



Resultate 2023

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



Abbildung 1: Die neue Dampfleitung Ecotube der Satom (KVA Monthey) wurde 2022 in Betrieb genommen. Die Satom versorgt damit den Chemiebetrieb CIMO mit Dampf. Im Jahr 2023 wurde eine Energiemenge von über 110 GWh geliefert. (Bildquelle: Le Nouvelliste).



Datum: 22. April 2024

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

Auftragnehmer/in: Ryttec AG



Ansprechpersonen:

BFE, Matthias Bendig	mathias.bendig@bfe.admin.ch	058 464 76 79
BAFU, Michael Hügi	michael.huegi@bafu.admin.ch	058 462 93 16
VBSA, Robin Quartier	quartier@vbsa.ch	031 721 61 61
Ryttec AG, Richard Chrenko – Energiezahlen	energieeffizienz@rytec.ch	031 511 13 22
Ryttec AG, Martin Kiener – Mengenzahlen	energieeffizienz@rytec.ch	031 511 13 38

BFE-Vertrags- und Projektnummer: SH/8100388-01-01-19

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 · 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 2023, 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 werden¹. Die komplette Übersicht der Resultate 2010-2022¹ 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:

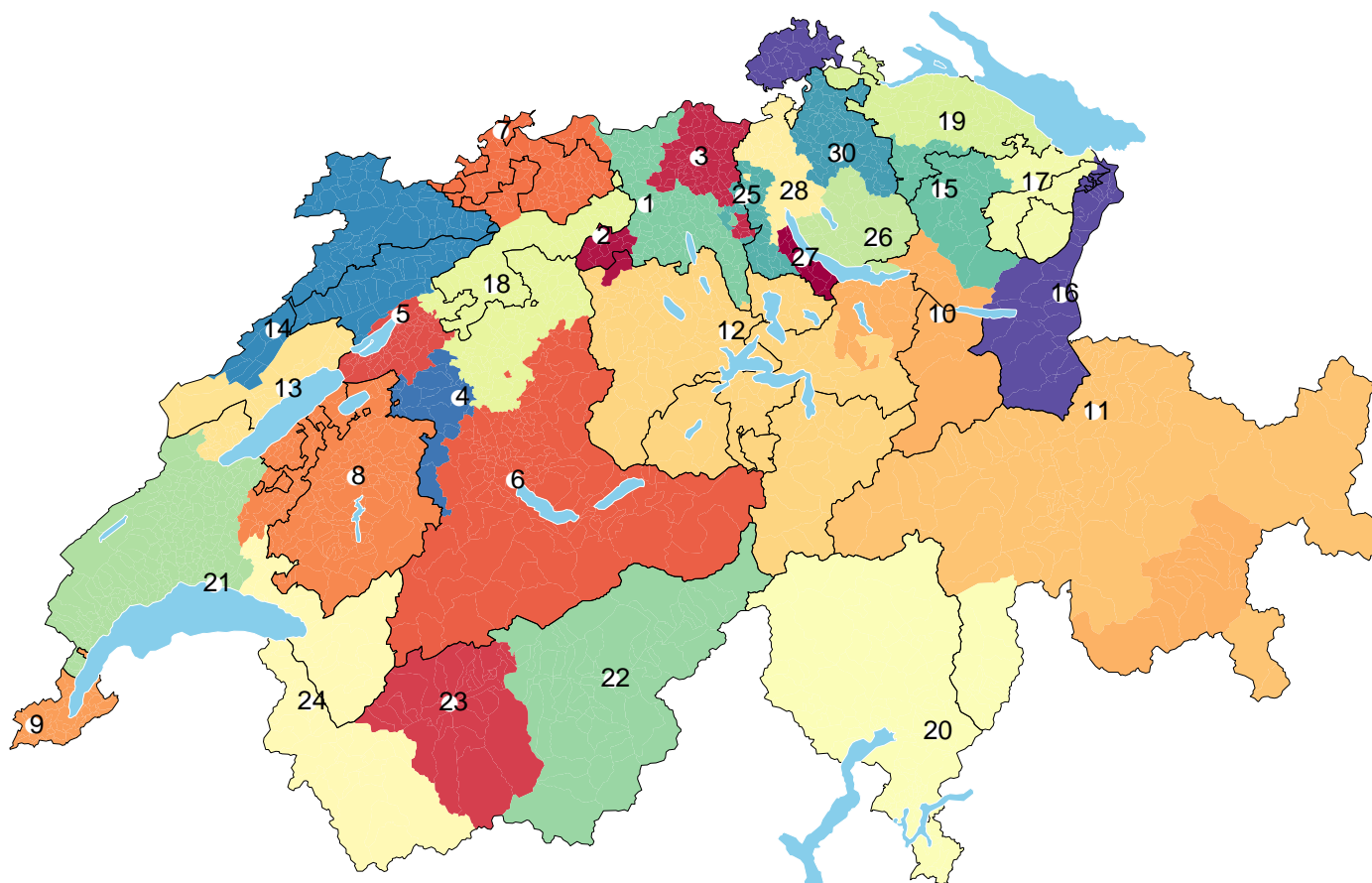


Abbildung 2: Einzugsgebiete der Schweizer KVA im Jahr 2020

¹ <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>Dampfabgabe</i>	<i>Energieabgabe einer KVA durch den Energieträger Dampf</i>
<i>EKS</i>	<i>Entwässerter Klärschlamm</i>
<i>ENE</i>	<i>Energetische Nettoeffizienz² analoge Berechnung zum R1-Faktor, jedoch bezogen auf die exportierte Energie der KVA (Netto-Abgabe)</i>
<i>EnV</i>	<i>Energieverordnung (Schweiz)</i>
<i>Heissgasabgabe</i>	<i>Energieabgabe einer KVA in Form von heissen Abgasen aus der Abfallverbrennung (z. B. an eine Klärschlammverbrennung)</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 AbfRRL³</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>Wärmeabgabe</i>	<i>Energieabgabe einer KVA durch den Energieträger Heisswasser</i>
<i>WNG</i>	<i>Wärmenutzungsgrad</i>

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

³ https://www.laga-online.de/documents/r1-guidelines_deutsch_2_1517834933.pdf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Titelbild.....	1
Abbildung 2: Einzugsgebiete der Schweizer KVA im Jahr 2020	3
Abbildung 3: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2023 (kompakt)	6
Abbildung 4: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2023 (detailliert).....	7
Abbildung 5: Energienutzungsgrad nach EnV, 2023 und Auswirkung durch Sonderzustände	8
Abbildung 6: Energetische Nettoeffizienz ENE 2023 und Auswirkung durch Sonderzustände	9
Abbildung 7: Heizwert 2023 und 2022	10
Abbildung 8: R1-Faktor 2023 und 2022	11
Abbildung 9: Energetische Nettoeffizienz ENE 2023 und 2022	12
Abbildung 10: Kesselwirkungsgrad 2023 und 2022	13
Abbildung 11: Spezifischer Wärmeexport pro Tonne Abfall 2023.....	14
Abbildung 12: Spezifischer Wärmeexport pro Energieinput 2023	15
Abbildung 13: Spezifischer Wärmeeigenbedarf 2023.....	16
Abbildung 14: Spezifischer Stromexport 2023	17
Abbildung 15: Spezifischer Stromeigenbedarf 2023	18
Abbildung 16: Wärmenutzungsgrad 2023.....	19
Abbildung 17: Stromnutzungsgrad 2023	20
Abbildung 18: Energieflussdiagramm CH-KVA 2023	21
Abbildung 19: Massenflussdiagramm 2023	23
Abbildung 20: Angelieferte und verbrannte Abfälle 2023.....	24
Abbildung 21: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle 2023	24
Abbildung 22: Angelieferte Abfälle 2023 aufgeteilt nach Herkunft	24
Abbildung 23: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle 2023	24
Abbildung 24: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2023 gegenüber 2022	25
Abbildung 25: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs.....	29

Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2023 (kompakt)

	Abfallinput			Effizienz-Kennzahlen			Energie-Verwertung				Fremdenergie
	Verbrennte Abfallmenge	Heizwert nach Standardmethode	R _z nach AbRkt	Energetische Nettoeffizienz (ENE)	Wärmenutzungsgrad nach ENV	Stromnutzungsgrad nach ENV	Wärmelieferung (inkl. Eigenbedarf)	Stromlieferung (inkl. Eigenbedarf)	Wärmegeniebedarf	Stromgeniebedarf	
	[t/a]	[GJ/t]	[]	[]	[%]	[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
01 AG Buchs (AG)	139'802	12.62	0.76	0.66	26.8%	17.2%	115'044	72'220	16'362	12'168	329
02 AG Oftringen ¹⁾	65'127	14.50	0.62	0.51	16.4%	18.8%	42'149	41'088	3'100	8'214	15'160
03 AG Turgi	120'270	12.07	0.72	0.58	21.1%	18.1%	70'283	57'835	14'924	15'182	55
04 BE Bern	147'578	12.71	0.84	0.74	29.4%	19.0%	150'366	79'699	2'837	19'358	0
05 BE Biel	51'213	12.29	0.64	0.54	18.7%	16.3%	29'863	23'148	2'853	5'711	329
06 BE Thun	148'073	9.52	0.83	0.73	25.6%	20.4%	94'647	66'540	5'535	13'831	656
07 BS Basel	229'843	11.44	0.93	0.83	57.6%	10.5%	415'423	52'857	7'158	25'045	3'935
08 FR Posieux	97'320	12.76	0.80	0.68	25.6%	19.2%	79'906	54'108	8'545	12'758	761
09 GE Genf ²⁾	235'056	10.60	0.71	0.61	38.7%	10.6%	259'373	52'956	9'360	23'484	6'746
10 GL Niederurnen	110'593	11.89	0.68	0.52	11.0%	20.9%	27'696	58'667	12'460	17'533	59
11 GR Trimmis	107'182	11.52	0.74	0.58	29.7%	15.2%	86'314	37'977	15'453	14'287	156
12 LU Perlen	280'074	12.81	0.96	0.89	33.9%	21.6%	333'660	191'502	4'515	20'950	49
13 NE Colombier	67'382	11.69	0.62	0.49	13.7%	17.3%	23'597	29'851	6'459	8'055	87
14 NE La Chaux-de-Fonds	57'110	10.82	0.87	0.67	46.3%	13.2%	71'397	12'803	8'108	9'994	518
15 SG Bazenheid ¹⁾	118'710	10.31	0.76	0.57	26.9%	18.9%	68'101	50'638	23'295	12'440	15'870
16 SG Buchs (SG)	184'063	12.50	0.92	0.79	45.5%	15.1%	266'846	75'441	24'454	21'224	1'047
17 SG St. Gallen	76'549	10.51	0.98	0.85	57.7%	12.1%	120'101	20'385	8'862	7'066	300
18 SO Zuchwil	222'306	10.87	0.80	0.63	22.0%	20.5%	116'222	107'801	31'444	28'255	0
19 TG Weinfelden	148'467	11.82	0.80	0.68	38.0%	13.9%	172'486	50'990	12'580	16'817	14
20 TI Giubiasco	183'244	10.97	0.76	0.61	15.7%	21.7%	67'308	99'396	20'599	22'173	426
21 VD Lausanne	175'278	12.65	0.94	0.82	50.5%	13.8%	281'907	69'875	29'015	15'838	644
22 VS Gamsen	40'728	12.45	0.88	0.72	66.4%	5.2%	86'957	1'384	6'536	6'195	735
23 VS Sion ^{1,2)}	55'944	12.76	0.17	0.11	18.5%	3.3%	31'238	5'437	7'580	7'170	17'224
24 VS Monthey ²⁾	126'523	10.95	0.44	0.40	51.4%	0.0%	183'352	0	14'325	20'239	20'239
25 ZH Dietikon	95'831	12.04	0.91	0.80	39.6%	17.2%	122'800	43'440	4'291	12'832	368
26 ZH Hinwil	170'059	12.13	0.65	0.56	9.3%	20.3%	50'080	98'136	3'481	18'405	0
27 ZH Horgen	33'258	12.35	0.89	0.81	37.4%	17.6%	41'980	16'841	687	3'466	271
28 ZH ZH Hagenholz	246'889	11.39	1.04	0.96	56.0%	15.3%	432'906	98'448	4'459	22'770	1'462
30 ZH Winterthur	186'328	11.44	0.83	0.70	31.0%	18.1%	173'526	80'797	10'095	26'327	186
Anlagen- Mittelwert	135'200	11.807	0.78	0.66	33.1%	15.6%	138'466	56'906	11'013	15'441	3'022
CH-Mittelwert		11.705	0.81	0.69	33.9%	16.2%					
CH-Mittelwert 2022 **		11.859	0.82	0.70	33.2%	17.0%					
CH- Summe	3'920'801						4'015'527	1'650'261	319'370	447'786	87'627
CH-Summe 2022	3'853'393						3'892'808	1'722'782	330'364	457'543	72'694
CH- Maximal	280'074	14.50	1.04	0.96	66.4%	21.7%	432'906	191'502	31'444	28'255	20'239
CH- Minimal	33'258	9.52	0.17	0.11	9.3%	0.0%	23'597	1'384	687	3'466	0

* gemittelt über Anzahl Anlagen

¹⁾ nur KVA ohne Schlammverbrennungsanlage

höchster Wert

** gemittelt über Abfallmenge bzw. Energieinput

²⁾ Anlagen mit energetisch relevanten, betrieblichen Sonderzuständen, vgl. Abb. 5, 6 und Beschrieb S. 23

tiefster Wert (= 0)

Abbildung 3: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2023 (kompakt)

Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2023 (detailliert)

Anlagenkennung	Jahr	Abfallinput										Energie-Verwertung												Fremdenergie																	
		Wärmeabfuhr	Verbrennung Abfallmenge	Dauer (Kilowattstunden)	Holzreste mit Schadstoffbelastung	Polier- oder Klebstoffe	Engpassstoffe in Wasser	Kochschmutzwasser	RX nach Verdicht.	Energie durch Kondensat (MWh)	Wärmerückgewinnung (KW)	Wärmerückgewinnung nach WW	Stromrückgewinnung nach WW	Wärmerückgewinnung (inkl. Filterabwasser)	Spezifische Wärmerückgewinnung	Stromrückgewinnung (inkl. Filterabwasser)	Spezifische Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung (inkl. Filterabwasser)	Wärmerückgewinnung	Spezifische Wärmerückgewinnung	Spezifische Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Spezifische Stromrückgewinnung	Spezifische Wärmerückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung	Stromrückgewinnung
01	AG Buchs (AG)	2023	139'802	0	12.62	12.62	490'026	87.1%	0.76	0.66	26.8%	17.2%	115'044	0.823	0.235	72'220	0.517	0.147	16'362	0.117	0.033	12'168	0.087	0.025	84'311	329	0.002	0.001	0	0	0	328	0	1							
Anlagen- Mittelwert			135'200	2'987	11.807	12.075	440'666	83.9%	0.78	0.66	33.1%	15.6%	138'466	0.993	0.304	56'906	0.403	0.122	11'013	0.089	0.027	15'441	0.119	0.036	71'388	3'022	0.033	0.010	175	36	538	175	538								
CH-Mittelwert					11.705	11.958		84.2%	0.81	0.69	33.9%	16.2%		1.024	0.314			0.421	0.129		0.081	0.025					0.022	0.007													
CH- Summe			3'920'801	86'617		12'779'317							4'015'527			1'650'261			319'370			447'786			2'070'263	87'627			5'076	25'443	1'045	5'071	15'594	35'398							

¹ gemittelt über Anzahl Anlagen

² gemittelt über Abfallmenge bzw. Energieinput

³ nur KVA ohne Schlammverbrennungsanlage

⁴ Anlagen mit energetisch relevanten, betrieblichen Sonderzuständen, vgl. Abb. 5, 6 und Beschrieb S. 23

⁵ höchster Wert

⁶ tiefster Wert (1=0)

⁷ Aufteilung Fremdenergiebedarf total: Fossil: 10'147 MWh Erneuerbar: 42'037 MWh Abwärme: 1'045 MWh Elektrisch: 35'398 MWh

Abbildung 4: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2023 (detailliert)



Energienutzungsgrad CH- KVA 2023

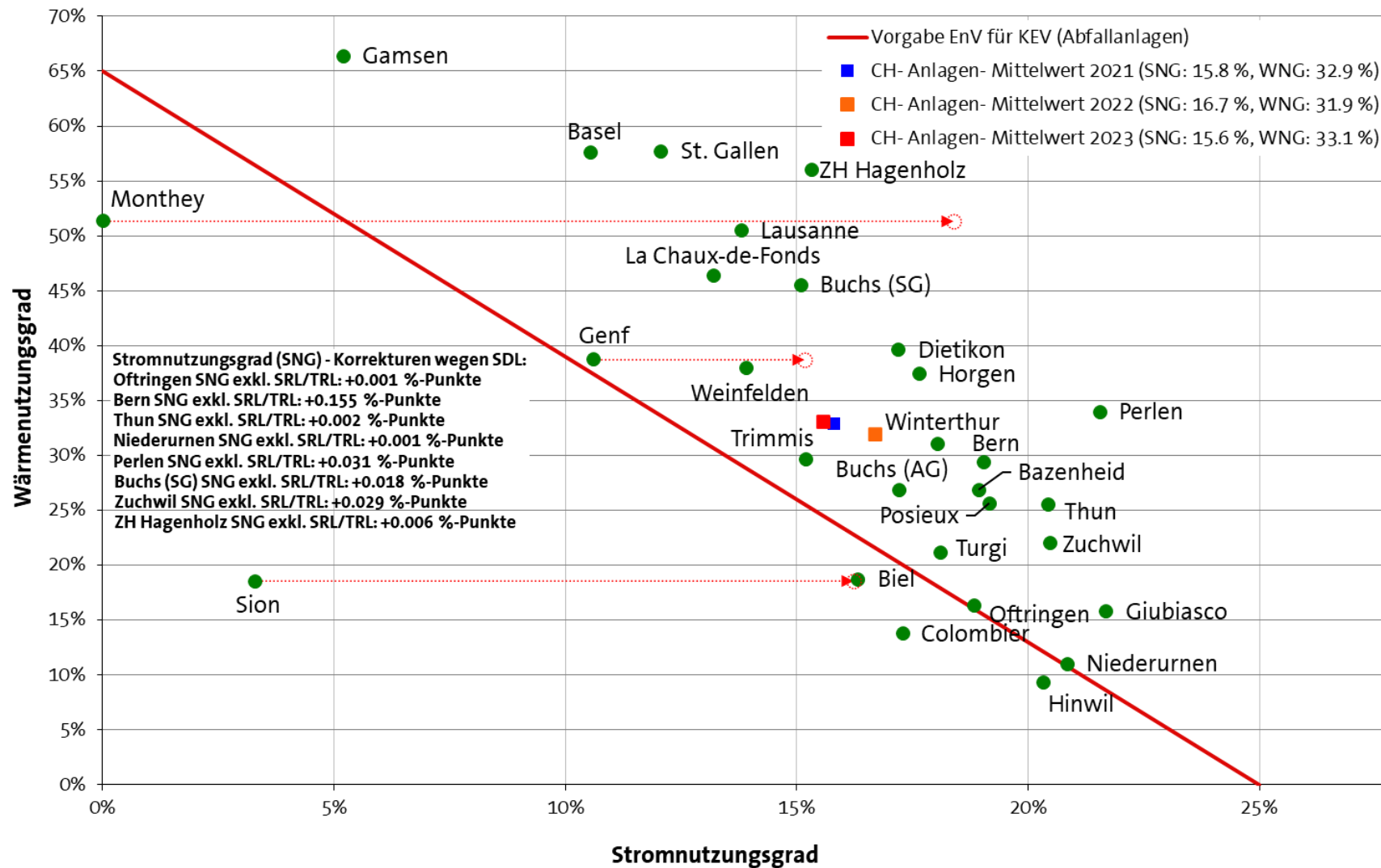


Abbildung 5: Energienutzungsgrad nach EnV, 2023 und Auswirkung durch Sonderzustände wie z. B. Turbinen- und Generatorausfall oder ausserplanmässigen Stillstand (rote Kreise und Pfeile)

Energetische Netto-Effizienz CH- KVA 2023

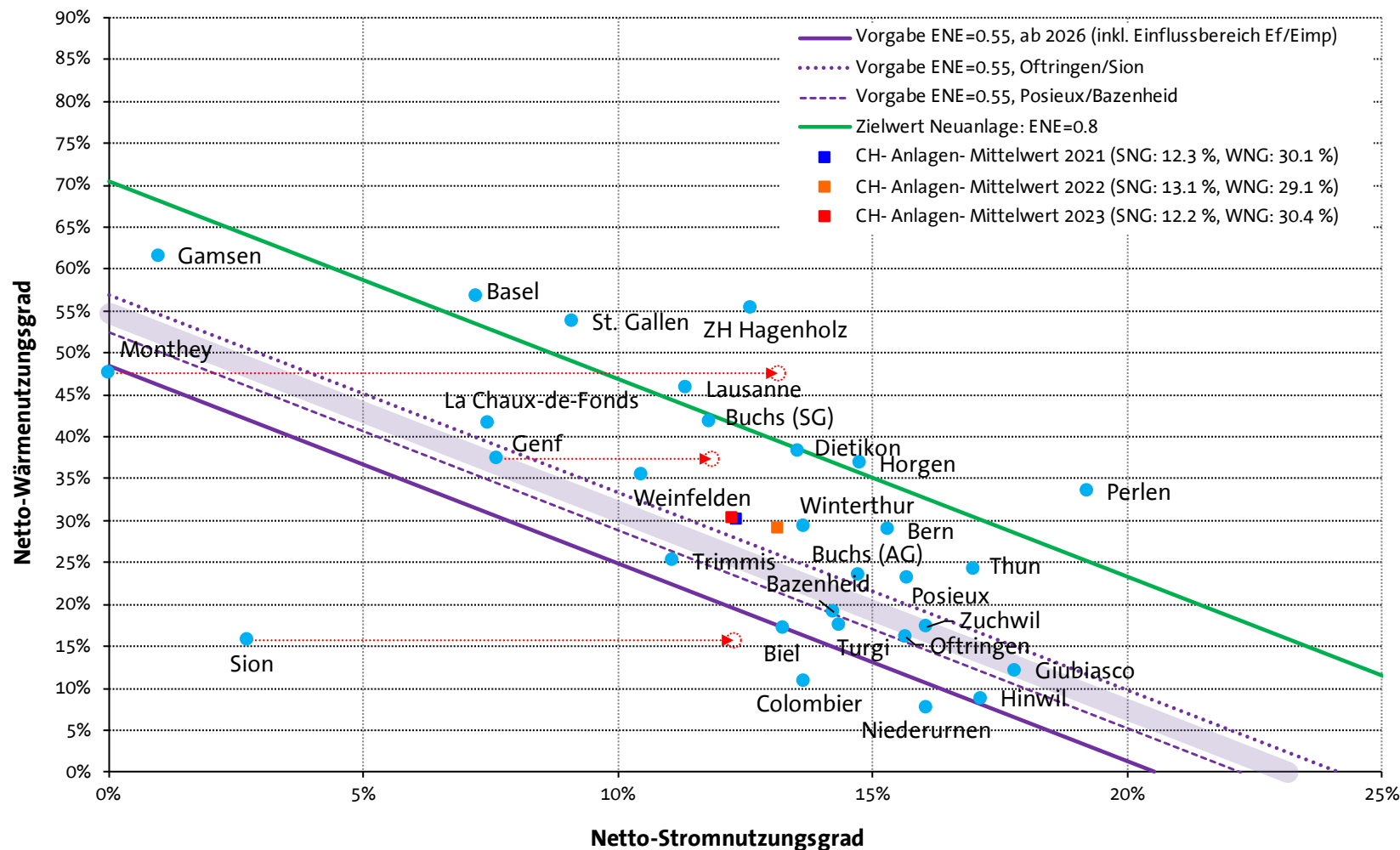


Abbildung 6: Energetische Nettoeffizienz ENE 2023 und Auswirkung durch Sonderzustände wie z. B. Turbinen- und Generatorausfall oder ausserplanmässigen Stillstand (rote Kreise und Pfeile)

Hinweis: Die ENE-Formel ist auf Seite 28 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) gerade knapp. Die Anlage in Oftringen erfüllt die Vorgabe (gepunktete Linie) nicht.

Heizwert nach Standardmethode 2023 und 2022

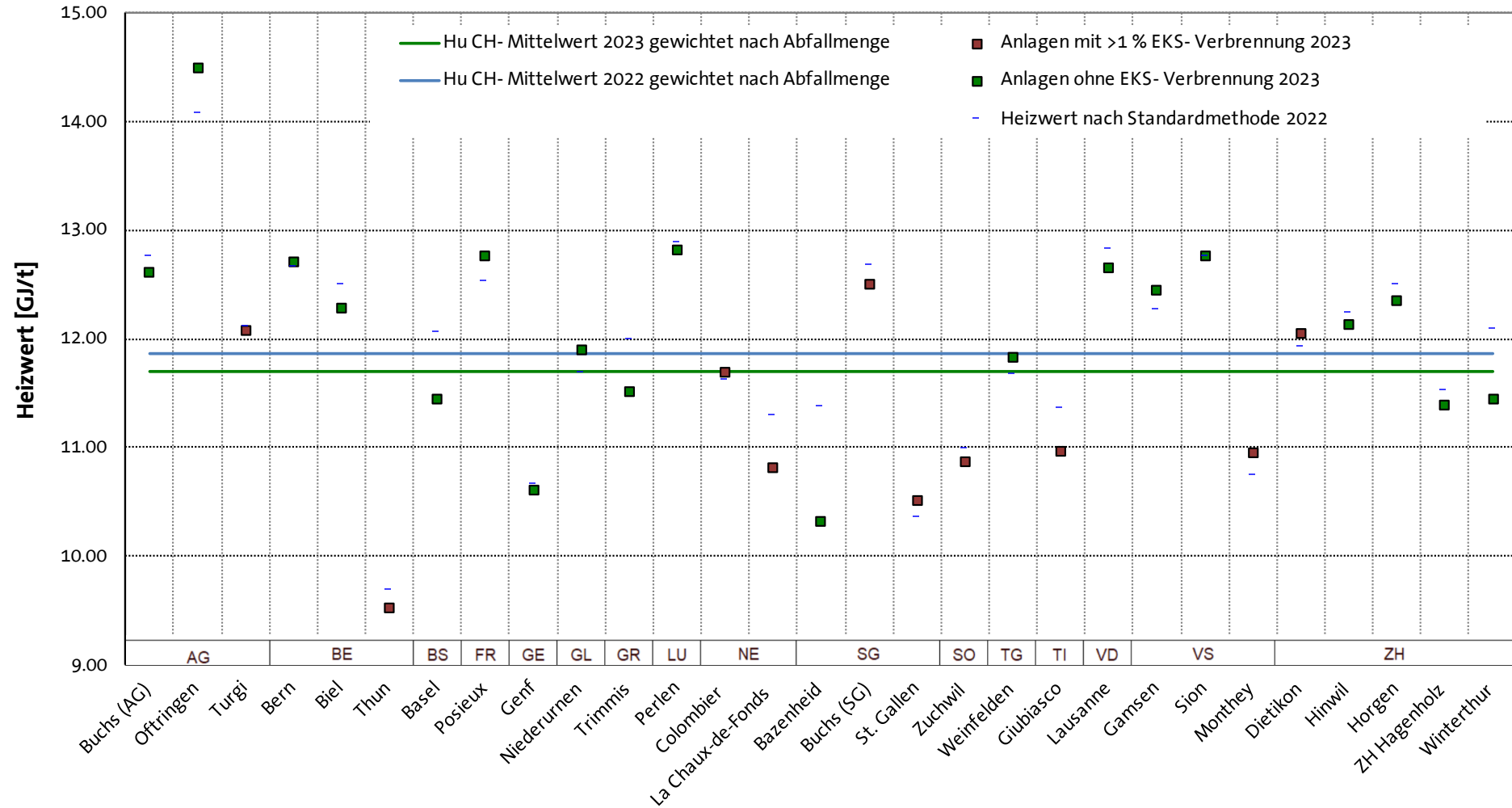


Abbildung 7: Heizwert 2023 und 2022

R1- Faktor 2023 und 2022

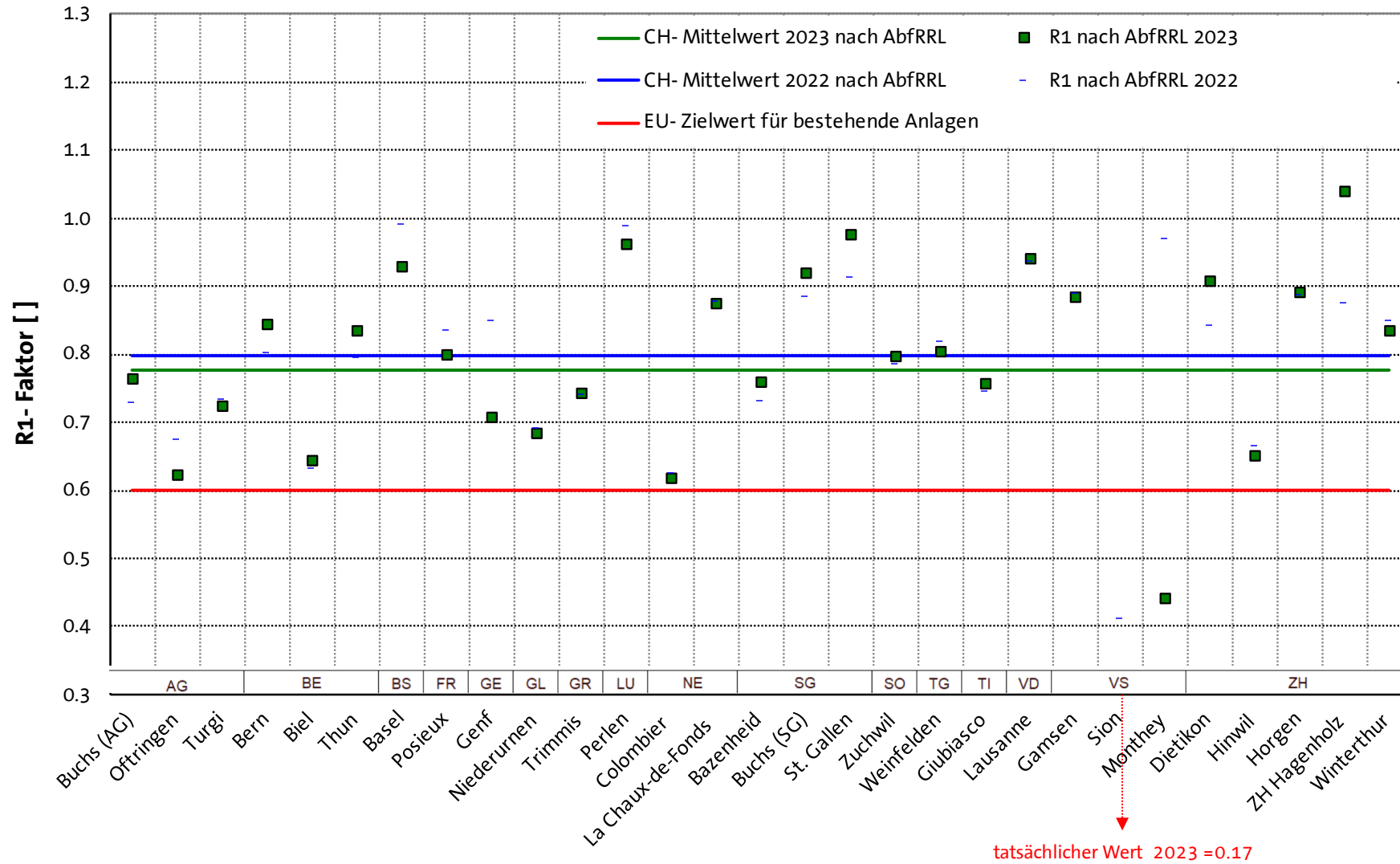


Abbildung 8: R1-Faktor 2023 und 2022

Energetische Nettoeffizienz(ENE) 2023 und 2022

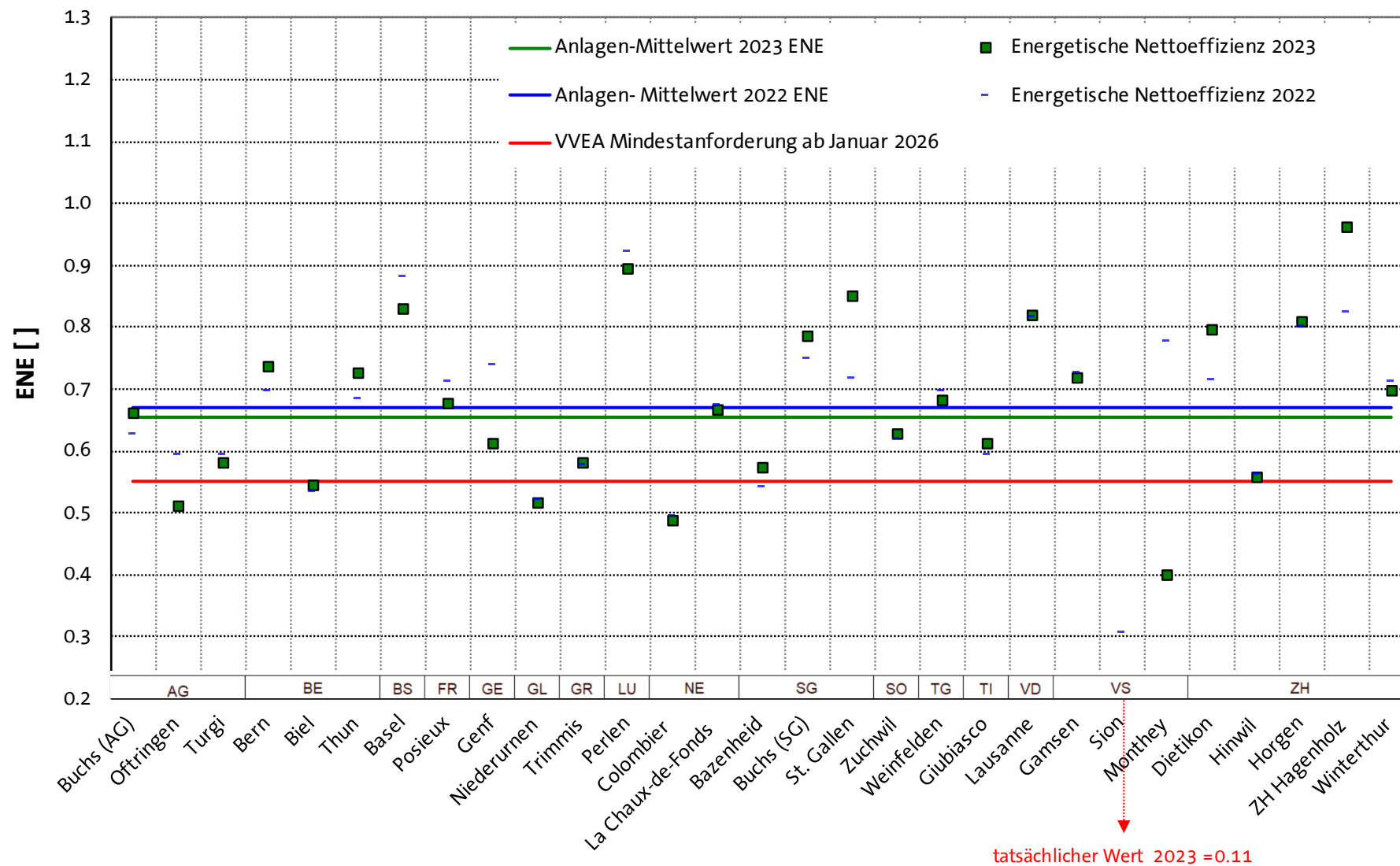


Abbildung 9: Energetische Nettoeffizienz ENE 2023 und 2022

Kesselwirkungsgrad 2023 und 2022

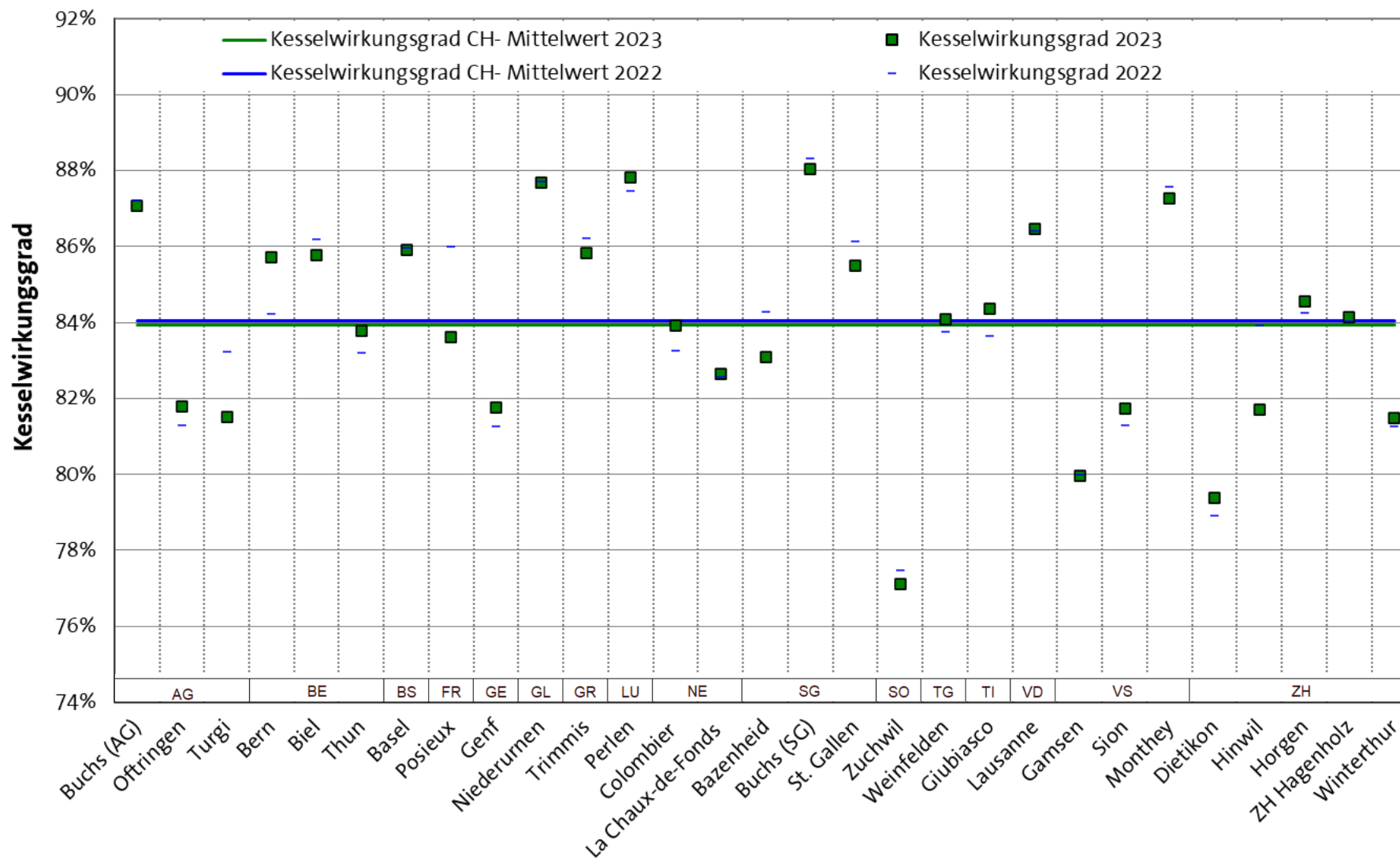


Abbildung 10: Kesselwirkungsgrad 2023 und 2022

Spezifischer Wärmeexport pro Tonne Abfall 2023

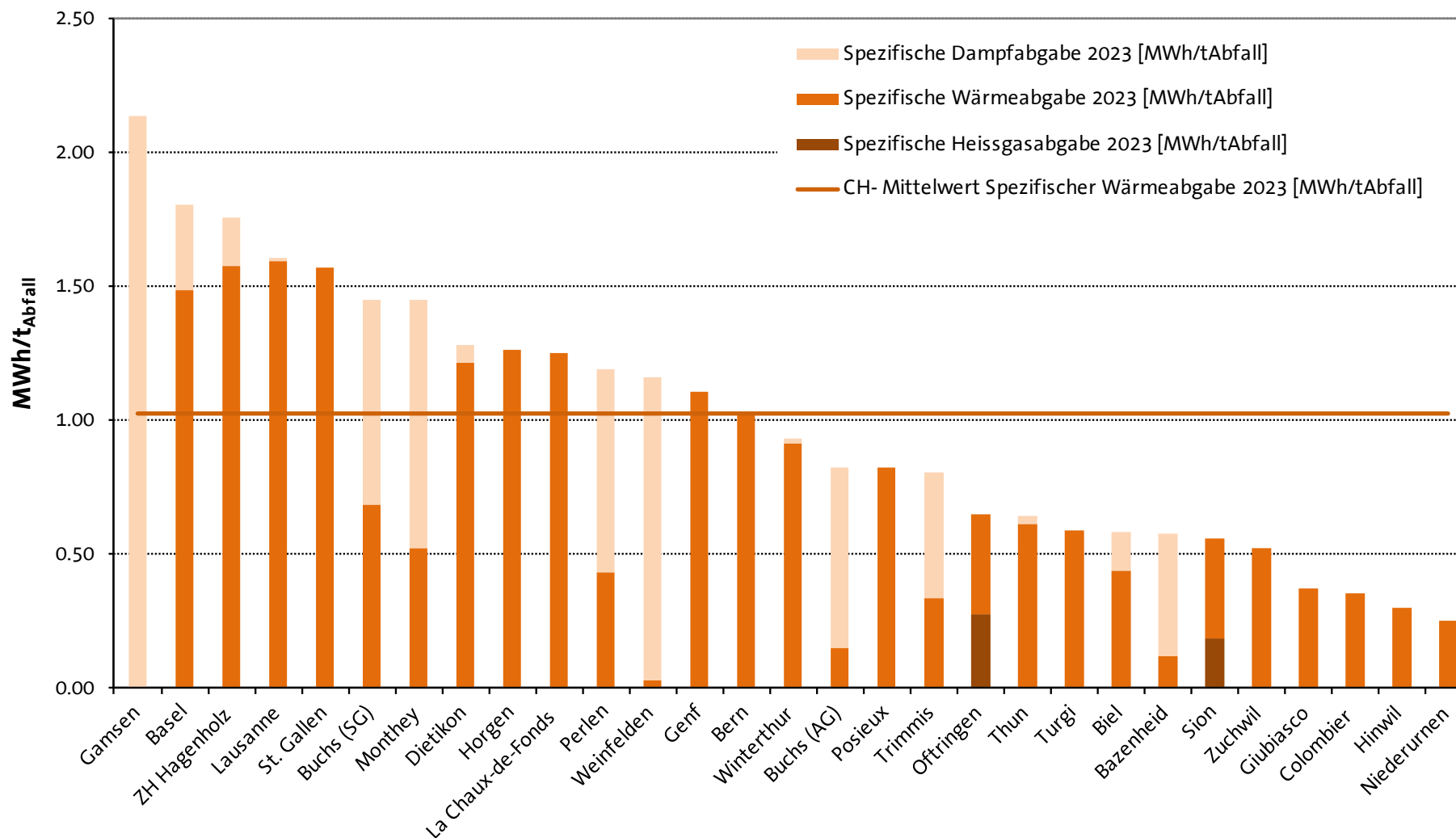


Abbildung 11: Spezifischer Wärmeexport pro Tonne Abfall 2023

Spezifischer Wärmeexport pro Energieinput 2023

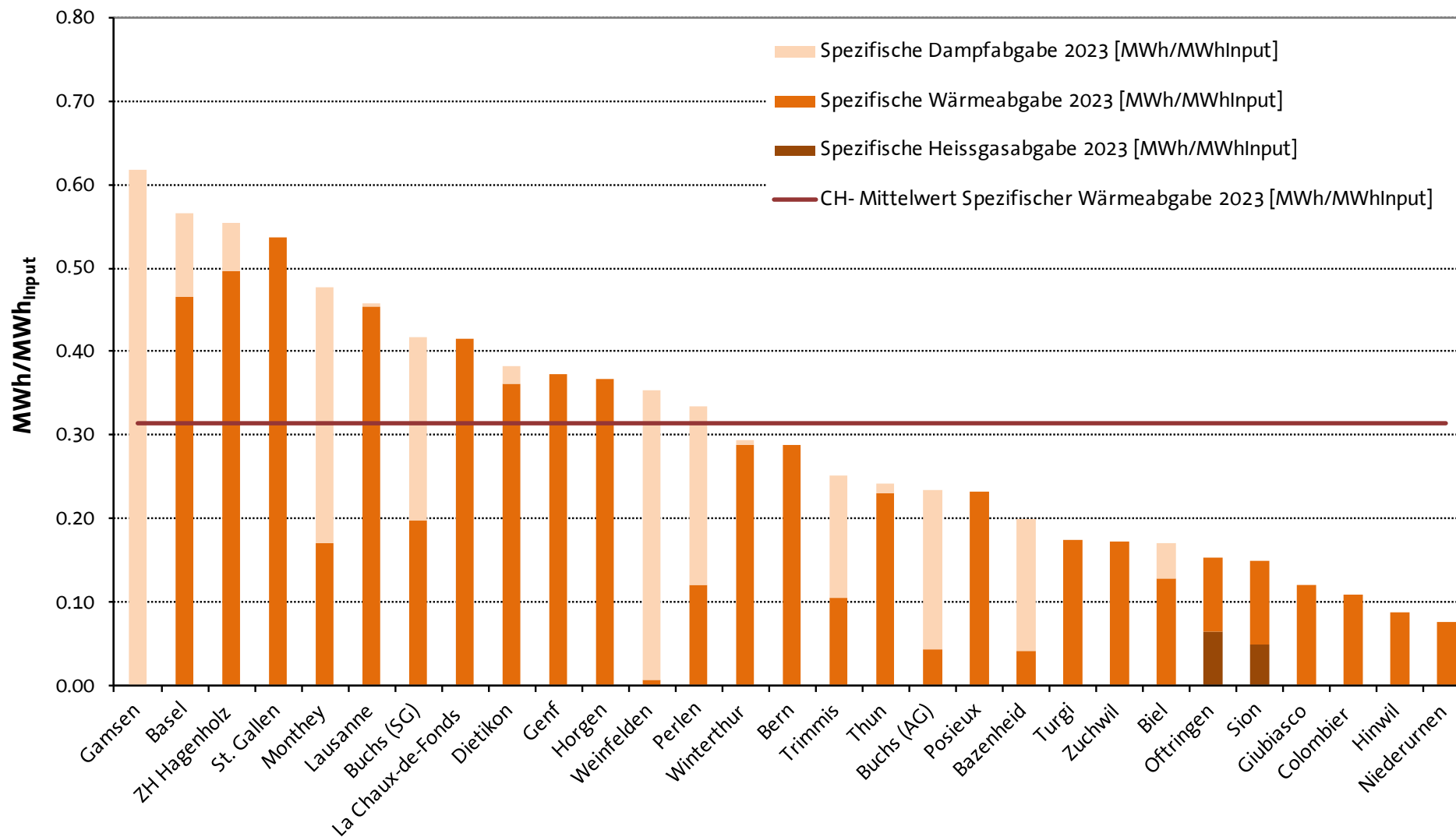


Abbildung 12: Spezifischer Wärmeexport pro Energieinput 2023

Spezifischer Wärmebedarf 2023

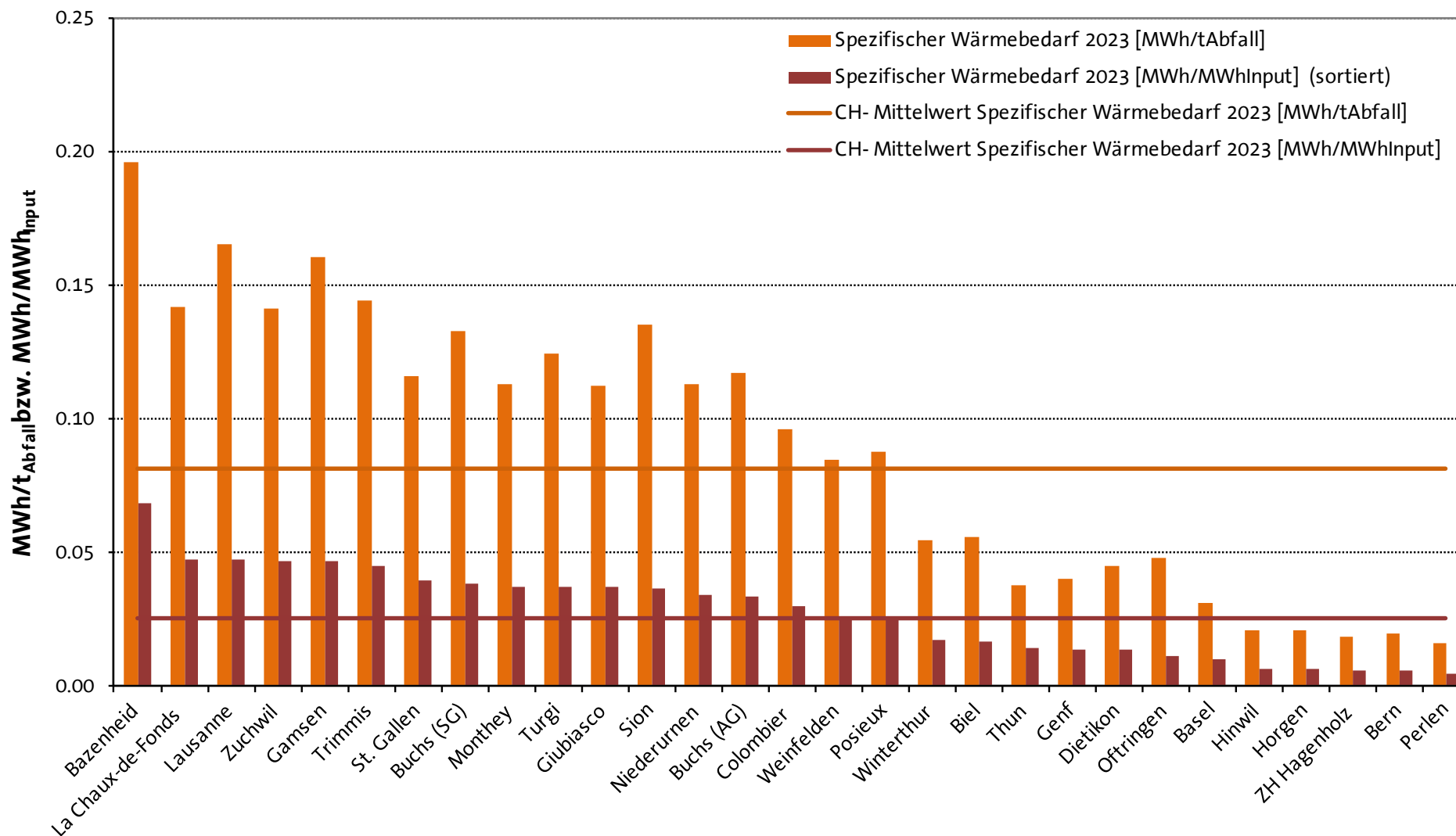


Abbildung 13: Spezifischer Wärmeeigenbedarf 2023

Spezifischer Stromexport 2023

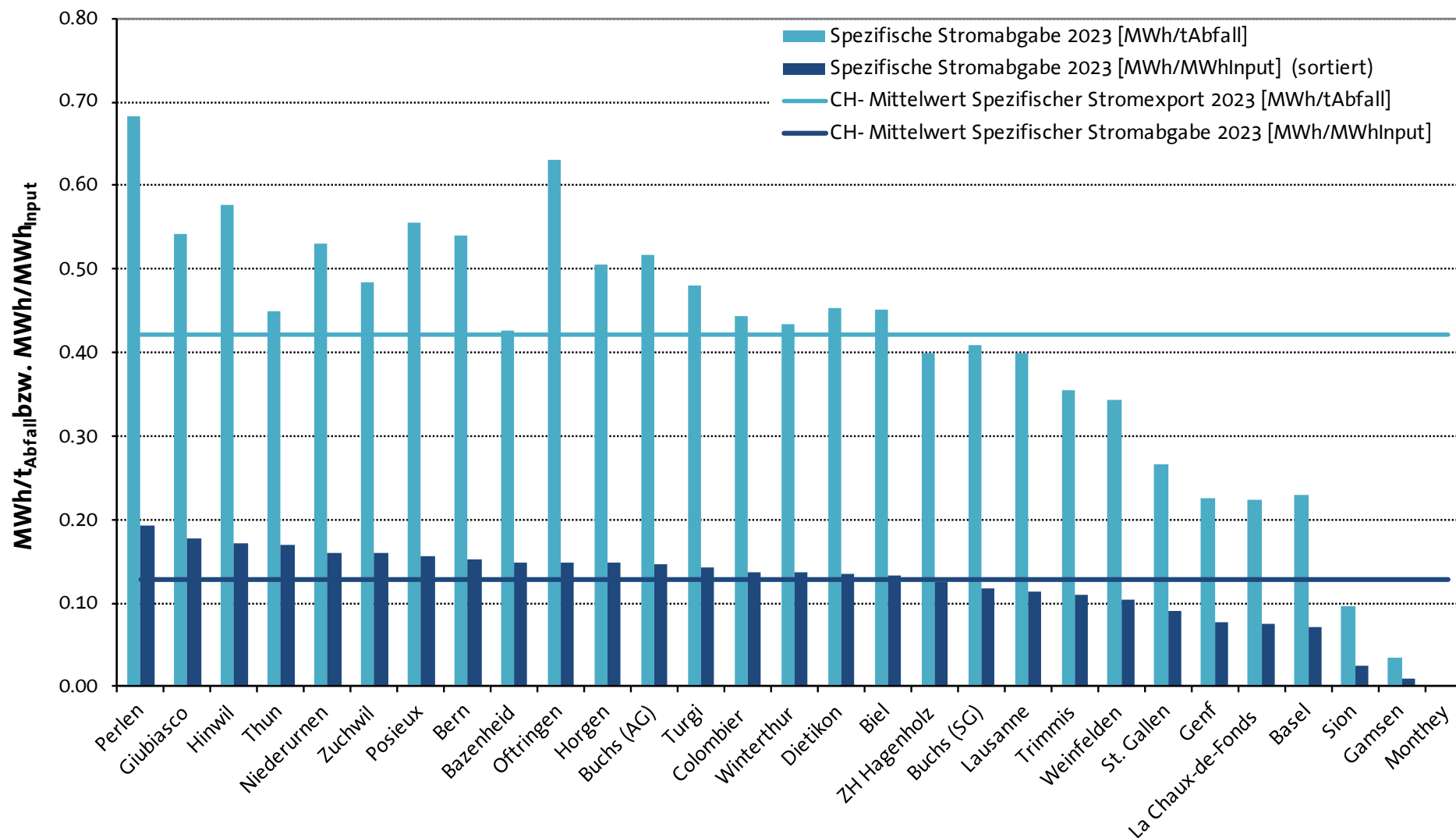


Abbildung 14: Spezifischer Stromexport 2023

Spezifischer Strombedarf 2023

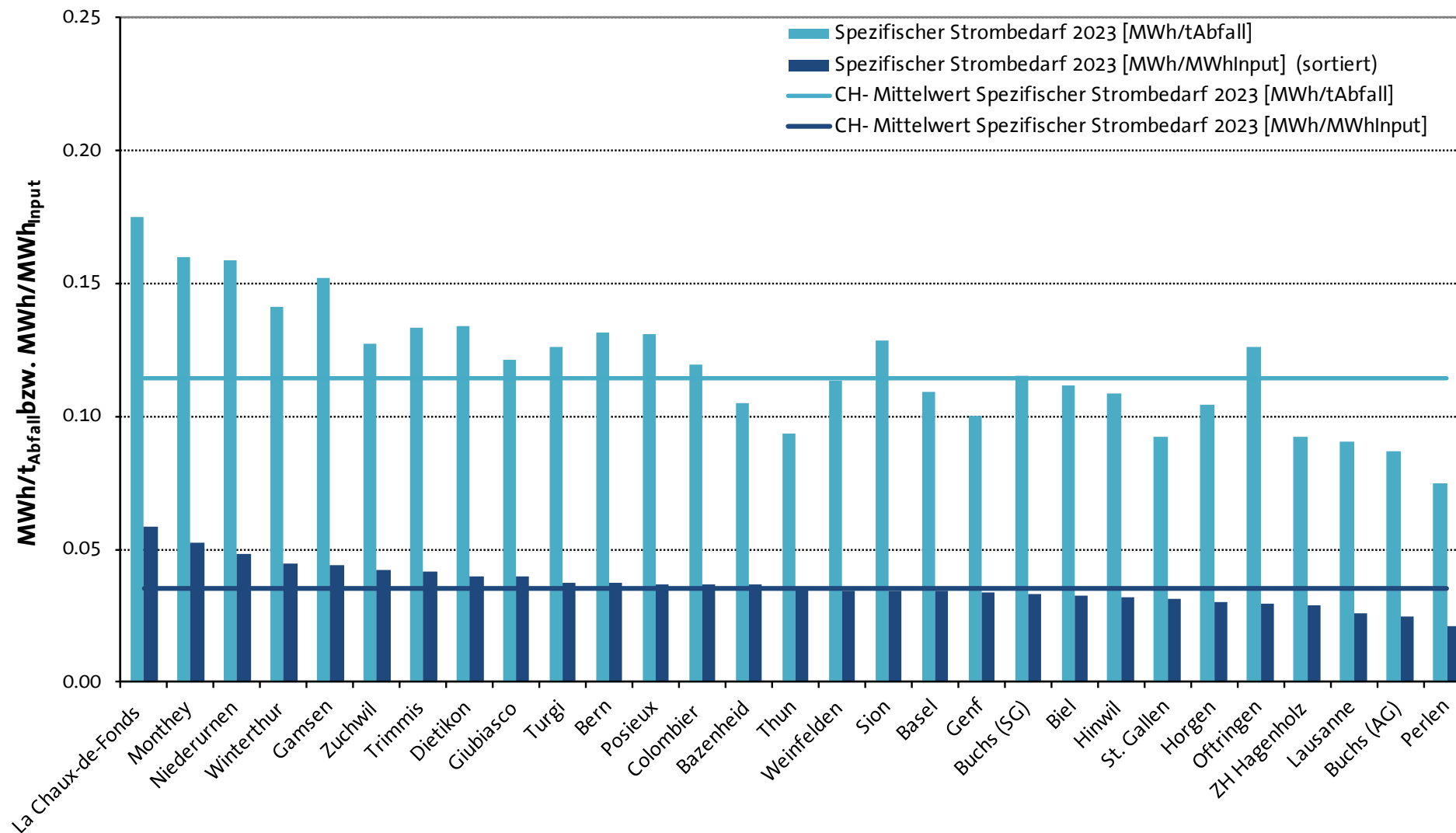


Abbildung 15: Spezifischer Stromeigenbedarf 2023

Wärmenutzungsgrad 2023

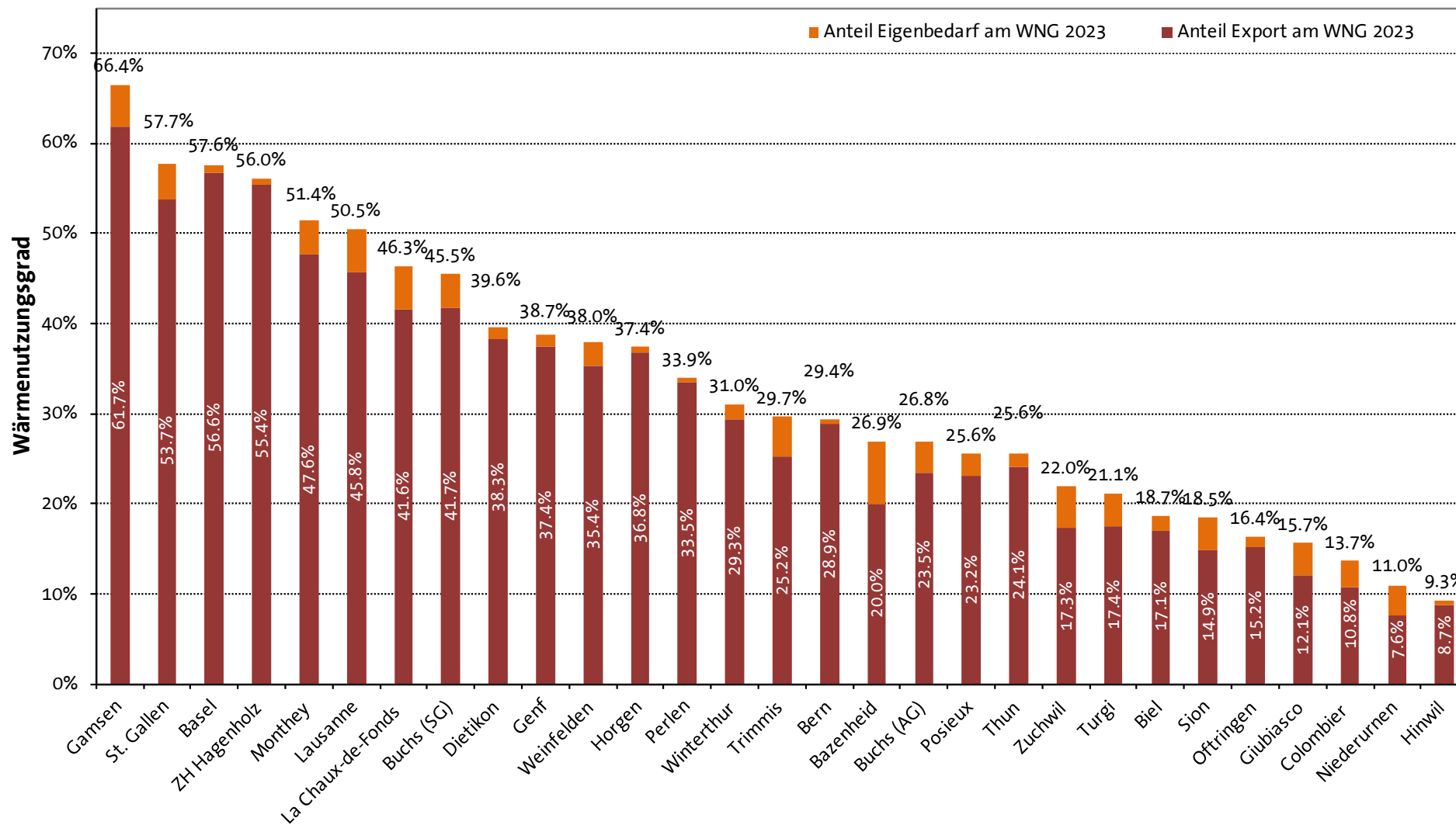


Abbildung 16: Wärmenutzungsgrad 2023

Stromnutzungsgrad 2023

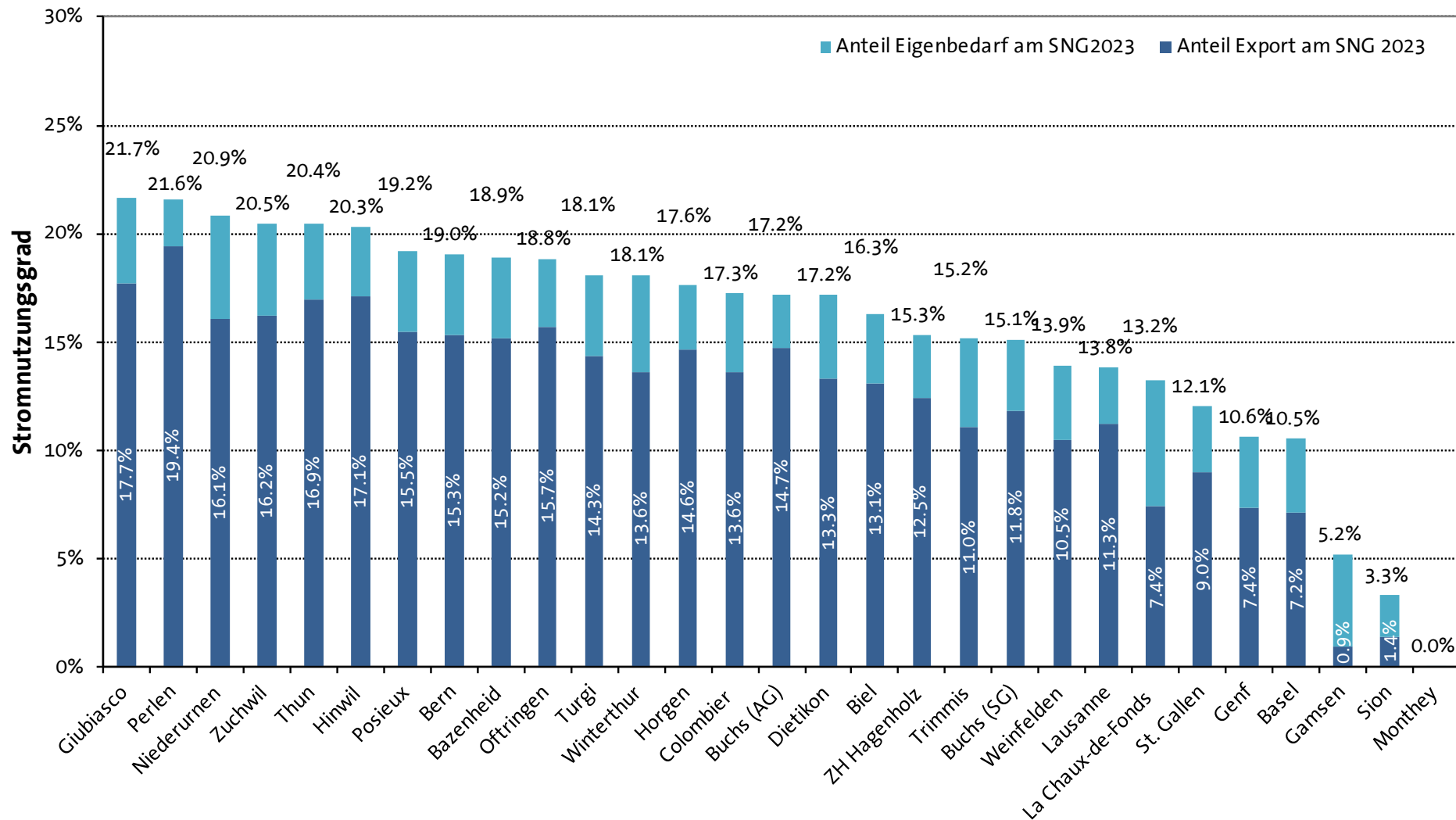


Abbildung 17: Stromnutzungsgrad 2023

Energiefluss der Schweizer KVA 2023

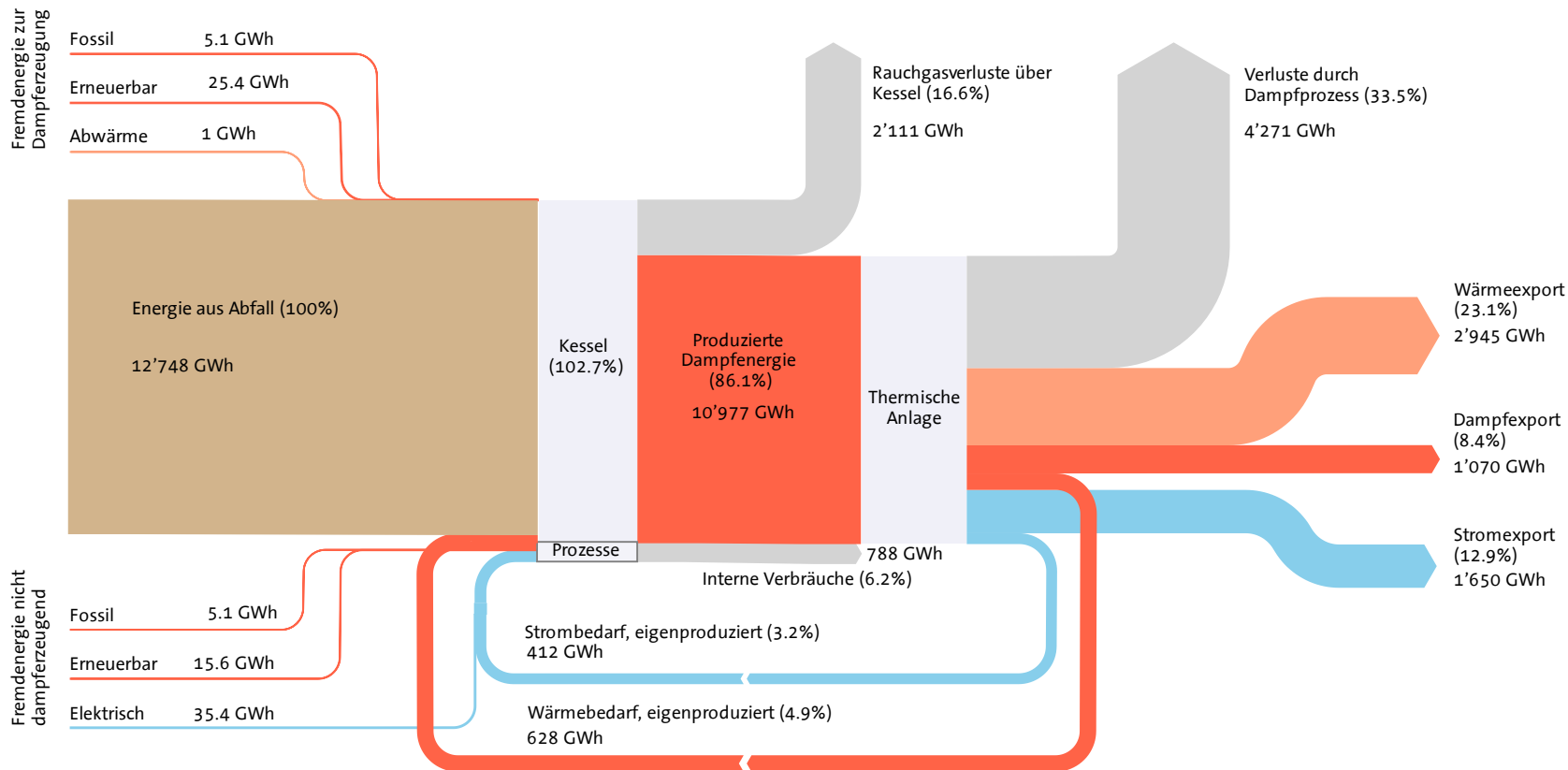


Abbildung 18: Energieflussdiagramm CH-KVA 2023

Hinweis: Die Entwicklung diverser Kennzahlen über mehrere Jahre kann auf der Webseite des VBSA angesehen werden

Die Fremdenergien setzen sich wie folgt zusammen:

- Fossil dampferzeugend: Öl-Stutzbrenner für den Startvorgang (Basel und Genf)
- Erneuerbar dampferzeugend: Abwärme aus dem Drehrohrföfen (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)

Bemerkungen zu den Energiekennzahlen 2023

Allgemeine Veränderungen

Im Vergleich zu den letztjährigen Energiekennzahlen ergaben sich die folgenden auffälligen Veränderungen.

- Der **Energieinput in den Kessel** ist leicht angestiegen (+ 0.4%). Der Grund dafür ist die Zunahme der Menge des verbrannten Abfalls (+ 1.7%) mit einem tieferen durchschnittlichen Heizwert (- 1.3%). Mit 11.70 GJ/t wurde der tiefste Heizwert seit 2015 erreicht.
- Die **Wärme- und Dampfabgabe** hat um 3.2% zugenommen (+ 120 GWh). Dabei nahm der Verkauf von Wärme zu (+6.7%) aber der Verkauf von Dampf ab (- 5.0%). Die Zunahme der Wärmeabgabe ist auf eine leicht höhere Anzahl an Heizgradtagen sowie den weiteren Ausbau der Fernwärme zurückzuführen. Bei generell schwachem Industriebedarf wurde ein prozentualer Rückgang der schweizweiten Dampfabgabe in zweistelliger Höhe nur durch den Ausbau der Dampfleitung in Monthey verhindert.
- Die **Stromabgabe** nahm im Vergleich zu 2021 um 4.2% ab (- 73 GWh), was in etwa der Minderproduktion wegen des ganzjährigen Turbinenausfalls in Monthey entspricht.

Sonderereignisse

Im Betriebsjahr 2023 sind bei drei Anlagen längere ausserplanmässige Ausfälle/Revisionen aufgetreten. Die genauen Hintergründe und abgeschätzten Auswirkungen sind hier erklärt:

- Bei der **KVA Sion** war aufgrund eines Turbinenschadens war die Turbogruppe bis Juli 2023 ausser Betrieb. Danach konnte die Turbine in Teillast (ohne Niederdruckstufe) betrieben werden. Dies hatte eine abgeschätzte Stromminderproduktion von knapp 27 GWh zur Folge.
- Mitte November 2022 führte ein Brand bei der **KVA Monthey** zu grossen Schäden an Turbine und Luftkondensator. Die Wiederinbetriebnahme der Kessel erfolgte bereits Anfang April 2023, aber die neue Turbine konnte erst Anfang 2024 in Betrieb genommen werden. Für das Jahr 2023 entstand eine geschätzte Stromminderproduktion von etwa 70 GWh.
- In der Westschweiz entsteht zurzeit die neue **KVA Genf** am gleichen Standort wie der bestehenden KVA. Im Laufe des Jahres 2023 führten bauliche Massnahmen am Wasser-Dampf-Kreislauf dazu, dass die Turbine zeitweise ausser Betrieb genommen werden musste. Deshalb wurden etwa 32 GWh weniger Strom produziert.

Massenfluss der Schweizer KVA 2023

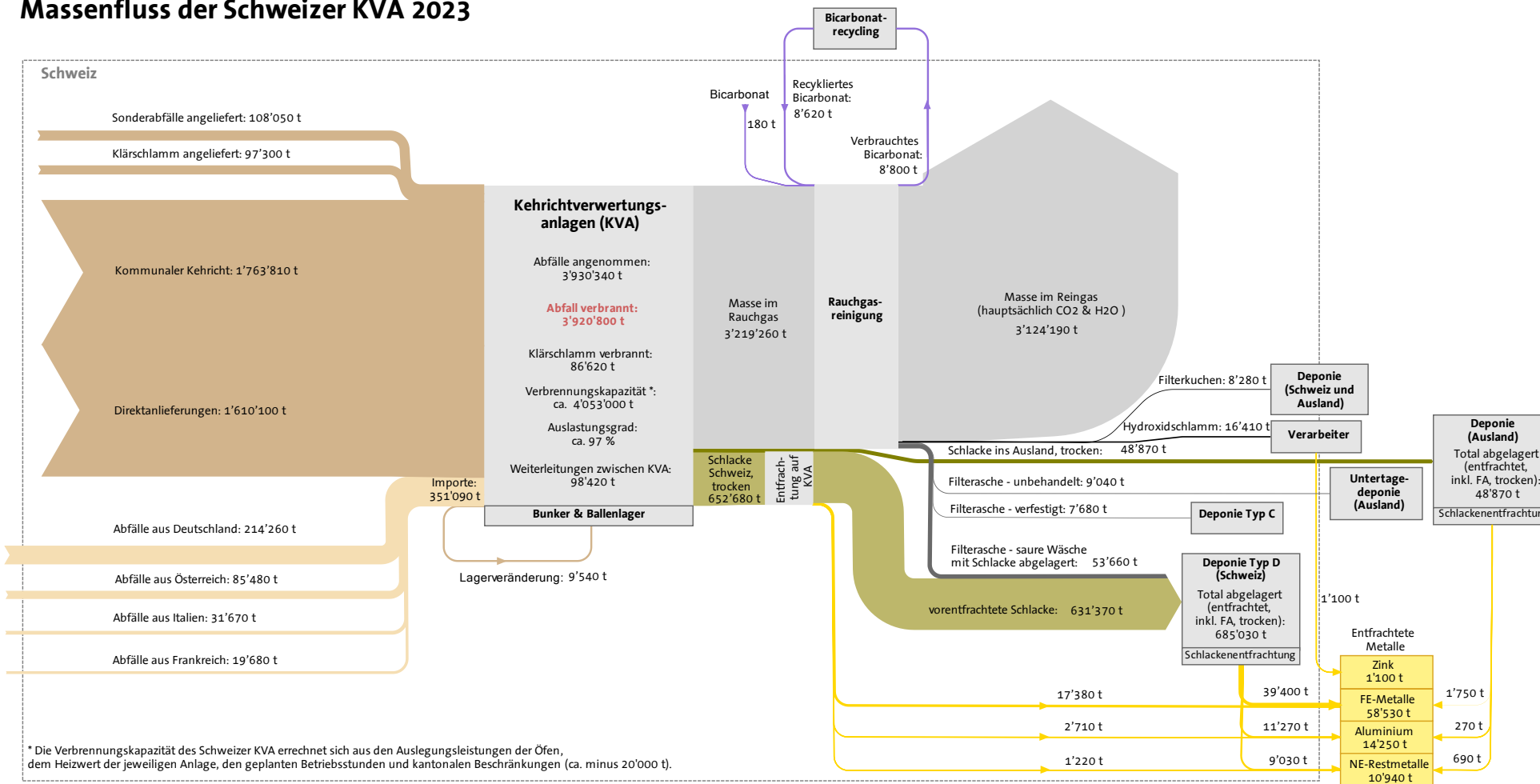


Abbildung 19: Massenflussdiagramm 2023

Hinweis: Die Schweizer KVA exportieren für die importierte Abfallmenge anteilmässig Schlacke ins Ausland. 2023 betrug die exportierte Schlackenmenge 48'870 t.

Angelieferte & verbrannte Abfälle [kt]

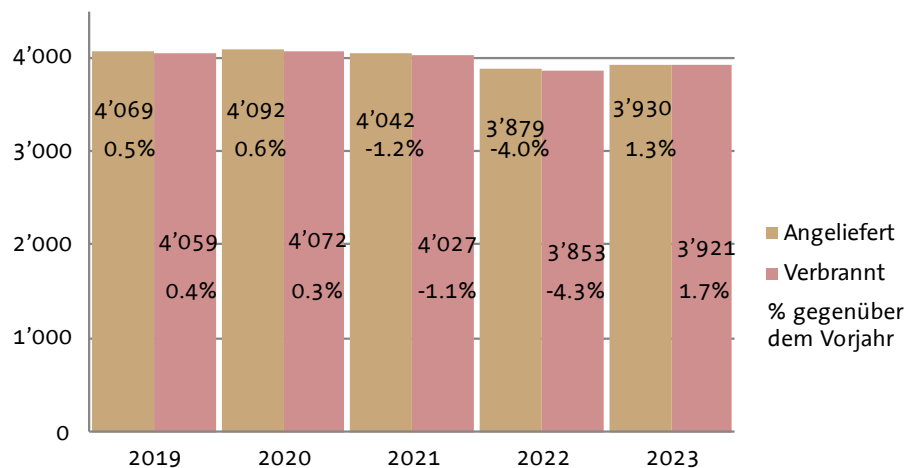


Abbildung 20: Angelieferte und verbrannte Abfälle 2023 (Differenz ist Lagerveränderung)

Rückstände & entnommene Metalle [kt]

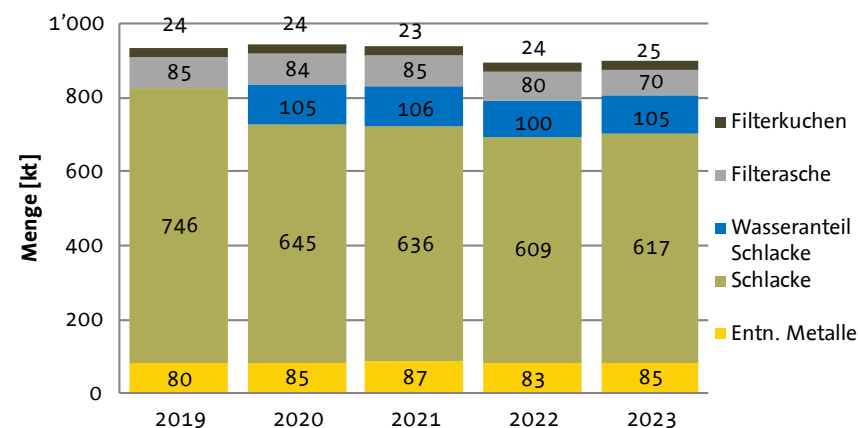


Abbildung 21: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle 2023 in 1'000 Tonnen (ab 2020 Schlacke als Trockenmasse)

Angelieferte Abfälle [kt]

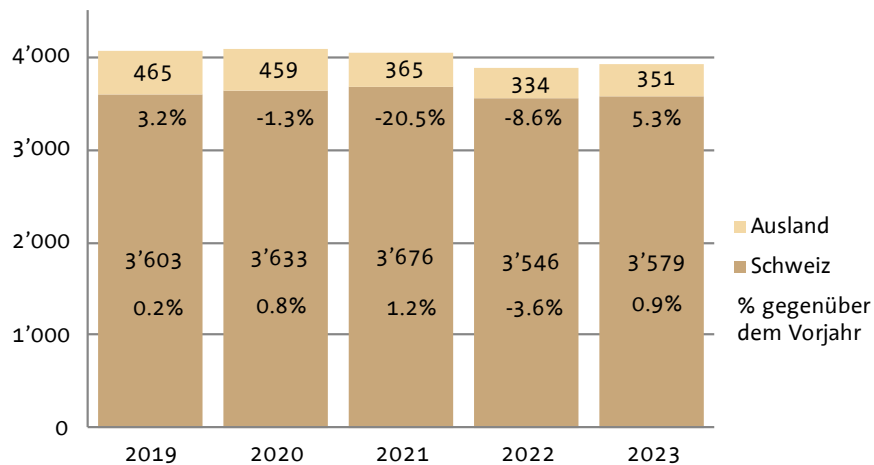


Abbildung 22: Angelieferte Abfälle 2023 aufgeteilt nach Herkunft (In- und Ausland)

Rückstände & entnommene Metalle [%]

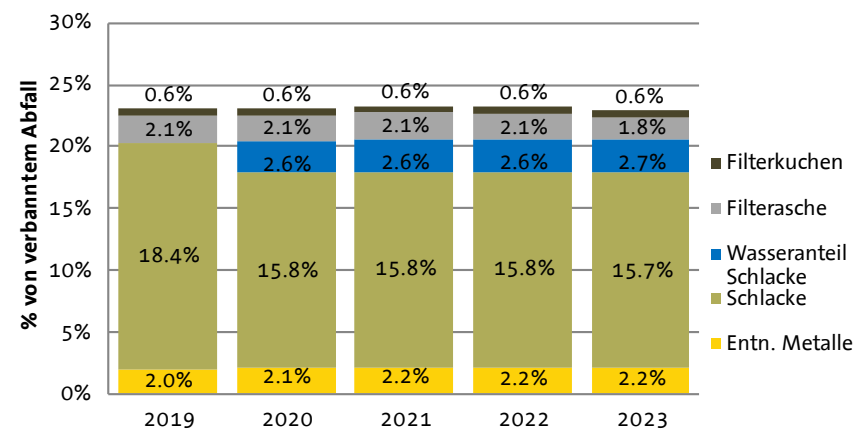


Abbildung 23: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle 2023 in % der verbrannten Abfallmenge (ab 2020 Schlacke als Trockenmasse)

Veränderung der angelieferten Abfallmengen 2022/23 [kt]

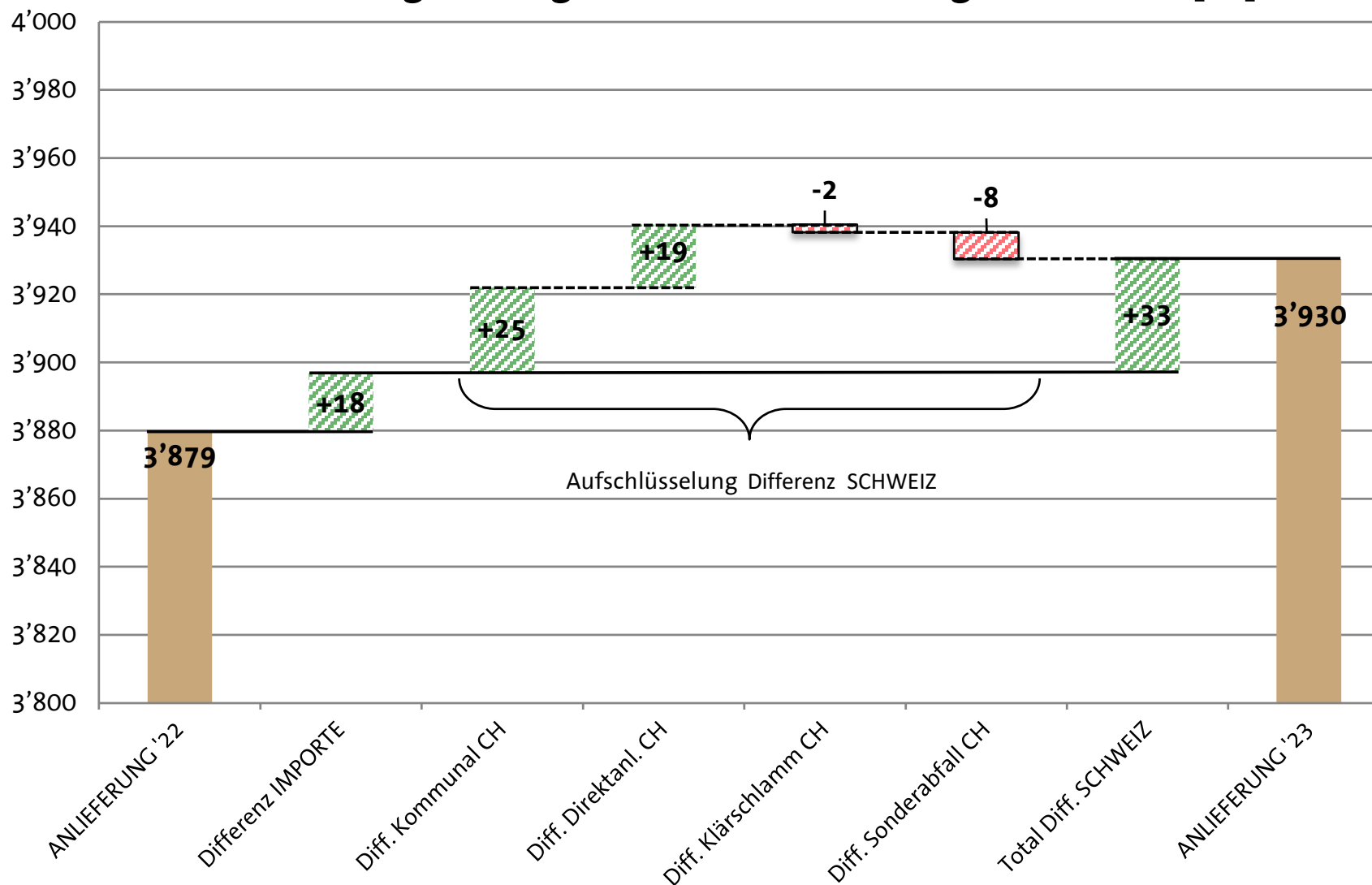


Abbildung 24: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2023 gegenüber 2022

Bemerkungen zu den Mengenzahlen 2023

Der **angelieferte Abfall** nahm um **51'000 t (+ 1.3 %)** zu, dazu geführt haben (Veränderung zum Vorjahr bezogen auf die Gesamtmenge):

- Importe (DE, AT, FR, IT): + 18'000 t (+ 0.4 %)
- Inlandanlieferungen: + 33'000 t (+ 0.9 %)

Die **verbrannte Menge** Abfall nahm um **67'000 t (+ 1.7 %)** zu, dazu geführt haben (Veränderung zum Vorjahr auf die Gesamtmenge):

- Angelieferte Abfälle: + 51'000 t (+ 1.3 %)
- Differenz Änderung Bunker/Lager: + 16'000 t (+ 0.4 %)

Die **Differenz der Inlandanlieferungen** kann wie folgt aufgeschlüsselt werden (Veränderung zum Vorjahr bezogen auf die Menge der jeweiligen Kategorie, Abweichung wegen Rundungseffekte):

- Sonderabfall: - 8'000 t (- 6.8 %): Seit 2018 sind die Sonderabfälle trotz Covid-Pandemie um etwa 20% gesunken. Vermutlich wird ein grosser Teil des bisher in KVA verbrannten Altholzes in neuen Altholzfeuerungen energetisch verwertet.
- Klärschlamm: - 2'000 t (- 3.0 %): Die Trockenmasse des verbrannten Klärschlammes bewegt sich seit 2018 in einem engen Band zwischen 26'000-27'000 Tonnen pro Jahr und nahm 2023 um etwa 800 Tonnen ab.
- Kommunale Anlieferungen: + 25'000 t (+ 1.4 %): Die Abfallmengen aus Haushalten und Kleingewerbe sind seit 2018 in etwa stabil bei 1.75 Mio. t/a.
- Direktanlieferungen: + 19'000 t (+ 1.2 %): Die Gewerbe- und Industrieabfälle nahmen im Vergleich zum Vorjahr leicht zu und erreichen gerade wieder die 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:

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

E_{FD}	Energie des Frischdampfes [GJ] (Δ zum Speisewasser)
E_K	Summe diverser Energieströme in oder aus der Brennkammer (z.B. Stützfeuerung E_f , Energie für Primärluft, Rostkühlung, Dampf für Ammoniakendüse, Wassereindüse, vor der Frischdampfmessung 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 ϕ 5.7 Nm³ Rauchgas/kg_{Abfall} (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 Frischdampfmessung als Grundlage für E_{FD} . Sie weist eine Messungengenauigkeit in der Größenordnung von \pm 5% auf. Für eine gute Näherung des Heizwertes ist eine kalibrierte Frischdampfmessstelle zentral.

Stromnutzungsgrad

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

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

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:

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

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.

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

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).

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

E_{exp} Exportierte Energie

Systemgrenzen Stromeigenbedarf

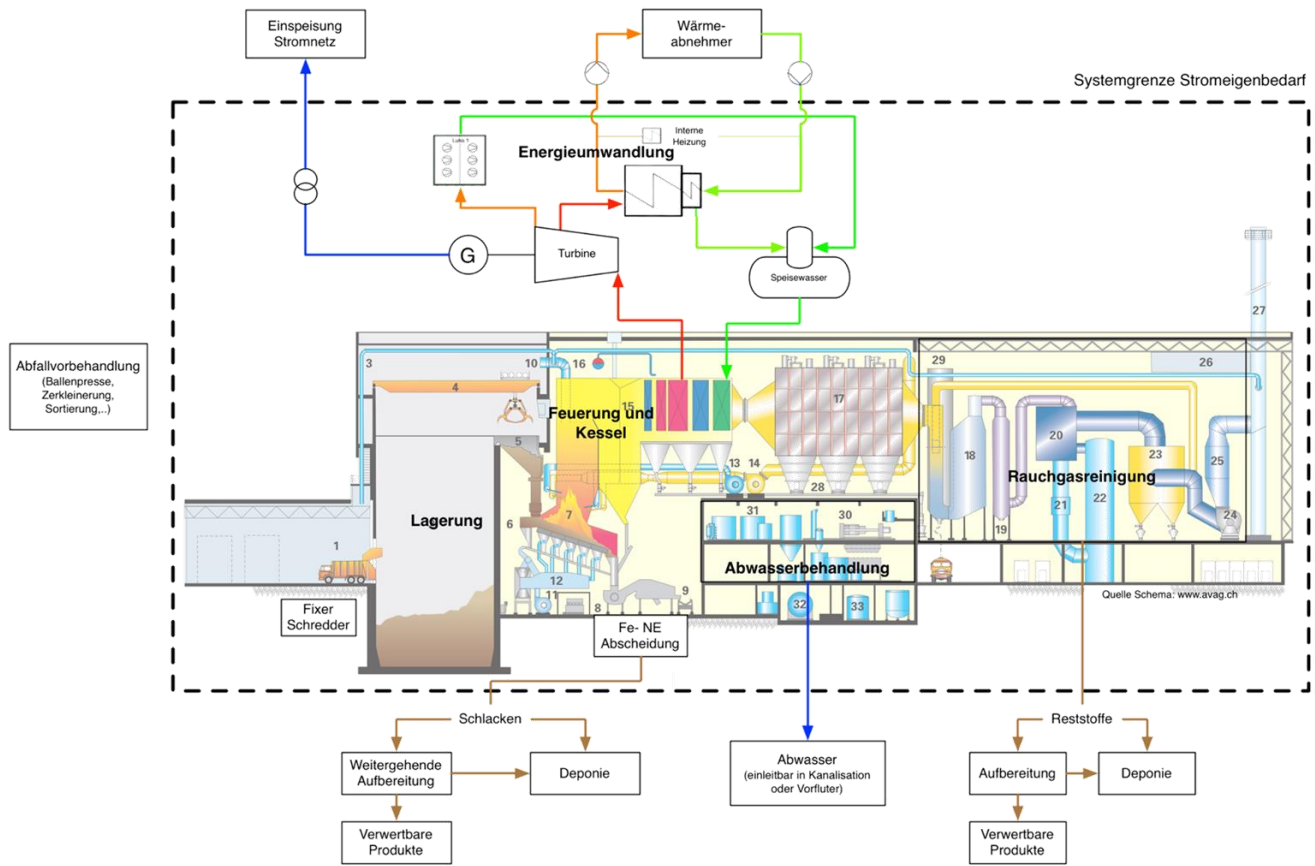


Abbildung 25: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs