



Resultate 2019

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



Abbildung: KVA Dietikon: Limeco hat den Wärmeabsatz mit dem Bau des Fernwärmenetzes «Regiowärme Limmattal» in den letzten zwei Jahren um 37 GWh gesteigert. (Quelle: www.limeco.ch)

VBSA
ASED
ASIR



Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen



Datum: 4. Mai 2020

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

Auftragnehmer/in: Ryttec AG



Ansprechpersonen :

BFE, Daniel Binggeli	daniel.binggeli@bfe.admin.ch	058 462 68 23
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 38
Ryttec AG, Martin Kiener – Mengenzahlen	energieeffizienz@rytec.ch	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 · 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 2019, 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 2010-2019¹ 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 Nettoeffizienz² 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 AbfRRL³</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>

¹ [Resultate 2009-2018](#)

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

³ [Leitlinie zur Auslegung der R1-Energieeffizienzformel für Verwertungsanlagen](#)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2019 (kompakt).....	5
Abb. 2: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2019 (detailliert).....	6
Abb. 3: Energienutzungsgrad nach EnV, und Auswirkung durch Sonderzustände (Turbinen- und Generatorausfall, ausserplanmässiger Stillstand) für 2 Anlagen (rote Kreise und Pfeile)	7
Abb. 4: Energetische Nettoeffizienz ENE und Auswirkung durch Sonderzustände	8
Abb. 5: Heizwert 2019 und 2018.....	9
Abb. 5: R1-Faktor 2019 und 2018	10
Abb. 6: Energetische Nettoeffizienz ENE 2019 und 2018.....	11
Abb. 7: Kesselwirkungsgrad 2019 und 2018	12
Abb. 8: Spezifischer Wärmeexport 2019	13
Abb. 9: Spezifischer Wärmeigenbedarf 2019.....	14
Abb. 10: Spezifischer Stromexport 2019	15
Abb. 11: Spezifischer Stromeigenbedarf 2019.....	16
Abb. 12: Wärmenutzungsgrad 2019.....	17
Abb. 13: Stromnutzungsgrad 2019.....	18
Abb. 14: Energieflussdiagramm CHF-KVA 2019.....	19
Abb. 15: Massenflussdiagramm CHF-KVA 2019	22
Abb. 16: Angelieferte und verbrannte Abfälle (Differenz ist Lagerveränderung).....	23
Abb. 17: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1000 Tonnen	23
Abb. 18: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft (In- und Ausland).....	23
Abb. 19: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % der verbrannten Abfallmenge	23
Abb. 20: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2019 gegenüber 2018.....	24
Abb. 21: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs.....	28

Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2019 (kompakt)

	Abfallinput			Effizienz-Kennzahlen			Energie-Verwertung				Fremdenergie
	Verbrennte Abfallmenge	Heizwert nach Standardmethode	RZ nach Abfall	Energetische Nettoeffizienz (ENg)	Wärmenutzungsgrad nach ENg	Stromnutzungsgrad nach ENg	Wärmeabgabe (inkl. Eigenbedarf)	Stromabgabe (inkl. Eigenbedarf)	Wärmeeigenbedarf	Stromeigenbedarf	
	[t/a]	[GJ/t]	[-]	[-]	[%]	[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
01 AG Buchs (AG)	131'358	12.83	0.71	0.60	18.8%	18.6%	72'141	73'914	15'820	13'572	442
02 AG Oftringen ¹⁾	69'150	13.84	0.65	0.57	15.7%	20.2%	40'660	47'962	3'342	9'323	15'156
03 AG Turgi	120'349	12.07	0.74	0.59	18.8%	19.6%	59'754	63'237	15'936	15'865	35
04 BE Bern	138'194	13.12	0.83	0.72	28.6%	18.8%	141'087	75'372	2'813	19'308	0
05 BE Biel	46'630	12.58	0.53	0.42	19.2%	11.9%	27'918	14'236	3'402	5'772	609
06 BE Thun	149'566	9.47	0.79	0.69	18.3%	22.0%	66'459	73'001	5'543	14'045	685
07 BS Basel	227'304	12.13	1.03	0.92	65.4%	11.0%	495'726	55'543	7'255	29'166	3'545
08 FR Posieux ²⁾	96'275	12.91	0.59	0.50	21.4%	14.4%	65'315	42'175	8'669	12'605	4'929
09 GE Genf	219'174	10.97	0.79	0.70	40.1%	13.3%	258'698	70'656	9'652	18'534	7'369
10 GL Niederurnen ²⁾	111'776	11.54	0.67	0.51	7.0%	22.0%	13'073	62'641	12'051	16'177	23
11 GR Trimmis	110'746	11.68	0.73	0.57	26.0%	16.3%	77'122	44'521	16'247	14'231	139
12 LU Perlen	256'548	13.02	1.00	0.93	43.3%	18.9%	397'794	155'779	4'193	20'501	668
13 NE Colombier	69'522	11.41	0.62	0.49	14.6%	17.0%	26'042	29'442	6'049	8'190	192
14 NE La Chaux-de-Fonds	53'097	11.34	0.87	0.67	45.8%	13.4%	68'897	13'190	7'681	9'443	535
15 SG Bazenheid ¹⁾	88'430	12.04	0.72	0.53	26.6%	17.4%	61'229	37'651	17'619	10'382	10'992
16 SG Buchs (SG)	182'164	12.68	0.90	0.76	43.7%	15.3%	256'458	73'700	24'257	24'501	1'082
17 SG St. Gallen	80'071	11.23	0.83	0.69	49.5%	10.3%	105'469	20'106	18'053	12'059	930
18 SO Zuchwil	237'297	11.40	0.79	0.63	19.3%	21.3%	113'255	129'095	31'710	31'069	16
19 TG Weinfelden	150'094	12.04	0.81	0.69	41.5%	12.8%	192'706	48'452	15'467	16'033	102
20 TI Giubiasco	176'880	11.43	0.74	0.60	14.3%	21.7%	58'526	100'122	21'768	21'469	0
21 VD Lausanne	179'555	12.75	0.97	0.86	54.3%	13.5%	314'924	69'849	30'197	15'974	250
22 VS Gamsen	38'657	12.64	0.84	0.67	63.6%	5.0%	79'634	907	6'743	5'815	655
23 VS Sion ¹⁾	57'675	11.86	0.53	0.38	12.2%	17.0%	16'495	26'227	7'847	8'165	11'592
24 VS Monthey	177'348	10.85	0.90	0.71	18.6%	25.9%	77'949	109'733	21'422	28'829	344
25 ZH Dietikon	94'112	12.56	0.74	0.61	21.1%	18.6%	66'302	47'447	3'117	13'708	347
26 ZH Hinwil	189'609	12.20	0.66	0.56	10.1%	20.3%	59'127	108'743	5'699	21'544	9
27 ZH Horgen	34'953	12.57	0.88	0.79	34.5%	18.5%	41'384	18'776	689	3'911	235
28 ZH ZH Hagenholz	244'879	11.83	1.06	0.98	56.5%	15.7%	450'052	103'211	4'265	23'297	159
29 ZH ZH Josefstrasse	126'957	10.15	0.69	0.56	30.6%	12.8%	103'598	31'655	5'856	15'048	794
30 ZH Winterthur	201'006	12.23	0.85	0.73	28.5%	19.8%	182'824	108'015	11'452	27'133	135
Anlagen- Mittelwert	135'312	11.978	0.78	0.65	30.3%	16.8%	133'021	61'845	11'494	16'189	2'066
CH-Mittelwert **		11.924	0.82	0.70	32.2%	17.3%					
CH-Mittelwert 2018 **		11.897	0.80	0.68	30.4%	17.2%					
CH-Summe	4'059'374						3'990'615	1'855'358	344'813	485'669	61'969
CH-Summe 2018	4'041'686						3'731'845	1'830'592	341'788	483'337	57'332
CH- Maximal	256'548	13.84	1.06	0.98	65.4%	25.9%	495'726	155'779	31'710	31'069	15'156
CH- Minimal	34'953	9.47	0.53	0.38	7.0%	5.0%	13'073	907	689	3'911	9

¹⁾ gemittelt über Anzahl Anlagen
²⁾ gemittelt über Abfallmenge bzw. Energieinput

¹⁾ nur KVA ohne Schlammverbrennungsanlage
²⁾ Anlagen mit energetisch relevanten, betrieblichen Sonderzuständen, vgl. Abb. 3 und Beschrieb S. 21

höchster Wert
tiefster Wert (= 0)

Abb. 1: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2019 (kompakt)



Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2019 (detailliert)

Anlage	Abfallinput							Effizienz-Kennzahlen							Energie-Verwertung										Fremdenergie						
	Kohlenwasserstoff-Abfall		Sonstige Abfälle		Energieabfall (MWh/a)			Kraftwerk-Effizienz	Energieabfall-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Wärmeverbrauchs-Effizienz (EPC)	Fremdenergie (EPC)			Energie-Effizienz				
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a																	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
01 AG Buchs (AG)	131'358	0	12.83	12.83	468'063	87.2%	0.71	0.60	18.8%	18.6%	72'141	0.549	0.154	73'914	0.563	0.158	15'820	0.120	0.034	13'572	0.103	0.029	87'250	442	0.003	0.001	0	0	206	0	236
Anlagen-Mittelwert	135'312	5'565	11.978	12.290	449'202	83.9%	0.78	0.65	30.5%	16.8%	133'021	0.920	0.274	61'845	0.440	0.132	11'494	0.094	0.028	16'189	0.125	0.038	77'624	2'066	0.025	0.007	189	35	352	231	352
CH-Mittelwert**			11.924	12.225		84.1%	0.82	0.70	32.2%	17.3%		0.983	0.296		0.457	0.138		0.085	0.026		0.120	0.036			0.015	0.005					
CH-Summe	4'059'374	106'953			13'476'073						3'990'615			1'855'358		344'813				485'669		2'328'711	61'969		5'677	24'016	1'061	6'918	10'557	13'740	
CH-Summe 2018	4'043'686	109'561			13'384'150						3'731'845			1'830'592		341'788				483'337		2'317'332	57'332		5'708	21'423	1'061	6'927	10'557	13'666	

* gemittelt über Anzahl Anlagen
** gemittelt über Abfallmenge bzw. Energieinput
* nur KVA ohne Schlammverbrennungsanlage
* Anlagen mit energetisch relevanten betrieblichen Sonderzuständen, vgl. Abb. 3 und Beschrieb 5.21

Nichtbar Wert
hellbar Wert (= 0)

** Aufteilung Fremdenergiebedarf total:
Fossil: 12'595 MWh
Erneuerbar: 34'573 MWh
Abwärme: 1'061 MWh
Elektrisch: 43'740 MWh

Abb. 2: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2019 (detailliert)



Energienutzungsgrad CH- KVA 2019

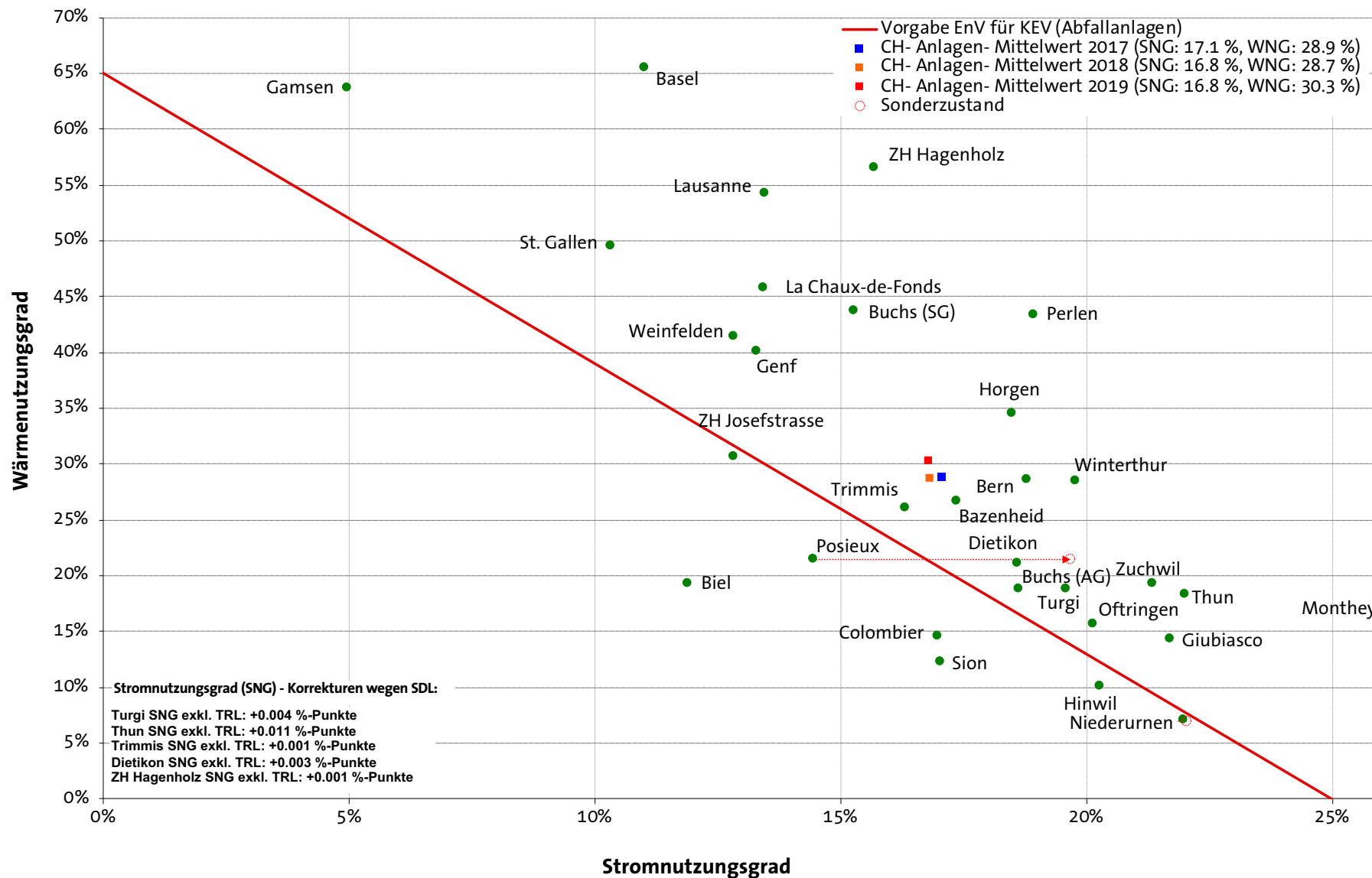


Abb. 3: Energienutzungsgrad nach EnV, und Auswirkung durch Sonderzustände (Turbinen- und Generatorausfall, ausserplanmässiger Stillstand) für 2 Anlagen (rote Kreise und Pfeile)

Energienutzungsgrad CH- KVA 2019

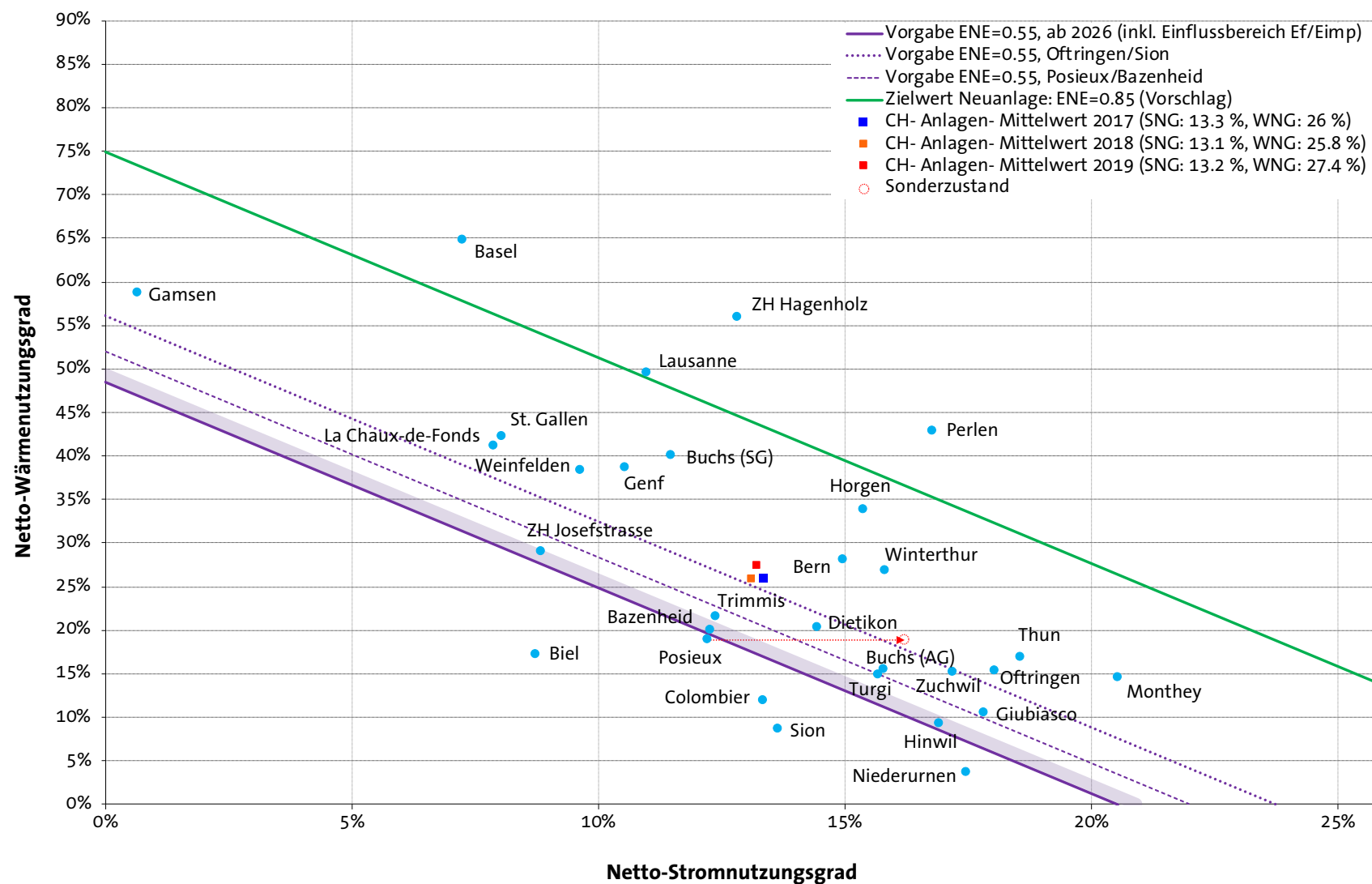


Abb. 4: Energetische Nettoeffizienz ENE und Auswirkung durch Sonderzustände

Hinweis: Die ENE-Formel ist auf Seite 27 beschrieben. 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 Bazenheim erfüllt die Vorgabe (gestrichelte Linie) deshalb nicht. Die Anlage in Oftringen erfüllt die Vorgabe (gepunktete Linie). Für die restlichen Anlagen liegt die Vorgabe innerhalb des schattierten Bereichs (Hinwil und Josefstrasse erfüllen die Vorgabe).

Heizwert nach Standardmethode 2019 und 2018

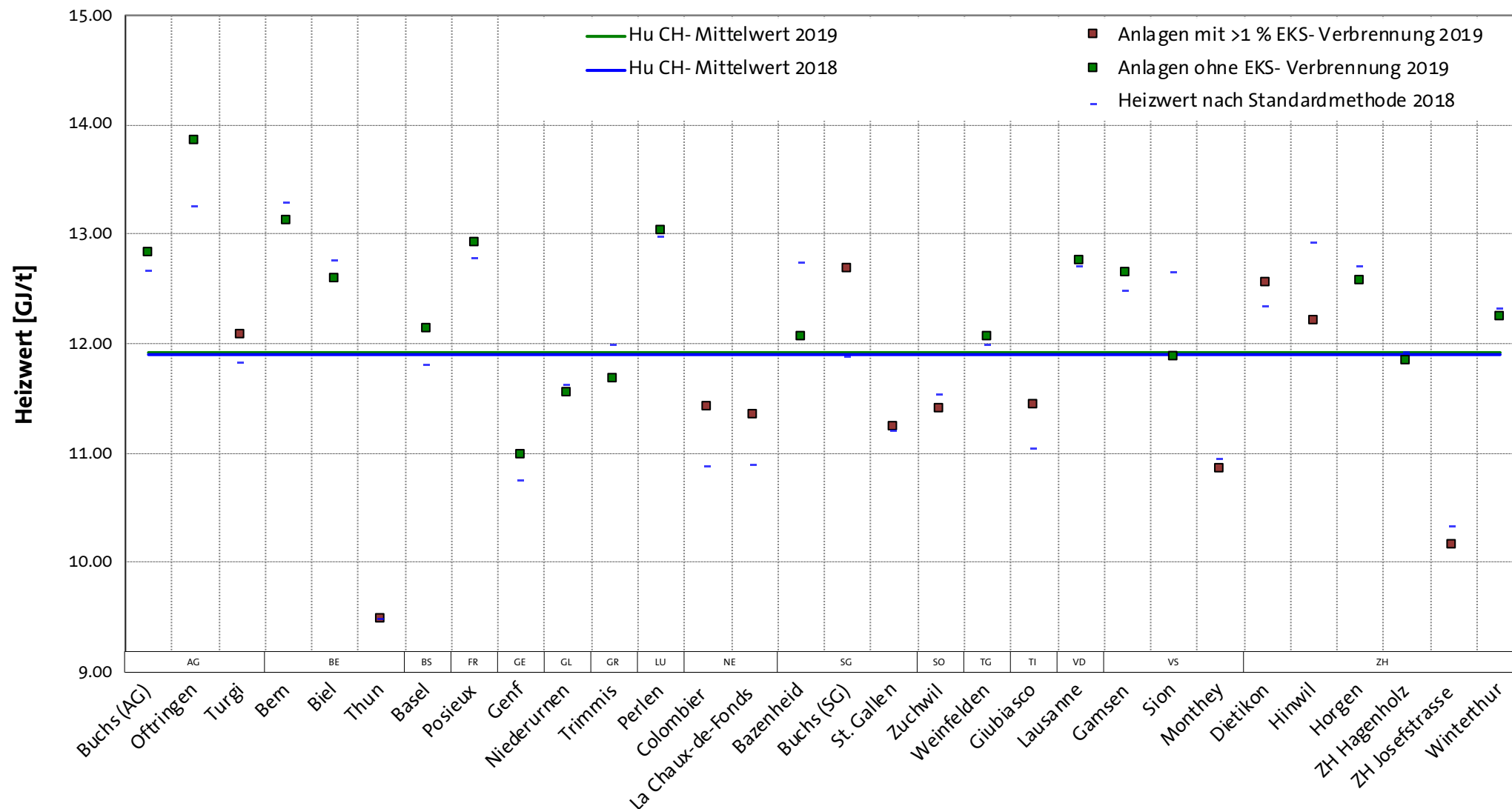


Abb. 5: Heizwert 2019 und 2018

R1- Faktor 2019 und 2018

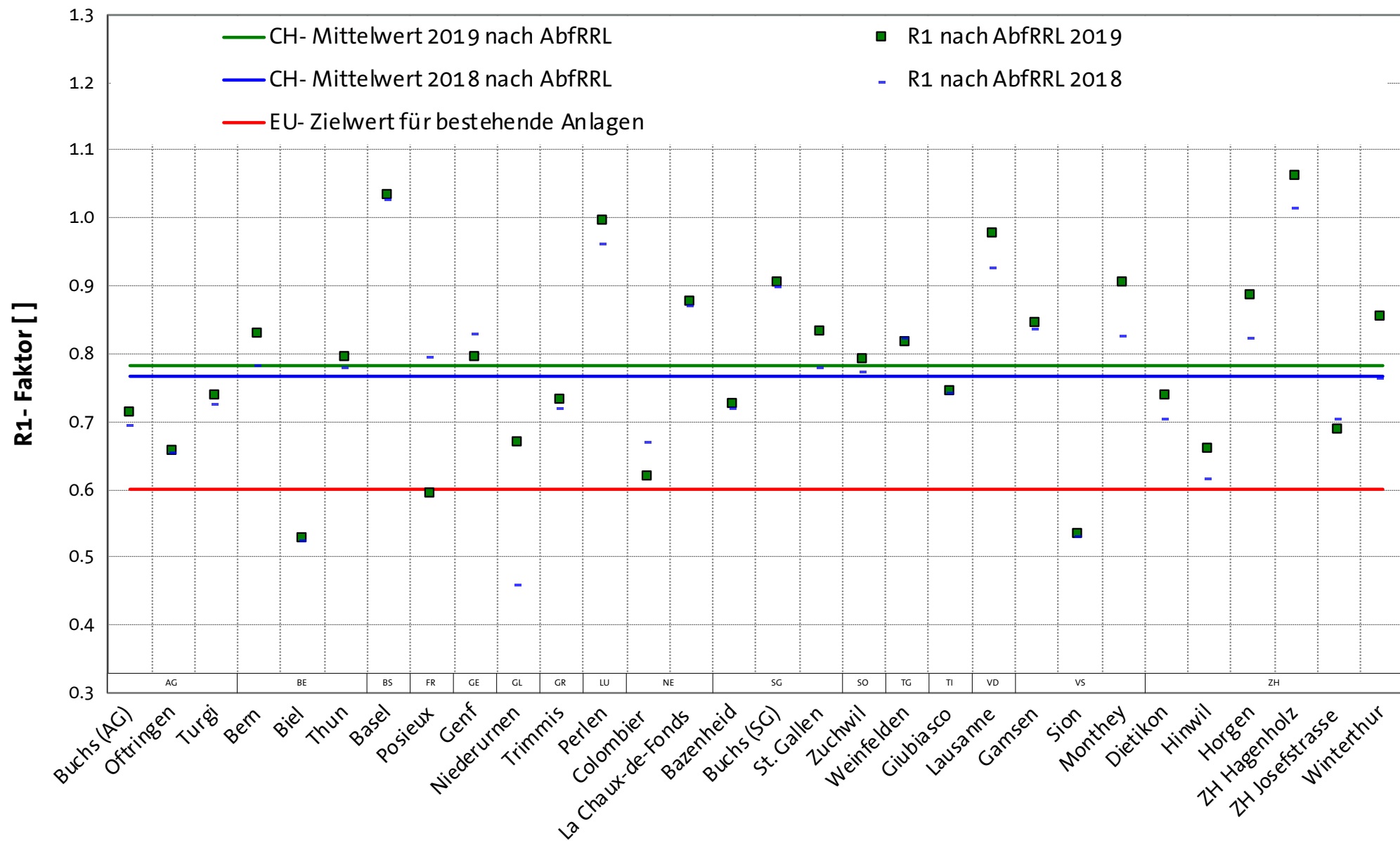


Abb. 6: R1-Faktor 2019 und 2018

Energetische Nettoeffizienz (ENE) 2019 und 2018

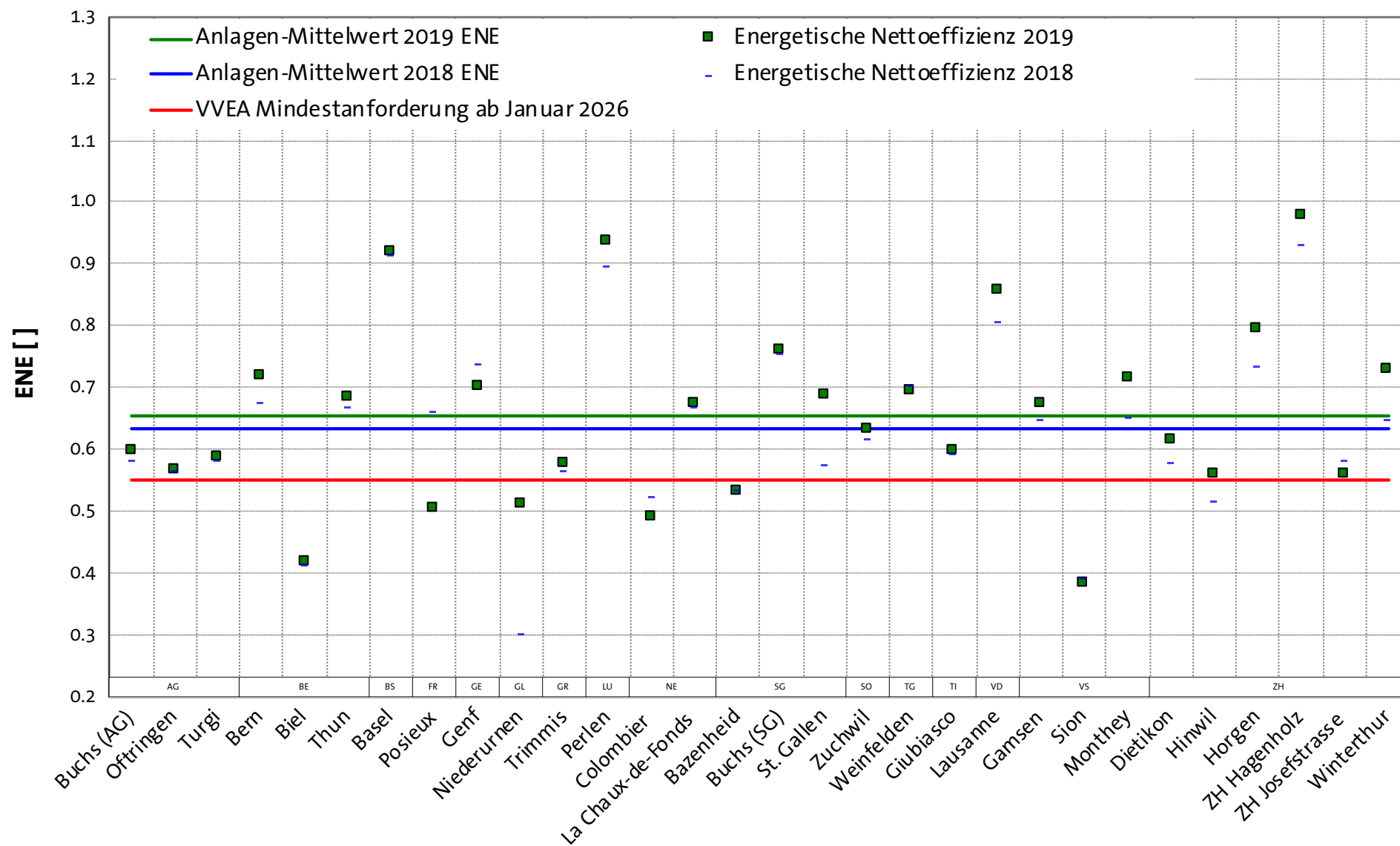


Abb. 7: Energetische Nettoeffizienz ENE 2019 und 2018

Kesselwirkungsgrad 2019 und 2018

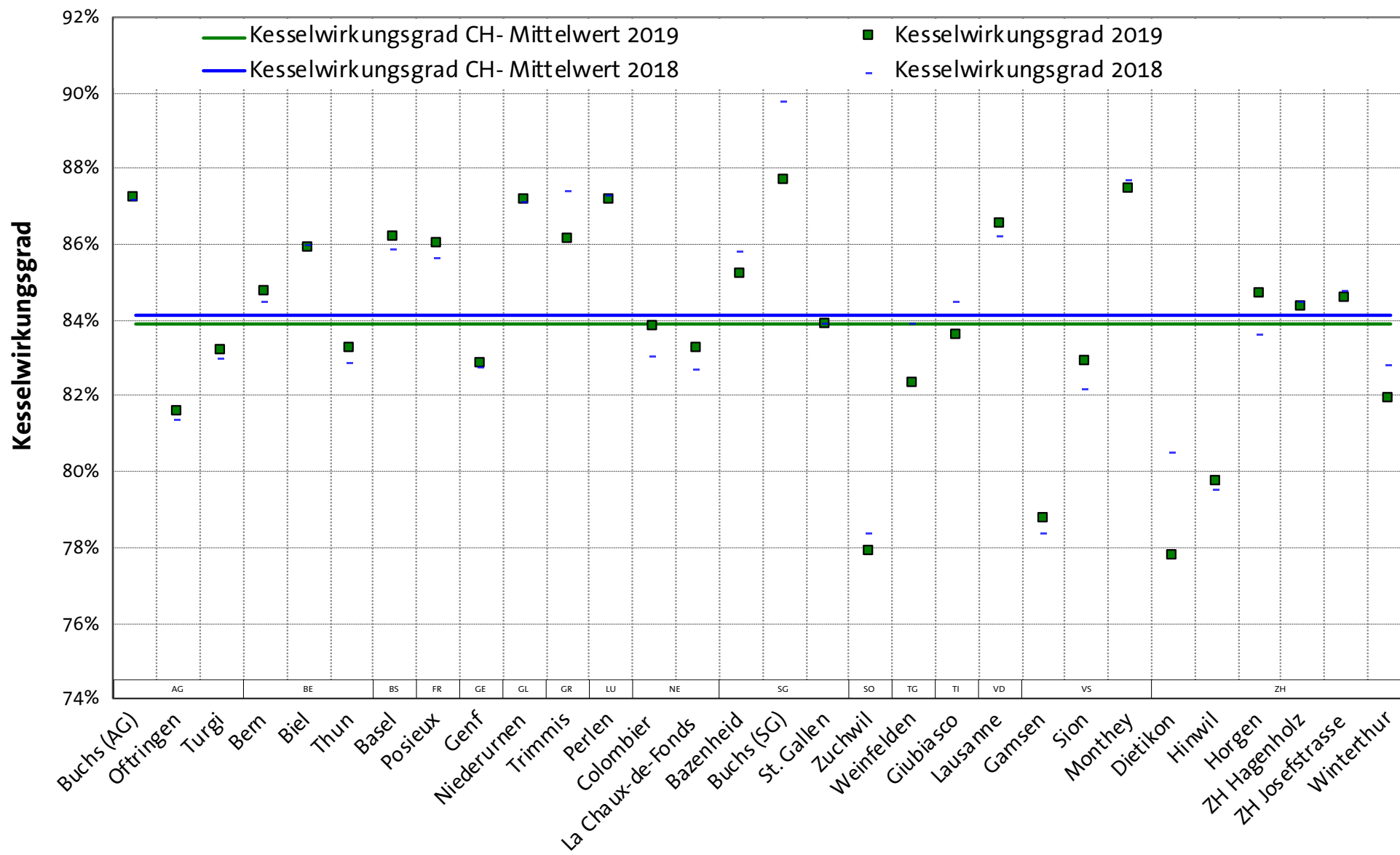


Abb. 8: Kesselwirkungsgrad 2019 und 2018

Spezifischer Wärmeexport 2019

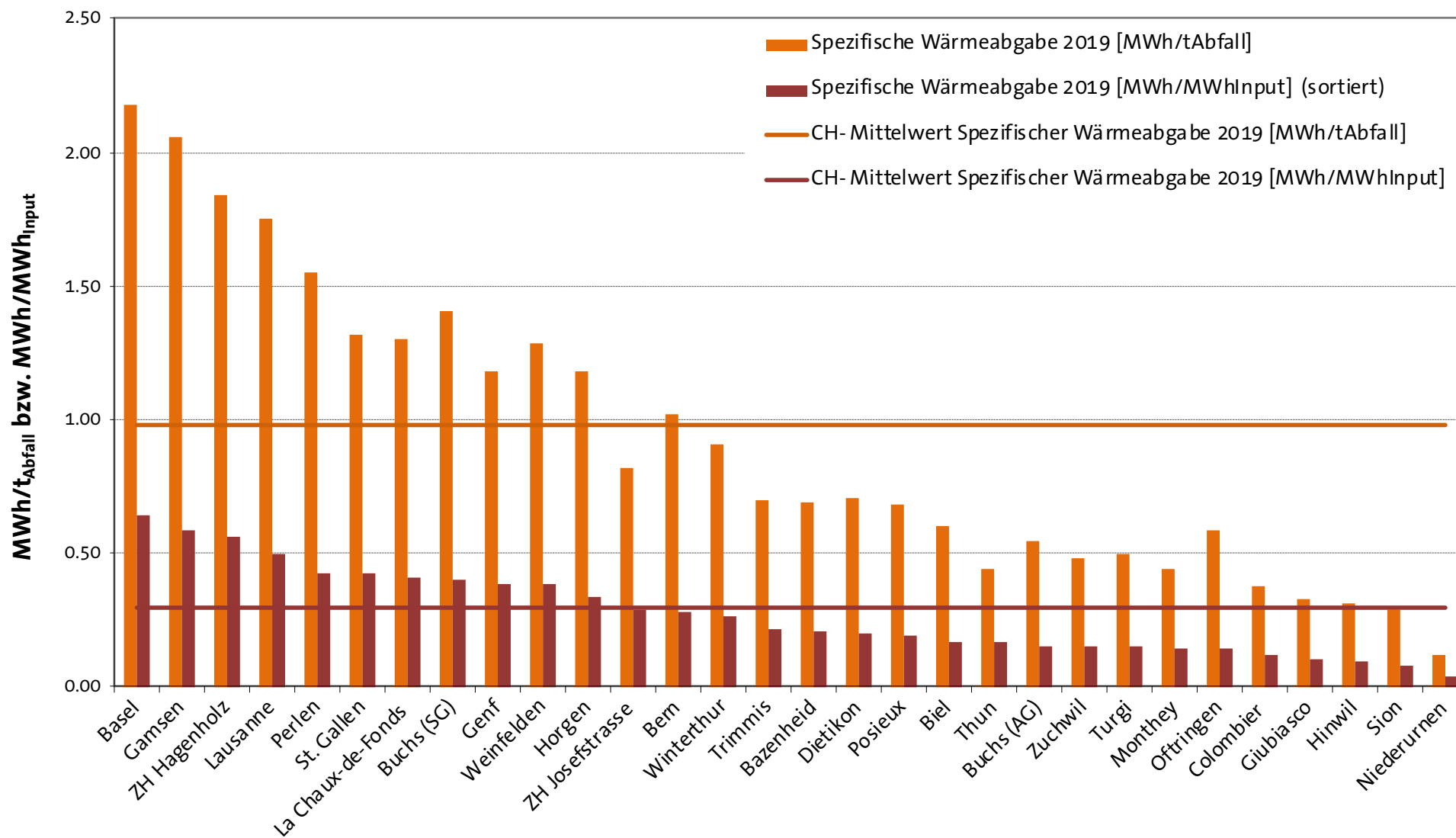


Abb. 9: Spezifischer Wärmeexport 2019

Spezifischer Wärmebedarf 2019

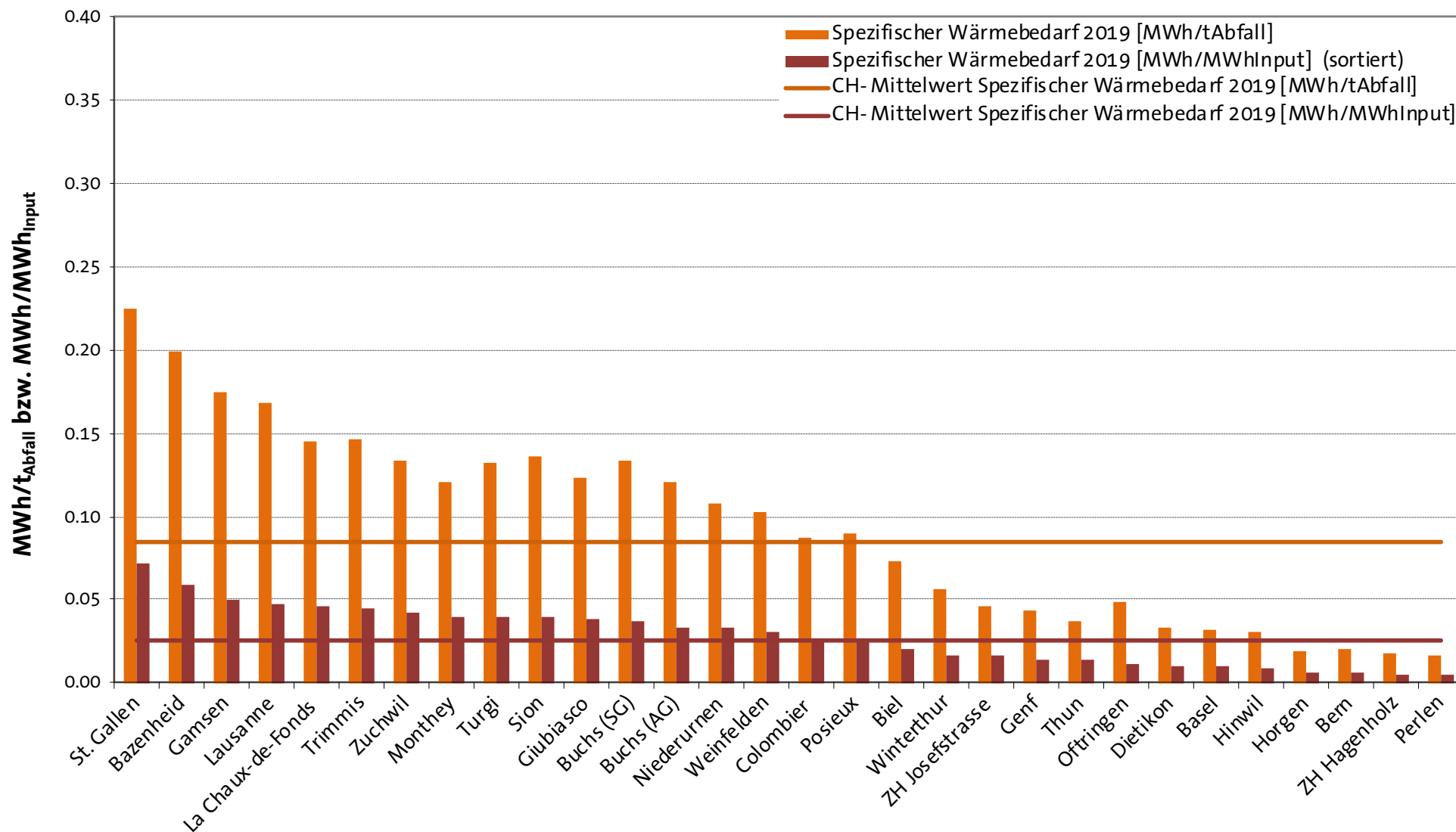


Abb. 10: Spezifischer Wärmeeigenbedarf 2019

Spezifischer Stromexport 2019

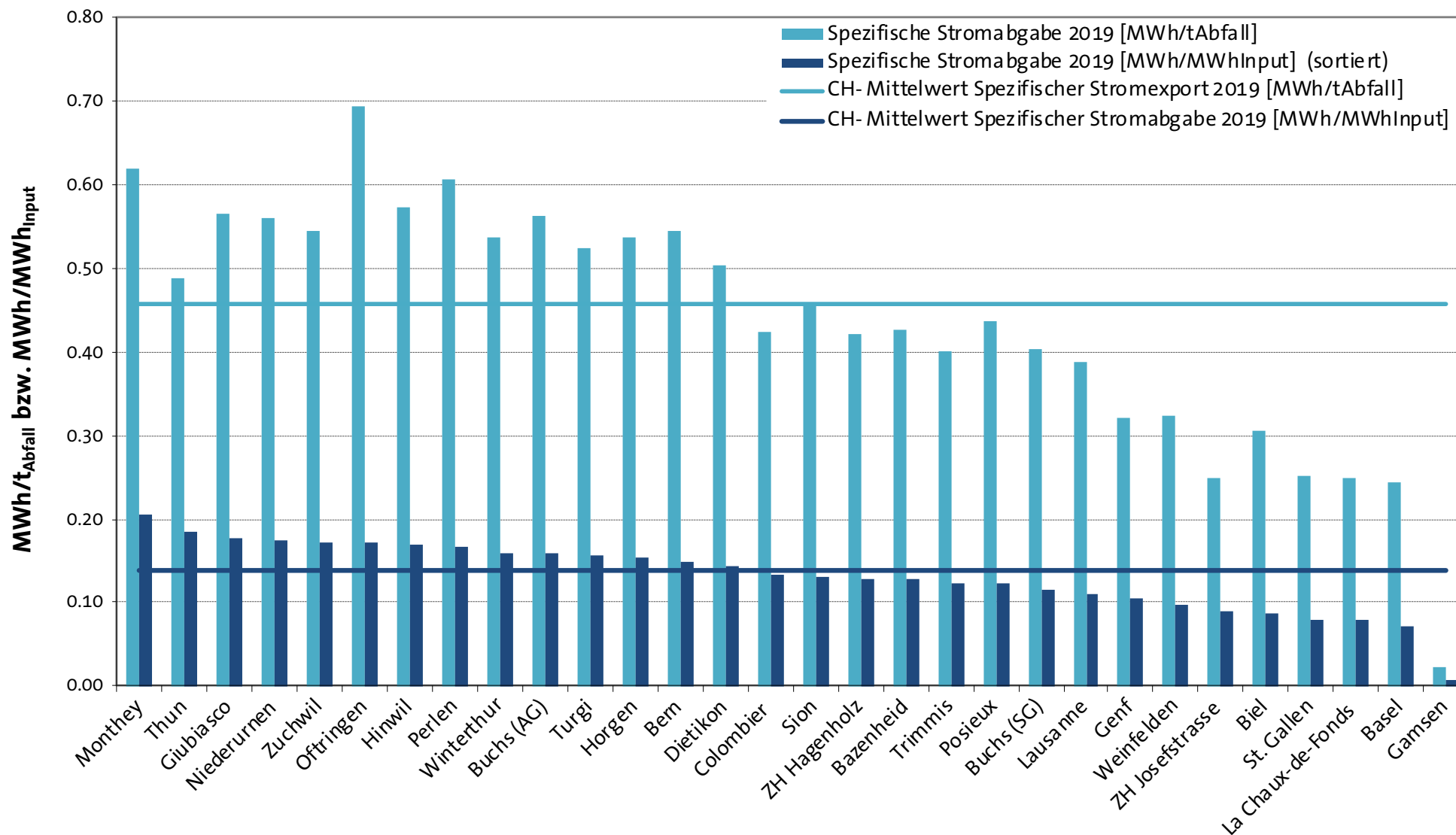


Abb. 11: Spezifischer Stromexport 2019

Spezifischer Strombedarf 2019

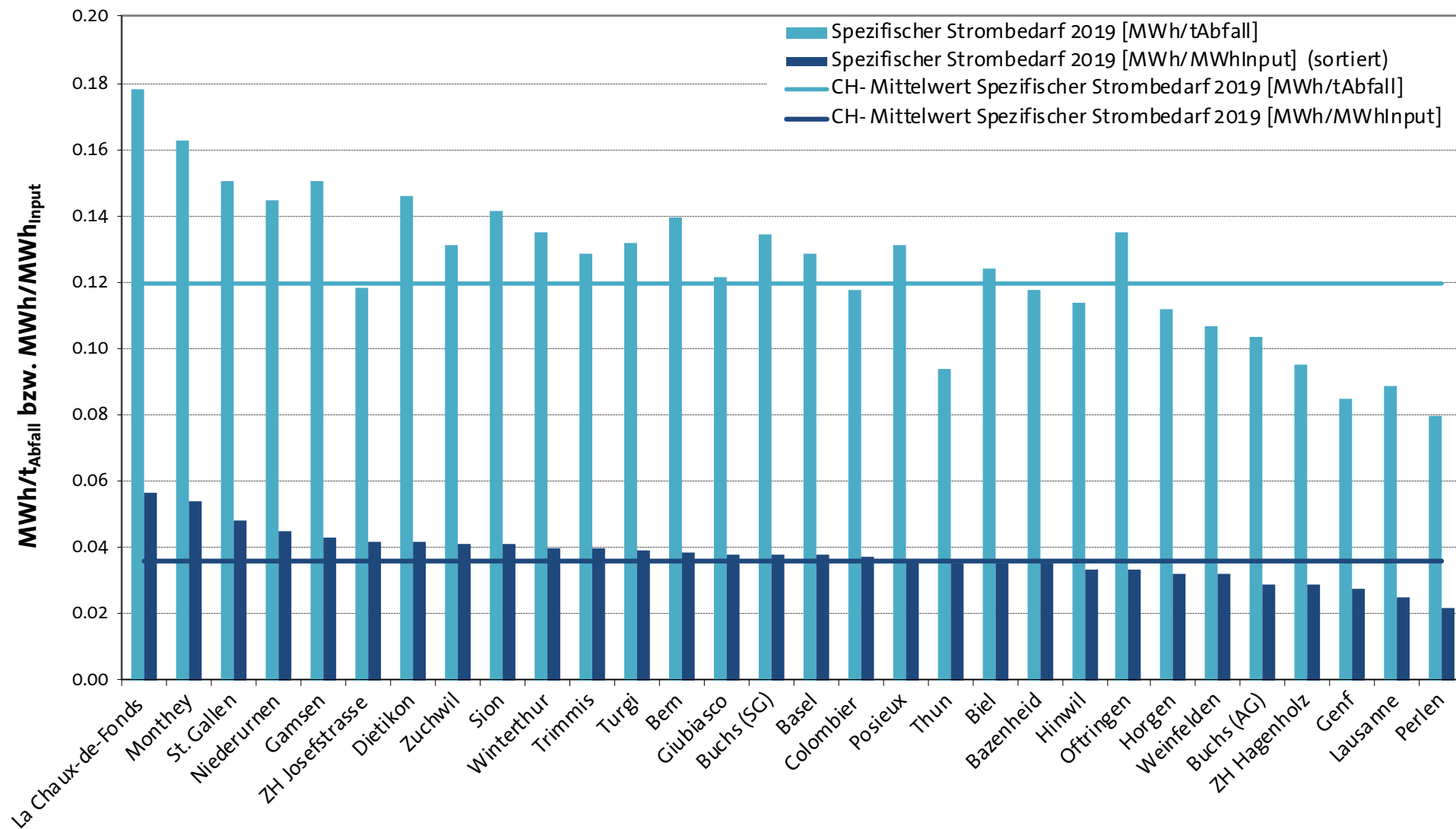


Abb. 12: Spezifischer Stromeigenbedarf 2019

Wärmenutzungsgrad 2019

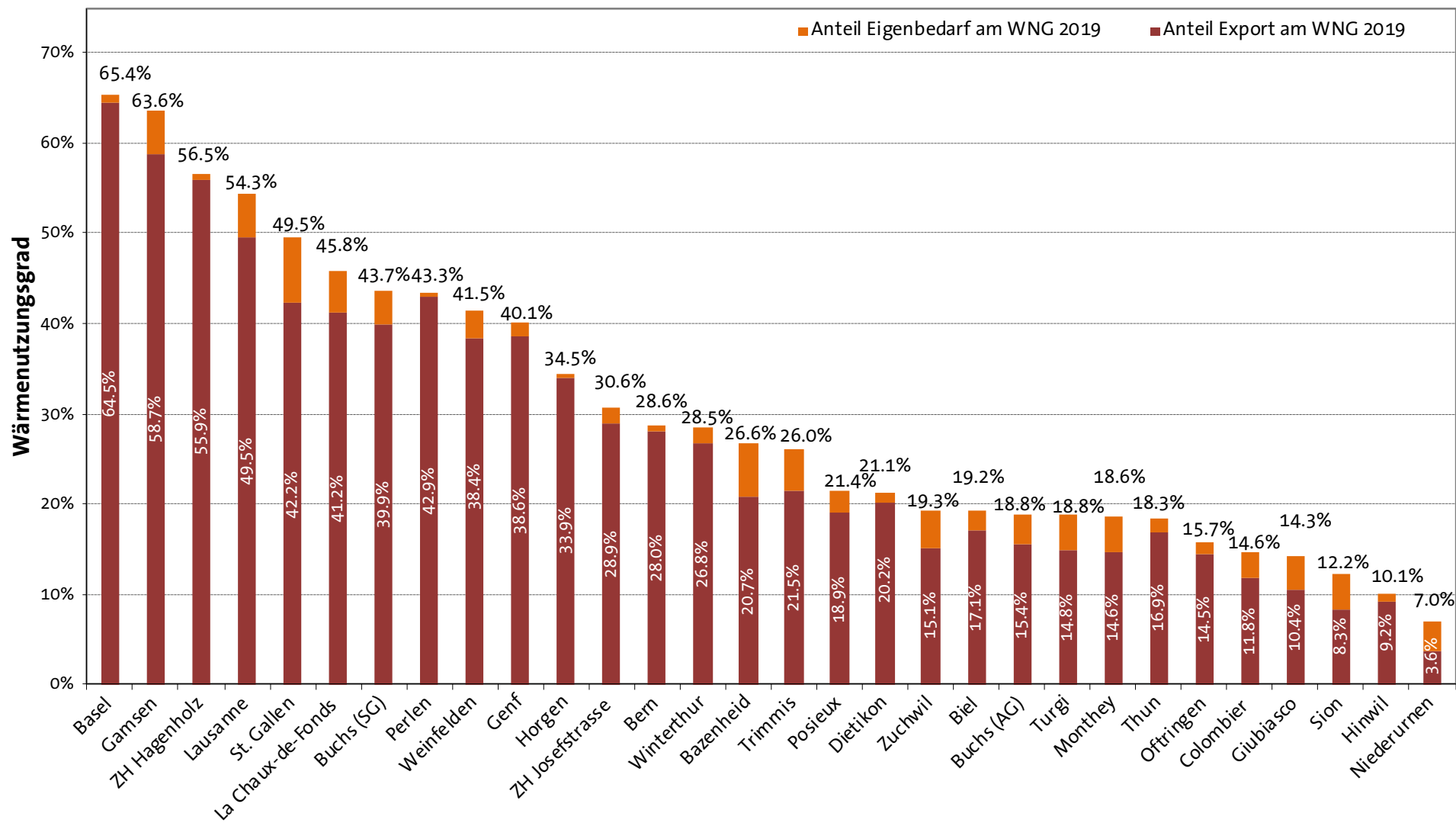


Abb. 13: Wärmenutzungsgrad 2019

Stromnutzungsgrad 2019

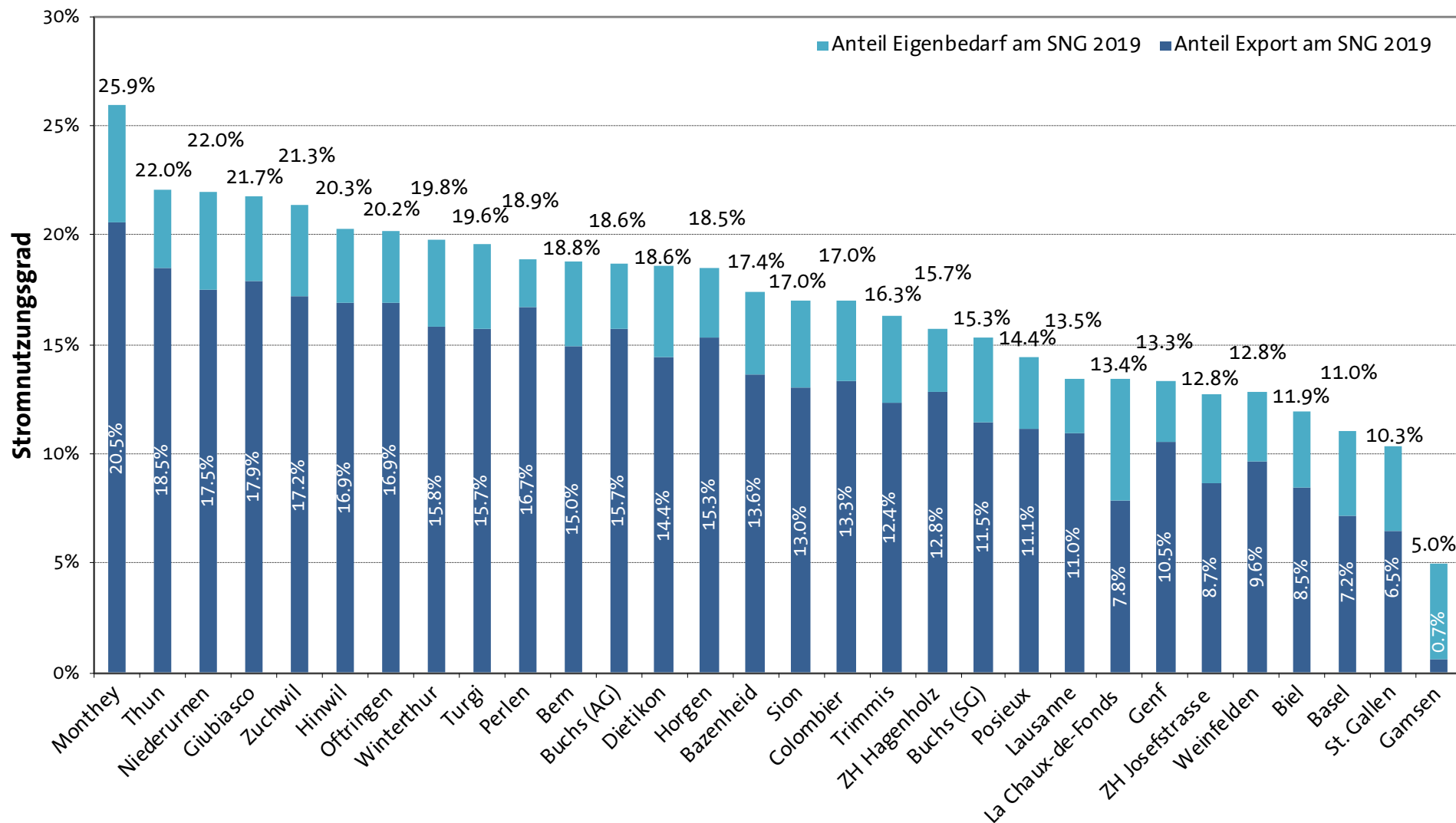


Abb. 14: Stromnutzungsgrad 2019

Energiefluss CH-KVA 2019

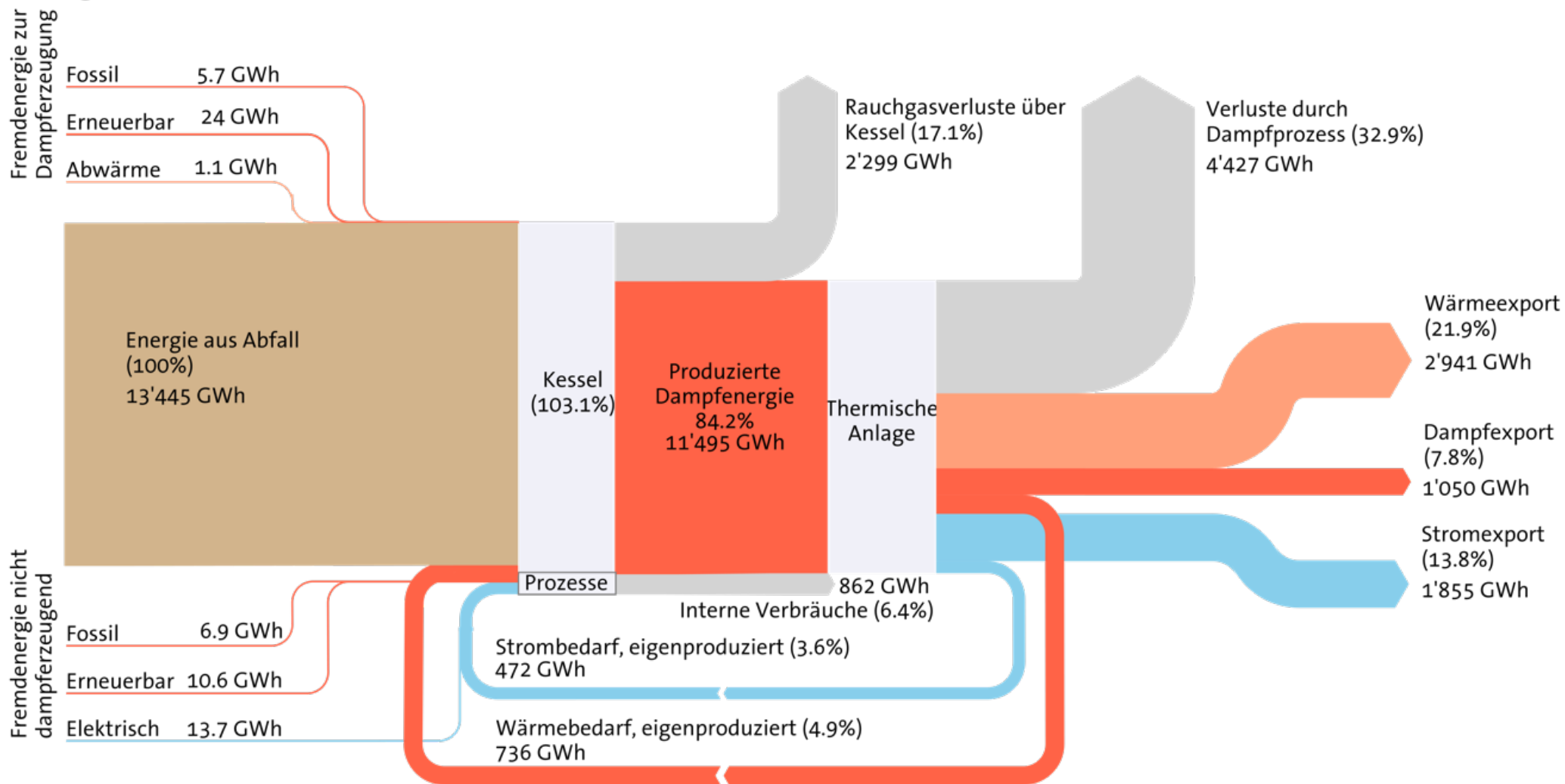


Abb. 15: Energieflussdiagramm CHF-KVA 2019

BEMERKUNGEN ZU DEN ENERGIEKENNZAHLEN 2019

Allgemeine Veränderungen

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

- Der **Energieinput in den Kessel** ist leicht angestiegen (+ 0.7%). Die Grund dafür ist die Zunahme der Menge des verbrannten Abfalls (+ 0.4%) bei praktisch gleichbleibendem Heizwert (+ 0.2%).
- Die **Wärme- und Dampfabgabe** hat um 6.9% zugenommen (+ 259 GWh). Dabei nahm sowohl der Verkauf von Wärme (+ 8.7%) als auch von Dampf (+ 2.2%) zu, bei rund 6% höherer Anzahl an Heizgradtagen 2019 (Ø Schweiz). Der kontinuierliche Ausbau der Fernwärme ist ein weiterer Grund für die Zunahme. Andere Sondereffekte sind nicht bekannt.
- Die **Stromabgabe** hat um 1.4% zugenommen (+ 25 GWh). Der Grund liegt darin, dass 2018 bei vier Anlagen nicht geplante oder länger dauernde Ausfälle der Turbine/Generator aufgetreten sind. Im 2019 weist «nur» eine Anlage eine nennenswerte Minderproduktion auf Grund eines Generatorausfalls auf. Gegenüber 2017 beträgt die Zunahme nur 0.2% (3 GWh).

Sonderereignisse im 2019

Im Betriebsjahr 2019 sind insbesondere bei zwei Anlagen ausserplanmässige Ausfälle/Revisionen aufgetreten. Die genauen Hintergründe und abgeschätzten Auswirkungen sind hier erklärt:

KVA Posieux

Panne des Alternators und demzufolge Ausfall der Turbine vom 14. Mai 2019. Im Anschluss wurde eine grosse Turbinenrevision durchgeführt und der Alternator ersetzt. Wiederinbetriebnahme am 15 Juni 2019. Zwischen 25. September und 18. November kam es erneut zu einem Turbinenausfall. Die abgeschätzte Stromminderproduktion beträgt ca. 18 GWh.

KVA Linth:

Auf Grund eines ausserplanmässigen Ersatzes eines Überhitzers der Ofenlinie 2 wurde die ordentliche Revision um eine Woche verlängert. Dies hatte eine abgeschätzte Stromminderproduktion von knapp 1 GWh zur Folge.

Ein Wegfall der Wärmabnehmer trat bei zwei Anlagen auf. Da es sich hierbei nicht um einen Sonderzustand im Sinne eines einmaligen Ereignisses handelt, wurden für diese Anlagen keine hypothetischen Normalwerte errechnet. Der Vollständigkeit halber sind die Gründe aber hier erklärt:

KVA Weinfeld:

Die Papierfabrik Model bezieht 10 GWh weniger Prozessdampf als bisher. Dies entspricht einer Reduktion des Dampfexports um rund 5%.

KVA Josefstrasse:

Durch den Wegzug der Zentralwäscherei nahm der Dampfexport um rund 7 GWh ab, was einer Reduktion von gut 6% des gesamten Wärmexports entspricht.

Massenfluss der Schweizer KVA 2019

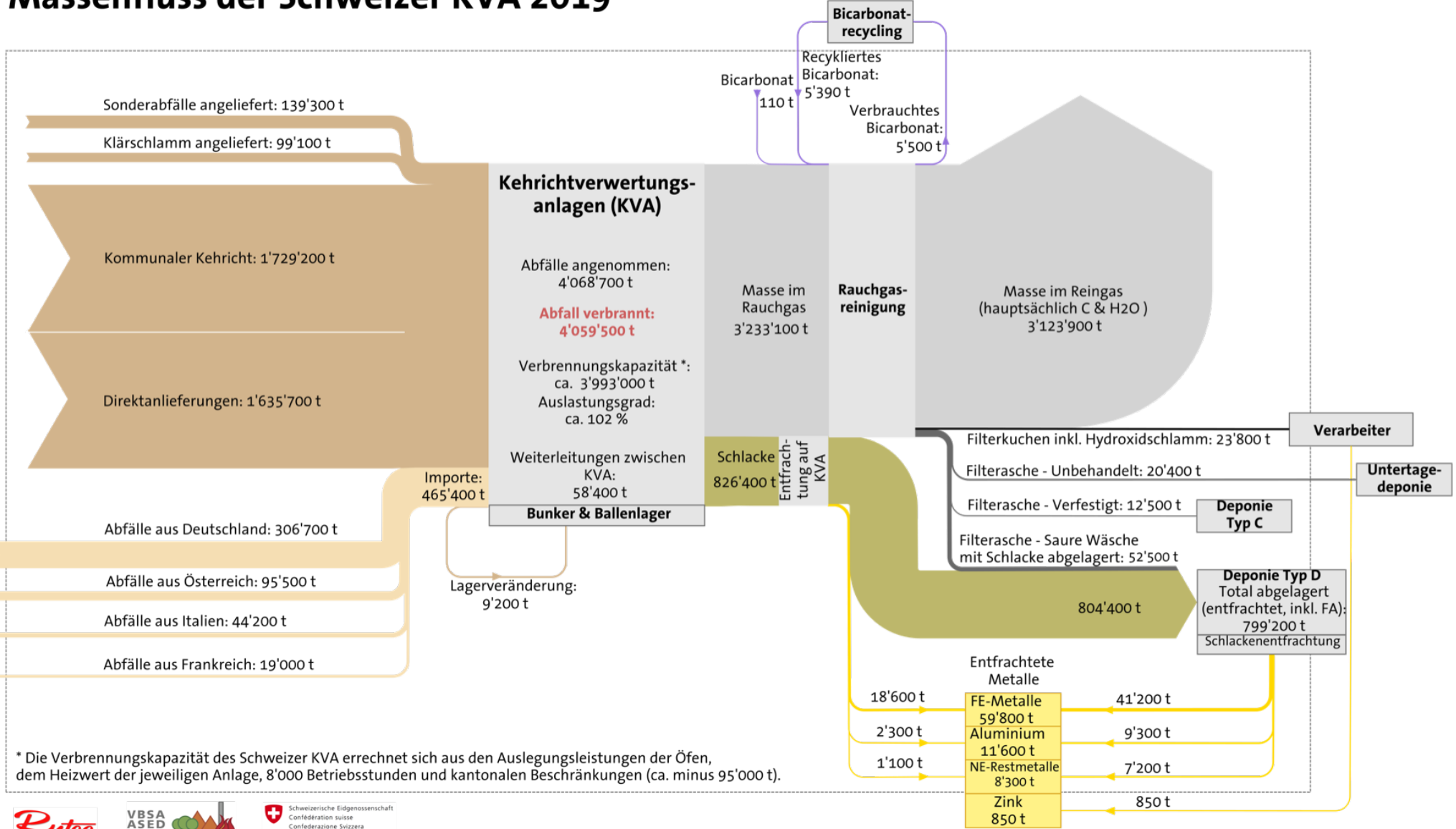


Abb. 16: Massenflussdiagramm CHF-KVA 2019

Angelieferte & verbrannte Abfälle [kt]

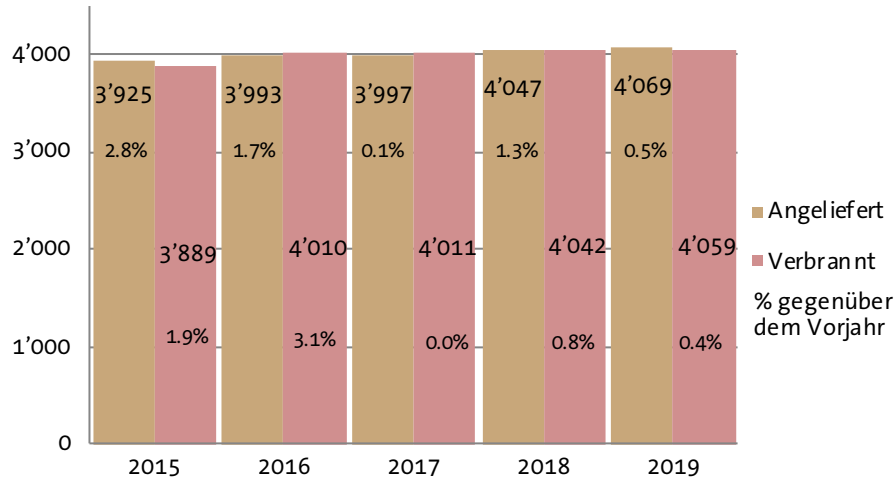


Abb. 17: Angelieferte und verbrannte Abfälle (Differenz ist Lagerveränderung)

Rückstände & entnommene Metalle [kt]

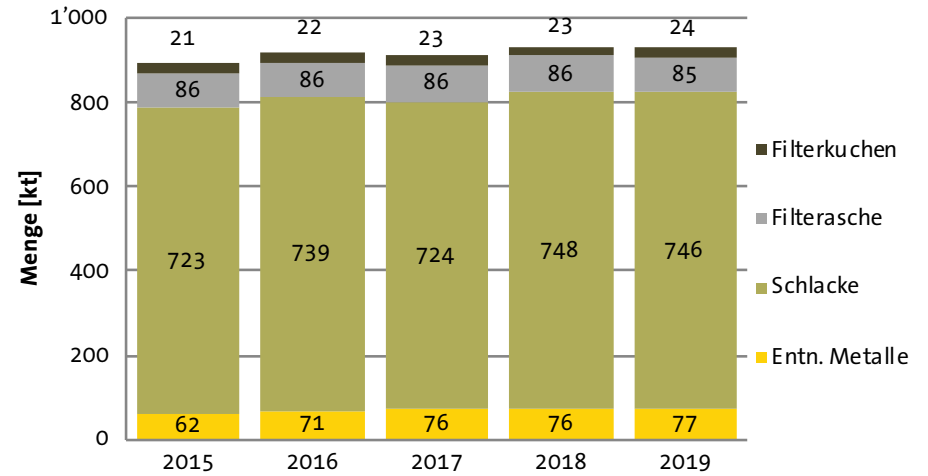


Abb. 18: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1000 Tonnen

Angelieferte Abfälle [kt]

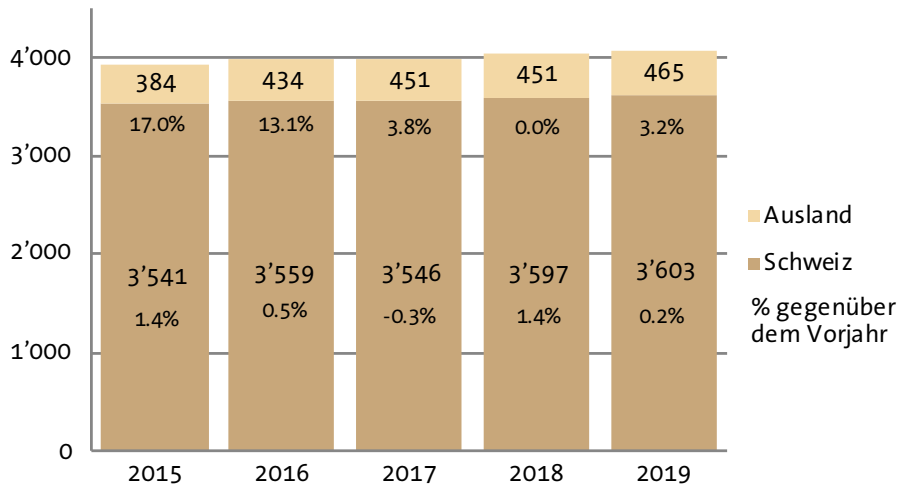


Abb. 19: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft (In- und Ausland)

Rückstände & entnommene Metalle [%]

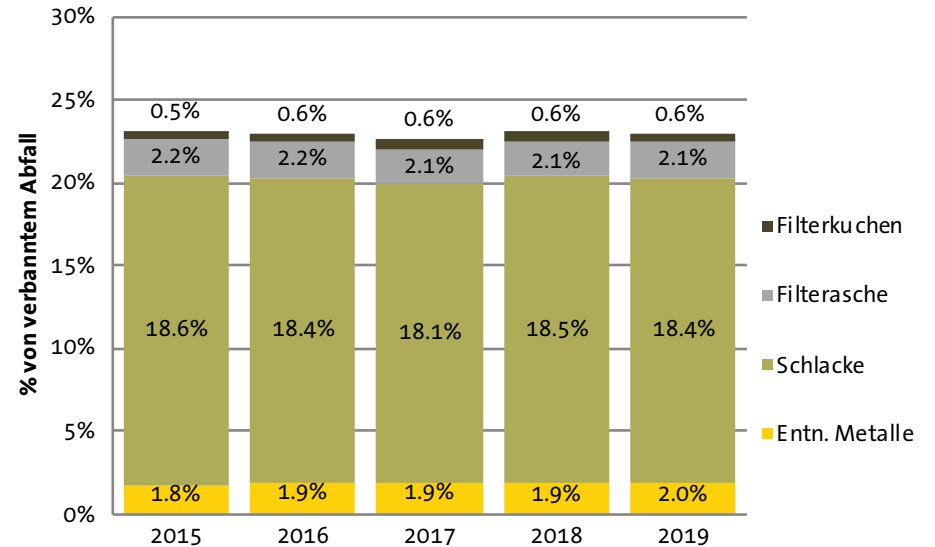


Abb. 20: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % der verbrannten Abfallmenge

Veränderung der angelieferten Abfallmengen 2018/19 [kt]

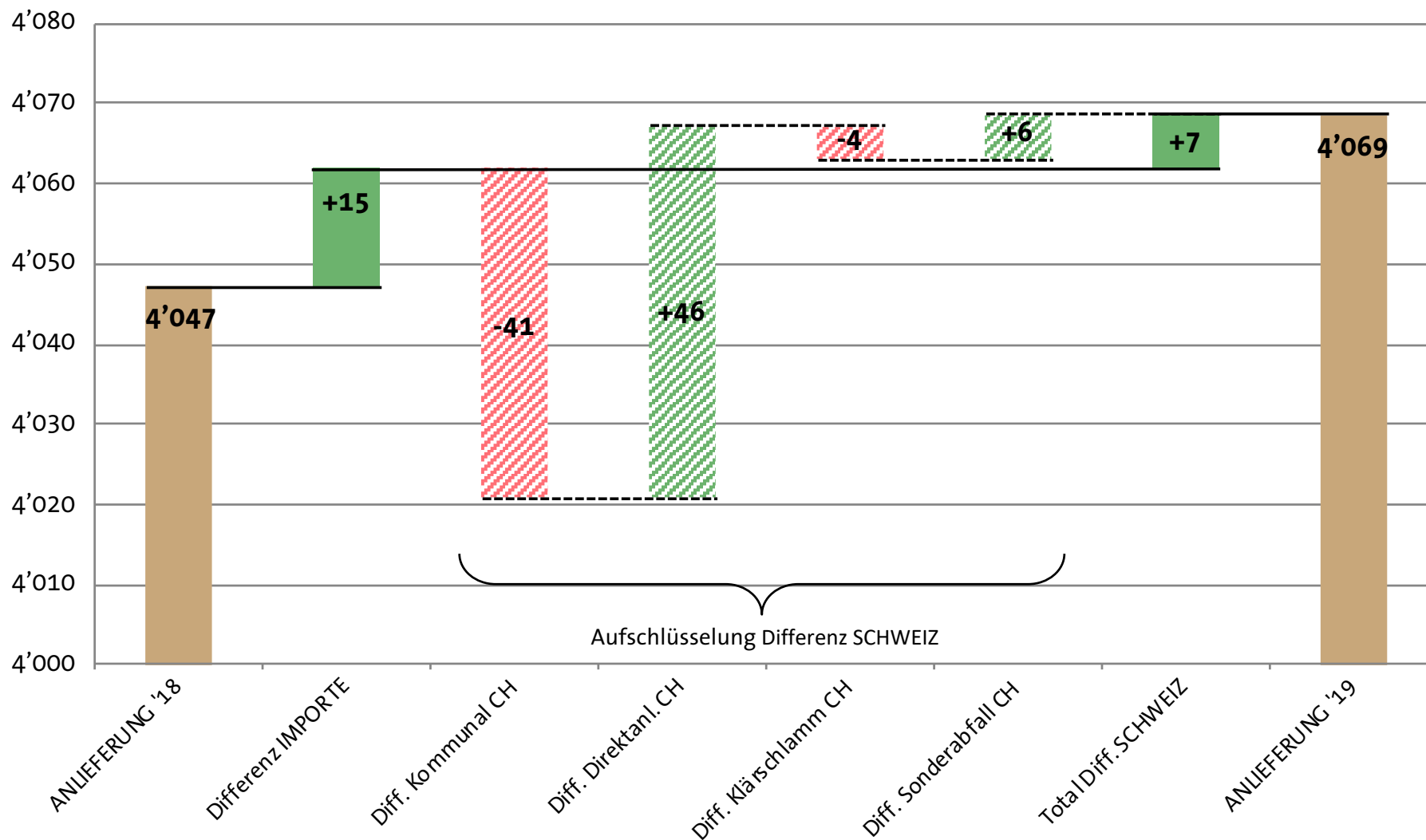


Abb. 21: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2019 gegenüber 2018

BEMERKUNGEN ZU DEN MENGENZAHLEN 2019

Der **angelieferte Abfall** nahm um **22'000 t (+ 0.5 %) zu**, dazu geführt haben:

- Importe (DE, AT, FR, IT): + 15'000 t (+ 0.35 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)
- Inlandanlieferungen: + 7'000 t (+ 0.15 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)

Die **verbrannte Menge** Abfall nahm um **18'000 t (+ 0.4 %) zu**, dazu geführt haben:

- Angelieferte Abfälle: + 22'000 t (+ 0.5 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)
- Füllen von Bunkern und Lagern: - 4'000 t (- 0.1 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)

Anlieferzahlen:

- **Sonderabfall:** + 5'600 t (+ 4.2%): 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 vierte Jahr der Bereinigung der Annahmehaltung bei den Anlagen (2018 + 10'000 t, 2017 + 20'000 t, 2016 waren es + 8'000 t). Zunahme durch Resh, da weniger exportiert werden konnte.
- **Klärschlamm:** - 400 t (- 1.5%): Die verbrannte Menge an Klärschlamm bleibt ungefähr auf dem Vorjahresniveau. Für die kleine Abnahme sind keine aussergewöhnlichen Gründe bekannt.
- **Kommunale Anlieferungen:** - 41'000 t (- 2.3%): Effekt der Motion Fluri (Firmen ab 250 Vollzeitstellen unterstehen nicht mehr dem Entsorgungsmonopol der Gemeinden und dürfen den Abfall direkt bei den KVA abliefern). Generell nahm die Menge an kommunalen Abfällen pro Anlage um rund 1 bis 3% ab.
- **Direktanlieferungen:** + 46'000 t (+ 2.9%): Effekt der Motion Fluri (vgl. Kommunale Anlieferungen). Zunahme von Littering, verursacht durch die schönes Wetter. Zunahme von Bauabfällen wegen hoher Bautätigkeit. 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] (Δ zum Speisewasser)
E_K	Summe diverser Energieströme in oder aus der Brennkammer (z.B. Stützfeuerung E_f , Energie für Primärluft, Rostkühlung, Dampf für Ammoniakendüsung, 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 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 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 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:

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

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 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

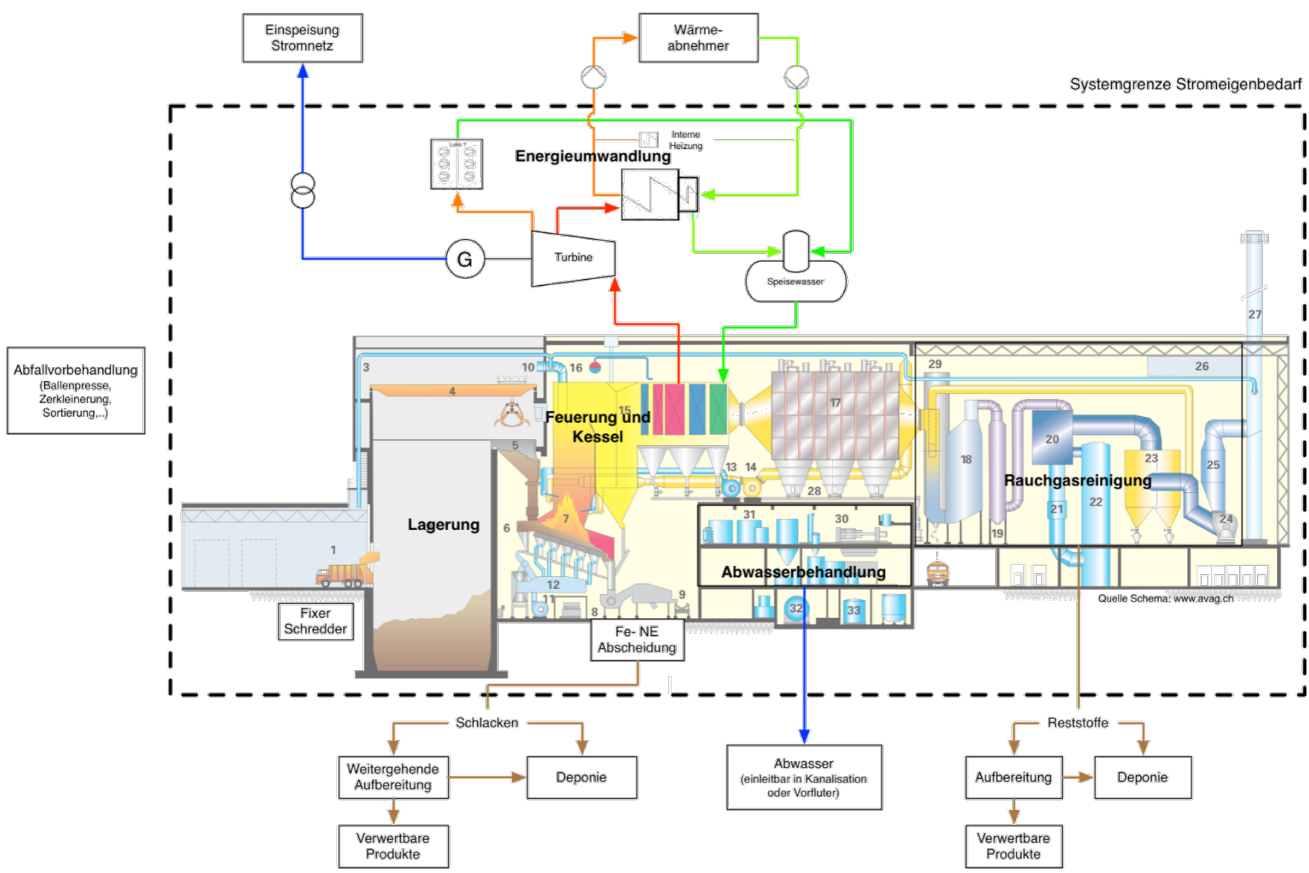


Abb. 22: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs