



Stadt Zürich  
Entsorgung + Recycling



# Thermische Verwertung von Abfall

Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz

# Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz – Leuchtturm der thermischen Abfallverwertung

Im Abfall steckt ein grosses Energiepotenzial, das im modernen Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz in Zürich-Nord beispielhaft genutzt wird. Im letzten Jahrzehnt wurde die ursprünglich Ende der 1960er-Jahre erstellte Anlage umfassend saniert und erneuert. Mit einer Kapazität von 230 000 bis 240 000 Tonnen Abfall pro Jahr ist sie nicht nur die grösste Anlage zur thermischen Abfallverwertung in der Schweiz, sondern ist zusammen mit der Anlage in Basel absolute Spitze bei der Energieerzeugung. Mit Hilfe der Wärme-Kraft-Kopplung wird gleichzeitig Strom, Dampf und Wärme erzeugt. Die Stromproduktion beträgt rund 120 000 MWh pro Jahr, was dem Verbrauch von 35 000 durchschnittlichen Stadtzürcher Haushaltungen entspricht. Oder das Vierfache der Summe der produzierten Strommenge der beiden Flusskraftwerke Höngg und Letten. Die Energie aus dem Abfall stellt auch den Hauptteil der Zürich Wärme dar, die im grossen Fernwärmenetz der Städte Zürich, Opfikon-Glattbrugg und Wallisellen verteilt wird. Das Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz unterstützt massgeblich die energiepolitischen Zielsetzungen der Schweiz und die Bemühungen der Stadt Zürich um die 2000-Watt-Gesellschaft.

Die ausgezeichnete Energieausbeutung und die kurzen Transportwege machen es sinnvoll, den Abfall dort zu verwerten, wo er auch anfällt. Dass dies für die Menschen schonend und sicher geschieht, dafür sorgen die hohen ökologischen Standards von Entsorgung+Recycling Zürich. Die guten Emissionswerte der Rauchgasreinigungsanlagen tragen wesentlich dazu bei, die Luft von Schadstoffen zu entlasten.

Nach den grossen Anstrengungen in der Energierverwertung im Laufe des letzten Jahrzehnts stehen nun zahlreiche Aktivitäten und Innovationen im Bereich der Rückstandsentsorgung und der Wertstoffkreisläufe an. Eine moderne Abwasserbehandlungsanlage mit Flugaschenwäsche wurde kürzlich in Betrieb genommen und erlaubt, wertvolle Metalle zu recyceln. Mit dem geplanten Umbau auf einen trockenen Schlackenaus-  
trag wird zusammen mit der ZAV Recycling AG in Hinwil die Metallrückgewinnung aus der Kehrichtschlacke optimiert. So soll beispielsweise das wertvolle Kupfer nicht als belastendes Schwermetall auf der Deponie landen, sondern als Halbedelmetall wieder in die industrielle Produktion gelangen können. Diese Innovationen tragen dazu bei, die Nachsorge der Deponien zu vereinfachen.

Die Vision der Anlagenbetreiber im Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz ist eine noch bessere Energieausnutzung, wie sie mit dem angedachten Zusammenschluss der heute getrennten Fernwärmegebiete Zürich-West und Zürich-Nord vorgesehen ist, und eine vollständige Rückführung der Verbrennungsrückstände in die Wertstoffkreisläufe.

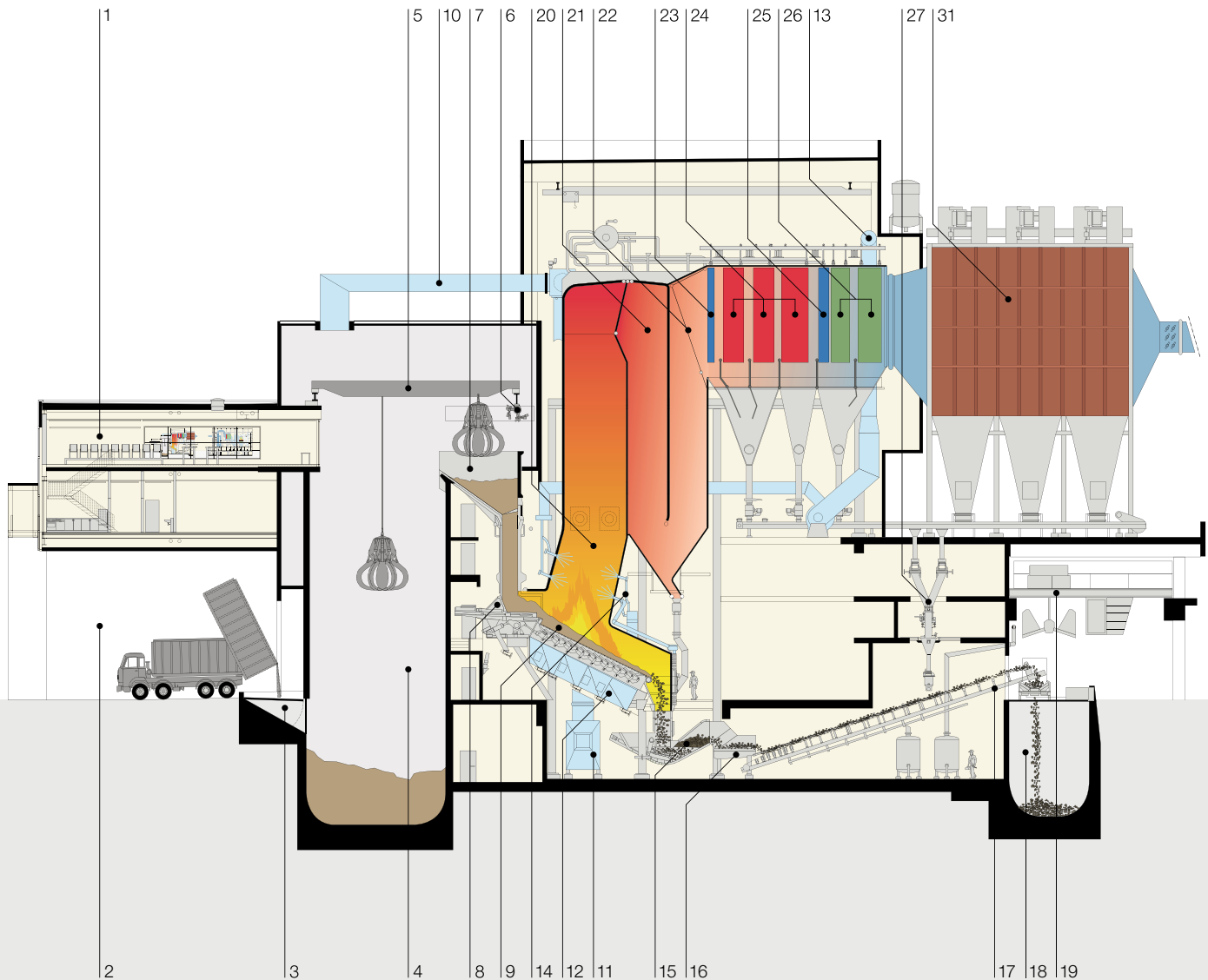
## Inhalt

<b>Längsschnitt durch die Anlage</b>	<b>3</b>
<b>Übersicht</b>	<b>6</b>
<b>Abfallströme – die Annahme und die Triage</b>	<b>7</b>
<b>Abfallbunker – das Rohstofflager des Werks</b>	<b>9</b>
<b>Verbrennungslinien – die technischen Daten</b>	<b>11</b>
<b>Abwasserbehandlung und Saure Flugaschenwäsche</b>	<b>23</b>
<b>Energiezentrale – die Produktion von Wärme und Strom</b>	<b>25</b>
<b>Bilanzen – alles unter Kontrolle</b>	<b>29</b>
<b>Leitstand</b>	<b>37</b>
<b>Innovationen</b>	<b>39</b>
<b>Glossar</b>	<b>41</b>
<b>Adresse / Impressum</b>	<b>42</b>

# Längsschnitt durch die Anlage

## Verbrennung und Dampferzeugung

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <b>1 Leitstand</b>                     | <b>10 Primärluftansaugkanal</b>              | <b>19 Schlackekran</b>                  |
| <b>2 Entladehalle</b>                  | <b>11 Primärluftsystem mit Luftvorwärmer</b> | <b>20 Feuerraum (1. Kesselzug)</b>      |
| <b>3 Abladestelle mit Kippschurre</b>  | <b>12 Primärluftverteiler</b>                | <b>21 2. Kesselzug (Strahlung)</b>      |
| <b>4 Abfallbunker</b>                  | <b>13 Sekundärluftansaugkanal</b>            | <b>22 3. Kesselzug (Strahlung)</b>      |
| <b>5 Krananlage</b>                    | <b>14 Sekundärlufteindüsung</b>              | <b>23 Verdampfer 1 (Konvektion)</b>     |
| <b>6 Klärschlammaufgabe</b>            | <b>15 Stöselentschlacker</b>                 | <b>24 Überhitzer 3/2/1 (Konvektion)</b> |
| <b>7 Einfülltrichter mit Schacht</b>   | <b>16 Schlackeschwingförderer</b>            | <b>25 Verdampfer 2 (Konvektion)</b>     |
| <b>8 Abfallzuteiler (Dosierstößel)</b> | <b>17 Schlackeförderband</b>                 | <b>26 Vorwärmer (Konvektion)</b>        |
| <b>9 Verbrennungsrost</b>              | <b>18 Schlackebunker (Zwischenlager)</b>     | <b>27 Flugaschenfördersystem</b>        |
- } **4. Kesselzug**



## Rauchgasreinigung

**31 Elektrofilter** (3 Felder)

**32 Katalysator**

33 Ammoniakkeindüsung

34 Überhitzer (MD)

35 Verdampfer (MD)

36 Vorwärmer (HD)

**Abhitzeessel**

37 Entaschung Abhitzeessel

**38 Saugzuggebläse 1** (trocken)

39 Kohleeindüsung (HOK)

40 Quench (1. Stufe)

41 Füllkörper (2. Stufe)

42 Ringjets (3. Stufe)

**Nasswäscher**

**43 Saugzuggebläse 2** (nass)

**44 Kamin**

45 Chemikalienannahme und -lagerung

46 Lager- und Havarietanks

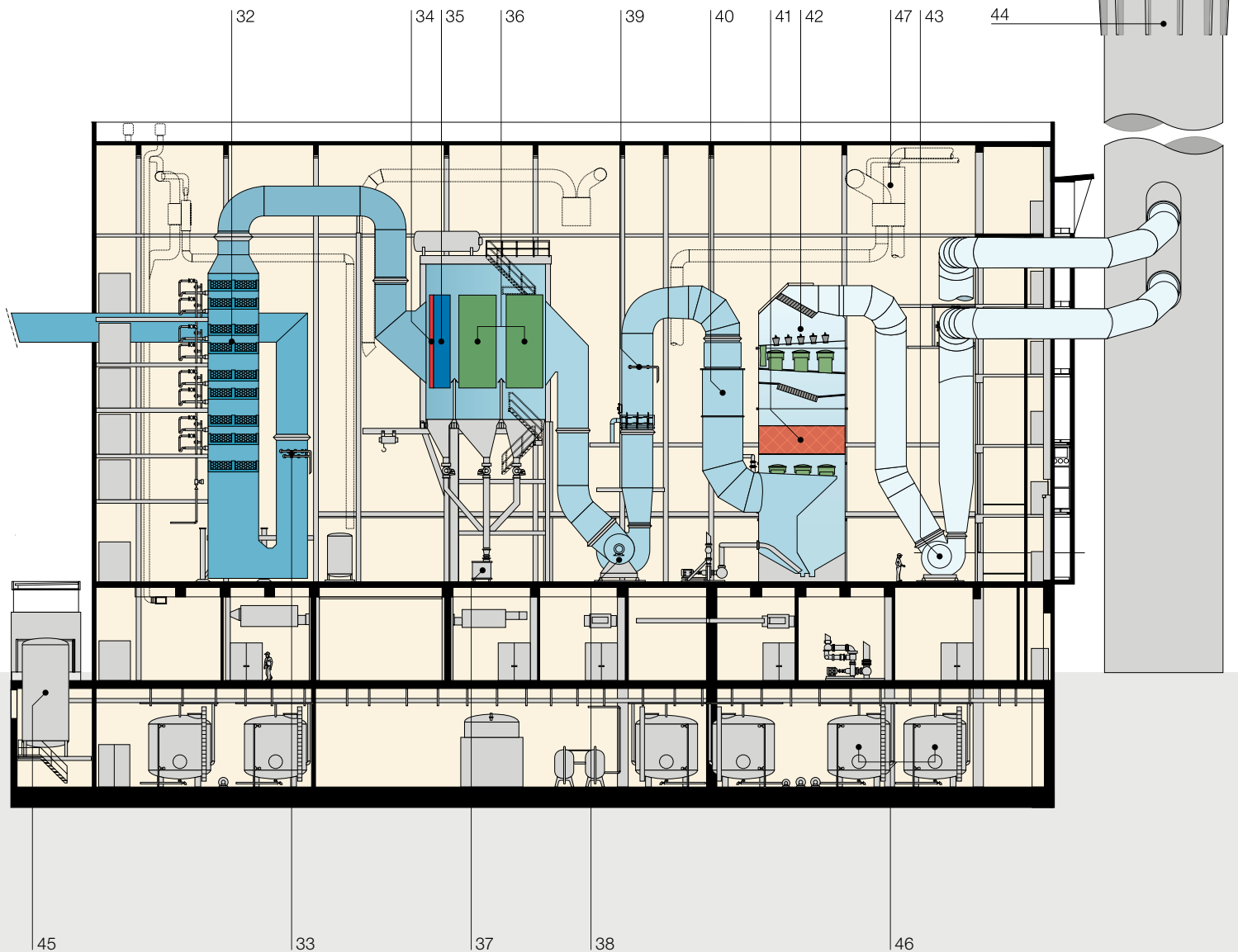
47 Lüftungsanlagen

## Weitere Anlagenteile

Energiezentrale

Abwasserbehandlung und

Saure Flugaschenwäsche





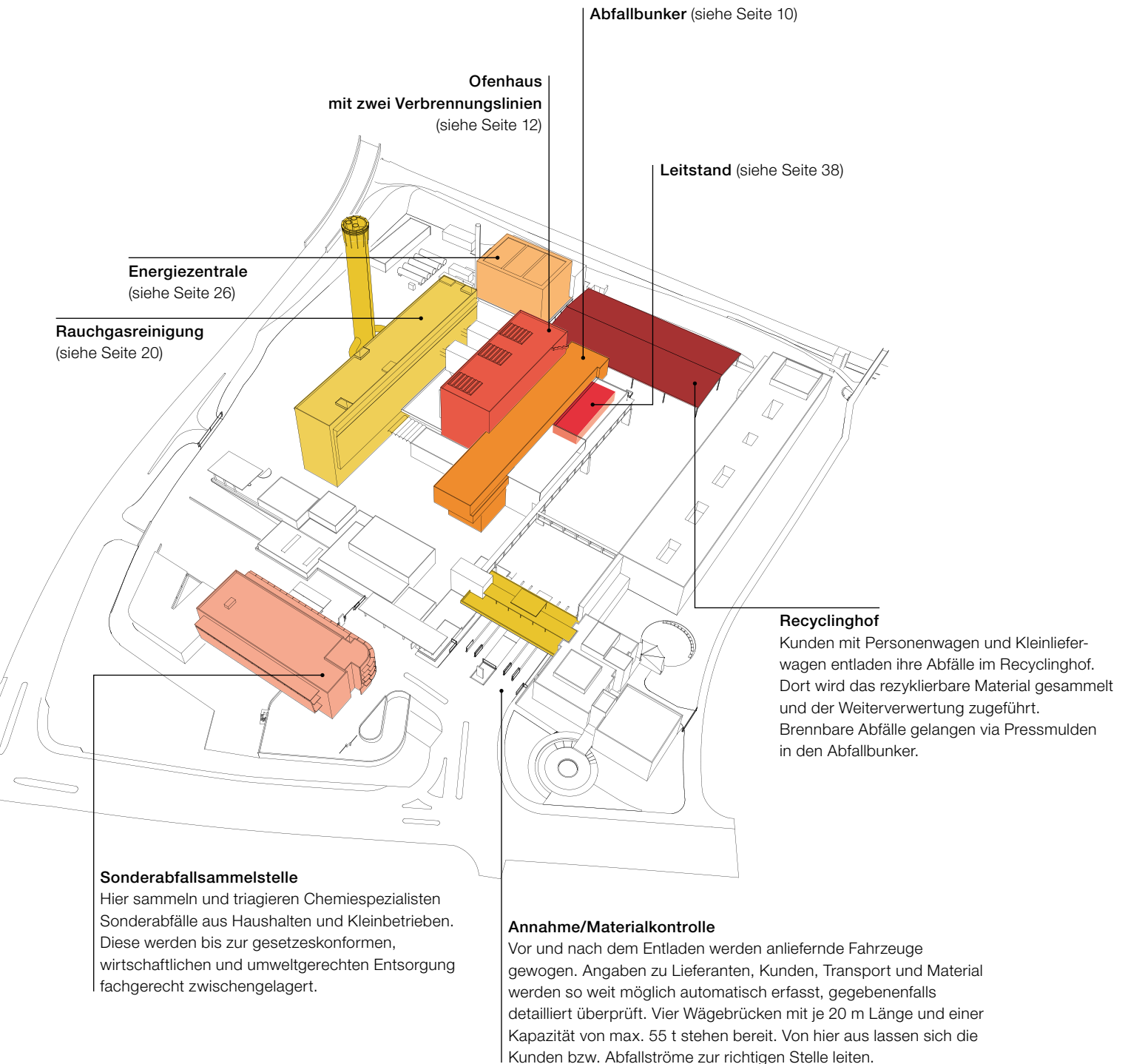




# Übersicht

<b>Thermische Verwertung</b>	<p>Siedlungsabfälle, siedlungsabfallähnliche Stoffe, Bauabfälle, Abfälle aus Industrie und Gewerbe und zur Verbrennung zugelassener Sonderabfälle verwertet das Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz thermisch in zwei identischen Verbrennungslinien.</p> <p>Die thermische Verwertung erfolgt in drei Hauptprozessstufen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Feuerung</li><li>– Dampferzeugung</li><li>– Rauchgasreinigung mit Abwasserbehandlung</li></ul>
<b>Feuerung</b>	<p>Die Verbrennung erfolgt ohne Zugabe von Brennstoffen wie Öl oder Gas. Die Verwertungs-kapazität beträgt je Linie 115 000 t/a. Je nach Heizwert und Verfügbarkeit können bis 120 000 t/a verwertet werden. Die Bruttowärmeleistung beträgt pro Verbrennungslinie 48,1 MW (Brennstoffwärme, <math>B \times Hu</math>).</p>
<b>Dampferzeugung</b>	<p>Die entstehenden Rauchgase sind rund 1100 °C heiss. Im Dampfkessel geben sie ihre Wärme über Heizflächen an zugeführtes Speisewasser ab. So entsteht Dampf für die Weiterverwertung. Die Gase kühlen dabei auf etwa 170 °C ab.</p>
<b>Reinigung</b>	<p>Die Reinigung der Rauchgase und des Abwassers erfolgt in mehreren Stufen. Alle Grenzwerte für Emissionen werden unterschritten, zum Teil sehr deutlich.</p>
<b>Energiezentrale</b>	<p>Der erzeugte Wasserdampf mit einem Druck von 40 bar und einer Temperatur von 400 °C wird in der Energiezentrale in nutzbare Energie umgewandelt.</p> <p>Der grösste Teil der erzeugten Nutzenergie fliesst einerseits als Strom ins Netz der ewz, andererseits als Dampf in das Dampfverbundnetz und als Heisswasser in die Fernwärmeversorgung Zürich-Nord. Priorität hat in jedem Fall die Eigenversorgung des Kehrichtheizkraftwerks Hagenholz mit Dampf und Strom.</p> <p>Wird die Wärme weder im Heisswasser-Fernwärmenetz Zürich-Nord noch im Dampfverbundnetz vollständig genutzt, erfolgt nach der Stromerzeugung die Kondensation des Turbinenabdampfs in luftgekühlten Kondensatoren.</p>
<b>Leitstand</b>	<p>Moderne Leittechnik überwacht sämtliche Anlagekomponenten und visualisiert die Prozesse. Abweichungen von Sollwerten und Eingriffe in den Prozess werden protokolliert und können ausgewertet werden. Eine Online-Bilanz (Masse und Energie) ist jederzeit abrufbar.</p>

# Abfallströme – die Annahme und die Triage









# Abfallbunker – das Rohstofflager des Werks

## Abfallbunker – Einleitung

Für grosse Fahrzeuge stehen in der Entladehalle Abladestellen mit Kippschurren bereit. Bei Abfall-, Mulden- und Schubboden-Fahrzeugen öffnen sich die Schurren automatisch. Kleinere Lastwagen kippen die Abfälle auf die geschlossene Schurre; aus Sicherheitsgründen öffnet sich diese erst nach Wegfahrt des Fahrzeugs.

Abfälle mit einer Stückgrösse über 1 m werden im Shredder zerkleinert.

Der geräumige Abfallbunker ist mit diversen Sicherheitssystemen zur Branderkennung und Brandbekämpfung ausgestattet.

Im Abfallbunker wird durch Luftabsaugung ein Unterdruck erzeugt, um so Geruchsbelästigungen in der Umgebung zu verhindern. Die abgesaugte Luft wird als Verbrennungsluft genutzt.

<b>Abfallbunker</b>	
Lagerkapazität	15 000 m <sup>3</sup> bzw. 6000 t
Abladestellen	4
Brandfrüherkennung	Überwachung der Oberflächen auf Erwärmung mit Hilfe von 4 Infrarotkameras in 4 Bunkerzonen
Branderkennung	Mit Flammenwächter und Sichtkontrolle
Brandbekämpfung	Sprühflutanlage und Schaumlöschanlage, für jede der 4 Zonen einzeln aktivierbar
Krananlagen	2 Anlagen, vollautomatischer Betrieb
Greifer	6,3 m <sup>3</sup>
Spannweite	13,3 m

<b>Sperrgutzerkleinerung im Abfallbunker mit zweiwelligem Rotor-Shredder</b>	
Umdrehungen	25 – 40 U/min
Durchsatzleistung, je nach Beschaffenheit des Sperrgutes	25 – 40 t/h

<b>Sperrgutzerkleinerung im Anlieferbereich mit einwelligem Rotor-Shredder</b>	
Umdrehungen	7 – 28 U/min
Durchsatzleistung, je nach Beschaffenheit des Sperrguts	13 – 50 t/h





# Verbrennungslinien – die technischen Daten

Wo nicht anders erwähnt, beziehen sich die Angaben auf eine Verbrennungslinie.

Das Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz betreibt zwei davon.

## Feuerung

Der Feuerungsprozess wird automatisch geführt. Die Feuerungsleistungsregelung (FLR) regelt die Brennstoffzuführung und -verteilung auf dem Verbrennungsrost und dosiert die Verbrennungsluft (Primär- und Sekundärluft) in den einzelnen Verbrennungszonen.

Als Regelgrößen dienen der FLR die Position und die Temperatur des Hauptverbrennungsbereichs auf dem Verbrennungsrost, welche durch eine Infrarotkamera in der Feuerraumdecke erfasst wird, die Rauchgastemperaturen im 2. Kesselzug, der Sauerstoffgehalt der Rauchgase und die Dampfmenge.

Die FLR basiert auf einer Fuzzy-Logik-Regelung und ermöglicht eine exakte Einhaltung der gewünschten Dampfmenge und eine optimal ausgebrannte Kehrichtschlacke, auch bei unterschiedlichem Kehrichtheizwert.

### Basisdaten

Leistungsfeld gemäss Feuerungsleistungsdiagramm

Bruttowärmeleistung (Brennstoffwärme,  $B \times Hu$ ) 48,1 MW

Abfalldurchsatz (heizwertabhängig)

bei  $Hu = 3,60 \text{ MWh/t}$  ( $12\,960 \text{ kJ/kg}$ ) 13,35 t/h

### Beschickung

Trichter, Einfüllöffnung  $5,0 \times 7,5 \text{ m}$

Schacht, engster Querschnitt  $1,0 \times 6,7 \text{ m}$

3 Dosierstössel, nebeneinander liegend  $B \times H = 2,23 \times 0,22 \text{ m}$

Hublänge max. 1,2 m

### Verbrennungsrost

Typ Rückschubrost

Rostlänge 8,05 m

Rostbreite 6,32 m

Verweilzeit des Abfalls bzw. Brennstoffs auf dem Rost 1 – 1,5 h







## Luft

Die Verbrennungsluft wird dem Feuerraum als Primärluft in mehreren Zonen unter dem Verbrennungsrost und als Sekundärluft über dem Brennstoffbett zugeführt.

<b>Primärluft</b>	
Absaugungsort	Abfallbunker
Menge (i. N. f.)	51 000 m <sup>3</sup> /h
Luftvorwärmung	bis 150 °C
Heizmedium	Mitteldruckdampf 12 bar a
Luftzonen unter dem Rost	5

<b>Sekundärluft</b>	
Absaugungsort	Kesselhaus
Menge (i. N. f.)	32 000 m <sup>3</sup> /h
Temperatur	40 °C
Eindüsstellen	auf 2 Ebenen stirn- und nackenseitig in den Feuerraum

<b>Sperrluft</b>	
Absaugungsort	Kesselhaus
Menge (i. N. f.)	max. 4 000 m <sup>3</sup>
Temperatur	25 °C

<b>Rauchgas</b>	
Menge (i. N. f.)	97 000 m <sup>3</sup> /h
Temperatur im Feuerraum	ca. 1100 °C
Sauerstoffgehalt am Kesselaustritt	9–10 Vol.-%
Kohlenmonoxid-(CO-)Gehalt am Kesselaustritt	max. 25 mg/m <sup>3</sup>
Gehalt an gasförmigen organischen Stoffen (als Gesamtkohlenstoff) am Kesselaustritt	max. 5,0 mg/m <sup>3</sup>

## Dampfkessel

Dabei handelt es sich um einen 4-Zug-Naturumlaufkessel mit drei vertikalen Strahlungszügen und nachfolgendem horizontalem Konvektionszug mit Heizflächen zum Vorwärmen und Verdampfen des Speisewassers sowie zur Überhitzung des Dampfs.

---

### Kesselwände

Gasdichte Rohr-Steg-Rohrwände als Teil des Verdampfersystems

---

---

### Konvektionsheizflächen vertikal angeordnete Stahlrohrregister

- Verdampfer 1 (Schutzverdampfer)
  - Überhitzer 3, 2 und 1
  - Verdampfer 2
  - Vorwärmer
- 

---

### Dampfproduktion

Auslegungsmenge	60,3t/h
Dampfparameter	40–42 bar a/ 400 °C
Speisewasser-Eintrittstemperatur bei Vorwärmung über den nachgeschalteten Abhitzekeessel	160–170 °C (variabel)

---

---

### Rauchgastemperaturen

Feuerraum (1. Zug) bei Verweilzeit von 2 Sekunden	min. 850 °C
Vor Eintritt in Konvektionsteil (4. Zug)	max. 700 °C
Bei Austritt aus Kessel, geregelt	max. 275 °C

---

---

### Schutz Kesselrohrwände

- Rostbereich aus feuerfestem Beton
  - Feuerraum, unterer Bereich, 1. Zug: SiC-Platten
  - In der Zone der Sekundärlufteindüsung: Cladding (Chrom-Nickel-Auftragsschweissung)
  - Oberer Bereich, 1. Zug und Eintritt 2. Zug: Cladding (Chrom-Nickel-Auftragsschweissung)
- 

---

### Kesselreinigung

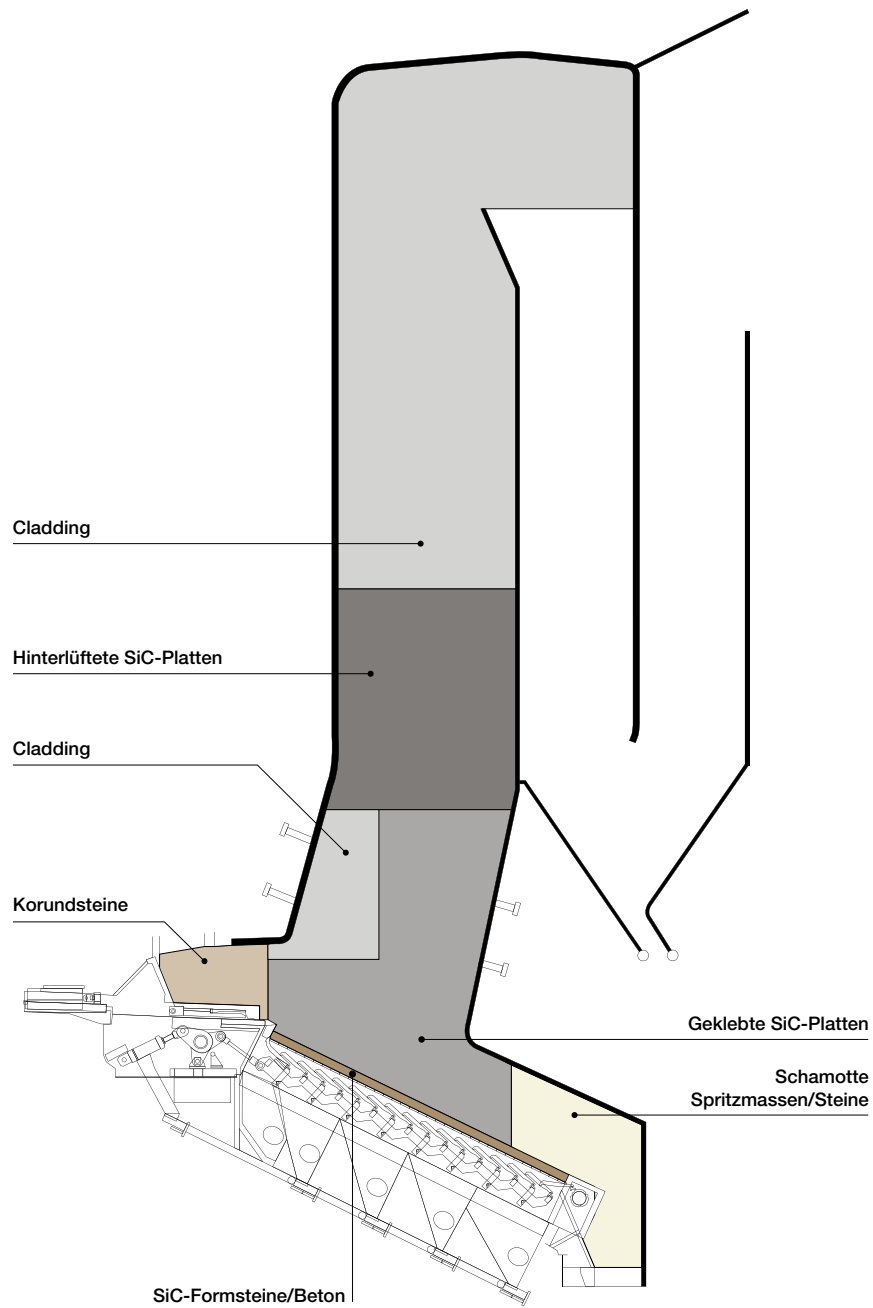
- Rohrwände 2. und 3. Zug: Shower Cleaning System
  - Rohrregister im 4. Zug: pneumatisches Klopferwerk
-







## Feuerraumauskleidung





## Abhitzekessel

Der Rauchgaswärmer ist nach dem Katalysator ein Abhitzekessel eingebaut. Er besteht aus einem Mitteldruck- und einem Hochdruckmodul. Die maximale Wärmeleistung beider Module zusammen beträgt 4,1 MW.

### Mitteldruckmodul als Dampferzeuger

Dampfmenge	max. 2 t/h
Dampfparameter:	
– Druck	12 bar a
– Temperatur	max. 250 °C

### Hochdruckmodul als Vorwärmer für Speisewasser

Speisewasser-Austrittstemperatur	160–170 °C
Speisewasser-Eintrittstemperatur	130 °C
Abgastemperatur nach Abhitzekessel, geregelt	160–180 °C
Bauart der Heizflächen: Stahlrohrregister, vertikal angeordnet; Reinigung mit mechanischem Klopferwerk	

## Rückstände

### Schlacke

Entschlackung mit Stösselentschlacker (nass)

Ausbrand, TOC-Gehalt	max. 1 Gew.-%
Menge in % der Brennstoffmenge	max. 20 Gew.-%
Wassergehalt	ca. 15 Gew.-%
Eisengehalt in trockener Schlacke	ca. 12 Gew.-%
Gehalt Nichteisenmetalle in trockener Schlacke	ca. 2 Gew.-%

### Flugasche

Ausbrand, TOC-Gehalt	max. 3 Gew.-%
Menge in % der Brennstoffmenge	rund 2,5 Gew.-%

Die Flugasche wird in einem weiteren Schritt mit dem sauren Wäscherabwasser in der «Sauren Flugaschewäsche (FLUWA)» behandelt. Nach dieser Behandlung muss sie nicht mehr als Sonderabfall deponiert werden und kann als gewaschene Flugasche auf einem Schlackekompartiment einer Reaktordeponie abgelagert werden.



## Rauchgas

Die Reinigung der Rauchgase wird in folgenden Verfahrensschritten durchgeführt:

- Entstaubung
- Entstickung
- Dedioxinierung
- Weitergehende Reinigung

---

### Entstaubung

Elektrofilter

Auslegungsmenge (i. N. f.)	105 000 m <sup>3</sup> /h
Rauchgas-Eintrittstemperatur	max. 280 °C
Anzahl Felder	3
Staubgehalt bei Austritt aus Elektrofilter	max. 20 mg/m <sup>3</sup>

---

### Entstickung

Selective-Catalytic-Reduction-Verfahren (SCR)

Auslegungsmenge (i. N. f.)	120 000 m <sup>3</sup> /h
Reaktionsmittel	Ammoniaklösung, 25 %-ig
Betriebstemperatur Katalysator	250–270 °C (max. 280 °C)
Stickoxidgehalt (NO <sub>2</sub> ) nach Entstickung	< 70 mg/m <sup>3</sup>
Ammoniakgehalt als NH <sub>3</sub>	< 5 mg/m <sup>3</sup>

---

### Dedioxinierung

Reduktion im Katalysator und Abscheidung mittels Kohleeindüsung

Dioxingehalt im Reingas	≤ 0,1 ng I-TEQ/m <sup>3</sup>
-------------------------	-------------------------------

---

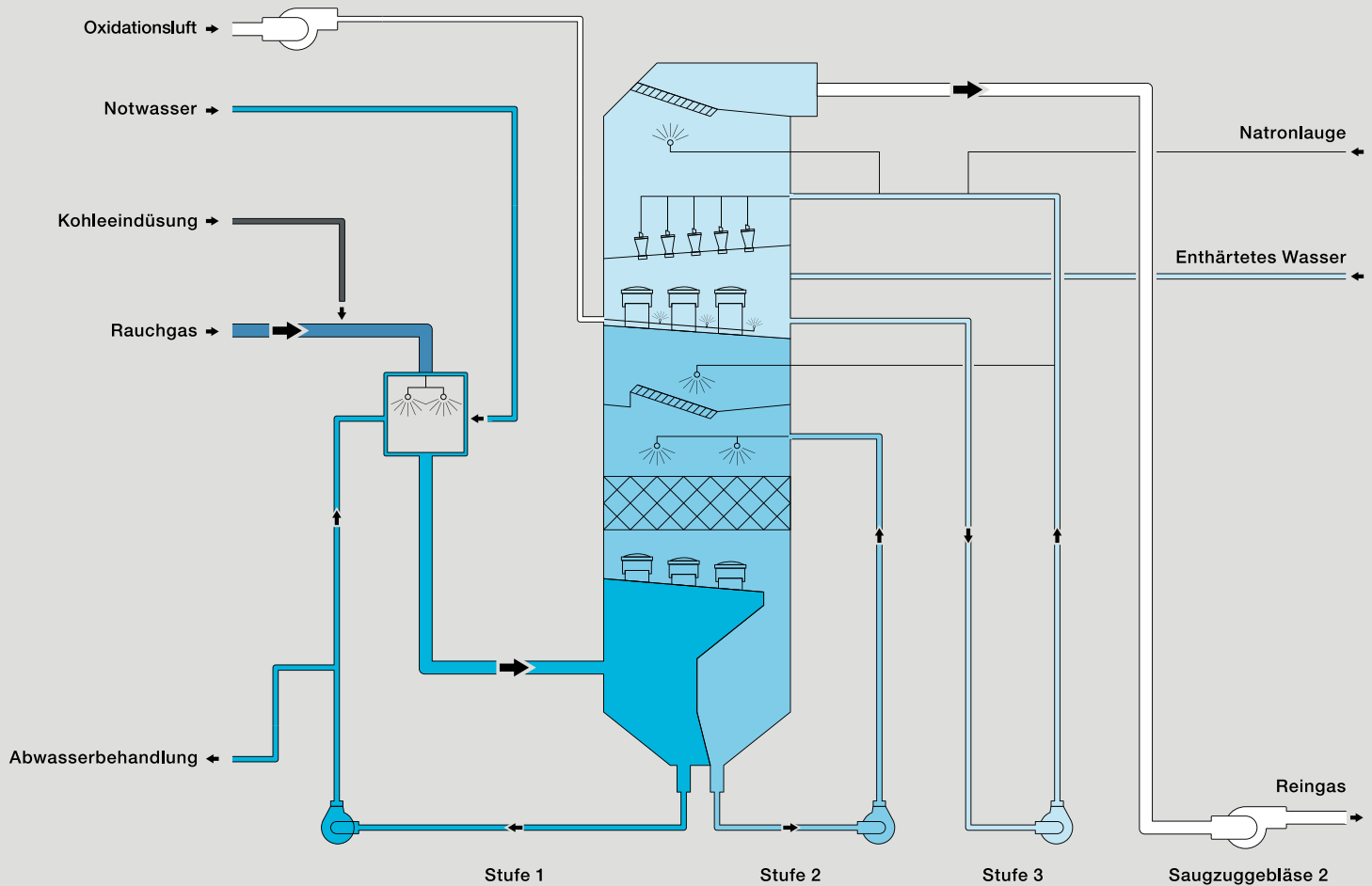
### Weitergehende Reinigung

Nasswäsche in drei Stufen

---



# Nasswäsche



## Stufe 1: Quench

Das Waschwasser wird in den heissen Rauchgasstrom gesprüht. Es verdampft, wodurch sich die Gase bis auf etwa 60°C abkühlen. Bereits hier findet die Absorption von Chlorwasserstoff (HCl), Fluorwasserstoff (HF) und Quecksilber (Hg) statt.

## Stufe 2: Füllkörper

Durch die Füllkörperschicht strömen die Rauchgase gegen die Waschflüssigkeit. Die Füllkörper bieten für den Stoffaustausch eine grosse Oberfläche. Hier werden restliche Chlorwasserstoff- und Fluorwasserstoff-Reste absorbiert. Die Schwermetalle kondensieren zu Aerosolen.

## Stufe 3: Ringjet

Hier werden Aerosole und Feinstäube abgeschieden. Damit die Abscheideleistung über schwankende Rauchgasmengen konstant gehalten werden kann, wird der Differenzdruck über die Ringjets konstant gehalten, indem die Waschwassermenge durch frequenzgesteuerte Pumpen geregelt wird.

Durch Zugabe eines Absorptionsmittels, einer 50%-igen Natronlauge, erreicht die Waschflüssigkeit einen neutralen pH-Wert, was Voraussetzung für die Absorption von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) ist. Um den Wirkungsgrad der SO<sub>2</sub>-Absorption zu verbessern, wird über ein Luftgebläse Oxidationsluft in den Waschflüssigkeitssumpf eingeblasen.



## Reingas

Rauchgasmenge, Auslegung (i. N. f.)	120 000 m <sup>3</sup> /h
Rauchgastemperatur beim Eintritt Nasswäscher	160 – 180 °C
Prozesstemperatur im Wäscher, Austrittstemperatur	rund 60 °C

Reingasgehalte (Garantiewerte)	
Staub*	< 10 mg/m <sup>3</sup>
Gasförmige anorganische Chloride (als HCl) **	< 10 mg/m <sup>3</sup>
Gasförmige anorganische Fluoride (als HF) **	< 1,0 mg/m <sup>3</sup>
Schwefeloxide (als SO <sub>2</sub> ) *	< 30 mg/m <sup>3</sup>
Stickoxide (als NO <sub>2</sub> ) *	< 70 mg/m <sup>3</sup>
Summe Blei und Zink **	< 1,0 mg/m <sup>3</sup>
Cadmium **	< 0,1 mg/m <sup>3</sup>
Quecksilber **	< 0,1 mg/m <sup>3</sup>
Ammoniak und Ammonium (als NH <sub>3</sub> ) **	< 5,0 mg/m <sup>3</sup>
Gasförmige organische Stoffe (als Gesamt-C) **	< 5,0 mg/m <sup>3</sup>
Kohlenmonoxid (CO) *	< 25 mg/m <sup>3</sup>
Dioxine und Furane **	< 0,1 ng I-TEQ/m <sup>3</sup>
* Kontinuierliche Messung	
** Periodische Kontrollmessung	

Alle Konzentrationsangaben beziehen sich auf trockenes Rauchgas im Normzustand (0 °C, 1013 hPa) bei einem O<sub>2</sub>-Gehalt von 11 Vol.-%. Gemessen wird das Reingas nach dem Saugzug (nass) in einer eigens dafür gebauten horizontalen Messstrecke.

Zwei Saugzuggebläse, «trocken» und «nass», fördern die Rauchgase durch die Reinigungsstufen. Im gesamten Reinigungssystem herrscht Unterdruck. Die Reingase werden über einen Hochkamin abgeführt. Dieser besteht aus einem Betonmantel (Durchmesser 8 Meter) mit zwei beschichteten Stahlzügen und einem Zug in Stahl (Bypass). Der Innendurchmesser eines Kaminzugs beträgt 2 Meter, die Mündungshöhe über Erdniveau 88 Meter.







# Abwasserbehandlung und Saure Flugaschenwäsche

## Abwasser

Bevor das aus dem Wäscher abgeschlammte Waschwasser in der Abwasserbehandlung gereinigt wird, wird es zuerst der Sauren Flugaschewäsche (FLUWA) zugeführt. In der FLUWA wird die Säure des Waschwassers genutzt, um die Schwermetalle aus der Flugasche zu extrahieren, sodass diese nicht mehr als Sonderabfall deponiert werden muss. Das in der FLUWA angefallene Abwasser wird in der nachfolgenden Abwasserbehandlungsanlage (ABA) so gereinigt, dass es sämtliche Anforderungen der Gewässerschutzverordnung für eine Einleitung in die Kanalisation erfüllt.

Die Verfahrensstufen bei der Sauren Flugaschewäsche sind:

- Aschedosierung
- Ascheextraktion
- Aschefiltration

Die Verfahrensstufen bei der Abwasserbehandlung sind:

- Neutralisation
- Filtration
- Endneutralisation, pH-Absenkung

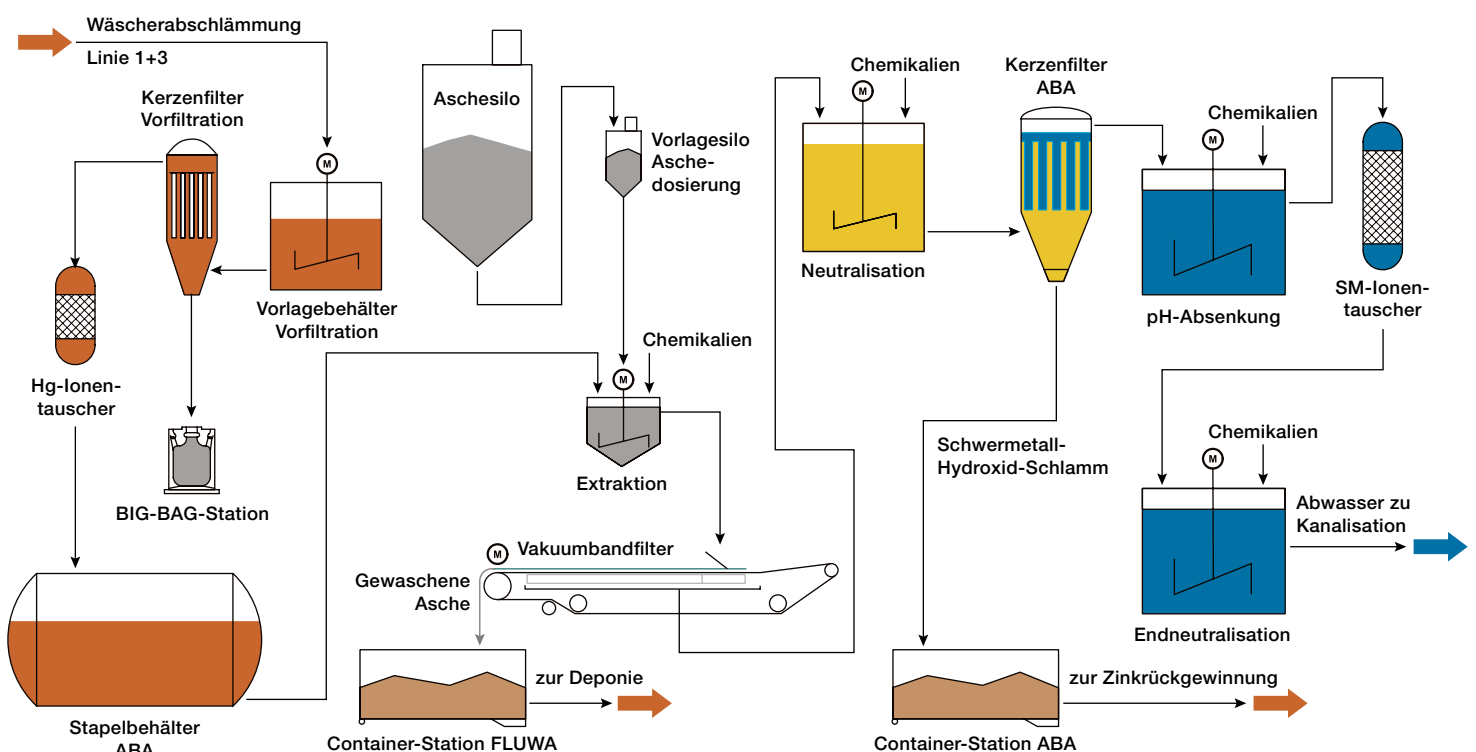
### Durchsatzmengen ABA / FLUWA

Abwassermenge zu FLUWA, Auslegung	11 m³/h
Flugaschemenge zu FLUWA, Auslegung	2,08 t/h
Abwassermenge zu Abwasserbehandlung, Auslegung	14 m³/h

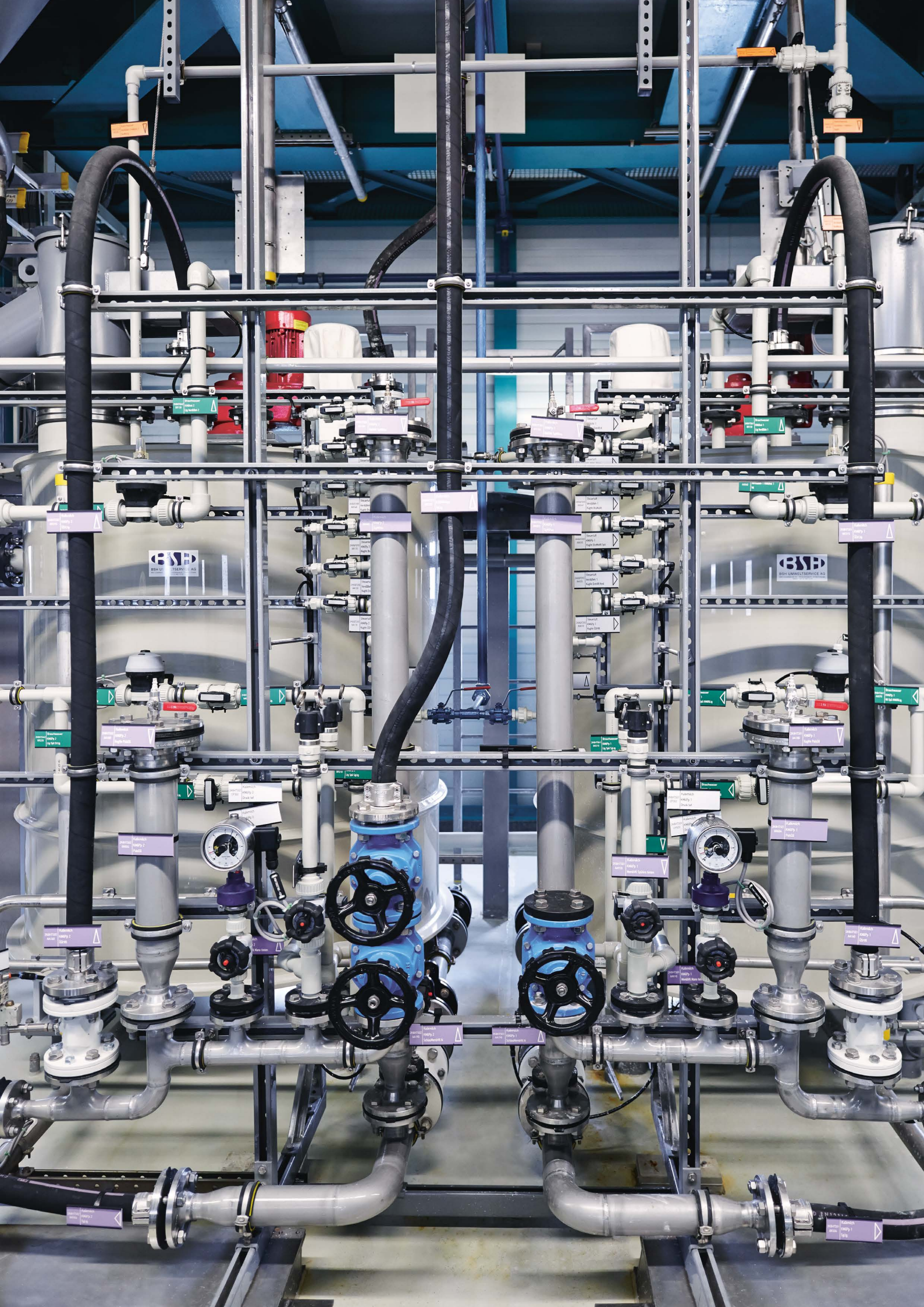
### Chemikalien:

– Ascheextraktion	Kalkmilch ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )
– Neutralisation	Kalkmilch ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), Eisenchlorid ( $\text{FeCl}_3$ ), TMT 15
– Endneutralisation, pH-Absenkung	Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ), Salzsäure ( $\text{HCl}$ )

## Prinzipschema ABA/FLUWA









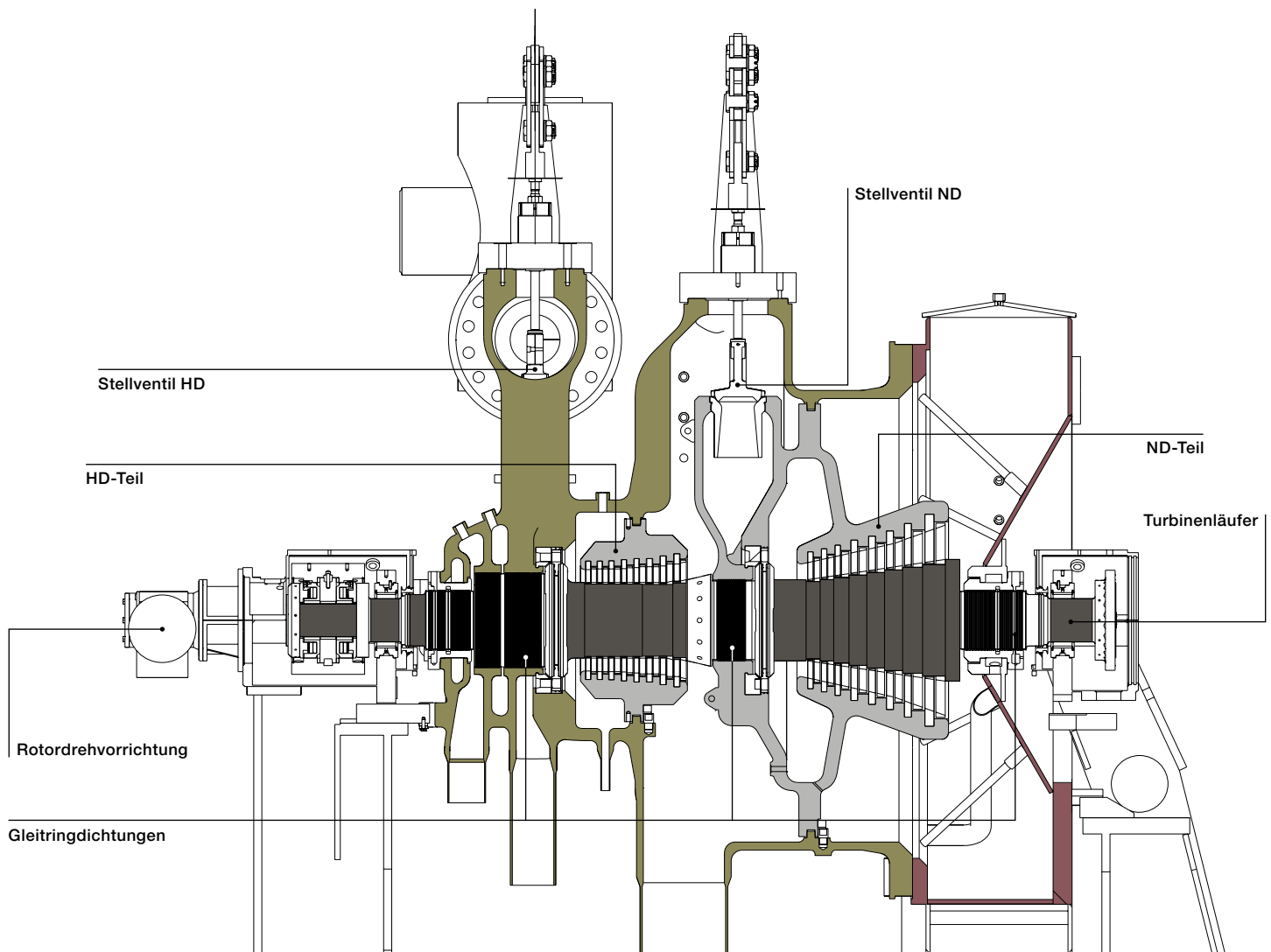
# Energiezentrale – die Produktion von Wärme und Strom

Der Hochdruckdampf aus dem Dampferzeuger (Kessel) wird in einer Turbine entspannt. Diese erzeugt über einen Generator elektrische Energie.

Der Dampf wird auf zwei verschiedenen Druckniveaus aus der Turbine entnommen. Das niedrigere liegt bei 1,2 bar. Auf diesem Niveau wird in einem Heizkondensator das Wasser des Heisswasser-Fernwärmenetzes auf eine Temperatur von maximal 100°C aufgewärmt.

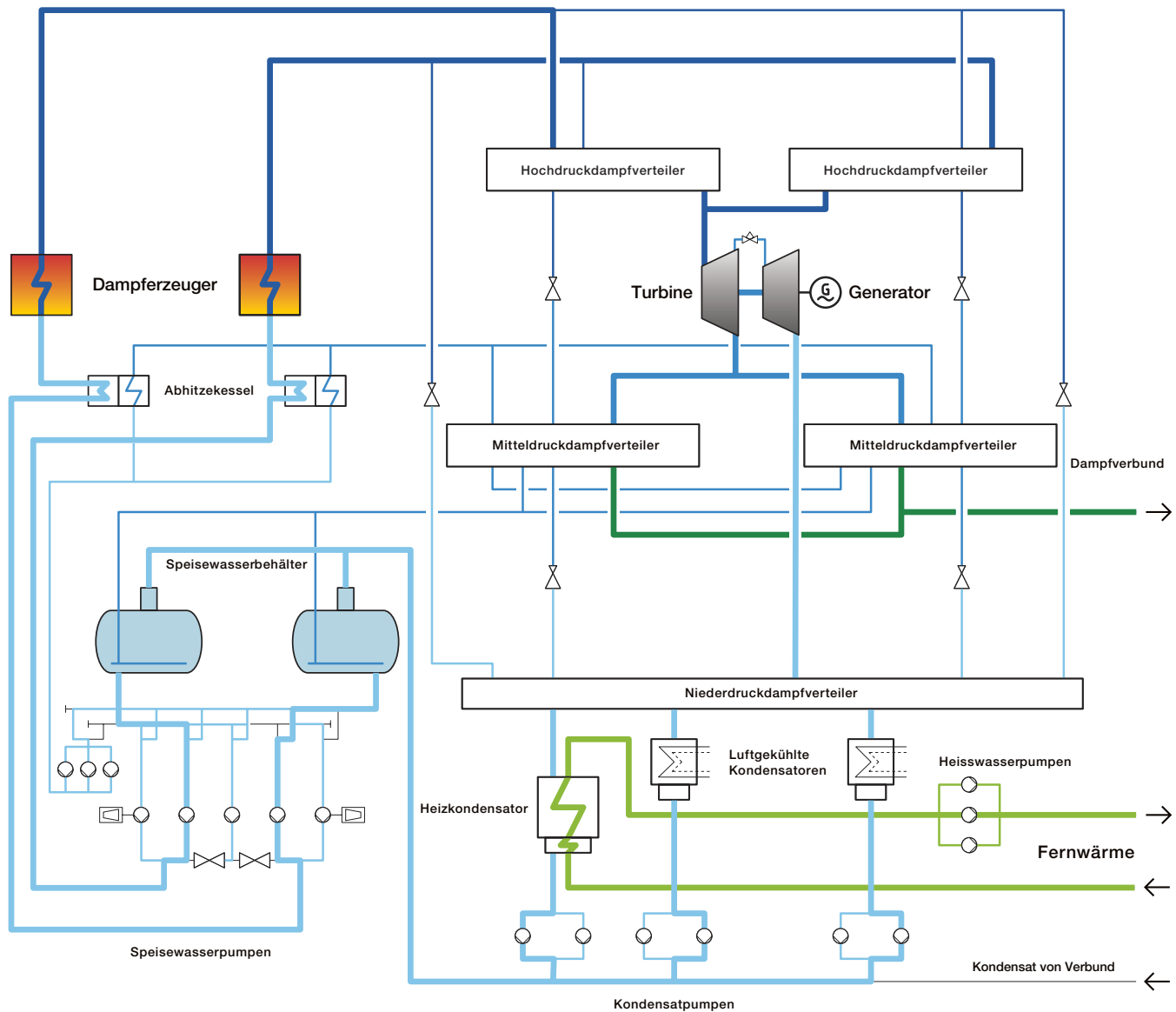
Das höhere Druckniveau liegt bei 12 bar. Dieser Prozessdampf wird einerseits für den Eigenbedarf des thermischen Systems – etwa die Entgasung des Speisewassers – und für die Abfallverbrennung benötigt, zum Beispiel für das Vorwärmen der Verbrennungsluft. Andererseits wird auf diesem Druckniveau Dampf an die Fernwärmeversorgung ins Dampfverbundnetz abgegeben.

Längsschnitt durch die Dampfturbine im Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz





## Energiezentrale – thermisches Prinzipschema



- Hochdruckdampf HD 40 bar a
- Mitteldruckdampf MD 12 bar a
- Niederdruckdampf ND 1,2 bar a/Kondensat
- Dampfverbund Fernwärme
- Heisswasser Fernwärme







## Turbogruppe

<b>Dampf bei Turbineneintritt (Hochdruckdampf)</b>	
Druck	38,5 bar a, max. 40,5 bar a
Temperatur	398 °C
Menge	119t/h, max. 125t/h (bei 40,5 bar a)

<b>Entnahme, geregelt (Mitteldruckdampf)</b>	
Druck	11,5 - 12,5 bar a
Temperatur	276 °C
Menge bei Vollastbetrieb der Turbine	min. 10t/h (Bereich: 10–70t/h)

<b>Abdampf (Niederdruckdampf)</b>	
Druck	1,2 bar a
Temperatur	105 °C
Feuchte	rund 4,1 %

<b>Elektrische Leistung</b>	
an den Generatorklemmen	18,6MW, max. 19,5MW

## Heizkondensator

Leistung bei Vollast der Dampfturbine	68MW
Vorlauf Heisswasser ab Heizkondensator	100 °C
Heisswasser-Rücklauf	69 °C

## Luftgekühlte Kondensatoren

Anzahl	2 mit je zwei Ventilatoren
Maximal mögliche Wärmeleistung/Dampfmenge pro Luftkondensator	
– bei 20 °C Aussenluft und 1,2 bar Dampfdruck	40MW/64t/h
– bei 32 °C Aussenluft und 2,6 bar Dampfdruck (Bypassbetrieb)	51MW/85t/h

## Speisewasserbehälter

Anzahl	2
Betriebsdruck	2,7 bar a
Betriebstemperatur	130 °C
Behältervolumen	68m <sup>3</sup>
Wasserinhalt nominal	52m <sup>3</sup>
Heisswasser-Rücklauf	69 °C

## Speisewasserpumpen

Anzahl	3 mit Elektromotor, 2 mit Turboantrieb
Auslegungsmenge	81 m <sup>3</sup> /h
Druckerhöhung (Auslegung)	78 bar a

# Bilanzen – alles unter Kontrolle

## Energetische Verwertung

Abfall ist auch ein energetischer Rohstoff, der thermisch verwertet wird. Der Energiegehalt des Abfalls wird in Form von Fernwärme und Elektrizität weiterverwendet, womit fossile Brennstoffe eingespart und natürliche Ressourcen geschont werden können. Die Nutzung des Energiepotenzials erfolgt in einer Anlage, die selbst die strengsten Grenzwerte bei allen Schadstoffen deutlich unterschreitet. Das Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz ist also weit mehr als ein Abfallentsorger.

Die aus der thermischen Abfallverwertung entstehende Energie (Strom, Dampf und Wärme) ist zu 100 % CO<sub>2</sub>-neutral und zu 50 % erneuerbar. Der erneuerbare Stromanteil ist gemäss nature-made basic zertifiziert.

## Referenz

Neben Elektrizität und Wärme fallen Rückstände wie Abfallschlacke, sauer gewaschene Flugasche, Schwermetallhydroxidschlamm, gereinigtes Abwasser und gereinigte Rauchgase an. Die Mengen und die Qualität bzw. die Reinheit der zurückbleibenden Stoffe interessieren Planer und Anlagenbauer, Umweltfachleute und Politiker. Das Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz kann dabei als Referenz dienen.

## Quantensprung

Nach der Modernisierung der Anlage Hagenholz nimmt diese Kehrichtverbrennungsanlage, in Hinsicht auf Energetische-Netto-Effizienz (ENE), eine Führungsposition in der Schweiz ein.

(ENE 2013=0,92; Quelle: Ryttec-Bericht, Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren)  
Die Diagramme auf Seite 31 zeigen den Erfolg der Modernisierungsmassnahmen.

## CO<sub>2</sub>-Bilanz

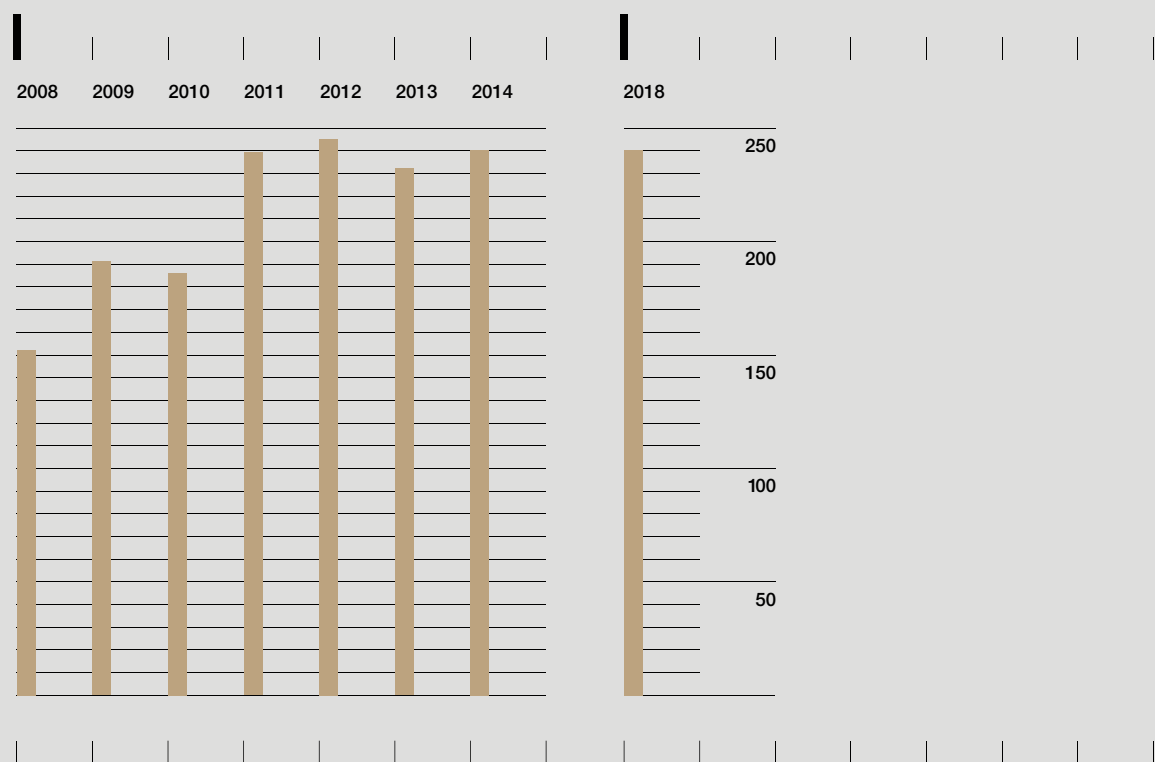
Im Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz wurden 2013 rund 121 000 MWh Strom und 638 000 MWh Wärme produziert. Abzüglich des Eigenbedarfs konnten rund 97 000 MWh Strom und 404 000 MWh Wärme in die entsprechenden Netze eingespeist werden.

Würde diese Wärme fossil erzeugt, müssten rund 34 000 Tonnen Heizöl extraleicht verbrannt werden.

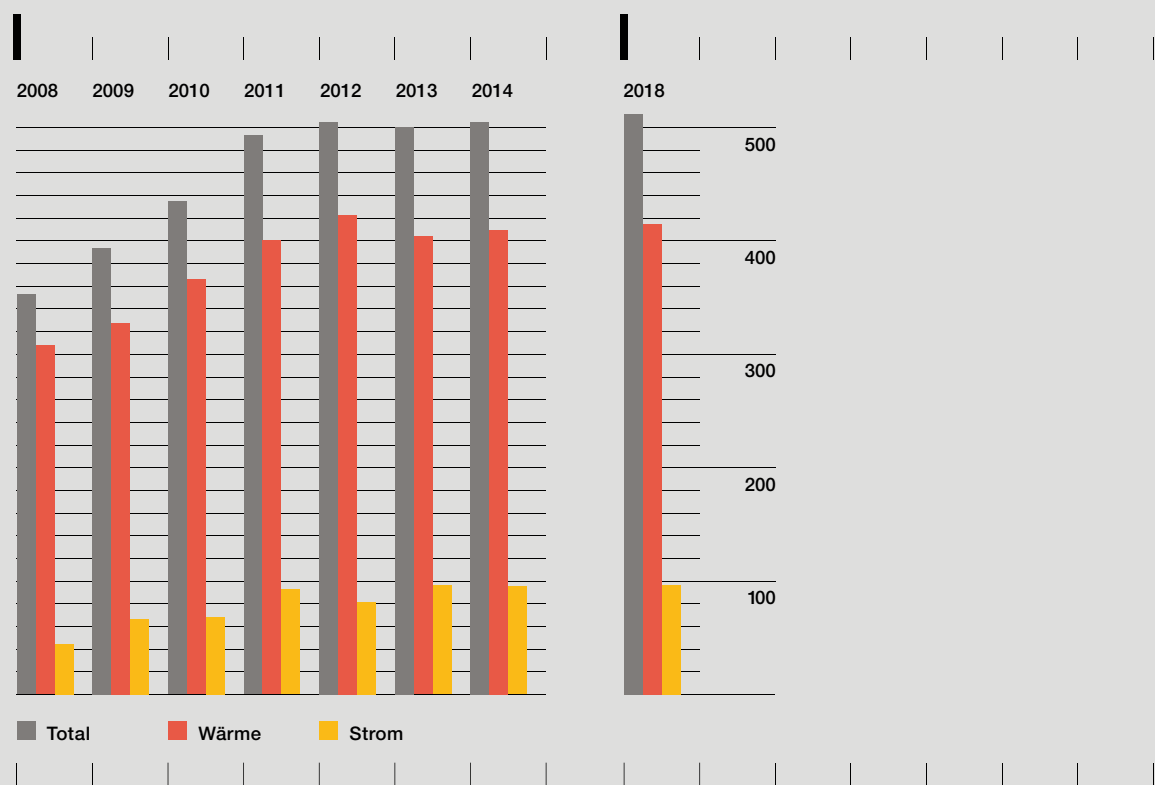
Das freigesetzte Kohlendioxid ist laut CO<sub>2</sub>-Gesetz abgabefrei. Noch positiver fällt die CO<sub>2</sub>-Bilanz aus. Mit der Abgabe von Elektrizität und Wärme werden im Jahr rund 151 000 t CO<sub>2</sub> eingespart.



Entwicklung der thermisch verwerteten Abfallmenge in 1000t/a



Entwicklung der Energieabgabe (Fernwärme, ewz) in 1000MWh/a



## Kehrichtschlacke

Die Kehrichtschlacke aus dem Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz ist nur in einem Grad belastet, wie dies auch nicht speziell kontaminierte Oberböden aus Industriegebieten sind. Die Zusammensetzung nach Materialkategorien:

Wasser	15 Gew.-%
Metalle (Fe, Cr, Cu, Al) in elementarer Form *	14 Gew.-% der trockenen Schlacke
Gesteinsähnliches Material	86 Gew.-% der trockenen Schlacke
* Davon wird heute ein Teil vor der Deponierung zurückgewonnen	

Die Weiterverwertung erfolgt zurzeit noch ausserhalb der Anlage Hagenholz. Heute werden aus der Schlacke in erster Linie Eisenschrott (6–8 Gew.-%) sowie elementares Aluminium, Kupfer (bis 2 Gew.-%) und Messing zurückgewonnen. In Zeiten hoher Rohstoffpreise ist diese Aufbereitung profitabel und hilft, die Rohstoffkreisläufe zu schliessen.

Nicht verwertbare Teile der Kehrichtschlacke werden zurzeit noch in Reaktordeponien entsorgt.

## Gewaschene Flugasche und Schwermetallhydroxidschlamm

Die Rückstände aus der Rauchgasreinigung bzw. der Asche enthalten deutlich erhöhte Mengen an Zink, Cadmium und Blei. Durch die Saure Flugaschenwäsche (FLUWA) wird ein Grossteil der Schwermetalle ausgewaschen. Diese sauer gewaschene Flugasche muss nicht mehr auf einer Sondermülldeponie, sondern kann, gemäss Technischer Verordnung über Abfälle (TVA), in einem Schlacke-Kompartiment einer Reaktordeponie abgelagert werden.

Der in der Abwasserbehandlungsanlage anfallende Schwermetallhydroxidschlamm weist hohe Mengen an Zink auf. Dieser Schlamm kann zur Rückgewinnung des Zinks der Zinkverhüttung zugeführt werden. Diese Rückgewinnung schont die Ressourcen und hilft, die Rohstoffkreisläufe zu schliessen.

## Abwasser

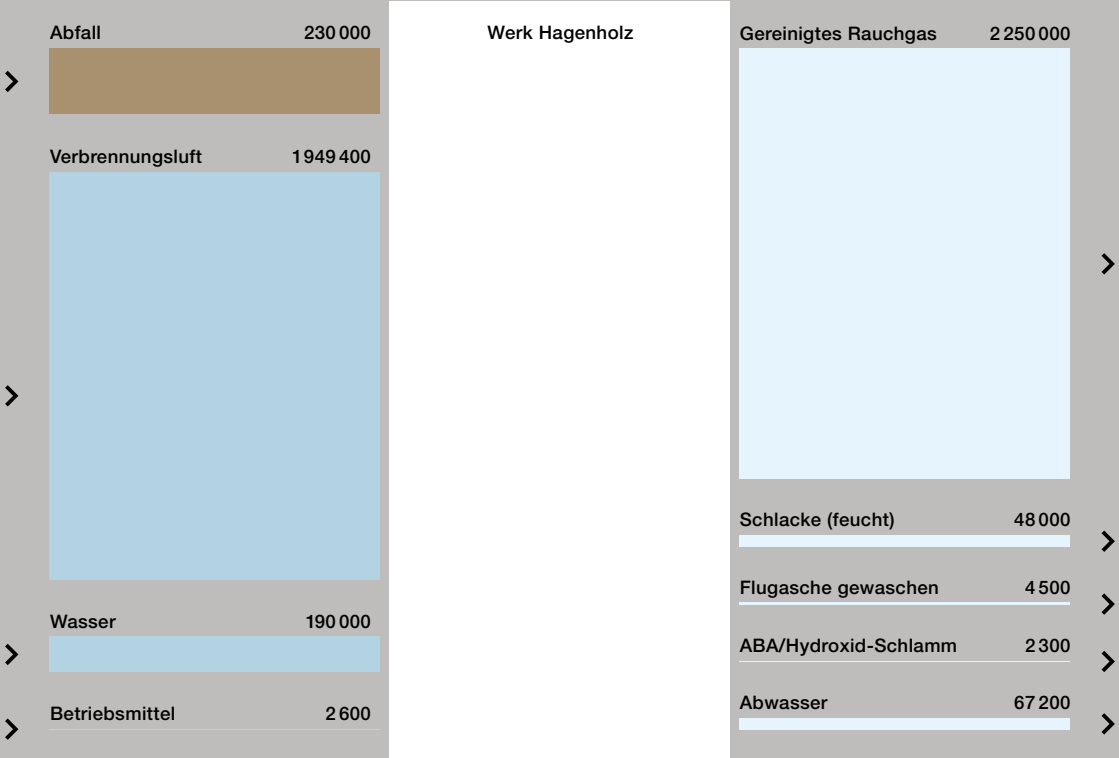
Das in die Kanalisation eingeleitete Abwasser erfüllt sämtliche gesetzlichen Anforderungen.

Parameter	Einheit	Betriebswerte	Grenzwerte
pH-Wert	–	7,3	6,5–9,0
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,1
Cadmium (Cd)	mg/l	0,007	0,05
Chrom gesamt (Cr)	mg/l	0,020	0,1
Kupfer (Cu)	mg/l	0,020	0,1
Nickel (Ni)	mg/l	0,002	0,1
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,001
Zink (Zn)	mg/l	<0,02	0,1





Jahres-Massenbilanz (in t/a)





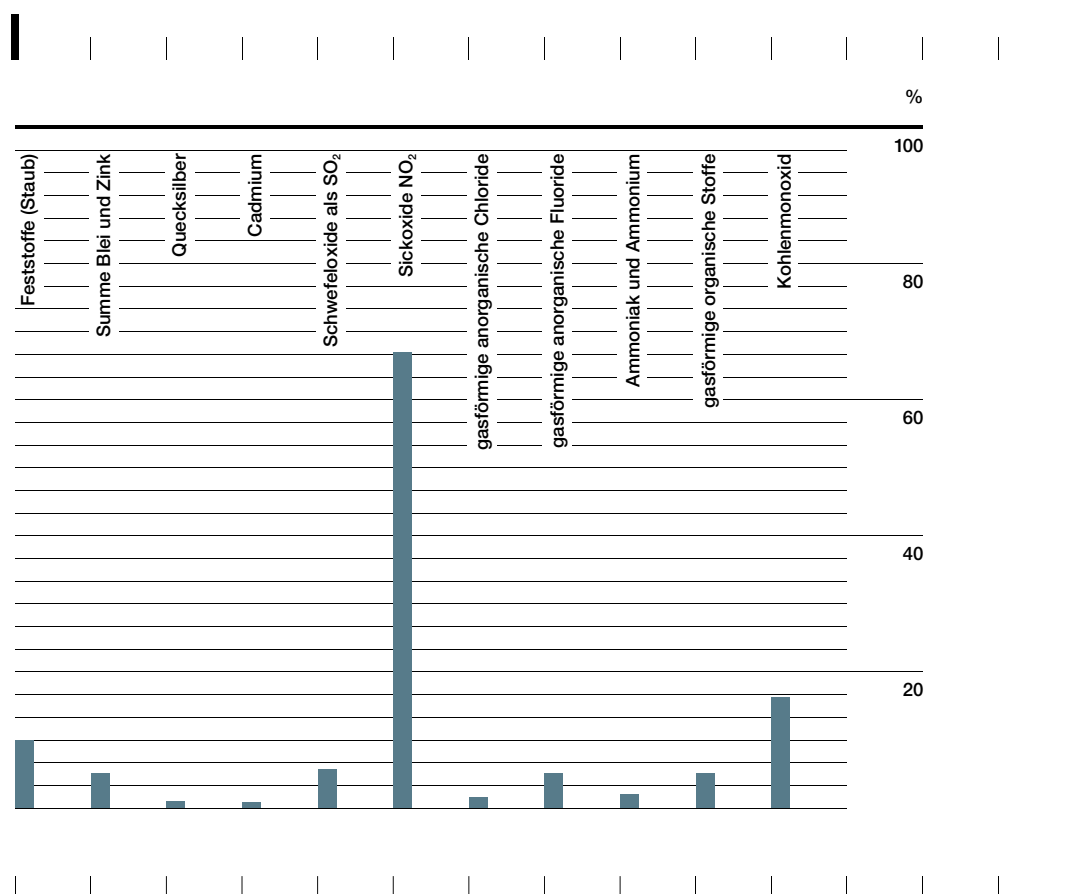
## Rauchgas

Um 1 Tonne Abfall zu verbrennen, werden rund 8 Tonnen Luft benötigt. Diese Luft tritt nach dem Verbrennungs- und Reinigungsprozess als gereinigtes Abgas aus den Kaminen des Werks aus.

Die Schadstoffgehalte des Abgases müssen den Vorschriften der schweizerischen Luftreinhalteverordnung (LRV) genügen. Dank der hohen Effizienz der Abgasreinigung unterschreitet das Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz die Grenzwerte markant.

Es sind beide Linien mit einer Dioxinabscheidung ausgerüstet. Durch Kohleeindüngung werden die Emissionen von chlorierten Dioxinen und Furanen so adsorbiert, dass der Grenzwert von 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (Nanogramm pro Kubikmeter) nach der deutschen Bundesimmissionsschutzverordnung (LRV) sicher eingehalten wird.

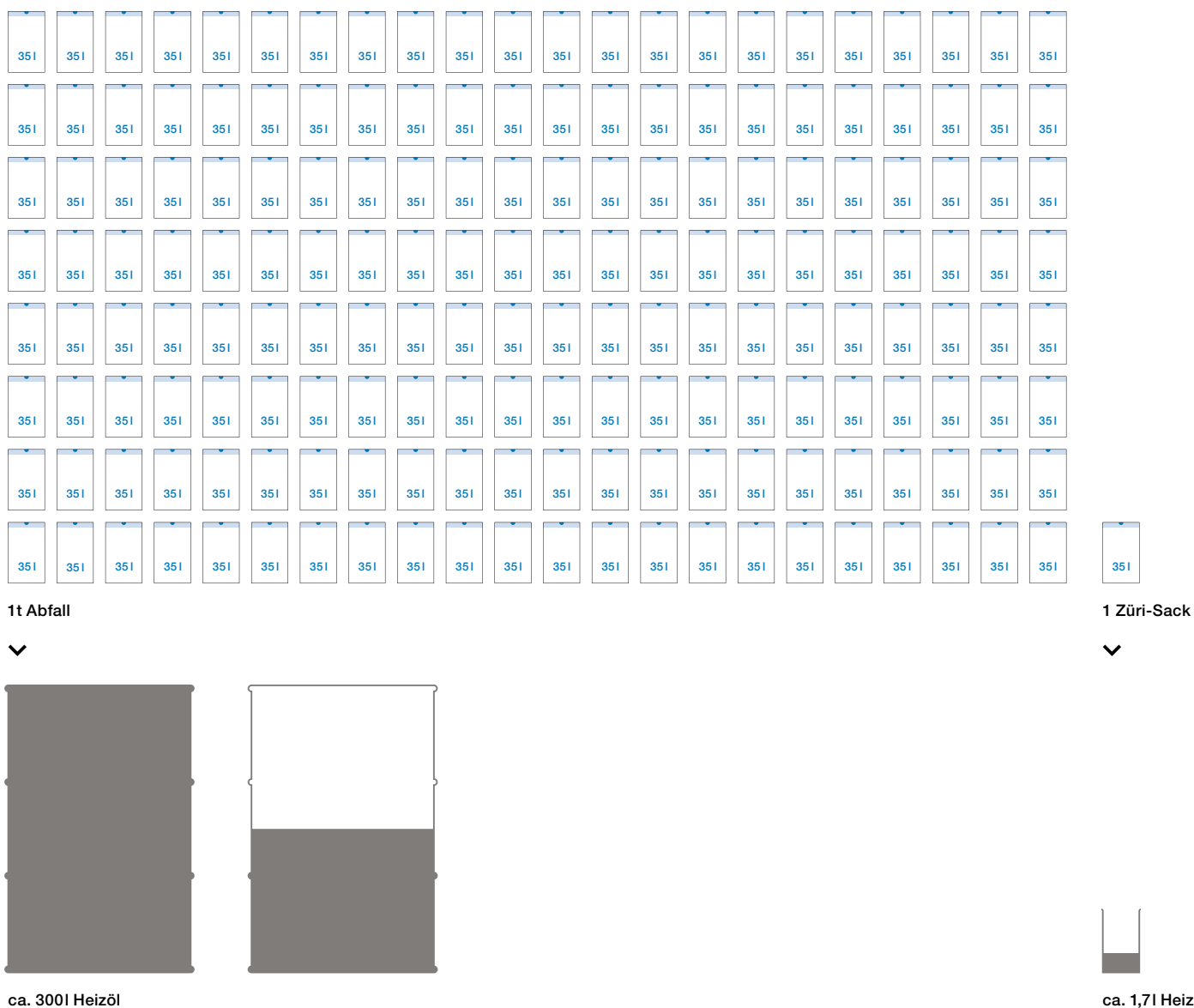
## Schadstoffgehalte im Prozentvergleich zu Grenzwerten



## Energie

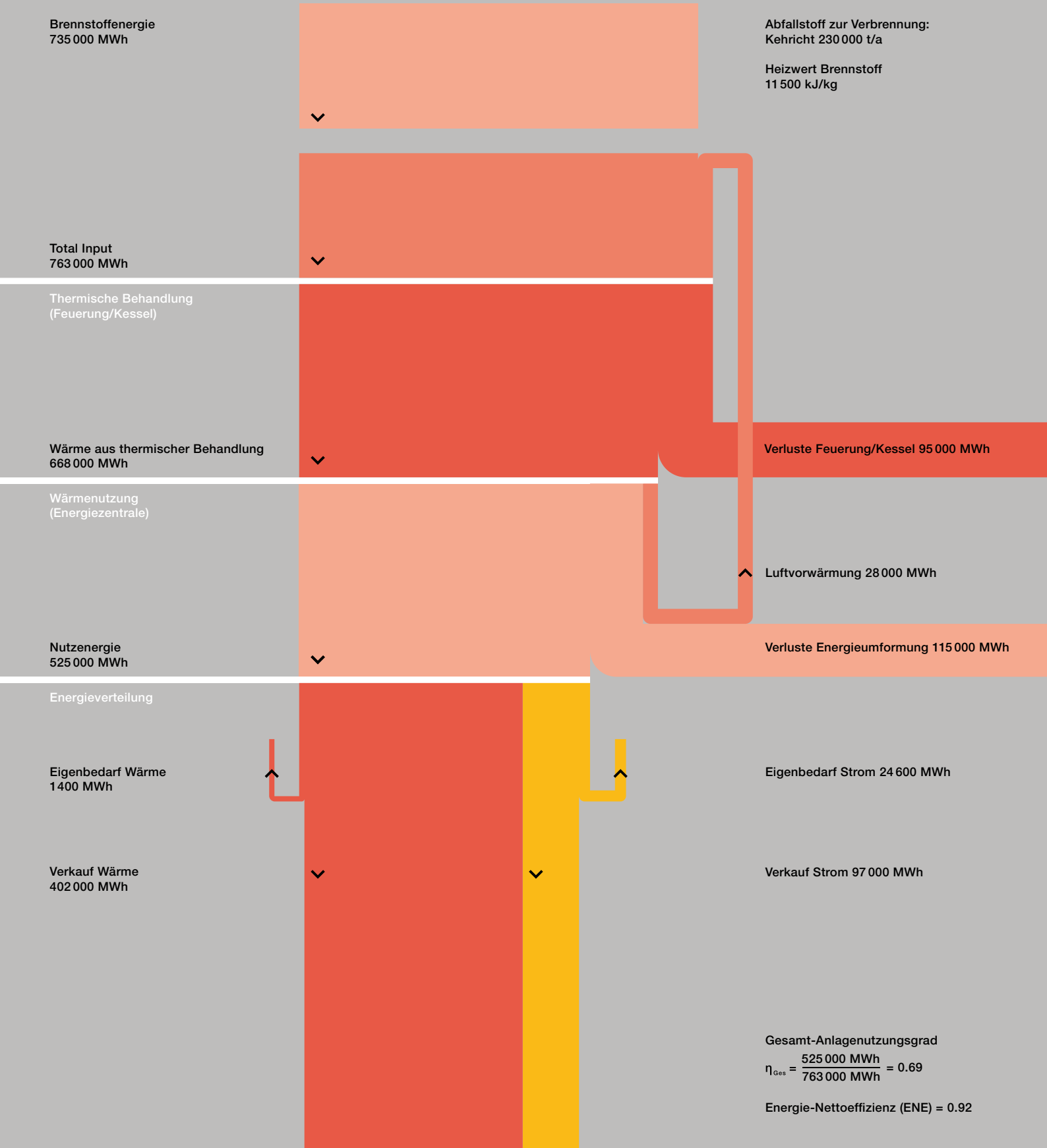
Das Energieflussdiagramm (Seite 37) veranschaulicht die Energiebilanz der einzelnen Anlagebereiche sowie der Gesamtanlage. Dank der Energiezentrale wird in der Anlage Hagenholz ein Grossteil der zugeführten Brennstoffenergie in nutzbare Energie umgewandelt. Davon können 94 % als Dampf oder Heisswasser in das Fernwärmenetz bzw. als Strom in das Netz der ewz (Elektrizitätswerke der Stadt Zürich) abgegeben werden.

