



Resultate 2018

---

# Einheitliche Heizwert- und Energiekenn- zahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren

---



Abbildung: KVA Zuchwil: 2018 ist das erste Jahr Vollbetrieb der neuen Power-to-Heat Anlage für Sekundärregelleistung. Im Bild sind die im Rahmen des Projekts neu gebauten Speicher zu sehen. (Quelle: Ryttec AG)



**Datum:** 30. April 2019

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Bundesamt für Umwelt BAFU  
Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen VBSA

**Auftragnehmer/in:** Rytec AG



**Ansprechpersonen :**

BFE, Daniel Binggeli	<a href="mailto:daniel.binggeli@bfe.admin.ch">daniel.binggeli@bfe.admin.ch</a>	058 462 68 23
BAFU, Michael Hügi	<a href="mailto:michael.huegi@bafu.admin.ch">michael.huegi@bafu.admin.ch</a>	058 462 93 16
VBSA, Robin Quartier	<a href="mailto:quartier@vbsa.ch">quartier@vbsa.ch</a>	031 721 61 61
Rytec AG, Martin Kiener – Energiezahlen	<a href="mailto:energieeffizienz@rytec.ch">energieeffizienz@rytec.ch</a>	031 724 33 33
Rytec AG, Martin Kiener – Mengenzahlen	<a href="mailto:energieeffizienz@rytec.ch">energieeffizienz@rytec.ch</a>	031 724 33 33

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** SI/401777-01

**Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.**

**Bundesamt für Energie BFE**

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · [contact@bfe.admin.ch](mailto:contact@bfe.admin.ch) · [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

## EINLEITUNG

---

Im Rahmen des Projekts „Einheitliche Heizwert- und Effizienzberechnung Schweizer KVA“ wurden 2009 erstmals die energetischen Kennzahlen durch die Rytec ermittelt. Dadurch wurde die Vergleichbarkeit der energetischen Effizienz der KVA mittels einer standardisierten Berechnungsmethode erhöht. Aufgrund der positiven Resonanz der Anlagenbetreiber und des BAFU auf das Projekt wird die Erhebung jährlich nachgeführt.

Die Berechnungen enthalten Herleitungen von zentralen Grössen wie z.B. des Heizwertes des Abfalls (siehe Kapitel „Zentrale Formeln“) und basieren auf Messungen z.B. der Frischdampfmenge, welche Messungenauigkeiten aufweisen. Die Resultate sind somit als bester verfügbarer Vergleich zu verstehen.

Nachfolgend die Zusammenstellung der Resultate aus der Heizwert- und Effizienzberechnung für das Betriebsjahr 2018, teilweise im Vergleich mit den Werten der vergangenen Jahre.

Die Methodik der Berechnung und die Resultate 2009 können im Bericht „Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren“ (10.05.2011) auf der Seite des BFE abgerufen werden<sup>1</sup>. Die komplette Übersicht der Resultate 2010-2018<sup>1</sup> befinden sich ebenfalls auf dieser Seite.

## GLOSSAR

---

AbfRRL	<i>Abfallrahmenrichtlinie: Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle</i>
BAFU	<i>Bundesamt für Umwelt</i>
BFE	<i>Bundesamt für Energie</i>
BREF	<i>Die BREF Dokumente werden von der EU herausgegeben und beschreiben bzw. definieren den besten verfügbaren Stand der Technik innerhalb einer Branche</i>
EKS	<i>Entwässerter Klärschlamm, Trockensubstanz-Gehalt zwischen 22%-31%</i>
ENE	<i>Energetische Nettoeffizienz<sup>2</sup> analoge Berechnung zum R1-Faktor, jedoch bezogen auf die exportierte Energie der KVA (Netto-Abgabe)</i>
EnV	<i>Energieverordnung (Schweiz)</i>
Hu	<i>Unterer Heizwert</i>
KEV	<i>Kostendeckende Einspeisevergütung</i>
KVA	<i>Kehrichtverwertungsanlage</i>
R1-Faktor	<i>Verwerterstatus nach AbfRRL<sup>3</sup></i>
SNG	<i>Stromnutzungsgrad</i>
TRL	<i>Tertiärregelleistung</i>
VBSA	<i>Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen</i>
VVEA	<i>Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen</i>
WNG	<i>Wärmenutzungsgrad</i>

---

<sup>1</sup> [Resultate 2009-2018](#)

<sup>2</sup> [Feststellung und Anwendung des „Standes der Technik“ für die Energienutzung in KVA](#)

<sup>3</sup> [Leitlinie zur Auslegung der R1-Energieeffizienzformel für Verwertungsanlagen](#)

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

<i>Abb. 1: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2018 (kompakt).....</i>	<i>5</i>
<i>Abb. 2: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2018 (detailliert).....</i>	<i>6</i>
<i>Abb. 3: Energienutzungsgrad nach EnV, (anlagenspezifische Werte 2018 und Mittelwerte 2016, 2017 und 2018) und.....</i> <i>Auswirkung durch Turbinen- und Generatorausfälle für vier Anlagen (rote Kreise und Pfeile).....</i>	<i>7</i>
<i>Abb. 4: Heizwert 2018 und 2017.....</i>	<i>8</i>
<i>Abb. 5: R1-Faktor 2018 und 2017.....</i>	<i>9</i>
<i>Abb. 6: ENE 2018 und 2017.....</i>	<i>10</i>
<i>Abb. 7: Kesselwirkungsgrad 2018 und 2017.....</i>	<i>11</i>
<i>Abb. 8: Spezifischer Wärmeexport 2018.....</i>	<i>12</i>
<i>Abb. 9: Spezifischer Wärmebedarf 2018.....</i>	<i>13</i>
<i>Abb. 10: Spezifischer Stromexport 2018.....</i>	<i>14</i>
<i>Abb. 11: Spezifischer Strombedarf 2018.....</i>	<i>15</i>
<i>Abb. 12: Wärmenutzungsgrad 2018.....</i>	<i>16</i>
<i>Abb. 13: Stromnutzungsgrad 2018.....</i>	<i>17</i>
<i>Abb. 14: Energieflussdiagramm CHF-KVA 2018.....</i>	<i>18</i>
<i>Abb. 15: Massenflussdiagramm CHF-KVA 2018.....</i>	<i>21</i>
<i>Abb. 16: Angelieferte und verbrannte Abfälle (Differenz ist Lagerveränderung).....</i>	<i>22</i>
<i>Abb. 17: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1000 Tonnen.....</i>	<i>22</i>
<i>Abb. 18: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft (In- und Ausland).....</i>	<i>22</i>
<i>Abb. 19: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % der verbrannten Abfallmenge.....</i>	<i>22</i>
<i>Abb. 20: Wasserfalldiagramm de Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2018 und 2017.....</i>	<i>23</i>
<i>Abb. 21: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs.....</i>	<i>27</i>

### Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2018 (kompakt)

	Abfallinput			Effizienz-Kennzahlen			Energie-Verwertung				Fremdenergie
	Verbrannte Abfallmenge	Heizwert nach Standardmethode	R <sub>z</sub> nach ANRG	Energetische Heizwerteffizienz (EnE)	Wärmennutzungsgrad nach EnE	Stromnutzungsgrad nach EnE	Wärmeabgabe (inkl. Eigenbedarf)	Stromabgabe (inkl. Eigenbedarf)	Wärmeabgabe (inkl. Eigenbedarf)	Stromabgabe (inkl. Eigenbedarf)	
	[t/a]	[GJ/t]	[ ]	[ ]	[ % ]	[ % ]	[ MWh/a ]	[ MWh/a ]	[ MWh/a ]	[ MWh/a ]	[ MWh/a ]
01 AG Buchs (AG)	135'298	12.68	0.70	0.58	18.6%	18.3%	73'097	73'646	15'637	13'911	948
02 AG Oftringen <sup>1)</sup>	66'904	13.25	0.66	0.57	14.7%	20.5%	34'871	45'412	3'339	8'515	13'314
03 AG Turgi	122'033	11.84	0.73	0.58	17.9%	19.7%	55'881	63'612	15'815	15'245	104
04 BE Bern	129'712	13.29	0.78	0.68	22.4%	19.7%	104'925	76'311	2'545	18'166	0
05 BE Biel	47'130	12.76	0.53	0.41	18.3%	12.2%	26'935	14'929	3'695	5'876	490
06 BE Thun	157'256	9.50	0.78	0.67	17.6%	21.8%	67'489	75'287	5'814	15'173	375
07 BS Basel	234'160	11.81	1.03	0.92	64.3%	11.3%	489'229	58'461	7'363	29'223	4'181
08 FR Posieux	97'662	12.78	0.79	0.66	22.6%	20.2%	68'951	56'972	9'307	13'673	451
09 GE Genf <sup>2)</sup>	225'307	10.76	0.83	0.74	42.4%	13.6%	277'227	71'719	8'619	19'868	5'588
10 GL Niederurnen <sup>2)</sup>	113'385	11.63	0.46	0.30	6.1%	14.5%	10'478	36'889	12'004	16'355	0
11 GR Trimmis	111'868	12.01	0.72	0.56	23.0%	17.2%	70'955	48'691	14'976	15'430	79
12 LU Perlen	256'265	12.98	0.96	0.90	37.7%	20.0%	344'002	164'449	4'367	21'006	166
13 NE Colombier	62'734	10.89	0.67	0.52	16.5%	18.1%	25'388	26'464	5'915	8'088	184
14 NE La Chau-de-Fonds	58'267	10.89	0.87	0.67	43.7%	14.2%	69'173	14'982	7'918	10'107	493
15 SG Bazenheid <sup>1)</sup>	84'554	12.75	0.72	0.53	25.6%	17.6%	59'435	39'065	17'209	10'164	10'672
16 SG Buchs (SG)	189'088	11.89	0.90	0.76	39.1%	17.1%	219'995	83'740	24'891	22'697	1'070
17 SG St. Gallen	77'717	11.22	0.78	0.58	46.5%	9.7%	94'940	12'332	17'644	10'825	733
18 SO Zuchwil	233'688	11.54	0.78	0.62	18.0%	21.4%	103'392	129'084	31'285	30'063	8
19 TG Weinfelden	147'362	12.00	0.82	0.70	44.0%	12.2%	201'435	43'982	14'687	15'942	187
20 TI Giubiasco	180'353	11.05	0.74	0.59	13.8%	21.9%	54'878	99'467	21'473	21'697	74
21 VD Lausanne	179'990	12.70	0.93	0.81	50.3%	13.5%	288'175	70'086	31'104	15'921	525
22 VS Gamsen	37'863	12.48	0.84	0.65	63.2%	4.9%	74'822	651	8'137	6'284	633
23 VS Sion <sup>1)</sup>	56'350	12.66	0.53	0.39	11.9%	16.8%	16'549	27'329	7'993	7'307	10'198
24 VS Monthey <sup>2)</sup>	158'718	10.96	0.83	0.65	18.4%	23.6%	69'107	90'212	19'836	26'004	2'152
25 ZH Dietikon	92'600	12.35	0.71	0.58	11.6%	21.5%	33'896	54'388	2'799	13'483	8
26 ZH Hinwil	183'769	12.94	0.62	0.52	9.9%	18.9%	60'391	102'185	4'899	22'563	190
27 ZH Horgen	36'044	12.71	0.83	0.74	30.9%	17.9%	38'623	18'818	681	4'193	314
28 ZH ZH Hagenholz	244'175	11.93	1.02	0.93	52.3%	15.7%	419'217	104'084	4'353	23'509	164
29 ZH ZH Josefstrasse	123'856	10.33	0.70	0.58	32.9%	12.7%	111'272	31'213	5'807	14'932	1'096
30 ZH Winterthur <sup>2)</sup>	197'578	12.32	0.77	0.65	26.4%	17.8%	167'119	96'131	11'674	27'118	2'936
<b>Anlagen- Mittelwert *</b>	<b>134'723</b>	<b>11.963</b>	<b>0.77</b>	<b>0.63</b>	<b>28.7%</b>	<b>16.8%</b>	<b>124'395</b>	<b>61'020</b>	<b>11'393</b>	<b>16'111</b>	<b>1'911</b>
<b>CH-Mittelwert **</b>		<b>11.897</b>	<b>0.80</b>	<b>0.68</b>	<b>30.4%</b>	<b>17.2%</b>					
CH-Mittelwert 2017 **		11.886	0.81	0.68	30.4%	17.6%					
<b>CH- Summe</b>	<b>4'041'686</b>						<b>3'731'845</b>	<b>1'830'592</b>	<b>341'788</b>	<b>483'337</b>	<b>57'332</b>
CH-Summe 2017	4'011'025						3'696'118	1'852'441	340'346	485'743	55'488
CH- Maximal	256'265	13.29	1.03	0.93	64.3%	23.6%	489'229	164'449	31'285	30'063	13'314
CH- Minimal	36'044	9.50	0.46	0.30	6.1%	4.9%	10'478	651	681	4'193	8

\* gemittelt über Anzahl Anlagen  
 \*\* gemittelt über Abfallmenge bzw. Energieinput

<sup>1)</sup> nur KVA ohne Schlammverbrennungsanlage  
<sup>2)</sup> Anlagen mit energetisch relevanten, betrieblichen Sonderzuständen, vgl. Abb. 4 und Beschrieb S. 21

höchster Wert  
 tiefster Wert (= 0)

Abb. 1: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2018 (kompakt)



## Energienutzungsgrad CH- KVA 2018

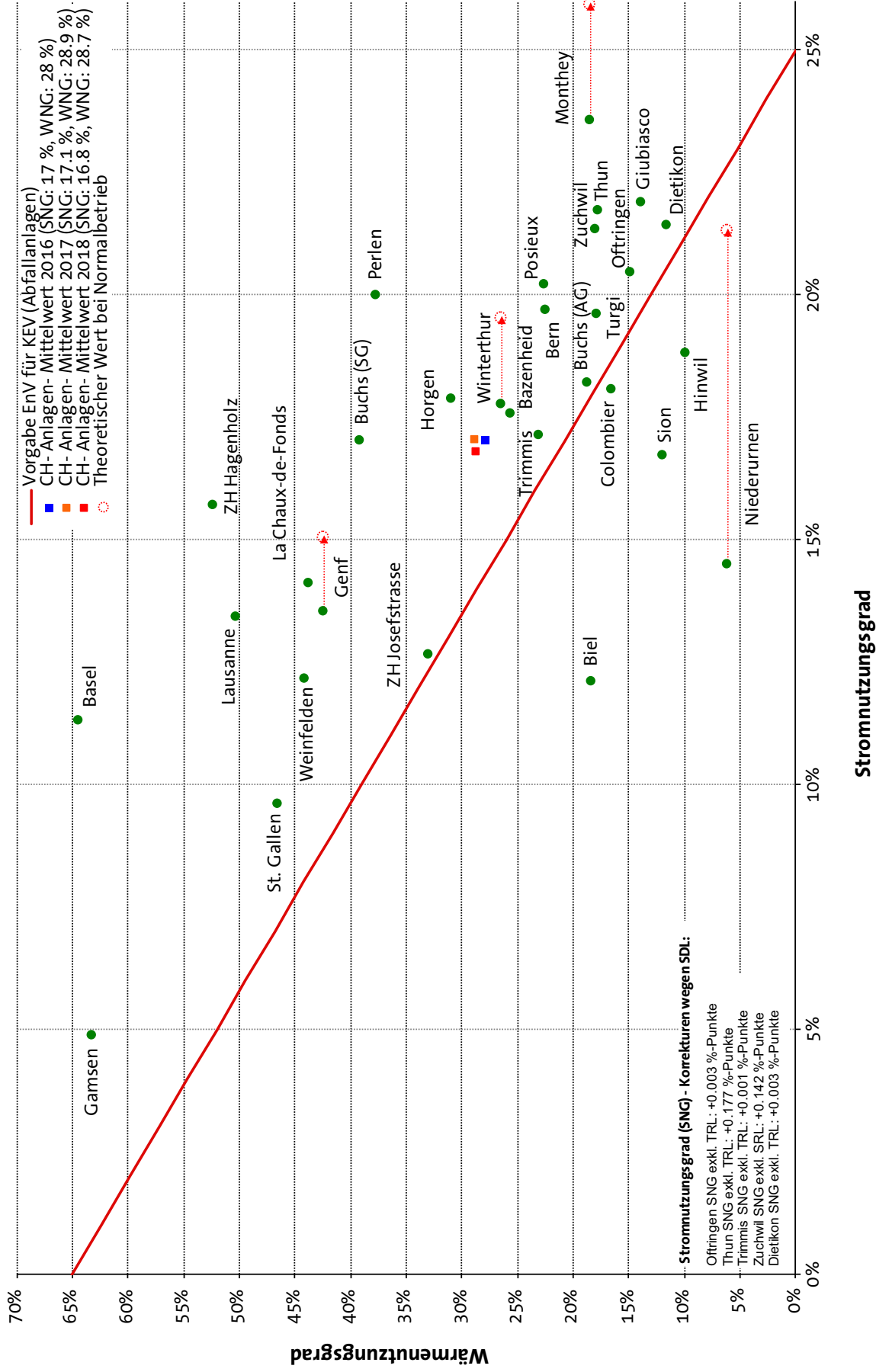


Abb. 3: Energienutzungsgrad nach EnV, (anlagenspezifische Werte 2018 und Mittelwerte 2016, 2017 und 2018) und Auswirkung durch Turbinen- und Generatorausfälle für vier Anlagen (rote Kreise und Pfeile)

## Heizwert nach Standardmethode 2018 und 2017

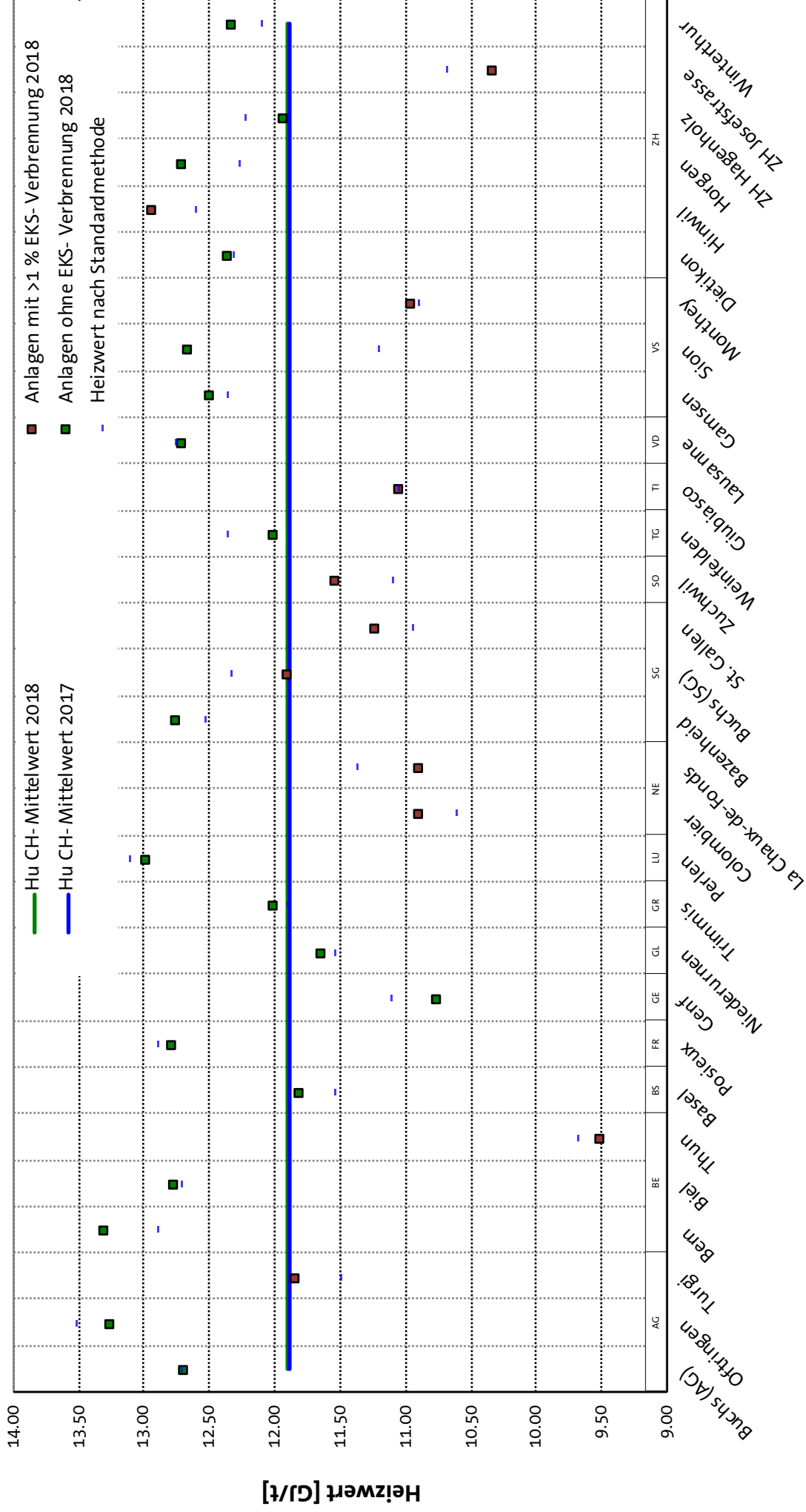


Abb. 4: Heizwert 2018 und 2017



## R1- Faktor 2018 und 2017

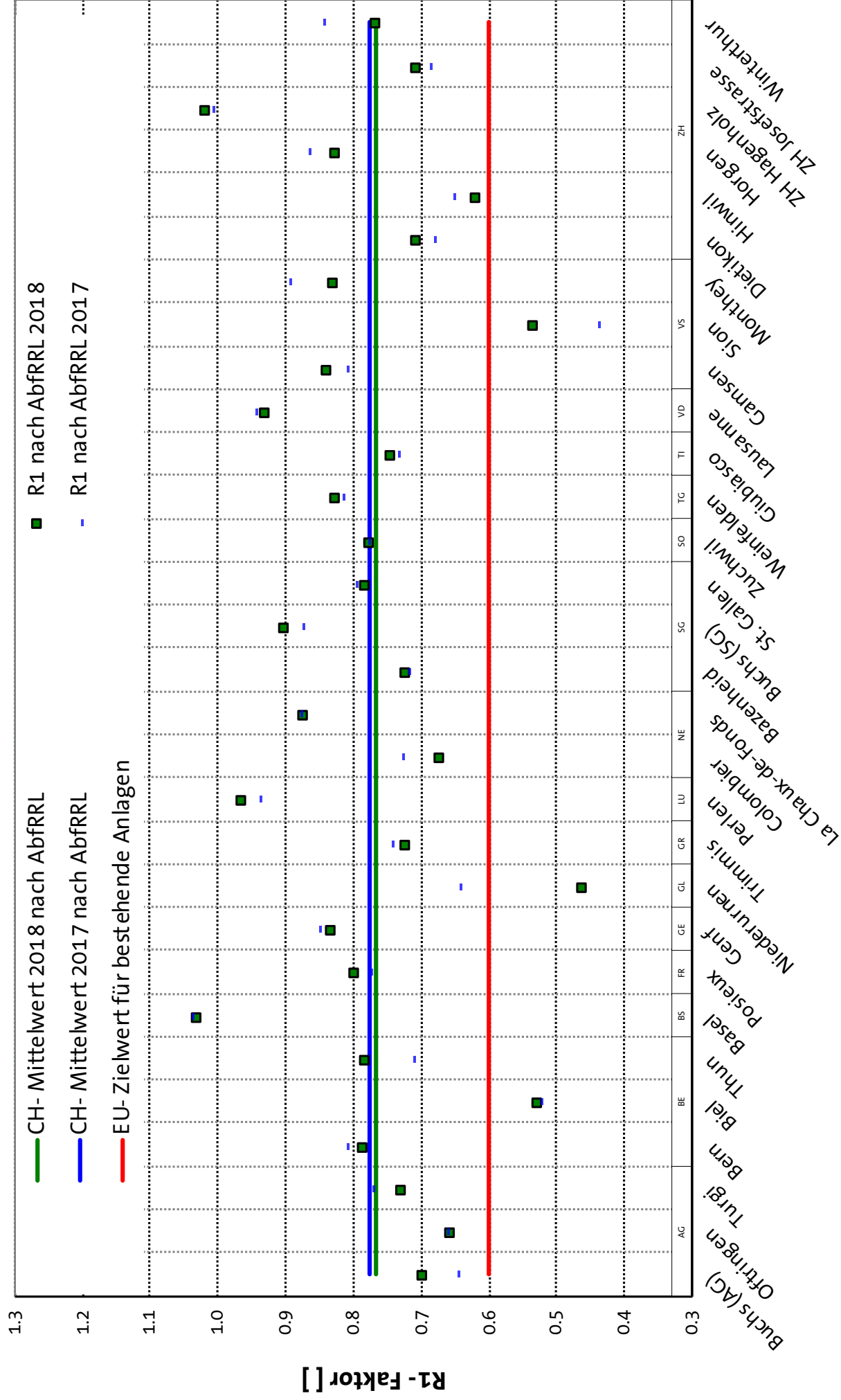


Abb. 5: R1-Faktor 2018 und 2017

## Energetische Nettoeffizienz (ENE) 2018 und 2017

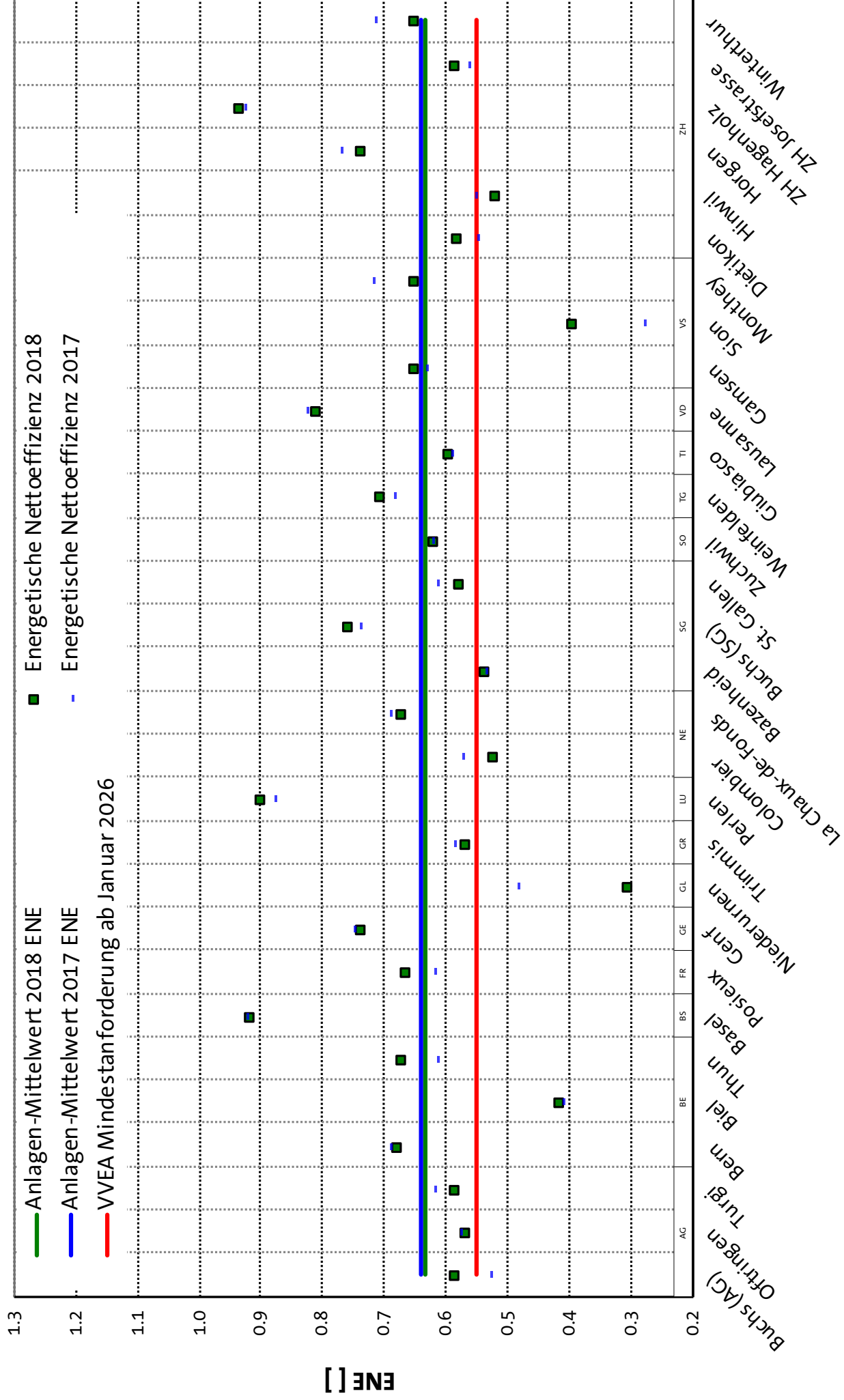


Abb. 6: ENE 2018 und 2017



## Spezifischer Wärmeexport 2018

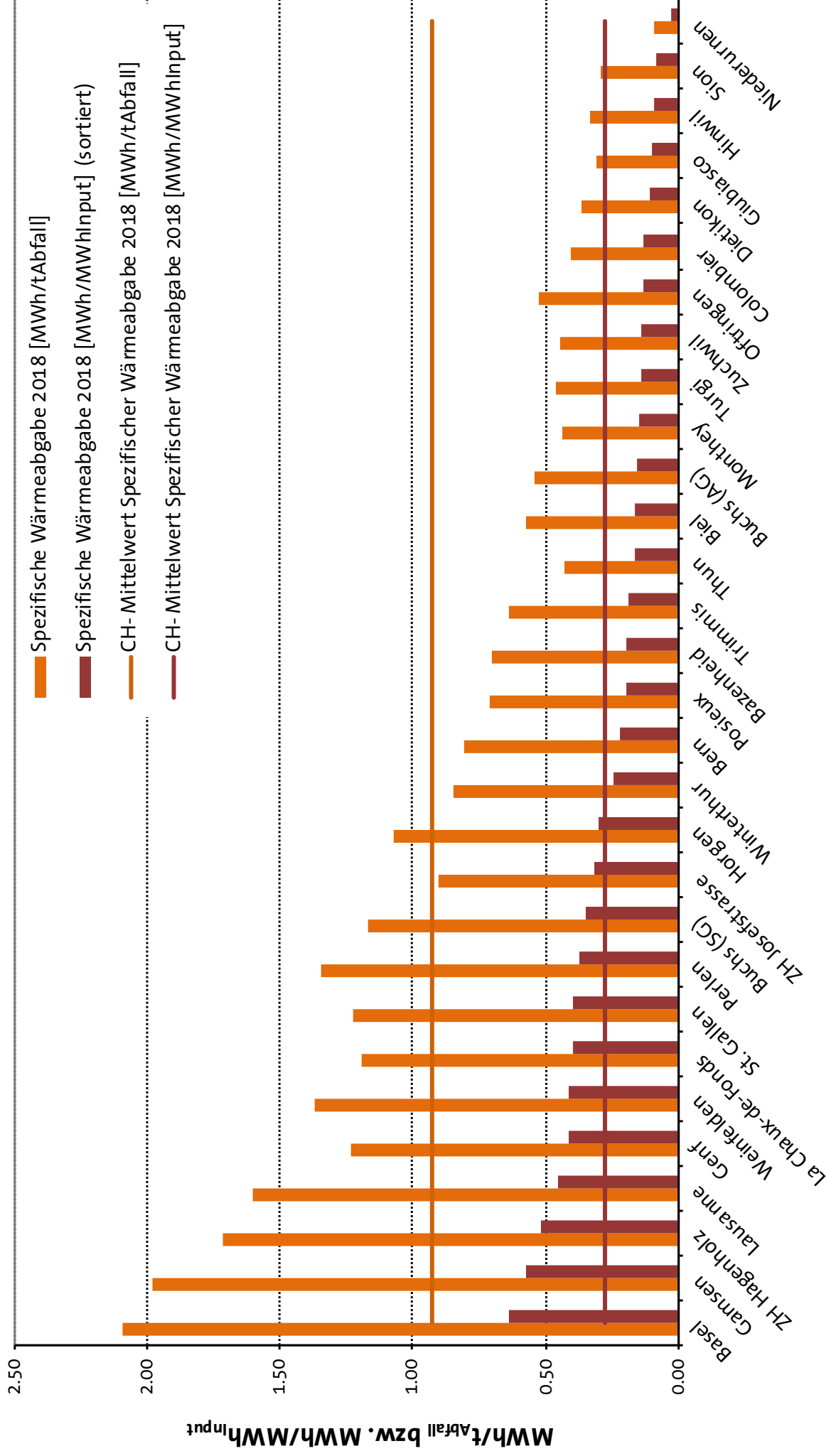


Abb. 8. Spezifischer Wärmeexport 2018

## Spezifischer Wärmebedarf 2018

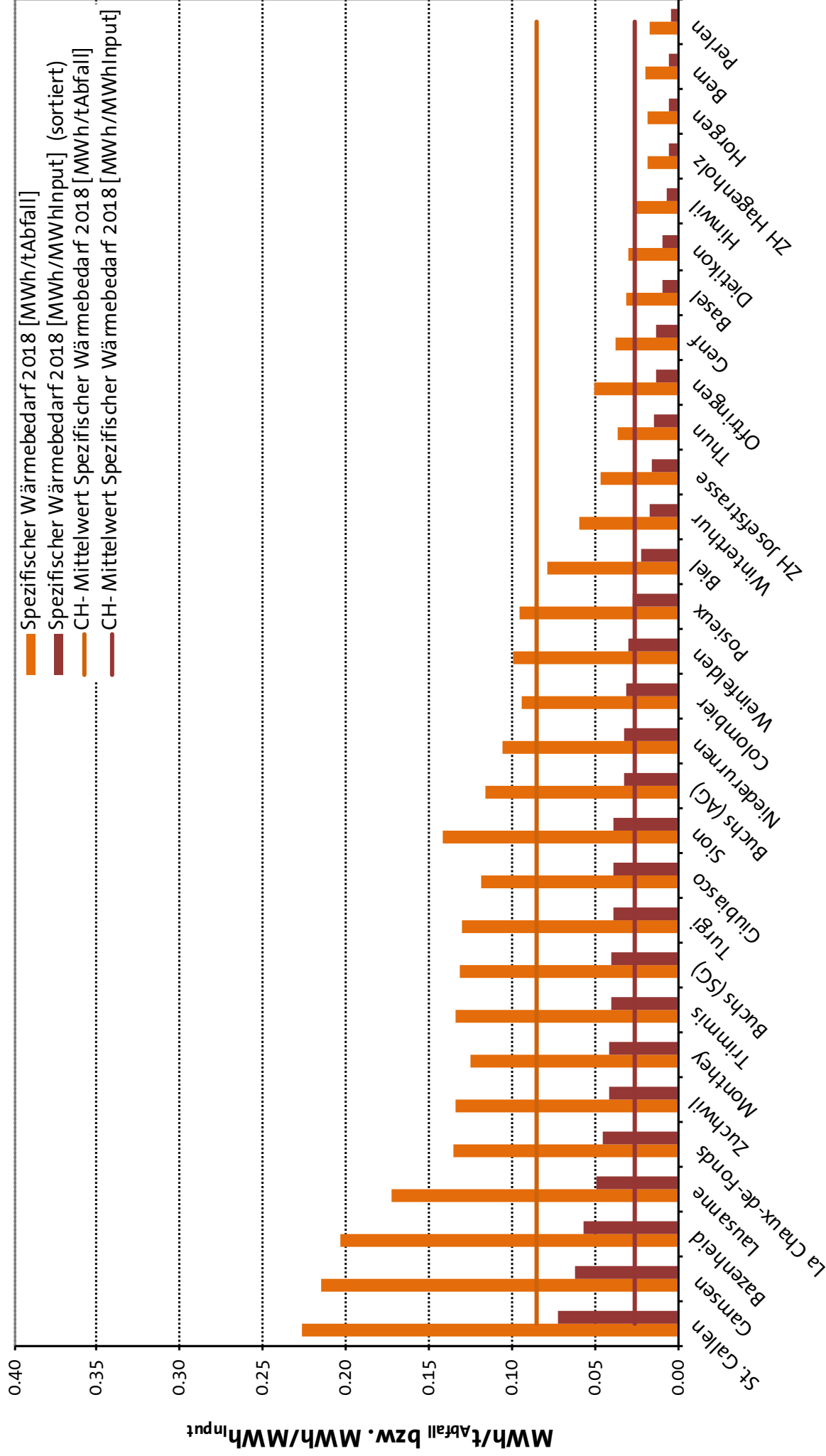


Abb. 9: Spezifischer Wärmebedarf 2018

## Spezifischer Stromexport 2018

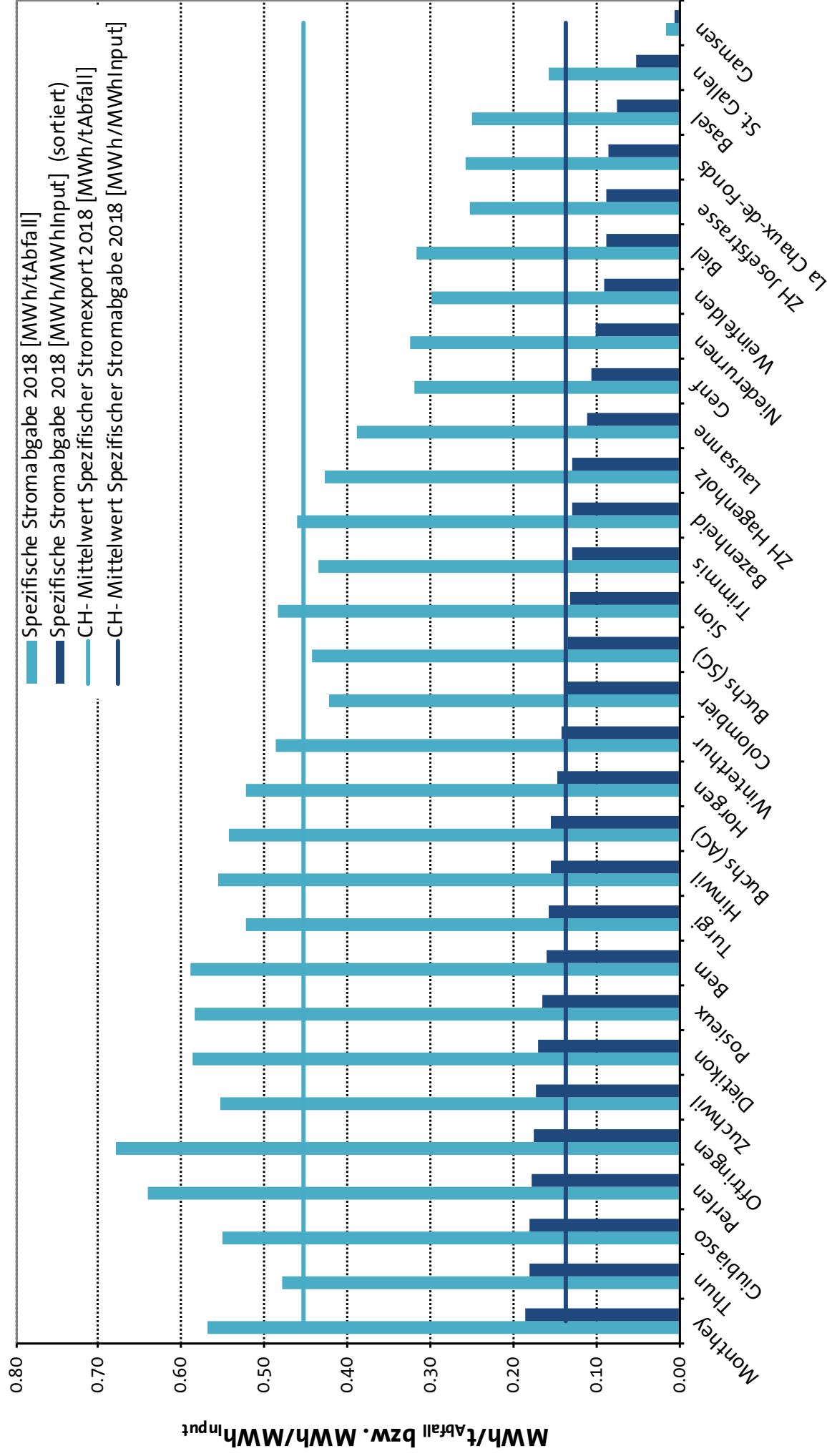


Abb. 10: Spezifischer Stromexport 2018

## Spezifischer Strombedarf 2018

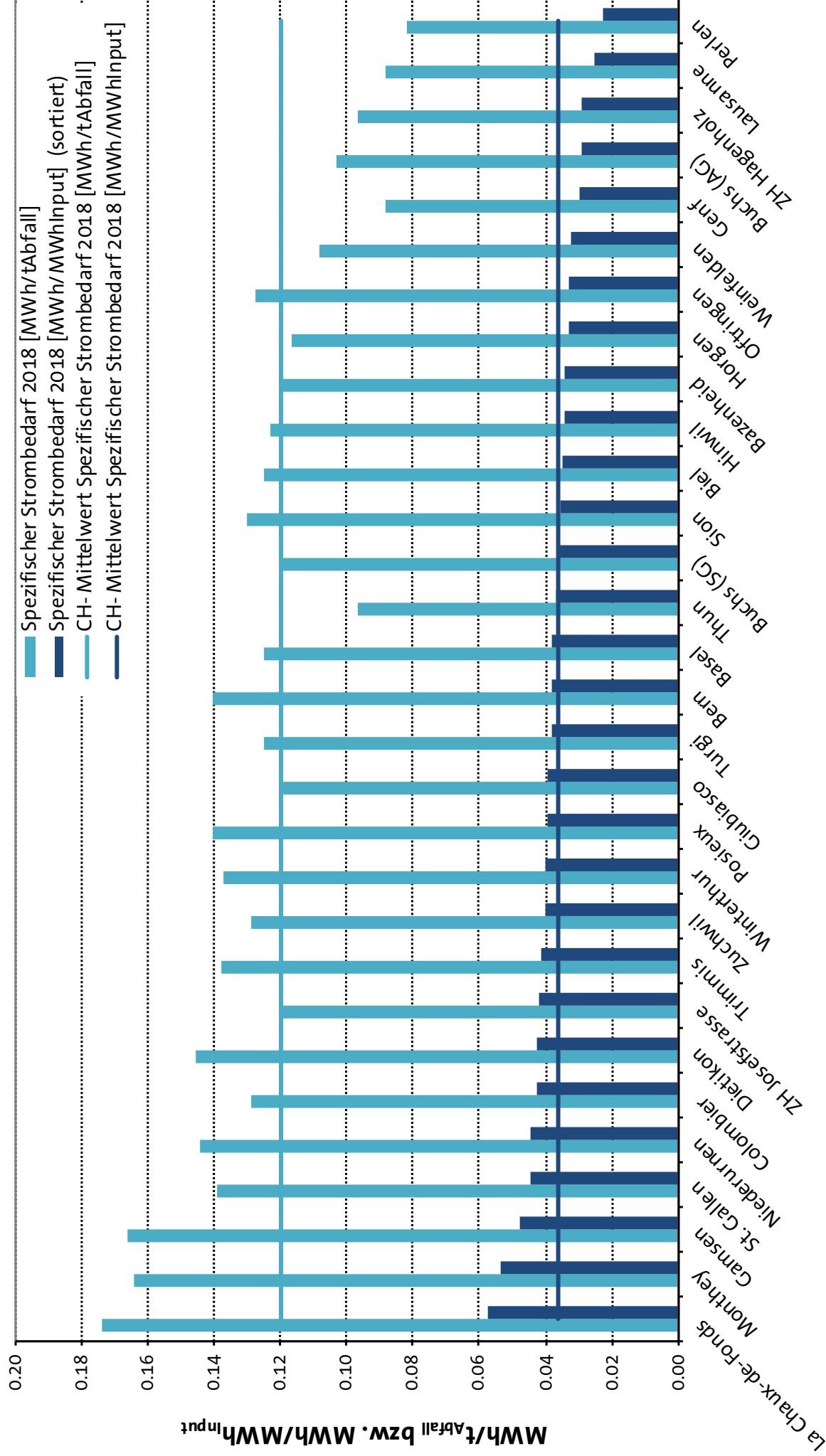


Abb. 11: Spezifischer Strombedarf 2018

## Wärmenutzungsgrad 2018

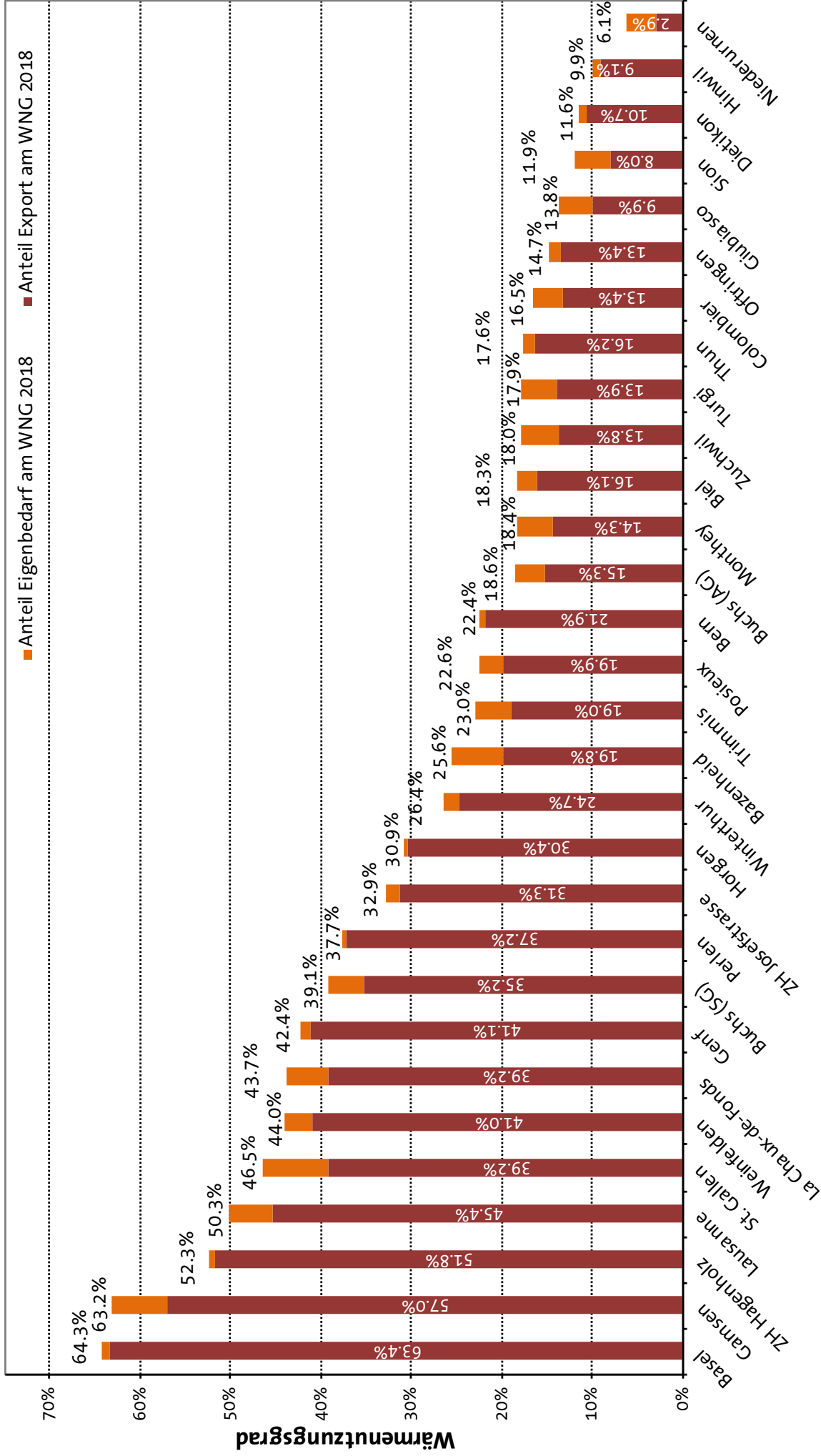


Abb. 12: Wärmenutzungsgrad 2018



## Stromnutzungsgrad 2018

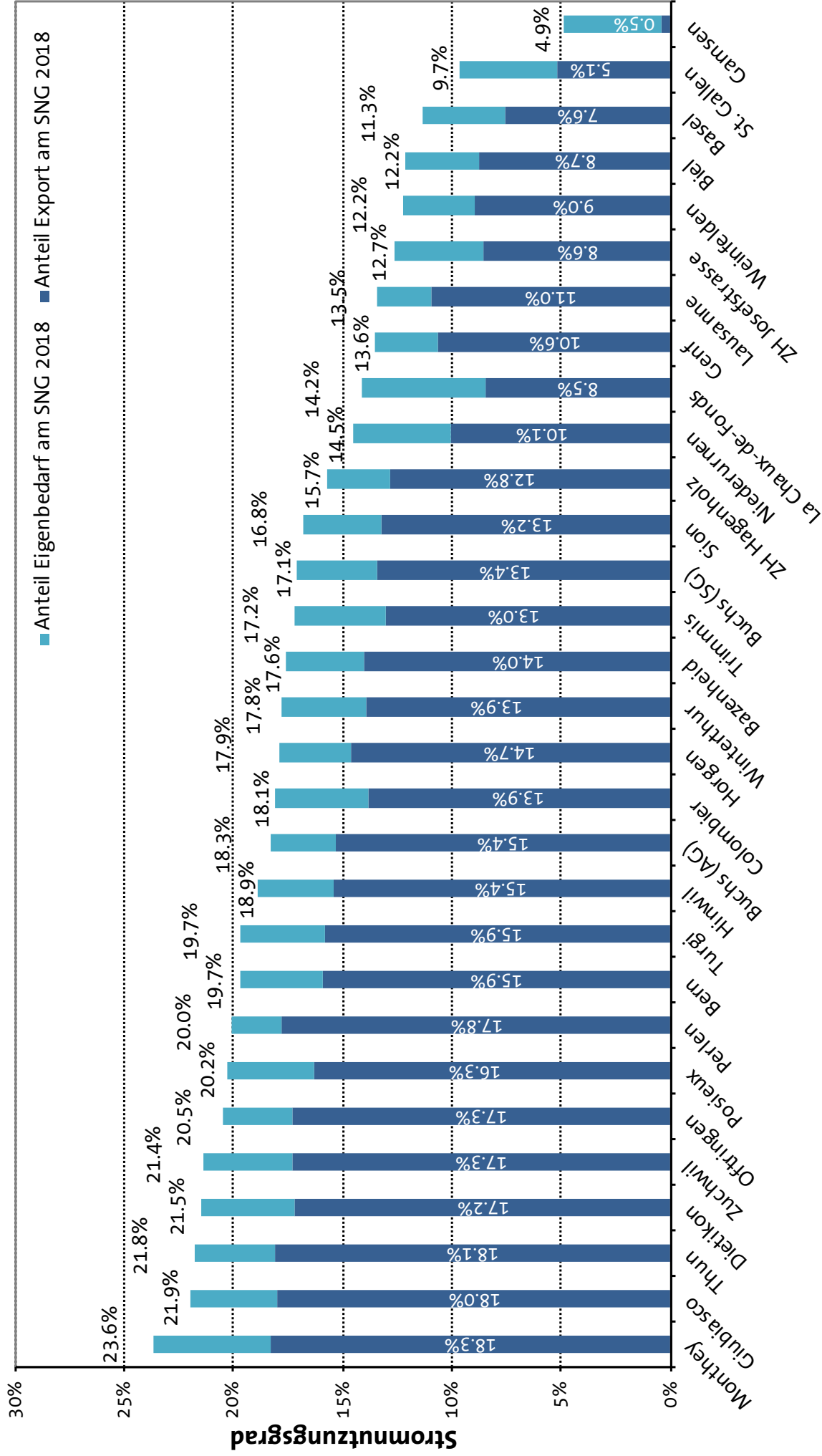


Abb. 13: Stromnutzungsgrad 2018

## Energiefluss CH-KVA 2018

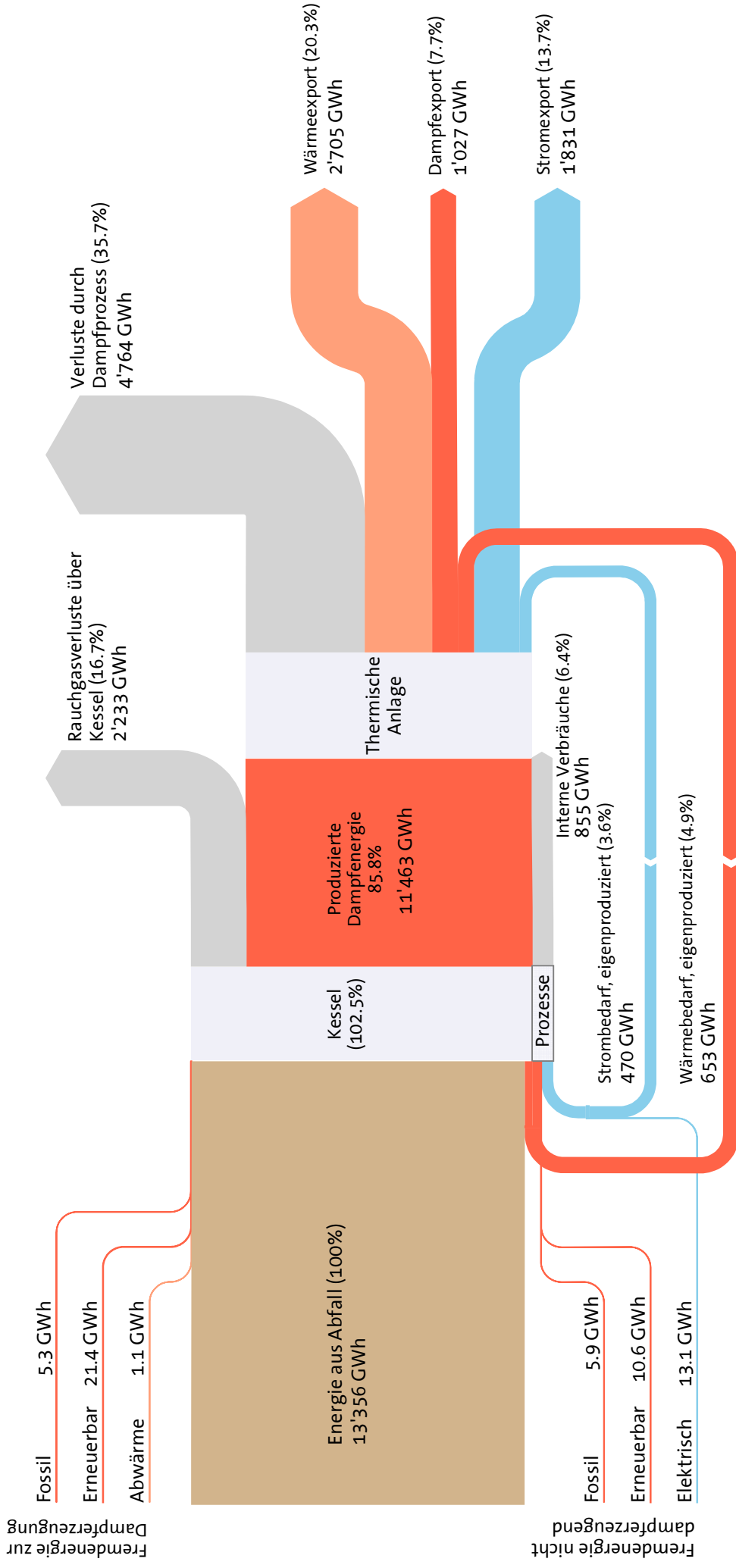


Abb. 14: Energieflussdiagramm CHF-KVA 2018

## BEMERKUNGEN ZU DEN ENERGIEKENNZAHLEN 2018

---

### Allgemeine Veränderungen

Im Vergleich zu den letztjährigen Energiekennzahlen ergaben sich nur geringfügige Veränderungen.

- Der **Energieinput in den Kessel** ist leicht angestiegen (+ 0.9%). Die Grund dafür ist die Zunahme der Menge des verbrannten Abfalls (+ 0.8%) bei praktisch gleichbleibendem Heizwert (+ 0.1%).
- Die **Wärmeabgabe** hat um 1.0% zugenommen (+ 36 GWh). Dabei nahm sowohl der Verkauf von Wärme (+ 0.7%) als auch von Dampf (+ 1.4%) zu, trotz 10% tieferer Anzahl an Heizgradtagen 2018 (Ø Schweiz). Der kontinuierliche Ausbau der Fernwärme wird als Grund angenommen. Andere Sondereffekte sind nicht bekannt.
- Die **Stromabgabe** hat um 1.2% abgenommen (- 21 GWh). Der Grund liegt darin, dass bei vier Anlagen nicht geplante oder länger dauernde Ausfälle der Turbine/Generator aufgetreten sind. Unter „Normalbedingungen“ hätte die Stromproduktion um rund 35 GWh zugenommen.

## Sonderereignisse im 2018

Im Betriebsjahr 2018 sind insbesondere bei vier Anlagen ausserplanmässige Ausfälle/Revisionen einer Turbogruppe aufgetreten. Die genauen Hintergründe und abgeschätzten Auswirkungen sind hier erklärt:

### **KVA Genf:**

Auf der KVA Genf ist die Turbinengruppe insgesamt 20 Tage (Januar und April) auf Grund eines Regelproblems des HD-Einlassventils stillgestanden. Im Juni kam es auf Grund eines Erdschlusses zu einem Turbinentrip, was einen Ausfall von 8 Tagen zur Folge hatte. Während der Revision der Linie 5 im September trat im Katalysator der Linie 6 eine Verstopfung auf, was einen Ausfall dieser Linie von 7 Tagen und dementsprechend eine Stromminderproduktion zur Folge hatte. Die abgeschätzte Minderproduktion beträgt ca. 10 GWh.

### **KVA Linth:**

Nach einem Trip der TG1 über Erdschluss am 6. Mai wurden erhebliche Schäden festgestellt. Es musste die komplette Statorwicklung sowie die Blechpakete und der Stator neu aufgebaut resp. revidiert werden. Nach der Reparatur kam es Ende September bei der Spannungsprüfung zu zwei Durchschlägen was zur Folge hatte, dass ein neuer Spulensatz hergestellt werden musste. Am 21. Dezember konnte die TG1 schliesslich erfolgreich wieder in Betrieb genommen werden. Der Ausfall dauerte über 7 Monate. Dadurch konnte während dieser Zeit nur mit der TG2 Strom produziert werden, was eine Minderproduktion von rund 25 GWh zur Folge hatte.

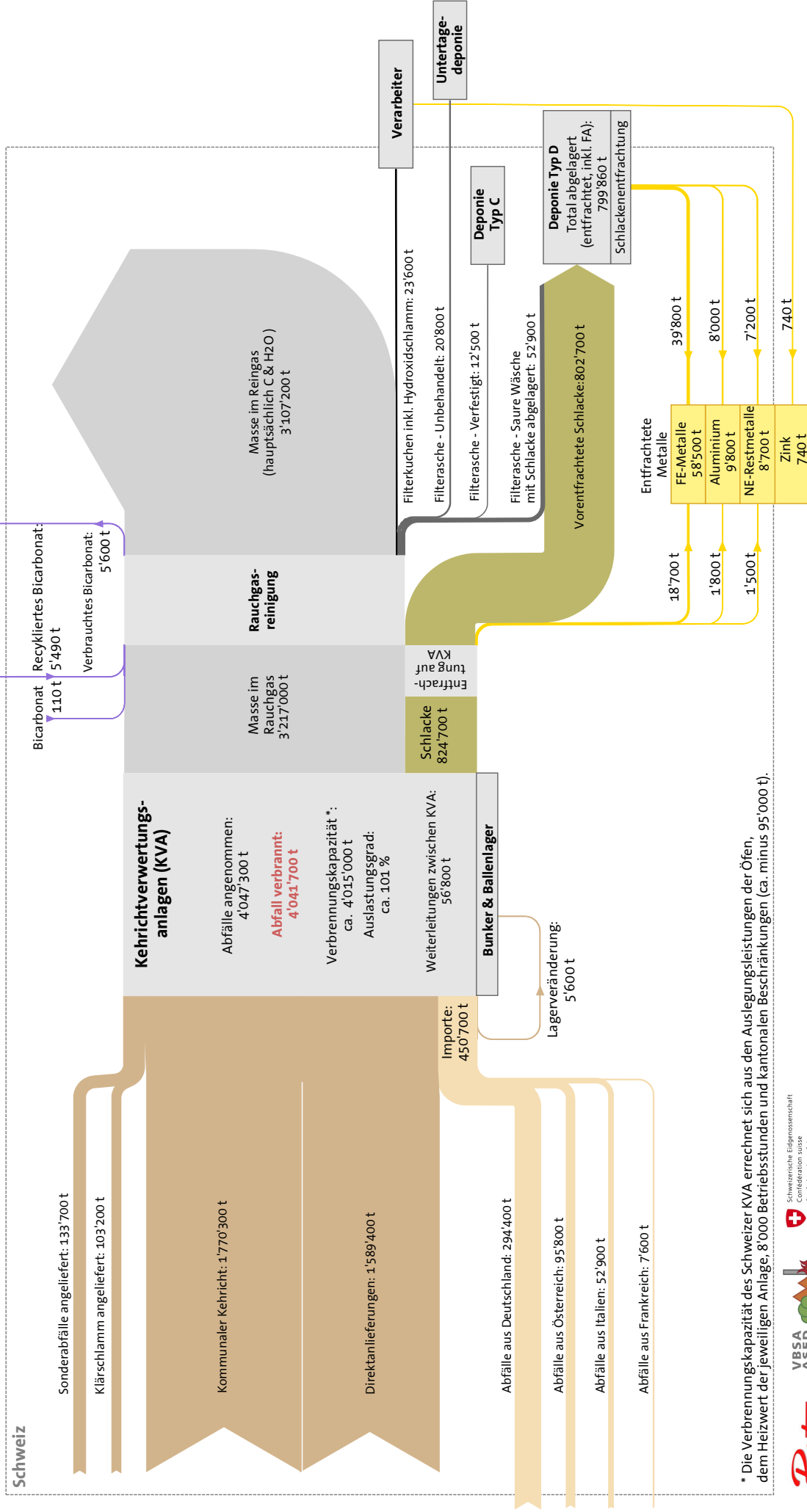
### **KVA Monthey:**

In der KVA Monthey stand eine längere Turbinenrevision (100'000 h) an. Dies führte zu einem Ausfall der Turbine vom 1. April bis zum 4. Juni und dadurch zu einer Minderproduktion von ca. 11 GWh.

### **KVA Winterthur:**

Die Turbinenrevision im Juli 2018 dauerte länger als geplant. Dies führte zu einer Minderproduktion von ca. 12 GWh.

## Massenfluss der Schweizer KVA 2018



\* Die Verbrennungskapazität des Schweizer KVA errechnet sich aus den Auslegungsleistungen der Öfen, dem Heizwert der jeweiligen Anlage, 8'000 Betriebsstunden und kantonalen Beschränkungen (ca. minus 95'000 t).

## Angelieferte & verbrannte Abfälle [kt]

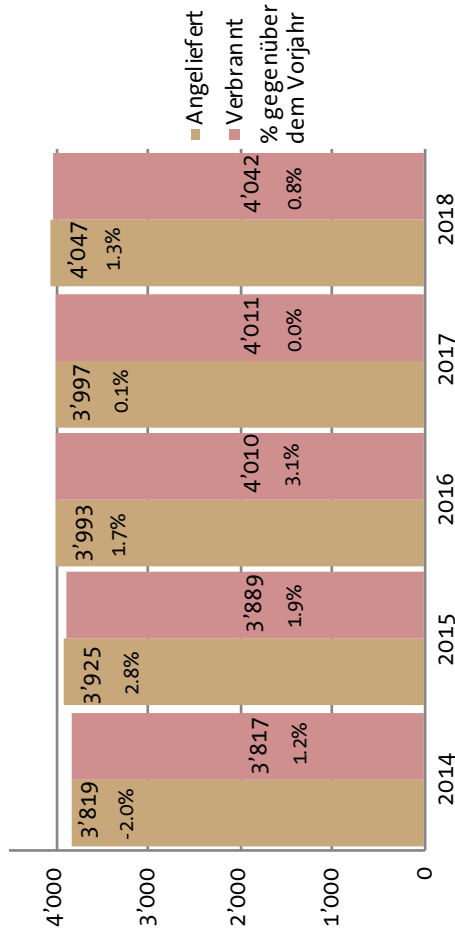


Abb. 16: Angelieferte und verbrannte Abfälle (Differenz ist Lagerveränderung)

## Angelieferte Abfälle [kt]

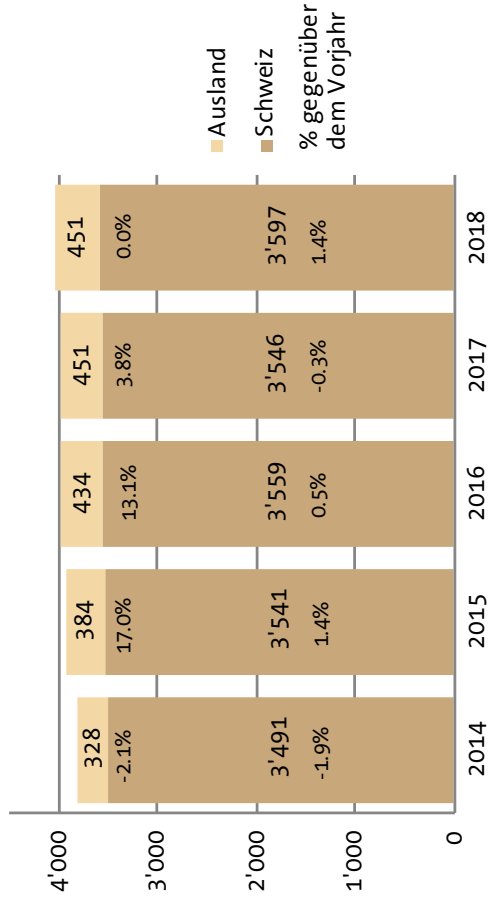


Abb. 18: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft (In- und Ausland)

## Rückstände & entnommene Metalle [kt]

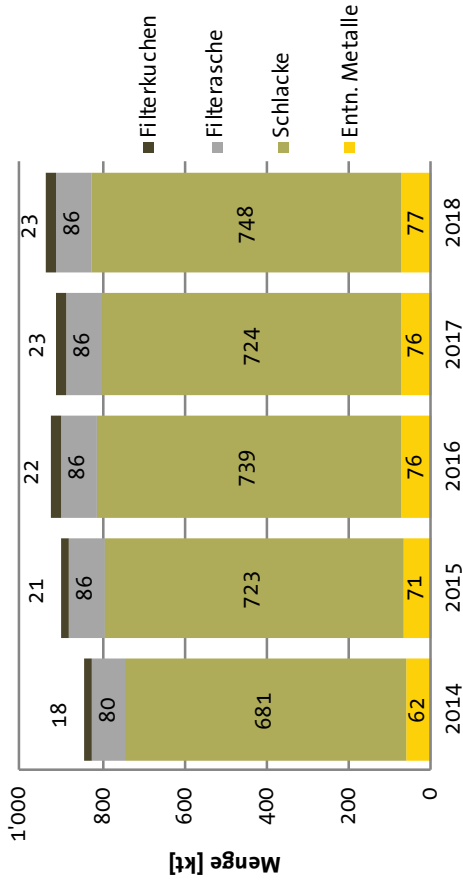


Abb. 17: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1000 Tonnen

## Rückstände & entnommene Metalle [%]

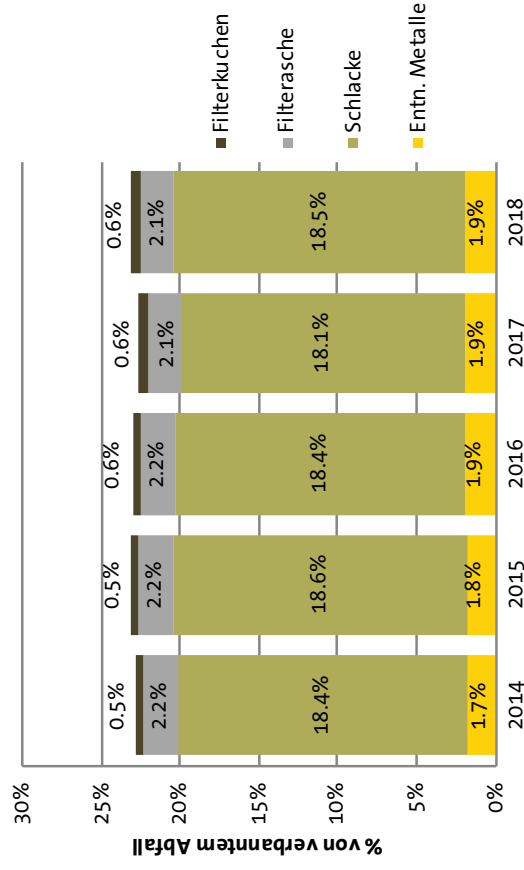


Abb. 19: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % der verbrannten Abfallmenge

## Veränderung der angelieferten Abfallmengen 2017/18 [kt]

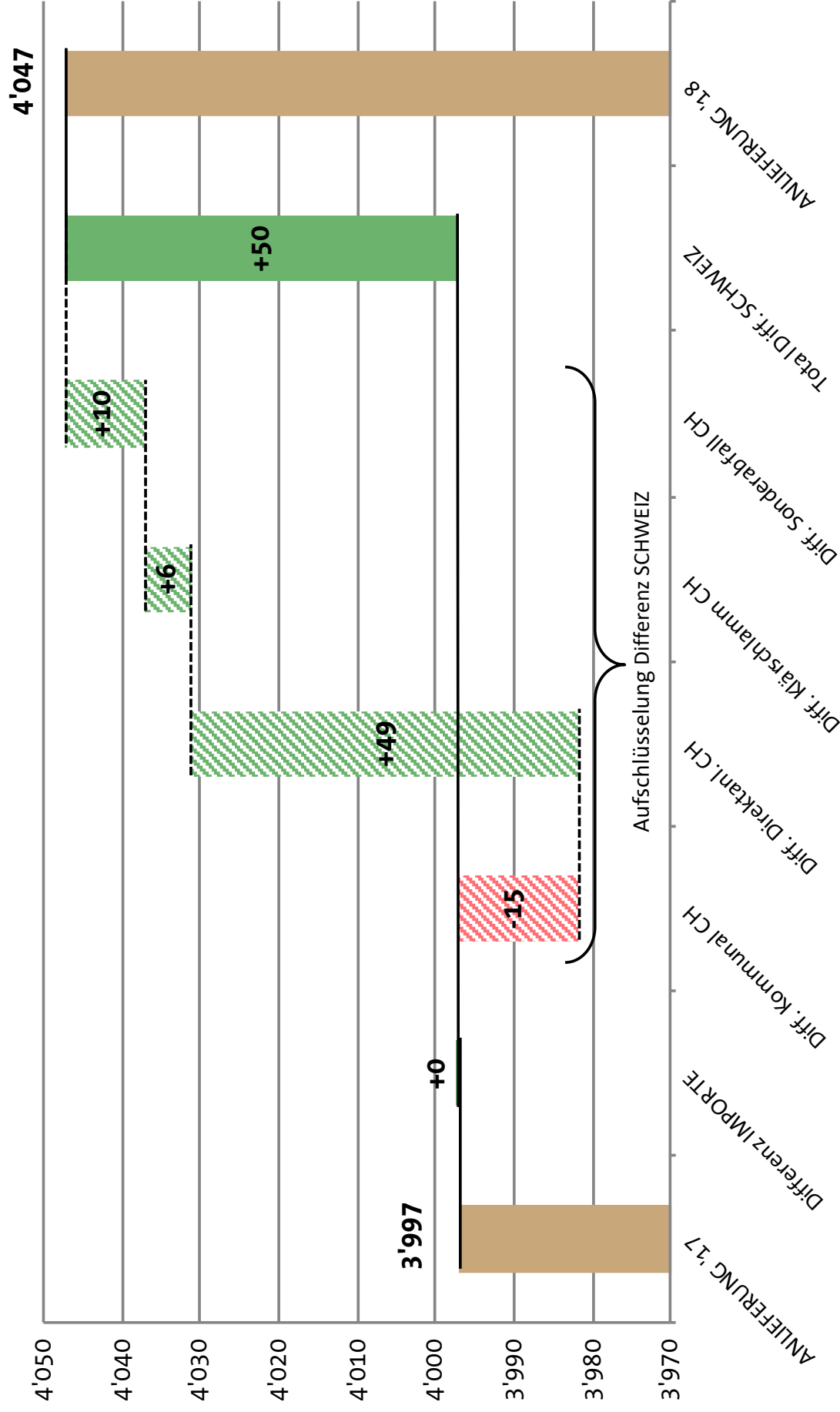


Abb. 20: Wasserfalldiagramm de Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2018 und 2017

## BEMERKUNGEN ZU DEN MENGENZAHLEN 2018

Der **angelieferte Abfall** nahm um **50'000 t (+ 1.3 %)** zu, dazu geführt haben:

- Importe (DE, AT, FR, IT): + 0'000 t (+ 0.0 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr)
- Inlandanlieferungen: + 50'000 t (+ 1.3 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr)

Die **verbrannte Menge** Abfall nahm um **31'000 t (+ 0.8 %)** zu, dazu geführt haben:

- Angelieferte Abfälle: + 50'000 t (+ 1.3 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, siehe oben)
- Füllen von Bunkern und Lagern: - 19'000 t (- 0.5 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, siehe oben)

Anlieferzahlen:

- **Sonderabfall:** + 10'000 t (+ 8.3%): Teile des Altholzes gelten seit 23.3.16 als Sonderabfall – Anpassung der Verordnung des UVEK über die Liste zum Verkehr mit Abfällen (LVA). 2018 ist das dritte Jahr der Bereinigung der Annahmehaltung bei den Anlagen (2016 waren es + 8'000 t, 2017 + 20'000 t).
- **Klärschlamm:** + 6'000 t (+ 6.1%): In Buchs SG wurde auf Grund einer Revision des Faulturms bei der ARA rund 2'000 t KS zusätzlich in der KVA verbrannt. Sonst sind keine aussergewöhnlichen Gründe bekannt.
- **Kommunale Anlieferungen:** - 15'000 t (- 0.9%): Einführung der Sackgebühr im Unterwallis (- 8000 t). Effekt der Motion Fluri (Firmen ab 250 Vollzeitstellen unterstehen nicht mehr dem Entsorgungsmonopol der Gemeinden und dürfen den Abfall direkt bei den KVA abliefern). Genereller Trend von Haushaltskochabfällen zu Take-Away.
- **Direktanlieferungen:** + 40'000 t (+ 2.5%): Effekt der Motion Fluri (vgl. Kommunale Anlieferungen). Grösserer Anfall an totem Holz und Zunahme von Littering, verursacht durch die sehr trockene Witterung. Nicht näher bekannte Gründe (z.B. Reduktion Abfallexport, Zunahme Take-Away-Abfälle u.a.).



## Zentrale Formeln

### Heizwert

Der Energiegehalt / Heizwert jeder gelieferten Charge Abfalls ist unterschiedlich. So variiert auch der mittlere Heizwert pro Anlage und Jahr und ist mittels Stichprobenmessungen praktisch nicht bestimmbar. Zur Näherung des Heizwertes des verbrannten Abfalls ( $H_u$ ) wird das  $H_u$ -Berechnungsmodell nach BREF verwendet:

$$Hu [GJ/t] = (1.133 * \frac{E_{FD} \pm E_K}{m_w} + 0.008 * T_b) / 1.085$$

$E_{FD}$	Energie des Frischdampfes [GJ] ( $\Delta$ zum Speisewasser)
$E_K$	Summe diverser Energieströme in oder aus der Brennkammer (z.B. Stützfeuerung $E_f$ , Energie für Primärluft, Rostkühlung, Dampf für Ammoniakindüsung, Wassereindüsung, vor der Frischdampfmesung entnommener Dampf, ...)
$H_u$	Heizwert für den jeweiligen Brennstoff
$m_w$	Gesamte verbrannte Abfallmenge [t]
$T_b$	Rauchgastemperaturdifferenz nach Kessel [°C] bezogen auf 10°C

Die 0.008 [GJ/t\*K] sind der spez. Energieinhalt im Rauchgas bei  $\phi$  5.7 Nm<sup>3</sup> Rauchgas/kg<sub>Abfall</sub> (bei Abweichungen grösser +/- 10% wird dieser Wert angepasst).

Die Faktoren 1.133 bzw. 1.085 [ ] der  $H_u$ -Berechnungsformel sind aus einer Regressionsrechnung entstanden. Sie sind Näherungsgrößen für die Heizwertberechnung, die sich aufgrund des Vergleichs der Variablen mit einer Vielzahl nach DIN ermittelten Heizwerten ergeben haben.

Speziell zu erwähnen ist die Frischdampfmesung als Grundlage für  $E_{FD}$ . Sie weist eine Messungenauigkeit in der Größenordnung von  $\pm$  5% auf. Für eine gute Näherung des Heizwertes ist eine kalibrierte Frischdampfmesstelle zentral.

### Stromnutzungsgrad

Der Stromnutzungsgrad ist der Quotient aus der am Generator produzierten elektrischen Energie (inkl. Eigenbedarf) dividiert durch die in den Kessel eingebrachte Energie:

$$\text{Stromnutzungsgrad [\%]} = \frac{E_{pe}}{(E_w + E_f)} * 100$$

$E_f$	Importierte Energie zur Dampferzeugung (z.B. Stützfeuerung, externe Rauchgase, ...)
$E_p$	Gewonnene Energie, genutzt (e = electricity, h = heat, st = steam)
$E_w$	Energie aus Abfall

## Wärmenutzungsgrad

Der Wärmenutzungsgrad ist der Quotient aus der genutzten Wärme dividiert durch die in den Kessel eingebrachte Energie:

$$\text{Wärmenutzungsgrad [\%]} = \frac{E_{p_{h,st}}}{(E_w + E_f)} * 100$$

## R1-Faktor

Der R1- Faktor wird in Anhang II der Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) der EU definiert. Er ist ein Mass der Nutzung des Energieinhaltes im Abfall in Anlagen, deren Zweck die Behandlung fester Siedlungsabfälle ist. Die Energieformen werden dabei gewichtet: Strom mit dem Faktor 2.6 und Wärme und Dampf mit 1.1. Anlagen gelten dann als Verwertungsanlage, wenn ihr R1-Faktor mindestens folgende Werte erreicht:

- 0.6 für in Betrieb befindliche Anlagen, die vor dem 1. Januar 2009 genehmigt wurden
- 0.65 für Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2008 genehmigt wurden

Nur Anlagen mit dem Verwertungsstatus dürfen Abfall aus dem Ausland importieren und verwerten.

$$R1 = \frac{(2.6 * E_{p_e} + 1.1 * E_{p_{h,st}}) - (E_f + E_{imp})}{0.97 * (E_w + E_f)}$$

$E_{imp}$  Importierte Energie nicht dämpferzeugend (Z.B. Strom, Gas zur Wiederaufwärmung von Rauchgasen, ...), die Energieträger müssen gewichtet werden (2.6 \* e, 1.1 \* h, st, 1 \* Primärenergieträger)

## ENE – Energetische Nettoeffizienz

Die energetische Nettoeffizienz ist der in der Schweiz verwendete Indikator für die Energieeffizienz von KVA. Er wird grundsätzlich analog zum R1-Faktor berechnet, jedoch wird nur die exportierte Energie der KVA (Netto-Abgabe, ohne Eigenbedarf) angerechnet.

- Gemäss VVEA Art.32 müssen KVA-Inhaber/innen ihre Anlage so betreiben, dass ab 1. Januar 2026 "mindestens 55% des Energiegehalts ausserhalb der KVA genutzt wird". Die Richtlinie, welche die Erreichung dieser Anforderung definieren wird, ist noch in Erarbeitung. Eine ENE von 0.55 ist als Kriterium in Diskussion.

$$ENE = \frac{(2.6 * E_{exp_e} + 1.1 * E_{exp_{h,st}}) - (E_f + E_{imp})}{0.97 * (E_w + E_f)}$$

$E_{exp}$  Exportierte Energie

## Systemgrenzen Stromeigenbedarf

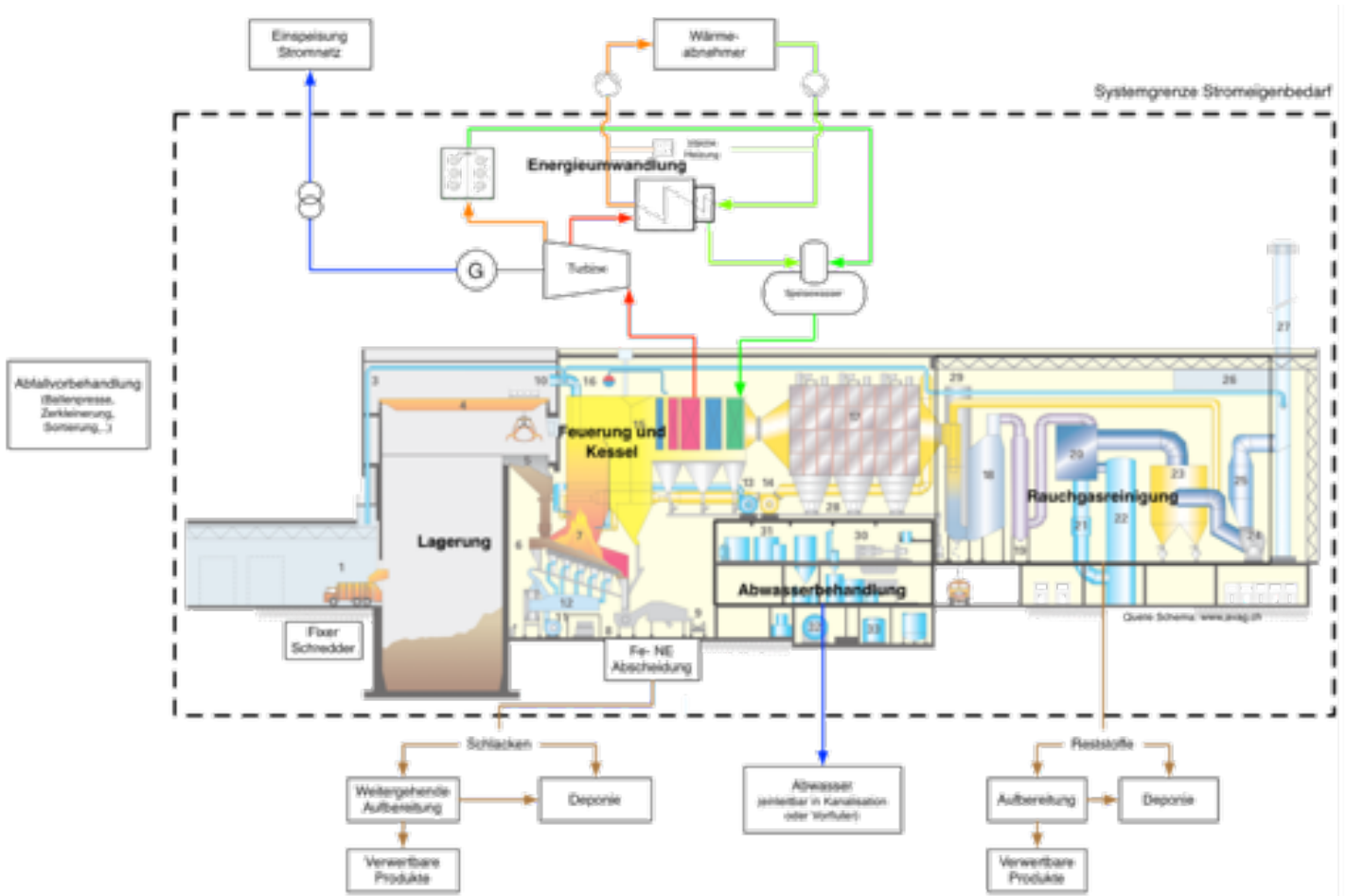


Abb. 21: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs