Trag- und Raumstruktur zugleich

Autor(en): **Rooden, Clementine van**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **139 (2013)**

Heft 13-14: **Energiezentrale Bern**

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-323690

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

TRAG- UND RAUMSTRUKTUR ZUGLEICH

Das Tragwerk der Energiezentrale Forsthaus in Bern muss nicht nur den enormen Abmessungen und der Verfahrenstechnik gerecht werden. Es ist auch sichtbar und bestimmt das Erscheinungsbild des Gebäudes. Die Bauingenieure von Walt + Galmarini und die Architekten Graber Pulver entwarfen es gemeinsam.

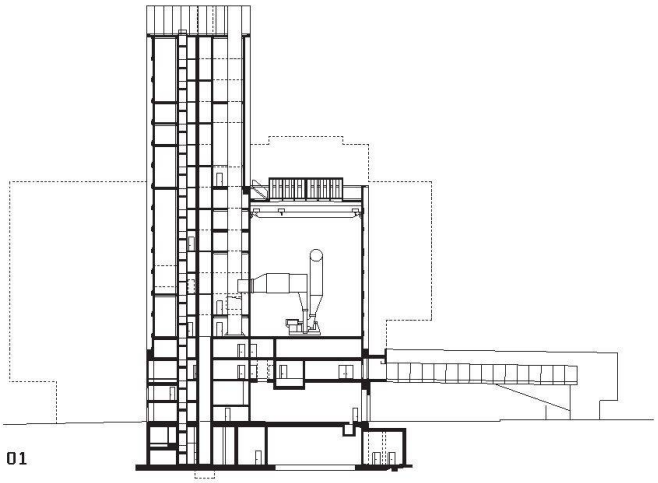
Die lineare Gebäudestruktur (vgl. «Gesellschaftlicher Relevanz eine Form geben», S. 19) der Energiezentrale Forsthaus Bern ist in Bunker, Prozessgebäude, Fernwärmezentrale und Betriebsgebäude unterteilt. Die Passerelle am Gebäudeeingang und der 300 m lange Korridor entlang der gesamten Anlage ergänzen diese vier Bauwerke. Für sie alle konzipierten die Ingenieure von Walt + Galmarini in enger Zusammenarbeit mit Graber Pulver Architekten ein eigenes Tragwerk. Die Tragstruktur aller Gebäudeteile ist gleichzeitig Architektur und übernimmt somit nicht nur statische Funktionen, sondern ebenso ästhetische und raumbildende Aufgaben. Die einzelnen Gebäude fügen sich zu einer Einheit zusammen.
«Das Tragwerk des KVA ist reduziert und deshalb einfach zu bauen, und es ist sicher, robust und dauerhaft.» So hiess es im Bericht der Wettbewerbseingabe, und so war das Ziel für die tragwerkspezifische Umsetzung. Bauteile aus Beton erfüllen diese Anforderungen am besten: Sie sind robust, abriebfest, resistent gegen mechanische Einwirkungen, dauerhaft und können als Fertigteile schnell montiert werden. Man kann die Elemente roh belassen beziehungsweise in Sichtbeton erstellen, und sie erfüllen die brandschutzspezifischen Vorgaben. Der Beton ist dicht, sodass er das verschmutzte Wasser vom Grundwasser trennt und trockene Räume im Grundwasser hergestellt werden können (Kasten «Geologie»). Ausserdem lassen sich Betonbauteile als vorfabrizierte Elemente jederzeit demontieren. Da die Maschinerie, die sie einhüllen, mit 25 Jahren eine deutlich geringere Lebensdauer hat als die Gebäudehülle mit 60 Jahren, wird der verfahrenstechnische Teil der Anlage innerhalb der minimalen Lebensdauer mindestens einmal komplett ersetzt. Dies sollte möglich sein, ohne die statisch funktionierende Hülle zu beschädigen. Grosse Löcher und Durchbrüche durch Böden, Wände oder Dach zwischen den Haupttragelementen und nachträgliche Befestigungen schwerer Einrichtungen müssen möglich bleiben. Bunker, Prozessgebäude, Fernwärmezentrale, Betriebsgebäude, Passerelle und Korridor sind denn auch hauptsächlich aus Ortbeton und vorfabriziertem Beton konstruiert. Einzig der Fernwärmezentrale ist eine mächtige Stahlfachwerkkonstruktion aufgesetzt.
Die konsequente Rasterbauweise mit grossen Spannweiten von bis zu 25 m in allen Gebäudeteilen ermöglicht einen weitgehend unbehinderten und unabhängigen Maschinenbau im Innern. Die Betonwände können mit Ausnahme der Erdbebenscheiben in gewissem Rahmen durchlöchert und Installationen einfach gedübelt werden.

BUNKER AUS DÜNNEN SCHEIBEN

Der Kehrichtbunker als wuchtige Aufwerfung am Ende des Gebäudes bzw. am Anfang des Prozessablaufs ist aus Ortbeton und besteht aus Dach, Zwischendecken und vier Kammern mit dünnen Scheiben und Platten, die sich gegenseitig stützen (Abb. 03–05). Er funktioniert

GEOLOGIE

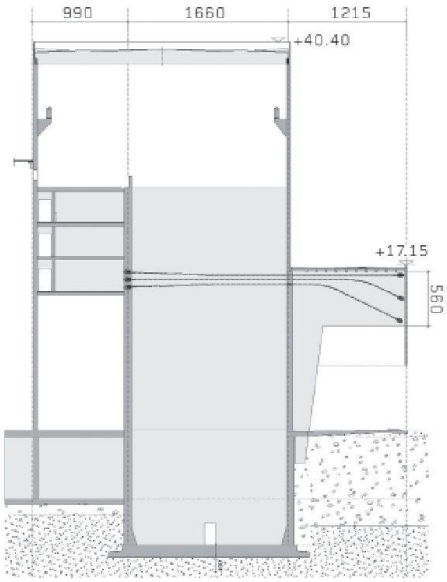
Gemäss geologischem Gutachten und zwei zusätzlich erstellten Berichten des geotechnischen Instituts von Bern zu den Sondier- und Tiefenbohrungen gibt es auf dem Bauareal unter einer bis zu 1.6 m mächtigen natürlichen Deckschicht vorwiegend Sande und Kiese, sogenannte Rückzugsschotter. Diese Schichten sind je 7.5 bis 10.5 m mächtig. Ab einer Tiefe von ca. 9 bis 11.5 m finden sich Rückstausedimente, deren Konsistenz mehrheitlich mittelsteif ist, in wassergesättigten Bereichen ist sie eher weich und in trockenen eher steif. Dazwischen sind immer wieder sandige Zwischenschaltungen anzutreffen.
Der Gletscher hat diese Schichten nicht mehr zusammengedrückt, und weil das Areal vormals als Waldfläche genutzt worden ist, ist es auch nicht vorbelastet. Daher war klar, dass das lange und schwere Gebäude die tiefen Ton- und Feinsandschichten zusammenpressen und sich senken würde.
Das Areal befindet sich zudem im Gewässerschutzbereich A_{U2}. Somit umfasst es Gebiete mit nutzbarem Grundwasservorkommen und die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete. Alle Hohlräume der Ton- und Feinsandschichten sind mit Grundwasser gefüllt. Werden die Ton- und Feinsandschichten zusammengedrückt, bildet sich Porenwasserüberdruck, und das Wasser wird aus den kleiner werdenden Hohlräumen gepresst. Dieser Konsolidationseffekt kann Jahre dauern. Ohne spezielle Massnahmen würden sich verschiedene Bauteile wie Bunker und Verbrennungsofen über Jahre unterschiedlich setzen, was die über 30 m hohen Einrichtungen nicht aufnehmen können. Aus diesem Grund wurde der flach fundierte Bunker während der Bauzeit mit einer temporären Fuge von der restlichen Anlage, die auf Pfählen fundiert ist, getrennt und vorbelastet. 14 m hoch wurden die Kammern mit Wasser gefüllt. Diese 14 t/m² entsprechen der maximalen Mülllast und beschleunigen den Konsolidationseffekt – sie nehmen die Setzungen sozusagen vorweg. Erst als sich die prognostizierten Setzungen eingestellt hatten, schloss man die Fuge. Differenzielle Setzungen zwischen den beiden Gebäudeteilen wurden so verhindert.



