



BERATENDE INGENIEURE

Zeitschrift des internationalen Consulting

VBI

- Bauen mit Holz
- Bahnbau
- Software und IT
- Neue Produkte und Projekte

Sporthalle Hauptschule Rieden-Vorkloster, Bregenz Hohlkästen lösen vielgestaltige Probleme

■ ■ ■ von Konrad Merz



- 1 Eingangsbereich
© Bruno Klomfah
- 2 Neue Schulsporthalle
© Bruno Klomfah



Die neue Schulsporthalle mit ihrem Nebentrakt ergänzt das aus den 1960er-Jahren stammende Ensemble der Schulanlage Rieden-Vorkloster von Architekt Ernst Hiesmayr. Die fast quadratische Turnhalle wird von schlanken, geschosshohen Kastenträgern aus Holz überspannt, die von Stützen aus Leimholz getragen werden, und ist größtenteils mit Glas eingedeckt. Die 45 m langen Kastenträger, bestehend aus Gurten und Pfosten aus BS-Holz und beidseitig aufgeleimten Dreischichtplatten, wurden aus drei vorgefertigten Teilen auf der Baustelle zusammengesetzt.

Konzeption

Für den Neubau wurde der westliche Gebäudeflügel mit einer alten Turnhalle abgerissen. Damit die Charakteristik des Schulgebäudes erhalten bleibt, bildet ein neuer, zweigeschossiger Baukörper den westlichen Hofabschluss. Dieser Gebäudeflügel besteht aus einer Holzkonstruktion mit schlanken und dicht aneinander gereihten Brettschichtholzstützen. Diese tragen die ohne zusätzliche Verkleidung sichtbare Decke aus Hohlkastenelementen.

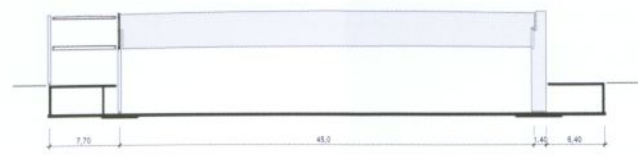
Die neue Turnhalle wird, um ein Geschoss versenkt, in den Schulhof hineingebaut. Der eine Hofteil wird auf das Untergeschossniveau abgesenkt und mit einer Tragstruktur überdacht, der andere bleibt Außenraum und erhält ein Baumdach.

Die Erschließung der Schulsporthalle erfolgt über die beiden Schmalseiten des neu angefügten Gebäudeflügels, d.h., die einzelnen Funktionsbereiche der Schulsporthalle sind über das Foyer und Buffet im Erdgeschoss zu erreichen. Im Obergeschoss befinden sich Räumlichkeiten für Sportvereine und die Technikzentrale, im Untergeschoss sind die Umkleide- und Nassräume untergebracht.

Die Sporthalle hat an beiden Längsseiten 1.200 mobile Sitzplätze, die beim Schulsport in Nischen an den Längswänden geschoben werden können. Die Halle lässt sich in zwei längsgerichtete Hallen mit ca. 21 m × 45 m und in bis zu vier annähernd quadratische Hallen mit ca. 21 m × 22,5 m teilen. Die Unterteilung für den Schulbetrieb erfolgt mit doppel-schaligen Trennwandelementen in Hallenhöhe, wobei zwei Trennwandvorhänge auf Krananlagen geführt sind, um sie an der hofseitigen Hallenwand parken zu können.

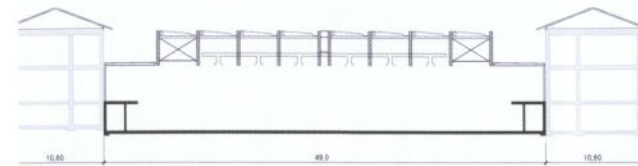
Tragkonstruktion der Sporthalle

Die Sporthalle wird von zehn im Abstand von 4,5 m angeordneten, schlanken, geschosshohen Kastenträgern aus Holz mit einer Stützweite von 45 m überspannt und ist größtenteils mit Glas eingedeckt (Abb. 3). Diese Träger bestehen aus einem Gerippe aus Brettschichtholz (BS), gebildet aus Obergurt, Untergurt und vertikalen Pfosten, das mit beidseitig aufgeleimten Dreischichtplatten (Lärche) beplankt ist. Die hofseitigen Stützenscheiben sind in BS-Holz ausgeführte Hohlkastenträger und wurden in der Decke des Untergeschosses eingespannt (Abb. 4). Sie stabilisieren das Gebäude



3 Längsschnitt – statisches System des Gebäudes
© merz kaufmann partner GmbH

4 Hohlkastenträger-Stützen-Konstruktion
© merz kaufmann partner GmbH



5 Querschnitt Halle
© merz kaufmann partner GmbH

6 Montage Westflügel
© merz kaufmann partner GmbH



in Längsrichtung. Zum Westflügel hin werden die Kastenträger von Pendelstützen getragen. In Querrichtung wird die Konstruktion zwischen die bestehenden Klassentrakte »eingeklemmt« (Abb. 5). Verleimte Nebenträger aus BS-Holz und Dreischichtplatten tragen das Glasdach, wobei die Verglasung direkt auf den Stegen der Nebenträger befestigt ist.

Die Außenfassade des westlichen Gebäudflügels besteht aus schlanken BS-Holzstützen mit einer Ansichtsbreite von ca. 8 cm und einer Tiefe von 30 cm. Sie sind in dichter Folge mit einem Abstand von etwa 80 cm gereiht. Diese Pendelstützen tragen die Decken- und Dachelemente (Abb. 6). Eingesetzt wurden sichtbar bleibende Hohlkastenelemente mit einer Akustik-Lochung an den Unterseiten. Decke und Dach spannen über 7,3 m frei – bei Belastung durch nicht tragende Trennwände sowie Verkehrslast für Versammlungsräume. Der gesamte Trakt wird durch die Scheibenwirkung der Decken- und Dachelemente ausgesteift (Abb. 6).

Die beiden quer anschließenden Massivbautrakte bilden die horizontalen Auflager. Die Scheiben sind mittels einbetonierter Stahlteile an deren Wänden angeschlossen. Die Steifigkeit der Decken und der Dachscheibe ist groß genug, um die Verformungen auf ein für die flächendeckende Verglasung ausreichend kleines Maß zu beschränken. Zwischen den Stützen ist eine Verglasung mit ca. 20 cm nach innen versetzten Scheiben eingestellt, so dass die Stützen

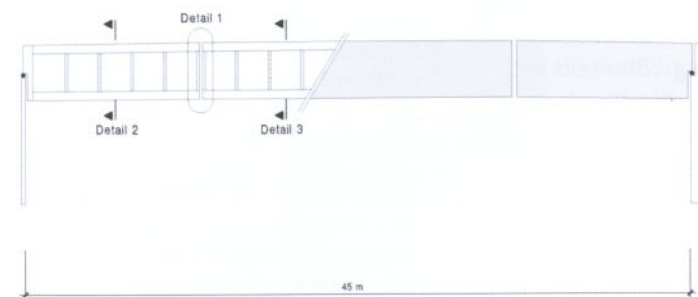
das lang gestreckte Bauteil von außen gliedern. Eine Bekleidung aus Lärchenholzbletern schützt die Stützen vor der Witterung.

Die Kastenträger

Die Kastenträger sind 45 m lang und 4 m hoch. Bauteile solcher Abmessungen sind bekanntlich nur schwer als Ganzes auf der Straße transportierbar. Dem gegenüber steht das Bestreben nach einer möglichst weitgehenden Vorfertigung im Werk, um den Anforderungen an Produktivität, Qualitätskontrolle und Montagezeit gerecht zu werden. Unter

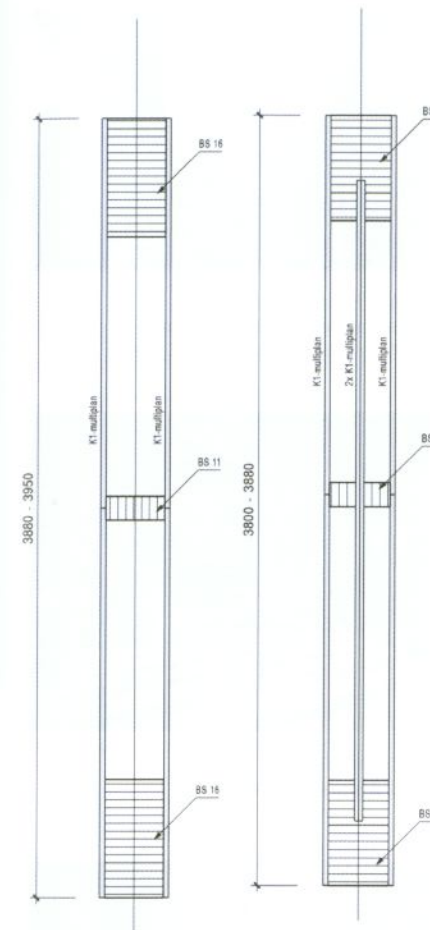
Berücksichtigung dieser Punkte, aber auch aus statischen Gründen und nicht zuletzt Überlegungen zu einem rationalen Einsatz der Hebezeuge, entstand die Haupttragkonstruktion aus drei werkseitig vorgefertigten Teilen mit Längen von 12,5 m, 20 m und erneut 12,5 m (Abb. 7, 8).

Der mittlere Kastenträger von 20 m Länge besteht aus Ober- und Untergurten BS16 300/600 mm, Pfosten BS11 180/300 bzw. 60/300 mm und beidseitig aufgeleimter Beplankung aus 3S-Platten $d=26$ mm aus Lärchenholz (Abb. 9). Die beiden Randträgerabschnitte, je 12,5 m



7 Schema des Kastenträgers
© merz kaufmann partner GmbH

8 Kastenträger-Montage
© merz kaufmann partner GmbH



9 10 Querschnitt Binder Mittelelement (Detail 3) und Randelement (Detail 2)
© merz kaufmann partner GmbH

Länge, bestehen aus Ober- und Untergurten BS11 300/520 mm, Pfosten BS11 180/300 bzw. 60/300 mm, beidseitig aufgeleimter Beplankung aus 3S-Platten $d=26$ mm und einem Steg als Querkraftverstärkung aus 3S-Platten $d=2 \times 20$ mm (Abb. 10).

Die Träger haben bis zur Mitte ausgeklinkte Auflager. Diese Ausklinkung wird mit dem randseitigen Rahmenholz gebildet, das aus blockverleimten 3S-Platten hergestellt wird, um den hohen Schubbeanspruchungen Rechnung zu tragen und die auftretenden Querkzugspannungen aufzunehmen.

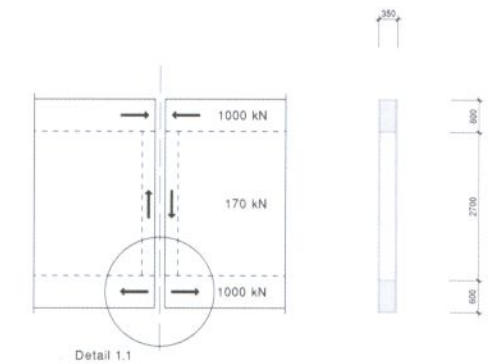
Die Ausklinkung erfolgt aus konstruktiven Überlegungen, um Zwängungsbeanspruchungen und Verformungen im Westtrakt, die sich aus der Durchbiegung des Hauptträgers ergeben (Verdrehung der Trägerränder), zu vermeiden (Abb. 11).

Für den Zusammenbau auf der Baustelle galt es eine Verbindung zu wählen, die unterschiedlichsten Anforderungen gerecht wird:

- Am Stoß der Einzelteile treten ein Moment von ungefähr 3.500 kNm und eine Querkraft von 170 kN auf (Abb. 12).
- Der Kraftfluss soll auf der Baustelle mit nur wenigen Schrauben geschlossen werden können, was am einfachsten mit einer Stahl/Stahl-Verbindung zu lösen ist. Das bedeutet, die Kräfte aus den zu fügenden Holzteilen müssen zuerst in Stahlteile eingeleitet werden. Dazu werden im Werk geeignete Stahlteile in die Holzquerschnitte eingebaut.
- Anzustreben ist eine Verbindung mit einem hohen Ausnutzungsgrad, damit die an einem ungestoßenen Binder ermittelten Balkenabmessungen infolge der Montageverbindung nicht zu stark vergrößert werden müssen.
- Nicht zuletzt sollten die Montagegröße am fertigen Bauwerk möglichst unauffällig sein.

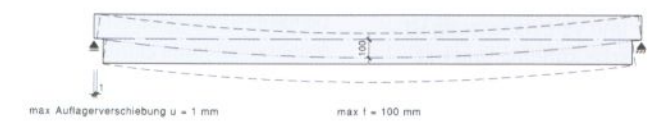
Die ausgeführte Lösung erfüllt diese Anforderungen weitgehend. Das Anschlussmoment, im Stoßbereich in eine Zug- und eine Druckkraft aufgeteilt, wird durch vier fast identische Stahlteile übertragen (Abb. 13). Der abgebildete Zugstoß unterscheidet sich vom Druckstoß nur durch die Art der Kraftübertragung vom Holz in das Stahlteil. Während beim Zugstoß die Kraft mit Hilfe von selbstbohrenden Stabdübeln ($d = 7$ mm) ins Stahlteil eingetragen wird, geschieht dies beim Druckstoß über Kontaktpressung. Mit dieser Art der Verbindung wird ein Ausnutzungsgrad der anschließenden Stäbe von ungefähr 65 % erreicht. Durch die »Vielschnittigkeit« kann der gesamte zu verbindende Querschnitt aktiviert werden. Die Dübel werden mit kleinen Abständen versetzt, was die Anschlussfläche und damit die Größe der Stahlzeile reduziert.

Das gleichzeitige Bohren von Holz und Stahl gewährleistet eine größtmögliche Passgenauigkeit. Differenzen im Lochbild von Stahl- und Holzteilen, wie sie bei der Verwendung von normalen Stabdübeln auftreten können, hervorgerufen durch Ungenauigkeiten in der Arbeitsvorbereitung, »Verlaufen« des Bohrers bei der Herstellung der Löcher, Quellen und Schwinden der Holzteile zwischen Produktion und Montage oder Verziehen der Stahlteile beim Verzinken, gibt es nicht. Die hohe Passgenauigkeit wirkt sich auch positiv auf das Verformungsverhalten aus. Die Herstellung der Verbindung ist vergleichsweise einfach und erfordert kein spezielles Know-how. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass die Querkraft im hier behandelten Knoten mit seitlich aufgenagelten Lochblechen aus Flachstahl übertragen wird. Die Verbindung ist in drei Bleche aufgeteilt. Dabei wurde während der Montage zuerst nur das zentrische Blech angebracht. Nach dem Entfernen der Gerüsttürme stellte sich ein erster Teil der Winkelverdrehung zwischen den angeschlossenen Binderteilen ein, resultierend u.a. aus dem Schlupf der Verbin-



11 Verformung
© merz kaufmann partner GmbH

Ausgeklinktes Auflager – Auflager in der Systemachse



Auflager an Unterkante Binder



12 Stoßbereich mit anzuschließenden Kräften (Detail 1)
© merz kaufmann partner GmbH

dungsmittel. Erst anschließend werden die beiden flankierenden Lochbleche aufgenagelt, um eine zu große Querzugbeanspruchung in den anschließenden Pfosten der Kastenträger zu vermeiden. Trotzdem wurden auch diese Pfosten aus blockverleimten 3S-Platten hergestellt. Für die Unterbringung aller während der Montage zugänglichen Stahlteile ist die Beplankung um 25 cm ausgespart und wird nachträglich ergänzt, womit auch die geforderte Brandwiderstandsdauer von 30 min erreicht wird.

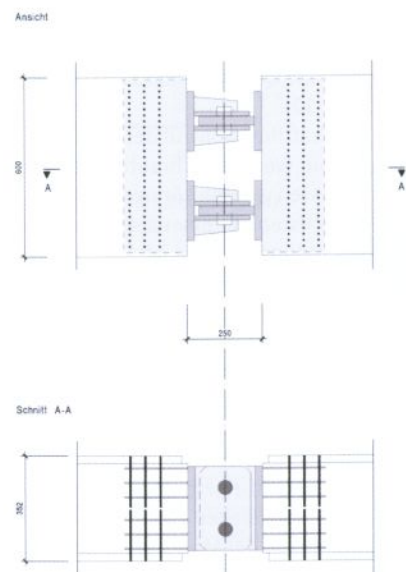
Die hohen zulässigen Schubspannungen der Mehrschichtplatten sowie die Zugtragfähigkeit quer zur Faserrichtung der Decklagen (Stichwort »Querzug«) erlaubten problemlos große Durchbrüche für Luftleitungen im Bereich der größten Schubbeanspruchungen.

