

WETTBEWERBE: UMNUTZUNG DES KVA-AREALS IN BERN

MAGAZIN: ATELIER BOW-WOW | ERFAHRUNGEN VON CHRISTIAN MENN

# ENERGIEZENTRALE BERN

ARCHITEKTUR | TRAGWERK | VERFAHRENSTECHNIK

SIA: DIE NEUE NORM SIA 491 | «ES GEHT NICHT NUR UM ARCHITEKTUR»

MIT SIA-FORM  
FORT- UND  
WEITERBILDUNG

# TEC21

sia

NR. 13-14

22. MÄRZ 2013



Der beleuchtete Besucherkorridor zeichnet sich als gelbes Band zwischen Ortbetonsockel unten und modularer Fassade oben ab. Er bildet eine öffentlich zugängliche Schnittstelle zwischen Stadt und Technik. (Foto: Georg Aerni)

## ENERGIEZENTRALE BERN

Wenn von erneuerbaren Energieträgern die Rede ist, spricht man meist von Wasser, Sonne, Wind und Biomasse sowie vom Potenzial der Geothermie. Vergessen wird oft der Abfall, der wegen seines organischen Anteils ebenfalls zu 50% als erneuerbare Energiequelle gilt. Die 30 Kehrlichtverwertungsanlagen (KVA) in der Schweiz sind nach den Wasserkraftwerken die wichtigsten Produzenten von Strom aus erneuerbaren Quellen: Sie erzeugen rund 1000 GWh pro Jahr – rund ein Drittel der Produktion eines kleinen Kernkraftwerks. Dazu kommen rund 1800 GWh an regenerativer Wärme.<sup>1</sup> KVA haben gegenüber Wind- und Solaranlagen zudem den Vorteil, dass sie keinen saisonalen oder tageszeitlichen Produktionsschwankungen unterliegen.

Die neue Energiezentrale Forsthaus in Bern, die als Ersatz für die alte KVA Warmbächliweg am 22. März 2013 eingeweiht wird, könnte das Thema Kehrlichtverwertung und die damit verbundenen Leistungen stärker in den Fokus der Öffentlichkeit rücken. Obwohl teilweise im Wald verborgen, fällt das über 300 m lange Bauwerk mit dem 70 m hohen Kamin auf. Für Infrastrukturanlagen eher unüblich ging der wie eine moderne Kathedrale wirkende Bau aus einem Architekturwettbewerb hervor. Das Gebäude von Graber Pulver Architekten, entstanden in Zusammenarbeit mit den Ingenieuren von Walt + Galmarini, besticht durch seine skulpturale und kassettierte Hülle, die – wie selten seit den 1960er-Jahren – gleichzeitig Architektur und Tragwerk ist («Gesellschaftlicher Relevanz eine Form geben» S. 19; «Trag- und Raumstruktur zugleich» S. 24). Auch das Innenleben des Gebäudes ist ungewöhnlich: Es beherbergt neben der eigentlichen KVA ein Holzheizkraftwerk sowie ein Gas- und Dampf-Kombikraftwerk («Drei Anlagen geschickt kombiniert» S. 28). Durch dieses Konzept erreichten die Verfahreningenieure der TBF + Partner AG zum einen, dass sich die Produktion von Strom, Dampf und Fernwärme flexibel an die Nachfrage anpassen lässt. Zum anderen erzielt man so einen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 76%. Im Mittel aller Schweizer KVA liegt dieser Wert bisher nur bei 66% (vgl. auch TEC21 45/2004).

Wer – angezogen von der äusseren Ästhetik und dem ungewöhnlichen Anlagenkonzept – mehr über die Energiezentrale Forsthaus erfahren möchte, ist ausdrücklich willkommen. Entlang der gesamten Fassade zur Stadt erstreckt sich ein Besucherengang, von dem aus zwanzig Bullaugen Einblicke ins Innere der Anlage ermöglichen: eine, wie es Architekt Marco Graber formuliert, «gebaute Einladung an die Öffentlichkeit», mehr über die Kehrlichtverwertung und ihre Leistungen zu erfahren.

**Claudia Carle**, carle@tec21.ch

### Anmerkung

<sup>1</sup> Bundesamt für Energie: Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2011

### 5 WETTBEWERBE

Umnutzung des KVA-Areals in Bern

### 12 MAGAZIN

Atelier Bow-Wow. アトリエ・ワン | Erfahrungen von Christian Menn

### 18 ENERGIEZENTRALE FORSTHAUS BERN (EFZ)

Eine kurze Einführung zur Ausgangslage und den Rahmenbedingungen des Infrastrukturprojekts.

### 19 «GESELLSCHAFTLICHER RELEVANZ EINE FORM GEBEN»

Judit Solt, Andrea Wiegelmann, Alexander Felix  
Im Interview erläutern die Architekten Marco Graber und Thomas Pulver ihre Strategie beim Entwurf des monumentalen Infrastrukturbaus und sprechen über die Zusammenarbeit mit den Tragwerks- und Verfahreningenieuren.

### 24 TRAG- UND RAUMSTRUKTUR ZUGLEICH

Clementine van Rooden Das Tragwerk muss den enormen Abmessungen und der Verfahrenstechnik gerecht werden. Ausserdem ist es sichtbar und bestimmt somit das Erscheinungsbild des Gebäudes.

### 28 DREI ANLAGEN GESCHICKT KOMBINIERT

Joachim Rutz, Markus Wieduwilt, Jens Schmidt, Thomas Schmidt, Silvan Rieben Die Kombination der eigentlichen KVA mit zwei Kraftwerken ist eine Schweizer Premiere und ermöglicht eine hohe Flexibilität sowie einen hohen Gesamtwirkungsgrad.

### 33 SIA

Die neue Norm SIA 491 | «Es geht nicht nur um Architektur» | SIA-Form Fort- und Weiterbildung

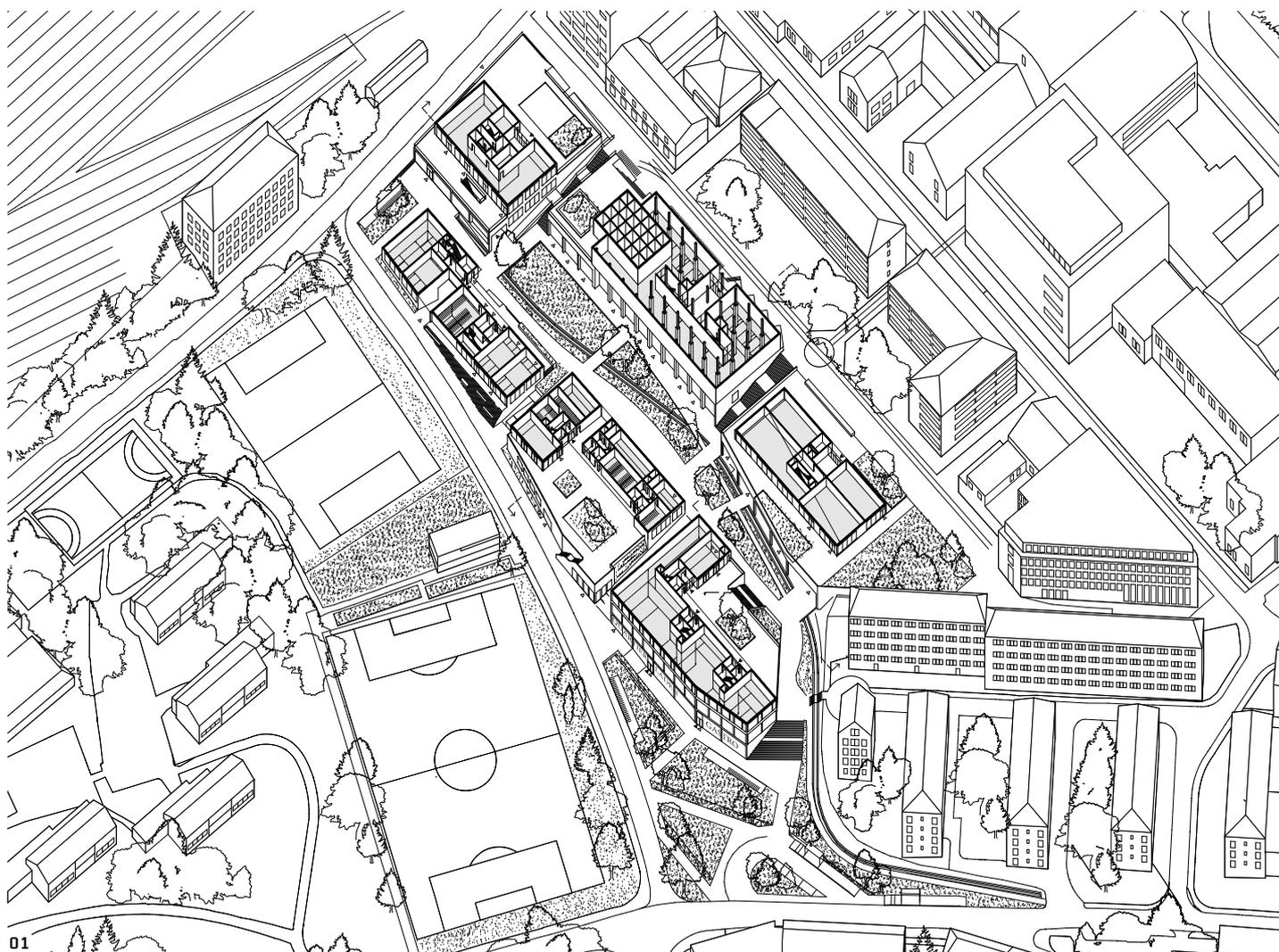
### 39 FIRMEN | PRODUKTE

IPB | Naef Group | Knauf Integral

### 45 IMPRESSUM

### 46 VERANSTALTUNGEN

# UMNUTZUNG DES KVA-AREALS IN BERN



01

Den Wettbewerb für die Nachnutzung des Areals der Berner Kehrriechtverwertungsanlage (KVA) am Warmbächliweg hat das Nachwuchsteam BHSF Architekten mit Christian Salewski gewonnen. Sie schlagen vor, Teile der alten Bausubstanz zu erhalten und durch Gärten zu verbinden.

