



Resultate 2021

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



Abbildung 1: KVA Joseftrasse (ZH): Die erste KVA der Schweiz wurde im Jahr 1904 in Betrieb genommen und Ende März 2021 nach 118 Betriebsjahren stillgelegt (Bildquelle: Stadt Zürich).



Datum: 27. April 2022

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 22
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 2021, 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 2010-2020¹ 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:

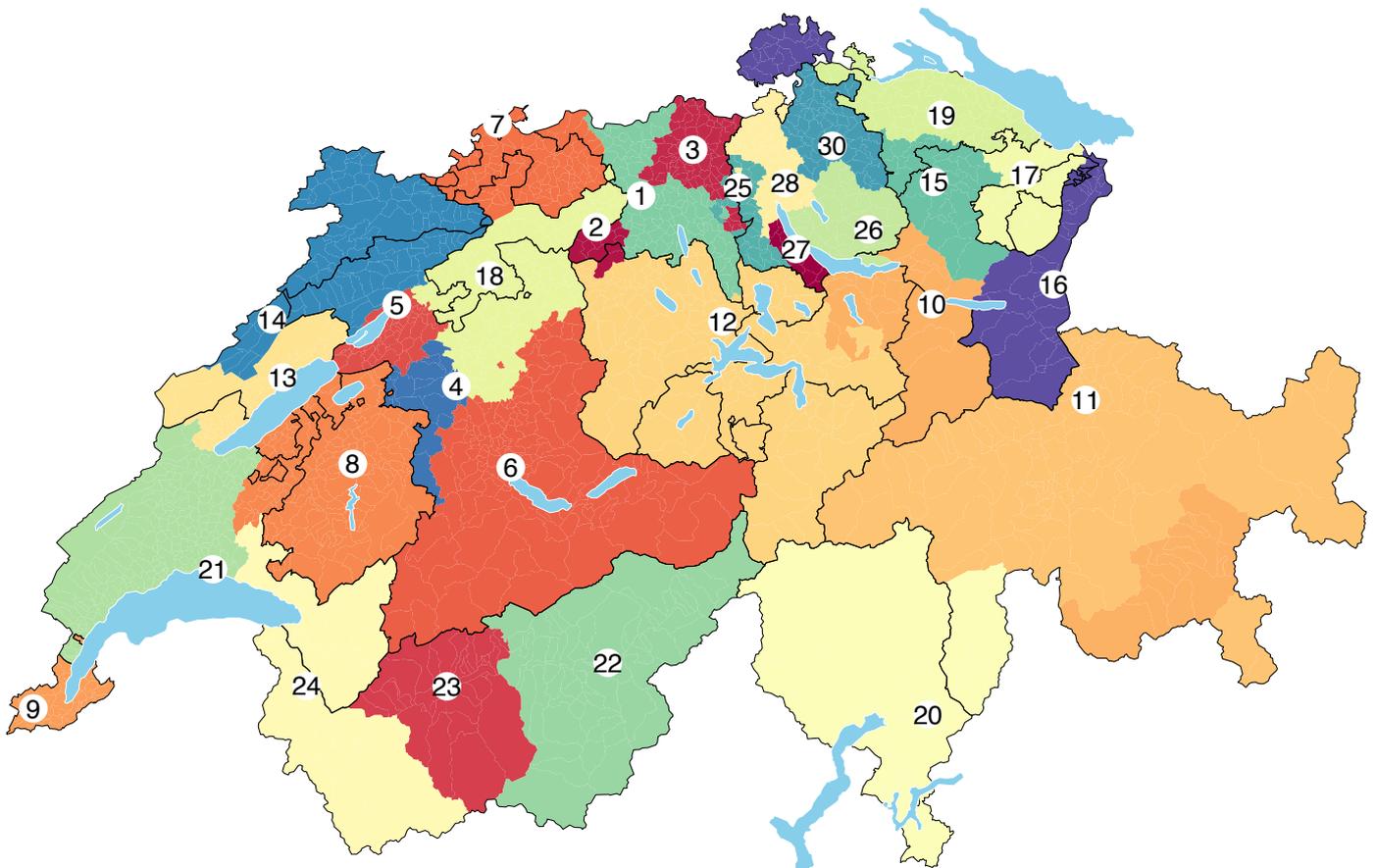


Abbildung 2: Einzugsgebiete der Schweizer KVA im Jahr 2020

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>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>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>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: KVA Joseftrasse (ZH).....	1
Abbildung 2: Einzugsgebiete der Schweizer KVA im Jahr 2020.....	3
Abbildung 3: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2021 (kompakt).....	6
Abbildung 4: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2021 (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 2021 und 2020.....	10
Abbildung 8: R1-Faktor 2021 und 2020.....	11
Abbildung 9: Energetische Nettoeffizienz ENE 2021 und 2020.....	12
Abbildung 10: Kesselwirkungsgrad 2021 und 2020.....	13
Abbildung 11: Spezifischer Wärmeexport pro Tonne Abfall 2021.....	14
Abbildung 12: Spezifischer Wärmeexport pro Energieinput 2021.....	15
Abbildung 13: Spezifischer Wärmeeigenbedarf 2021.....	16
Abbildung 14: Spezifischer Stromexport 2021.....	17
Abbildung 15: Spezifischer Stromeigenbedarf 2021.....	18
Abbildung 16: Wärmenutzungsgrad 2021.....	19
Abbildung 17: Stromnutzungsgrad 2021.....	20
Abbildung 18: Energieflussdiagramm CH-KVA 2021.....	21
Abbildung 19: Massenflussdiagramm CHF-KVA 2021.....	24
Abbildung 20: Angelieferte und verbrannte Abfälle.....	25
Abbildung 21: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle.....	25
Abbildung 22: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft.....	25
Abbildung 23: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle.....	25
Abbildung 24: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2021 gegenüber 2020.....	26
Abbildung 25: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs.....	30

Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2021 (kompakt)

	Abfallinput			Effizienz-Kennzahlen			Energie-Verwertung				Fremdenergie
	Verkaufte Abfallmenge	Heizwert nach Standardmethode	R1 nach AbfRRL	Energetische Werteffizienz (EWG)	Wärmennutzungsgrad nach EnV	Stromnutzungsgrad nach EnV	Wärmeeinsparung (exkl. Eigenbedarf)	Stromerzeugung (exkl. Eigenbedarf)	Wärmeeigenbedarf	Stromeigenbedarf	Fremdenergiebedarf
	[t/a]	[GJ/t]	[-]	[-]	[%]	[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
01 AG Buchs (AG)	135'467	12.70	0.71	0.61	17.9%	19.1%	69'658	79'557	15'819	11'888	180
02 AG Oftringen ¹⁾	68'126	13.64	0.66	0.58	18.5%	19.6%	47'763	45'974	3'165	8'553	17'646
03 AG Turgi	119'858	12.24	0.75	0.61	22.9%	18.3%	79'006	59'017	14'238	15'611	146
04 BE Bern ²⁾	147'264	12.66	0.72	0.63	29.2%	14.6%	148'303	59'787	2'811	20'019	0
05 BE Biel	47'136	12.22	0.55	0.46	23.0%	11.6%	33'569	14'453	3'206	5'462	1'407
06 BE Thun	151'667	9.93	0.78	0.67	19.0%	21.1%	73'998	74'106	5'723	14'414	554
07 BS Basel	234'955	11.29	1.06	0.94	66.6%	11.8%	486'297	57'686	7'274	30'165	5'028
08 FR Posieux	95'182	12.99	0.84	0.72	25.8%	20.5%	79'949	58'288	8'743	12'586	435
09 GE Genf	240'473	10.67	0.83	0.73	37.5%	15.2%	258'427	86'185	9'358	23'285	4'308
10 GL Niederurnen	110'411	11.84	0.68	0.52	8.7%	21.9%	18'782	62'155	12'676	17'320	11
11 GR Trimmis	112'138	11.77	0.74	0.58	29.8%	15.1%	93'117	40'107	16'200	15'465	144
12 LU Perlen	284'940	12.51	0.98	0.92	41.6%	19.2%	407'178	167'175	4'314	23'926	1'134
13 NE Colombier	67'049	11.62	0.64	0.51	15.6%	17.2%	27'705	29'377	6'016	8'039	101
14 NE La Chaux-de-Fonds	53'538	11.32	0.91	0.71	50.8%	12.7%	77'578	11'966	7'923	9'567	540
15 SG Bazenheid ³⁾	75'646	11.41	0.73	0.54	32.4%	15.1%	63'758	24'932	14'040	9'304	8'731
16 SG Buchs (SG)	180'305	12.93	0.94	0.80	48.0%	15.0%	287'454	72'966	23'796	24'018	1'073
17 SG St. Gallen	85'128	10.43	0.95	0.70	57.1%	9.9%	122'455	12'677	18'395	11'681	352
18 SO Zuchwil	242'653	11.00	0.80	0.64	21.3%	21.1%	126'729	123'603	31'350	30'355	3
19 TG Weinfelden	145'742	11.66	0.77	0.66	39.1%	12.6%	171'327	45'373	13'113	15'736	1'725
20 TI Giubiasco	178'950	11.45	0.76	0.61	16.7%	21.3%	73'514	99'066	21'618	22'079	5
21 VD Lausanne	189'585	12.74	0.96	0.83	51.7%	13.8%	314'122	76'110	32'726	17'225	469
22 VS Gamsen	42'985	12.51	0.88	0.71	65.9%	5.1%	91'778	1'247	6'615	6'622	698
23 VS Sion ^{1,2)}	58'614	11.86	0.01	-0.04	12.0%	1.5%	16'585	2'254	7'897	8'302	18'873
24 VS Monthey ²⁾	169'506	11.14	0.88	0.70	20.4%	24.2%	85'686	100'959	21'256	27'180	980
25 ZH Dietikon	95'089	12.19	0.84	0.71	32.1%	17.8%	99'171	44'043	4'484	13'238	676
26 ZH Hinwil	187'965	12.28	0.68	0.58	10.4%	20.8%	61'670	111'731	5'089	21'723	0
27 ZH Horgen	35'499	12.51	0.91	0.82	38.0%	17.8%	46'222	18'439	704	3'651	204
28 ZH ZH Hagenholz ²⁾	250'080	11.52	0.94	0.88	59.8%	10.9%	474'162	72'813	4'341	23'839	9'373
29 ZH ZH Josefstrasse	31'350	10.53	0.76	0.65	42.4%	10.6%	37'353	6'536	1'520	3'309	120
30 ZH Winterthur	189'364	12.28	0.88	0.74	33.0%	18.7%	201'812	93'862	11'662	27'637	418
Anlagen- Mittelwert	134'222	11.862	0.78	0.66	32.9%	15.8%	139'171	58'415	11'202	16'073	2'511
CH-Mittelwert		11.817	0.82	0.70	34.0%	16.7%					
CH-Mittelwert 2020 **		11.918	0.81	0.69	31.6%	17.3%					
CH- Summe	4'026'664						4'175'129	1'752'444	336'070	482'201	75'333
CH-Summe 2020	4'071'643					Nur Abfall, ohne Fremdenergie	3'929'310	1'855'486	337'020	492'298	66'164
CH- Maximal	284'940	13.64	1.06	0.94	66.6%	24.2%	486'297	167'175	32'726	30'355	18'873
CH- Minimal	31'350	9.93	0.01	0.46	8.7%	1.5%	16'585	1'247	704	3'309	0

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. 4 und Beschrieb S. 23

höchster Wert
 tiefster Wert (= 0)

Abbildung 3: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2021 (kompakt)

Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2021 (detailliert)

Anlagenkategorie	Anlagenname	Jahr	Abfallinput										Effizienz-Kennzahlen										Energie-Verwertung										Fremdenergie									
			Wohnumtreibstoffe		Gewerbe/Kleinverbr.		Kleinverbr. ohne Kfz/Bus/Tram		Energieinput in Wasser		Kernenergieinput		Rohenergie		Energie ohne Nichtflüssiges (RfG)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Strominput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)		Wärmeinput (Wärmeinput)					
			[t/a]	[t/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[MWh/a]	[%]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]					
01	AG Buchs (AG)	2021	135'467	0	12.70	12.70	477'940	87.1%	0.71	0.61	17.9%	19.1%	69'658	0.514	0.346	79'557	0.587	0.166	15'819	0.117	0.033	11'888	0.088	0.025	91'266	180	0.001	0.000	0	0	0	0	0	0	179							
02	AG Oftringen ¹⁾	2021	68'126	0	13.64	13.64	275'524	81.8%	0.66	0.58	18.5%	19.6%	47'763	0.701	0.473	45'974	0.675	0.167	3'165	0.046	0.011	8'553	0.126	0.031	53'951	17'646	0.259	0.064	0	0	17'436	0	0	0	210							
03	AG Turgi	2021	119'858	5'011	12.24	12.71	407'390	81.8%	0.75	0.61	22.9%	18.3%	79'006	0.659	0.394	59'017	0.492	0.145	14'238	0.119	0.035	15'611	0.130	0.038	74'493	146	0.001	0.000	0	0	27	0	0	119								
04	BE Bern ²⁾	2021	147'264	0	12.66	12.66	517'763	85.9%	0.72	0.63	29.2%	14.6%	148'303	1.007	0.286	59'787	0.406	0.115	2'811	0.019	0.005	20'019	0.136	0.039	75'513	0	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0							
05	BE Biel	2021	47'136	117	12.22	12.25	159'985	86.2%	0.55	0.46	23.0%	11.6%	33'569	0.712	0.210	14'453	0.307	0.090	3'206	0.068	0.020	5'462	0.116	0.034	18'508	1'407	0.030	0.009	0	0	0	0	0	0	1'407							
06	BE Thun	2021	151'667	16'632	9.93	11.62	419'048	82.6%	0.78	0.67	19.0%	21.1%	73'998	0.488	0.177	74'106	0.489	0.177	5'723	0.038	0.014	14'414	0.095	0.034	88'451	554	0.004	0.001	491	0	0	0	0	0	63							
07	BS Basel	2021	234'955	0	11.29	11.29	740'854	85.5%	1.06	0.94	66.6%	11.8%	486'297	2.070	0.656	57'686	0.246	0.078	7'274	0.031	0.010	30'465	0.128	0.041	87'060	5'028	0.021	0.007	3'738	0	0	499	0	0	791							
08	FR Posieux	2021	95'182	9	12.99	13.00	343'576	86.2%	0.84	0.72	25.8%	20.5%	79'949	0.840	0.233	58'288	0.612	0.170	8'743	0.092	0.025	12'586	0.132	0.037	70'439	435	0.005	0.001	0	0	0	0	0	0	435							
09	GE Genf	2021	240'473	0	10.67	10.67	714'623	81.9%	0.83	0.73	37.5%	15.2%	258'427	1.075	0.362	86'185	0.358	0.111	9'358	0.039	0.013	23'285	0.097	0.033	108'955	4'308	0.018	0.006	1'596	0	0	2'197	0	0	515							
10	GL Niederurnen	2021	110'411	0	11.84	11.84	363'248	87.7%	0.68	0.52	8.7%	21.2%	187'82	0.470	0.052	62'155	0.563	0.171	12'676	0.115	0.035	17'320	0.157	0.048	79'475	11	0.000	0.000	0	0	11	0	0	101								
11	GR Trinamis	2021	112'138	0	11.77	11.77	366'558	86.0%	0.74	0.58	29.8%	15.1%	93'117	0.830	0.254	40'107	0.358	0.109	16'200	0.144	0.044	15'465	0.138	0.042	55'456	144	0.001	0.000	0	0	0	0	0	144								
12	LU Perlen	2021	284'940	0	12.51	12.51	989'910	87.9%	0.98	0.92	41.6%	19.2%	407'178	1.429	0.411	167'175	0.587	0.169	4'314	0.015	0.004	23'926	0.084	0.024	190'078	1'334	0.004	0.001	0	0	0	0	0	1'334								
13	NE Colombier	2021	67'049	8'046	11.62	13.05	216'511	83.9%	0.64	0.51	15.6%	17.2%	27'705	0.413	0.128	29'377	0.438	0.136	6'016	0.090	0.028	8'039	0.120	0.037	37'315	101	0.002	0.000	0	0	0	0	0	101								
14	NE La Chaux-de-Fonds	2021	53'538	5'686	11.32	12.50	168'406	83.2%	0.91	0.71	50.8%	12.7%	77'578	1.449	0.461	11'966	0.224	0.071	7'923	0.148	0.047	9'567	0.179	0.057	21'390	540	0.010	0.003	0	0	397	0	0	143								
15	SG Bazenheid ¹⁾	2021	75'646	0	11.41	11.41	239'833	87.1%	0.73	0.54	32.4%	15.1%	63'578	0.843	0.266	24'932	0.330	0.104	14'040	0.186	0.059	9'304	0.123	0.039	36'151	8731	0.115	0.036	0	0	0	0	0	8'505	227							
16	SG Buchs (SG)	2021	180'305	2'949	12.93	13.12	648'628	89.6%	0.94	0.80	48.0%	15.0%	287'454	1.594	0.443	72'966	0.405	0.112	23'796	0.132	0.037	24'018	0.133	0.037	96'983	1'073	0.006	0.002	0	0	1'073	0	0	0	2							
17	SG St. Gallen	2021	85'128	5'934	10.43	11.12	246'685	84.7%	0.95	0.70	57.3%	9.9%	122'455	1.438	0.406	12'677	0.149	0.051	18'395	0.216	0.075	11'681	0.137	0.047	24'360	352	0.004	0.001	0	0	0	350	0	2								
18	SO Zuchwil	2021	242'653	14'335	11.00	11.60	741'305	78.8%	0.80	0.64	21.3%	21.1%	126'729	0.522	0.171	123'603	0.509	0.167	31'350	0.129	0.042	30'355	0.125	0.041	156'057	3	0.000	0.000	0	0	0	0	0	3								
19	TG Weinfelden	2021	145'742	0	11.66	11.66	472'064	83.7%	0.77	0.66	39.1%	12.6%	171'327	1.176	0.363	45'373	0.311	0.096	13'113	0.090	0.028	15'736	0.108	0.033	59'454	1'725	0.012	0.004	70	0	0	0	0	1'655								
20	TI Glubiasco	2021	178'950	18'524	11.45	12.61	569'357	83.8%	0.76	0.61	16.7%	21.3%	75'514	0.411	0.129	99'066	0.554	0.174	21'618	0.121	0.038	22'079	0.123	0.039	121'532	5	0.000	0.000	0	0	0	0	0	5								
21	VD Lausanne	2021	189'585	0	12.74	12.74	611'014	86.3%	0.96	0.83	51.7%	13.8%	314'122	1.657	0.468	76'110	0.401	0.113	32'726	0.173	0.049	17'225	0.091	0.026	92'866	469	0.002	0.001	0	0	0	0	0	0	469							
22	VS Gamsen	2021	42'985	0	12.51	12.51	149'360	79.3%	0.88	0.71	65.9%	5.1%	91'778	2.135	0.614	1'247	0.029	0.008	6'615	0.154	0.044	6'622	0.154	0.044	7'620	698	0.016	0.005	0	0	0	445	0	253								
23	VS Sion ^{1,2)}	2021	58'614	0	11.86	11.86	203'262	84.5%	0.01	-0.04	12.0%	1.5%	16'585	0.283	0.082	2'254	0.038	0.011	7'897	0.135	0.039	8'302	0.142	0.041	2'970	18'873	0.322	0.093	5	10'208	0	161	0	8'499								
24	VS Monthey ²⁾	2021	169'506	14'749	11.14	12.06	524'599	87.4%	0.88	0.70	20.4%	24.2%	85'686	0.506	0.163	100'959	0.596	0.192	21'256	0.125	0.041	27'380	0.160	0.052	127'159	980	0.006	0.002	0	0	0	0	0	980								
25	ZH Dietikon	2021	95'089	2'366	12.19	12.46	322'616	77.1%	0.84	0.71	32.1%	17.8%	99'171	1.043	0.307	44'043	0.463	0.137	4'484	0.047	0.014	13'238	0.139	0.041	57'281	676	0.007	0.002	670	0	0	1	0	4								
26	ZH Hinwil	2021	187'965	2'105	12.28	12.40	641'105	81.1%	0.68	0.58	10.4%	20.8%	61'670	0.328	0.096	111'731	0.594	0.174	5'089	0.027	0.008	21'723	0.116	0.034	133'454	0	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0								
27	ZH Horgen	2021	35'499	0	12.51	12.51	123'355	84.4%	0.91	0.82	38.0%	17.8%	46'222	1.302	0.375	18'439	0.519	0.149	704	0.020	0.006	3'651	0.103	0.030	21'998	204	0.006	0.002	0	0	0	111	0	91								
28	ZH Hagenholz ²⁾	2021	250'080	0	11.52	11.52	799'983	84.6%	0.94	0.88	59.8%	10.9%	474'162	1.896	0.593	72'813	0.291	0.091	4'341	0.017	0.005	23'839	0.095	0.030	87'279	9'373	0.037	0.012	0	0	0	0	0	9'373								
29	ZH Josefstrasse	2021	31'350	1'880	10.53	11.20	91'660	85.4%	0.76	0.65	42.4%	10.6%	37'353	1.191	0.408	6'536	0.208	0.071	1'520	0.049	0.017	3'309	0.106	0.036	9'731	120	0.004	0.001	0	0	0	6	0	114								
30	ZH Winterthur	2021	189'364	693	12.28	12.33	646'183	81.3%	0.88	0.74	33.0%	18.7%	201'812	1.066	0.312	93'862	0.496	0.145	11'662	0.062	0.018	27'637	0.146	0.043	121'081	418	0.002	0.001	0	0	0	0	0	418								
Anlagen- Mittelwert			134'222	3'301	11.862	12.177	441'745	84.2%	0.78	0.66	32.9%	15.8%	139'171	0.992</																												

