



BERATENDE INGENIEURE

Zeitschrift des internationalen Consulting

VBI

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

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 Außenerscheinung 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 Bauherrn vorgegebene Budget für das Projekt, das sich an den Kosten für eine industriell gefertigte Systemhalle orientierte, durfte auf keinen Fall überschritten werden.

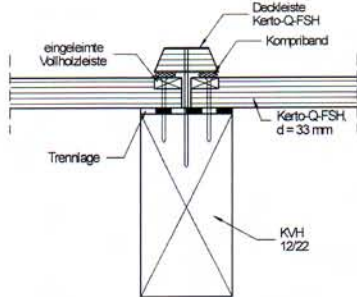
Das Planungsteam arbeitete gemäß dem Vorbild der alten Baumeister: Während des integralen Planungsprozesses erfolgte eine ständige Optimierung, um kostengünstige, unkonventionelle, aber im Detail präzise und funktionale Lösungen zu entwickeln.

Wahl der Werkstoffe

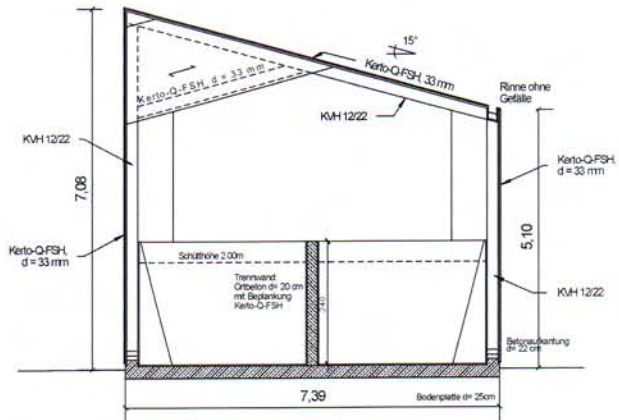
In Salzlagerrhallen sind die verwendeten Bau- und Werkstoffe aufgrund des vorhandenen Raumklimas einer besonderen chemisch-aggressiven Beanspruchung ausgesetzt. Insbesondere die Ablagerung fester Salzkristalle an den Oberflächen in Verbindung mit Tauwasserbildung, bedingt durch die extrem hohe Luftfeuchtigkeit, 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



2 **Ausbildung der Gebäudehülle im Stoßbereich der Dachhaut**
© bauart Konstruktions GmbH & Co. KG



3 **Hallenquerschnitt**
© bauart Konstruktions GmbH & Co. KG

Platten mit hohen Festigkeiten eingesetzt werden. Sie werden standardmäßig in einer Breite von 1,82 m und einer Länge bis zu 23 m geliefert.

Im Gegensatz zu getrocknetem Fichtenholz, das sich nicht für das Imprägnieren im Kesseldruckverfahren eignet, kann Kerto-FSH vollständig durchimprägniert werden. Bei Fichtenholz werden während des Trocknungsprozesses die Zellhohlräume durch die so genannten Hoftüpfel verschlossen, so dass sich bereits nach wenigen Millimetern ein wasserundurchlässiger Mantel um das innenliegende Holz bildet, die Imprägnierung somit nur bis in die äußersten Schichten des Holzes gelangt. Lediglich über die Hirnholzflächen kann weiter Wasser bzw. Imprägniermittel in das Holz gelangen.

Bei der Herstellung von Kerto-FSH entstehen während des Schälvorganges kleine, dicht nebeneinander liegende Haarrisse in den Furnierlagen. Diese Risse führen nicht zu einem Festigkeitsverlust, ermöglichen aber ein weitgehend ungehindertes Eindringen wässriger Holzschutzmittellösungen im Kesseldruckverfahren. Die erforderliche anschließende technische Trocknung der imprägnierten Platten bewirkt erneut einen Verschluss der Zellhohlräume durch die Hoftüpfel, so dass sich die Platten nach wenigen Millimetern Eindringtiefe erneut selbst abdichten. Dieses Phänomen ist seit Jahrhunderten von Holzschindeldächern und auch vom Fass- und Bootsbau her bekannt.

Durch die Kesseldruckimprägnierung war es unter Beachtung der Regeln der DIN 68800 »Holzschutz im Hochbau« möglich, die Kerto-FSH-Platten als frei bewitterte, tragende Dach- und Fassadenplatten einzusetzen. Um auch im Stoßbereich der Platten die Dichtigkeit der Gebäudehülle zu gewährleisten, wurde an den Längsrändern der Platten werkseitig ein Vollholzstreifen eingeleimt (Abb. 2). Diese Maßnahme verhindert eine Hinterläufigkeit der Abdeckleiste infolge einer Rissbildung in der Plattenoberfläche.

Auch die Holzflächen mit direktem Kontakt zum Streusalz in der Halle wurden aus kesseldruckimprägnierten Kerto-Q-FSH hergestellt. Das chemisch unbehandelte KVH wurde nur in den Bereichen ohne direkten Salzkontakt eingesetzt. Alle Verbindungen und Anschlüsse der tragenden Holzkonstruktion wurden ausschließlich mit Nägeln, Klammern, Schrauben und Dübeln aus nichtrostenden Stählen hergestellt.

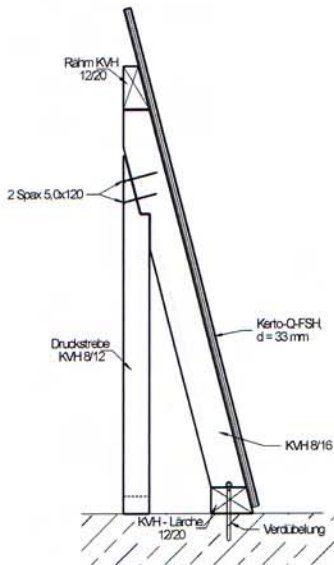
Konstruktion und Tragsystem

Die Salzlagerhalle hat eine Gesamtlänge von 17 m und eine Breite von 7,4 m. Der Baukörper gliedert sich in einen freistehenden Portalbereich und den eigentlichen Funktionskörper (Abb. 1). Um eine lange Nutzungsdauer der Halle zu gewährleisten, wurde beim Tragwerksentwurf eine eindeutige Trennung zwischen Verschleißbauteilen und der eigentlichen Hallentragkonstruktion realisiert. Die Tragkonstruktion besteht aus Dreigelenkrahmen in einem Abstand von 0,91 m und wird ausschließlich infolge von Wind- und Schneelast beansprucht.

Rahmenstiele und Rahmenriegel werden jeweils aus einem nachgiebig verbundenen Querschnitt, bestehend aus KVH (12/22) und der äußeren, 33 mm dicken Beplankung aus Kerto-Q-FSH, gebildet. Der Firstknoten des Rahmens im Funktionskörper wird durch zusätzlich aufgenagelte Kerto-Q-FSH-Platten ausgesteift (Abb. 3). Der Traufpunkt und die Anschlüsse auf der Stahlbetonbodenplatte sind gelenkig ausgebildet. Die zusätzlichen Aussteifungsdreiecke im Firstknoten lösen im Halleninnenraum die Assoziation eines symmetrischen Giebelgedachs aus (Abb. 4). Im Schüttgut-Lagerbereich wurden entlang den Außenwänden zusätzliche Strebenböcke aus KVH angeordnet und mit Kerto-Q-FSH-Platten beplankt (Abb. 4, 5). Diese Konstruktion sorgt zum einen für ein kontinuierliches Nachrutschen des Salzes und verhindert zum anderen auch eine Beschädigung der Haupttragkonstruktion durch den Radladerbetrieb. Die Belastung aus der Anschüttung wird direkt über den Strebenbock in die Stahlbetonbodenplatte abgeleitet. So-



4 **Innenansicht der Salzlagerhalle**
© Jörg Hempel

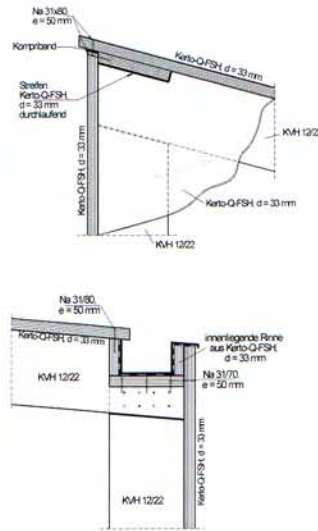


5 Strebenbock
© bauart Konstruktions GmbH & Co. KG

mit werden die Dreigelenkrahmen des Haupttragwerkes nicht zusätzlich beansprucht, wodurch es möglich wurde, die Rahmenstiele und -riegel bei annähernd gleichmäßiger statischer Ausnutzung querschnittsgleich auszuführen. Im Portalbereich wird die Aussteifung des Rahmens durch eine Teileinspannung in einen 1,2 m hohen Stahlbetonsockel, der wiederum biegesteif mit der Bodenplatte verbunden ist, und durch zusätzliche Laschen aus Kerto-Q-FSH in den Rahmenecken erreicht. Der Stahlbetonsockel wurde für einen möglichen Fahrzeuganprall der verkehrenden Nutzfahrzeuge bemessen. Zum zusätzlichen mechanischen Schutz der Betonoberfläche wurde der Sockel mit Kerto-Q-FSH bekleidet.

Berechnung und Bemessung

Die Berechnung und Bemessung des Holztragwerkes erfolgte nach DIN 1052. Die Dreigelenkrahmen wurden unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel bemessen. In einem ersten Schritt wurden diese als ebene Teilsysteme nach Theorie II. Ordnung unter Ansatz einer ungewollten Schiefstellung des Rahmensystems von $\Psi = 1/(100 \cdot h^{0,5})$ gemäß DIN 1052 dimensioniert und nachgewiesen. Bei den Berechnungen wurde ein linearer Zusammenhang zwischen der Verformung der Verbindungsmittel und der Tragwerksverformung vorausgesetzt. Es ergab sich eine maximale horizontale Verformung am Firstpunkt von $f = 148 \text{ mm}$. Diese sehr großen Verformungen waren Anlass, das System realitätsnah unter



6 First- und Traufpunkt
© bauart Konstruktions GmbH & Co. KG

Berücksichtigung der aussteifenden Wirkung der Dachscheibe und der Längs- und Giebelwand zu berechnen. Dabei wurde eine Dachscheibe, die im Firstbereich durch einen Kerto-Q-FSH-Streifen und im Traufbereich durch eine innenliegende Rinnenkonstruktion aus Kerto-Q-FSH in Längsrichtung zusätzlich verstärkt ist, rechnerisch in Ansatz gebracht. Die Dachscheibe ist im Bereich der Dreigelenkrahmen und der Längs- und Giebelwand elastisch gestützt. Die Steifigkeit der Dreigelenkrahmen wurde aus dem ersten Berechnungsschritt abgeleitet. Die Steifigkeiten der Giebelwand und der Längswände wurden ausschließlich aus der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel zwischen den jeweiligen Wandscheiben und der Dachscheibe ermittelt, da im Verhältnis zum Anschluss die Wandscheiben aufgrund der hohen Eigensteifigkeit als starr betrachtet werden können. Da es gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen

Zulassung für Kerto-Q-FSH zulässig ist, auch in den Schmalseiten der Platten Verbindungsmittel statisch wirksam anzuordnen, waren beim Anschluss der Wände an die Dachscheibe zusätzliche Füllhölzer entbehrlich (Abb. 6). Die durchgeführten Berechnungen ergaben eine maximale horizontale Verschiebung der Dachscheibe im Bereich der Halleneinfahrt von $f = 13 \text{ mm}$. Bezogen auf die Firsthöhe h entspricht dies einer Verschiebung von $f < h/530$ und ist für die Konstruktion unkritisch.

Zusammenfassung

Für den Bau der Salzlagerhalle für den Bauhof der Stadt Schwalbach wurde ein Tragwerk aus Holz entworfen, bei dem die gesamte Gebäudehülle, bestehend aus 33 mm dickem, kesseldruckimprägniertem Kerto-Furnierschichtholz im Verbund mit einem Dreigelenkrahmen aus Konstruktionsvollholz, wirkt und somit nicht nur den erforderlichen Witterschutz liefert, sondern auch wesentlich beim Lastabtrag wirksam ist. Die in die Gestaltung einbezogenen logischen und damit unaufdringlichen Tragelemente wurden auf das Wesentliche reduziert. Der vorgegebene enge Kostenrahmen wurde eingehalten. In integraler Planung, basierend auf dem gemeinsamen Anliegen der beteiligten Architekten und Ingenieure, Tragwerk und Architektur als Einheit zu betrachten, ist es gelungen, eine außergewöhnliche Salzlagerhalle zu realisieren.

Autor:

Dr.-Ing. Heinz Pape,
bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, Lauterbach

Architektur

Marzluf Maschita Zürcher Architekten BDA,
Frankfurt/M.



7 Ansicht Hallenrückseite
© Jörg Hempel