01

01 Querschnitt Kaminturm und Prozessgebäude. (Pläne: Graber Pulver Architekten)
02 Fernwärmezentrale mit Raumfachwerk links, Kamin in der Mitte und Prozessgebäude mit modularer Fassade rechts: Das Kamin-Faltwerk bildet eine vertikal vorgespannte Wabe aus vorfabrizierten Elementen. Kernstück bilden geschosshohe Raumelemente des 70 m hohen Treppenhauses. (Foto: Georg Aerni)

02

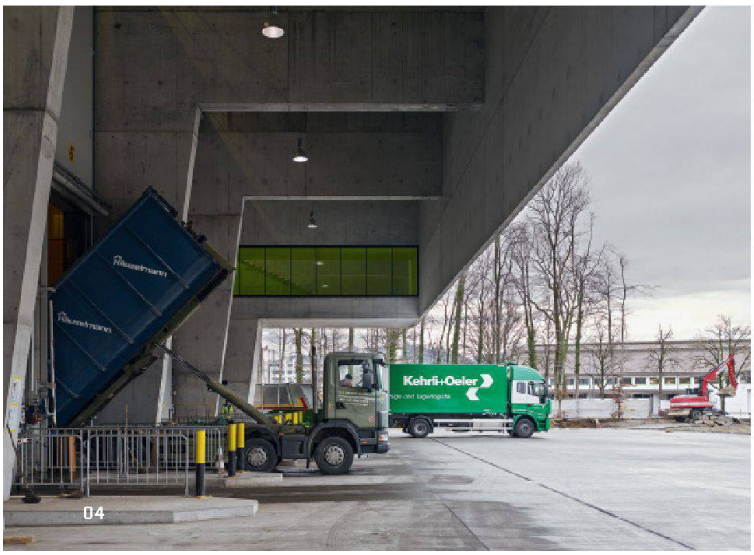


03

als Waben- und Faltwerk, das die grossen Horizontalkräften aus äusseren Erdlasten und aus den Müllbergen in den Kammern effizient aufnehmen kann. Zugleich bildet das Faltwerk die Verankerung des Dachs, das über dem Verladebereich 12 m auskragt. Dieses Dach besteht aus für eine feine Rissverteilung vorgespannten Scheiben und einer Betonschürze am Kopfende.
Im oberen Teil des Kehrichtbunkers befinden sich die Kranbahnen auf massiven Betonträgern, die dem Gebäuderaster folgend alle 5 m auf Konsolen mit vibrationsdämpfenden Elastomerschichten gelagert sind. Der Dauerbetrieb des Kehrichtkrans mit einer Nutzlast von 250 kN verursacht statische und dynamische Lasten, die das steife Faltwerk des Bunkers aufnimmt. Es begrenzt beispielsweise die Verformungen zwischen den beiden Kranbahnen auf maximal 5 cm. Zudem widerstehen die Betonwände der gewaltigen Kraft, die ein voll gefüllter Krangreifer auf sie ausübt, wenn er mit maximaler Geschwindigkeit und grösster Seillänge auf sie aufschlägt.

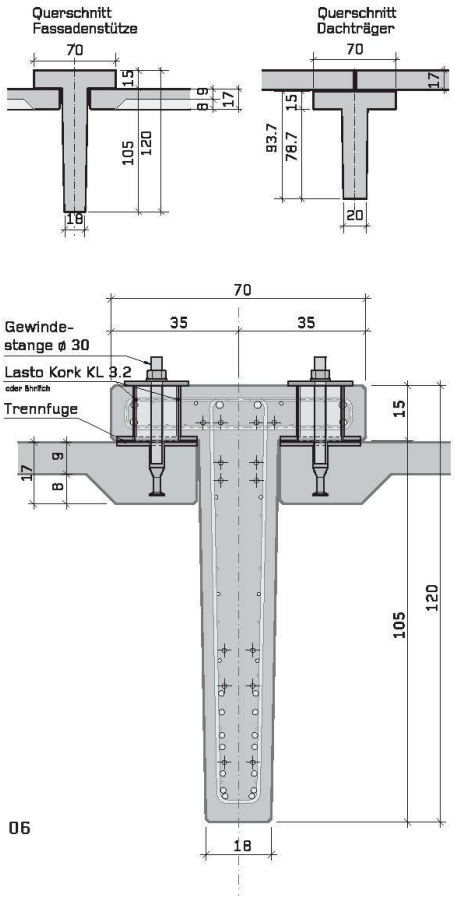
PROZESSGEBÄUDE MIT MODULARER FASSADE

Das Prozessgebäude mit Müll-, Holz- und Gasverbrennung ist 80 m lang und besteht aus einem homogenen Betonsockel aus Ortbeton und dem darüber anschliessenden gestapelten Aufbau (Abb. 02). Nachdem der Baumeister den Sockel erstellt hatte, wurde das 40 m hohe Stahlgerüst errichtet, in den danach die Verfahrenstechniker die Aggregate unter freiem Himmel einsetzten. Über diesen empfindlichen Maschinen wurde dann die Hülle aus bis zu 34 m hohen Scheibenstützen und bis zu 18 m gespannten Dachträgern gestülpt. Stützen und Dachträger, die alle 4 m angeordnet und T-förmig sind (Abb. 06 oben), bilden im Endzustand einen Zweigelenkrahmen, der zusammen mit der steifen Dachebene und der Scheibe der Längsfassade ein ausgesteiftes Faltwerk bildet. Windverbände sind deshalb nicht notwendig. Um auch im Bauzustand darauf verzichten zu können, wurde der Rahmen erst biegesteif konstruiert. Sobald die Dachscheibe montiert war, löste man die Rahmenecken, da sich sonst durch die definitive Auflast zu grosse Momente ergeben hätten.
Zwischen den Stützen sind Fassadenplatten montiert. Sie stabilisieren die bis zu 34 m langen, schlanken Scheibenstützen, die wiederum die Fassadenplatten tragen und horizontal stützen. Die Ingenieure von Walt + Galmarini entwickelten für den Anschluss von Fassadenplatten und Scheibenstützen eine neue einfache und günstige Verbindung: Zwischen eingegossenem Stahlrohr und Bolzen überträgt ein Kork die erforderlichen Kräfte und nimmt die Temperaturdeformationen auf (Abb. 06 unten).
Die Stützen in der Fassade nimmt man nie als Ganzes wahr, weil die Fassadenelemente die Flansche verdecken. Nur der Steg zeigt sich. Umso schlanker erscheinen die Stützen. Allein bei den Fassadenöffnungen unter den Luftkondensatoren bei der Fernwärmezentrale bestehen die Stützen tatsächlich nur aus den Stegen (Abb. 02). Die Flansche wurden entfernt, weil sie die Luftzufuhr eingeschränkt hätten.



04

05



06

Das ganze Prozessgebäude ist redundant aufgebaut: Die Fassade und die Stahlkonstruktion für die Maschinerie im Innern stehen für sich, sodass die Anlagen oder die Fassade jederzeit unabhängig voneinander demontiert werden können. Man kann jedes Fassadenelement und jeweils drei Dachfelder sowie ein bis zwei Stützen pro Fassade entfernen, was einen Ersatz der Anlage im Innern ermöglicht.

FERNWÄRMEZENTRALE MIT AUFGESETZTEM RAUMFACHWERK

Die Fernwärmezentrale ist ein Hybrid aus Betonsockel, vorfabrizierten Fassadenelementen und einer eindrucksvollen, 17 m hohen Stahlkonstruktion, die Luftkondensatoren (Lukos) mit einem Gewicht von insgesamt 1400 t trägt. Der Raum zwischen der Hallendecke des Betonsockels und den Lukos ist so gross, damit die Ventilatoren genug Luft von unten ansaugen können. Aus diesem Grund ist auch die Fassade in diesem Zwischenbereich offen. Als Teil der Maschinerie wäre die Stahlkonstruktion ursprünglich von den Verfahrenstechnikern geliefert worden. Da dieser Maschinenteil aber, im Gegensatz zu den anderen Einbauten, als einziger von aussen sichtbar ist, entwarf ihn das Planerteam selbst.
Das Raumfachwerk mit horizontalem Trägerrost erfüllt nun nicht nur seine statischen Aufgaben, sondern ist auch architektonisch gestaltet. Die Fachwerkträger aus ROR-Profilen mit einem Durchmesser von 475 mm wirken als Vermittler zwischen den Lukos oben und der Kraftwerkshalle unten. Windschief angeordnet erfüllen sie zugleich zwei wichtige tragwerkspezifische Aspekte: Weil die Knotenpunkte der Fachwerkträger – Eckpunkte der Ventilatoren und gegebene Auflagerbereiche im Betonsockel – nicht übereinander liegen, muss die Lastabtragung schief erfolgen, und die Fachwerkträger ergeben geschlossene Dreiecke, die in sich ein ausgesteiftes Tragwerk bilden. Was gegen aussen verspielt und filigran aussieht, ist tatsächlich ein gewaltiger Tisch mit 55 Beinen mit jeweils einem Durchmesser von beinahe einem halben Meter. Man erhält durch die offene Fassade einen unverfälschten Einblick in die voluminöse Maschinerie und kann sich den wahren Massstab trotzdem nicht vorstellen.

DER LANGE KORRIDOR UND DIE EINGANGSPASSERELLE

Gezielte Einblicke in den Verfahrensprozess erlauben auch die Bullaugen im Besucherkorridor, einem 300 m langen Gang, der die Besucher vom Eingang bis ans Ende des Gebäudes bzw. an den Anfang des Verarbeitungsprozesses führt. Er ist als Ganzes fugenlos und schwindarm betoniert und versinnbildlicht mit seiner Bewehrung gewissermassen den Fliessprozess der Energiezentrale Forsthaus: Wie ein Wasserstrom zieht sich die Bewehrung vom einen Ende der Sichtbetonwand ans andere; wo die Bullaugen platziert sind, verengt sich der Abstand einer Stromschnelle gleich; wo die Wand unperforiert ist, verteilt sie sich grosszügig über die gesamte Höhe. Dieses anschauliche Bild, das vornehmlich der Verteilung kleinster Risse dient, bleibt für das Auge unsichtbar.
Der lange Korridor beginnt nach der Empfangshalle, wo die Besucher über die Eingangspasserelle in die Anlage gelangen. Die Brücke führt über den Zugang der Lastwagen und ist als Ortbetonteil 35 m weit gespannt. Sie ist mit dem Gebäude fest verbunden. Der Treppenaufgang auf zwei Betongelenken über dünnen Pfählen bildet das verschiebliche Auflager. Als hohes liegendes H mit ungleichen Extremitäten ist das Tragwerk auf Torsion beansprucht. Boden und Dach tragen sie als horizontale Scheiben von der Eingangstreppe zum Längskorridor. Dieser aus statischer Sicht an sich unpassende Querschnitt ist für diese Dimensionen als Fussgängerbrücke und diese Abmessungen durchaus vernünftig, insbesondere, weil sich hier die funktionale Skizze der Architekten – getrennte Gehwege für kommende und gehende Besucher – mit der statischen Skizze der Bauingenieure – I-Profile sind grundsätzlich geeignet als Träger – deckten.

03 Schnitt durch den Kehrichtbunker mit seinen teilweise vorgespannten Wänden, die als Falt- und Wabenwerk funktionieren. (Plan: Walt+Galmarini)
04 Verladerampe am Bunker mit dem 12 m weit auskragenden Dach.
05 Kehrichtbunker am Anfang des Verarbeitungsprozesses. (Fotos: Georg Aerni)
06 Stützen- und Dachträgerquerschnitt (oben), Anschlussdetail der vorfabrizierten Fassadenelemente an die Stütze (unten). (Plan: Walt+Galmarini)

Clementine van Rooden, vanrooden@tec21.ch