

Drei Anlagen geschickt kombiniert

Autor(en): **Rutz, Joachim / Wieduwilt, Markus / Schmidt, Jens**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

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

Heft 13-14: **Energiezentrale Bern**

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-323691>

Nutzungsbedingungen

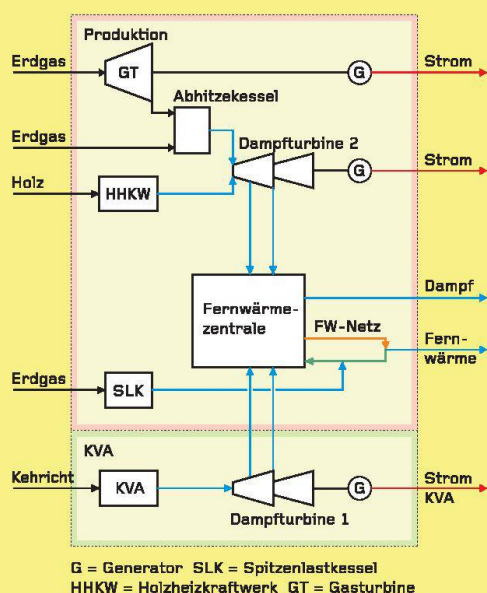
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung 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.

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

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 zehnmals 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 CO₂-neutraler Energieträger. Mit der zusätzlichen Nutzung von einheimischem Holz als CO₂-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 Dampfes 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 Economiser¹ 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

01 Aus Kehricht, Holz und Erdgas werden in der Energiezentrale Forsthaus Bern Dampf, Fernwärme und Strom produziert.
(Grafik: TBF+Partner AG)



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.

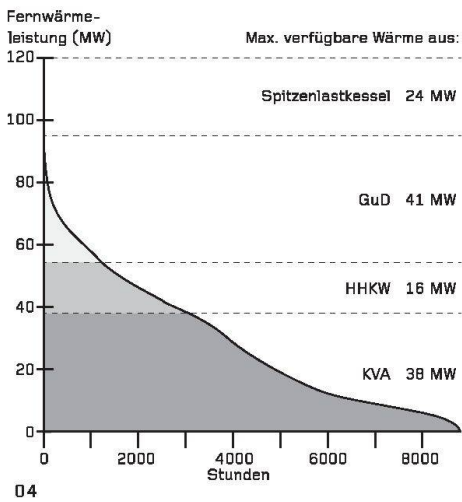
Das Abwasser aus der Nasswäsche wird genutzt, um in einer sauren Flugaschewäsche (FLUWA) aus der Flug- und Filterasche mobilisierbare Schwermetalle zu extrahieren. Erst die so behandelte Flugasche darf zusammen mit der Schlacke deponiert werden. Das verbleibende Abwasser wird in einer Abwasserbehandlungsanlage 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 CO₂-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 Economiser¹ anschliesst. Der produzierte Dampf



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.²

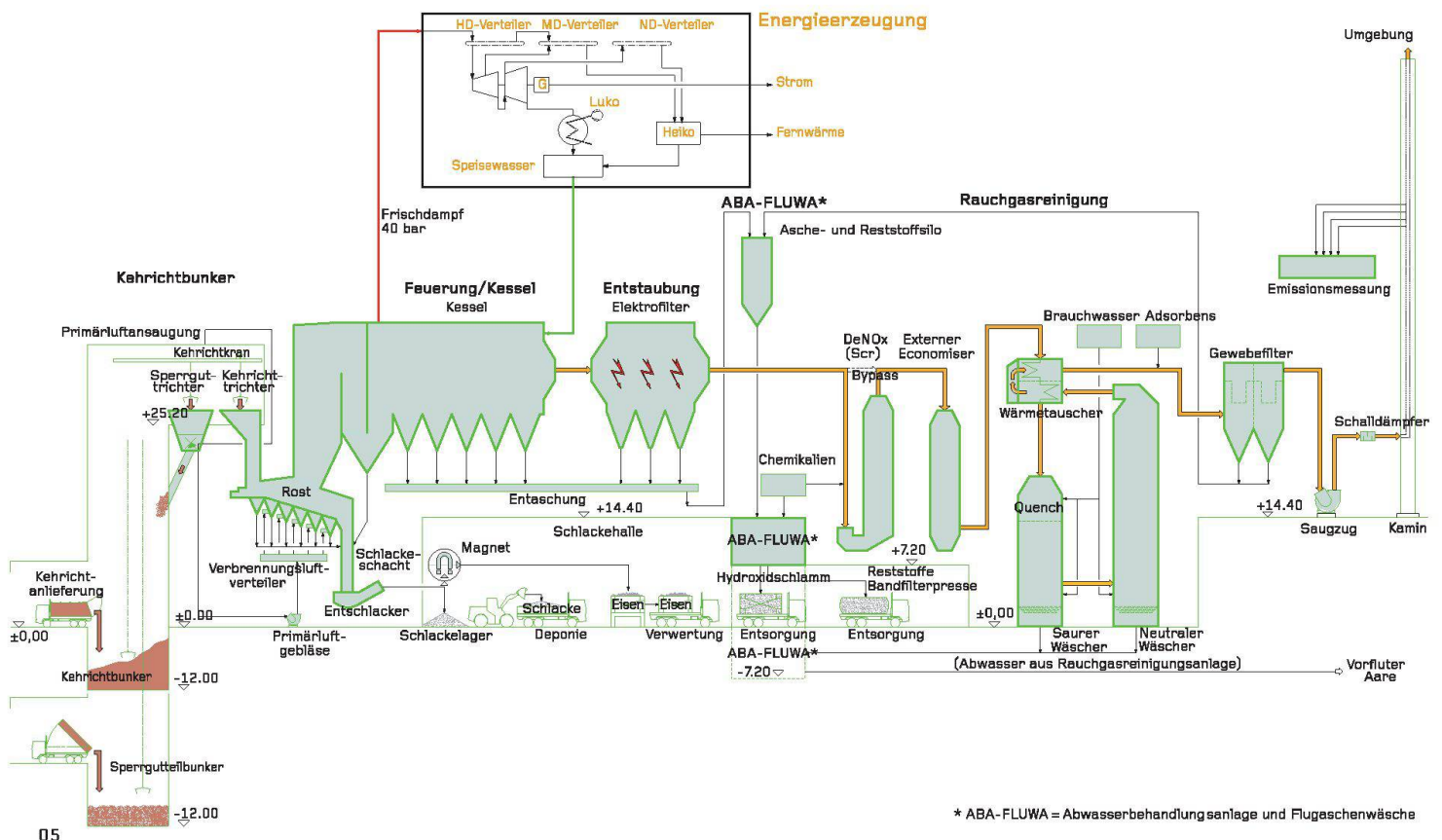
GAS-UND-DAMPF-KOMBIKRAFTWERK

Kernstück der GuD-Anlage ist eine 46-MW-Gasturbine. Randbedingung für die Wahl ihrer Grösse war, dass mit ihrer Abwärme im nachgeschalteten Abhitzekegel 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 Abhitzekegel 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.



	KVA	HHKW	GuD	Spitzenlastkessel
Brennstoff	110 000 t/a Kehricht	112 000 t/a Holz	11 800 Nm ³ /h Erdgas	5 100 Nm ³ /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 x 24 MW
Max. Leistung elektrisch	16 MW		73 MW ¹	
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 Probebetrieb 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