



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie
und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Bundesamt für Umwelt BAFU

Resultate 2016

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



Abbildung: Renergia, KVA Perlen: 2016 ist das erste Jahr im Vollbetrieb (Quelle: Renergia)



Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen



Datum: 31. März 2017

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, Curdin Christen – Energiezahlen

energieeffizienz@rytec.ch 031 724 33 33

Ryttec AG, Raphael Fasko – Mengenzahlen

energieeffizienz@rytec.ch 031 724 33 33

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

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

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · 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 2016, 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 2010-2016¹ befinden sich ebenfalls auf dieser Seite.

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>EKS</i>	<i>Entwässerter Klärschlamm, Trockensubstanz-Gehalt zwischen 22%-31%</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>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>

¹ [Resultate 2009-2016](#)

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 2016	5
Abb. 2: Energienutzungsgrad nach EnV (anlagenspezifische Werte 2016 und Mittelwerte 2014, 2015 und 2016)	6
Abb. 3: Heizwert 2016 und 2015	7
Abb. 4: R1- Faktor 2016 und 2015	8
Abb. 5: ENE 2016 und 2015	9
Abb. 6: Kesselwirkungsgrad 2016 und 2015	10
Abb. 7: Spezifischer Wärmeexport 2016	11
Abb. 8: Spezifischer Wärmebedarf 2016	12
Abb. 9: Spezifischer Stromexport 2016	13
Abb. 10: Spezifischer Strombedarf 2016	14
Abb. 11: Wärmenutzungsgrad 2016	15
Abb. 12: Stromnutzungsgrad 2016	16
Abb. 13: Energieflussdiagramm CH-KVA 2016	17
Abb. 14: Massenflussdiagramm CH-KVA 2016	19
Abb. 15: Angelieferte und Verbrannte Abfälle (Differenz ergibt sich aus Lagerveränderung)	20
Abb. 16: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1'000 Tonnen	20
Abb. 17: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Inland und Ausland	20
Abb. 18: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % des verbrannten Abfalls	20
Abb. 19: Wasserfalldiagramm der Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2015 zu 2016	21
Abb. 20: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs	25

Vergleichstabelle Energiekennzahlen CH- KVA 2016

		Abfallinput						Effizienz-Kennzahlen				Energie-Verwertung												Fremdenergie		
		Verbrannte Abfallmenge	Davon Klärschlamm	Heizwert nach Standardmethode	Heizwert ohne Klärschlamm	Energieinput in Kessel	Kesselwirkungsgrad	η nach Abfall	Energetische Nettoeffizienz (ENEG)	Wärmenutzungsgrad nach EN16	Stromnutzungsgrad nach EN16	Wärmegabe (inkl. Eigenbedarf)	Spezifische Wärmegabe	Spezifische Wärmegabe	Stromgabe (inkl. Eigenbedarf)	Spezifische Stromgabe	Spezifische Stromgabe	Wärmegabebedarf	Spezifischer Wärmebedarf	Spezifischer Wärmebedarf	Stromgebedarf	Spezifischer Strombedarf	Spezifischer Strombedarf	Fremdenergiebedarf #	Spezifischer Fremdenergiebedarf	Spezifischer Fremdenergiebedarf
[t/a]	[t/a]	[GJ/t]	[GJ/t]	[MWh/a]	[%]	[]	[]	[%]	[%]	[%]	[MWh/a]	[MWh/t _{abfall}]	[MWh/MWh _{abfall}]	[MWh/a]	[MWh/t _{abfall}]	[MWh/MWh _{abfall}]	[%]	[MWh/a]	[MWh/t _{abfall}]	[MWh/MWh _{abfall}]	[MWh/a]	[MWh/t _{abfall}]	[MWh/MWh _{abfall}]	[MWh/a]	[MWh/t _{abfall}]	[MWh/MWh _{abfall}]
01	AG Buchs (AG)	131'470	0	12.86	12.86	469'594	85.7%	0.72	0.58	21.8%	17.8%	78'704	0.599	0.168	68'333	0.520	0.146	23'872	0.182	0.051	15'537	0.118	0.033	309	0.002	0.001
02	AG Oftringen ¹⁾	66'383	0	13.40	13.40	260'261	81.3%	0.65	0.57	14.3%	20.6%	33'975	0.512	0.131	46'242	0.697	0.178	2'947	0.044	0.011	8'122	0.122	0.031	13'435	0.202	0.052
03	AG Turgi	123'029	5'175	11.61	12.06	396'702	82.8%	0.75	0.60	18.6%	20.1%	59'365	0.483	0.150	63'679	0.518	0.161	14'590	0.119	0.037	15'993	0.130	0.040	126	0.001	0.000
04	BE Bern	126'937	0	12.56	12.56	442'856	85.0%	0.82	0.69	22.9%	20.8%	98'156	0.773	0.222	73'081	0.576	0.165	3'195	0.025	0.007	19'060	0.150	0.043	0	0.000	0.000
05	BE Biel	43'980	19	12.52	12.52	152'935	85.8%	0.53	0.42	18.5%	12.5%	24'584	0.559	0.161	14'583	0.332	0.095	3'671	0.083	0.024	4'545	0.103	0.030	773	0.018	0.005
06	BE Thun	145'877	17'217	9.66	11.07	392'846	83.4%	0.77	0.66	16.0%	22.1%	58'128	0.398	0.148	73'291	0.502	0.187	4'900	0.034	0.012	14'085	0.097	0.036	1'923	0.013	0.005
07	BS Basel	233'271	0	11.61	11.61	754'268	85.7%	1.00	0.89	65.8%	10.0%	488'847	2.096	0.648	47'708	0.205	0.063	7'384	0.032	0.010	31'664	0.136	0.042	6'230	0.027	0.008
08	FR Posieux	91'093	409	13.08	13.13	330'939	85.3%	0.68	0.54	19.2%	18.1%	55'331	0.607	0.167	45'785	0.503	0.138	8'291	0.091	0.025	16'430	0.180	0.050	2'308	0.025	0.007
09	GE Genf	232'663	0	10.89	10.89	704'443	82.8%	0.83	0.73	38.9%	14.9%	264'231	1.136	0.375	80'646	0.347	0.114	9'484	0.041	0.013	24'233	0.104	0.034	3'107	0.013	0.004
10	GL Niederurnen	115'207	0	11.45	11.45	366'482	86.6%	0.64	0.48	4.3%	22.2%	3'610	0.031	0.010	64'327	0.558	0.176	25'500	0.221	0.070	16'881	0.147	0.046	0	0.000	0.000
11	GR Trimmis	106'149	0	12.09	12.09	356'395	87.2%	0.74	0.59	26.1%	16.5%	78'787	0.742	0.221	44'649	0.421	0.125	14'081	0.133	0.040	14'049	0.132	0.039	19	0.000	0.000
12	LU Perlen	227'071	0	13.12	13.12	827'550	88.2%	0.96	0.90	37.1%	20.2%	303'065	1.335	0.366	149'511	0.658	0.181	3'781	0.017	0.005	18'140	0.080	0.022	246	0.001	0.000
13	NE Colombier	50'870	5'152	11.72	12.90	165'541	84.3%	0.63	0.47	17.8%	15.9%	24'932	0.490	0.151	18'325	0.360	0.111	4'566	0.090	0.028	7'068	0.139	0.043	119	0.002	0.001
14	NE La Chaux-de-Fonds	56'321	6'126	11.38	12.60	178'015	83.3%	0.88	0.70	45.8%	13.6%	73'716	1.309	0.414	15'636	0.278	0.088	7'779	0.138	0.044	8'800	0.156	0.049	643	0.011	0.004
15	SG Bazenheid ¹⁾	85'601	0	12.23	12.23	290'882	88.2%	0.73	0.55	23.9%	18.2%	55'449	0.648	0.191	40'039	0.468	0.138	29'234	0.342	0.101	10'389	0.121	0.036	7'701	0.090	0.026
16	SG Buchs (SG)	186'538	3'035	12.38	12.56	642'668	89.5%	0.86	0.72	37.0%	16.5%	213'407	1.144	0.332	82'712	0.443	0.129	25'655	0.138	0.040	23'123	0.124	0.036	1'057	0.006	0.002
17	SG St. Gallen	73'433	5'463	11.12	11.92	226'823	84.0%	0.75	0.58	38.8%	12.8%	72'086	0.982	0.318	18'981	0.258	0.084	27'330	0.372	0.120	9'408	0.128	0.041	978	0.013	0.004
18	SO Zuchwil	233'897	14'487	11.40	12.06	740'817	78.5%	0.75	0.60	17.4%	20.8%	97'926	0.419	0.132	124'869	0.534	0.169	30'657	0.131	0.041	29'583	0.126	0.040	34	0.000	0.000
19	TG Weinfelden	148'533	0	12.38	12.38	510'943	82.6%	0.81	0.68	42.6%	12.3%	205'232	1.382	0.402	43'513	0.293	0.085	12'677	0.085	0.025	19'088	0.129	0.037	34	0.000	0.000
20	TI Giubiasco	183'484	19'484	10.90	12.02	555'452	84.5%	0.72	0.58	9.4%	22.8%	31'942	0.174	0.058	105'845	0.577	0.191	20'319	0.111	0.037	20'317	0.111	0.037	4	0.000	0.000
21	VD Lausanne	181'950	12	12.45	12.45	629'255	85.9%	0.94	0.81	52.5%	12.8%	301'433	1.657	0.479	63'037	0.346	0.100	29'132	0.160	0.046	18'663	0.103	0.030	923	0.005	0.001
22	VS Gamsen	35'017	0	12.93	12.93	125'742	78.3%	0.81	0.62	61.5%	4.8%	70'059	2.001	0.557	426	0.012	0.003	7'257	0.207	0.058	6'054	0.173	0.048	1'094	0.031	0.009
23	VS Sion ¹⁾	69'903	0	11.08	11.08	223'213	82.6%	0.45	0.30	10.8%	14.5%	14'156	0.203	0.063	23'864	0.341	0.107	10'621	0.152	0.048	9'656	0.138	0.043	10'676	0.153	0.048
24	VS Monthey	170'947	15'356	11.21	12.17	532'458	87.8%	0.87	0.71	15.7%	25.9%	62'156	0.364	0.117	113'888	0.666	0.214	21'651	0.127	0.041	27'106	0.159	0.051	104	0.001	0.000
25	ZH Dietikon	95'341	0	12.30	12.30	325'843	79.9%	0.68	0.55	9.0%	21.6%	26'752	0.281	0.082	55'517	0.582	0.170	2'722	0.029	0.008	14'923	0.157	0.046	15	0.000	0.000
26	ZH Hinwil	187'351	2'737	12.36	12.52	643'170	80.0%	0.67	0.57	10.4%	20.5%	62'015	0.331	0.096	110'190	0.588	0.171	4'708	0.025	0.007	21'958	0.117	0.034	8	0.000	0.000
27	ZH Horgen	33'681	0	12.81	12.81	119'885	83.3%	0.72	0.63	31.5%	13.7%	37'169	1.104	0.310	12'603	0.374	0.105	643	0.019	0.005	4'123	0.122	0.034	301	0.009	0.003
28	ZH ZH Hagenholz	243'543	719	12.04	12.08	814'624	84.4%	1.02	0.94	53.0%	15.6%	427'667	1.756	0.525	104'570	0.429	0.128	4'156	0.017	0.005	22'827	0.094	0.028	67	0.000	0.000
29	ZH ZH Josefstrasse	124'979	8'617	10.52	11.30	365'351	84.0%	0.66	0.54	29.6%	12.2%	102'088	0.817	0.279	30'677	0.245	0.084	5'959	0.048	0.016	14'740	0.118	0.040	700	0.006	0.002
30	ZH Winterthur	205'487	481	11.55	11.58	666'010	83.4%	0.87	0.74	28.4%	20.6%	175'288	0.853	0.263	108'663	0.529	0.163	11'855	0.058	0.018	27'222	0.132	0.041	258	0.001	0.000
Anlagen- Mittelwert *		133'667	3'483	11.920	12.222	440'399	84.1%	0.76	0.63	28.0%	17.0%	120'009	0.839	0.251	61'506	0.439	0.132	12'621	0.109	0.033	16'460	0.128	0.039	1'773	0.021	0.006
CH-Mittelwert **				11.831	12.119		84.4%	0.80	0.68	29.8%	17.6%		0.898	0.272		0.460	0.140		0.094	0.029		0.123	0.037		0.013	0.004
CH-Mittelwert 2015 **				11.682	12.095		83.9%	0.79	0.66	29.4%	17.3%		0.873	0.282		0.441	0.143		0.097	0.031		0.124	0.040		0.015	0.005
CH- Summe		4'010'006	104'488			13'211'964						3'600'258			1'845'190			378'619			493'785			53'193		
CH- Maximal		243'543	19'484	13.40	13.40	827'550	89.5%	1.02	0.94	65.8%	25.9%	488'847	2.096	0.648	149'511	0.697	0.214	30'657	0.372	0.120	31'664	0.180	0.051	13'435	0.202	0.052
CH- Minimal		33'681	12	9.66	10.89	119'885	78.3%	0.45	0.30	4.3%	4.8%	3'610	0.031	0.010	426	0.012	0.003	643	0.017	0.005	4'123	0.080	0.022	4	0.000	0.000

* gemittelt über Anzahl Anlagen

¹⁾ nur KVA ohne Schlammverbrennungsanlage

höchster Wert

** gemittelt über Abfallmenge bzw. Energieinput

tiefster Wert

²⁾ Aufteilung Fremdenergiebedarf:

Fossil: 9'872 MWh

Abwärm: 1'056 MWh

Erneuerbar: 28'775 MWh

Elektrisch: 13'490 MWh

Abb. 1: Zusammenstellung Energiekennzahlen 2016

Energienutzungsgrad CH- KVA 2016

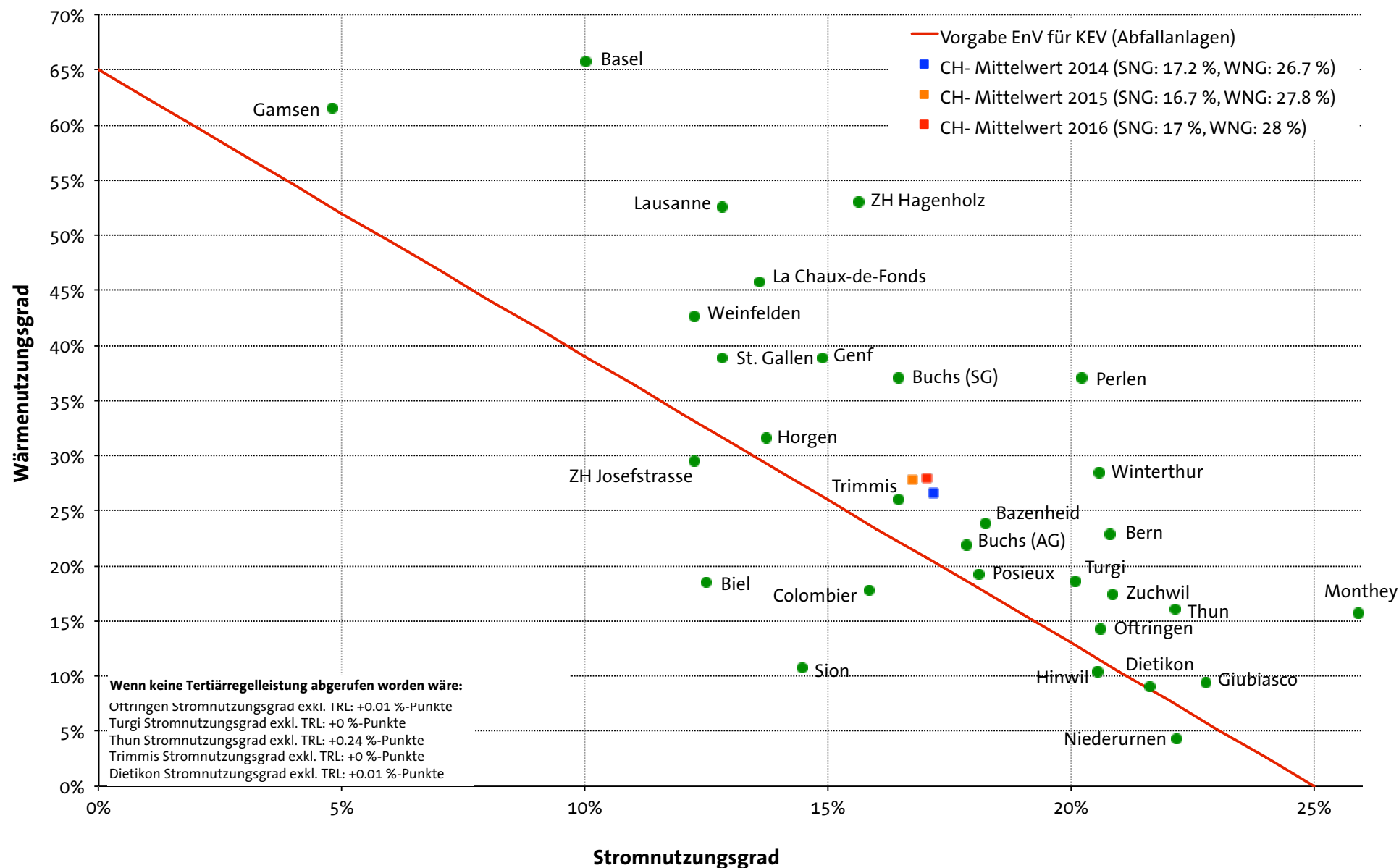


Abb. 2: Energienutzungsgrad nach EnV (anlagenspezifische Werte 2016 und Mittelwerte 2014, 2015 und 2016)

Heizwert nach Standardmethode 2016 und 2015

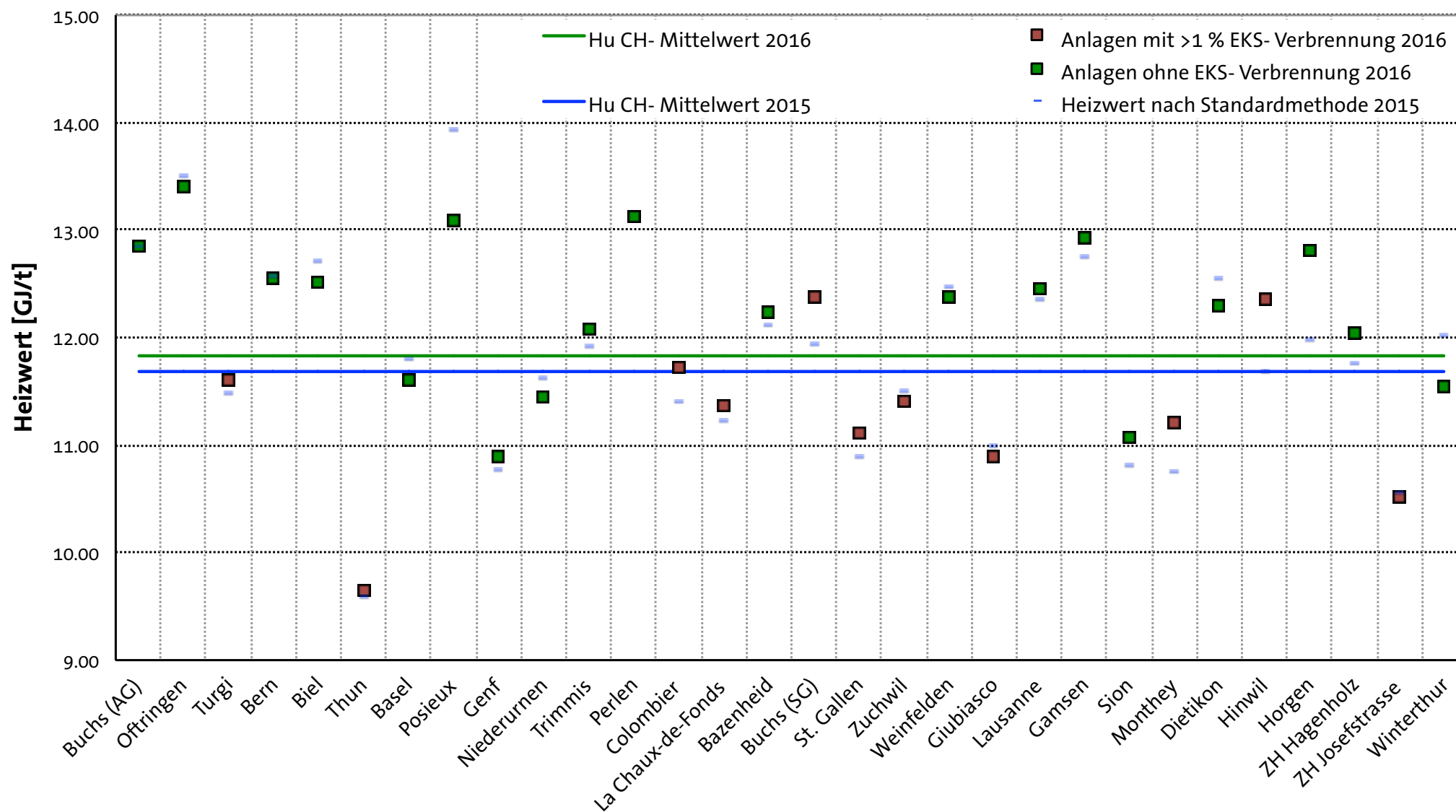


Abb. 3: Heizwert 2016 und 2015

R1- Faktor 2016 und 2015

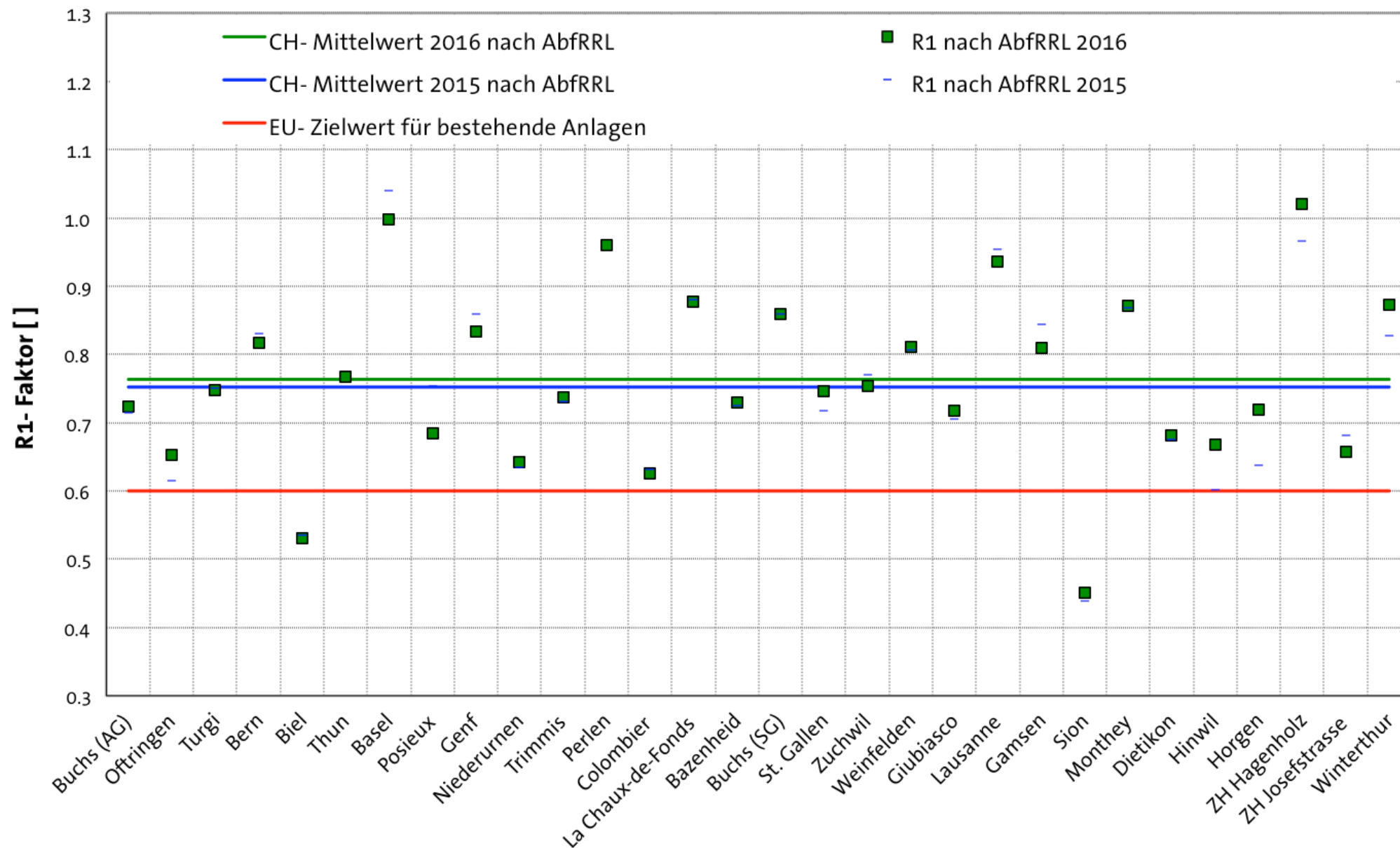


Abb. 4: R1- Faktor 2016 und 2015

Energetische Nettoeffizienz (ENE) 2016 und 2015

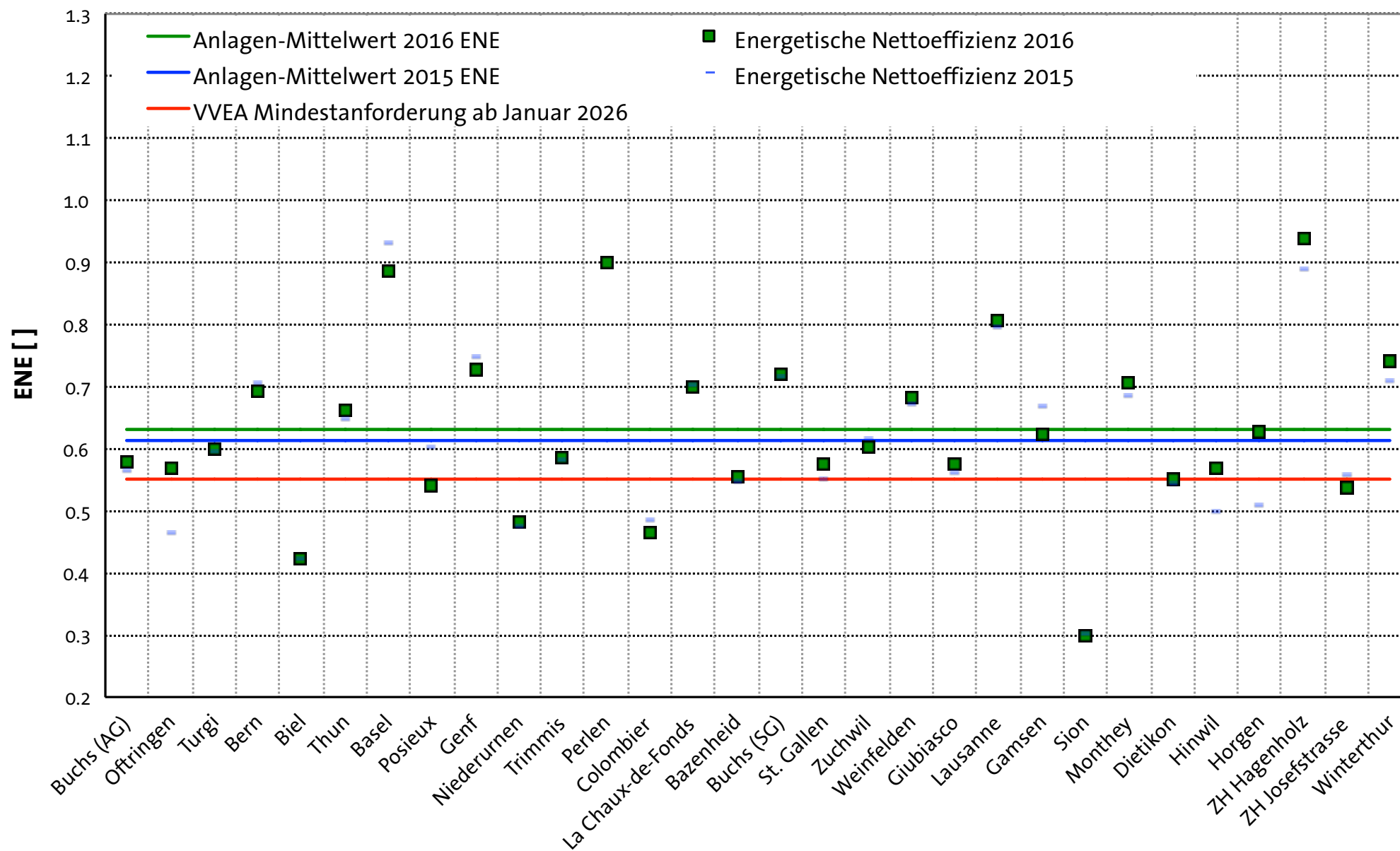


Abb. 5: ENE 2016 und 2015

Kesselwirkungsgrad 2016 und 2015

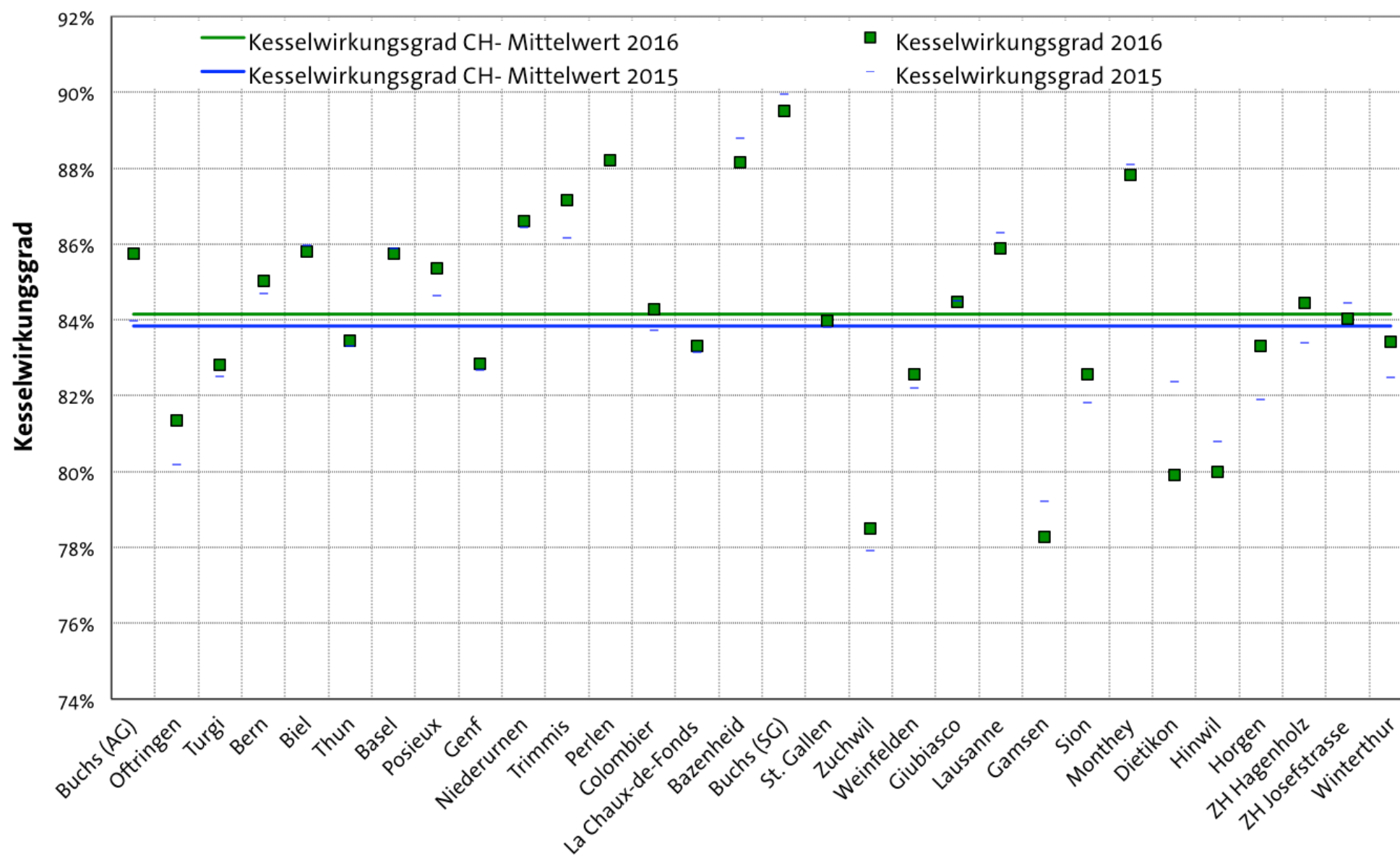


Abb. 6: Kesselwirkungsgrad 2016 und 2015

Spezifischer Wärmeexport 2016

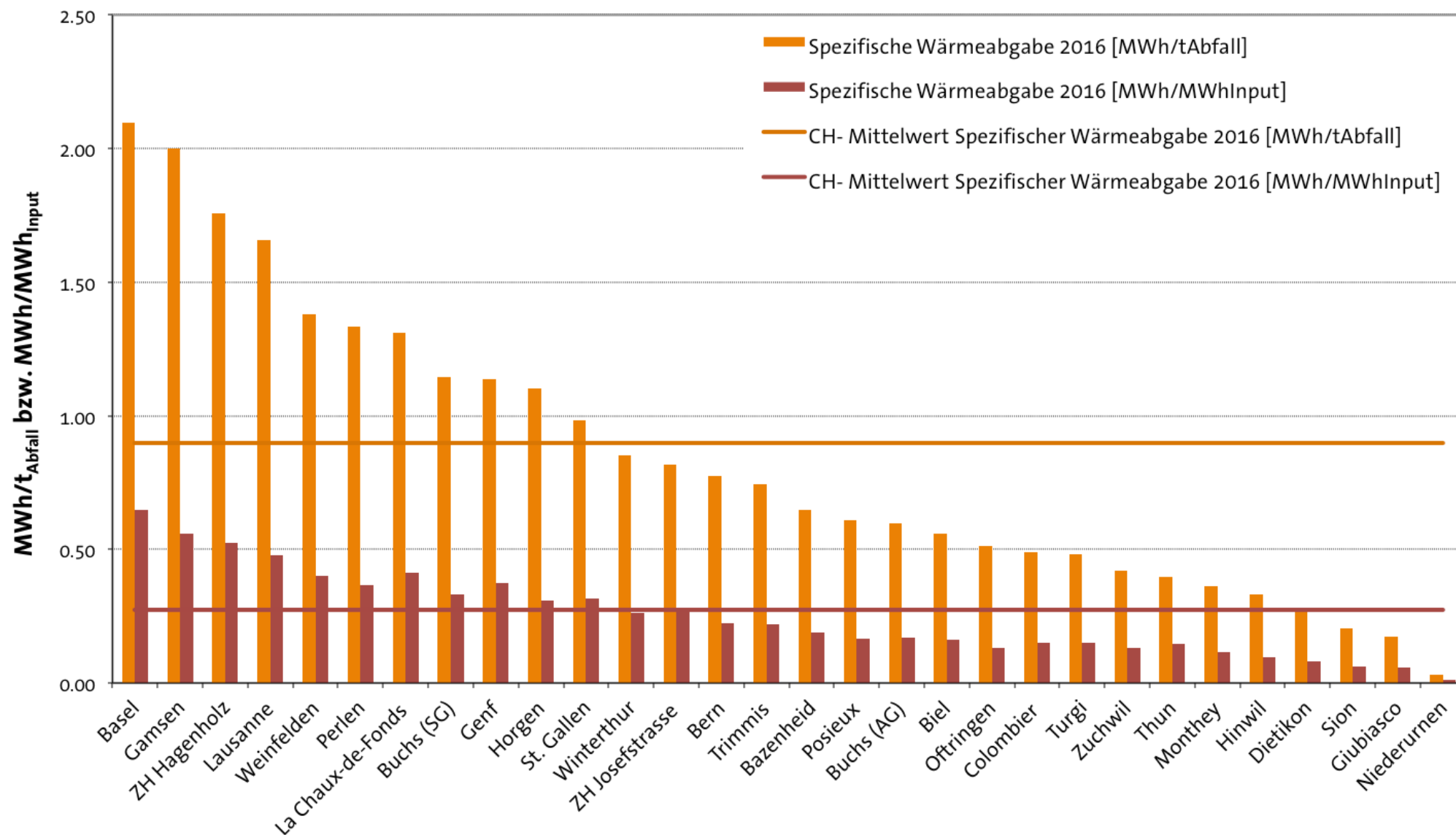


Abb. 7: Spezifischer Wärmeexport 2016

Spezifischer Wärmebedarf 2016

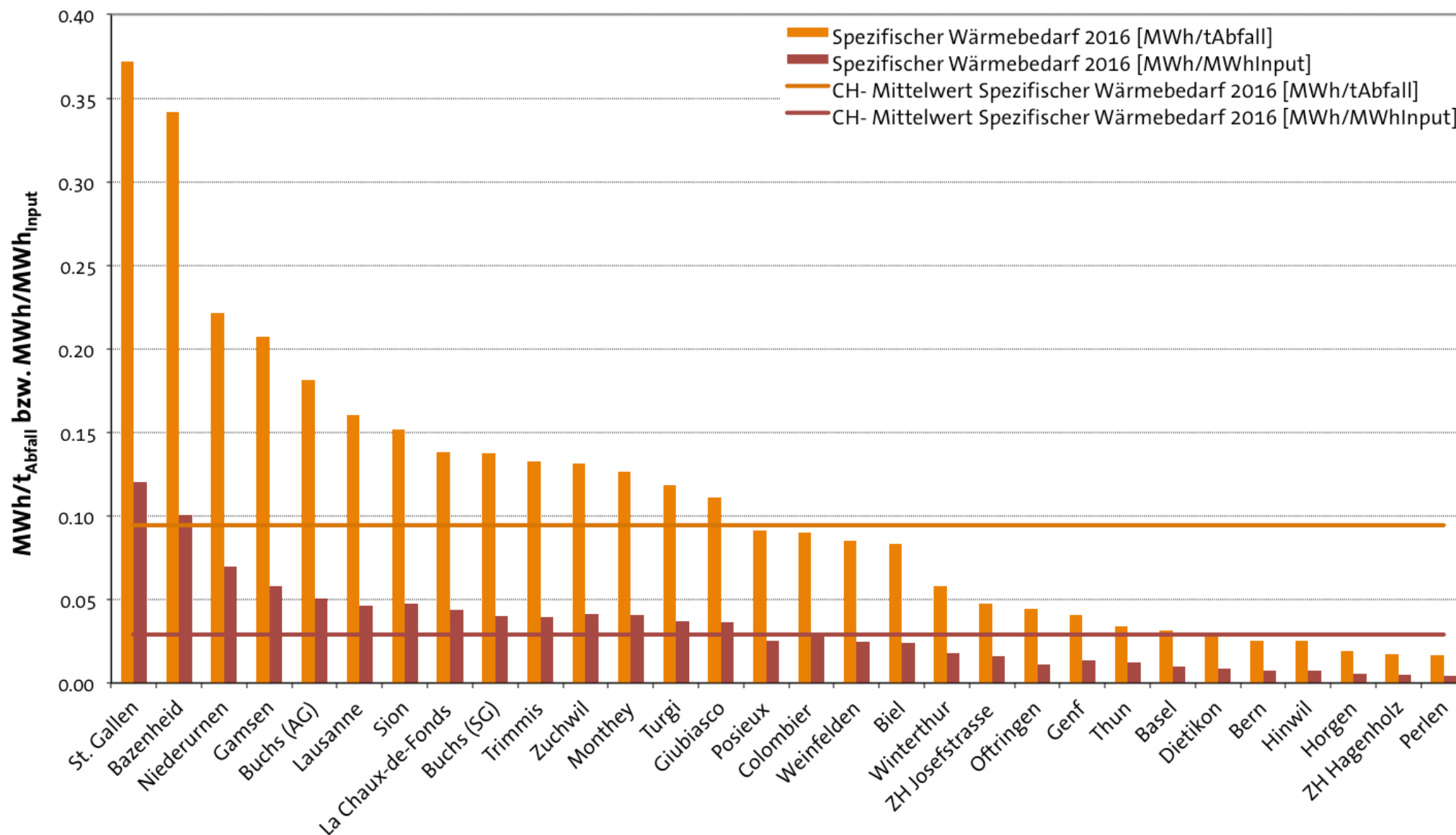


Abb. 8: Spezifischer Wärmebedarf 2016

Spezifischer Stromexport 2016

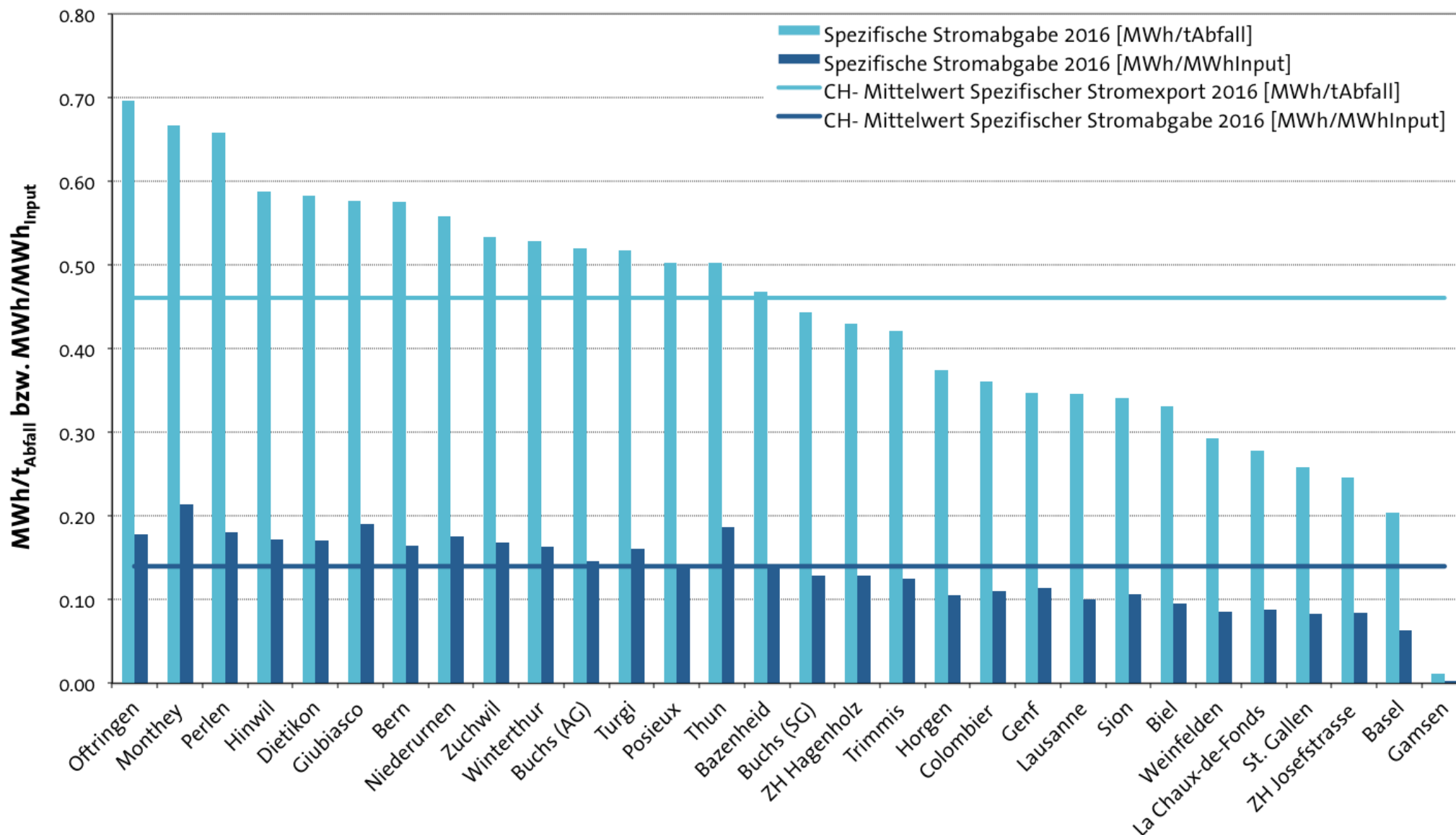


Abb. 9: Spezifischer Stromexport 2016

Spezifischer Strombedarf 2016

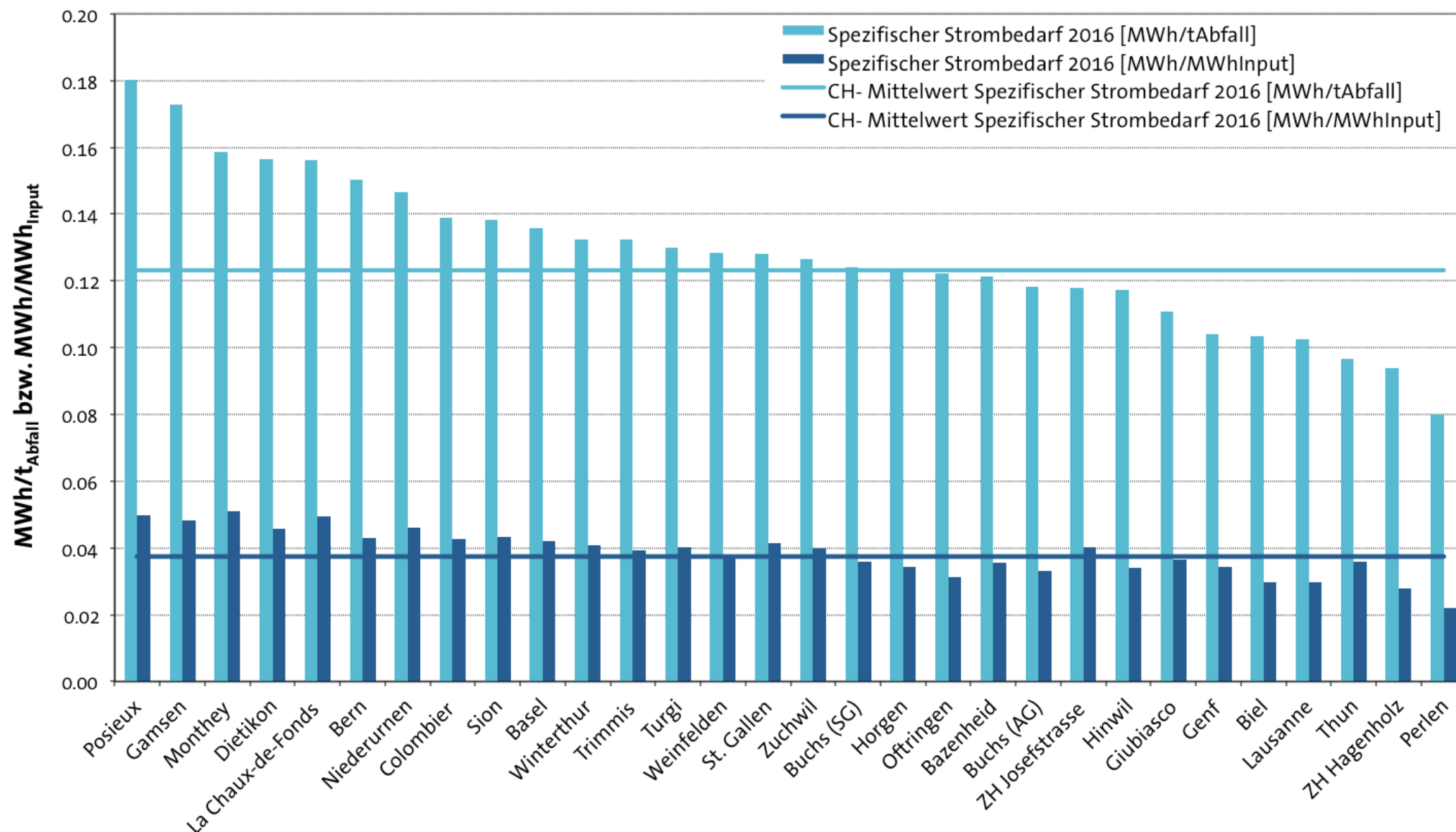


Abb. 10: Spezifischer Strombedarf 2016

Wärmenutzungsgrad 2016

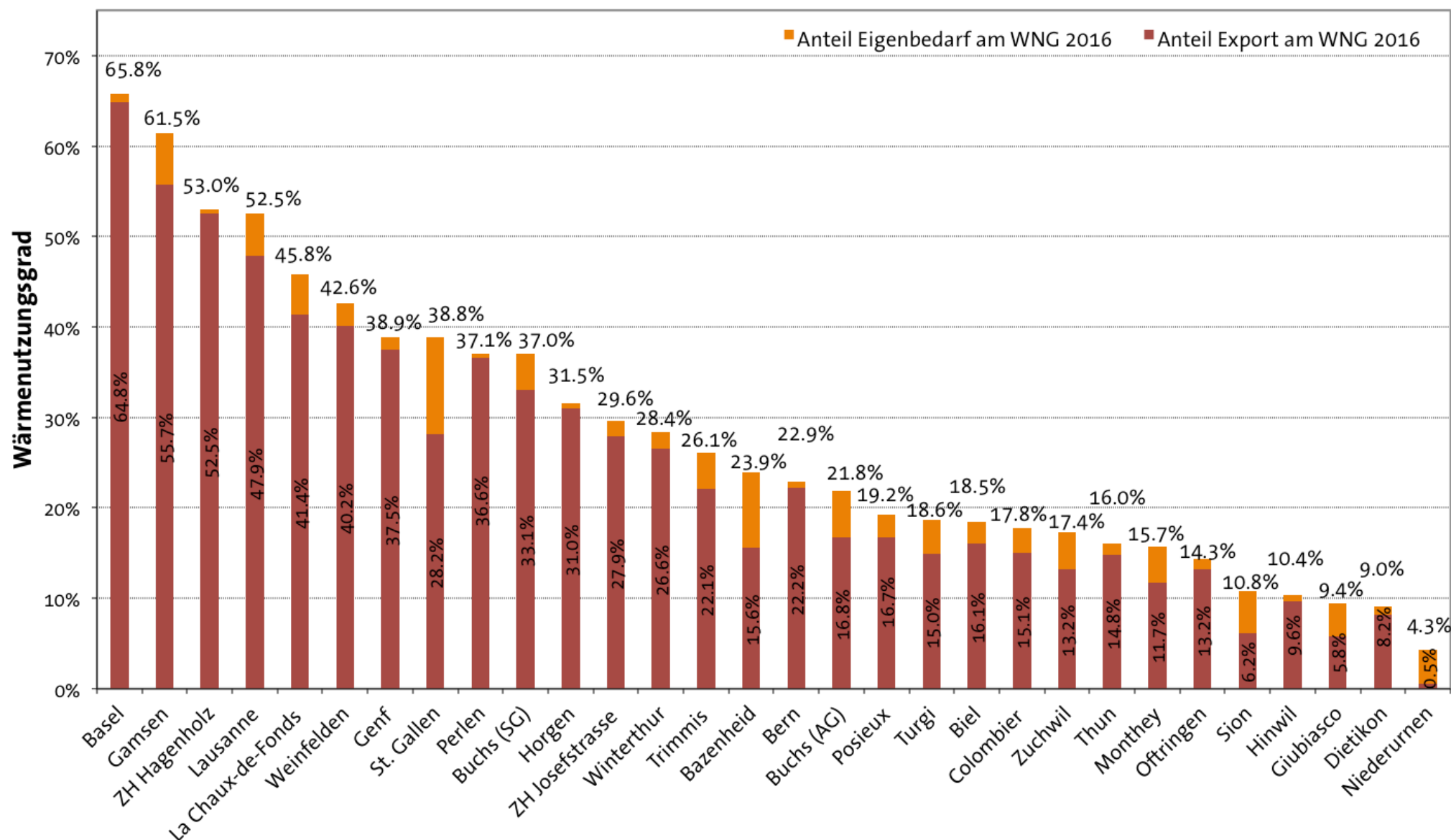


Abb. 11: Wärmenutzungsgrad 2016

Stromnutzungsgrad 2016

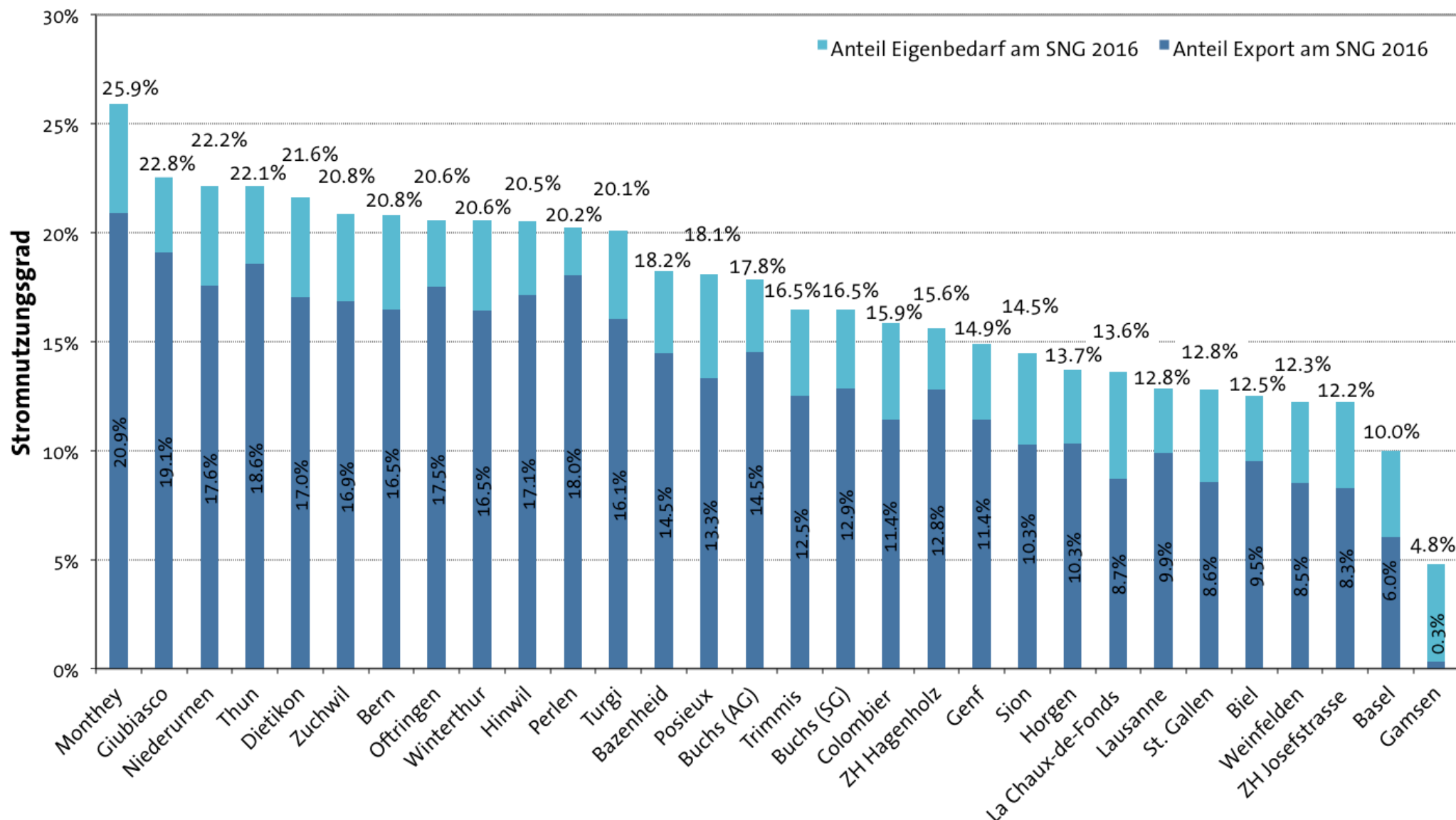


Abb. 12: Stromnutzungsgrad 2016

Energiefluss CH-KVA 2016

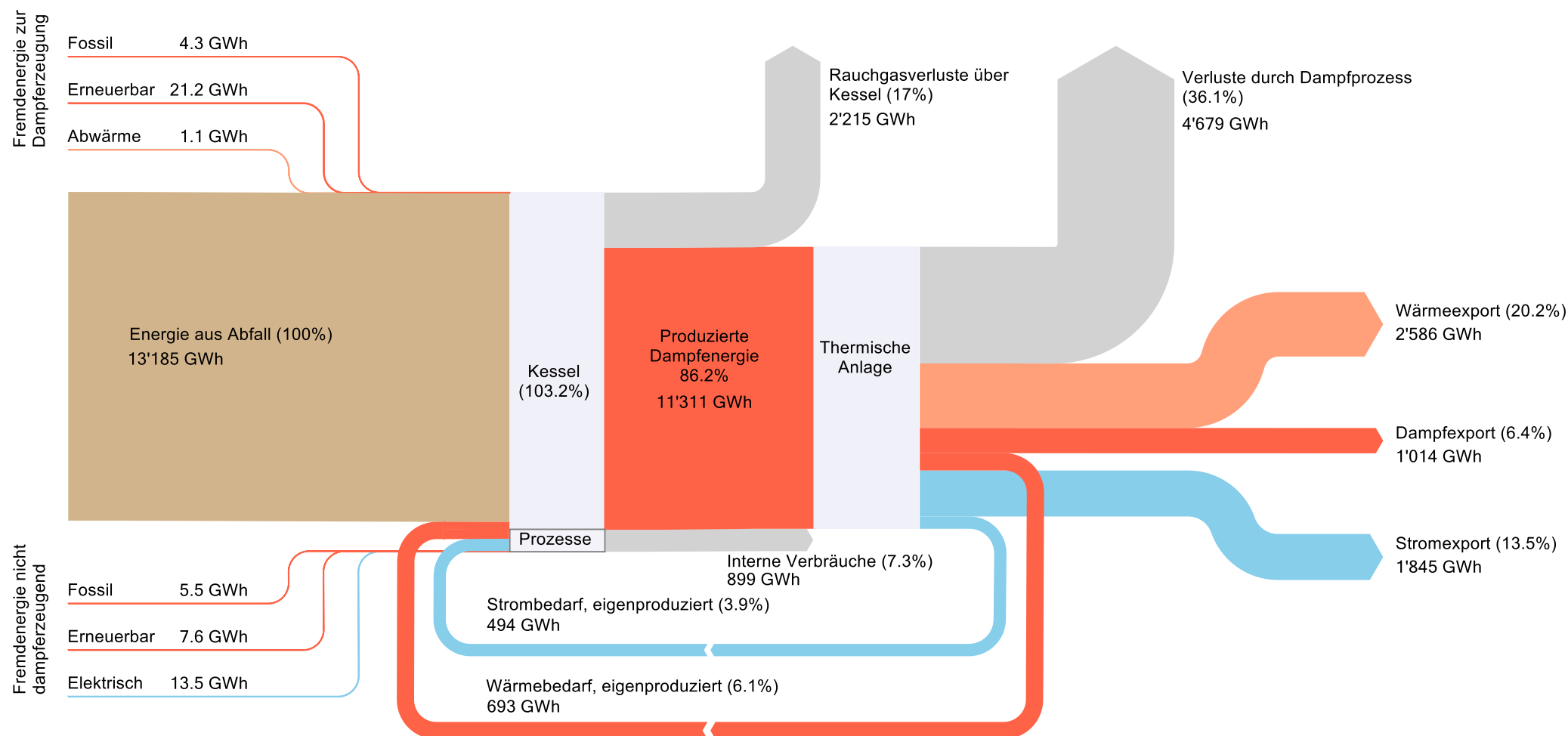


Abb. 13: Energieflussdiagramm CH-KVA 2016

BEMERKUNGEN ZU DEN ENERGIEKENNZAHLEN 2016

Die folgende Ereignisse hatten substantiellen Einfluss auf die Kennzahlen:

- Der **Energieinput in den Kessel** ist im Vergleich zum Vorjahr um 10% gestiegen. Die Gründe dafür sind die Zunahme der total verbrannten Menge Abfall (+ 3.1%) und die Reduktion der Menge verbrannten Klärschlamms (- 24%).
- Die **Wärmeabgabe** hat um 6% zugenommen (+ 205 GWh), obwohl bei der KVA Monthey Tamoil als Dampf-bezüger wegfiel (- 37 GWh). Hauptgrund für den gesteigerten Wärmeabsatz ist der kalte Winter mit 5% mehr Heizgradtagen (Ø Schweiz), sowie das erste Jahr Volllastbetrieb der KVA Perlen.
- Die **Stromabgabe** hat um 6% zugenommen (+ 130 GWh). Grund dafür ist die Zunahme der Menge des verbrannten Abfalls, sowie der Volllastbetrieb der KVA Perlen, der reguläre Betrieb der KVA Oftringen (Brand 2015). Zudem lief der Generator bei KVA Hinwil ohne nennenswerte Unterbrechung und bei der KVA Monthey wurde der nicht mehr abgegebene Dampf verstromt.
- Der **Fremdenergiebedarf** hat um 10% abgenommen. Diese Reduktion kommt vom Wegfall der als Fremdenergieinput betrachteten Rauchgase aus der Schlammverbrennungsanlage bei der KVA Dietikon und dem Wegfall externer Abwärmequellen bei der KVA Monthey.

Massenfluss der Schweizer KVA 2016

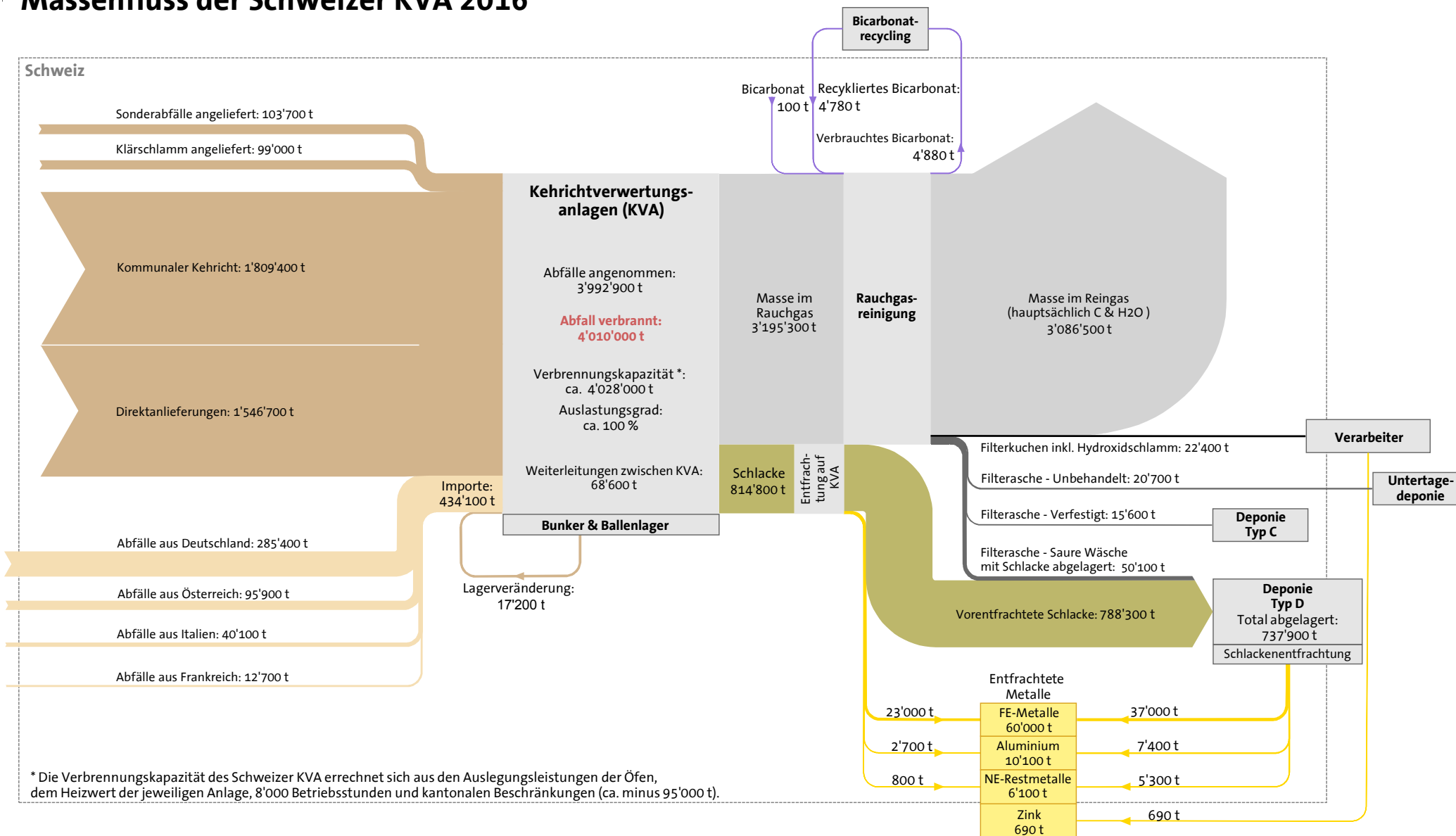


Abb. 14: Massenflussdiagramm CH-KVA 2016

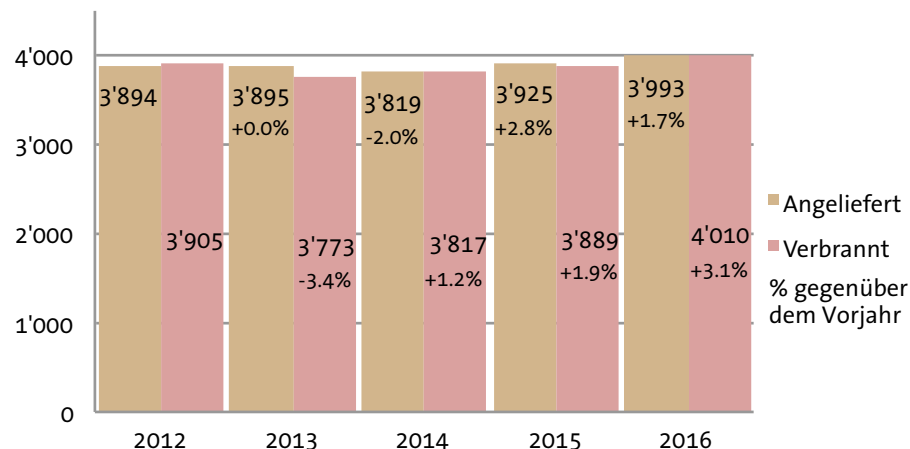
Angelieferte & Verbrannte Abfälle [kt]

Abb. 15: Angelieferte und Verbrannte Abfälle (Differenz ergibt sich aus Lagerveränderung)

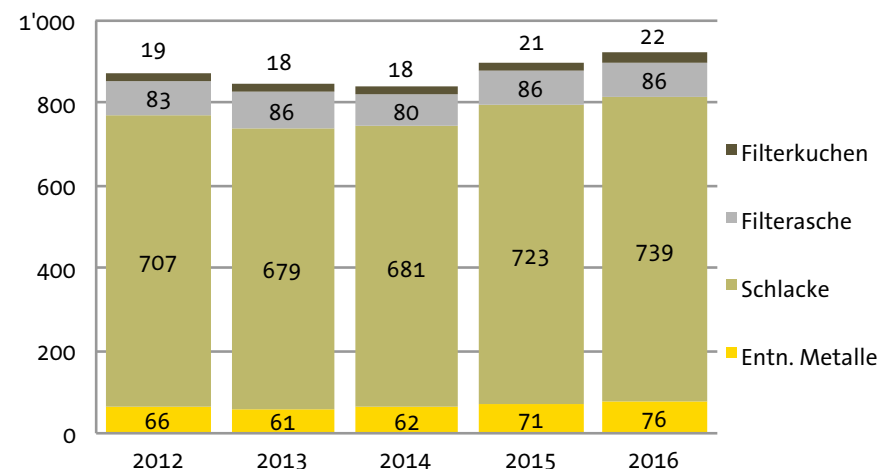
Rückstände & Entnommene Metalle [kt]

Abb. 16: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in 1'000 Tonnen

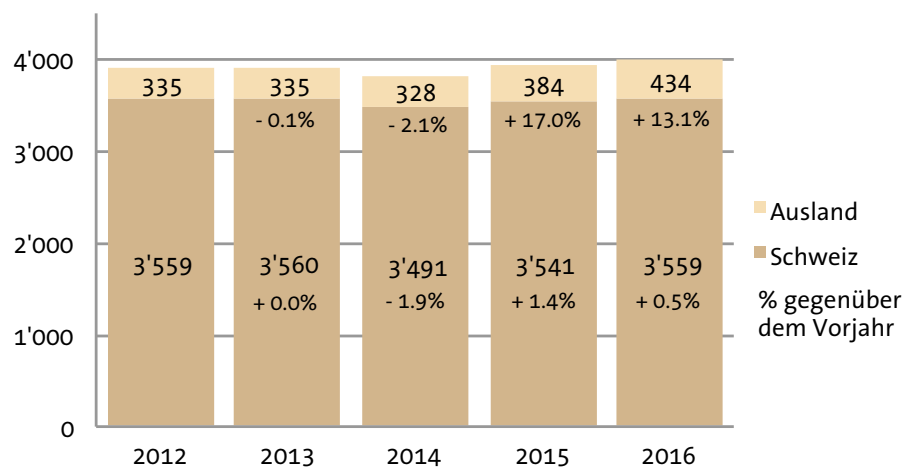
Angelieferte Abfälle [kt]

Abb. 17: Angelieferte Abfälle aufgeteilt nach Inland und Ausland

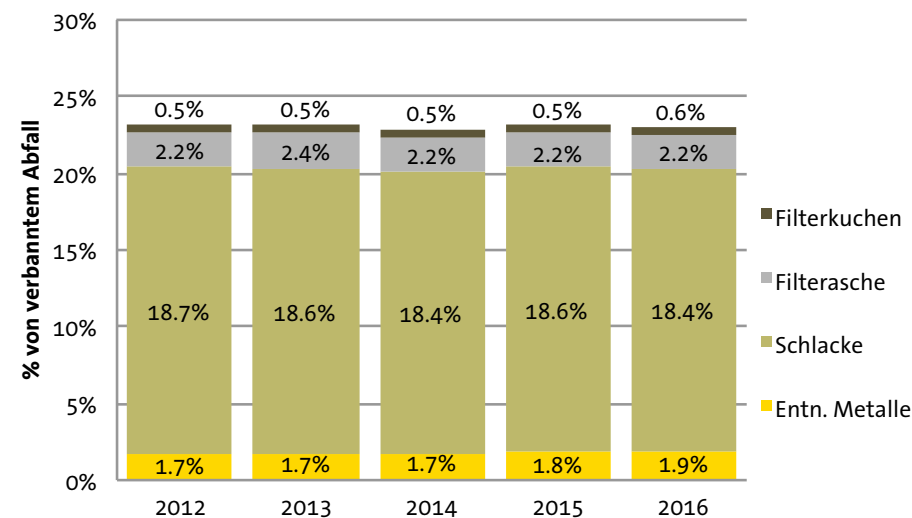
Rückstände & Entnommene Metalle [%]

Abb. 18: Verbrennungsrückstände und entnommene Metalle in % des verbrannten Abfalls

Veränderung der angelieferten Abfallmengen 2015/16 [kt]

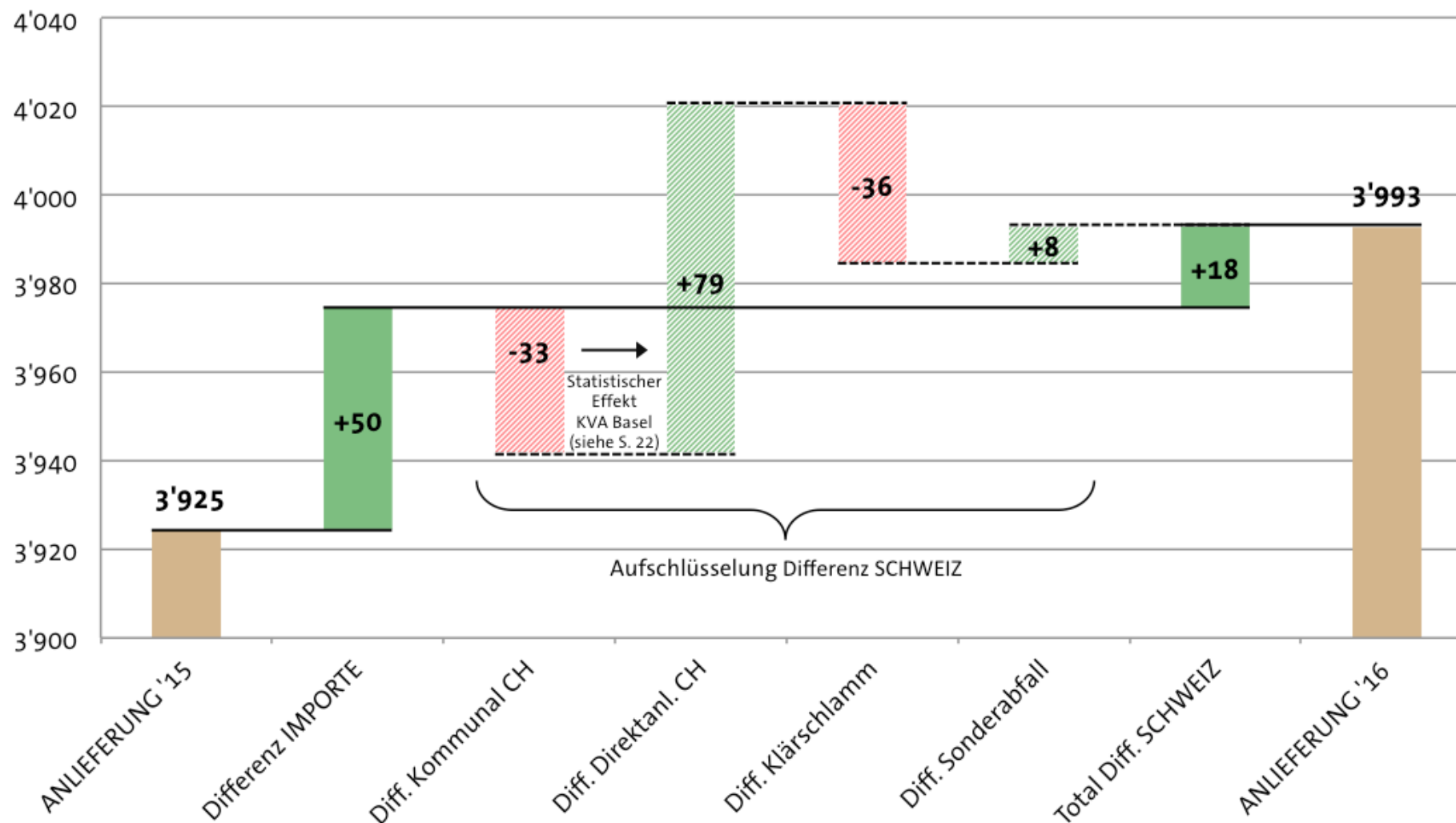


Abb. 19: Wasserfalldiagramm der Veränderung der angelieferten Abfallmengen von 2015 zu 2016 (Kommentare zu den Veränderungen und Spezialeffekten auf der nächsten Seite)

BEMERKUNGEN ZU DEN MENGENZAHLEN 2016

Der **angelieferte Abfall** nahm um **68'000 t (+ 1.7%) zu**, dazu geführt haben:

- Importe (DE, AT, FR, IT): + 50'000 t (+ 1.3%-Punkte)
- Inlandanlieferungen: + 18'000 t (+ 0.4%-Punkte)

Die **verbrannte Menge** Abfall nahm um **121'000 t (+ 3.1%) zu**, dazu geführt haben:

- Angelieferte Abfälle: + 68'000 t (+ 1.7%-Punkte, siehe oben)
- Leerung von Bunkern und Lagern: + 53'000 t (+ 1.4%-Punkte)

Anlieferzahlen:

- **Sonderabfall:** + 8'000 t (+ 8.3%): Teile des Altholzes gelten seit 23.3.16 als Sonderabfall (Verordnung des UVEK über die Liste zum Verkehr mit Abfällen, LVA)
- **Klärschlamm:** - 36'000 t (-26%): Vollbetrieb Klärschlamm-Monoverbrennung Werdhölzli
- **Kommunale Anlieferungen:** - 33'000 t (- 1.8%): Anpassung der Aufteilung der Anlieferungen der KVA Basel (Anpassung Schätzwert) = Verschiebung von 32'000 t von kommunale- zu Direktanlieferungen
- **Direktanlieferungen:** + 79'000 t (+ 5.1%): Davon +32'000 t statistischer Effekt (siehe oben, Basel) und Zunahmen auf diversen Anlagen

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 Ammoniakendüngung, Wassereindüngung, 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 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:

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

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:

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

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 0.55 ist als Kriterium in Diskussion.

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

E_{exp} Exportierte Energie

Systemgrenzen Stromeigenbedarf

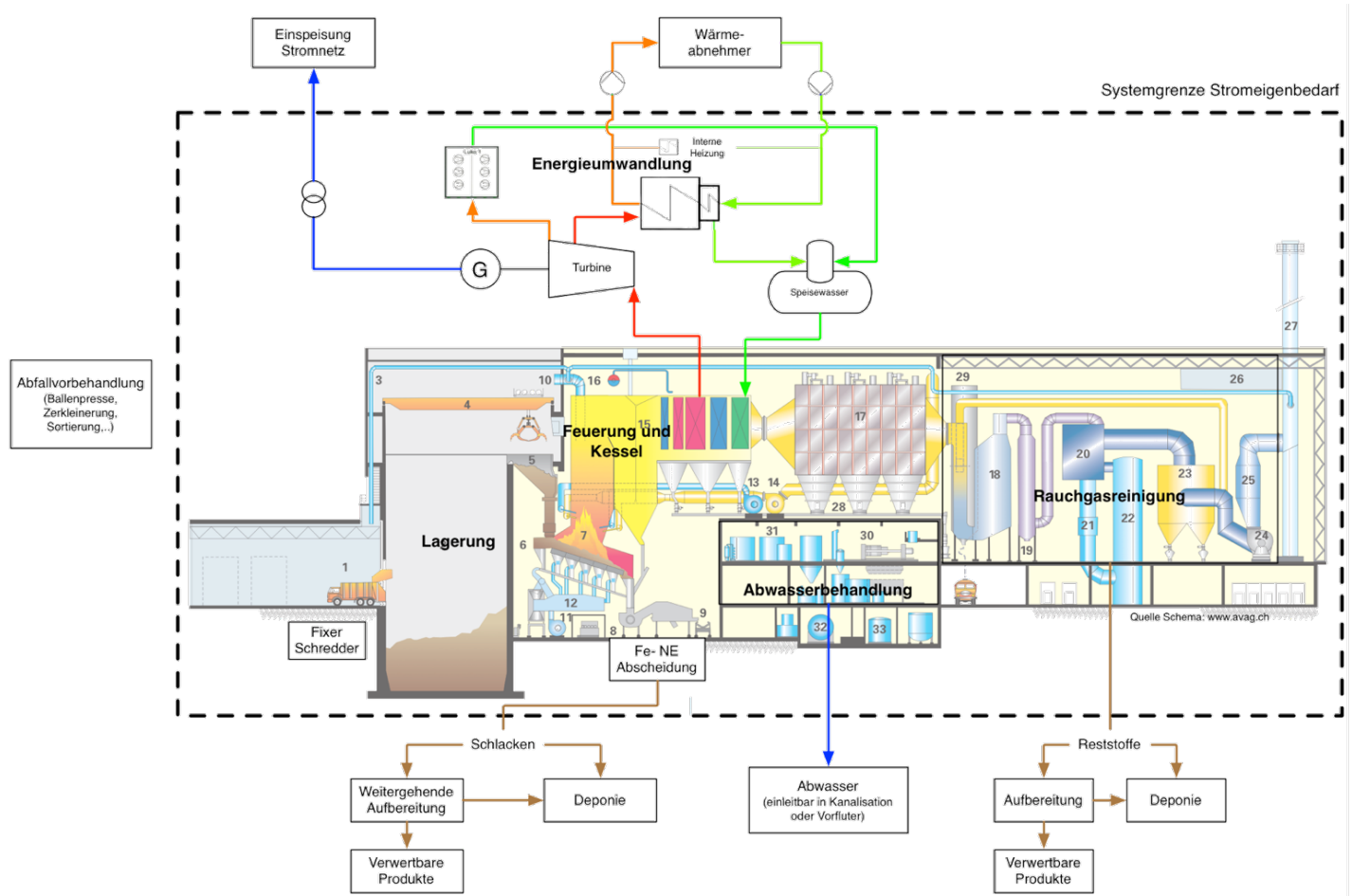


Abb. 20: Schema der Systemgrenzen des Stromeigenbedarfs