(af) Der leicht nach Südwesten geneigte Hang, auf dem seit den 1950er-Jahren die Berner Kehrriechtverwertungsanlage steht, würde sich eigentlich gut zum Wohnen eignen. Aber erst durch den Neubau der Energiezentrale Forsthaus (vgl. S. 18ff.) kann das Geviert am Warmbächliweg künftig hierfür genutzt werden. Zur Entwicklung des rund 23000 m<sup>2</sup> grossen Perimeters veranstaltete der Stadt Bern einen Ideenwettbewerb, für den sich 15 Teams und zwei Nachwuchsteams

präqualifizieren konnten. Gefordert waren ein städtebauliches Gesamtkonzept sowie exemplarische Gebäude- und Freiraumkonzepte. Zum besten Gesamtkonzept für die Neubebauung kürte die Jury das Projekt «Strawberry Fields» des Zürcher Teams BHSF Architekten und Christian Salewski. Der Name ist Programm für das künftige Quartier Warmbächliweg; zwar ist das Projekt weniger psychedelisch als der Beatles-Titel, aber durchaus ähnlich komplex strukturiert: Das Zentrum des neuen Quartiers bildet ein Hof, der vom Stadtbach durchflossen wird. Daran grenzen zu beiden Seiten insgesamt sechs Baufelder. Sie liegen als Sockel auf verschiedenen Niveaus und sind durch Rampen und Treppen miteinander verbunden. Bestehende Sockelgebäude und Stützmauern sollen umgenutzt und weiterverwendet werden. Die unteren Stockwerke nehmen Ateliers, Ausstellungs- und Werkstatträume auf, während

in den Obergeschossen gewohnt werden darf. Im bestehenden Gewerbehause mit 25 m Gebäudetiefe etwa sollen Clusterwohnungen aus vier bis fünf Einheiten entstehen. Insgesamt sind 257 Wohnungen geplant. Ausserdem ist Urban Gardening ein tragendes Thema des Entwurfs, private und öffentliche Grünräume sollen einen entsprechenden, identitätsstiftenden Flächenanteil erhalten. Das Siegerteam soll als nächsten Schritt unter Federführung der Stadt sein Gesamtkonzept zu einem Rahmenplan weiterbearbeiten, der die Grundlage für die Vergabe der Baufelder sein wird – je zur Hälfte an gemeinnützige und gewinnorientierte Bauträger. Für die einzelnen Baufelder werden wiederum Projektwettbewerbe oder Studienaufträge – unter Beteiligung der drei Preisträger für Gebäudekonzepte – durchgeführt. Mit dem Baubeginn für die Wohnbauten wird frühestens 2015 gerechnet.

## PREISE

### Städtebauliches Gesamtkonzept

1. Rang/Preis (40 000 Fr.): «Strawberry Fields», BHSF Architekten mit Christian Salewski, Zürich; Buchhofer, Zürich; James Melsom Landschaftsarchitekt, Basel; Sebastian el Khouli/nuak Architekten, Zürich; BHS Architekten, Zürich

2. Rang/Preis (35 000 Fr.): «das KVArtier», Hosoya Schaefer Architects, Zürich; MRS Partner, Zürich; Robin Winogrand Landschaftsarchitekten, Zürich; Rendertaxi, Aachen (D)

3. Rang/Preis (25 000 Fr.): «rediVIVA», Atelier 5 Architekten und Planer, Bern; Hänggi Basler Landschaftsarchitektur, Bern; Enerconom, Bern

4. Rang/Preis (15 000 Fr.): «Collage City», Architektengemeinschaft reinhardpartner/werkgruppe agw, Bern; Zeltner Ingenieure, Belp; Moeri & Partner Landschaftsarchitekten, Bern; BSR Architekten, Bern

### Exemplarisches Gebäudekonzept

1. Rang/Preis (10 000 Fr.): «das KVArtier», Hosoya Schaefer Architects, Zürich; MRS Partner, Zürich; Robin Winogrand Landschaftsarchitekten, Zürich; Rendertaxi, Aachen (D)

2. Rang/Preis (10 000 Fr.): «Strawberry Fields»,

BHSF Architekten mit Christian Salewski, Zürich; Buchhofer, Zürich; James Melsom Landschaftsarchitekt, Basel; Sebastian el Khouli/nuak Architekten, Zürich; BHS Architekten, Zürich

3. Rang/Preis (5000 Fr.): «rediVIVA», Atelier 5 Architekten und Planer, Bern; Hänggi Basler Landschaftsarchitektur, Bern; Enerconom, Bern

## ÜBRIGE TEILNEHMENDE

Aebi & Vincent Architekten; Ernst Gerber Architekten + Planer; Futurafrosch; Matti Ragaz Hitz Architekten; yellow z urbanism architecture; R. Rast Architekten; ARGE helsinkizurich & Seiler; Dürig; Translocal Architecture; Stadtwerke Amman Albers; WW+; ARGE Ringgenberg

## JURY

Sachpreisgericht: Barbara Hayoz, Gemeinderätin/Präsidentin, des Fonds für Boden- und Wohnbaupolitik (Vorsitz); Regula Buchmüller, Leiterin Abteilung Stadtentwicklung; Fernand Raval, Leiter Liegenschaftsverwaltung; Peter Schmid, Präsident der Wohnbaugenossenschaften Zürich, Zürich; Philippe Cabane, Stadtplaner/Berater, Basel



**01–02** Siegerprojekt «Strawberry Fields» (BHSF Architekten mit Christian Salewski): Schnittaxonomie des Areals mit Bebauungen auf verschiedenen Sockelniveaus. Das Zentrum des Quartiers bildet ein langgestreckter Park, durch den der Stadtbach fliesst. (Plan und Visualisierung: Projektverfasser)

Fachpreisgericht: Mark Werren, Architekt/Stadtplaner; Thomas Sieverts, Architekt/Stadtplaner, München; Ute Schneider, Architektin/Stadtplanerin; Andreas Hofer, Architekt; Guido Hager, Landschaftsarchitekt; Pierre Feddersen, Architekt

## Knauf Silentboard – Schallschutz der Extraklasse.

Höchste Leistungsfähigkeit im Schallschutz und dabei superschlank – das kann nur Knauf Silentboard. Die Spezial-Gipsplatte übertrifft selbst die erhöhten Anforderungen an den Schallschutz gemäss SIA 181. Die Einflüsse der Umwelt bleiben draussen, der eigene Sound bleibt drinnen.



≥ 72dB  
Beidseitig drei Lagen Silentboard,  
entkoppelt durch MW100 Profil  
Baustoffklasse A2

# KNAUF

Knauf AG • Tel. 058 775 88 00 • [www.knauf.ch](http://www.knauf.ch)

# ENERGIEZENTRALE BERN

18 ENERGIEZENTRALE FORSTHAUS BERN (EFZ)

19 «GESELLSCHAFTLICHER RELEVANZ EINE FORM GEBEN» Judit Solt, Andrea Wiegelmann, Alexander Felix

24 TRAG- UND RAUMSTRUKTUR ZUGLEICH Clementine van Rooden

28 DREI ANLAGEN GESCHICKT KOMBINIERT J. Rutz, M. Wieduwilt, J. Schmidt, T. Schmidt, S. Rieben



# TEC21

# ENERGIEZENTRALE FORSTHAUS BERN (EZF)

Am 22. März 2013 wird die neue Energiezentrale Forsthaus des Berner Energieversorgers Energie Wasser Bern (ewb) eröffnet. Den mächtige Infrastrukturbau haben Graber Pulver Architekten in enger Zusammenarbeit mit den Tragwerksplanern Walt + Galmarini und den Verfahrenstechnikern TBF + Partner geplant.

**(Red.)** Nach 40 Jahren hatte die alte Kehrriechterverwertungsanlage der Stadt Bern, die KVA Warmbächliweg, das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht. Eine neue Anlage sollte die in der Agglomeration Bern anfallenden 110000 t Kehrriechter pro Jahr verbrennen und dabei mindestens ebenso viel Fernwärme und Prozessdampf erzeugen wie die bestehende. Gleichzeitig wollte der Berner Energieversorger ewb die Stromproduktion deutlich steigern, um dem Ausstieg aus der Kernenergie einen Schritt näher zu kommen, die Stromimporte zu reduzieren und den Anteil regenerativer Energieträger zu erhöhen. Um alle Anforderungen zu erfüllen, wurden diverse Anlagenkonfigurationen geprüft und bewertet.

Auch der Standort wurde neu evaluiert. Ausgehend von der bestehenden KVA untersuchte die Stadt Bern in Vorstudien verschiedene Möglichkeiten. Die Wahl fiel auf den Standort Forsthaus West am Stadtrand von Bern – auf ein Waldstück des Grossen Bremgartenwalds, zwischen der Hauptstrasse Richtung Murten und der Westtangente der A1 –, da von hier aus wegen der Nähe zum bestehenden Fernwärmenetz der Anschluss relativ einfach möglich war. Diese infrastrukturelle Standortgunst war in der Abstimmung über die Umzonung und Rodung

von etwa 60000 m<sup>2</sup> Wald ein wichtiges Argument. Zugleich war der Bauplatz im Wald ein wichtiger Grund, warum 2004 für die Infrastrukturanlage überhaupt ein Architekturwettbewerb mit zwölf präqualifizierten Teams durchgeführt wurde. Dieses Verfahren konnten Graber Pulver Architekten mit ihrem Projekt «Sojus» für sich entscheiden.

Das 308 m lange und über 50 m hohe Gebäude – der Kamin ist noch 20 m höher – verbirgt sich, von der Autobahn gesehen, hinter dichtem Wald; lediglich die Silhouette ragt wuchtig heraus. Der nachts rot leuchtende Kamin unterstützt die Fernwirkung. Auf der Südseite dagegen haben die Architekten den Wald auslichten lassen, sodass er einen Filter aus Einzelbäumen bildet, durch den das Gebäude hindurchschimmert. Entlang dieser Stadtfassade, 7.20 m über dem Gelände, unterstreicht ein verglaster Besuchergang die Horizontalität und gibt dem Bau eine Massstäblichkeit. Vom Gang aus bekommt die Öffentlichkeit durch zwanzig Bullaugen Einblick in die geballte Technik.

Das Anlagenkonzept der EZF vereinigt als Schweizer Premiere drei Kraftwerke unter einem Dach, die als Anlagenverbund zusammenwirken: eine Kehrriechterverwertungsanlage (KVA), ein Holzheizkraftwerk (HHKW) und ein Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk (GuD). Wie bei solchen Projekten üblich, wurde die Anlage schrittweise seit April 2012 über mehrere Monate hinweg in Betrieb genommen und nach erfolgreichem Probetrieb im ersten Quartal 2013 ebenfalls in Etappen der Bauherrschaft übergeben.

Dass eine derart komplexe Infrastrukturanlage nicht nur funktional, sondern auch ästhetisch erfreut und dem gesellschaftlich relevanten Thema Energieversorgung eine

angemessene Repräsentation ermöglicht, ist dem kongenialen Zusammenwirken der beteiligten Planer zu verdanken. So ist die lineare Anordnung der Komponenten in einem extrem lang gestreckten Gebäude nicht nur spektakulär, sie erlaubt auch eine gute Zugänglichkeit der Anlagen und eine unkomplizierte spätere Erweiterung. Trotz seiner Wucht wirkt der Bau elegant; bei näherer Betrachtung sind es Spiele mit der Massstäblichkeit einzelner Bauteile, eine virtuose Tragkonstruktion und feine Konstruktionsdetails, die vom Zusammenwirken der Fachleute zeugen. Es ist zu hoffen, dass dieses Beispiel für interdisziplinäre Zusammenarbeit vielen als Vorbild dienen wird.

## AM BAU BETEILIGTE

**Bauherrschaft:** Energie Wasser Bern (ewb), Bern

**Gesamtprojektleitung, Verfahrenstechnik:** TBF+Partner AG, Zürich

**Architektur:** Graber Pulver Architekten, Zürich/Bern

**Tragkonstruktion:** Walt + Galmarini, Zürich

**Tiefbauplanung:** BlessHess AG, Luzern

**HLKK-Planung:** Waldhauser Haustechnik AG, Münchenstein; Amstein+Walthert Bern AG, Bern

**Elektroplanung:** Mettler+Partner AG, Zürich

**Sanitärplanung:** BLM Haustechnik AG, Zürich

**Landschaftsarchitektur:** Hager Partner AG, Zürich

**Verkehrsplanung:** TEAMverkehr, Cham

**Baumanagement:** Akeret Baumanagement GmbH, Bern

**Vermessung:** Bichsel Bigler + Partner AG, Gümliigen

**Fassadenplanung:** Fachwerk F+K Engineering AG, Bern

**Bauphysik:** Gartenmann Engineering, Bern

**Umweltbaubegleitung:** CSD Ingenieure und Geologen AG, Liebefeld

**Kunst am Bau:** Sabina Lang und Daniel Baumann, Burgdorf





01

# «GESELLSCHAFTLICHER RELEVANZ EINE FORM GEBEN»

Die Architekten Marco Graber und Thomas Pulver erläutern ihre Strategie beim Entwurf der Energiezentrale Forsthaus Bern. Warum erhielt dieser Infrastrukturbau einen monumentalen Ausdruck? Welche Aspekte bestimmten die Form, die Materialisierung und die Konstruktion? Wie verlief die Zusammenarbeit mit den Tragwerksplanern und den Verfahrensingenieuren?

## Titelbild

Fernwärmezentrale mit Heizkondensatoren.  
(Foto: Georg Aerni)

**Bild links unten** Luftaufnahme mit der Energiezentrale Forsthaus (EZF) Bern westlich der Altstadt, zwischen Güterbahnhof und Autobahn. (Foto: vistaplus, Peter Burri)

**01** Blick auf die Stadtseite der Energiezentrale.  
(Foto: Hannes Henz)

**TEC21:** Dass ein Architekturwettbewerb für eine Kehrrechtverwertungsanlage (KVA) veranstaltet wird, ist ungewöhnlich. Was hat Sie an dieser Aufgabe gereizt?

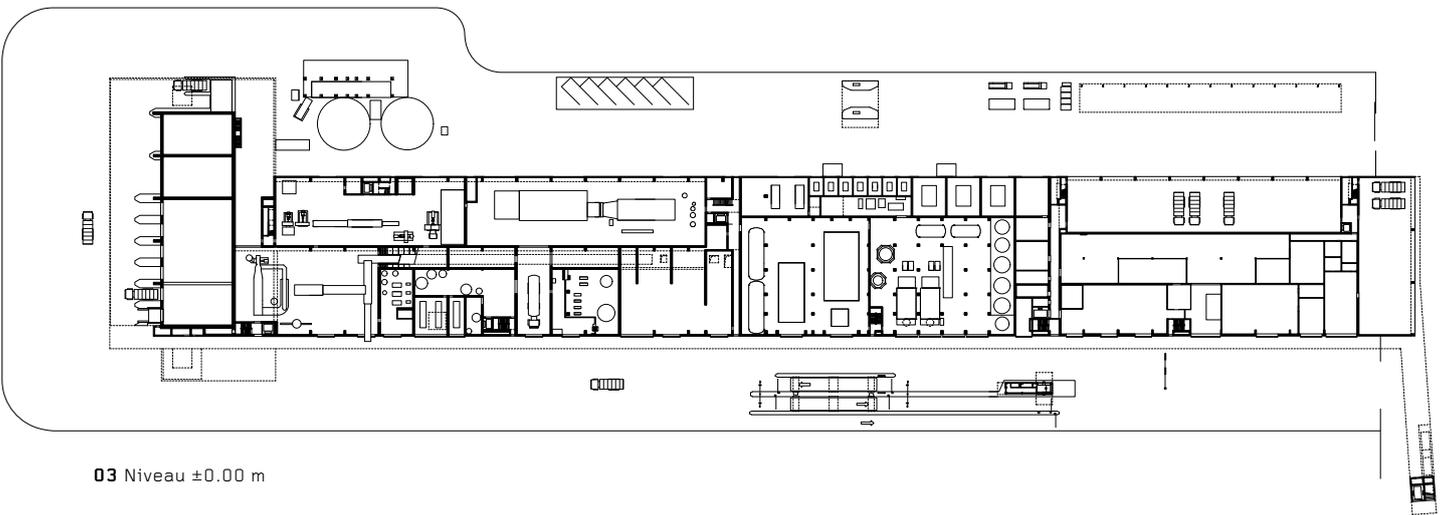
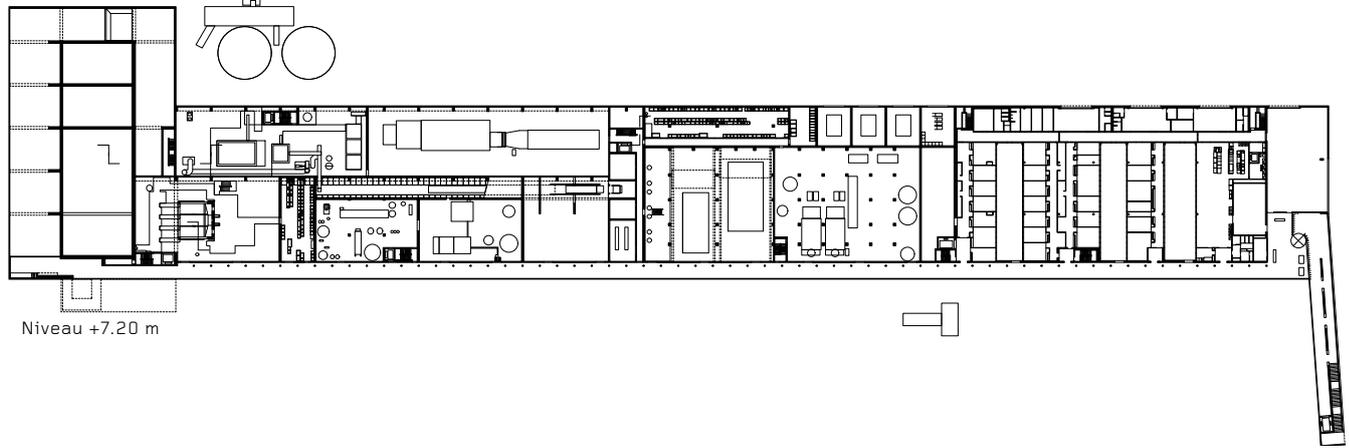
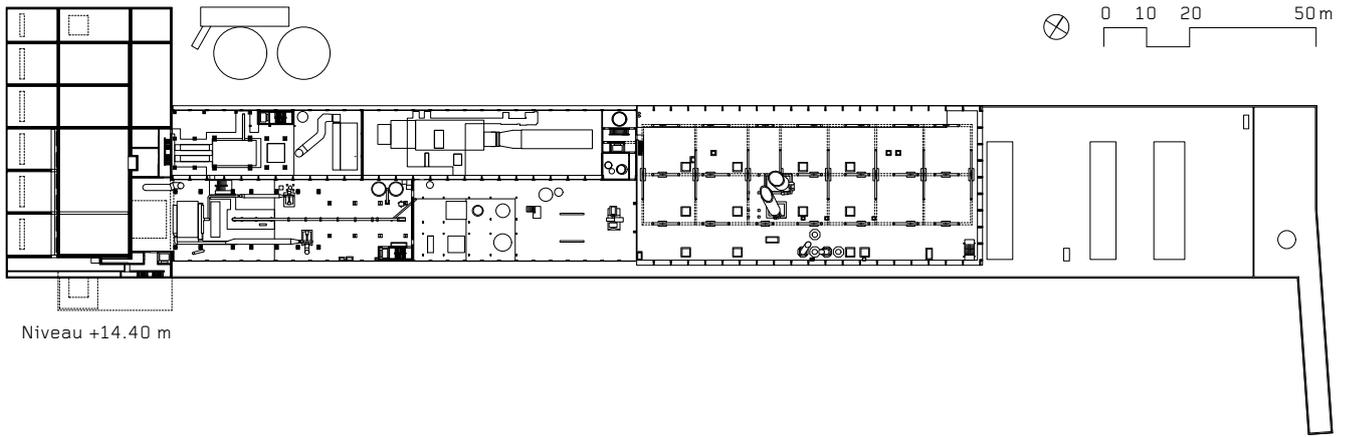
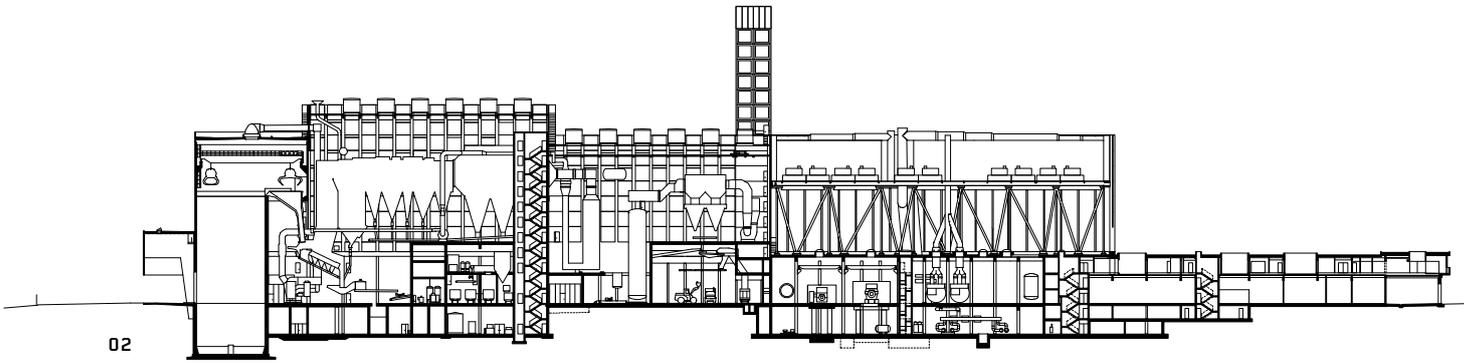
**Marco Graber (M.G.):** Selbst in der Schweiz, einem Land mit hochstehender Baukultur, werden die wenigsten Infrastrukturbauten einem architektonischen Anspruch gerecht. Das ist bedauerlich, denn sie prägen durch ihre Anzahl und Grösse unsere gebaute Umwelt und stehen für Themen wie Umweltschutz oder Energieproduktion. Wir sind überzeugt, dass bei der Planung solcher Bauten die Kompetenz der Architekturschaffenden stärker ins Spiel kommen sollte. Beim Wettbewerb haben uns die ungewöhnliche, sehr technische Aufgabe und der spezielle Ort interessiert: Der Bauplatz liegt in einem Waldstück – einem Heiligtum in der Schweiz! – am Stadtrand von Bern, der Stadt, in der wir beide aufgewachsen sind. Sicher war die Lage im Wald auch der Grund für das gewählte Vergabeverfahren.

**Thomas Pulver (T.P.):** Es gehört zu unserem Selbstverständnis als Architekten, der gesellschaftlichen Relevanz einer Aufgabe eine angemessene Form zu verleihen. Der Bauplatz im Wald war aussergewöhnlich – man hatte die Freiheit, Grösse und Form der Parzelle nach Bedarf festzulegen und zu roden, eine komplette Umkehr üblicher Vorgaben. Zudem bildet der Wald eine Art Scharnier zwischen Stadt und Autobahn. Bereits der Umfang des Programms und die Dimensionen einzelner Räume liessen die energetische Leistung des Kraftwerks erahnen. Uns wurde rasch klar, dass es ein grosses Objekt geben würde, das wir der Bedeutung entsprechend monumentalisieren und zur Landmarke erhöhen wollten. Der Bau hat mit 300 m Länge etwas Endloses. Aber seine extremen Proportionen haben mit

## BUCH ZUM BAU

Johann Reble (Hrsg.): «Kraftwerk im Wald». Park Books Zürich, 2013. 120 Seiten, 130 farbige Abbildungen, 60 Karten, Pläne und Diagramme. 23 x 26 cm. ISBN: 978-3-906027-20-3. Fr. 45.–

Schicken Sie Ihre Bestellung an [leserservice@tec21.ch](mailto:leserservice@tec21.ch). Für Porto und Verpackung werden pauschal Fr. 8.50 in Rechnung gestellt.



«Über die Energiezentrale dringt das weitläufige System von unterirdischen Werkleitungen an die Oberfläche. Der Massstab des Gebäudes verweist auf die Dimension dieses Systems, das die urbane Landschaft von Bern durchzieht.»

dem Ort zu tun, der schmalen Parzelle und der Massstäblichkeit der Autobahn. Es war den Wettbewerbsteilnehmern freigestellt, den Waldrand zu «ritzen». Wir beschlossen jedoch, ihn bestehen zu lassen und mit den zwei unterschiedlichen Seiten des langen Gebäudes und der Art, wie sie hinter den Bäumen aufscheinen sollten, zu spielen.

**M.G.:** Über diese Energiezentrale dringt das komplexe und weitläufige System von unterirdischen Werkleitungen überhaupt an die Oberfläche. Der Massstab unseres Gebäudes verweist auf die Dimension dieses Systems, das die urbane Landschaft von Bern durchzieht.

**TEC21:** Es gibt wenige Bauten, die den Themen Entsorgung und Energieproduktion durch Kehrlichtverbrennung einen repräsentativen und architektonisch wirksamen Ausdruck verleihen. Auf ein bestehendes Formenvokabular konnten Sie nicht zurückgreifen, auch wenn einzelne Elemente wie der monumentale Kamin vertraut wirken. Wie sind Sie vorgegangen?

**T.P.:** Wir dachten an alle diese prägnanten Infrastrukturbauten in der Landschaft, kräftige Zeichen von hoher Autonomie und grossartiger ikonografischer Wirkung. Insbesondere dachten wir an Kraftwerksbauten wie Birsfelden, Landmarken wie den Spredatum in Burgdorf oder an die Wucht der berühmten Getreidespeicher am Chicago River (Abb. 07–09). Jedes dieser Beispiele hat einen hohen Repräsentationsanspruch und stellt für sich einen Typus dar. Eine KVA war allerdings nicht darunter – die bekannten Beispiele überzeugten uns nicht. Wir suchten nach einer Strategie, die Grösse des Gebäudes zu vermitteln.

Wie kann ein 300 m langes Haus aussehen? Rafael Moneo hat sein ähnlich langes Kaufhausprojekt an der Avinguda Diagonal in Barcelona mit einem abgelegten Rockefeller Centre verglichen. Auch wenn wir sein Bild nicht direkt verwenden konnten, wollten wir wie er den Baukörper staffeln und gliedern, ohne ihm die Kraft zu nehmen. Daraus hat sich ein Prozess der Formfindung entwickelt. Das Bild des Frachtschiffs hat uns geholfen, die Fragen der Massstäblichkeit zu klären, ein Gefühl für die Dimensionen zu bekommen.

**M.G.:** Wir entwerfen nicht analog. Referenzen sind für uns ein Hilfsmittel, um gewisse Vorstellungen zu konkretisieren, zu übersetzen und präzise auszuformulieren. Grundsätzlich versuchen wir, aus den spezifischen kontextuellen und programmatischen Rahmenbedingungen eigene, signifikante Räume zu entwickeln und den Gebäuden einen synthetisierenden Gestus zu verleihen, der all das zum Ausdruck bringt, was das Projekt enthält. Diese Qualitäten versuchen wir jeweils zu verstärken und zu radikalieren.

**TEC21:** Die vertikalen Rippen und der aufragende Kamin erinnern auch an eine Kathedrale.

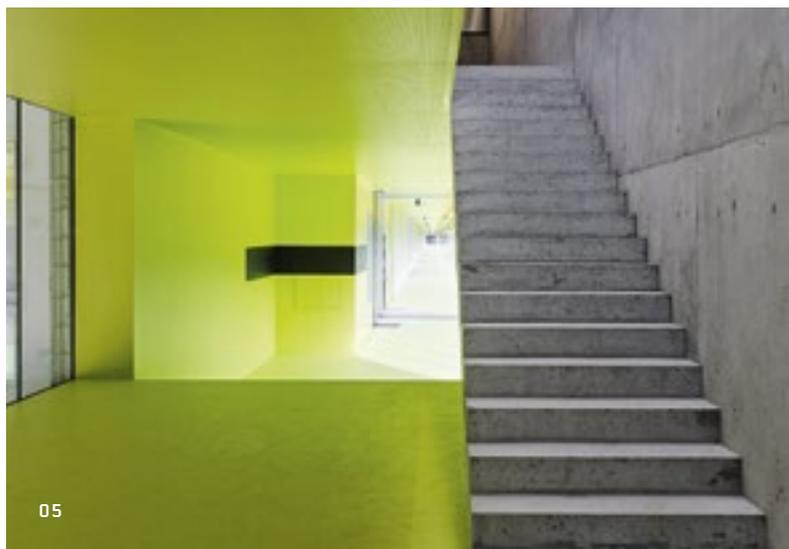
**M.G.:** In Italo Calvinos «Unsichtbaren Städten» wird eine Stadt beschrieben, die von der einen Seite anders aussieht als von der anderen. Vom Meer her gesehen gleicht sie zwei Kamelbuckeln, von der Wüste her einem Schiff, das vor Anker liegt. Uns gefällt die Vorstellung, dass unsere Energiezentrale von der Stadt aus betrachtet ein Schiff evoziert und von der Autobahn aus eine Kathedrale.