Energienutzungsgrad CH- KVA 2021

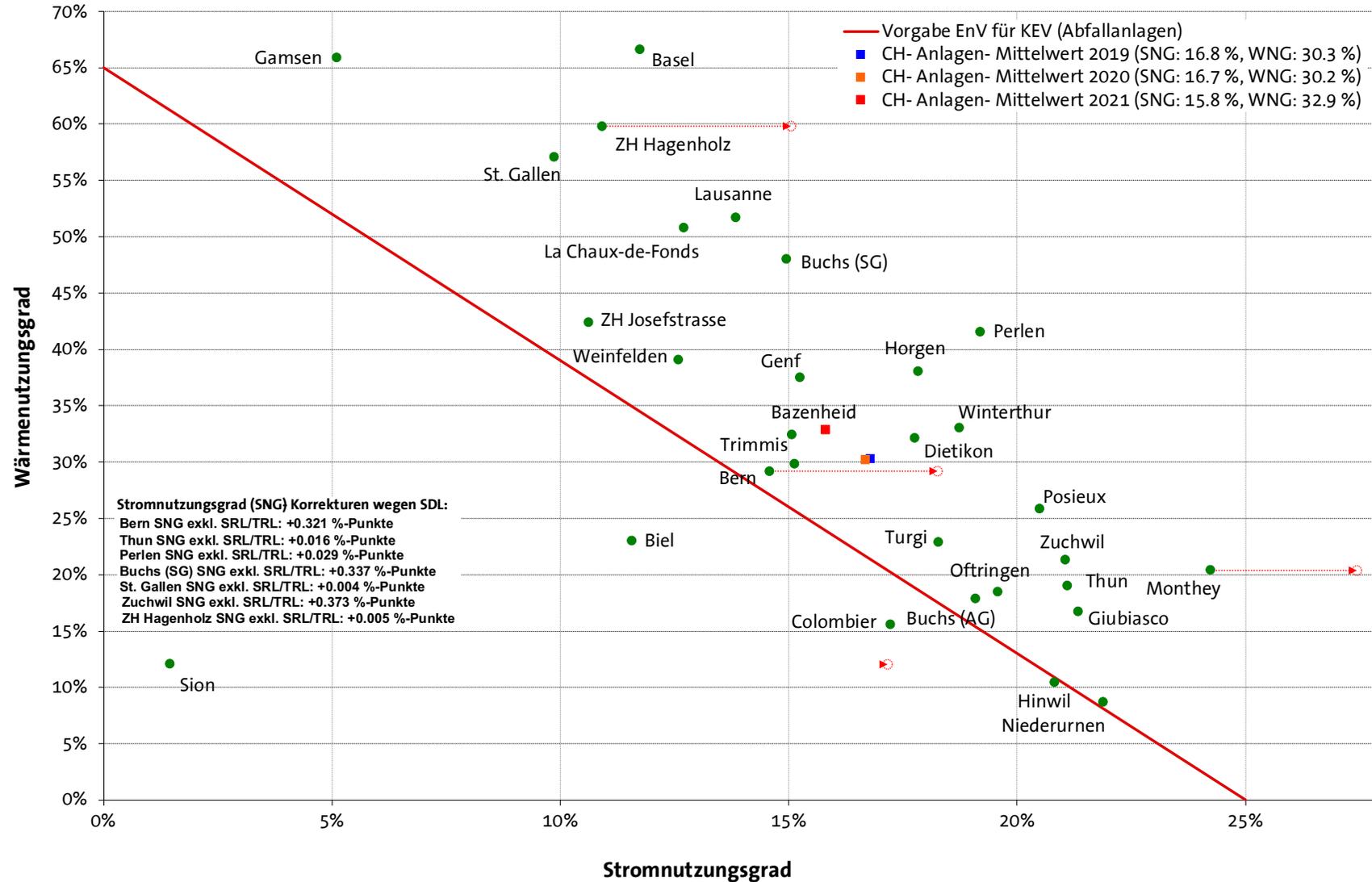


Abbildung 5: Energienutzungsgrad nach EnV, und Auswirkung durch Sonderzustände (Turbinen- und Generatorausfall, ausserplanmässiger Stillstand) für 4 Anlagen (rote Kreise und Pfeile)

Energetische Netto-Effizienz CH- KVA 2021

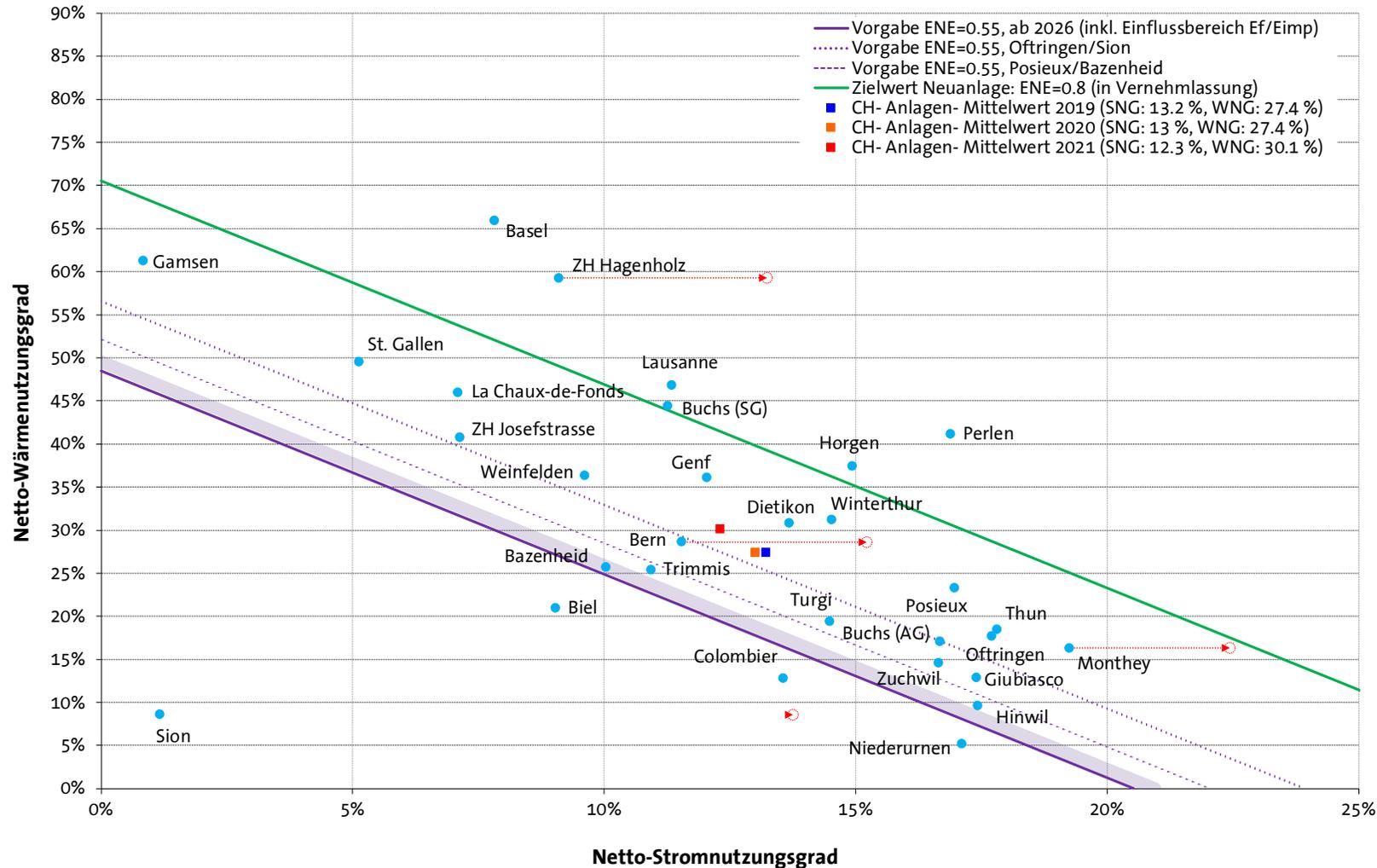


Abbildung 6: Energetische Nettoeffizienz ENE und Auswirkung durch Sonderzustände

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 2021 und 2020

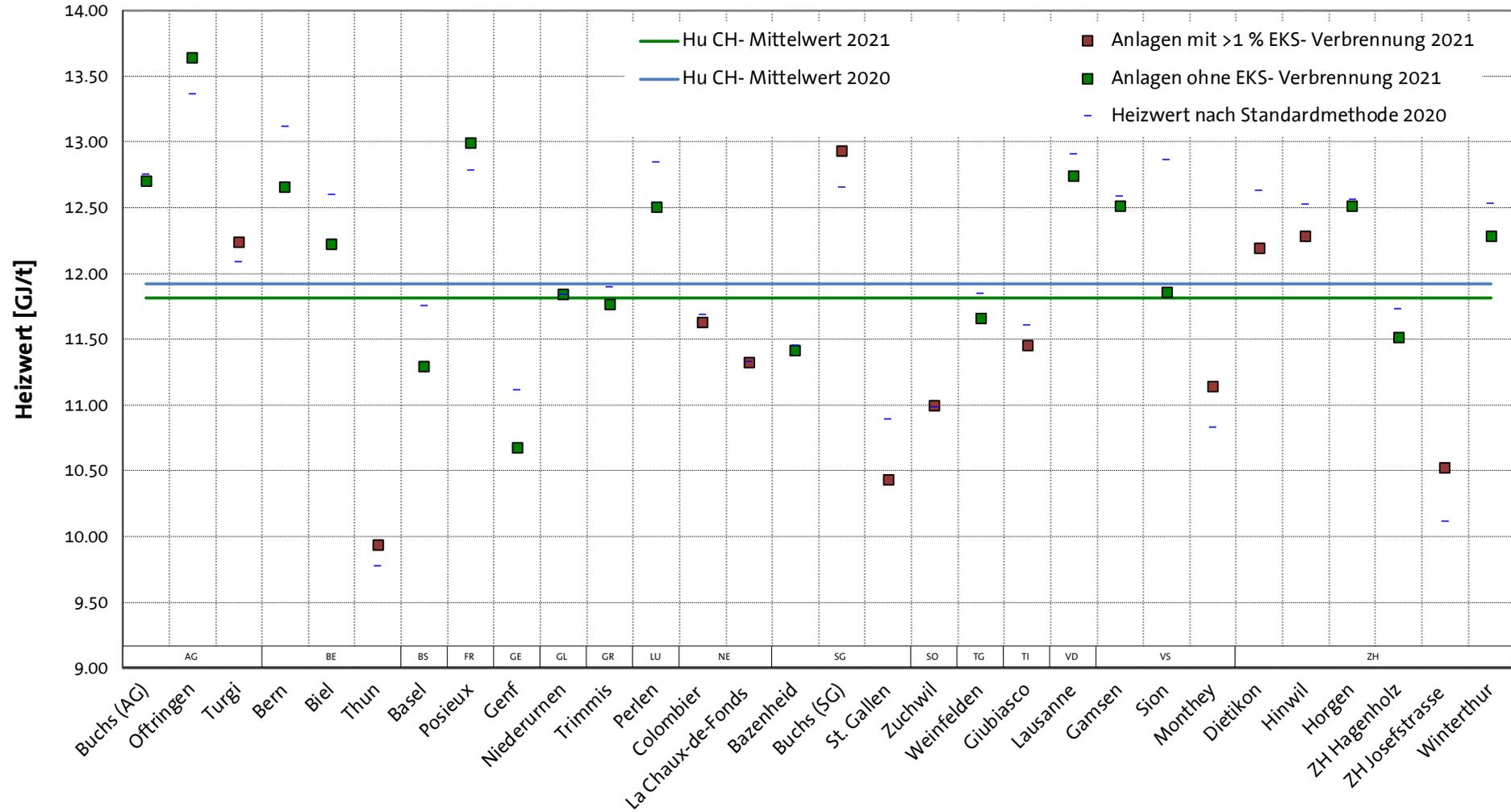


Abbildung 7: Heizwert 2021 und 2020

R1- Faktor 2021 und 2020

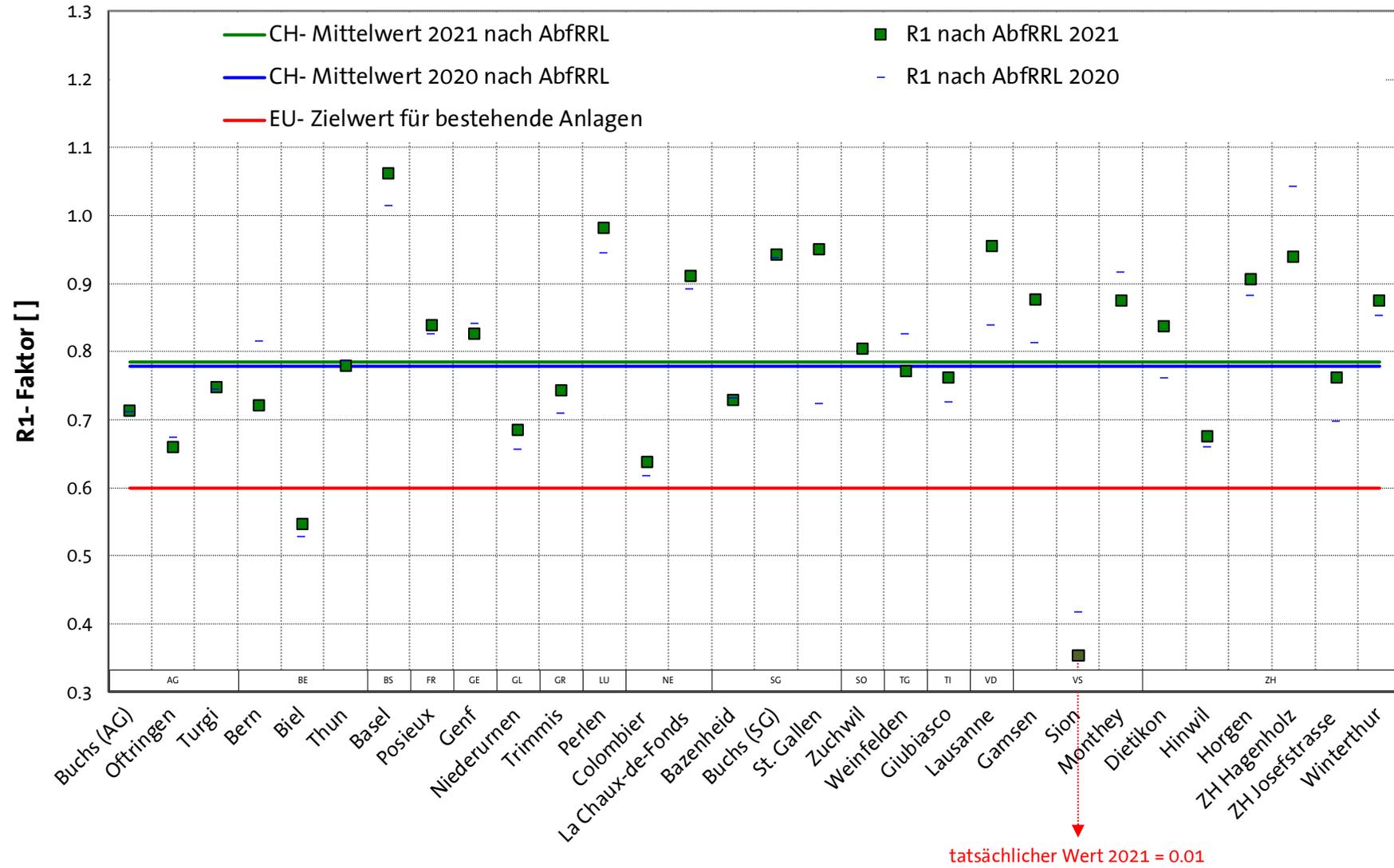


Abbildung 8: R1-Faktor 2021 und 2020 (aufgrund eines längeren Turbinenausfalls liegt der Wert für Sion ausserhalb des angezeigten Bereichs)

Energetische Nettoeffizienz (ENE) 2021 und 2020

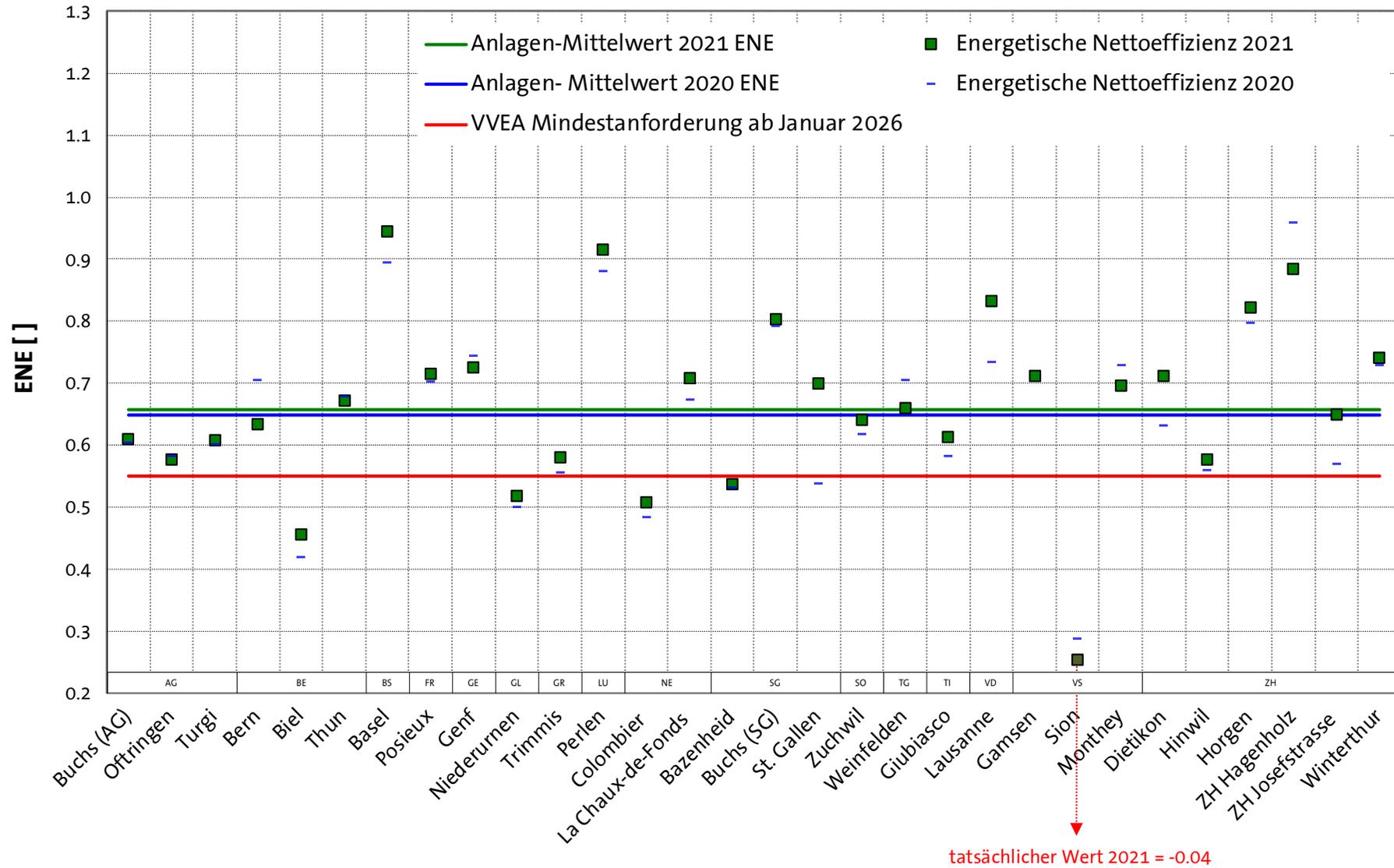


Abbildung 9: Energetische Nettoeffizienz ENE 2021 und 2020 (aufgrund eines längeren Turbinenausfalls liegt der Wert für Sion ausserhalb des angezeigten Bereichs)

Kesselwirkungsgrad 2021 und 2020

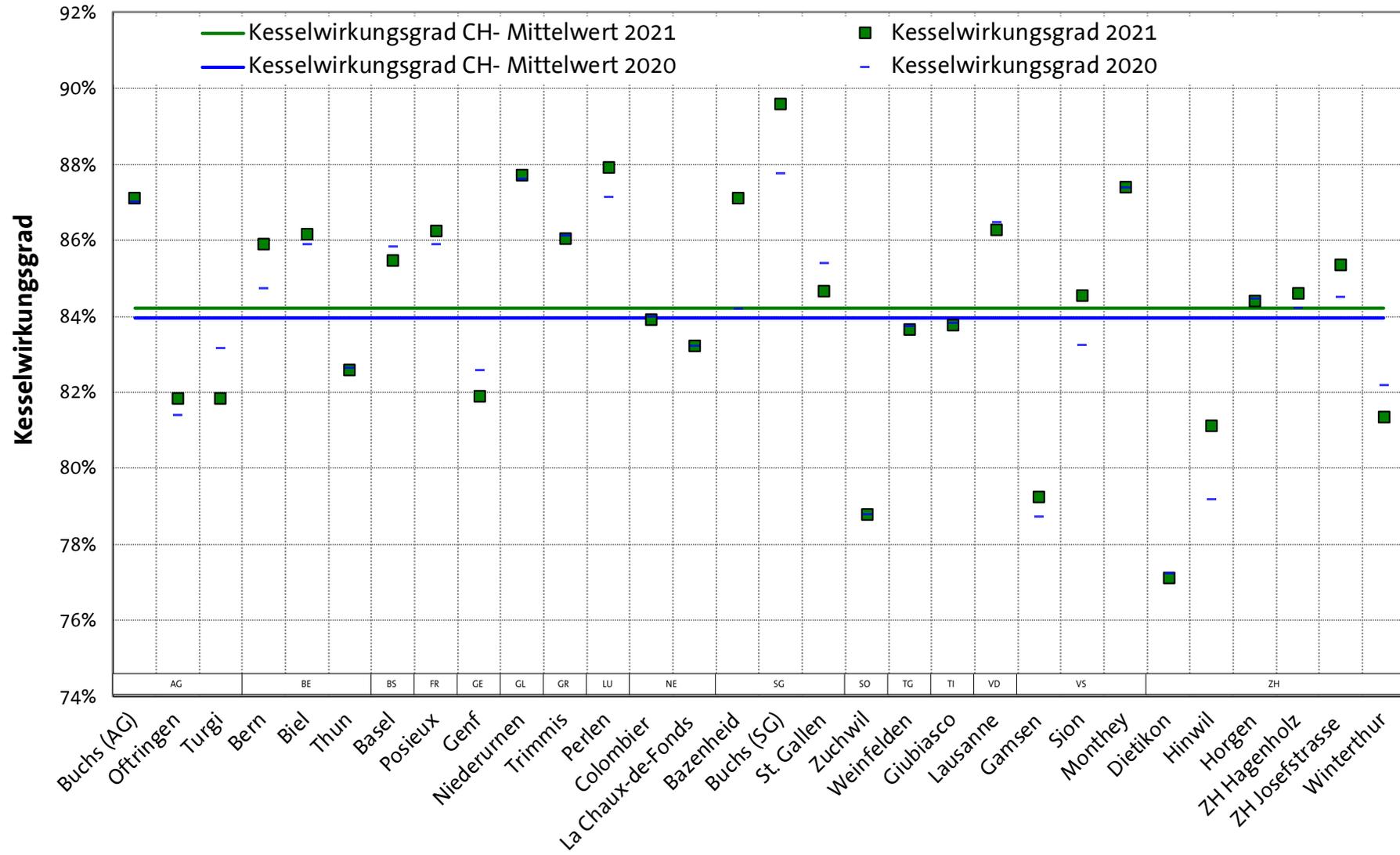


Abbildung 10: Kesselwirkungsgrad 2021 und 2020

Spezifischer Wärmeexport 2021

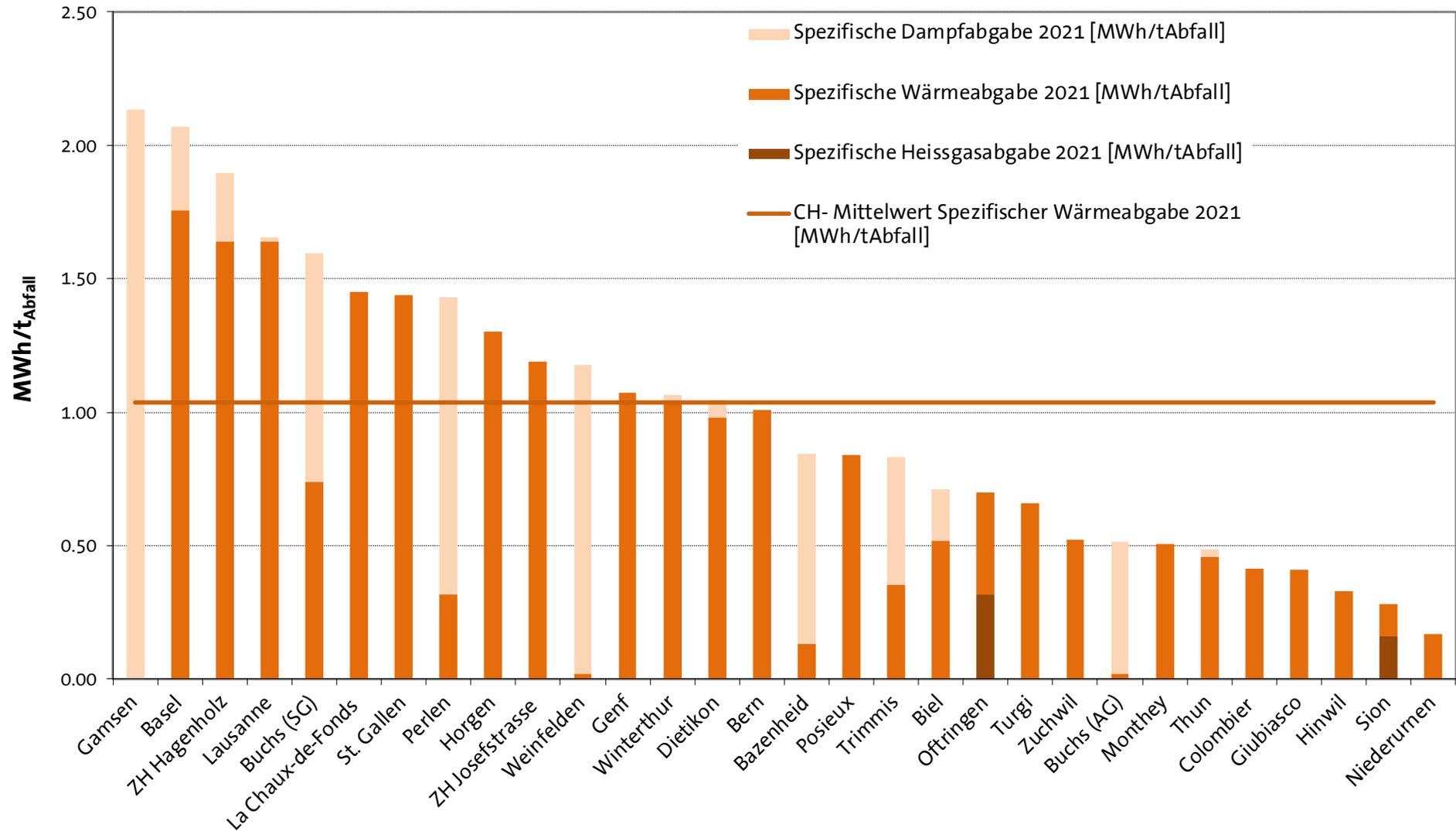


Abbildung 11: Spezifischer Wärmeexport pro Tonne Abfall 2021

Spezifischer Wärmeexport 2021



Abbildung 12: Spezifischer Wärmeexport pro Energieinput 2021

Spezifischer Wärmebedarf 2021

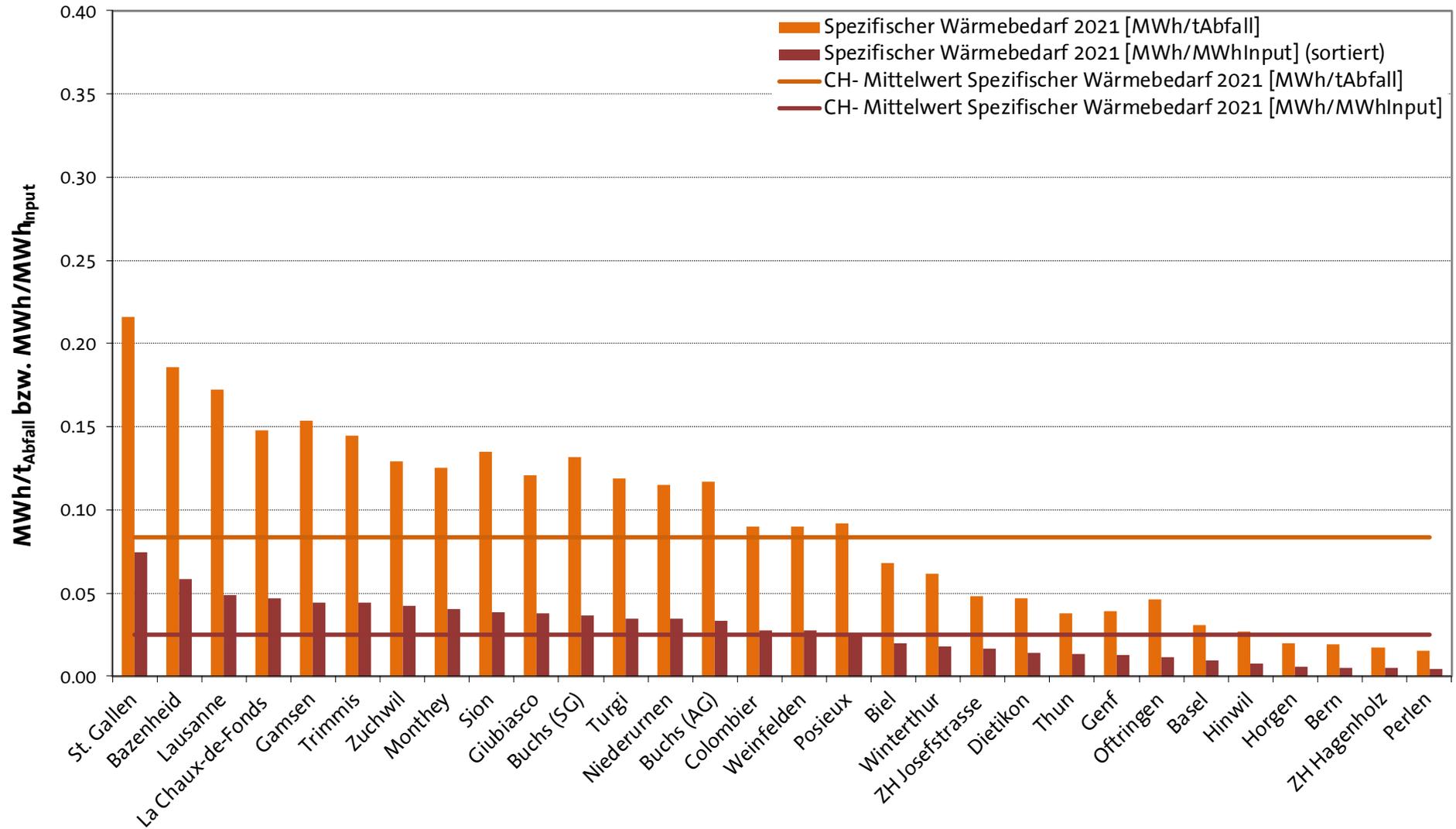


Abbildung 13: Spezifischer Wärmeeigenbedarf 2021

Spezifischer Stromexport 2021

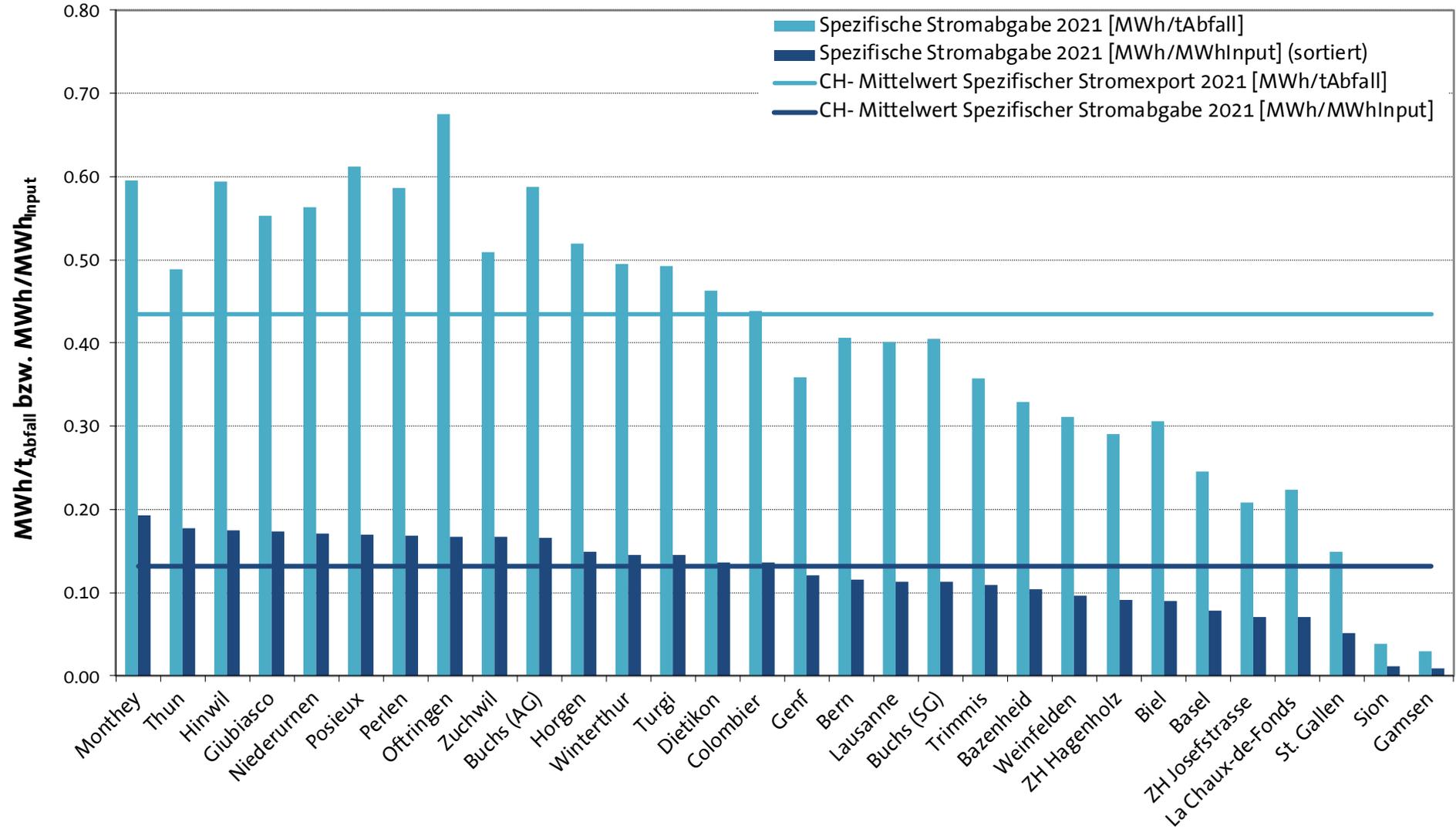


Abbildung 14: Spezifischer Stromexport 2021

