



Resultate 2022

# Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren



Abbildung 1: Die KVA Bazenheid wurde ein den letzten zwei Jahren erheblich erneuert: Die Verbrennungslinie 3 wurde komplett ersetzt (Feuerung/Kessel) und bei allen drei Linien wurde eine trockene Rauchgasreinigung in Betrieb genommen. Die Verbrennungskapazität wurde um rund 30'000 t/a erhöht. (Bildquelle: Thurgauer Zeitung).



**Datum:** 7. April 2023

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

Auftragnehmer/in: Ryttec 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
Ryttec AG, Richard Chrenko – Energiezahlen	<a href="mailto:energieeffizienz@rytec.ch">energieeffizienz@rytec.ch</a>	031 511 13 22
Ryttec AG, Martin Kiener – Mengenzahlen	<a href="mailto:energieeffizienz@rytec.ch">energieeffizienz@rytec.ch</a>	031 511 13 38

**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 2022, 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 2010-2021<sup>1</sup> befinden sich ebenfalls auf dieser Seite.

Die jährliche Erhebung wird für alle Schweizer KVA durchgeführt. Die Einzugsgebiete der aktuell in Betrieb stehenden KVA sehen wie folgt aus:

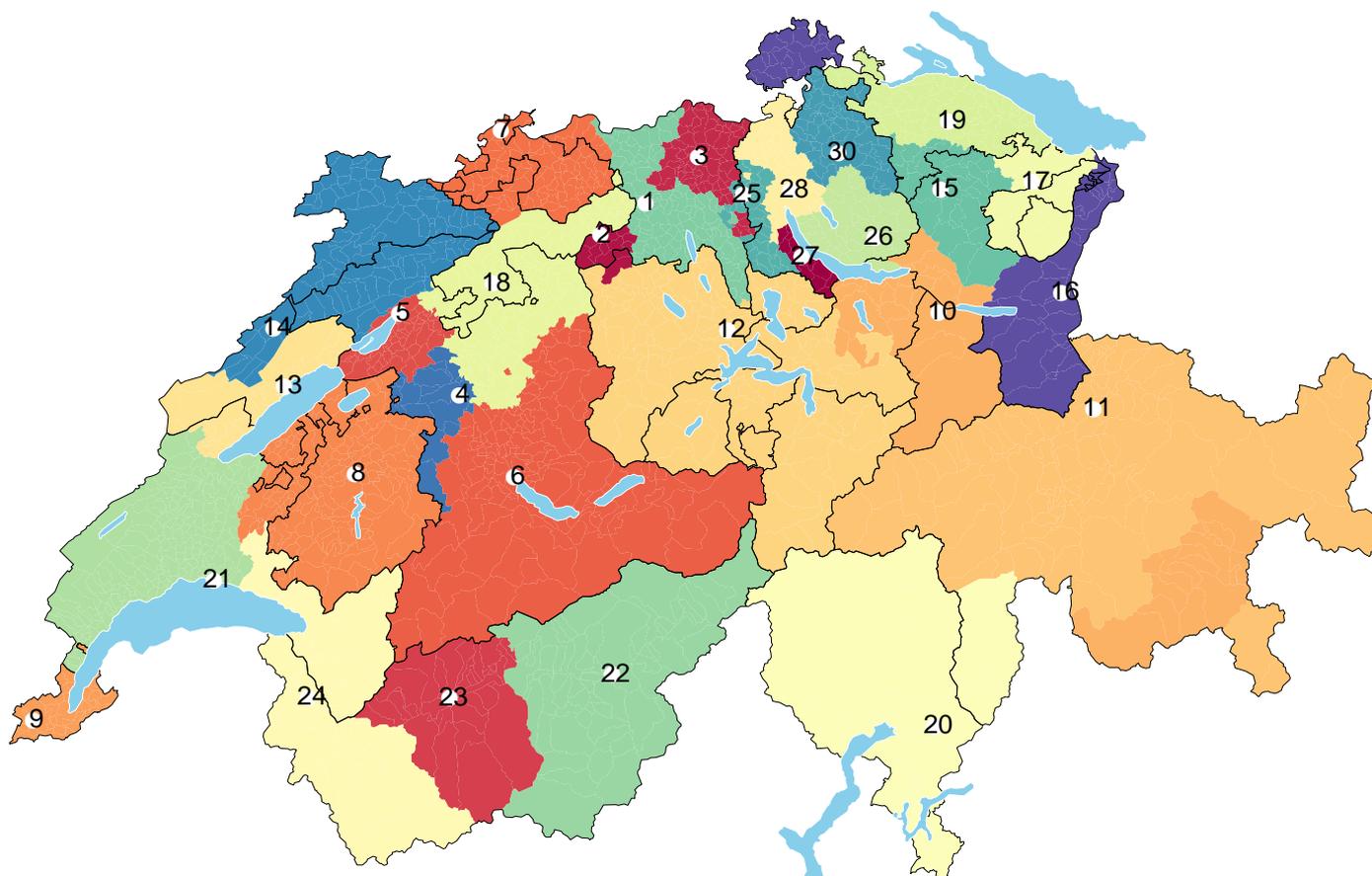


Abbildung 2: Einzugsgebiete der Schweizer KVA im Jahr 2020

<sup>1</sup> <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/erneuerbare-energien/biomasse.html>

## GLOSSAR

---

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

---

<sup>2</sup> <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/abfall-rohstoffe/abfaelle/abfallanlagen/stand-technik-abfallwirtschaftliche-prozesse.html>

<sup>3</sup> [https://www.laga-online.de/documents/r1-guidelines\\_deutsch\\_2\\_1517834933.pdf](https://www.laga-online.de/documents/r1-guidelines_deutsch_2_1517834933.pdf)

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung 1: KVA Bazenhaid.....	1
Abbildung 2: Einzugsgebiete der Schweizer KVA im Jahr 2020 .....	3
Abbildung 3: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2022 (kompakt) .....	6
Abbildung 4: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2022 (detailliert).....	7
Abbildung 5: Energienutzungsgrad nach EnV, und Auswirkung durch Sonderzustände.....	8
Abbildung 6: Energetische Nettoeffizienz ENE und Auswirkung durch Sonderzustände .....	9
Abbildung 7: Heizwert 2022 und 2021 .....	10
Abbildung 8: R1-Faktor 2022 und 2021.....	11
Abbildung 9: Energetische Nettoeffizienz ENE 2022 und 2021.....	12
Abbildung 10: Kesselwirkungsgrad 2022 und 2021.....	13
Abbildung 11: Spezifischer Wärmeexport pro Tonne Abfall 2022.....	14
Abbildung 12: Spezifischer Wärmeexport pro Energieinput 2022 .....	15
Abbildung 13: Spezifischer Wärmeeigenbedarf 2022.....	16
Abbildung 14: Spezifischer Stromexport 2022 .....	17
Abbildung 15: Spezifischer Stromeigenbedarf 2022 .....	18
Abbildung 16: Wärmenutzungsgrad 2022.....	19
Abbildung 17: Stromnutzungsgrad 2022 .....	20
Abbildung 18: Energieflussdiagramm CH-KVA 2022.....	21
Abbildung 19: Massenflussdiagramm CHF-KVA 2022.....	24
Abbildung 20: Angelieferte und verbrannte Abfälle .....	25
Abbildung 21: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1'000 Tonnen.....	25
Abbildung 22: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft.....	25
Abbildung 23: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % der verbrannten Abfallmenge .....	25
Abbildung 24: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2022 gegenüber 2021 .....	26
Abbildung 25: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs.....	30

### Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2022 (kompakt)

	Abfallinput		Effizienz-Kennzahlen				Energie-Verwertung				Fremdenergie
	Verbrannte Abfallmenge	Heizwert nach Standardmethode	R1 nach ADRRL	Energetische Nettoeffizienz (ENI)	Wärmenutzungsgrad nach ENI	Stromnutzungsgrad nach ENI	Wärmeabgabe (exkl. Eigenbedarf)	Stromabgabe (exkl. Eigenbedarf)	Wärmeigenbedarf	Stromigenbedarf	Fremdenergiebedarf
	[t/a]	[GJ/t]	[ ]	[ ]	[%]	[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
01 AG Buchs (AG)	134'462	12.76	0.73	0.63	24.4%	17.0%	99'919	69'614	16'170	11'876	1'229
02 AG Oftringen <sup>1)</sup>	68'150	14.08	0.67	0.59	18.6%	20.0%	49'579	48'463	3'075	8'736	17'083
03 AG Turgi	116'774	12.12	0.73	0.59	20.3%	18.8%	65'919	59'227	14'025	14'862	57
04 BE Bern	138'770	12.67	0.80	0.70	26.6%	18.6%	126'675	73'399	3'285	17'663	0
05 BE Biel	50'014	12.50	0.63	0.53	18.5%	16.0%	29'185	22'776	2'877	5'536	492
06 BE Thun	145'965	9.69	0.79	0.69	19.9%	21.3%	72'429	70'349	5'871	13'876	650
07 BS Basel	220'133	12.07	0.99	0.88	60.3%	11.5%	438'329	58'520	7'196	27'150	2'141
08 FR Posieux	95'310	12.52	0.83	0.71	26.4%	20.1%	79'324	55'299	8'269	12'017	586
09 GE Genf	223'746	10.66	0.85	0.74	39.6%	15.1%	252'877	77'747	9'843	22'840	3'494
10 GL Niederurnen	110'079	11.69	0.69	0.52	10.5%	21.4%	24'640	59'201	12'786	17'153	37
11 GR Trimmis	106'154	12.00	0.74	0.58	30.3%	14.8%	91'903	37'385	15'465	15'033	43
12 LU Perlen	274'568	12.88	0.99	0.92	39.5%	20.1%	384'117	175'762	4'239	22'313	0
13 NE Colombier	65'702	11.62	0.62	0.49	14.3%	17.3%	24'108	29'030	6'125	7'690	74
14 NE La Chaux-de-Fonds	53'654	11.29	0.88	0.67	46.4%	13.3%	69'977	13'030	8'042	9'465	474
15 SG Bazenheid <sup>1)</sup>	101'792	11.38	0.73	0.54	26.1%	18.1%	60'855	45'152	23'028	11'185	13'991
16 SG Buchs (SG)	186'321	12.68	0.88	0.75	43.5%	14.6%	261'217	73'393	24'716	22'926	1'066
17 SG St. Gallen	77'835	10.36	0.91	0.72	54.5%	11.1%	108'673	14'089	13'326	10'532	212
18 SO Zuchwil	232'552	11.00	0.78	0.62	20.1%	20.8%	112'538	116'573	30'410	29'166	0
19 TG Weinfelden	148'513	11.67	0.82	0.70	39.8%	13.7%	178'649	49'780	13'060	16'445	155
20 TI Giubiasco	179'008	11.36	0.74	0.59	15.6%	21.2%	66'560	97'056	21'580	22'244	18
21 VD Lausanne	169'659	12.84	0.94	0.82	50.4%	13.7%	274'832	68'644	30'039	14'879	661
22 VS Gamsen	41'741	12.26	0.89	0.73	66.8%	5.2%	88'732	1'459	6'269	6'247	783
23 VS Sion <sup>1,2)</sup>	55'686	12.76	0.41	0.31	15.8%	12.2%	24'365	21'209	8'639	7'471	14'881
24 VS Monthey	152'292	10.75	0.97	0.78	29.5%	23.8%	115'518	83'614	18'714	25'027	425
25 ZH Dietikon	93'425	11.93	0.84	0.72	34.1%	17.5%	103'003	41'465	3'682	13'341	3'622
26 ZH Hinwil	168'049	12.24	0.67	0.56	9.3%	20.9%	49'212	99'304	3'956	20'165	61
27 ZH Horgen	35'497	12.50	0.89	0.80	35.8%	18.0%	43'344	18'602	728	3'686	192
28 ZH ZH Hagenholz <sup>1)</sup>	224'882	11.53	0.87	0.82	58.6%	9.2%	417'981	54'709	4'103	21'851	10'206
30 ZH Winterthur	182'660	12.09	0.85	0.71	30.9%	18.6%	178'347	87'932	10'844	26'167	63
<b>Anlagen- Mittelwert</b>	<b>132'876</b>	<b>11.928</b>	<b>0.80</b>	<b>0.67</b>	<b>31.9%</b>	<b>16.7%</b>	<b>134'235</b>	<b>59'406</b>	<b>11'392</b>	<b>15'777</b>	<b>2'507</b>
<b>CH-Mittelwert</b>		<b>11.859</b>	<b>0.82</b>	<b>0.70</b>	<b>33.2%</b>	<b>17.0%</b>					
CH-Mittelwert 2021 **		11.817	0.82	0.70	34.0%	16.7%					
<b>CH- Summe</b>	<b>3'853'393</b>						<b>3'892'808</b>	<b>1'722'782</b>	<b>330'364</b>	<b>457'543</b>	<b>72'694</b>
CH-Summe 2021	4'026'664					Nur Abfall, ohne Fremdenergie	4'175'129	1'752'444	336'070	482'201	75'333
CH- Maximal	274'568	14.08	0.99	0.92	66.8%	23.8%	438'329	175'762	30'410	29'166	17'083
CH- Minimal	35'497	9.69	0.41	0.31	9.3%	5.2%	24'108	1'459	728	3'686	0

<sup>1)</sup> gemittelt über Anzahl Anlagen

<sup>2)</sup> nur KVA ohne Schlammverbrennungsanlage

\*\* gemittelt über Abfallmenge bzw. Energieinput

<sup>3)</sup> Anlagen mit energetisch relevanten, betrieblichen Sonderzuständen, vgl. Abb. 4 und Beschrieb S. 23

höchster Wert  
tiefster Wert (≠ 0)

Abbildung 3: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2022 (kompakt)





### Energienutzungsgrad CH- KVA 2022

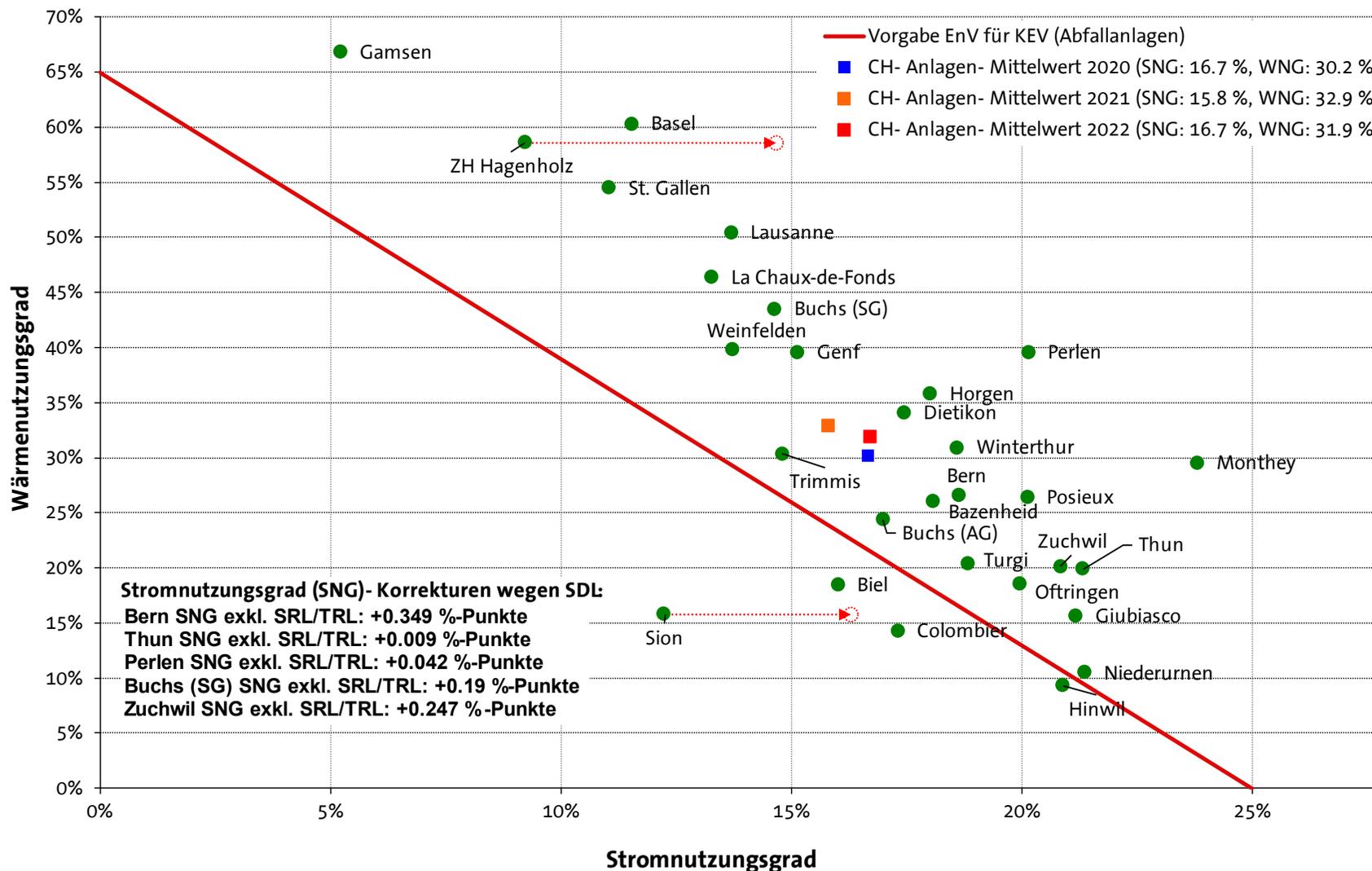


Abbildung 5: Energienutzungsgrad nach EnV, und Auswirkung durch Sonderzustände (Turbinen- und Generatorausfall, ausserplanmässiger Stillstand) für 2 Anlagen (rote Kreise und Pfeile)

### Energetische Netto-Effizienz CH- KVA 2022

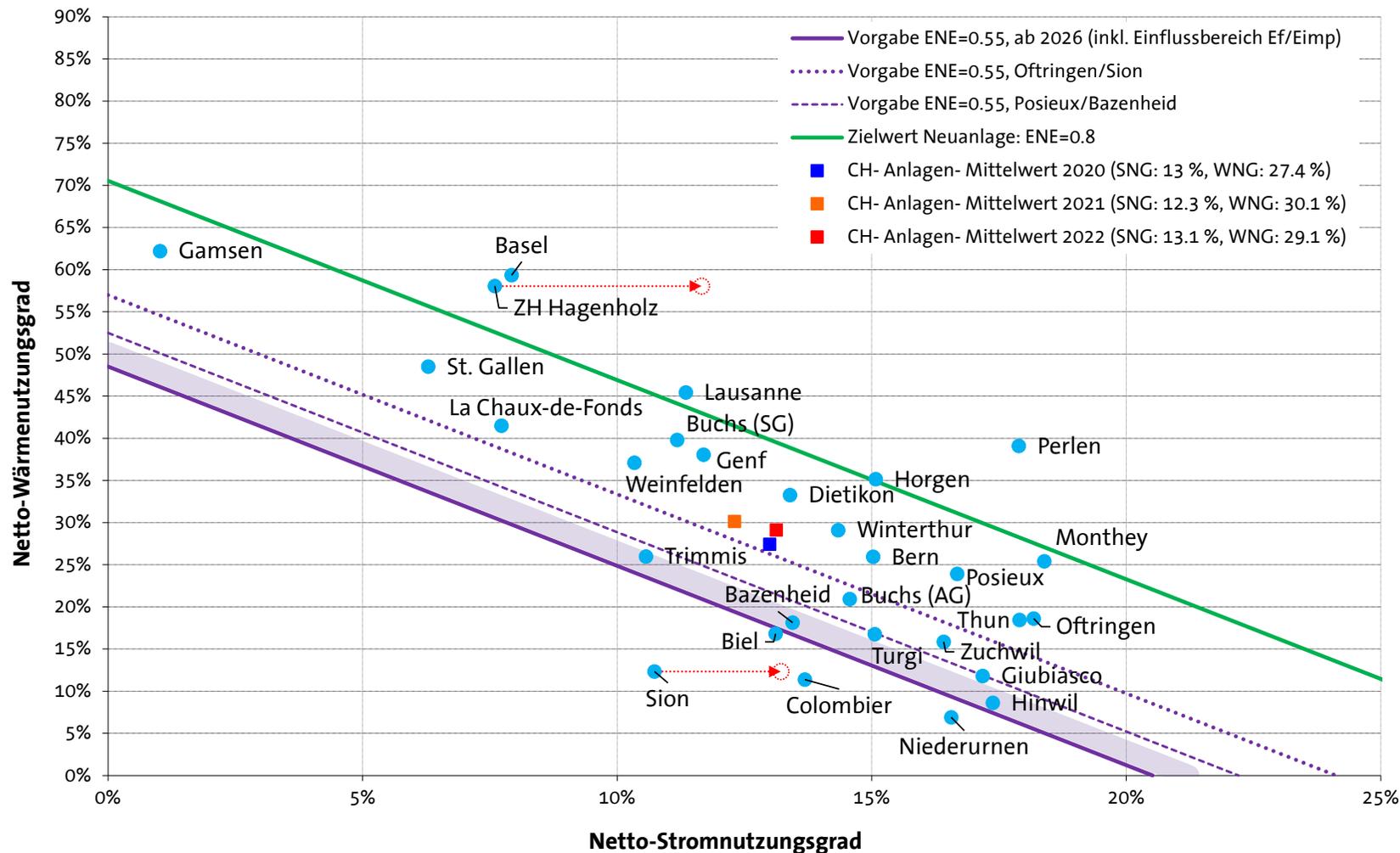


Abbildung 6: Energetische Nettoeffizienz ENE und Auswirkung durch Sonderzustände

Hinweis: Die ENE-Formel ist auf Seite 29 beschrieben. Anlage ohne zugeführte Fremdenergie müssen die durchgezogene violette Linie übertreffen. Für Anlagen mit kleinem Anteil an Fremdenergie liegt die Vorgabe innerhalb des schattierten Bereichs. Auf Grund des hohen Anteils an Fremdenergie ist die Vorgabe für einen ENE-Wert von 0.55 für vier Anlagen deutlich höher. Die Anlage in Bazenhaid erfüllt die Vorgabe (gestrichelte Linie) deshalb nicht. Die Anlage in Oftringen erfüllt die Vorgabe (gepunktete Linie).

