umgang mit der Bauweise führt zu einem unerschöpflichen Repertoire an Gestaltung und Funktionalität.

Das Bauwerk mit seiner besonderen und eigenwilligen Holz-Stahlkonstruktion wurde mit dem Deutschen Holzbaupreis 2003 ausgezeichnet.

Autor

Dipl.-Ing. Karsten Tichelmann

Tichelmann Simon Barillas, Beratende Ingenieure, Annastr. 18, 64285 Darmstadt

Leiter der VHT - Versuchsanstalt für Holz- und Trockenbau, Annastr. 18, 64285 Darmstadt

Bauherr:	Bau-Liegenschaftsbetrieb NRW
Architekten:	Petzinka Pink Architekten, Düsseldorf
Tragwerksplanung LP 1- 8:	Karsten Tichelmann in PPT
Entwurf des Holztragwerkes:	Karsten Tichelmann
Brandschutzkonzeption des Holztragwerkes:	Versuchsanstalt für Holz- und Trockenbau Darmstadt
Bauakustik und Sonderzulassungen:	Versuchsanstalt für Holz- und Trockenbau Darmstadt
Ausführung:	stahl + verbundbau GmbH Paul Stephan GmbH