Spezifischer Strombedarf 2021

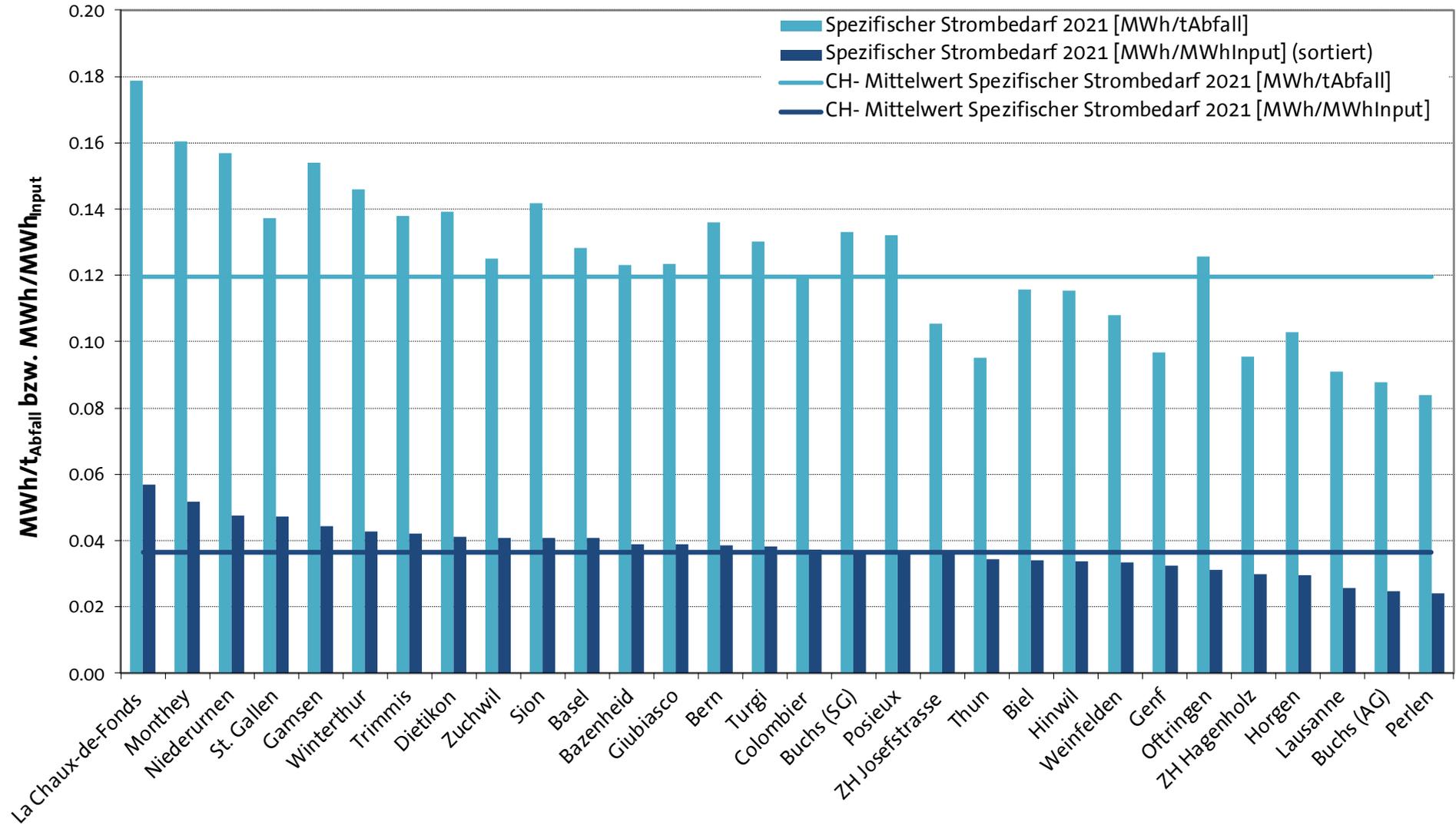


Abbildung 15: Spezifischer Stromeigenbedarf 2021

Wärmenutzungsgrad 2021

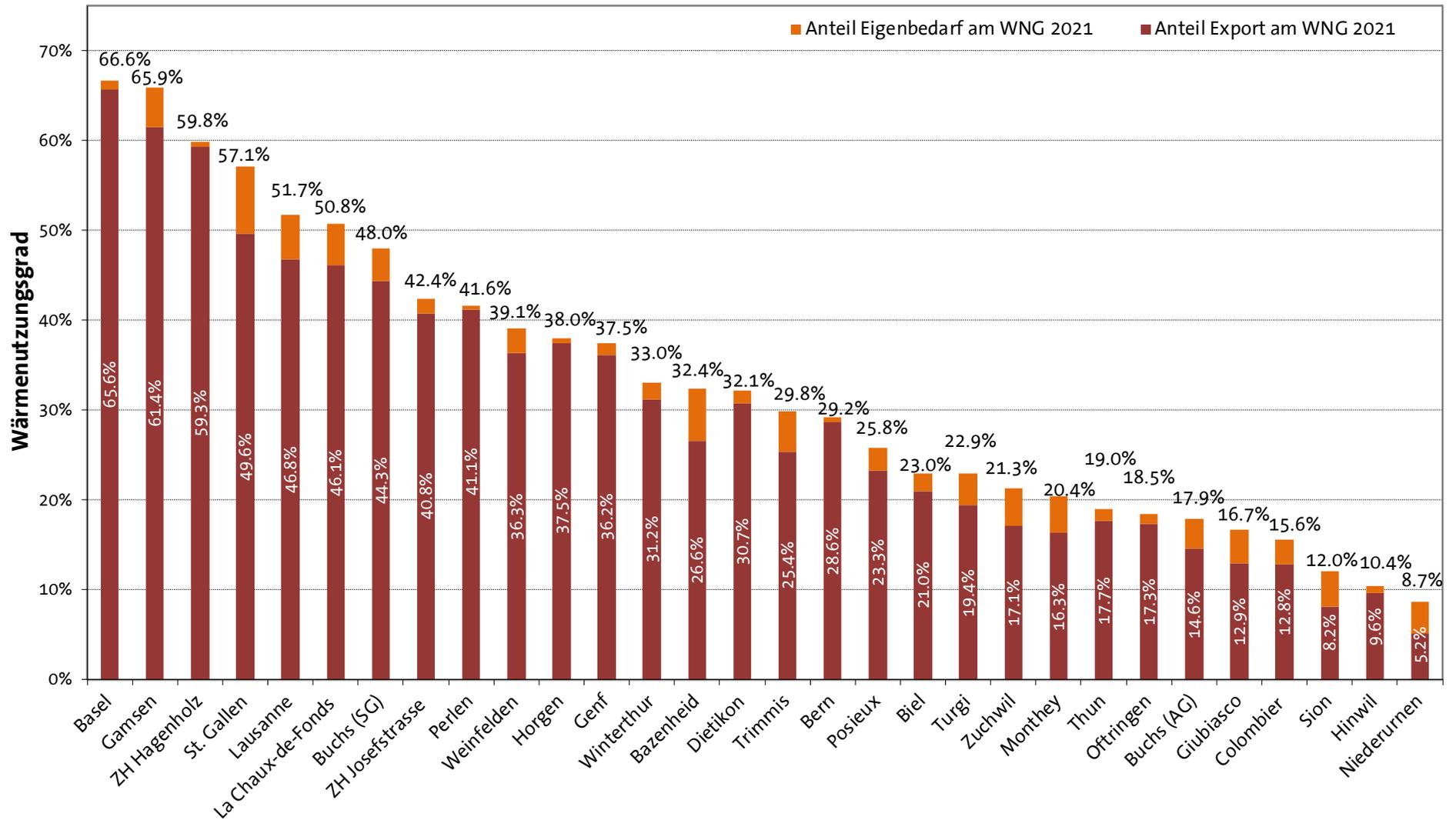


Abbildung 16: Wärmenutzungsgrad 2021

Stromnutzungsgrad 2021

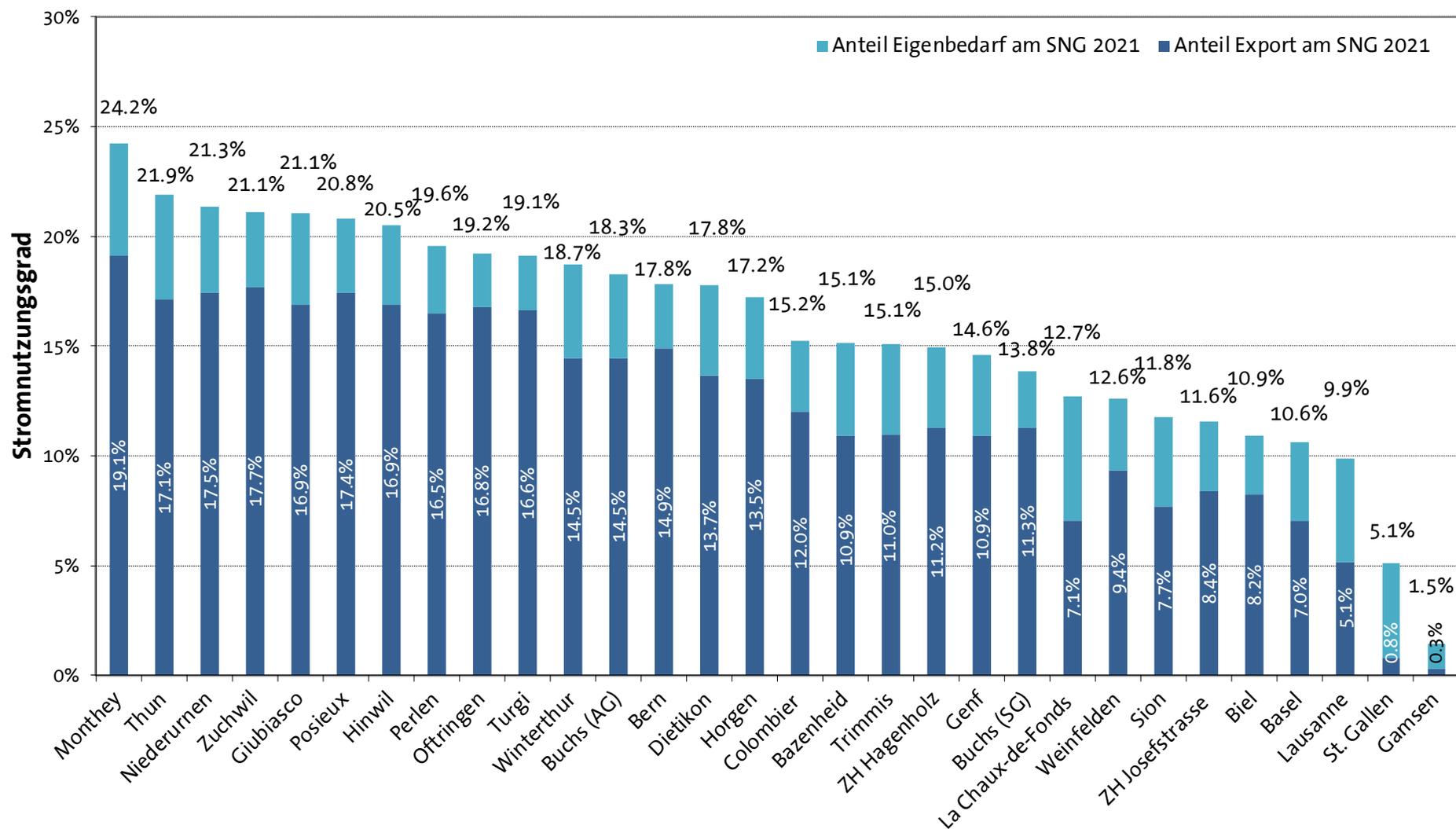


Abbildung 17: Stromnutzungsgrad 2021

Energiefluss CH-KVA 2021

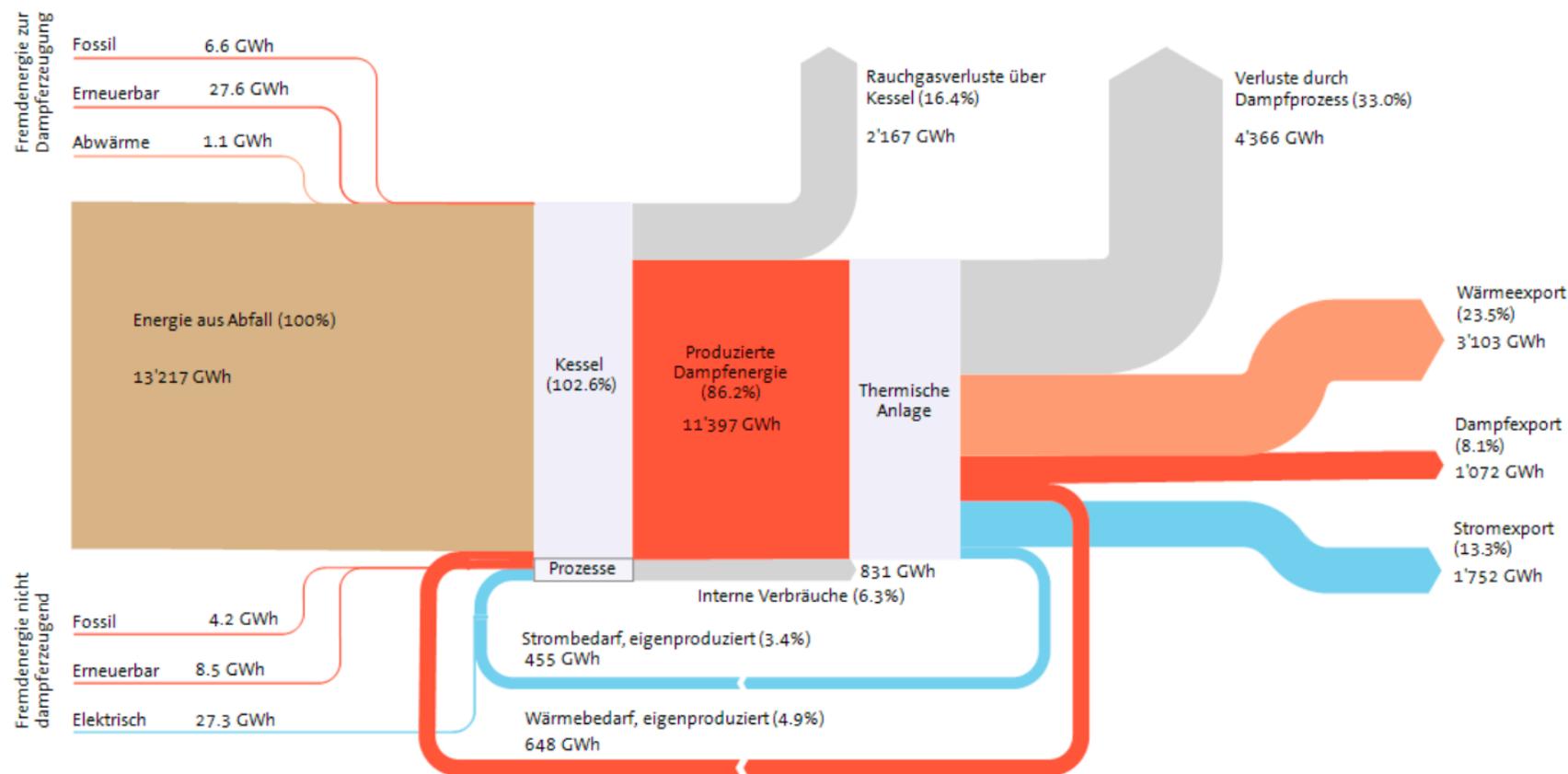


Abbildung 18: Energieflussdiagramm CH-KVA 2021

Hinweis: Die Entwicklung diverser Kennzahlen über mehrere Jahre kann auf der Webseite des VBSA⁴ 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)

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

BEMERKUNGEN ZU DEN ENERGIEKENNZAHLEN 2021

Allgemeine Veränderungen

Im Vergleich zu den letztjährigen Energiekennzahlen ergaben sich wesentliche Veränderungen.

- Der **Energieinput in den Kessel** ist zurückgegangen (- 1.9%). Der Grund dafür ist die Abnahme der Menge des verbrannten Abfalls (- 1.1%) mit einem tieferen durchschnittlichen Heizwert (- 0.9%). Diverse Anlagenbetreiber meldeten die Anlieferung von nassem Abfall während den extrem regenreichen Sommermonaten.
- Die **Wärme- und Dampfabgabe** hat um 6.2% zugenommen (+ 243 GWh). Dabei nahm sowohl der Verkauf von Wärme (+ 6.0%) als auch von Dampf (+ 7.0%) zu. Teilweise verantwortlich war die kältere Witterung mit 11% mehr Heizgradtagen als im Jahr 2020 (Ø Schweiz). Zudem führten grössere Erweiterungen der Fernwärmenetze Dietikon und Niederurnen sowie erhebliche Zunahmen der Dampflieferungen durch Perlen und Gamsen zur erhöhten Wärmeabgabe.
- Die **Stromabgabe** nahm im Vergleich zu 2020 erheblich um 5.6% ab (- 103 GWh). Hauptursache waren längere Turbinenausfälle bei vier Anlagen mit einer geschätzten Minderproduktion von insgesamt etwa 104 GWh.

Sonderereignisse im 2021

Im Betriebsjahr 2021 sind bei vier Anlagen ausserplanmässige Ausfälle/Revisionen aufgetreten. Die genauen Hintergründe und abgeschätzten Auswirkungen sind hier erklärt:

KVA Bern:

Die Turbogruppe blieb während einem längeren Steuerungsumbau ausser Betrieb. Die Stromproduktion wurde somit um etwa 19 GWh reduziert.

KVA Sion:

Aufgrund eines grösseren Schadens blieb die Turbogruppe bis Dezember 2021 ausser Betrieb. Dies hatte eine abgeschätzte Stromminderproduktion von knapp 24 GWh zur Folge.

KVA Monthey:

Zum Einbau einer Dampfentnahme wurde die Turbine ausgetauscht und blieb etwa sechs Wochen ausser Betrieb. Dementsprechend war die Stromproduktion etwa 17 GWh tiefer als geplant.

KVA Hagenholz:

Die Turbine wurde nach der Revision in KW36 2021 nicht mehr gestartet und wird voraussichtlich im Frühling 2022 wieder in Betrieb genommen. Für das Jahr 2021 entstand eine geschätzte Stromminderproduktion von knapp 44 GWh.

Bei zwei Anlagen wurden Ofenlinien stillgelegt. Da es sich hierbei nicht um einen Sonderzustand im Sinne eines ungeplanten Ereignisses handelt, wurden für diese Anlage keine hypothetischen Normalwerte errechnet. Der Vollständigkeit halber sind die Gründe aber hier erklärt:

KVA Josefstrasse:

Diese Anlage wurde Ende März 2021 stillgelegt.

KVA Bazenheid:

Wegen Erneuerungsarbeiten war Ofenlinie 3 zwischen Juni 2020 und Oktober 2021 ausser Betrieb.

Massenfluss der Schweizer KVA 2021

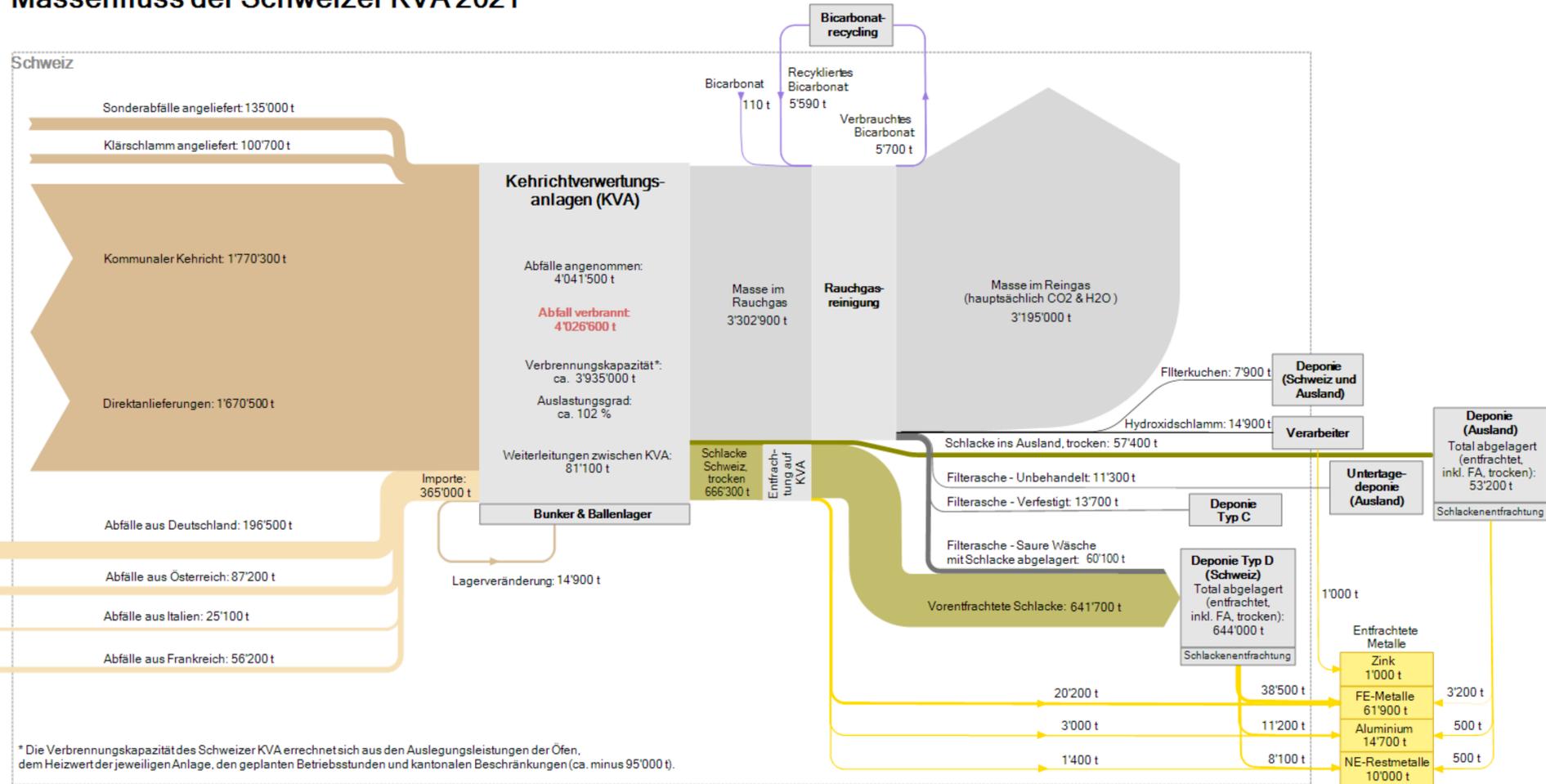


Abbildung 19: Massenflussdiagramm CHF-KVA 2021

Hinweis: Die Schweizer KVA exportieren für die importierte Abfallmenge anteilmässig Schlacke ins Ausland. 2021 betrug die exportierte Schlackemenge 57'400 t.

Angelieferte & verbrannte Abfälle [kt]

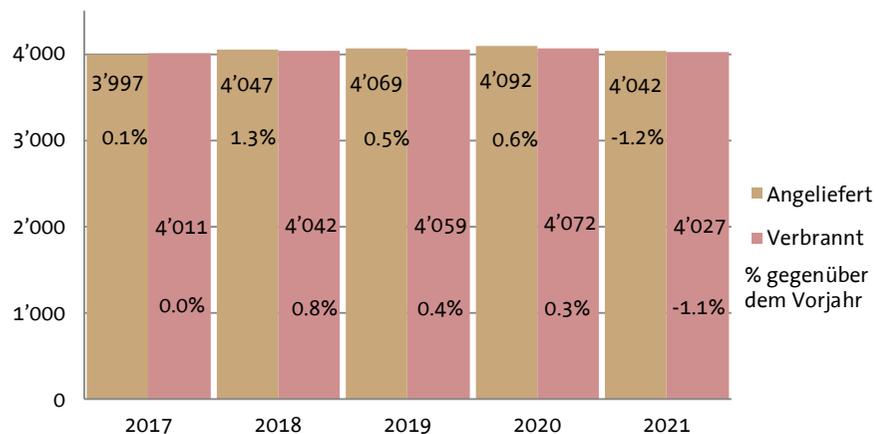


Abbildung 20: Angelieferte und verbrannte Abfälle (Differenz ist Lagerveränderung)

Rückstände & entnommene Metalle [kt]

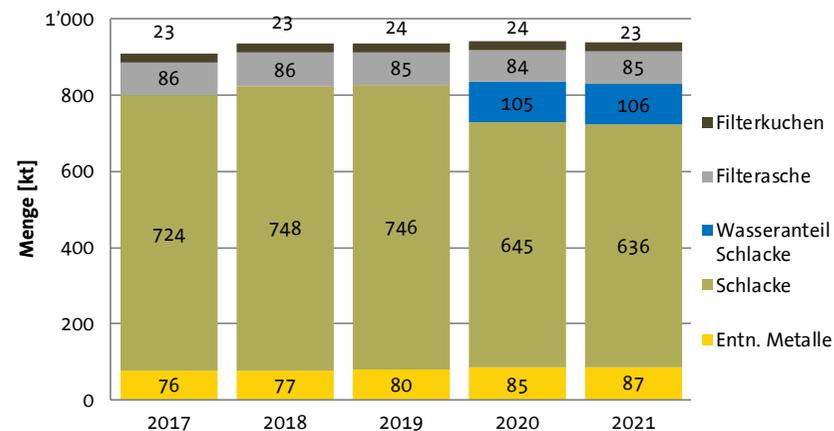


Abbildung 21: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1'000 Tonnen (ab 2020 Schlacke als Trockenmasse)

Angelieferte Abfälle [kt]

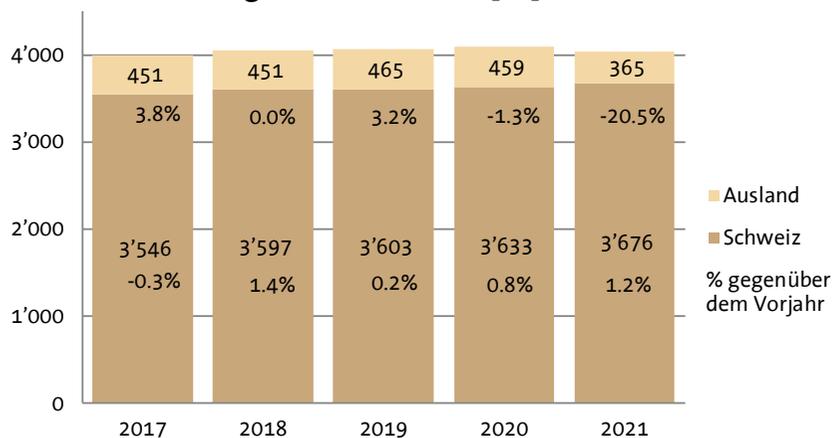


Abbildung 22: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Herkunft (In- und Ausland)

Rückstände & entnommene Metalle [%]

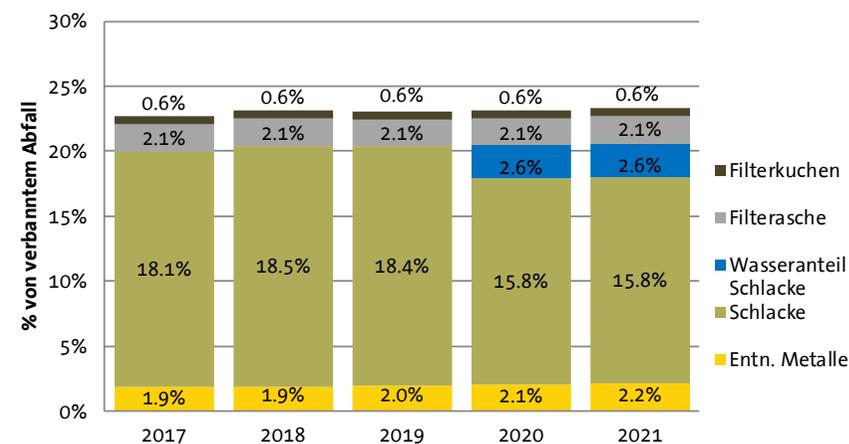


Abbildung 23: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % der verbrannten Abfallmenge (ab 2020 Schlacke als Trockenmasse)

Veränderung der angelieferten Abfallmengen 2020/21 [kt]

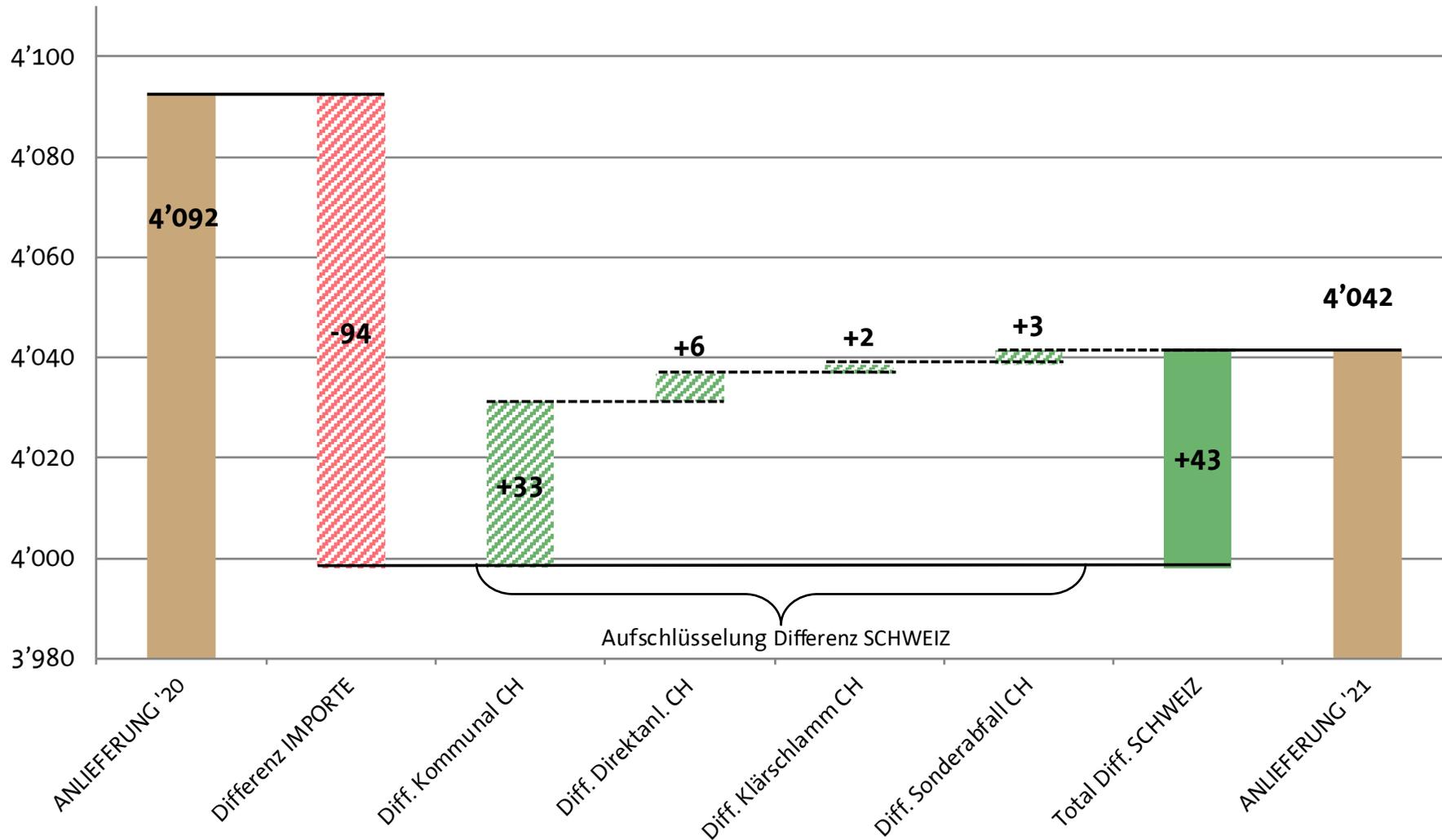


Abbildung 24: Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2021 gegenüber 2020

BEMERKUNGEN ZU DEN MENGENZAHLEN 2021

Der **angelieferte Abfall** nahm um **50'000 t (- 1.2 %) ab**, dazu geführt haben:

- Importe (DE, AT, FR, IT): - 94'000 t (- 2.3 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)
- Inlandanlieferungen: + 43'000 t (+ 1.1 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)

Die **verbrannte Menge** Abfall nahm um **45'000 t (- 1.1 %) ab**, dazu geführt haben:

- Angelieferte Abfälle: - 51'000 t (- 1.2 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)
- Leeren von Bunkern und Lagern: + 6'000 t (+ 0.1 %-Punkte, Veränderung zum Vorjahr, bez. Gesamtmenge)

Anlieferzahlen:

- **Sonderabfall:** + 3'000 t (+ 2.3%): Eine mögliche Ursache wäre die erhöhte Menge an medizinischen Abfällen während der Covid-Pandemie.
- **Klärschlamm (TS):** + 340 t (+ 1.3%): Die verbrannte Menge an Klärschlamm bleibt in etwa auf dem Vorjahresniveau.
- **Kommunale Anlieferungen:** + 33'000 t (+ 1.9%): Nach einem über einem Jahrzehnt anhaltenden Abwärtstrend gab es in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 wieder einen Anstieg.
- **Direktanlieferungen:** + 6'000 t (+ 0.3%): Die Gewerbe und Industrieabfälle blieben im Vergleich zum Vorjahr in etwa unverändert.

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 -Rechnungsmodell 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 Nm³Rauchgas/kg_{Abfall} (bei Abweichungen grösser +/- 10% wird dieser Wert angepasst).

Die Faktoren 1.133 bzw. 1.085 [] der H_u -Rechnungsformel 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:

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

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 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 0.8 für neue oder erweiterte Anlagen ist in der Vernehmlassung.

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

E_{exp} Exportierte Energie

Systemgrenzen Stromeigenbedarf

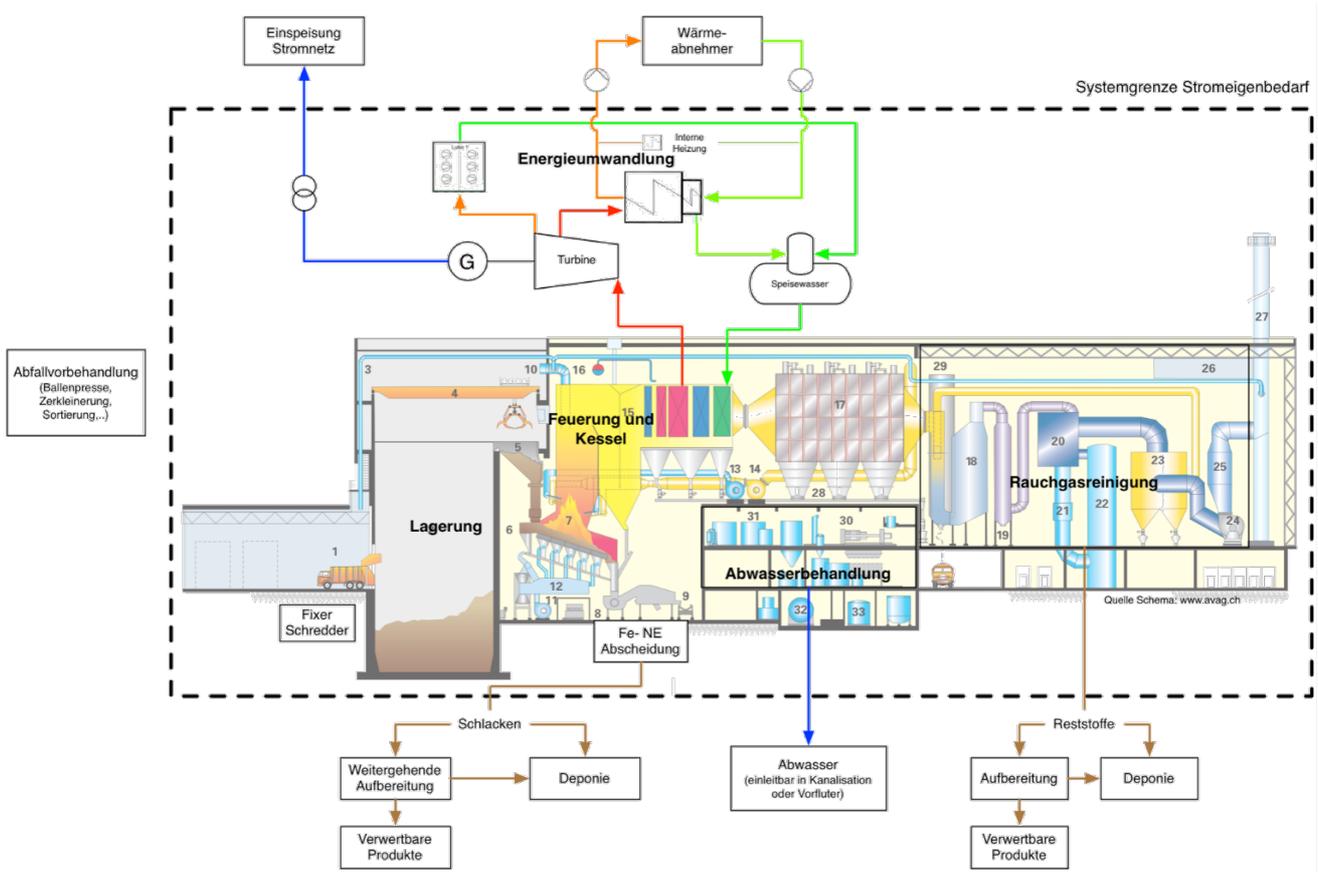


Abbildung 25: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs