



- Verformungsberechnungen im gerissenen Zustand
- Ermüdungsfestigkeit bei zyklischer Beanspruchung
- Verbunddübelleisten mit Betonausbruchversagen
- Chlorideindringwiderstand von Mörtel und Beton
- Frischbetonverbundtechnologie
- Abdichten mit Fugenbändern – die neue DIN 18197
- Fernwärmezentrale Waldau, St. Gallen

Fernwärmezentrale Waldau, St. Gallen

Ein ungewöhnliches Hallentragwerk in Betonbauweise

Die Sankt Galler Stadtwerke errichteten als erstes technisches Gebäude für die Umsetzung des Energiekonzepts 2050 in der Stadt St. Gallen die neue Fernwärmezentrale Waldau. Das in vieler Hinsicht ungewöhnliche Bauwerk gliedert sich im Wesentlichen in ein Untergeschoss in Ortbeton sowie eine aufgesetzte Halle in Betonbauweise. Das Tragwerk der als Systembau konzipierten Halle basiert auf einem quadratischen Tragraster mit 6 m Seitenlänge, welches sich bei einheitlichem, wiedererkennbarem Erscheinungsbild an verschiedenen Orten und für unterschiedliche Nutzungen der Werke einsetzen lässt. In Querrichtung bilden aus vorfabrizierten Betonelementen gefügte, vorgespannte Zweigelenrahmen das Primärtragwerk, das entlang der Fassaden mit Längsrahmen ergänzt ist. Zwischen den Rahmenstielen vor Ort eingefügte Ausfachungen aus Recyclingbeton mit Mischabbruchzuschlägen bilden die sichtbaren Fassadenflächen. In der Dachebene gewährleisten faltwerkartig gestaltete Sheddachhauben aus vorfabrizierten Betonelementen eine Belichtung des Innenraums von Norden her. Als weitere Besonderheit weist die Halle zwei rund 6,0 m hohe Tore mit Betontorflügeln auf, welche den Austausch großer Technikkomponenten ermöglichen.

1 Einleitung

Die neue Fernwärmezentrale Waldau ist das erste der technischen Gebäude, welche die St. Galler Stadtwerke für die Umsetzung des Energiekonzepts 2050 in der Stadt St. Gallen errichtet haben (Bild 1). Sie dient als Unterstation für die Verteilung der Heizenergie aus dem Kehrrichtheizkraftwerk. Unter anderem werden hierfür vier Netzpumpen mit einer Leistung von je 132 kW eingesetzt. Um den Not- und Spitzenbedarf des Fernwärmeverbands zu decken, weist die Zentrale außerdem zwei mit Heizöl betriebene Spitzenlastheizkessel mit je 16 MW Leistung und 450.000 l Öltanklager sowie einen 150.000 l fassenden Warmwasser-Speicher auf. Zwei Querraster der Halle werden für die Lagerung von bis zu 600 t Tausalz für den Straßenwinterdienst des Tiefbauamts der Stadt St. Gallen genutzt.

Das Projekt, welches beim Studienauftrag nach Präqualifikation den Zuschlag erhalten hatte, basiert auf einem Systembau-Konzept, das von den St. Galler Stadtwerken an verschiedenen Standorten und für unterschiedliche Nutzungen eingesetzt werden kann. Das System sieht ein allseitig erweiterbares Grundraster von 6 mal 6 Metern vor und ermöglicht den Stadtwerken in unterschiedli-

Control center Waldau of the district heating network, St. Gallen – an unusual concrete hall structure

The municipal energy supplier of the City St. Gallen in Switzerland built the first technical building to realize the energy concept 2050 of the City St. Gallen, the so called Control Center Waldau. The building, which is unusual in many respects, is essentially divided into a basement in cast-in-situ concrete and an attached concrete construction hall. The structure of the hall, designed as a system construction, is based on a square support grid with a side length of 6 m, which can be used with uniform recognizable appearance on different layers and for different uses of the works. In the transverse direction, 2-hinged prestressed frames made of prefabricated concrete elements form the primary structure, which along with the facades is supplemented with longitudinal frames. Between the frame stems reinforced concrete infillings made of recycled aggregates form the visible facade surfaces. In the roof level, foldedplate-shaped shed roof structures made of prefabricated concrete elements allow the hall to be illuminated from the north. Another special feature of the hall is the two 6.0 m high gates with concrete door wings, which allow the exchange of large technical components.

chen städtischen Situationen einen eigenständigen und wiedererkennbaren baulichen Auftritt. Es resultiert eine identitätsstiftende, zugleich anpassbare Architektur.

Die Primärtragstruktur ist aus hochfesten vorfabrizierten Betonelementen gefertigt, was bei den Ausfachungen je nach Nutzung Gestaltungsspielraum offen lässt. In der vorliegenden Konfiguration wurden die Ausfachungen in Sichtbauweise aus Mischabbruch-Recyclingbeton erstellt, um u. a. die Schallschutzanforderungen der im Siedlungsraum platzierten Anlage zu erfüllen. Die Nachbearbeitung der Außenfassade und der Treppenhalle durch Sto-



Bild 1 Fernwärmezentrale Waldau, St.Gallen (CH)
Control center Waldau of the district heating network, St. Gallen

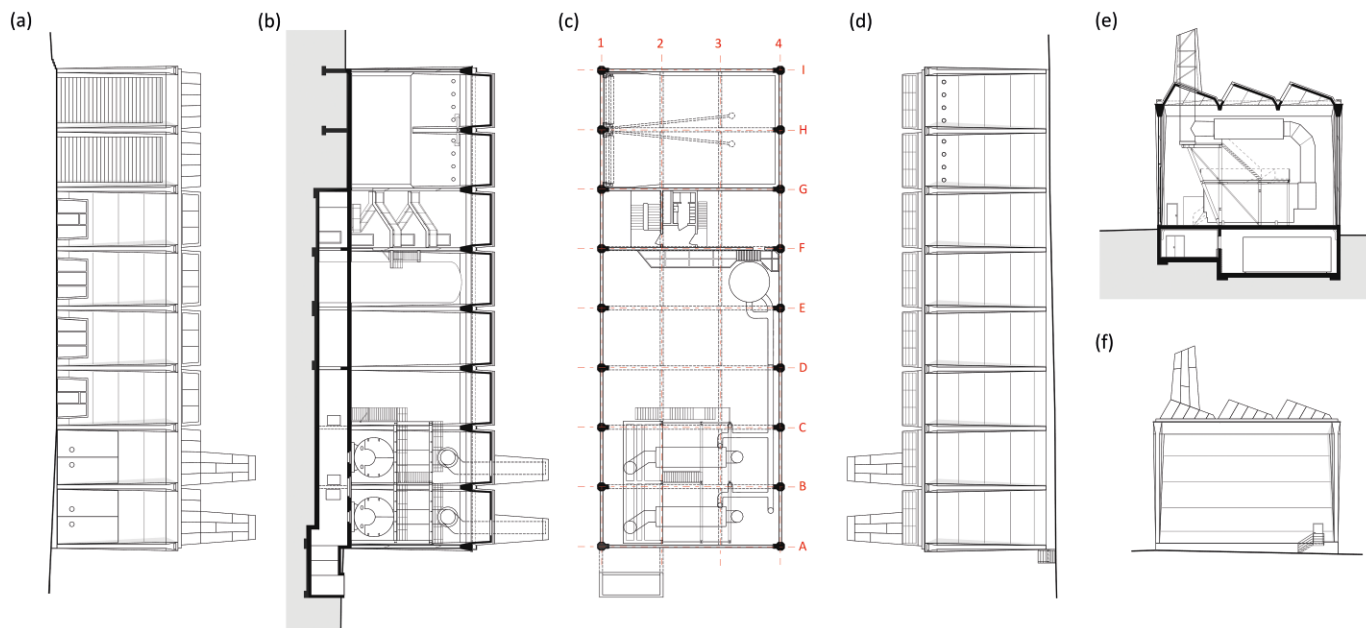


Bild 2 Übersicht: (a) Ansicht Nordseite; (b) Längsschnitt; (c) Grundriss 2. OG; (d) Ansicht Südseite; (e) Querschnitt; (f) Ansicht Westseite [2]
Overview: (a) north side view; (b) longitudinal section; (c) plan 2nd floor; (d) south side view; (e) cross section; (f) ouest side view

cken machte den Recyclingbeton zudem sichtbar. Nachhaltige Energieproduktion und ressourcenschonender Umgang mit dem Baumaterial Beton erhalten damit ihren angemessenen Ausdruck im innerstädtischen Kontext. Die Shedaufbauten des Systems bringen nordseitig Licht in die Gebäudestruktur und sind südseitig auf solare Energiegewinnung ausgerichtet [1].

2 Tragwerk

2.1 Gesamttragwerk

Das Tragwerk der Fernwärmezentrale Waldau setzt sich im Wesentlichen aus dem Untergeschoss in Ortbetonbauweise und einem aufgesetzten Hallenkörper bestehend aus vorfabrizierten Betonelementen mit Ortbetonwandausfachungen zusammen. Für die Treppen, die Unterkonstruktion der Wetterschutzhülle der beiden Kamine sowie für eine Podestkonstruktion und eine Galerie zur Gewährleistung des Zugangs zu den technischen Installationen werden Tragwerkselemente in Stahlbauweise eingesetzt, womit der additive Charakter dieser sekundären Bauteile in Materialisierung und kontrastierter Farbgebung klar zum Ausdruck kommt.

2.2 Hallenrahmentragwerk

Das Hallentragwerk charakterisiert im Grundriss ein der Systembauweise adäquates, konsequent eingesetztes Quadratraster mit Sprungmaß 6 m, wobei in Längsrichtung acht und in Querrichtung drei Rastereinheiten angeordnet sind. Mithin weist die rund 12 m hohe Halle eine Länge von 48 m und eine Breite von 18 m auf (Bild 2). Das Primärtragskelett der Halle besteht aus vorfabrizierten Betonelementen der Festigkeitsklasse C50/60. In

Querrichtung bilden Zweigelenrahmen das Haupttragelement der Halle. Die Rahmenriegel weisen einen trapezförmigen, sich nach unten von 0,85 m auf 0,40 m Breite verjüngenden Querschnitt von 1,20 m Höhe auf. Dessen Oberseite bietet ausreichend Platz für die Auflage der Shedelemente, die Druckzone in Feldmitte und die Spanngliedführung in der Rahmenecke (Bilder 3 und 4). Mithin resultiert eine Schlankheit von $h/l = 1/15$. Die Stützenquerschnitte wurden affin zur Biegebeanspruchung von der Rahmenecke ausgehend bis zum Fuß auf einen quadratischen Querschnitt mit Seitenlänge 0,40 m verjüngt, um einen effizienten Materialeinsatz zu gewährleisten. Ferner wird damit die Wirkungsweise des Tragsystems leicht visuell nachvollziehbar. Um die Schalarbeiten trotz der allseitigen Variabilität der Querschnittsform nicht übermäßig aufwendig zu gestalten, wurde bei der Stützenformfindung darauf geachtet, dass ausschließlich ebene Seitenflächen resultieren. Die Riegel und die Stützen der Querrahmen bilden separate vorfabrizierte Betonelemente mit transportfähigen Abmessungen. Sie sind unmittelbar neben dem Rahmenknoten beim Übergang zum Riegel gefügt (Bild 3). Das hoch beanspruchte Querrahmentragwerk wurde mit einer Vorspannung mit nachträglichem Verbund versehen. Vier Litzen aus Spannstahl Y1860 mit je 150 mm^2 Querschnittsfläche bilden das Vorspannkabel der Stützen, dessen Verlauf sich an der Biegebeanspruchung des Rahmens orientiert. Die Rahmenriegel sind derweil mit zwei Spannkabeln des gleichen Typs versehen, wobei die Litzen bei den Riegeln nach dem Versetzen der Elemente nachträglich eingestoßen und vorgespannt wurden. Um die inneren Hebelarme zu maximieren und vertikal mit kleinen Minimalradien fahren zu können, wurden die Litzen jeweils in liegend angeordneten Flachhüllrohren aus Blech geführt (Bild 5). Bei den Rahmenriegeln über den Betonquerwänden entlang der Achsen A, G, H und J konnte auf den Einsatz

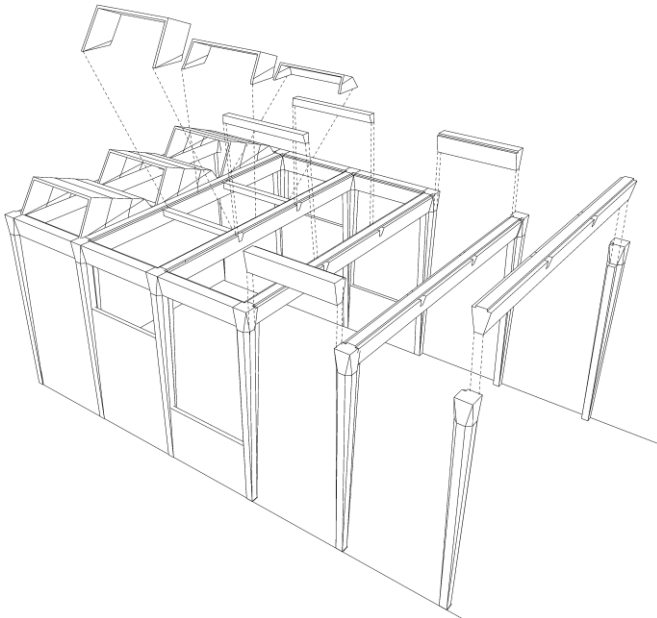


Bild 3 Übersicht Hallentragwerk (Perspektive) [2]
Overview hall structure (perspective)

einer Vorspannbewehrung verzichtet werden, da die gravitationsbedingten Lasten hier direkt über die Betonwände abgetragen werden können. Entlang des Dachrands wurden in Längsrichtung senkrecht zu den Querrahmen vorfabrizierte, schlaff bewehrte Trägerelemente mit bis auf die Shedauflage identischen Querschnitten wie die Rahmenriegel eingefügt, welche in Verbindung mit den Stützen Längsrahmen mit Fußgelenken bilden und so das Tragskelett des räumlichen Rahmentragwerks kompletieren. Durch Anordnung von entlang der Drittelpunkte der Querrahmen verlaufenden Längsträgern werden die quadratischen Dachrafterfelder mit einer Seitenlänge von 6,0 m aufgespannt. Diese sekundären Tragwerkelemente weisen entsprechend der Beanspruchung eine gegenüber den Rahmenriegeln reduzierte Querschnittshöhe von 0,45 m auf.

2.3 Ausfachung

Die Ausfachungen des Haupttragskeletts bilden in der Regel 0,25 m dicke Ortbetonwände aus Mischabbruch-Recyclingbeton. Um diesen Werkstoff auch von außen visuell erfahrbar zu machen und optisch eine klare Differenzierung vom Haupttragskelett zu generieren, wurden die außenseitigen Wandoberflächen nachträglich gestockt (Bild 6).

Hierbei wird die Zementhaut abgetragen, wodurch insbesondere die Backsteinzuschläge zum Vorschein gelangen und der Wand eine leicht orange Farbtönung verleihen. Architektonisch wurde so ein Bezug zur klassischen Industriearchitektur von Stahlhallen mit Backsteinausfachungen geschaffen bzw. deren Neuinterpretation initiiert. Basierend auf Voruntersuchungen der mechanischen Festbetoneigenschaften sowie der Verarbeitbarkeit wurden hierfür gewaschene und fraktionierte Recyclingzu-



Bild 4 Innenansicht des Dachtragwerks
Interior view of the roof structure

schläge gewählt, wobei für diejenigen mit Körnung zwischen 8 und 16 mm beinahe vollständig Backstein gewählt wurde. Insgesamt kam ein Mischabbruchanteil der Zuschläge von 50% zum Einsatz, wobei der Mischabbruch-Recyclingbeton mit einem Größtkorn von $D_{\max} = 16$ mm unter Verwendung von 300 kg/m^3 CEM I 42,5 bei einem Wasserzementwert von 0,5 einer Festigkeitsklasse C30/37 genügte. Die Rohdichte betrug 2.150 kg/m^3 . Die resultierende Konsistenz gewährleistete auch während der Sommermonate mit hohen Temperaturen und bei teils erschwerter Zugänglichkeit ein einwandfreies Einbringen und Verdichten. Obwohl eine konventionelle, kostengünstig einsetzbare Rahmenschalung verwendet wurde, konnte in enger Abstimmung mit dem Bauunternehmer eine einheitliche Elemententeilung gefunden werden, wodurch die trotz Stockvorgang deutlich in Erscheinung tretenden Elementfugen ein ansprechendes Bild ergeben. Im Bereich der beiden letzten Querraster (Achsen G bis I) wurden die Ausfachungen in die Bodenplatte eingespannt ausgebildet und deren Dicke bis auf eine Höhe von 3,60 m auf 0,40 m erhöht, um die Horizontalkräfte der mittig bis zu 9,0 m hohen Streusalzschüttung abzutragen.

2.4 Betontore

Um die beiden Heizkessel einzubringen und nach Erreichen der Nutzungsdauer austauschen zu können, wurde die Ortbetonausfachung über zwei Raster zwischen den Achsen A und C mit je einer Einbringöffnung versehen, welche mittels rund 6 m hohen Doppelflügel-Betontoren verschlossen werden kann.

Die Tore bestehen aus einer umlaufenden Fassung aus LNP-Stahlprofilen, die die Tordrehachsmechanik aufnehmen und mit dem Ausfachungsbeton über Schlaudern im Verbund wirken. Die Platzierung der Drehachse rund 0,38 m vom Torflügelende entfernt ermöglichte trotz signifikanter Tordicke und der nach oben der Stützenkante folgend konisch reduzierten Flügelbreite unter Beachtung

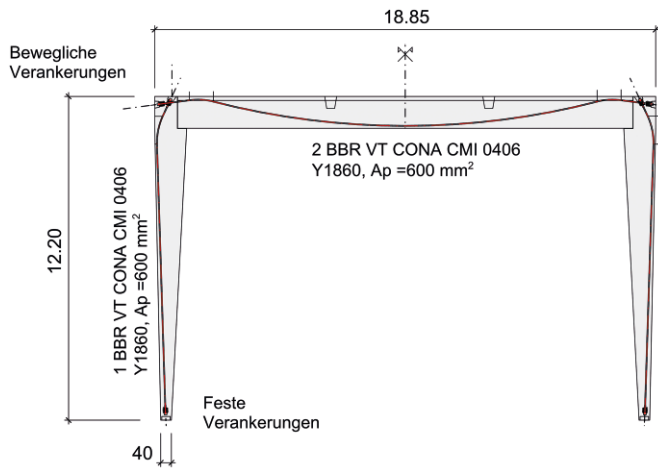


Bild 5 Querrahmen: Übersicht/Spannkabelführung
Frames: Overview/Presstressing cable layout

der Bautoleranzen eine minimale Türfuge von lediglich 30 mm. Um die Eigenlast der Torflügel bei Gewährleistung einer einwandfreien Verarbeitung des Betons zu reduzieren, wurde die Wanddicke mit Ausnahme eines 0,3 m breiten umlaufenden Streifens auf 0,18 m reduziert. Um ein einheitliches Erscheinungsbild des Ausfachungsbetons zu erhalten, wurden die rund 8,5 t schweren Betontorflügel außerhalb des Bauwerks in stehender Position mit gleicher horizontaler Arbeitsfugenlage wie die übrigen Ausfachungen erstellt und nachträglich eingehoben.

2.5 Obergeschosse

Zwischen den unterschiedlich genutzten Räumen – dem Salzlager und der Kesselhalle – wurden entlang der Achsen G und F über die gesamte Hallenhöhe Querwände in Ortbetonbauweise eingefügt. Dieses die Halle gliedernde Querraster ist mit zwei Zwischendecken versehen. Die entstandenen Geschosse nehmen Räume für die Steuerung der Anlage. Erschlossen werden diese Räume über ein sich über die gesamte Hallenhöhe erstreckendes Treppenhaus. Die Recyclingbetonausfachungen wurden hier auch inwendig gestockt. Die Treppe und Podeste wurden in Stahlbauweise ausgeführt.

2.6 Sheddach

Die quadratischen Dachfelder werden jeweils von shedartig gestalteten Dachfaltwerken überspannt, welche eine Belichtung der Halle von Norden her ermöglichen und gegen Süden Auflageflächen für Photovoltaik-Elemente bereitstellen. Dem Grundkonzept des Systembaus folgend, lassen sich die Dacheinheiten aufgrund des quadratischen Grundrisses je nach Exposition der Halle jeweils um 90° gedreht einsetzen. Die sich rund 2,1 m über Rahmenriegelebene erhebenden Dachsheds setzen sich aus jeweils drei vorfabrizierten Betonelementen mit einer Wandstärke von 150 mm zusammen, welche bei den Fugen über Stahleinlegeeile schubfest zu einer Faltwerkstruktur gefügt sind. Im Bereich der beiden Kamine wur-



Bild 6 Gestockte Mischabbruch-Recyclingbetonoberfläche
Concrete made of recycled aggregate with stacked surface

den die Sheds mit einer kreisrunden Öffnung versehen und für den Abtrag der Kaminhüllenreaktionen mit einer Verstärkungsrippe versehen.

2.7 Untergeschoss

Das Untergeschoss ist in Ortbeton-Bauweise gefertigt, wobei über die Untergeschossdecke die Lasten der rund 80 t schweren Kessel sowie weiterer Technikinstallationen abgetragen werden. Da die Öltanks vor der Erstellung der Untergeschossdecke eingehoben wurden, weist jene in diesen Feldern mit Rücksicht auf den Bauablauf vorfabrizierte Betonfiligranplatten als verlorene Schalung auf. Der sich über die gesamte Gebäudehöhe erstreckende Speicher wiegt im gefüllten Zustand rund 220 t und ist über ein verstärkendes, ringförmiges Stahleinlegeeile direkt auf die Bodenplatte aufgelagert.

2.8 Galerie, Kesselpodest und Kamin

Um die Zugänglichkeit zu den Kesseln, den Schalldämpfern sowie den Kaminanlagen zu gewährleisten, wurde in der Halle ein Kesselpodest in Stahlbauweise errichtet, welches außerdem die Lasten der beiden Kamine direkt in die Untergeschosswände abträgt (Bild 7). Die beiden Kaminröhren sind mit einer filigranen Stahlfachwerkkonstruktion umgeben, welche als Träger der Wetterhaut dient und direkt auf die Betonsheds abgestellt ist. Der temperaturbedingten signifikanten Längenänderung der Kaminröhren Rechnung tragend, sind die Kaminverkleidungen nicht mit den Röhren verbunden. Entlang der Achse G ermöglicht ferner eine Galeriekonstruktion in Stahlbauweise den Zugang zu den dort situierten Technikinstallationen.

3 Ergänzende Anmerkungen zur Tragwirkung

Horizontallasten infolge Erdbeben oder Wind werden in Hallenquerrichtung über die Zweigelenrahmen abgetra-



Bild 7 Kesselpodest
Steel platform

gen. In Hallenlängsrichtung werden die Horizontalkräfte in der Dachebene aufgrund der fehlenden Dachscheibe über Querbiegung der Haupttrahmenriegel auf die Längswände übertragen. Die entlang der Drittelpunkte verlaufenden sekundären Längsträger dienen in diesem Kontext neben der Auflagerung der Shedschalen der gleichmäßigen Verteilung der Horizontalkräfte auf alle Querrahmen. Während in Hallenlängsrichtung wirkende Horizontalkräfte auf der Südseite über die geschlossene Längswand abgetragen werden können, erfolgt der Abtrag auf der Nordseite im unteren Bereich mit Öffnungen über Querbiegung der Rahmenstiele. Deren Querschnitte werden entsprechend mit Ausfachungsabschnitten ergänzt. Die Rahmentragwirkung der Längsrahmen kommt neben den Bauzuständen vorwiegend im Bereich der Bontore und der über die gesamte Hallenhöhe reichenden Rolltore der Salzhalle zum Tragen. Bei alternativer Gestaltung der Ausfachung könnte das Längsrahmentragwerk indes zur alleinigen Stabilisierung der Halle in Längsrichtung ausgelegt werden.

4 Ausgewählte Konstruktionsdetails

Die einzelnen vorfabrizierten Elemente der Querrahmen sind in den Ecken vorwiegend über die Vorspannung zu Rahmen gefügt. Außerdem wurden zur unmittelbaren Verbindung und Lagesicherung der Teile auf der Biegezugseite jeweils zwei Bewehrungsstäbe mit einem nominalen Durchmesser von 30 mm über Scherkopfverbindungen verbunden. Insgesamt resultieren trotz der geometrischen Aufweitung des Querschnitts sehr knappe Platzverhältnisse, die eine detaillierte räumlich-konstruktive Abstimmung der Vorspannverankerungen, Stahlbauteile und Bewehrung erforderten.

Der Kraftfluss in der Rahmenecke ist anhand des zur Bemessung verwendeten Fachwerkmodells bzw. des zugehörigen diskontinuierlichen Spannungsfelds des maßgebenden Lastfalls in Bild 8 ersichtlich. Bild 9 zeigt die mit

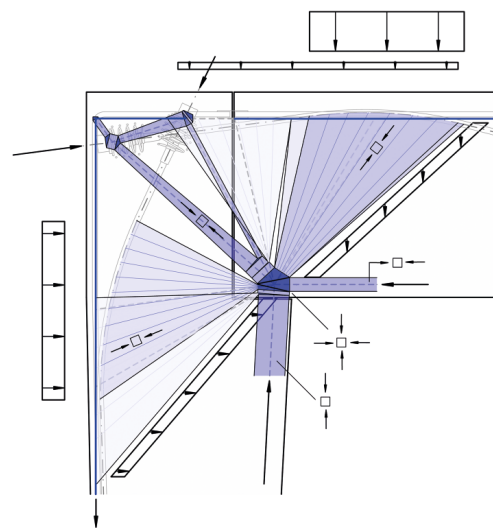
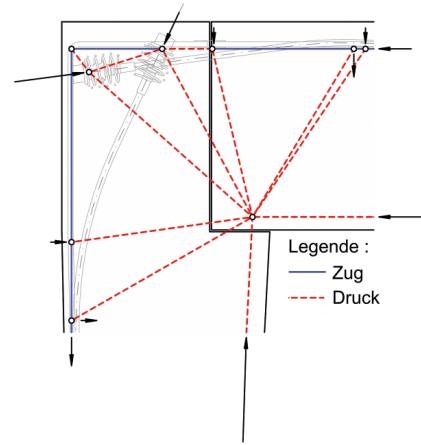


Bild 8 Rahmenecke: Fachwerkmodell (oben); zugehöriges diskontinuierliches Spannungsfeldmodell (unten)
Frame corner: strut and tie model (STM) (above); discontinuous stress field model (below)

der Modellierung korrespondierende konstruktive Ausgestaltung der Verbindungen im Knotenbereich. Der Kraftübertrag über die stumpf gestalteten Längsträgerstöße wurde über balkenschuhartig ausgebildete Stahleinbauteile bewerkstelligt, wobei die Querkraftübertragung im Bauzustand ohne temporäre Abstützung während des Einhängvorgangs einzig über Dübelwirkung der unteren Stäbe erfolgte.

Die sekundären, in Taschen der Hauptträger abgesetzten Innenlängsträger wurden über Schlaufenstoßverbindungen zu durchlaufenden Trägern gefügt. Die Ortbetonausfachungen sind über Rückbiegeanschlüsse seitlich und oben mit dem Haupttragskelett verbunden. Um insbesondere den Abtrag von Anpralllasten über die Rahmenstiele in die Untergeschossdecke zu gewährleisten, sind diese am Fuß mit Schubdübeln, bestehend aus 80 mm dicken VKT-Stahlprofilen, ausgestattet, welche in kurze Köcher versetzt wurden, die anschließend mit Vergussmörtel verfüllt worden sind.

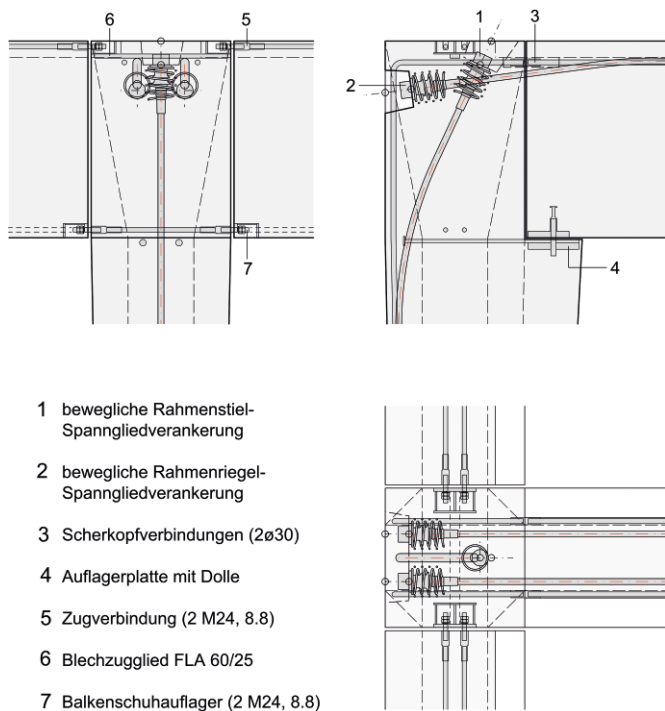


Bild 9 Querrahmen: Konstruktionsdetails der Knoten
Main frames: corner detailing

5 Fundation und Baugrube

Auf dem nordwestlichen Bauareal sind künstliche Auffüllungen mit einer Mächtigkeit von ca. 1,0 m bis 3,0 m zu finden, welche Richtung Südost auskeilen und außerhalb des Auffüllungsbereichs von einer lehmigen Deckschicht mit einer Mächtigkeit von rund 0,5 m bis 1,5 m abgelöst werden. Unter der Auffüllung bzw. Deckschicht steht direkt die mitteldicht bis dicht gelagerte Moräne an. Der Molassefelshorizont wurde in einer Tiefe von rund 3,3 m bis 5,3 m ab der Terrainoberkante angetroffen. An der Basis der Auffüllungen und z.T. örtlich innerhalb der Moräne zirkuliert Hang- und Sickerwasser mit einem Druckniveau, welches rund 2,5 m unter OK-Terrain liegt. Das Bauwerk ist flach fundiert, wobei die Gebäudelasten direkt in die Moräne eingetragen werden. Im Bereich des Salzlagers fehlt das Untergeschoss. Die hohen Lasten der Salzschtüttung werden hier über zellenartig angeordnete Wandscheiben ebenfalls auf den Moränenhorizont abgetragen.

Das Bauareal liegt in der Gasgefährdungszone und z.T. in der Zone mit zündfähigen Gasgemischen der Altdeponie Waldau, d.h. aus dem Untergrund gelangen u. a. Methan und Kohlendioxid zum Bauwerk. Aufgrund dessen ist unterhalb der Bodenplatte ein Kieskoffer mit Entlüftungsleitungen angeordnet, über welchen die Deponiegase abgeführt werden. Zusätzlich wurden die erdberührenden Bauteile des Untergeschosses aufgrund dessen als wasserdichte Betonkonstruktion gestaltet. Während des Bauprozesses wurde die Gaskonzentration stets überwacht und das Baustellenpersonal hinsichtlich des geeigneten Verhaltens aufgrund dieser Gefährdung entsprechend instruiert.

6 Dauerhaftigkeit

Um die Dauerhaftigkeit der gestockten und der Witte-rung ausgesetzten Außenflächen der Ausfachungen zu gewährleisten, wurde neben einer erhöhten Bewehrungsüberdeckung bei den äußeren beiden Bewehrungslagen verzinkter Betonstahl verwendet; zudem wurde die Oberfläche mit einer Hydrophobierung versehen.

Im Bereich des Salzlagers wurden die Ausfachungen und die Bodenplatte mit einer flächigen Abdichtung versehen, außerdem im Bereich des Schüttkegels eine Holzverschalung als mechanischer Schutz des Betontragwerks bzw. Verschleißschicht angeordnet. Darüber hinaus wurden in diesem Bereich sämtliche Einlegeteile der vorfabrizierten Elemente aus hochwertigem nicht rostenden Stahl gefertigt.

7 Bauausführung

Allgemein war der Bauablauf von einer engen Koordination der Baumeisterarbeiten mit den gleichzeitig durchgeführten Installationen der großen Technikkomponenten geprägt. Nach der Erstellung der Baugrube und des Untergeschosses inklusive der umfangreichen Fernwärmeleitungs-zuführungen wurden die Quer- und Längsrahmen des Betonskeletts versetzt, gefügt und vorgespannt (Bild 10). Aufgrund der Technikinstallationen erfolgte dies in zwei Etappen. Anschließend wurden die Ausfachungen vertikal jeweils in drei Etappen ausgeführt (Bild 11). Bei der obersten Etappe reicht die Ausfachungswand bis unmittelbar an die bereits versetzten Betonträger des Haupttragskeletts. Hierbei wurde der Beton über einen Schalungskeil seitlich eingebracht, während für das Verdichten mittels Rüttelflasche vertikale Futterrohre in den Betonträgern eingelegt wurden. Nach Vollendung der Wandausfachungen konnten im entsprechenden Sektor die Elemente der Sheddachelemente montiert werden.

Zum Einheben des im Leerzustand rund 50 t schweren Speichertanks wurde vor dem Versetzen der vorfabrizierten Betonelemente im entsprechenden Bereich ein Mobilkran mit entsprechender Hebekapazität mit den Pratzen auf der Untergeschossdecke aufgesetzt, was im Untergeschoss einer schweren Sprießung bedurfte.

8 Zusammenfassung

Die Konzeption des beschriebenen außergewöhnlichen Betonhallentragwerks in Systembauweise ist durch ein Rahmen-Tragsystem mit klarem Raster, einfach ablesbarem Lastabtrag und affin zur Beanspruchung gestalteten Querschnittsabmessungen bestimmt. Der Werkstoff Beton wird hierbei in hochfester Ausführung und als Recyclingbaustoff entsprechend der jeweiligen Bauteiltypologie effizient eingesetzt. Durch die formal differenzierte Gestaltung des Rahmentragwerks und der Ausfachungen



Bild 10 Aufrichten des Betonrahmentragwerks
Erecting the concrete framework

sowie die unterschiedliche Farbe und Textur der jeweiligen Oberflächen prägt das Zusammenspiel dieser beiden Materialien den Ausdruck des Bauwerks.

Bei der Planung und Ausführung der Konstruktion stellte insbesondere die konstruktive Ausgestaltung der Knoten bzw. Fügepunkte unter Beachtung der Randbedingungen der Fertigteilmontage die größte Herausforderung dar. Entwurf und Projektierung des Tragwerks als bestimmende formale Komponente des Gebäudes fanden in enger konstruktiver Zusammenarbeit mit dem Architektenteam um THOMAS KAI KELLER statt, dem an dieser Stelle hierfür gedankt sei. Nicht unerwähnt bleiben sollen auch die übrigen Projektbeteiligten, welche wesentlich zur Planung und insbesondere Realisierung des Bauvorhabens beitragen. Die Tab. 1 gibt die wichtigsten Beteiligten mit Bezug zum Tragwerk wieder.

Literatur

- [1] Thomas K. Keller Architekten GmbH: *Fernwärmezentrale Waldau, St. Gallen – Baubeschrieb*. St. Gallen, 20.07.2017.
- [2] THOMAS K. KELLER (Hrsg.): *Fernwärmezentrale Waldau, St. Gallen*. Ostschweiz Druck, Wittenbach, 2017. [ISBN: 978-3-033-06463-8]



Bild 11 Erstellung der Ausfachungen
Pooing the concrete infills

Tab. 1 Ausgewählte Projektbeteiligte
Selected Participants

Bauherrschaft	St. Galler Stadtwerke (sgsw) Hochbauamt Stadt St. Gallen
Architekt, Baurealisation	Thomas Kai Keller Architekten GmbH
Tragwerksplanung	Dr. Lüchinger + Meyer Bauingenieure AG
Geologe, Altlasten Technik	Andres Geotechnik AG Hälg & Co. AG
Bauunternehmer	Bruderer Bau AG
Elementbau	Element AG
Tiefbau	Koch AG
Betontore	Roth AG
Stahlbau	Hautle Metallbau AG

Autor



Dr. Hans Seelhofer
Dr. Lüchinger + Meyer Bauingenieure AG,
Limmatstrasse 275
CH 8005 Zürich
hse@luechingermeyer.ch