## Energie aus Abfall – unterschiedliche Brennstoffmenge, gleiche Energiemenge





Bilanzen - Energie



# Leitstand

Der zentrale Ort für die Prozessführung der Anlage ist der Leitstand: die Schnittstelle zwischen Mensch und Prozess. Über das moderne Prozessleitsystem mit Bedienstationen und Grossprojektionssystem wird die Anlage überwacht und gesteuert. Prozessnahe Komponenten sowie Bedien- und Beobachtungsstationen sind über Bustechnik miteinander verbunden.

Für die Auswertung von Prozessdaten kommt ein Messdaten-Managementsystem zur Anwendung. Über diese umfassende Archivierungs- und Verwaltungslösung werden Messdaten aus dem Leitsystem gelesen, archiviert und verarbeitet und schliesslich in Tabellen, Diagrammen und Reports übersichtlich präsentiert. Das Messdaten-Managementsystem beschleunigt und erleichtert das Finden von relevanten Informationen, macht Zusammenhänge deutlich – und hilft, die Prozesse zu optimieren.





## **Metallrückgewinnung aus Kehrichtschlacke**

Im Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz fallen jährlich 52 000 t Kehrichtschlacke als Endprodukt des thermischen Verwertungsprozesses an. Darin sind rund 6000 t Metall enthalten. Vor der Deponierung werden heute die gröberen Eisen- und Metallteile von Hand sowie mit Sieben und Magneten heraus-sortiert. Damit lassen sich aus der Schlacke etwa 4000 t Metalle zurückgewinnen. Es verbleiben demnach noch 2000 t Metall, die auf die Deponie verbracht werden und für eine weitere Nutzung verloren gehen.

Mit einer im Kanton Zürich entwickelten Aufbereitungstechnologie können diese 2000 t hochwertige Metalle zurückgewonnen werden. Es handelt sich um Eisen, Aluminium, rostfreie Stähle, Kupfer, Messing, Zink, Silber und Gold. Dieses Verfahren funktioniert nur mit trocken ausgetragener Kehrichtschlacke. So wird der Schlackeaustrag im Hagenholz von Nassschlacke auf Trockenschlacke umgebaut. Künftig können also fast 100 % der in der Schlacke enthaltenen Metalle zurückgewonnen werden.

Nach der erfolgreichen Optimierung der thermischen Verwertung von Abfall unternimmt das Kehrichtheizkraftwerk den nächsten Schritt und realisiert neue Bauten und Anlagen für die Metallrückgewinnung aus Kehrichtschlacke. Die beiden Kernelemente der neuen Anlage bilden eine Entstaubungsanlage und eine neue Container- und Verladehalle in Stahlbau mit Krananlage. Die Container- und Verladehalle weist eine Grundfläche von 50 mal 33 m und eine Höhe von 24 m auf. Trockenschlacke verursacht Staub: Deshalb sind alle neuen Anlagenteile ganz oder teilweise eingehaust. Eine Ventilatoranlage saugt die staubbefrachtete Luft ab.

Die heisse Schlacke wird aus den beiden Ofenlinien im Bereich der heutigen Entschlacker in trockenem Zustand auf zwei neue Plattenförderbänder gelenkt. Diese entleeren die Schlacke beider Linien über dem jetzigen Schlackebunker auf ein neues Sammelförderband, das durch die Rauchgasreinigungsanlage führt und in die neue Container- und Verladehalle mündet. In dieser Stahlbaukonstruktion befinden sich der Abfüllraum, die Containerhalle, der Verladeraum sowie die dazu notwendigen Betriebseinrichtungen. Der Abfüllraum weist eine vollautomatische Befüllungsanlage mit Abfülltrichter und Container-Kippverschiebestation auf.

Die Containerhalle kann zweilagig 55 Container zu 30 m<sup>3</sup> (entspricht 18 bis 20 t Inhalt pro Container) aufnehmen. Das Stapelvolumen hat eine Kapazität, die der anfallenden Schlackemenge von rund einer Woche Volllastbetrieb entspricht. Im Verladeraum übernehmen Lastwagen die von einem Portalkran bereitgestellten, befüllten Container und transportieren sie in die Aufbereitungsanlage Hinwil. Im Vollbetrieb wird der tägliche Umschlag bei rund acht Containern liegen.

## **Wärmespeicher**

In Zusammenarbeit mit der Fernwärme soll auf dem Areal Hagenholz demnächst eine Energiespeicheranlage mit vier jeweils 340 m<sup>3</sup> fassenden Stahltanks erstellt werden. Das modulare Druckspeichersystem erfüllt zwei Funktionen: Einerseits können ständig 1360 m<sup>3</sup> aufbereitetes Heisswasser als Notreserve vorgehalten werden. Im Falle einer Leckage einer Hauptleitung des Fernwärmesystems mit grossem Wasserverlust kann nach der Leitungsreparatur die Fernwärmeversorgung wesentlich schneller wieder in Betrieb genommen werden.

Andererseits kann der Energiespeicher ausserhalb eines allfälligen Notversorgungsfalles im täglichen «Batteriebetrieb» dazu verwendet werden, bis jetzt nicht genutzte Wärmeüberschüsse während des Tages zu speichern und zur Deckung der morgendlichen Verbrauchsspitzen ins Netz einzuspeisen. Insbesondere in den Übergangsphasen im Frühling und Herbst lassen sich damit rund 5725 MWh/a Primärenergie (Erdgas, Heizöl) durch Kehrichtabwärme und Holzwärme ersetzen. Dadurch lässt sich der jährliche CO<sub>2</sub>-Ausstoss um rund 1675 t reduzieren.







# Glossar

Fachspezifische Begriffe			Abkürzungen	
Absorption	Lösung von Gasen in Flüssigkeiten. Eindringen (Diffusion) von Gasen in eine Flüssigkeit, wobei sich die Gase in der Flüssigkeit lösen		ABA	Abwasserbehandlungsanlage
Adsorption	Anlagerung von Gasen an der Oberfläche eines festen Stoffes		B	Brennstoff (Abfall und Klärschlamm)
Aerosol	In einem Gas fein verteilte, kleine, feste oder flüssige Teilchen		BAFU	Bundesamt für Umwelt (Schweiz), ehemals BUWAL
Bruttowärmeleistung	Brennstoffwärme (B × Hu); B = Brennstoff, Hu = Heizwert		BlmSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung (Deutschland)
Cladding	Auftragen einer Korrosionsschutzschicht durch Schweißen auf korrosionsgefährdete Heizflächen		ERZ	Entsorgung + Recycling Zürich
Eisenchlorid	Salz aus Eisen und Chlorid		FLUWA	Saure Flugaschewäsche
Füllkörper	Speziell geformte Schüttkörper mit grosser Oberfläche		HD	Hochdruck
Heizkondensator	Wärmetauscher (Kondensator) zur Verwertung des Abdampfes der Turbine zur Heisswassererzeugung		Hu	Heizwert (unterer Heizwert)
Konvektion	Wärmeübertragung durch Transport (Strömung) von Teilchen, welche thermische Energie mitführen		I-TEQ	International Toxicity Equivalent. Die Konzentration von Dioxinen und Furanen werden in Toxizitäts-Äquivalenten gemäss internationalen Toxizitäts-Äquivalentsfaktoren (I-TEF) angegeben.
Konvektionszug	In diesem Teil des Dampferzeugers findet die Wärmeübertragung durch Konvektoren statt		i. N. f.	Normzustand (0 °C und 1013 hPa) eines Gases mit Feuchte
Polyelektrolyt	Bestehen aus einem Makroion, welches ketten- oder seitenständige, fest gebundene Ladungen trägt, und seinen niedermolekularen Gegenionen, welche die Elektroneutralität des gesamten Moleküls bewirken		MD	Mitteldruck
Quench	Schockkühler, Einspritzkühler		KKS	Kraftwerk-Kennzeichen-System
Ringjet	Venturiabscheider		LRV	Luftreinhalteverordnung (Schweiz)
Selective Catalytic Reduction	Selektive katalytische Reduktion von Stickoxiden in Rauchgasen mittels Katalysator als Reaktionsbeschleuniger		SCR	Selective Catalytic Reduction
Shower Cleaning	Einrichtung zur Reinigung der Strahlungszüge des Dampferzeugers durch Wassereindüsung		SiC	Silicumkanbid
Strahlungszüge	Rauchgasdurchströmte Kesselzüge, in welchen die Wärmeübertragung durch Flammen- und Gasstrahlung erfolgt		TOC	total organic carbon. Totaler organischer Kohlenstoff (Summe des organisch gebundenen Kohlenstoffs)
			TMT 15	Timercapto-s-triazin (ein Organsulfid)
			TVA	Technische Verordnung über Abfälle (Schweiz)
Masseinheiten			Chemische Zeichen	
Druck (absolut)	bar	1 bar = 100 000Pa = 100kPa 1Pa = 1N/m²	Al	Aluminium
Energie	MWh, kWh, kJ	1J = 1Ws = 1Nm 1kWh = 3600 kJ	Ca	Kalzium
Leistung	MW, kW, kJ/s	1W = 1J/s	Cd	Cadmium
Gewichtsprozent	Gew.-%		CO₂	Kohlendioxid
Volumenprozent	Vol.-%		Cr	Chrom
			Cu	Kupfer
			Fe	Eisen
			HCl	Chlorwasserstoff
			HF	Fluorwasserstoff
			Hg	Quecksilber
			NH₃	Ammoniak
			Ni	Nickel
			NO₂	Stickstoffdioxid
			O2	Sauerstoff
			Pb	Blei
			SO₂	Schwefeldioxid
			Zn	Zink

Aktualisiert: August 2017

Aktualisiert: August 2017



# Adresse

## **Stadt Zürich**

Entsorgung + Recycling Zürich  
Hagenholzstrasse 110  
Postfach, 8050 Zürich  
Tel. +41 44 417 77 77  
[stadt-zuerich.ch/erz](http://stadt-zuerich.ch/erz)

## Impressum

### **Herausgeberin**

Stadt Zürich  
Entsorgung + Recycling Zürich

### **Gestaltung und Realisation**

Wirz Corporate AG, Zürich

### **Fotografie**

John Hollander, Illustration  
Zeljko Gataric, Zürich  
Siemens AG, Zürich  
Manfred Richter, vision on wings, Reinach

### **Grafiken**

Manuel Battagello, Zürich  
WBG, AG für visuelle Kommunikation, Zürich

### **Text**

Entsorgung + Recycling Zürich

### **Druck**

Karl Schwegler AG, Zürich

© 2014 Stadt Zürich

Entsorgung + Recycling Zürich  
Eine Dienstabteilung des Tiefbau-  
und Entsorgungsdepartements