Zum Klimakonzept

Um möglichst viel natürliches Licht in die Halle zu bekommen, wurde das Dach weitgehend verglast. Die Verglasung ist direkt auf den Stegen der Nebenträger aus BS-Holz und Dreischichtplatten befestigt, die im Meterraster zwischen den Kastenträgern hängen (Abb. 14). Verglastes Dach, bis zu 2.400 Zuschauer bei Sportveranstaltungen und unterschiedliche Nutzungen stellen hohe Anforderungen an das Raumklima- und das Lichtkonzept. Große Regelungsflexibilität war gefragt. Trotz der großflächigen Verglasungen sollte das Gebäude einen niedrigen Energieverbrauch bei moderaten Herstell- und Betriebskosten für Lüftung und Kühlung aufweisen. Dies wurde durch die simulationsgestützte Entwicklung des Gebäudeklimakonzeptes erreicht. So konnten Glasdach, Sonnenschutz, Blendschutz, Haustechnik und Regelung eng aufeinander abgestimmt geplant und realisiert werden. Das Konzept zielt auf Temperaturen im Sommerbetrieb von maximal 27 °C, eine sehr helle Halle ohne störende Blend- oder Schattenwirkungen und einen guten Raumklimakomfort. Der Normalbetrieb Schul- und Vereinsnutzung ist ohne mechanische Kühlung und mit einem hohen Anteil an natürlicher Lüftung möglich.

Das Gebäudeklimakonzept besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- verglastes Hallendach mit effizientem Sonnen-/Blendschutz in zwei Lagen, automatisch öffnende Klappen zur thermischen Entlüftung bei Überwärmung im Hallendachbereich,



13 Verbindung am Untergurt © merz kaufmann partner GmbH

- sehr gute Tageslichtnutzung in Halle, Aufenthalts- und Erschließungsflächen über die Verglasung,
- kompakte energieeffiziente Lüftung mit Wärmerückgewinnung und Heiz-/Kühlfunktion für Sportveranstaltungen,
- Zuluftanlage mit Kühlung über Fundamentabsorberregister zur Spitzenlastabdeckung, Kühlung und Lüftung bei Veranstaltungen und zur ökonomisch-ökologisch günstigen Lüftung im Schulbetrieb,
- energieeffiziente automatische Kunstlichtregelung in Abstimmung mit dem Sonnenschutz und den Tageslichtverhältnissen innen und außen,
- einfach programmierbare Regelung gemäß den Betriebszuständen Absenkbetrieb, Schul- und Veranstaltungsnutzung.

Autor:
Konrad Merz,
Diplom-Bauingenieur
merz kaufmann partner GmbH Bauingenieure,
Dornbirn

Bauherr
Landeshauptstadt Bregenz
Immobilienverwaltungs KEG

Architekt
Ritsch Nägele Waibel, Dornbirn

Tragwerksplanung
merz kaufmann partner GmbH, Dornbirn

Ausführung Holzbau
Kaufmann Bausysteme GmbH, Reuthe



14 Anschluss Nebenträger an Kastenträger mit Verglasung © merz kaufmann partner GmbH



15 Erschließung © Bruno Klomfah



16 Innenansicht © Bruno Klomfah



17 2003 fertig gestellter Neubau © Bruno Klomfah

Salzlagerrhalle Schwalbach in Holzbauweise
Tragwerksentwicklung im Einklang mit der Architektur

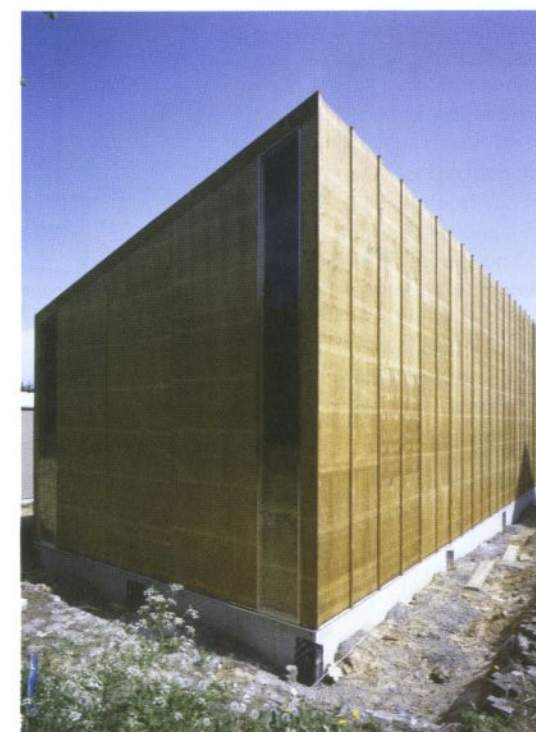
von Heinz Pape

Salzlagerrhallen sind Bauwerke mit einem meist architektonisch untergeordneten Stellenwert. Die Funktionalität der Hallen steht bei vielen Bauherren im Vordergrund, so dass sie sich in der Regel für industriell vorgefertigte kostengünstige Standardhallen entscheiden. Nicht so im Falle der Salzlagerrhalle für den Bauhof der Stadt Schwalbach. Hier wurde ein Bauteam, bestehend aus Architekt und Tragwerksplaner, beauftragt, das Bauwerk zu entwerfen.

Die Bauaufgabe

Der Bauhof von Schwalbach liegt in exponierter Lage inmitten eines Wohngebietes. Die für das Vorhaben Salzlagerrhalle von den Systemanbietern angebotenen Standardbauten besaßen zwar ausnahmslos die volle Funktionalität, aber die vom Bauherren gewünschte Herstellung eines architektonischen Bezuges zur vorhandenen Umgebung schien für die Systemanbieter eine nicht realisierbare Leistung. Wegen der offensichtlichen Diskrepanz zwischen der gebotenen Funktionalität und der minderen Gestalt der Katalogbauten wurde deshalb ein Planungsteam aus Marzluf Maschita Zürcher Architekten, Frankfurt am Main, und der bauart Konstruktions GmbH als Tragwerksplaner mit der Bauaufgabe beauftragt.

Der Neubau der Salzlagerrhalle sollte als Teil der bereits bestehenden übergeordneten Strukturen funktionieren und in keinem Fall wertmindernd auf die bereits bestehende Bauhofbebauung wirken. Gestalterisch war eine homogene und schlichte Außenseite angestrebt; im Inneren sollte ein natürlich belichteter Raum entstehen. Aufgrund des bestehenden B-Planes war die Dachform als Pultdach vorgegeben. Grundrissabmessungen und auch die Höhe der Halle ergaben sich im Wesentlichen aus der zu lagernden Salzmenge und aus dem erforderlichen Radladerbetrieb zum Befüllen der Streufahrzeuge.



1 Ansicht der Salzlagerrhalle, Aachen © Jörg Hempel

Das vom Bauherren vorgegebene Budget für das Projekt, das sich an den Kosten für eine industriell gefertigte Systemhalle orientierte, durfte auf keinen Fall überschritten werden. Das Planungsteam arbeitete gemäß dem Vorbild der alten Baumeister: Während des integralen Planungsprozesses erfolgte eine ständige Optimierung, um kostengünstige, unkonventionelle, aber im Detail präzise und funktionale Lösungen zu entwickeln.

Wahl der Werkstoffe

In Salzlagerrhallen sind die verwendeten Bau- und Werkstoffe aufgrund des vorhandenen Raumklimas einer besonderen chemisch-aggressiven Beanspruchung ausgesetzt. Insbesondere die Ablagerung fester Salzkristalle an den Oberflächen in Verbindung mit Tauwasserbildung, bedingt durch die extrem hohe Luftfeuchtigkeit, stellt besondere Anforderungen an die Dauerhaftigkeit der Werkstoffe. Der Baustoff Holz besitzt im Vergleich zu vielen anderen Materialien, wie z.B. Beton oder unlegierten Stählen, eine sehr hohe natürliche Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung verschiedenster

Chemikalien und bewährt sich seit vielen Jahren beim Bau von Salzlagerrhallen. Neben seiner hohen Dauerhaftigkeit sprechen auch die hygroskopischen Eigenschaften des Holzes für diesen Baustoff. So können bei einer Trockenlagerung von Salz überhöhte Wasserdampfkonzentrationen in der umgebenden Luft ausgeglichen werden.

Auch bei der Schwalbacher Halle entschied sich das Planerteam für den konsequenten Einsatz des Werkstoffes Holz: zum einen für Konstruktionsvollholz (KVH) und zum anderen für kesseldruckimprägniertes Furnierschichtholz (Kerto-Q-FSH). Konstruktionsvollholz ist im Grundsatz ein veredeltes Bauschnittholz gemäß DIN 4074 mit höheren Anforderungen an Holzfeuchte, Maßhaltigkeit und Optik. Kerto-Furnierschichtholz (Kerto-FSH) wird aus ca. 3 mm dicken Fichte-Schäl furnieren hergestellt. Bei den in Schwalbach verwendeten Platten vom Typ Kerto-Q ist der Faserverlauf der Furnierlagen vorwiegend in Längsrichtung und einiger Lagen in Querrichtung (ca. 20%) orientiert. Aufgrund der gesperrten Anordnung sind diese Platten besonders formstabil und können als großformatige