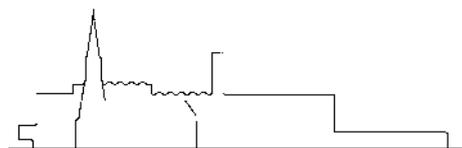
**T.P.:** Früher waren es die Kirchtürme, die als Zeichen der Kirche und der Obrigkeit den Reisenden die Stadt weitherum ankündigten und die urbanen Merkpunkte einer spärlich

#### 02–03 Längsschnitt und Grundrisse.

(Pläne: Graber Pulver Architekten)

04–05 Der 300 m lange Besucherkorridor erlaubt einen Ausblick Richtung Stadt und vermittelt durch 20 Bullaugen Einblick in die Technik der EZF. Die Farbgestaltung stammt von den Künstlern Sabina Lang und Daniel Baumann. (Fotos: Georg Aerni)





06



07



08



09

besiedelten Landschaft bildeten. Heute sind es die Infrastrukturbauten, die als bauliche Artikulationen verborgener technischer Netzwerke Zeichen in unsere verstädterte Landschaft setzen. In einem Grössenvergleich überlagerten wir die EZF mit dem Berner Münster, das man von der EZF aus sieht (Abb. 06).

**TEC21:** Beim Wettbewerb war nur ein grobes Raumprogramm bekannt, das bis in die Bauphase hinein verändert wurde. Wie sind Sie damit umgegangen?

**T.P.:** Wir haben mit einem klassischen Re-engineering begonnen und verschiedene bestehende Anlagen «analytisch zerlegt»: Welche Raumgruppen gehören zwingend zusammen, welche sind frei positionierbar? Bei gewöhnlichen KVA werden Prozessgebäude (Verbrennung) und Fernwärmezentrale parallel nebeneinander gestellt; im Gegensatz dazu haben wir uns für eine lineare Anordnung entschieden, was nahezu ohne energetische Verluste möglich ist. Gebaut wurden zwei parallele Linien: zum einen die Kehrrechtverbrennung, zum anderen – ebenfalls hintereinander – ein Holzheiz- und ein Gas- und Dampf-Kraftwerk. Das verdoppelte nicht nur die Gebäudelänge, auch in Bezug auf eine spätere Erweiterung bietet es Vorteile: Man könnte problemlos eine dritte Verbrennungslinie parallel dazu schalten.

**M.G.:** Ein weiterer Vorteil dieses linearen Konzepts ist, dass wir im Planungsprozess äusserst flexibel auf Programmveränderungen reagieren konnten. Das Bild des Frachtschiffs hat uns auch hier inspiriert: Das Sockelgeschoss aus Ortbeton greift ins Erdreich ein und bildet gleichsam den Rumpf, auf den die technischen Anlagen wie Container gestapelt werden können. Die wuchtige Aufwerfung des Bunkergebäudes mit der Steuerzentrale, die ähnlich einer Kommandobrücke den Blick freigibt auf die Zu- und Wegfahrt beim Waaghaus, und die filigrane Passerelle, die 30 m weit ausgreift und zum Eingang hochführt, bilden jeweils skulptural modulierte Abschlüsse dieser gegossenen Sockelstruktur. Dazwischen stapeln sich die Hallen, deren Fassaden aus kleinteiligeren, abmontierbaren, vorgefertigten Betonelementen zusammengesetzt sind. Dieses modulare Fassadenprinzip hat sich bereits in der Entwurfsphase als sehr flexibel erwiesen: Vom Wettbewerb zur Ausführung hat sich der Bau von 260 auf 308 m verlängert, dies entspricht zwölf 4-m-Modulen. Bei einer kompakten Anordnung mit Abhängigkeiten zwischen Länge, Höhe und Breite wären wir wohl weniger flexibel gewesen. Beim fertigen Bau erlaubt die modulare Fassade die wichtige Zugänglichkeit zum Innern. Alles muss durch Fahrzeuge und Kräne von aussen erreichbar sein, der Ein- und Ausbau der technischen Anlagen erfolgt seitlich. Auch diesbezüglich ist die Linearität mit der grossen Abwicklung vorteilhaft, weil alle Anlagen nahe an der Fassade liegen.

**T.P.:** Von uns stammte das Grundkonzept, also die Linearität als Abbild der inneren Prozesse, das plastisch-volumetrische Zusammenspiel von vertikalen und horizontalen Elementen und letztlich die entwerferische Strategie im Umgang mit der Grossmassstäblichkeit der Aufgabe. Die konkrete Formfindung, das Ausreizen der technischen Möglichkeiten des Betons, die konstruktive Umsetzung in Ortbeton und vorgefertigten, modularen Elementen geschah dann im intensiven und fruchtbaren Dialog zwischen den Disziplinen – so, wie es bei so komplexen Bauten immer der Fall sein sollte. Exemplarisch für dieses Vorgehen war die zusammen mit Carlo Galmarini getroffene Materialwahl. Der Entscheid für den Baustoff Beton kam aus unserer gemeinsamen Affinität für alle Arten von Infrastrukturbauten, Brücken und Staudämmen, die ihre Kraft aus dem Material entwickeln. Die Schweiz ist ein Betonland, die Grundbestandteile sind hier vorhanden und Betonbauten haben Tradition. Zwingend für Beton sprach zudem der Umstand, dass der Kehrrechtbunker im Grundwasser zu liegen kam. Wir mussten also eine dichte Wanne bauen, um Verschmutzungen zu vermeiden. Im Wettbewerb hatten wir zunächst eine reine Ortbetonstruktur. Bei der Überarbeitung wurde uns bewusst, dass diese mit der Vorgabe, jederzeit überall in den Innenraum gelangen zu können, nicht vereinbar war. Nachträgliche Öffnungen hätten unserer Vorstellung von Präzision und der angestrebten hohen Ökonomie der Konstruktion widersprochen. Im Gespräch mit den Verfahreningenieuren schliesslich definierten wir den Übergang zwischen dem fugenlos gegossenen Sockel und dem darüber liegenden, modularen Aufbau.

**06** Grössenvergleich zwischen der EZF und dem Berner Münster.

(Plan: Graber Pulver Architekten)

**07** Getreidespeicher am Chicago River.

(Fotos: Peter Reyner Banham: A Concrete Atlantis – U.S. Industrial Building and European Modern Architecture, 1900–1925.)

**08** Kraftwerk Birsfelden.

(Foto: Kraftwerk Birsfelden AG)

**09** Spreideturm in Burgdorf.

(Foto: Roland Liechti)

«Die Zusammenarbeit mit dem Tragwerksplaner war intensiv und von gegenseitigem Interesse geprägt – nicht nur bei der Gebäudehülle, sondern bei sämtlichen strukturellen Elementen, da das Tragwerk nicht gedämmt werden musste.»

«Das Sockelgeschoss aus Ortbeton bildet gleichsam den Rumpf eines Frachtschiffs, auf den die technischen Anlagen wie Container gestapelt sind. Das Bunkergebäude und die Passerelle zum Eingang bilden skulpturale Abschlüsse; die Fassaden der Hallen sind aus kleinteiligeren, vorfabrizierten Betonelementen. Dieses modulare Prinzip hat sich als sehr flexibel erwiesen.»

«Szenografische Überlegungen haben die Formfindung ebenso bestimmt wie die technischen und funktionalen Anforderungen.»

**M.G.:** Die Zusammenarbeit zwischen Architekt und Bauingenieur war intensiv und von gegenseitigem Interesse geprägt. Dies hat sich nicht nur bei der Gebäudehülle manifestiert, sondern bei sämtlichen strukturellen Elementen, zumal bei diesem Projekt das Tragwerk ja nicht gedämmt und eingepackt werden musste. Das beharrliche Bestreben von Carlo Galmarini, die Strukturen ökonomisch und effizient zu dimensionieren, deckte sich mit unserem Interesse, das Material Beton sehr differenziert auszuformulieren und ihm sogar Leichtigkeit zu verleihen. Einzelne Platten wie beispielsweise beim Dach der Abladehalle konnten extrem ausgedünnt werden, ohne dabei ihre aussteifende Wirkung im Verbund innerhalb des Faltnetzes zu verlieren. Wir wollten eine dramatische Wirkung erzielen. Durch den Massstab der Anlage entsteht eine Verschiebung in der Wahrnehmung: Wandscheiben mit einer normalen Dicke von 20 oder 30 cm wirken dünn und leicht wie Karton, doch aus diesen dünnen Scheiben entstehen massiv wirkende Volumen, die ihrerseits wiederum über dem Boden zu schweben scheinen. Dieses Spiel mit der Wahrnehmung von Leichtigkeit und Schwere konnten wir erst dank dem Massstab der Anlage zu einem wichtigen Thema entwickeln.

**TEC21:** Wie bei vielen Ihrer Projekte ist die Wegführung ein zentrales Entwurfsthema.

**T.P.:** Uns wurde bereits früh im Wettbewerb klar, dass die Öffentlichkeit ein hohes Interesse an der Anlage haben würde und einen angemessenen Zugang dazu bräuchte, auch wenn diesem Aspekt im Programm keine Bedeutung zugemessen war. Die KVA Thun zählte 2005 bereits 3500 Besucher pro Jahr – für uns Indiz genug, die Wegführung von Personal und Besuchern zu einem tragenden Entwurfsthema zu machen. Neben den Funktionen der technischen Räume stand deshalb die Frage nach den Erschliessungsräumen im Vordergrund, die für uns immer auch Raumerschliessung sind: Sie machen den Raum durch Bewegung erlebbar. Die Wegführung ist identitätsbildend. Die Fassade zur Autobahn ist ja primär konzeptuell definiert: Prägend ist der weithin sichtbare Kamin, alle anderen Bauteile liegen sozusagen im Wald verborgen und könnten nach Bedarf geändert werden, bis hin zum Hinzufügen einer weiteren Verbrennungslinie. Anders die Stadtfassade und die dahinter verborgene Raumfolge, die sorgfältig inszeniert sind: Der Aufgang auf die Passerelle, der Eingang unter dem kreisrunden Oberlicht, der 300 m lange, verglaste Korridor mit den Bullaugen in die Anlage – die in einem Art Stationenweg sämtlichen Schritten des Prozesses folgen –, danach der Übergang in die Treppenanlage mit dem dramatischen Aufstieg unter zenitalem Licht und die Treppe in die Steuerzentrale. Den krönenden Abschluss bildet die Liftfahrt auf die Besucherplattform auf dem Kamin. Dies sind zentrale Elemente des Entwurfs. Der Korridor zeichnet sich nachts deutlich ab, je nach Lichtsituation als gelbes Band oder als Reihe leuchtender Bullaugen. Er bildet die Schnittstelle zwischen innen und aussen, einen surrealen Raum zwischen Technik und Wald.

**TEC21:** Dieser Besuchergang hält wie ein Geschenkband das pragmatisch gestapelte Paket der industriellen Funktionen zusammen. Als schmale Linie betont er die Dimensionen des Gebäudes und seine Horizontalität im Gegensatz zu den Baumstämmen.

**M.G.:** Die Perspektive der Besucherinnen und Besucher hat schon in der frühesten Konzeptphase im Wettbewerb den Entwurf geprägt. So entstand die Idee des öffentlichen Korridors, dessen Linearität ein Abbild der inneren Abläufe ist. Umgekehrt hat der Anspruch, die Abläufe für Laien verständlich zu machen, das Konzept der linearen Anordnung der Funktionen gestärkt und zur logischen Abfolge von Anlieferung, Kehrtrichtbunker, Verbrennung, Reinigung der Rauchgase und Energieproduktion geführt. Szenografische Überlegungen haben die Formfindung ebenso bestimmt wie die technischen und funktionalen Anforderungen. Der didaktische Aufbau ist eine gebaute Einladung an die Öffentlichkeit. Die Bauherrschaft war von Anfang an von dieser Haltung eingenommen; sie hat das Konzept mitgetragen und weiterentwickelt. Mit dem Besucherzentrum hat sie ein Element ins Programm aufgenommen, das die Öffentlichkeitswirkung noch zusätzlich auflädt.

**Judit Solt**, solt@tec21.ch; **Andrea Wiegelmann**, wiegelmann@tec21.ch; **Alexander Felix**, felix@tec21.ch

# TRAG- UND RAUMSTRUKTUR ZUGLEICH

## 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<sub>U2</sub>. 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 kleineren 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/m<sup>2</sup> 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.

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.

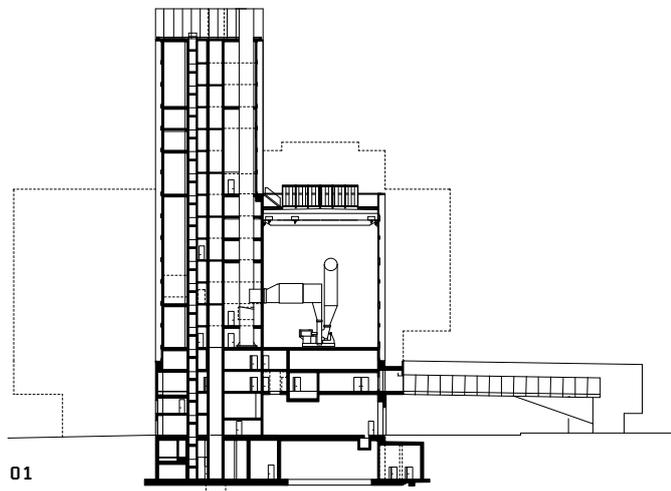
Die lineare Gebäudestruktur (vgl. «Gesellschaftlicher Relevanz eine Form geben», S. 19) der Energiezentrale Forsthaus Bern ist in Bunker, Prozessgebäude, Fernwärmezentrale und Betriebsgebäude unterteilt. Die Passerelle am Gebäudeeingang und der 300 m lange Korridor entlang der gesamten Anlage ergänzen 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 vorgefertigte 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 vorgefertigtem 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 Kehrtrichtbunker 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



01

**01** Querschnitt Kaminurm und Prozessgebäude.

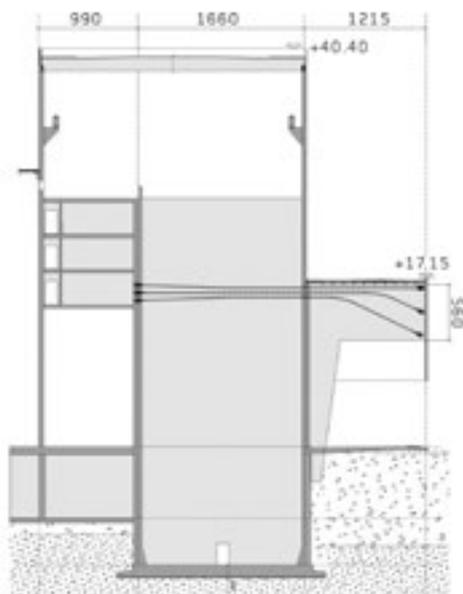
(Pläne: Graber Pulver Architekten)

**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

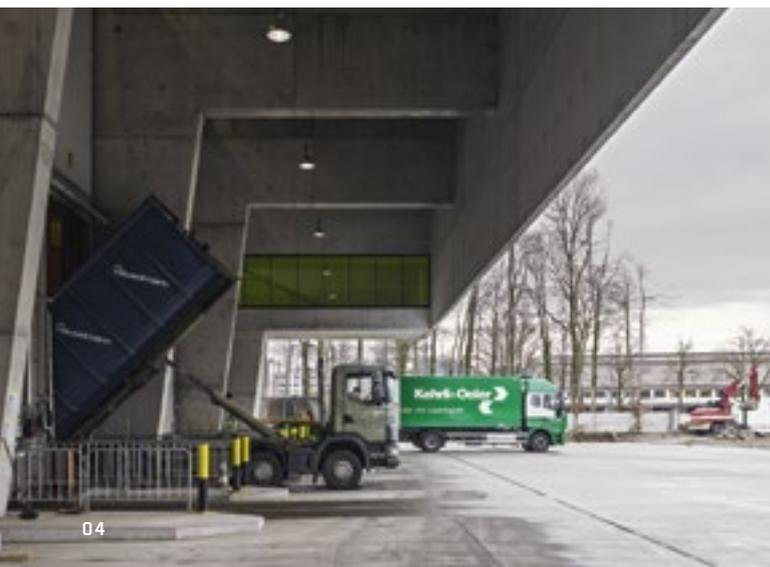
als Waben- und Falwerk, das die grossen Horizontalkräfte aus äusseren Erdlasten und aus den Müllbergen in den Kammern effizient aufnehmen kann. Zugleich bildet das Falwerk die Verankerung des Dachs, das über dem Verladebereich 12 m auskragt. Dieses Dach besteht aus für eine feine Rissverteilung vorgespannten 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 Falwerk 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 Zweigelenrahmen, der zusammen mit der steifen Dachebene und der Scheibe der Längsfassade ein ausgesteiftes Falwerk 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 Rahmen-ecken, 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).

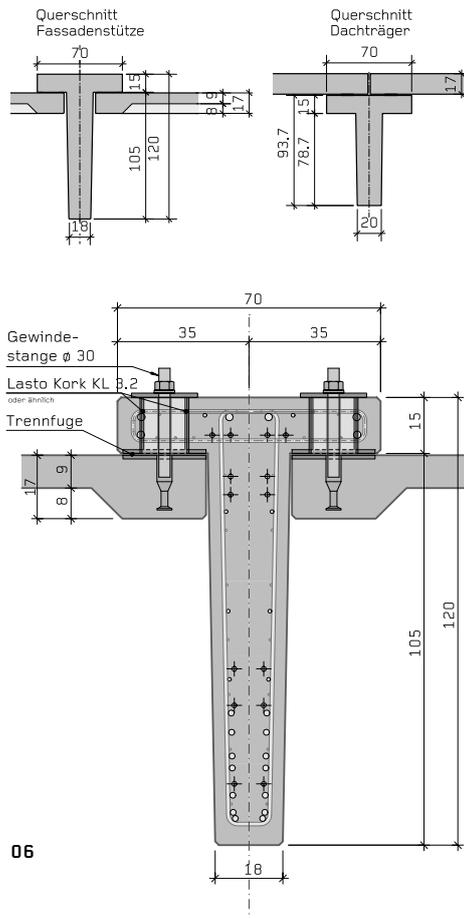
Die Stützen in der Fassade nimmt man nie als Ganzes wahr, weil die Fassadenelemente die Flansche verdecken. Nur der Steg zeigt sich. Umso schlanker erscheinen die Stützen. Allein bei den Fassadenöffnungen unter den Luftkondensatoren bei der Fernwärmezentrale bestehen die Stützen tatsächlich nur aus den Stegen (Abb. 02). Die Flansche wurden entfernt, weil sie die Luftzufuhr eingeschränkt hätten.



04



05



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 tragwerk-spezifische 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 Kehrlichtbunker mit seinen teilweise vorgespannten Wänden, die als **Falt- und Wabenwerk** funktionieren.

(Plan: Walt + Galmarini)

**04** Verladerrampe am Bunker mit dem 12 m weit auskragenden Dach.

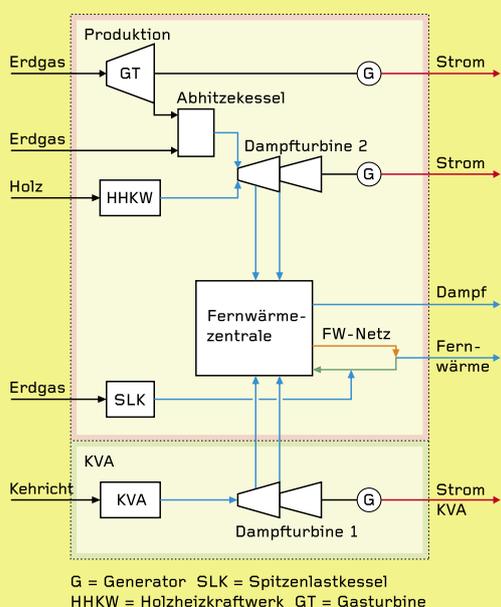
**05** Kehrlichtbunker am Anfang des Verarbeitungsprozesses. (Fotos: Georg Aerni)

**06** Stützen- und Dachträgerquerschnitt (oben), Anschlussdetail der vorfabrizierten Fassadenelemente an die Stütze (unten).

(Plan: Walt + Galmarini)

# DREI ANLAGEN GESCHICKT KOMBINIERT

Zur neuen Energiezentrale Forsthaus in Bern gehören neben der eigentlichen Kehrichtverwertungsanlage ein Holzheizkraftwerk und ein Gas- und Dampf-Kombikraftwerk. Mit dieser Kombination realisierten die Verfahreningenieure von TBF+Partner im Auftrag von Energie Wasser Bern ein Schweizer Pionierprojekt, das eine flexible Anpassung der Produktion von Strom, Dampf und Fernwärme an die Nachfrage ermöglicht und einen hohen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 76 % erreicht.



01

01 Aus Kehricht, Holz und Erdgas werden in der Energiezentrale Forsthaus Bern Dampf, Fernwärme und Strom produziert.

(Grafik: TBF+Partner AG)

Mit dem Ersatz der alten Kehrichtverwertungsanlage (KVA) Warmbächliweg durch die Energiezentrale Forsthaus (Abb. 01) konnte der Berner Energieversorger ewb (Energie Wasser Bern) sowohl die Stromproduktion insgesamt als auch den Anteil erneuerbarer Energieträger an der Energieversorgung deutlich erhöhen: Die neue Anlage erzeugt mehr als zehnmal so viel Strom wie die alte KVA (Abb. 06). Damit kann rund ein Drittel des Bedarfs der Stadt Bern gedeckt werden. Kehricht gilt zu 50 % als CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger. Mit der zusätzlichen Nutzung von einheimischem Holz als CO<sub>2</sub>-neutralem Energieträger im Holzheizkraftwerk (HHKW) wird der Anteil der erneuerbaren Strom- und Wärmeproduktion gegenüber der alten Anlage deutlich gesteigert.

Die produzierte Fernwärme entspricht etwa 15 % des Gesamtwärmebedarfs von Bern und versorgt rund 450 Kunden (Abb. 06). Ein Teil des produzierten Dampfs wird zur Abwasserreinigungsanlage (ARA) der Stadt Bern geführt, wo er für die Trocknung von Klärschlamm benötigt wird, ein weiterer Teil gelangt zur Grosswäscherei InoTex Bern AG und wird für die Reinigung von Arbeitstextilien verwendet.

Für die sichere Fernwärmeversorgung der Stadt Bern sind ausserdem zwei gasbefeuerte Spitzenlastkessel installiert. Sie gewährleisten eine grosse Flexibilität bei der Produktion der benötigten Fernwärme auch bei sehr hohen Verbräuchen im Winter oder bei einem Stillstand der KVA, des HHKW oder des Gas- und Dampf-Kombikraftwerks (GuD) (Abb. 04). Neben der KVA verfügt auch das Holzheizkraftwerk als bisher einziges in der Schweiz über eine Rauchgasreinigung. Dort werden Abgase, die durch die Verbrennungsprozesse entstehen, so weit von Schadstoffen gereinigt, dass die von den kantonalen Behörden festgelegten strengen Umweltauflagen eingehalten und in vielen Fällen sogar deutlich unterschritten werden können. Dadurch sind die Abgase wesentlich sauberer, als es die Luftreinhalte-Verordnung (LRV 2010) verlangt. So ist zum Beispiel der Staubgehalt der Abgase geringer als in der Luft, die aus der Umgebung angesaugt wird.

## KEHRICHTVERWERTUNGSANLAGE

Die neue KVA verwertet mit nur einer Verbrennungslinie etwa 110 000 t Kehricht pro Jahr. Aufgrund der zusätzlichen Fernwärmeproduktion mit Holz (HHKW) und Erdgas (GuD) ist – anders als in der alten KVA Warmbächliweg – eine zweite Verbrennungslinie für Kehricht als Reserve nicht mehr erforderlich (Abb. 05). Als Reserve für die Kehrichtanlieferung steht der grosse Bunker zur Verfügung.

Die Verbrennung des Kehrichts erfolgt mittels einer Rostfeuerung mit Rückschubrost bei einer Temperatur von 1200 °C. Aus der Wärme, die bei der Verbrennung entsteht, wird in einem 4-Zug-Horizontalkessel mit externem Economiser<sup>1</sup> Dampf mit 40 bar Druck und 400 °C erzeugt. Der Dampf dient in einer Entnahme-Kondensations-Turbine zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom, Fernwärme und Prozesswärme. Maximal können 16 MW Strom ins



02

Medium	Heizwert (kWh/kg)
Hausmüll	3.3–3.9
Frischholz	1.9
Rest- und Altholz	3.6
Heizöl	11.9

03

02 Blick auf die Rohrleitungen der Fernwärmezentrale. (Foto: Georg Aerni)  
 03 Hausmüll hat einen hohen Heizwert, der sogar über dem von Frischholz liegt. (Tabelle: TBF+Partner AG)

Netz eingespeist werden. Die maximale Wärmeauskopplung beträgt 38 MW, wobei dann die Stromerzeugung aus Kehrlicht sinkt.

Dem Kessel nachgeschaltet ist eine umfangreiche Rauchgasreinigung. Sie besteht aus einem 3-feldrigen Elektrofilter zur Entstaubung, einem Rohgaskatalysator zur Entfernung der Stickoxide, einer mehrstufigen Nasswäsche zur Abscheidung von Säuren und Schwermetallen und einem Gewebefilter als Polizeifilter für die Beseitigung eventueller letzter Verunreinigungen mit Staub, Dioxinen und Schwermetallen.

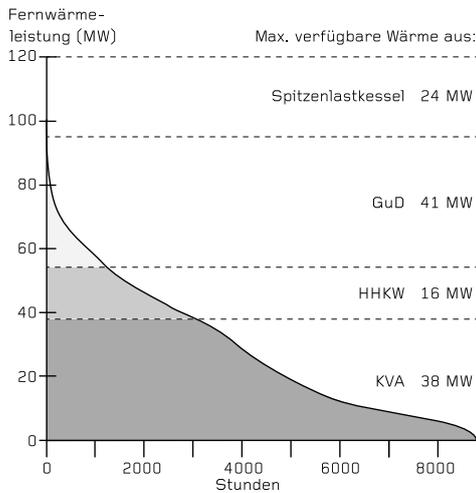
Das Abwasser aus der Nasswäsche wird genutzt, um in einer sauren Flugaschewäsche (FLUWA) aus der Flug- und Filterasche mobilisierbare Schwermetalle zu extrahieren. Erst die so behandelte Flugasche darf zusammen mit der Schlacke deponiert werden. Das verbleibende Abwasser wird in einer Abwasserbehandlungsanlage gereinigt, bevor es dem Vorfluter der ARA Bern zugeführt wird.

Bei der Verbrennung wird das Volumen des Kehrlichts um ca. 80% reduziert, der Kehrlicht wird hygienisiert und inertisiert. Aus der erhaltenen Schlacke wird mit einem Magnetabscheider Eisen zurückgewonnen. Auf der Deponie werden ausserdem Kupfer, Aluminium und Nickel abgeschieden.

### HOLZHEIZKRAFTWERK

Mit dem Holzheizkraftwerk wird auf einen CO<sub>2</sub>-neutralen, erneuerbaren und regional erzeugten Brennstoff gesetzt. Pro Jahr werden 112000 t Holz verbrannt. Davon sind 50% Frischholz, 40% unbelastetes Altholz und 10% Restholz aus Sägereien und der Holzverarbeitungsindustrie. Das Holz – ungefähr 20 Lkw-Ladungen pro Tag – stammt aus einem Umkreis von bis zu 35 km um die Energiezentrale Forsthaus.

Es wird bei 900°C in einem Wirbelschichtofen verbrannt, an den sich ein 2-Zug-Vertikal-kessel mit nachgeschaltetem integrierten Economiser<sup>1</sup> anschliesst. Der produzierte Dampf



04

speist zusammen mit dem Dampf aus dem GuD die zweite Dampfturbine. Sie arbeitet mit höheren Drücken als die Dampfturbine der KVA und kann mehr Dampf aufnehmen. Daher ist die maximale Stromerzeugung mit 27 MW höher. Die mögliche maximale auskoppelbare Leistung für Fernwärme und Prozessdampf beträgt 16 MW.

Eine trockene Rauchgasreinigung mit einem Gewebefilter gewährleistet sehr geringe Emissionen an Staub, Säuren, Schwermetallen und Dioxinen. Stickoxide werden durch nicht katalytische, selektive Reduktion (SNCR) entfernt.<sup>2</sup>

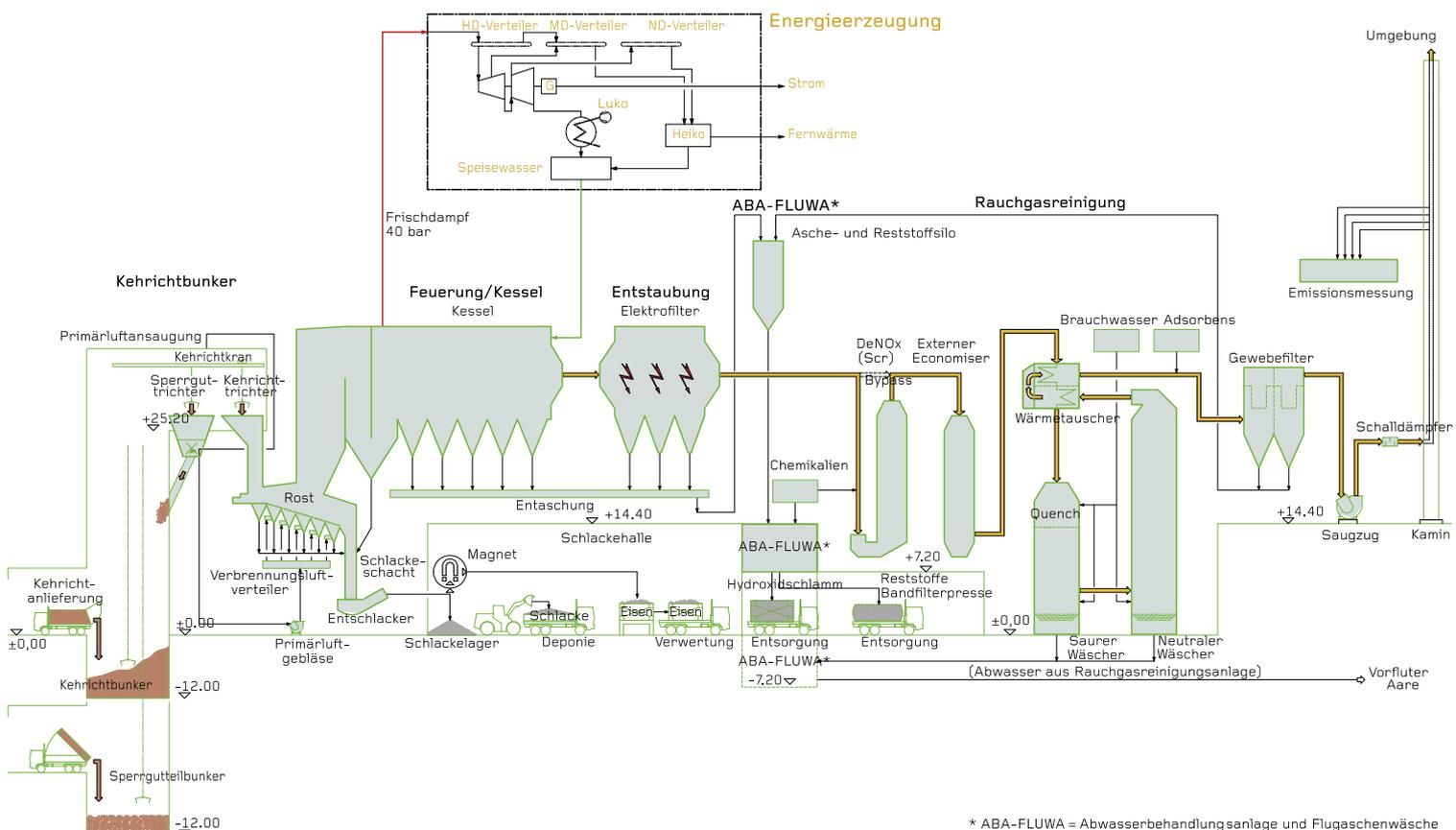
### GAS-UND-DAMPF-KOMBIKRAFTWERK

Kernstück der GuD-Anlage ist eine 46-MW-Gasturbine. Randbedingung für die Wahl ihrer Grösse war, dass mit ihrer Abwärme im nachgeschalteten Abhitzeessel mindestens 70 t/h Frischdampf erzeugt werden können. Die Gasturbine wird ausschliesslich mit Erdgas befeuert. Auf eine Dualfeuerung konnte aufgrund vorhandener Redundanzen der Gesamtanlage verzichtet werden.

Der im Abhitzeessel produzierte Dampf wird wie bei der KVA in einer Dampfturbine, zusammen mit dem Dampf aus dem HHKW, zur Produktion von Strom und Fernwärme genutzt. Die Dampfparameter für die Dampfturbine betragen 60 bar und 485 °C. Die maximale auskoppelbare Leistung für Fernwärme und Prozessdampf beträgt 41 MW. Zusätzlich gibt es zwei gasbefeuerte Spitzenlastkessel (SLK) mit 24 MW, die nur bei ungeplanten Stillständen von Teilanlagen oder aussergewöhnlich hohen Fernwärmeverbräuchen eingesetzt werden.

### FERNWÄRMEZENTRALE

Das Herzstück des gesamten Anlagenverbunds ist neben der Turbinenhalle die Fernwärmezentrale, die die Fernwärme und den Prozessdampf für die Verbraucher zur Verfügung stellt.



05

\* ABA-FLUWA = Abwasserbehandlungsanlage und Flugaschenwäsche

	KVA	HHKW	GuD	Spitzenlastkessel
Brennstoff	110 000 t/a Kehricht	112 000 t/a Holz	11 800 Nm <sup>3</sup> /h Erdgas	5 100 Nm <sup>3</sup> /h Erdgas
Jahresbetriebsdauer	8000 h	8000 h	ca. 5000 h	120 h
Investitionskosten	300 Mio Fr.	55 Mio Fr.	100 Mio Fr.	45 Mio Fr.
Gesamtleistung thermisch (Nennlast 100%)	57 MW	27 MW	131 MW	2 × 24 MW
Max. Leistung elektrisch	16 MW		73 MW <sup>1</sup>	
Gesamtwirkungsgrad	Max. 76 % Gesamtwirkungsgrad			
Stromabgabe	ca. 360 000 MWh/a (35% des Bedarfs von Bern)			
Wärmelieferung	ca. 250 000 MWh/a (14% des Gesamtwärmebedarfs von Bern), 290 000 MWh/a bei einem Ausbau des FW-Netzes um 20 %			
Dampf zur ARA und Inotex	ca. 40 000 MWh/a			

1) davon 46 MW aus der Gasturbine und 27 MW aus der Dampfturbine

## 06

**04** Zur Abdeckung des Fernwärmebedarfs der Stadt Bern genügt den grössten Teil des Jahres die Leistung der KVA. Bei höherem Bedarf können das Holzheizkraftwerk und das Gas- und-Dampf-Kombikraftwerk zusätzliche Wärme liefern. Für die Deckung des Spitzenbedarfs im Winter stehen zusätzlich zwei Spitzenlastkessel zur Verfügung.

**05** Übersicht über die einzelnen Komponenten der Kehrichtverwertungsanlage.

**06** Technische Angaben zu den einzelnen Komponenten der Energiezentrale Forsthaus Bern. Dazu kommt noch eine Photovoltaikanlage auf dem Dach, die 80 MWh Strom pro Jahr liefert. (Grafiken und Tabelle: TBF+Partner AG)

Zu den Abnehmern gehören unter anderem das Inselspital, die Universität, der Bahnhof, Regierungsgebäude und die ARA Bern. Pro Jahr können bis zu 290 000 MWh Fernwärme und etwa 40 000 MWh Dampf abgegeben werden.

Aus der Kurve des jährlichen Fernwärmebedarfs der Stadt Bern ist zu erkennen, dass die drei Anlagen KVA, HHKW und GuD nahezu 100 MW Fernwärme liefern können (Abb. 04). Ein ausserordentlicher Spitzenverbrauch von etwa 120 MW kann mit Zuschaltung von einem der beiden Spitzenlastkessel abgedeckt werden. Ein Stillstand des grössten Energielieferanten, nämlich des GuD, kann durch beide Spitzenlastkessel kompensiert werden.

Eine Herausforderung für die Unterbringung der einzelnen Anlagen war die lang gezogene, schmale Form des Grundstücks. Dadurch konnten zentrale Elemente wie die Turbinenhalle und die Fernwärmezentrale nicht neben bzw. zwischen den Kesseln platziert werden, was sehr lange Distanzen bei den Rohrleitungen zur Folge hatte. Auch im Bereich der elektrischen Energieversorgung galt es sehr lange Distanzen zu überwinden, was viel Koordinationsaufwand bedeutet.

Seit Anfang April 2012 wurde die Energiezentrale Forsthaus schrittweise in Betrieb genommen. In einem ersten Schritt erfolgte die Kaltinbetriebnahme ohne Chemikalien und im drucklosen Zustand sowie die Bereitstellung der benötigten Hilfsbetriebe wie z. B. Druckluft und Wasser. Im Anschluss daran folgte die 2-phasige Warminbetriebnahme. Während der ersten Phase wurde die einzelnen Anlagenteile mit Medien gefüllt und unter Druck gesetzt. In der zweiten Phase wurden die einzelnen Anlagen zu einer gemeinsamen Gesamtanlage, der Energiezentrale Forsthaus, zusammengeführt. Während der gesamten Inbetriebnahme wurden fortlaufend die korrekte Funktionsweise und die extra erstellte Software für sämtliche Komponenten überprüft.

Im ersten Quartal 2013 konnten der Probetrieb anlagenweise erfolgreich abgeschlossen werden und die einzelnen Anlagenteile schrittweise an die Bauherrschaft übergeben werden. Die Kehrichtentsorgung und Fernwärmeversorgung erfolgten bereits seit Herbst 2012 am neuen Standort. Die alte KVA Warmbächliweg wird ab April zurückgebaut, um Platz zu machen für eine neue Wohnüberbauung (vgl. S. 8).

### Anmerkungen

1 Wärmeübertrager zur Verwertung von Abwärme.  
2 Gemäss Luftreinhalteverordnung ist für Holz als Brennstoff keine Rauchgasreinigung vorgesehen. Da aber nie ganz klar ist, in welcher Qualität Holz angeliefert wird, wurde in den Bewilligungsaufgaben die Installation einer trockenen Rauchgasreinigung für das HHKW festgelegt, die z. B. aus Farbanstrichen oder Beschichtungen stammende Schadstoffe adsorbiert.

**Joachim Rutz**, Dipl. Umweltingenieur ETH, Gesamtprojektleiter, TBF+Partner AG, Zürich, jr@tbf.ch;

**Markus Wieduwilt**, Dipl. Masch.-Ing. FH, Stv. Gesamtprojektleiter und Hauptinbetriebnahmeleiter, TBF+Partner AG, Zürich, mw@tbf.ch; **Jens Schmidt**, Dipl. Ing. Verfahrens- und Umwelttechnik FH, Teilprojektleiter, TBF+Partner AG, Zürich, sj@tbf.ch; **Thomas Schmidt**, Dipl.-Ing. Maschinenbau Universität Gesamthochschule Essen, Teilprojektleiter, TBF+Partner AG, Zürich, sct@tbf.ch;

**Silvan Rieben**, MSc Environmental Sciences Universität Zürich, BSc Umweltingenieurwesen ZFH, Assistenz Gesamtprojektleitung, TBF+Partner AG, Zürich, ris@tbf.ch