### Heizwert nach Standardmethode 2022 und 2021

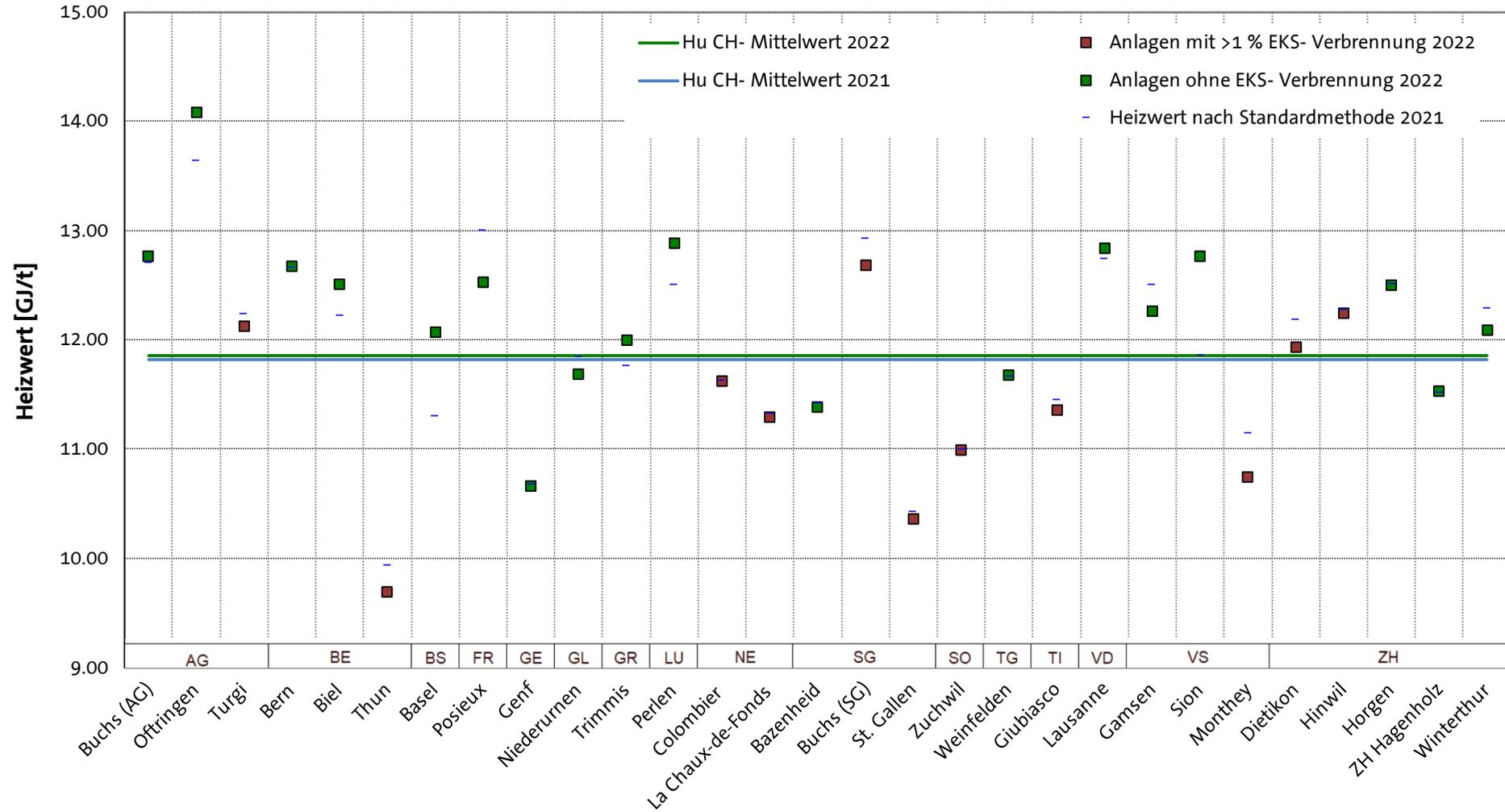


Abbildung 7: Heizwert 2022 und 2021

### R1- Faktor 2022 und 2021

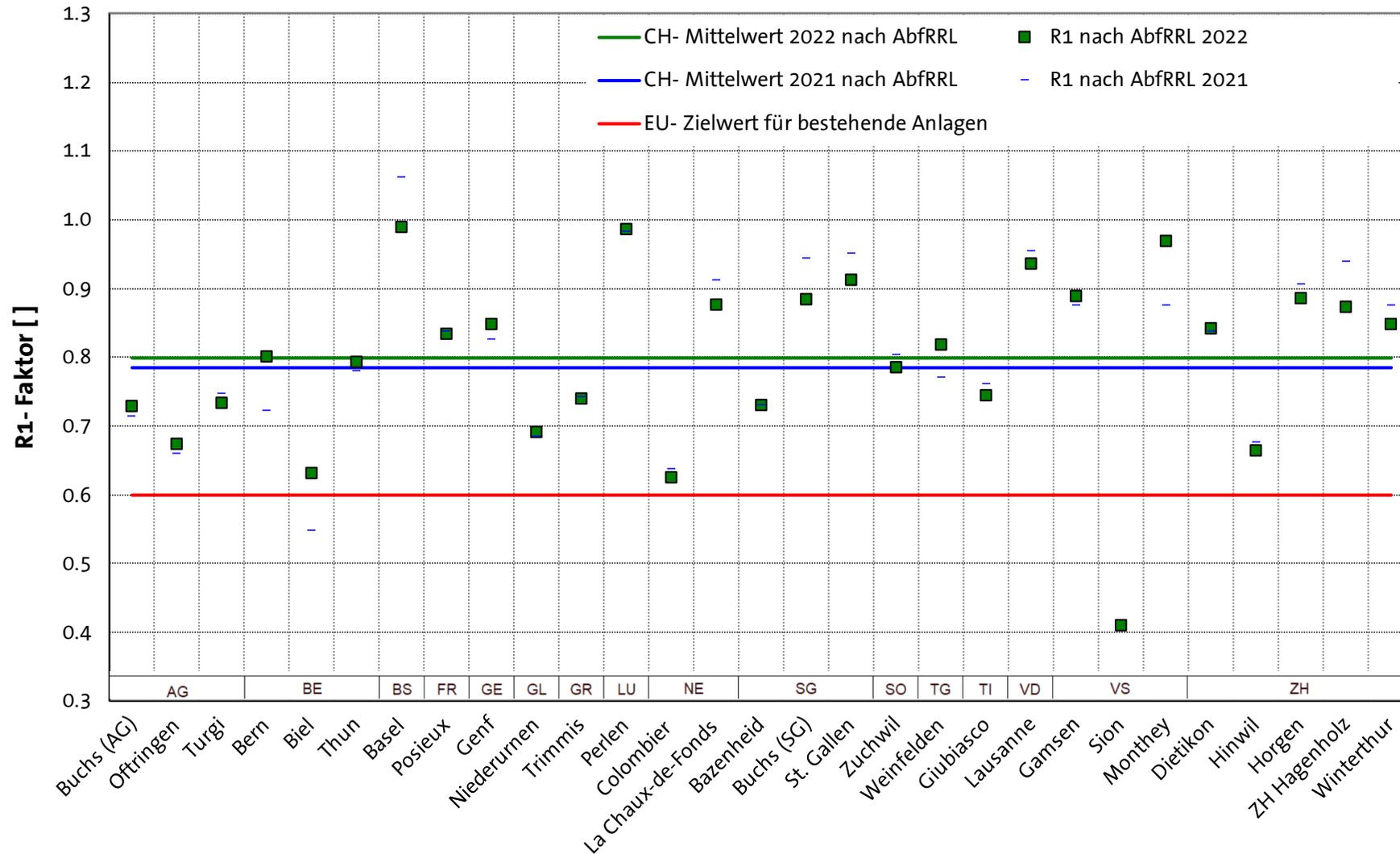


Abbildung 8: R1-Faktor 2022 und 2021

## Energetische Nettoeffizienz (ENE) 2022 und 2021

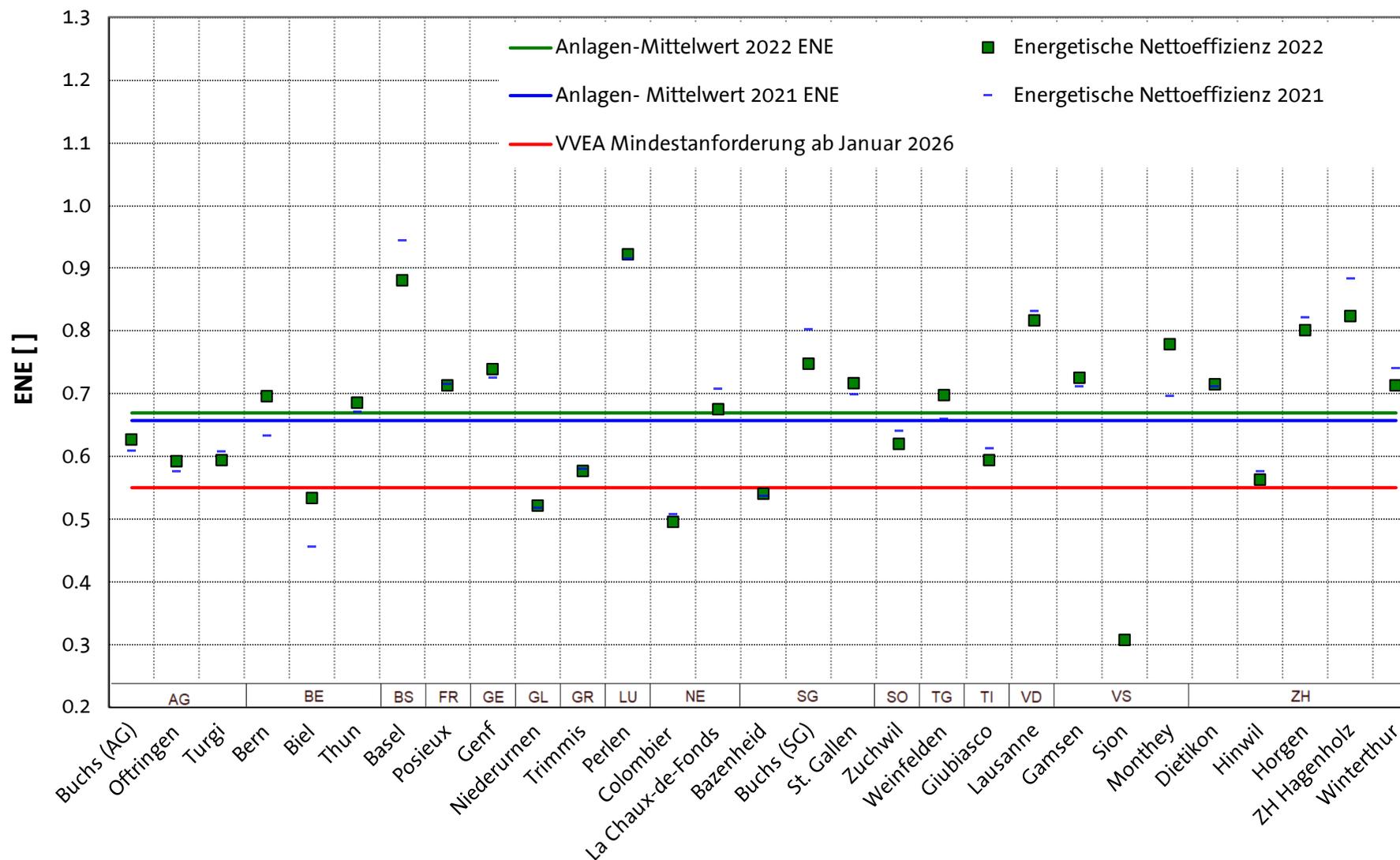


Abbildung 9: Energetische Nettoeffizienz ENE 2022 und 2021

## Kesselwirkungsgrad 2022 und 2021

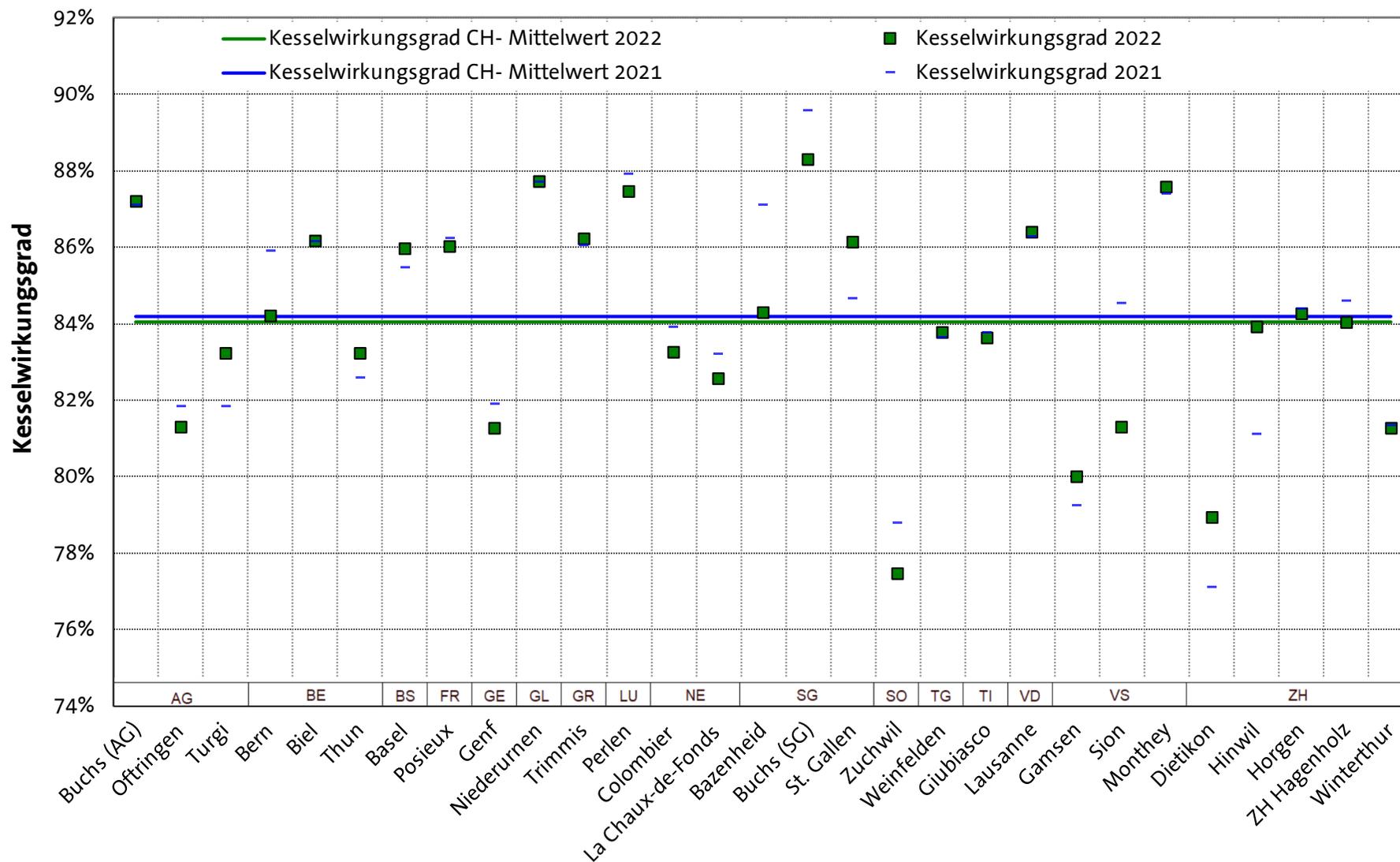


Abbildung 10: Kesselwirkungsgrad 2022 und 2021

## Spezifischer Wärmeexport 2022

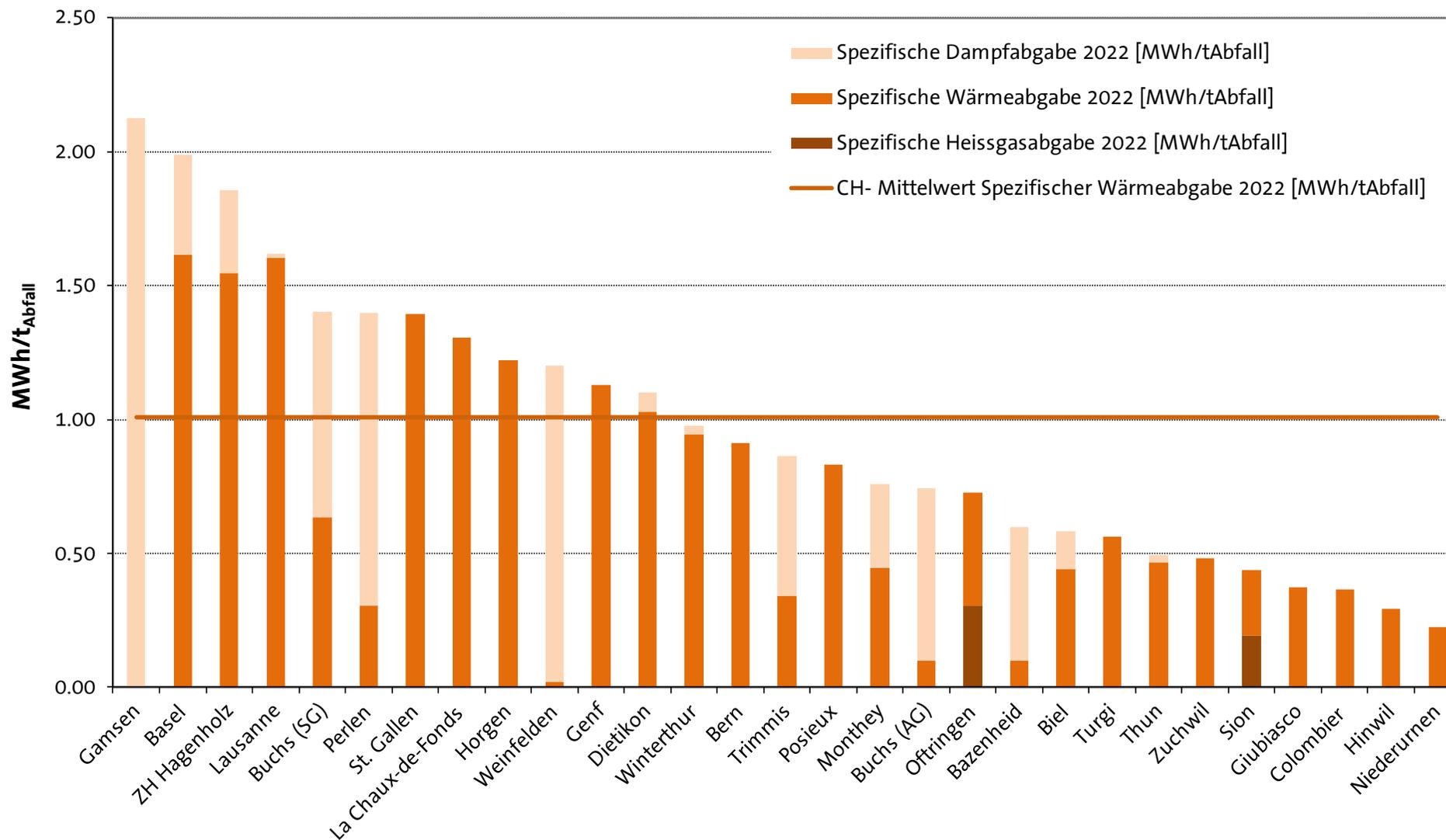


Abbildung 11: Spezifischer Wärmeexport pro Tonne Abfall 2022

## Spezifischer Wärmeexport 2022

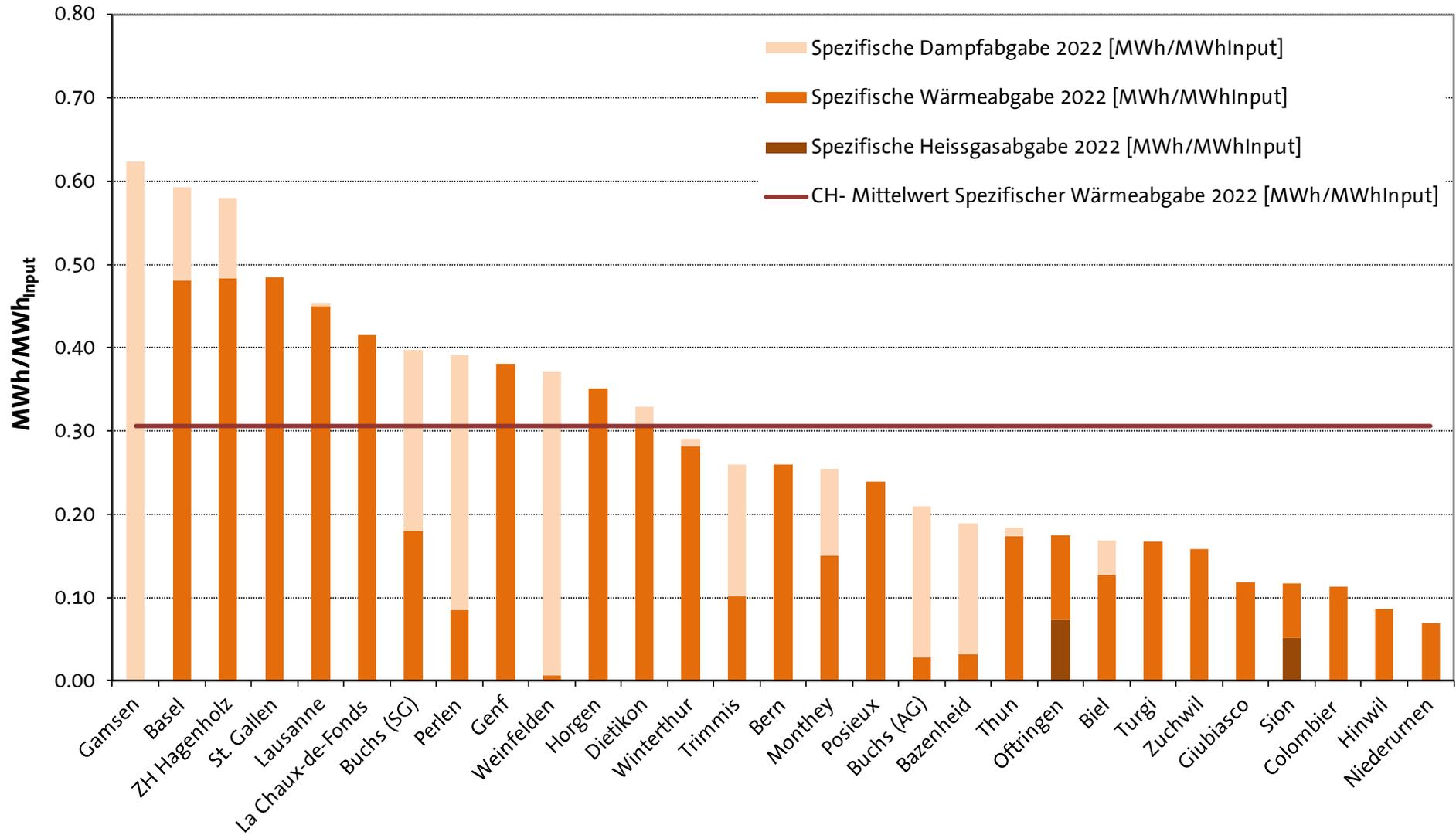


Abbildung 12: Spezifischer Wärmeexport pro Energieinput 2022

## Spezifischer Wärmebedarf 2022

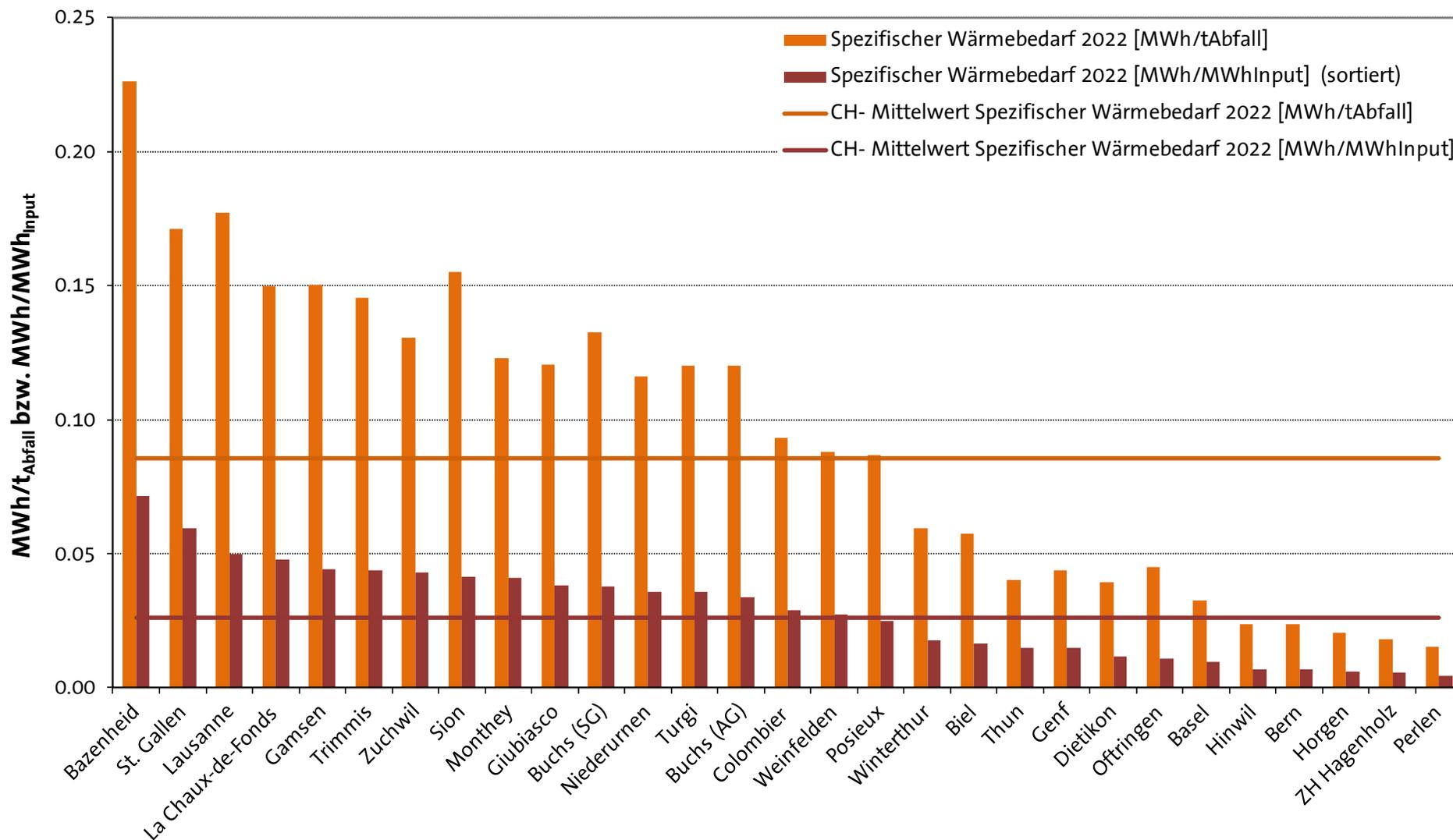


Abbildung 13: Spezifischer Wärmeeigenbedarf 2022

## Spezifischer Stromexport 2022

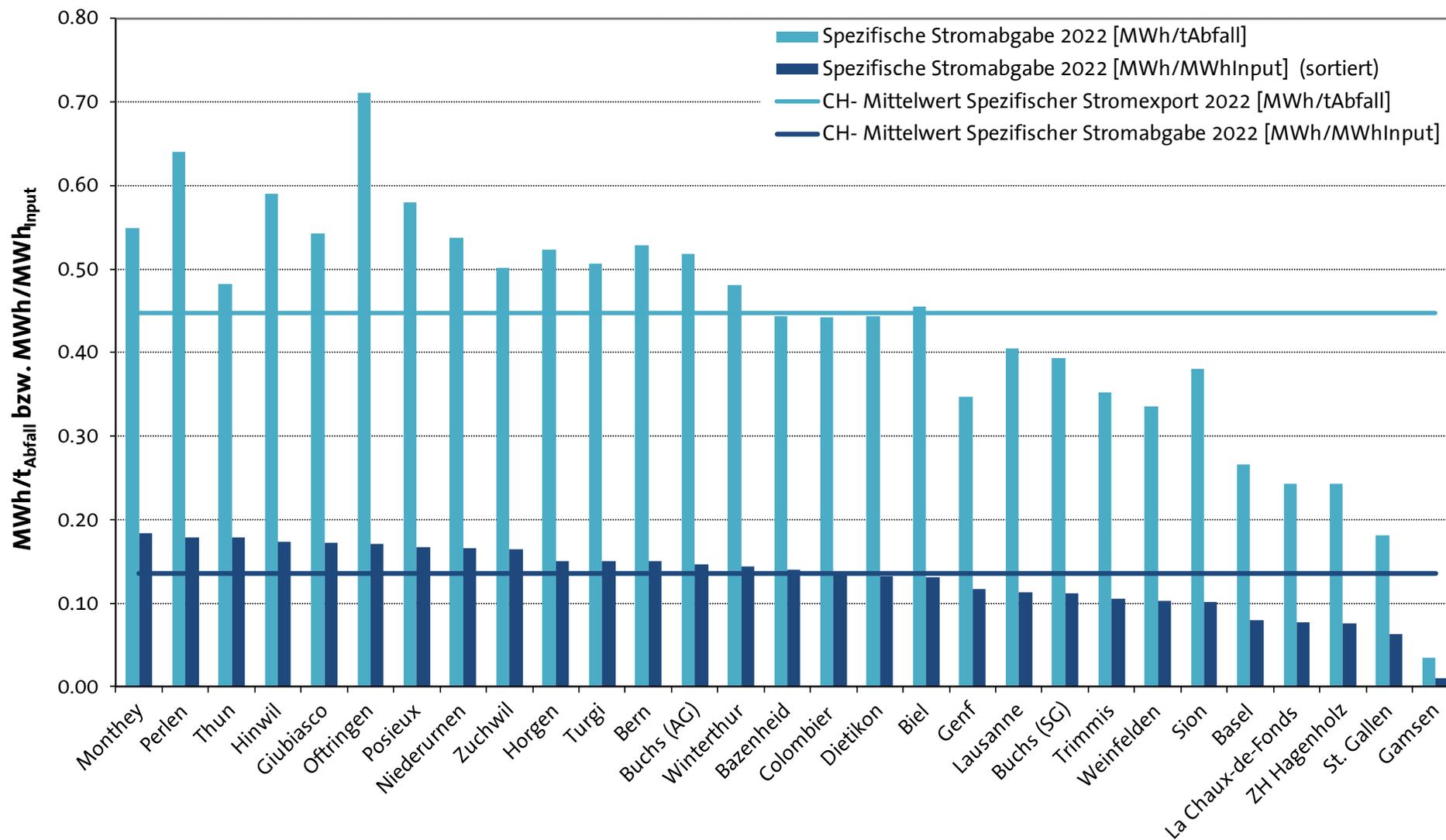


Abbildung 14: Spezifischer Stromexport 2022

## Spezifischer Strombedarf 2022

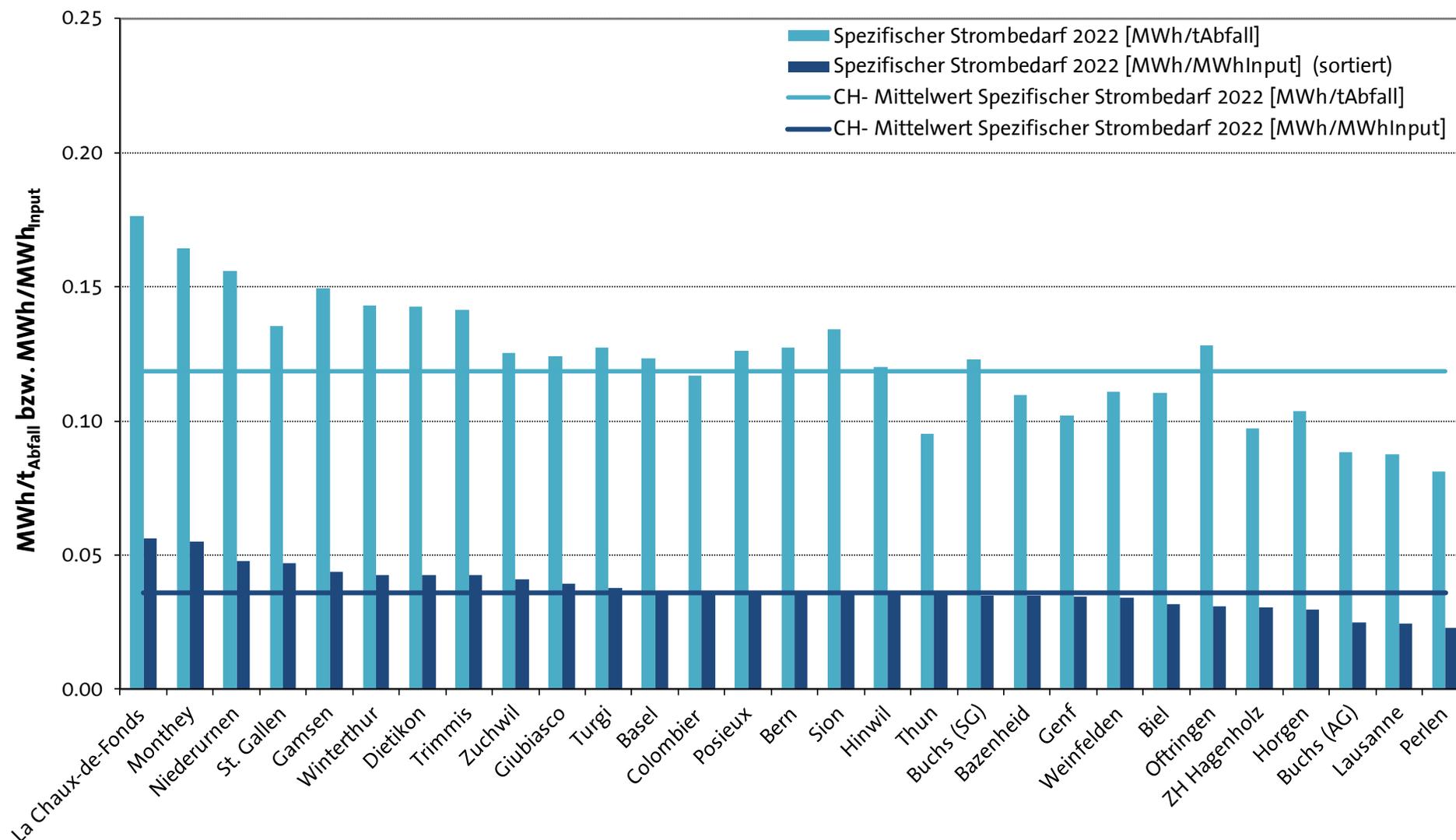


Abbildung 15: Spezifischer Stromeigenbedarf 2022

## Wärmenutzungsgrad 2022

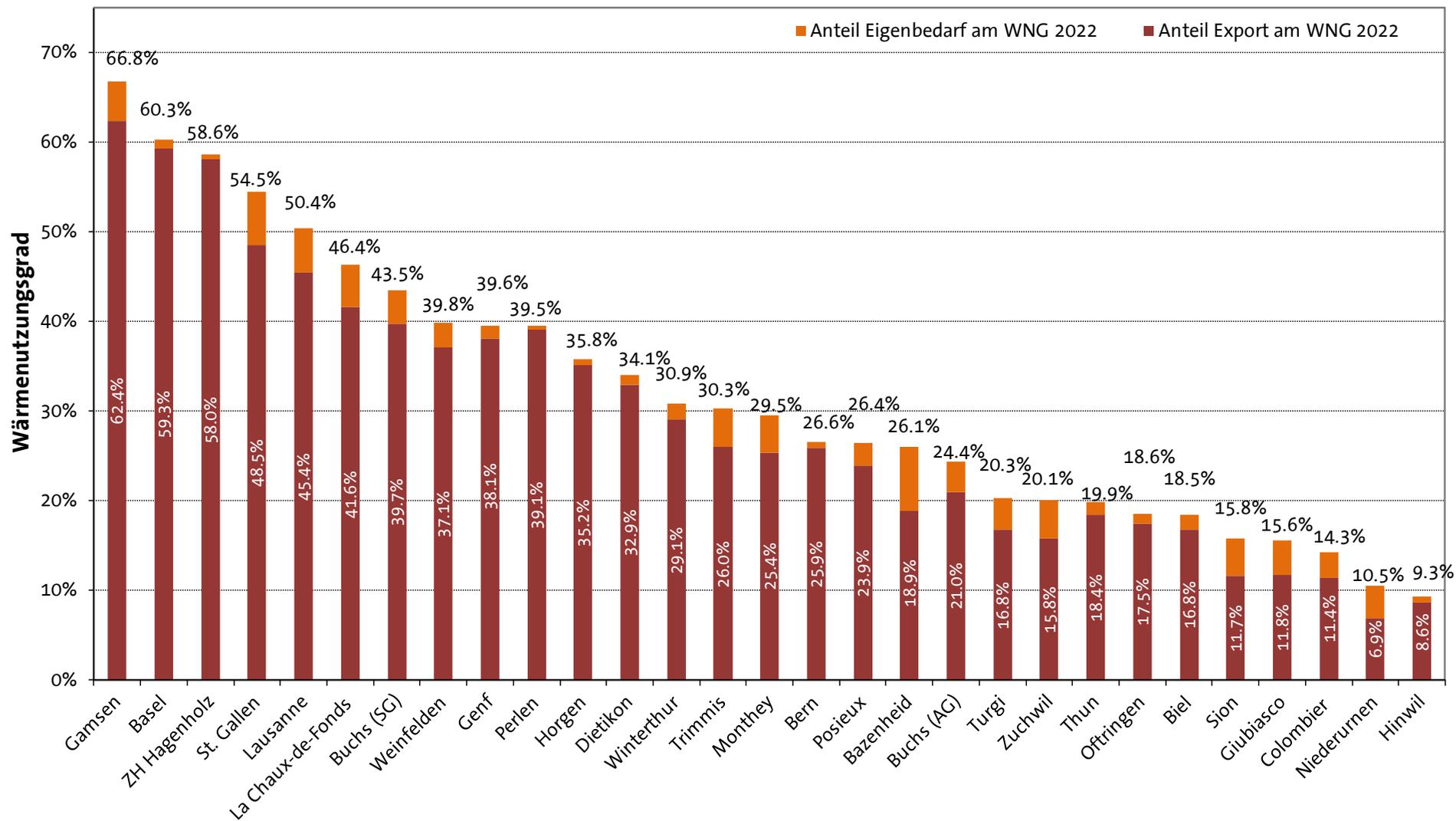


Abbildung 16: Wärmenutzungsgrad 2022

## Stromnutzungsgrad 2022

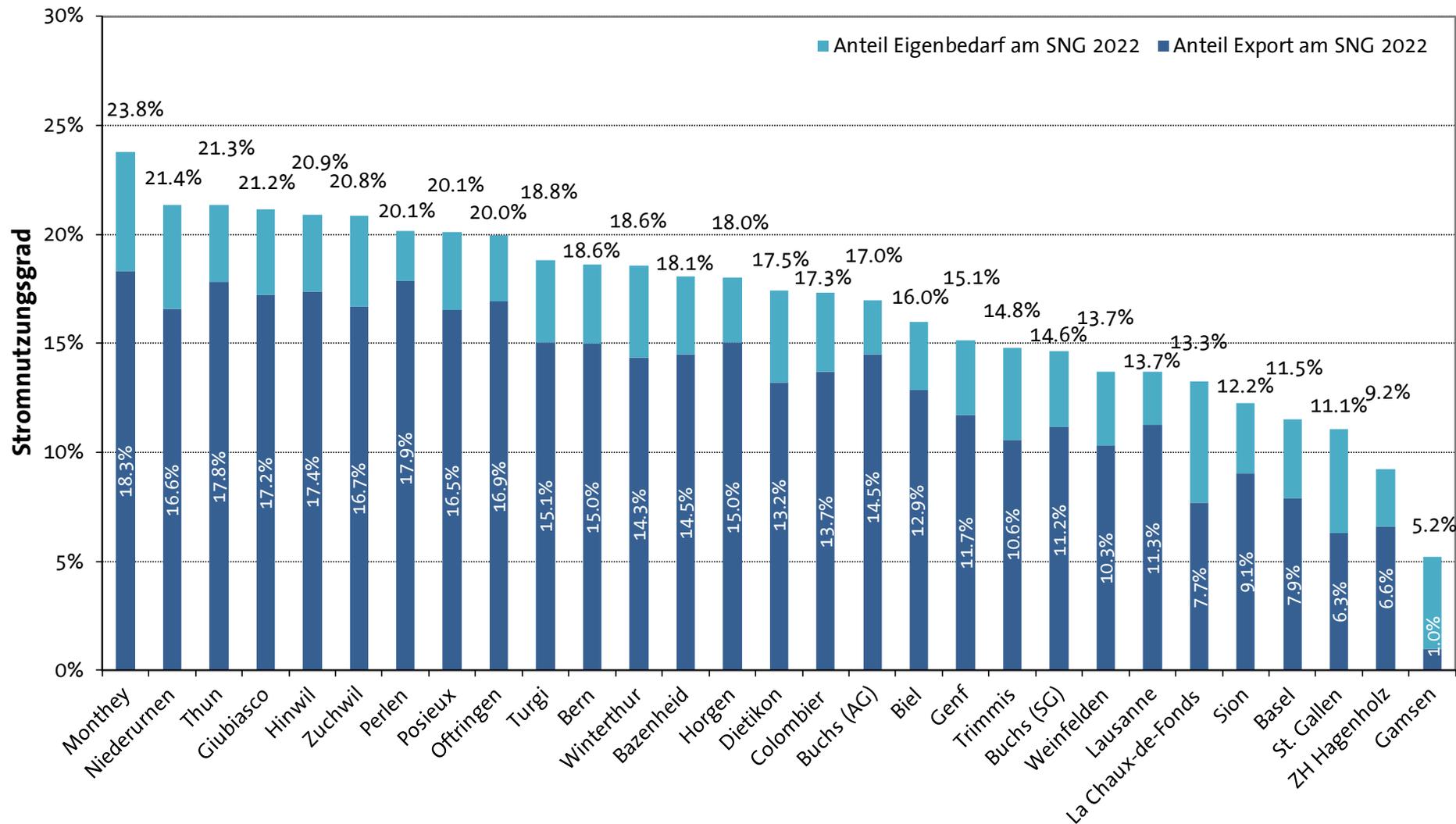


Abbildung 17: Stromnutzungsgrad 2022

## Energiefluss CH-KVA 2022

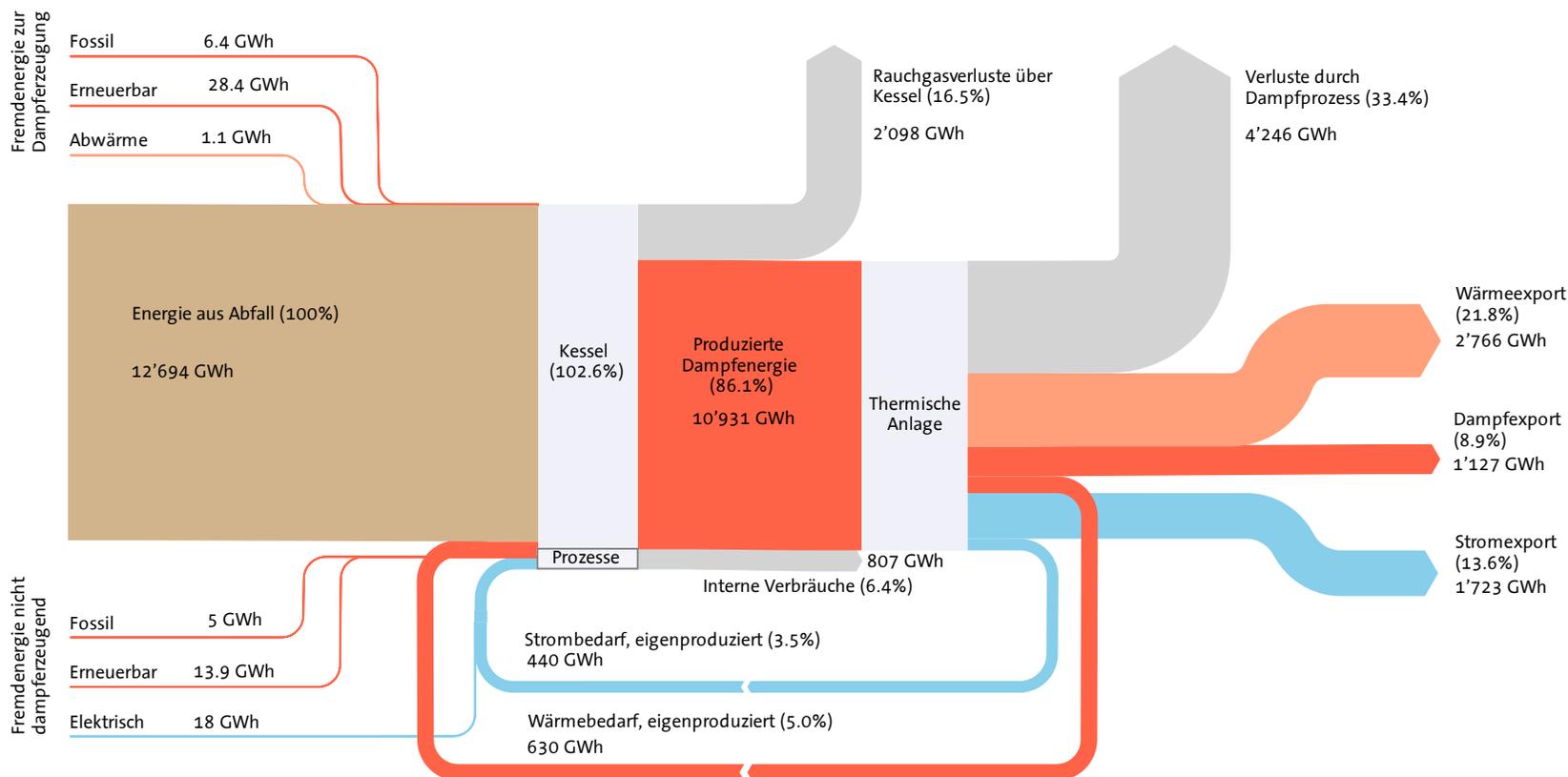


Abbildung 18: Energieflussdiagramm CH-KVA 2022

Hinweis: Die Entwicklung diverser Kennzahlen über mehrere Jahre kann auf der Webseite des VBSA<sup>4</sup> angesehen werden

Die Fremdenergien setzen sich wie folgt zusammen:

- Fossil dampferzeugend: Öl-Stutzbrenner für den Startvorgang (Basel und Genf)
- Erneuerbar dampferzeugend: Abwärme aus dem Drehrohrofen (Oftringen und Sion)
- Abwärme dampferzeugend: Abwärme aus der Industrie (Buchs SG)
- Fossil nicht dampferzeugend: Wiederaufwärmung der Rauchgase vor dem Katalysator mittels Gasbrenner, Betrieb Notstromaggregate (diverse)
- Erneuerbar nicht dampferzeugend: Dampf aus der Schlammverbrennungsanlage (Bazenheid)
- Elektrisch nicht dampferzeugend: Stromimporte (diverse)

<sup>4</sup> <https://vbsa.ch/fakten/energie-charts/>

## BEMERKUNGEN ZU DEN ENERGIEKENNZAHLEN 2022

---

### Allgemeine Veränderungen

Im Vergleich zu den letztjährigen Energiekennzahlen ergaben sich wesentliche Veränderungen.

- Der **Energieinput in den Kessel** ist zurückgegangen (- 3.9%). Der Grund dafür ist die Abnahme der Menge des verbrannten Abfalls (- 4.3%) mit einem leicht höheren durchschnittlichen Heizwert (+ 0.4%). Der Heizwert bewegt sich seit 2015 in einem sehr engen Band um 12 GJ/t.
- Die **Wärme- und Dampfabgabe** hat um 6.8% abgenommen (- 280 GWh). Dabei nahm der Verkauf von Wärme ab (-11.0%) aber der Verkauf von Dampf zu (+ 5.1%). Die Abnahme der Wärmeabgabe ist auf die milde Witterung (im Schweizer Durchschnitt 15% weniger Heizgradtage als im Jahr 2021) sowie auf allgemeine Energiesparmassnahmen als Reaktion auf den Ukraine Konflikt zurückzuführen. Für die erhöhte Dampf abgabe war unter anderem die Inbetriebnahme einer neuen Dampfleitung in Monthey verantwortlich.
- Die **Stromabgabe** nahm im Vergleich zu 2021 um 1.7% ab (- 30 GWh), weniger stark als die Abfallmenge. Wegen der stark rückläufigen Wärmeabgabe wurde vergleichsweise mehr Strom produziert.

## Sonderereignisse im Jahr 2022

Im Betriebsjahr 2022 sind bei zwei Anlagen ausserplanmässige Ausfälle/Revisionen aufgetreten. Die genauen Hintergründe und abgeschätzten Auswirkungen sind hier erklärt:

### **KVA Sion:**

Aufgrund eines grösseren Schadens blieb die Turbogruppe bis Ende März 2022 ausser Betrieb. Dies hatte eine abgeschätzte Stromminderproduktion von knapp 5 GWh zur Folge.

### **KVA Hagenholz:**

Die Turbine wurde nach der Revision in KW36 2021 nicht mehr gestartet und wurde Ende Mai 2022 wieder in Betrieb genommen. Für das Jahr 2022 entstand eine geschätzte Stromminderproduktion von knapp 29 GWh.

Bei einer Anlage standen gesamte Ofenlinien längerer Zeit still. Da während dieser Zeit weder Strom noch Wärme geliefert werden konnte, haben diese Ereignisse keinen Einfluss auf die hier präsentierten energetischen Kennzahlen. Deshalb wurden für diese Anlage keine hypothetischen Normalwerte errechnet. Der Vollständigkeit halber sind die Gründe aber hier erklärt:

### **KVA Monthey:**

Mitte November führte ein Brand zu grossen Schäden an Turbine und Luftkondensator. Die Wiederinbetriebnahme der Kessel erfolgt Anfang April. Die neue Turbine kann erst gegen Ende 2023 in Betrieb genommen werden.

## Massenfluss der Schweizer KVA 2022

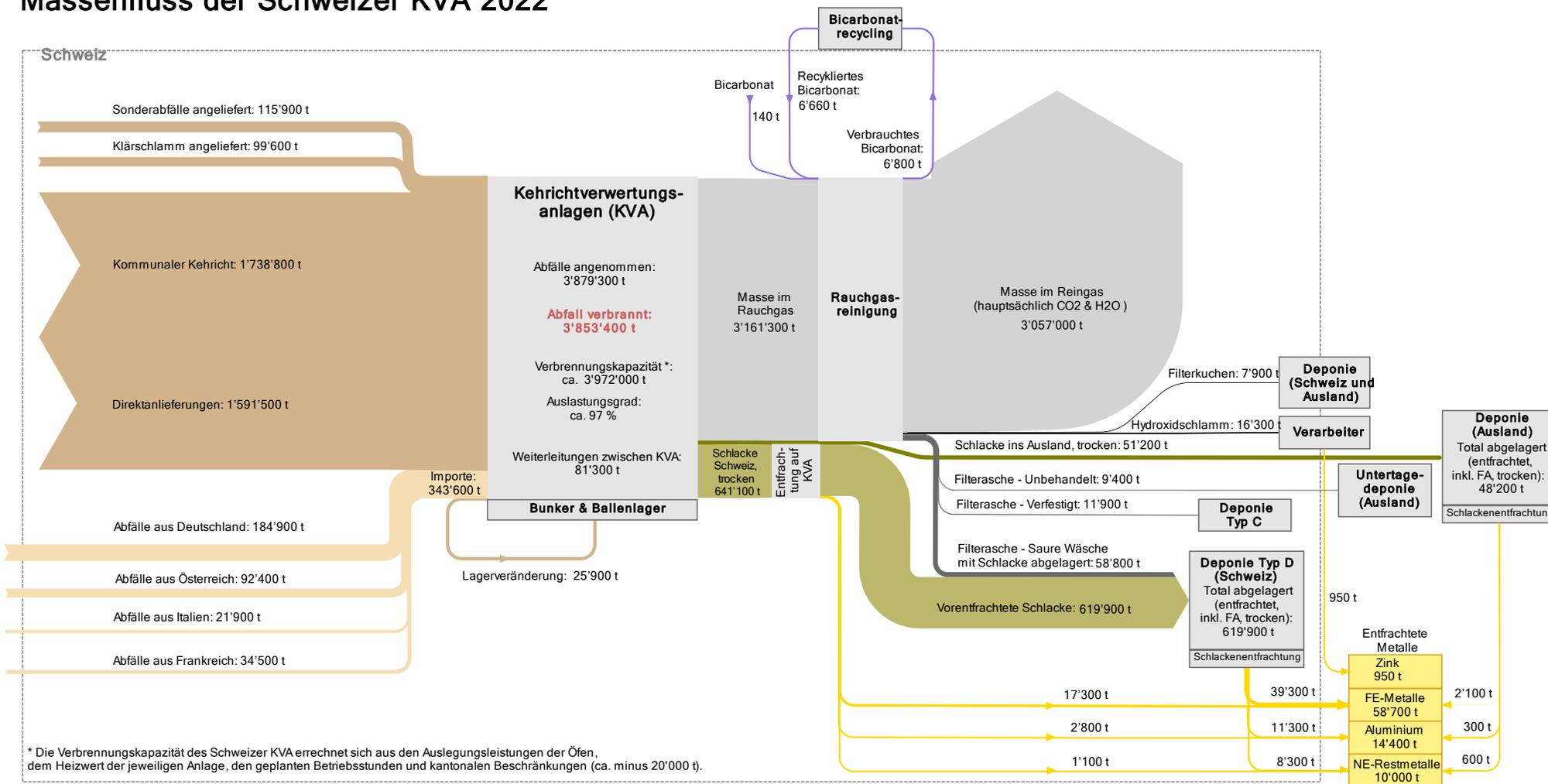


Abbildung 19: Massenflussdiagramm CHF-KVA 2022

Hinweis: Die Schweizer KVA exportieren für die importierte Abfallmenge anteilmässig Schlacke ins Ausland. 2022 betrug die exportierte Schlackenmenge 51'200 t.

### Angelieferte & verbrannte Abfälle [kt]

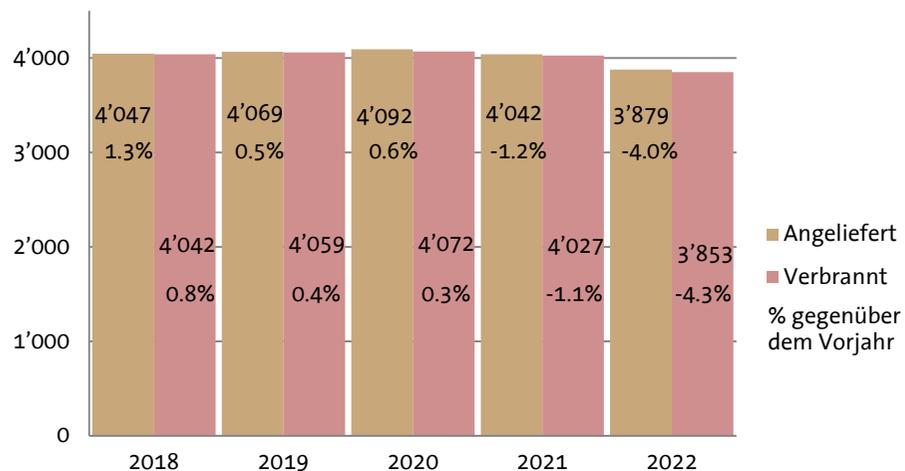


Abbildung 20: Angelieferte und verbrannte Abfälle (Differenz ist Lagerveränderung)

### Rückstände & entnommene Metalle [kt]

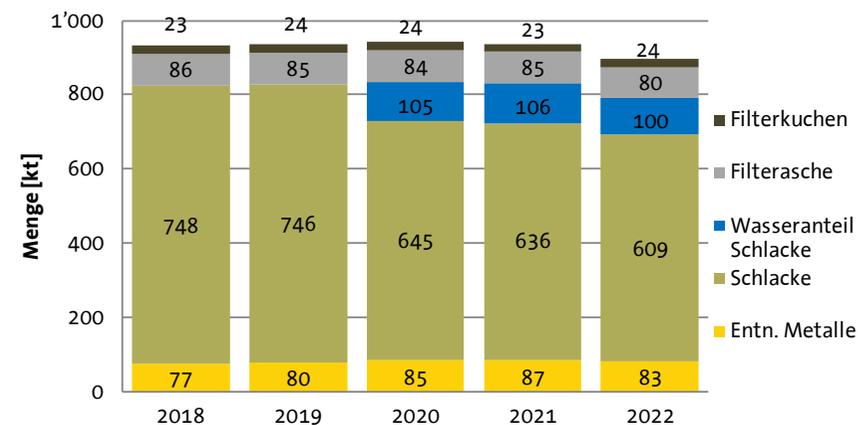


Abbildung 21: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1'000 Tonnen (ab 2020 Schlacke als Trockenmasse)

### Angelieferte Abfälle [kt]

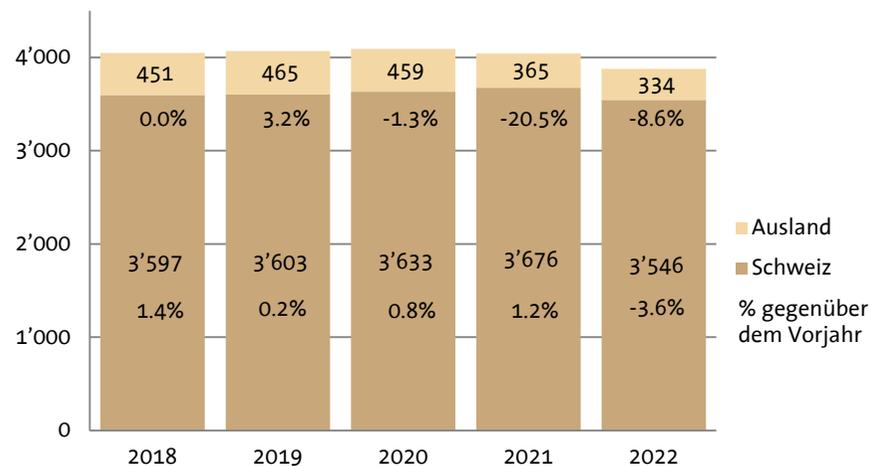


Abbildung 22: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft (In- und Ausland)

### Rückstände & entnommene Metalle [%]

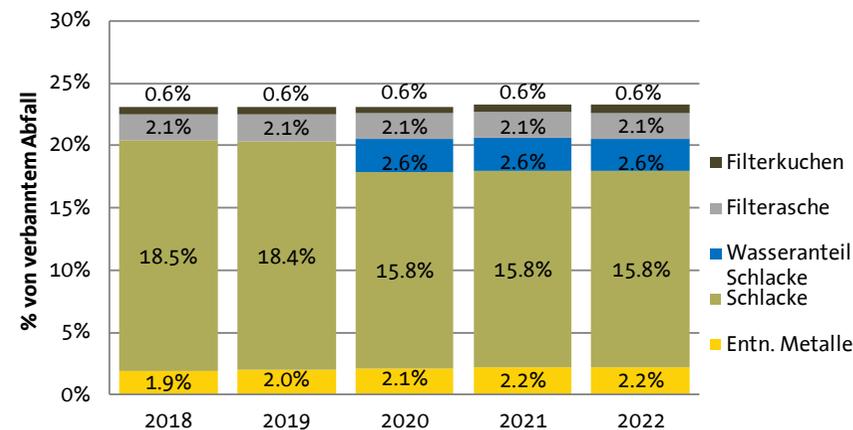


Abbildung 23: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % der verbrannten Abfallmenge (ab 2020 Schlacke als Trockenmasse)

## Veränderung der angelieferten Abfallmengen 2021/22 [kt]

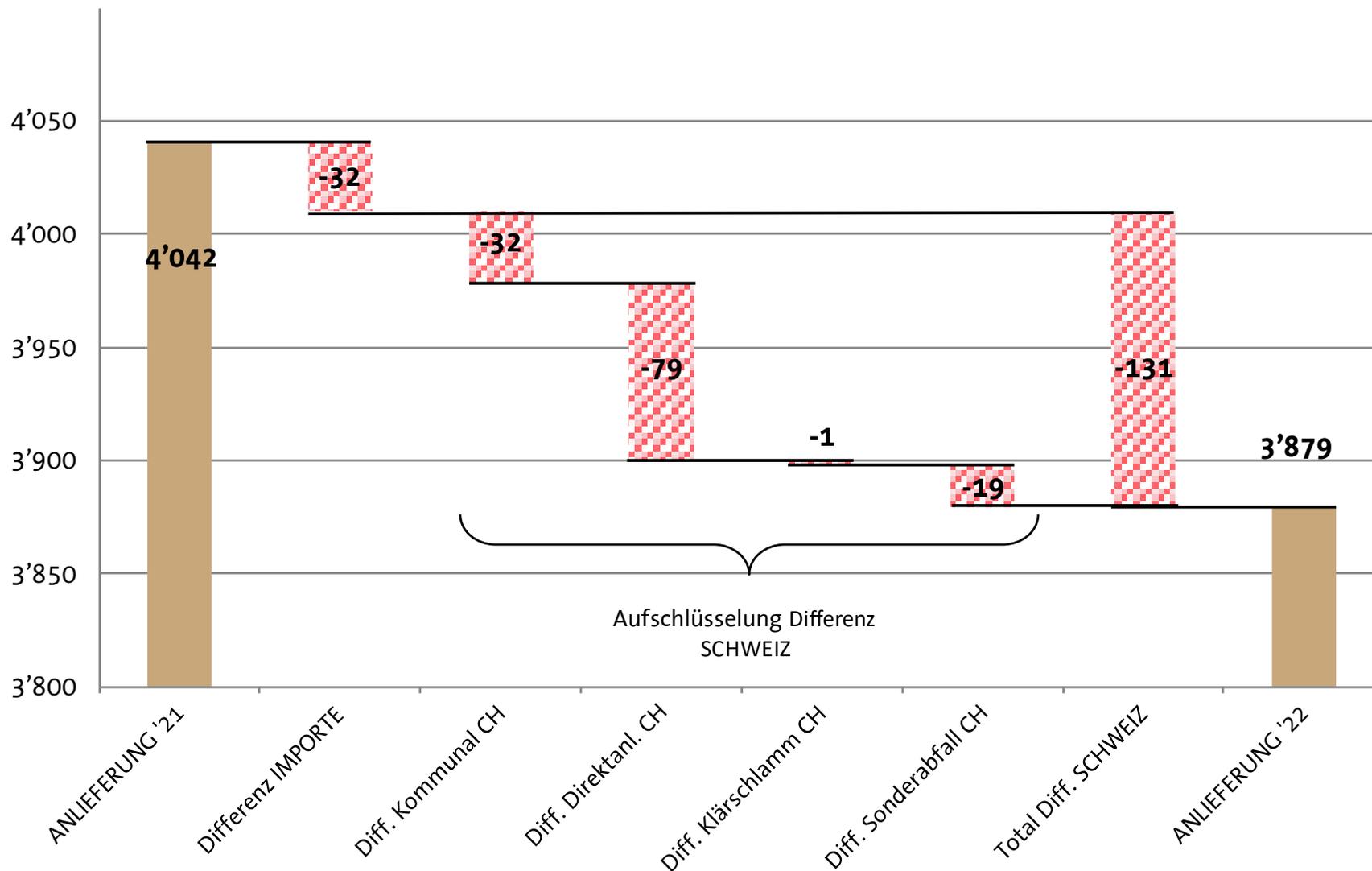


Abbildung 24: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2022 gegenüber 2021

## BEMERKUNGEN ZU DEN MENGENZAHLEN 2022

---

Der **angelieferte Abfall** nahm um **162'000 t (- 4.0 %) ab**, dazu geführt haben:

- Importe (DE, AT, FR, IT): - 32'000 t (- 0.8 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)
- Inlandanlieferungen: - 130'000 t (- 3.2 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)

Die **verbrannte Menge** Abfall nahm um **173'000 t (- 4.3 %) ab**, dazu geführt haben:

- Angelieferte Abfälle: - 162'000 t (- 4.0 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)
- Differenz Änderung Bunker/Lager: - 11'000 t (- 0.3 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)

Anlieferzahlen:

- **Sonderabfall:** - 19'000 t (- 14.1%): Eine mögliche Ursache ist der Wegfall von belastetem Altholz zugunsten von neuen Altholzfeuerungen wie z.B. Aarberg.
- **Klärschlamm (TS):** - 270 t (+ 1.0%): Die verbrannte Menge an Klärschlamm bleibt in etwa auf dem Vorjahresniveau.
- **Kommunale Anlieferungen:** - 32'000 t (- 1.8%): Mit dem Ende der Homeoffice-Pflicht sind die Siedlungsabfälle zirka auf das prä-Covid Niveau zurückgefallen.
- **Direktanlieferungen:** - 79'000 t (- 4.7%): Die Gewerbe und Industrieabfälle nahmen im Vergleich zum Vorjahr relativ stark ab, aber liegen wieder in etwa bei prä-Covid Mengen.

## 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 Ammoniakzündung, 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 dampferzeugend (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, Bst a ist eine Anlage zur thermischen Behandlung von Abfällen so zu betreiben, dass "mindestens 55% des Energiegehalts ausserhalb der KVA genutzt wird". Die Richtlinie, welche die Erreichung dieser Anforderung definieren wird, ist noch in Erarbeitung. Für Neuanlagen gilt eine ENE von 0.8 als Zielwert (Art. 31, Bst c).

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

$E_{exp}$  Exportierte Energie

## Systemgrenzen Stromeigenbedarf

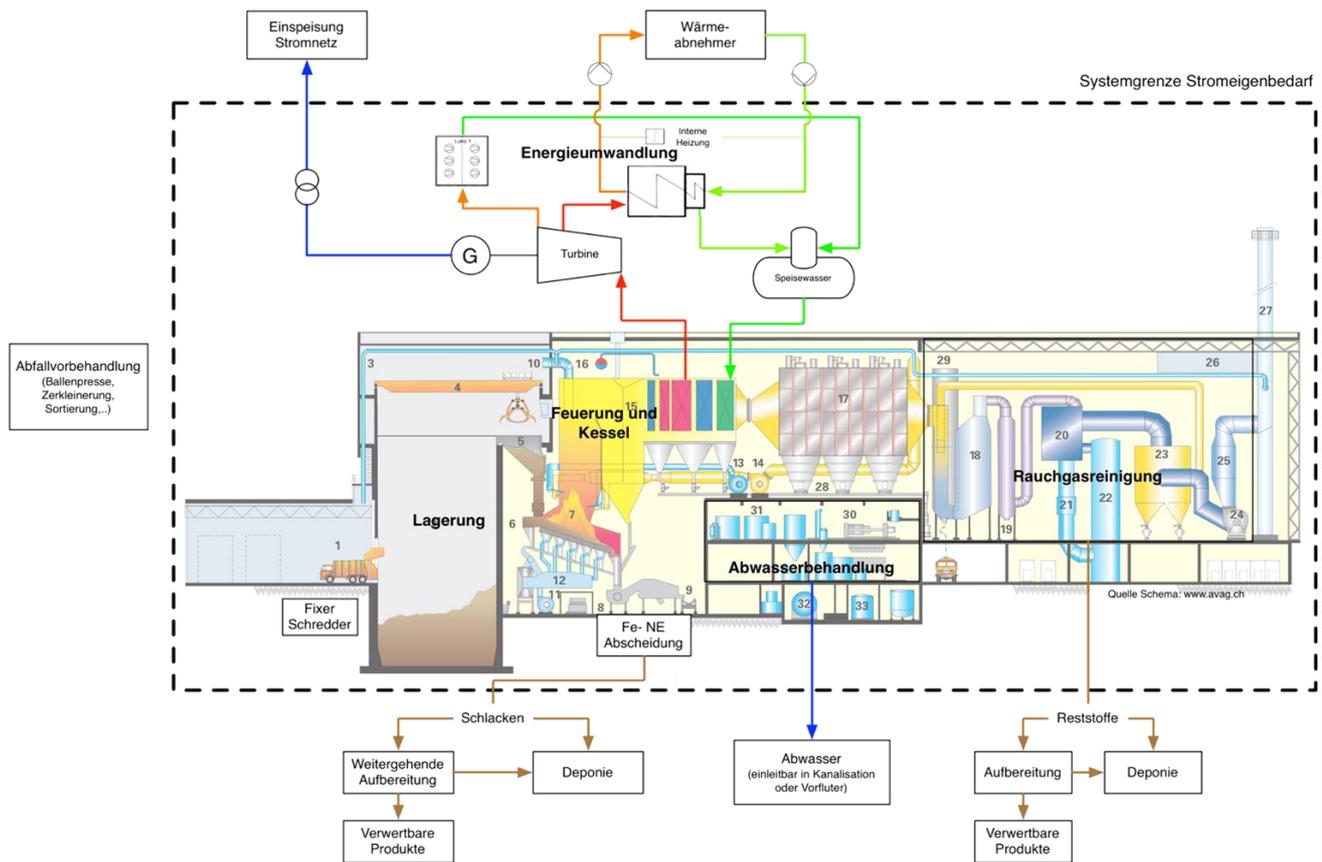


Abbildung 25: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs