

Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie

Berichtsjahr 2019

Gerd Mauschitz

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik
und Technische Biowissenschaften

Technische Universität Wien

Wien, im April 2020



Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie Berichtsjahr 2019

Gerd Mausnitz

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

Technische Universität Wien

Wien, im April 2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Problemstellung.....	3
2 Datenerfassung.....	4
2.1 Erfasste Schadstoffe.....	4
2.2 Erfassungszeitraum.....	4
2.3 Erfasste Anlagen.....	4
3 Ergebnisse, numerische und graphische Darstellungen.....	6
3.1 Produktionsstatistik.....	8
3.2 Brennstoffstatistik.....	9
3.3 Energiestatistik.....	10
3.4 Rohstoff- und Zuzugstoffstatistik.....	16
3.5 Emissionsstatistik.....	19
4 Kurzkomentar zu den Ergebnissen.....	27
4.1 Anlage- und Produktionsdaten.....	27
4.2 Emissionen.....	28
5 Tabellenverzeichnis.....	31
6 Abbildungsverzeichnis.....	31

Einleitung

Baustofftechnisch wird ein anorganischer, nicht metallischer, fein gemahlener Stoff, der nach Zugabe von Wasser infolge chemischer Umsetzungen selbständig erstarrt und nach dem Erhärten auch unter Wasser hart und raumbeständig bleibt, als *Zement* bezeichnet.

Basierend auf der europäischen Zementnorm DIN EN 197-1 [1], bestehen Zemente in unterschiedlicher Zusammensetzung aus Portlandzementklinker, dem Träger des permanent hydraulischen Verhaltens und aus Zuschlagstoffen, wie z. B. den Erstarrungsreglern Gips (CaSO₄ · 2 H₂O) bzw. Anhydrit (CaSO₄), den künstlichen Puzzolanen Hüttensand und Flugasche als latent hydraulische Materialien bzw. Kalkstein.

Die hydraulischen Eigenschaften der Mörtelbindstoffe beruhen auf den Zementklinkermineralen Calciumsilikate, Calciumaluminat und Calciumaluminatferrite, die während des Sinterprozesses bei ca. 1450°C in Drehrohröfen aus einem Rohstoffgemisch hergestellt werden, welches als quaternäres Stoffsystem Calcium-, Silizium-, Aluminium- und Eisenverbindungen enthält. Als Ausgangsstoffe zur Klinkerproduktion werden somit Kalkstein sowie Ton oder deren natürlich vorkommende Gemische Kalksteinmergel bzw. Mergelkalkstein verwendet. Wesentliche Bestandteile des Tons sind glimmerartige Tonminerale mit geringeren Mengen an Quarz und Feldspat, die u.a. Alkalien und Eisenverbindungen beinhalten.

Durch die Zugabe von Wasser können die Zementklinkerminerale Hydrate ausbilden, die versetzt mit Zuschlagstoffen wie z. B. Sand, Kies oder Flußgeschiebe je nach Korngrößenverteilung zu Mörtel und Beton verarbeitet werden.

Zemente zählen weltweit zu den wichtigsten Baustoffen.

Zur Produktion von Portlandzementklinker werden Hochtemperaturprozesse eingesetzt, in deren Folge Schadstoffe emittiert werden.

In der vorliegenden Inventur berichtet die österreichische Zementindustrie über alle relevanten Schadstofffreisetzungen des Sektors und informiert damit über die Wirksamkeit jener Aktivitäten, die gesetzt wurden, um die Beeinträchtigung der Umwelt durch Luftschadstoffe so gering wie möglich zu halten.

Diesmal steht das Beobachtungsjahr 2019 im Mittelpunkt der Ausführungen.

Die vorliegende Zusammenschau berichtet u.a. über pyrogene und prozeßspezifische Emissionen aus österreichischen Zementwerken. Es werden die damit im ursächlichen Zusammenhang stehenden Produktions- und Betriebsdaten aufgezeigt und die Einsätze an thermischer und elektrischer Energie dargelegt.

Darüber hinaus informiert der Bericht über die Verwertung von Ersatzbrennstoffen, die Verwendung von Altstoffen in Form von Sekundärrohstoffen und Sekundärzuschlagstoffen und dokumentiert damit die Stellung, welche die Zementindustrie in der österreichischen Abfallwirtschaft einnimmt und welchen Beitrag sie zur natürlichen Ressourcenschonung leistet.

[1] DIN EN 197-1:2011-11 „Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement“, Beuth Verlag, Berlin, (2011)

1 Problemstellung

Der vorliegende Bericht soll alle relevanten Schadstoffe umfassen, die durch Anlagen der österreichischen Zementindustrie mit Ofenbetrieb im Jahr 2019 freigesetzt wurden.

Darüber hinaus, sollen

- die Produktionsdaten,
- die Einsatzmengen an konventionellen Energieträgern,
- die Einsatzmengen an Ersatzbrennstoffen,
- der thermische und der elektrische Energieverbrauch,
- die Einsatzmengen an Primärrohstoffen,
- die Einsatzmengen an Primärzumahlstoffen,
- die Einsatzmengen an Sekundärrohstoffen,
- die Einsatzmengen an Sekundärzumahlstoffen,

zusammenfassend dargestellt werden.

Die Einzelwerksergebnisse sollen, unter Wahrung der Vertraulichkeit werksspezifischer Einzelheiten, zu einer Gesamtbilanz der Branche zusammengeführt werden.

Zu Vergleichszwecken soll die Emissionsinventur 2019 um die Bilanzjahre 2014 bis 2018 ergänzt werden. Somit können sektorale Trendanalysen und Mittelwertbildungen auf einer breiteren Datenbasis abgestützt und Aussagequalitäten von weniger systematischen Einflußgrößen unabhängiger gemacht werden.

2 Datenerfassung

2.1 Erfasste Schadstoffe

In der Emissionsinventur finden sich Angaben zu 26 Schadstoffen bzw. Schadstoffgruppen (Tabelle 2-1).

klassische Luftschadstoffe	metallische Spurenelemente*	klimatelevante Schadgase
Staubförmige Emissionen	Cadmium (Cd)	geogenes Kohlenstoffdioxid (CO ₂)
Stickstoffoxide (als NO ₂)	Thallium (Tl)	pyrogenes Kohlenstoffdioxid (CO ₂)
Schwefeldioxid (SO ₂)	Beryllium (Be)	
Chlorverbindungen (als HCl)	Arsen (As)	
Fluorverbindungen (als HF)	Cobalt (Co)	
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	Nickel (Ni)	
Kohlenstoffmonoxid (CO)	Blei (Pb)	
Ammoniak (NH ₃)	Quecksilber (Hg)	
	Chrom (Cr)	
	Selen (Se)	
	Mangan (Mn)	
	Vanadium (V)	
	Zink (Zn)	
	Antimon (Sb)	
	Kupfer (Cu)	
	Zinn (Sn)	

* gasförmig und/oder partikelgebunden

Tabelle 2-1: erfasste Schadstoffe

2.2 Erfassungszeitraum

Die vorliegende Emissionsinventur wurde für das Bilanzjahr 2019 erstellt und zu Vergleichszwecken mit den entsprechenden Daten für 2014 bis 2018 ergänzt.

2.3 Erfasste Anlagen

Es wurden folgende neun Anlagen der österreichischen Zementindustrie mit betriebsbereiten Ofenanlagen in die Emissionsinventur aufgenommen:

- Zementwerk Leube GmbH (Gartenau / Salzburg),
- Zementwerk Hatschek GmbH (Gmunden),
- Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H. (Kirchdorf / Krems),
- Lafarge Zementwerke GmbH (Betriebsstandort: Mannersdorf),
- Lafarge Zementwerke GmbH (Betriebsstandort: Retznei),
- Schretter & Cie GmbH & Co KG (Vils),
- w&p Zement GmbH (Betriebsstandort: Peggau),
- w&p Zement GmbH (Betriebsstandort: Wietersdorf),
- Baumit GmbH (Waldegg, Wopfing).

Abbildung 2-1 zeigt wichtige anlagentechnische Gegebenheiten in österreichischen Zementwerken mit Ofenbetrieb.

Anlagenspiegel mit 31.12.2019																																		
Betreiber	Standort	Ofentechnik	Klinkerkühler	Zementmühlen	Abgasentstaubung	SNCR	SCR	SO ₂ -Abgas-Wäsche	Hg-Minderung	RTO																								
Zementwerk Leube GmbH	Gartenau	5-stufiger WT-DO mit Brennkammer und Kalzinator	Pendelrostkühler	2 KM	DO, KÜ, RM4 und RM5 in Schlauchfiltern	✓	✓****			✓****																								
Zementwerk Hatschek GmbH	Gmunden	5-stufiger WT-DO mit Kalzinator	Rostkühler	3 KM	DO und KÜ in 2 E-Entstaubern in Serie	✓																												
Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H.	Kirchdorf	4-stufiger WT-DO mit Kalzinator	Pendelrostkühler	2 KM	DO und 2 MTA mit Schlauchfilter, KÜ mit E-Entstauber	(✓)	✓*			✓*																								
Lafarge Zementwerke GmbH	Mannersdorf	5-stufiger 2-strangiger WT-DO mit Kalzinator	2-teiliger Rostkühler	2 KM	DO mit Schlauchfilter, KÜ mit E-Entstauber	(✓)	✓																											
w&p Zement GmbH	Peggau	Lepolverfahren	Rostkühler	3 KM	DO und KÜ im Schlauchfilter	✓																												
Lafarge Zementwerke GmbH	Retznei	4-stufiger WT-DO	Horizontalrostkühler	2 KM	E-Entstauber, Alkalibypass mit Schlauchfilter	✓		✓																										
Schretter & Cie GmbH & Co KG	Völs	4-stufiger WT-DO	Rostkühler	2 KM	DO mit Schlauchfilter, KÜ mit E-Entstauber	✓																												
w&p Zement GmbH	Wietersdorf	5-stufiger WT-DO mit Kalzinator	Rostkühler	2 KM	DO und KÜ in einem Schlauchfilter	✓			✓**	✓****																								
Baunit GmbH	Wopfing	5-stufiger WT-DO mit Kalzinator	Rostkühler	KM+2 RP	DO in Schlauchfilter, Schlauchfilter für KÜ	✓				✓																								
<p>Legende:</p> <table> <tr> <td>DO</td> <td>Drehrohrofen</td> <td>RP</td> <td>Rollenpresse</td> </tr> <tr> <td>E-Entstauber</td> <td>Elektrostaubabscheider</td> <td>SCR</td> <td>Anlage zur selektiven, katalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden</td> </tr> <tr> <td>KM</td> <td>Kugelmühle</td> <td>SNCR</td> <td>Anlage zur selektiven, nichtkatalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden</td> </tr> <tr> <td>KÜ</td> <td>Klinkerkühler</td> <td>RTO</td> <td>regenerative, thermische Nachverbrennungsanlage</td> </tr> <tr> <td>MTA</td> <td>Mahl-trocknungsanlage</td> <td>WT-DO</td> <td>Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher</td> </tr> <tr> <td>RM</td> <td>Rohmühle</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>* DeCONOX-Anlage (Kopplungsverfahren einer thermischen Nachverbrennungsanlage und einer SCR-DeNOx-Anlage in Reingasschaltung); Inbetriebnahme ohne SCR-DeNOx ab 27.08.2015; mit SCR-DeNOx ab 07.12.2015. ** ExMercury-Anlage zur Hg-Entfrachtung mit einem kohlenstoffhaltigen Adsorbens; Inbetriebnahme: Mitte 2015 *** Die RTO am w&p - Betriebsstandort Wietersdorf hat im Oktober 2017 den Betrieb aufgenommen. **** DeCONOX-Anlage (Kopplungsverfahren einer thermischen Nachverbrennungsanlage und einer SCR-DeNOx-Anlage in Reingasschaltung); Inbetriebnahme: März 2019.</p>											DO	Drehrohrofen	RP	Rollenpresse	E-Entstauber	Elektrostaubabscheider	SCR	Anlage zur selektiven, katalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden	KM	Kugelmühle	SNCR	Anlage zur selektiven, nichtkatalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden	KÜ	Klinkerkühler	RTO	regenerative, thermische Nachverbrennungsanlage	MTA	Mahl-trocknungsanlage	WT-DO	Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher	RM	Rohmühle		
DO	Drehrohrofen	RP	Rollenpresse																															
E-Entstauber	Elektrostaubabscheider	SCR	Anlage zur selektiven, katalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden																															
KM	Kugelmühle	SNCR	Anlage zur selektiven, nichtkatalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden																															
KÜ	Klinkerkühler	RTO	regenerative, thermische Nachverbrennungsanlage																															
MTA	Mahl-trocknungsanlage	WT-DO	Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher																															
RM	Rohmühle																																	

Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2019)

3 Ergebnisse, numerische und graphische Darstellungen

Die in dieser Studie ausgewiesenen Daten sind kollektivierte Werte, welche für die Gesamtheit der österreichischen Zementindustrie gelten. Die kollektivierten Werte sind nicht geeignet auf einzelne österreichische Zementwerke und deren spezifische Daten umgelegt zu werden.

Konzentrationswerte die in den Meßberichten als unterhalb der Nachweisgrenze eines Meßgerätes bzw. eines Meßverfahrens ausgewiesen wurden, sind in der vorliegenden Emissionsinventur - einem „worst case“ Szenario folgend - als mögliche und somit auch erreichbare Emissionskonzentrationswerte angenommen worden. Mit diesen Werten wurden gegebenenfalls die Frachtberechnungen durchgeführt.

Tabelle 3-1 informiert zusammenfassend über die Ergebnisse der Datenerhebung.

GESAMTÜBERSICHT

I Anlagendaten																			
Anlagenzahl		Österreichweit waren 2019 2 Lepolöfen mit 418.000 t/a und 8 WT-DO mit bzw. ohne Kalzinator mit 4.900.900 t/a betriebsbereit.																	
Klinkerkapazität / [t/a]		Mit der 2019 installierten Gesamtanlagenkapazität von ca. 5.318.900 t/a wurden die unter II angeführten Jahresmengen produziert.																	
II Produktionsdaten		2014			2015			2016			2017			2018			2019		
Rohmehleinsatz	[t/a]	4 842 710			5 033 733			5 093 970			5 057 751			5 421 197			5 264 330		
Klinkerproduktion	[t/a]	3 143 495			3 256 561			3 299 974			3 313 459			3 551 969			3 422 866		
Zementproduktion	[t/a]	4 434 531			4 611 810			4 776 936			4 879 639			5 241 524			5 232 990		
Ofenbetriebsstunden ^{a)}	[h _{OB} /a]	54 888,0			56 412,0			56 872,0			55 290,0			57 988,5			55 987,0		
Rohmehlfaktor	[t _{Rm} /t _K]	1,541			1,546			1,544			1,526			1,526			1,538		
(korrigierter*) Klinkerfaktor	[t _K /t _Z]	0,698*	0,709		0,702*	0,706		0,705*	0,691		0,704*	0,679		0,696*	0,678		0,694*	0,654	
III Konventionelle Energieträger (KET)		2014			2015			2016			2017			2018			2019		
		Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]
A) Steinkohle		29,85	29 918	893 122	30,27	28 825	872 592	29,92	20 960	627 187	30,23	20 335	614 753	25,90	25 878	670 184	26,72	30 443	813 561
B) Braunkohle		21,91	47 125	1 032 699	22,15	45 989	1 018 658	22,02	48 379	1 065 175	21,96	48 625	1 067 651	22,06	57 339	1 265 143	22,21	53 752	1 193 806
C) Heizöl L (0,2 m% S)		41,70	254	10 594	41,70	233	9 712	41,70	508	21 180	41,70	394	16 445	41,70	506	21 121	41,70	425	17 731
D) Heizöl M (0,6 m% S)			0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0
E) Heizöl S (1,0-3,5 m% S)		40,35	973	39 252	40,03	2 405	96 275	40,14	2 813	112 927	39,06	2 061	80 489	39,05	1 408	55 000	39,26	1 380	54 185
F) Erdgas ^{b)} / [1000m ³ (Vn)/a]; Hu / [MJm ⁻³ (Vn)]		36,00	1 872,866	67 423	36,00	1 867,632	67 235	36,22	3 021,479	109 426	36,23	2 720,298	98 554	36,23	2 948,684	106 843	36,78	11 766,455	432 826
J) Petrolkoks		31,14	29 543	919 938	31,08	27 946	868 661	30,48	28 037	854 711	30,93	18 507	572 489	29,79	15 590	464 376	31,55	13 138	414 511
G) sonstige (Heizöl EL, Anthrazit)		42,70	386	16 500	42,70	291	12 445	42,70	330	14 086	42,70	345	14 713	42,70	284	12 143	42,70	314	13 404
Summe KET			109 531	2 979 528		107 017	2 945 578		103 176	2 804 693		92 201	2 465 094		103 104	2 594 810		107 820	2 940 024
IV Ersatzbrennstoffe (EBS)		2014			2015			2016			2017			2018			2019		
		Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]	Hu / [MJ/kg]	[t/a]	[GJ/a]
H) Altreifen		28,84	47 903	1 381 458	29,33	54 242	1 590 979	29,66	56 143	1 665 140	29,88	58 988	1 762 265	29,75	61 735	1 836 825	30,76	40 086	1 232 849
I) Kunststoffabfälle		19,82	293 502	5 816 551	19,40	304 221	5 900 871	19,69	316 107	6 225 366	19,50	324 780	6 333 354	19,38	358 580	6 950 669	19,58	357 388	6 998 342
K) Altöl		29,79	7 574	225 607	32,85	10 890	357 733	33,26	16 131	536 588	33,40	13 847	462 473	37,02	15 321	567 241	31,00	19 692	610 386
L) Lösungsmittel		24,23	16 696	404 510	25,42	19 756	502 179	27,63	23 502	649 257	26,69	23 761	634 164	26,75	26 619	712 076	24,84	24 540	609 584
M) landwirtschaftliche Rückstände		16,91	1 492	25 223	16,91	325	5 492	16,91	520	8 798	16,91	1 204	20 359	16,91	1 457	24 632	16,91	491	8 303
N) Papierfaserreststoff		5,06	38 778	196 217	4,85	42 227	204 779	4,83	35 719	172 523	4,89	36 728	179 600	5,07	40 268	204 159	4,80	35 420	170 016
O) sonstige		12,66	87 664	1 109 755	13,44	61 668	828 524	14,15	60 273	852 730	17,09	50 550	863 656	18,26	51 635	942 838	18,55	57 344	1 063 991
Summe EBS			493 609	9 159 320		493 329	9 390 558		508 395	10 110 402		509 857	10 255 872		555 614	11 238 439		534 961	10 693 470
V Thermischer Energieeinsatz**		2014			2015			2016			2017			2018			2019		
a) Σ Energieeinsatz KET	[GJ/h _{OB}]	54,3			52,2			49,3			44,6			44,7			52,5		
b) Σ Energieeinsatz EBS	[GJ/h _{OB}]	166,9			166,5			177,8			185,5			193,8			191,0		
Summe a) u. b)	[GJ/h _{OB}]	221,2			218,7			227,1			230,1			238,6			243,5		
EBS-Anteil an (III+IV)	[%]	75,45			76,12			78,28			80,62			81,24			78,44		
spez. therm. Energieeinsatz	[GJ/t _{Klinker}]	3,862			3,788			3,914			3,839			3,895			3,983		
VI Sekundärrohstoffe (SRS)		2014			2015			2016			2017			2018			2019		
diverse Schlacken	[t/a]	35 855			47 079			36 863			34 745			35 487			29 138		
Gießereialtsand	[t/a]	31 868			27 957			31 695			36 052			38 822			46 536		
Summe SRS / sonstige SRS	[t/a]	680 941	613 218		610 816	535 781		628 296	559 739		699 305	628 507		765 918	691 610		786 030	710 356	

VII Sekundärzumahlstoffe (SZS)			2014		2015		2016		2017		2018		2019	
Hochofenschlacke	[t/a]		681 832		744 590		774 461		774 505		803 581		832 053	
REA - Gips	[t/a]		52 150		45 411		48 716		48 081		47 979		49 032	
Flugasche	[t/a]		122 997		126 974		127 453		119 064		133 777		123 637	
Summe SZS / sonstige SZS	[t/a]		974 908	117 929	1 043 676	126 701	1 066 573	115 943	1 016 096	74 446	1 099 976	114 638	1 107 152	102 430

VIII Abgasparameter			2014		2015		2016		2017		2018		2019	
Bez.-O ₂ / O ₂ gemessen	[Vol.-%]		10,00	11,44	10,00	11,81	10,00	11,85	10,00	11,36	10,00	11,36	10,00	11,39
Abgasnormvolumen V _(tr.,Vn,bez.)	[1000m ³ (Vn)/a]		7 521 174		7 395 121		7 682 283		7 660 014		8 255 301		8 114 126	

IX Emissionsrelevante Daten	2014			2015			2016			2017			2018			2019		
	E-faktor	Massenstrom	E-faktor															
	[g/t _{za}]	[t/a]	[g/t _{kd}]	[g/t _{za}]	[t/a]	[g/t _{kd}]	[g/t _{za}]	[t/a]	[g/t _{kd}]	[g/t _{za}]	[t/a]	[g/t _{kd}]	[g/t _{za}]	[t/a]	[g/t _{kd}]	[g/t _{za}]	[t/a]	[g/t _{kd}]
1 Staub (TSP) ^{(1) (3)}	4,88	21,643	6,88	5,12	23,592	7,24	4,97	23,747	7,20	5,57	27,172	8,20	5,71	29,904	8,42	4,98	26,035	7,61
2 Stickstoffoxide (als NO ₂)	550,30	2 440,341	776,31	483,78	2 231,087	685,11	451,42	2 156,426	653,47	430,82	2 102,258	634,46	441,17	2 312,415	651,02	389,00	2 035,640	594,72
3 Schwefeldioxid (SO ₂)	71,80	318,389	101,28	59,49	274,342	84,24	54,74	261,498	79,24	59,89	292,225	88,19	61,15	320,522	90,24	41,07	214,928	62,79
4 Cadmium (Cd)	0,002184	0,009687	0,003082	0,000877	0,004043	0,001242	0,001327	0,006337	0,001920	0,001294	0,006313	0,001905	0,001978	0,010369	0,002919	0,001249	0,006537	0,001910
5 Thallium (Tl)	0,001035	0,004592	0,001461	0,000936	0,004317	0,001326	0,000908	0,004336	0,001314	0,001279	0,006241	0,001884	0,001441	0,007553	0,002127	0,001349	0,007062	0,002063
6 Beryllium (Be)	0,002342	0,010385	0,003304	0,002450	0,011298	0,003469	0,002381	0,011375	0,003447	0,002450	0,011955	0,003608	0,002416	0,012664	0,003565	0,002315	0,012115	0,003540
Summe 4-6	0,005562	0,024663	0,007846	0,004263	0,019658	0,006037	0,004616	0,022048	0,006681	0,005023	0,024510	0,007397	0,005835	0,030587	0,008611	0,004914	0,025714	0,007513
7 Arsen (As)	0,001004	0,004450	0,001416	0,000974	0,004493	0,001380	0,001085	0,005185	0,001571	0,001619	0,007901	0,002385	0,001338	0,007012	0,001974	0,001249	0,006537	0,001910
8 Cobalt (Co)	0,000971	0,004308	0,001370	0,000963	0,004440	0,001363	0,000882	0,004213	0,001277	0,001336	0,006520	0,001968	0,002036	0,010674	0,003005	0,001933	0,010114	0,002955
9 Nickel (Ni)	0,012707	0,056348	0,017925	0,013175	0,060760	0,018658	0,006465	0,030884	0,009359	0,009481	0,046265	0,013963	0,015581	0,081668	0,022992	0,006882	0,036013	0,010521
10 Blei (Pb)	0,009341	0,041423	0,013177	0,005203	0,023995	0,007368	0,006249	0,029850	0,009046	0,006666	0,032529	0,009817	0,008599	0,045072	0,012689	0,008280	0,043331	0,012659
Summe 7-10	0,024023	0,106529	0,033889	0,020315	0,093687	0,028769	0,014681	0,070132	0,021252	0,019103	0,093215	0,028132	0,027554	0,144425	0,040661	0,018344	0,095997	0,028046
11 Quecksilber (Hg)	0,035604	0,157886	0,050226	0,028466	0,131281	0,040313	0,020341	0,097165	0,029444	0,026960	0,131555	0,039703	0,030826	0,161576	0,045489	0,025551	0,133710	0,039064
12 Chrom (Cr)	0,021059	0,093387	0,029708	0,016760	0,077295	0,023735	0,012586	0,060122	0,018219	0,018013	0,087896	0,026527	0,019740	0,103468	0,029130	0,008284	0,043351	0,012665
13 Selen (Se)	0,000201	0,000890	0,000283	0,000201	0,000927	0,000285	0,000293	0,001399	0,000424	0,000296	0,001447	0,000437	0,000505	0,002649	0,000746	0,000481	0,002515	0,000735
14 Mangan (Mn)	0,018615	0,082548	0,026260	0,011867	0,054728	0,016805	0,011665	0,055723	0,016886	0,011791	0,057538	0,017365	0,017267	0,090506	0,025480	0,015615	0,081711	0,023872
15 Vanadium (V)	0,001152	0,005107	0,001625	0,001040	0,004798	0,001473	0,001275	0,006088	0,001845	0,001513	0,007382	0,002228	0,001427	0,007478	0,002105	0,001322	0,006917	0,002021
16 Zink (Zn)	0,021130	0,093704	0,029809	0,021294	0,098205	0,030156	0,020615	0,098476	0,029841	0,023195	0,113181	0,034158	0,025432	0,133303	0,037529	0,023675	0,123890	0,036195
Summe 11-16	0,097760	0,433520	0,137910	0,079629	0,367233	0,112767	0,066774	0,318974	0,096660	0,081768	0,398998	0,120417	0,095197	0,498979	0,140480	0,074927	0,392094	0,114551
17 Antimon (Sb)	0,000971	0,004308	0,001370	0,000887	0,004089	0,001256	0,000900	0,004300	0,001303	0,001235	0,006027	0,001819	0,002267	0,011885	0,003346	0,001598	0,008361	0,002443
18 Kupfer (Cu)	0,005988	0,026556	0,008448	0,007365	0,033967	0,010430	0,005439	0,025982	0,007873	0,008762	0,042756	0,012904	0,011632	0,060970	0,017165	0,010430	0,054579	0,015945
19 Zinn (Sn)	0,001302	0,005772	0,001836	0,001010	0,004656	0,001430	0,000890	0,004250	0,001288	0,001283	0,006262	0,001890	0,002011	0,010540	0,002967	0,001616	0,008457	0,002471
Summe 17-19	0,008261	0,036635	0,011654	0,009262	0,042712	0,013116	0,007229	0,034532	0,010464	0,011281	0,055045	0,016613	0,015910	0,083394	0,023478	0,013644	0,071397	0,020859
Summe Spurenelemente (4-16)	0,127344	0,564713	0,179645	0,104206	0,480579	0,147572	0,086071	0,411155	0,124593	0,105894	0,516723	0,155947	0,128587	0,673991	0,189751	0,098186	0,513805	0,150110
Summe Spurenelemente (4-16 und 17-19)	0,135606	0,601348	0,191299	0,113468	0,523291	0,160688	0,093300	0,445687	0,135058	0,117174	0,571768	0,172559	0,144497	0,757386	0,213230	0,111829	0,585202	0,170969
20 chlorhaltige Verbindungen (als HCl)	4,049	17,955	5,712	2,985	13,765	4,227	4,205	20,088	6,087	4,491	21,914	6,614	3,258	17,075	4,807	3,749	19,617	5,731
21 fluorhaltige Verbindungen (als HF)	0,179	0,792	0,252	0,205	0,944	0,290	0,192	0,918	0,278	0,192	0,938	0,283	0,129	0,678	0,191	0,141	0,740	0,216
22 organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	50,738	225,001	71,577	50,733	233,973	71,847	42,038	200,814	60,853	42,179	205,817	62,115	39,622	207,678	58,469	28,216	147,655	43,138
23 Kohlenstoffmonoxid (CO)	3 727,3	16 528,78	5 258,1	2 971,5	13 704,21	4 208,2	2 362,9	11 287,48	3 420,5	1 577,0	7 695,02	2 322,4	1 020,1	5 346,89	1 505,3	665,0	3 479,94	1 016,7
24 Ammoniak (NH ₃)	20,916	92,754	29,507	24,822	114,474	35,152	13,494	64,462	19,534	17,198	83,919	25,327	22,702	118,991	33,500	28,772	150,564	43,988
25 Kohlenstoffdioxid (CO ₂) ⁽²⁾	609 335	2 702 117	859 590	602 868	2 780 312	853 757	591 122	2 823 753	855 689	572 952	2 795 801	843 771	572 066	2 998 496	844 179	553 293	2 895 376	845 892

⁽¹⁾ ohne Staubemissionen aus "sonstigen definierten Quellen" (Zementverordnung §5 Z.3) * = Klinkerverbrauch/Zementproduktion ** alle Einsatzbereiche

^{a)} alle Betriebszustände

^{b)} p_(EG)=0,7112kg/m³

⁽²⁾ nach EZG verifizierte CO₂-Gesamtemission (inkl. "klimaneutrales" CO₂); ⁽³⁾ Total Suspended Particulates (TSP) aus den Ofenlinien

3.1 Produktionsstatistik

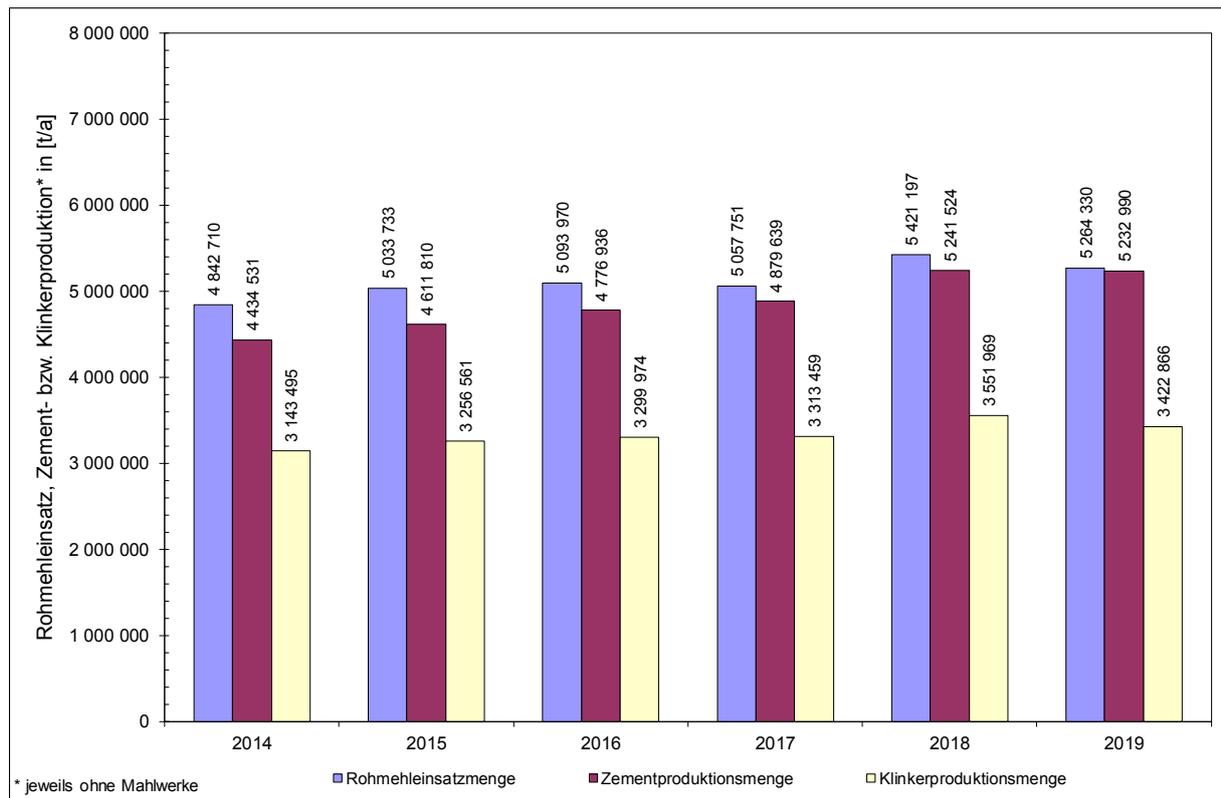


Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)

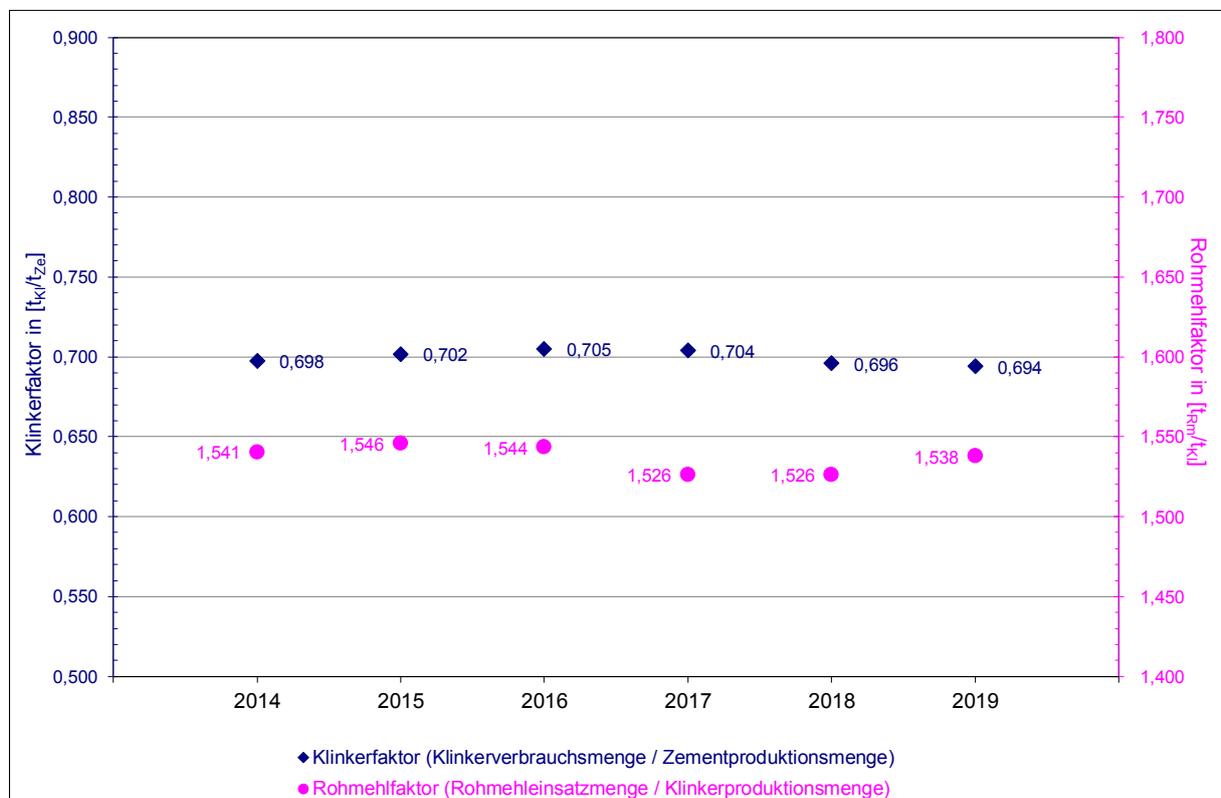


Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

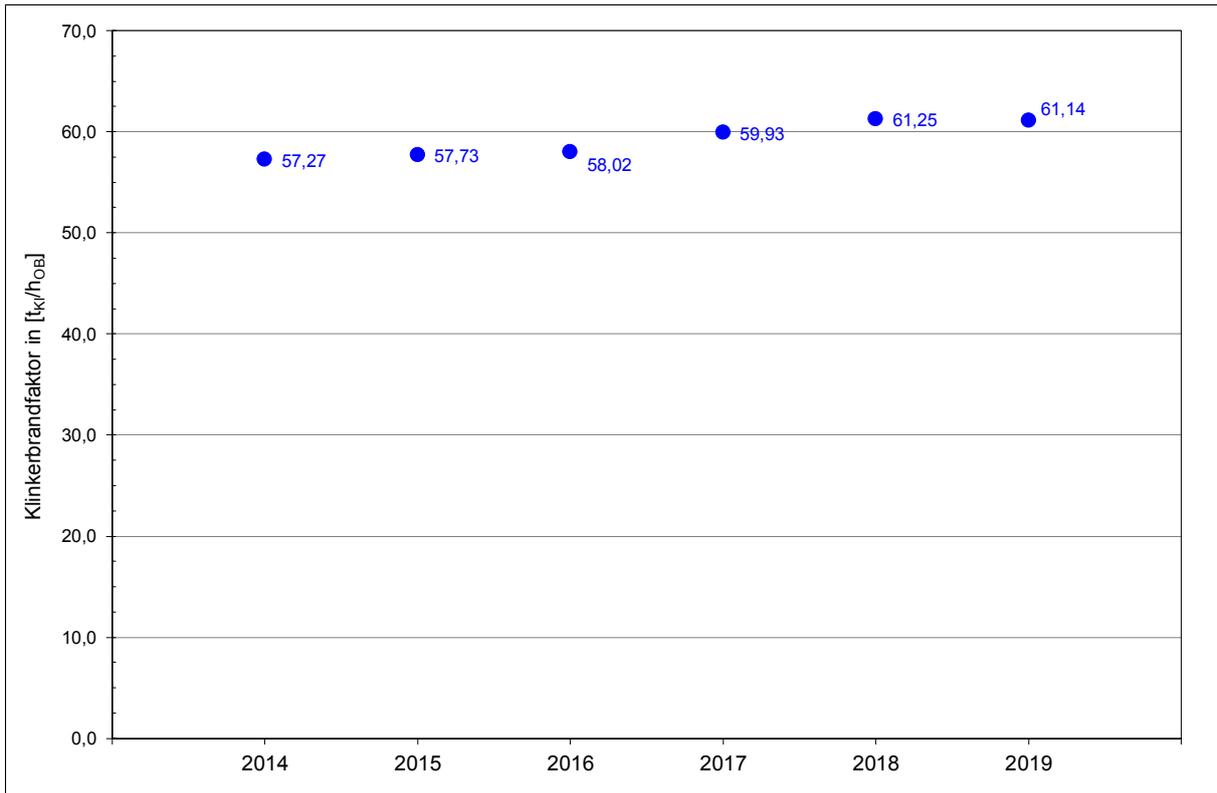


Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / $[t_{kl}/h_{Ob}]$ in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

3.2 Brennstoffstatistik

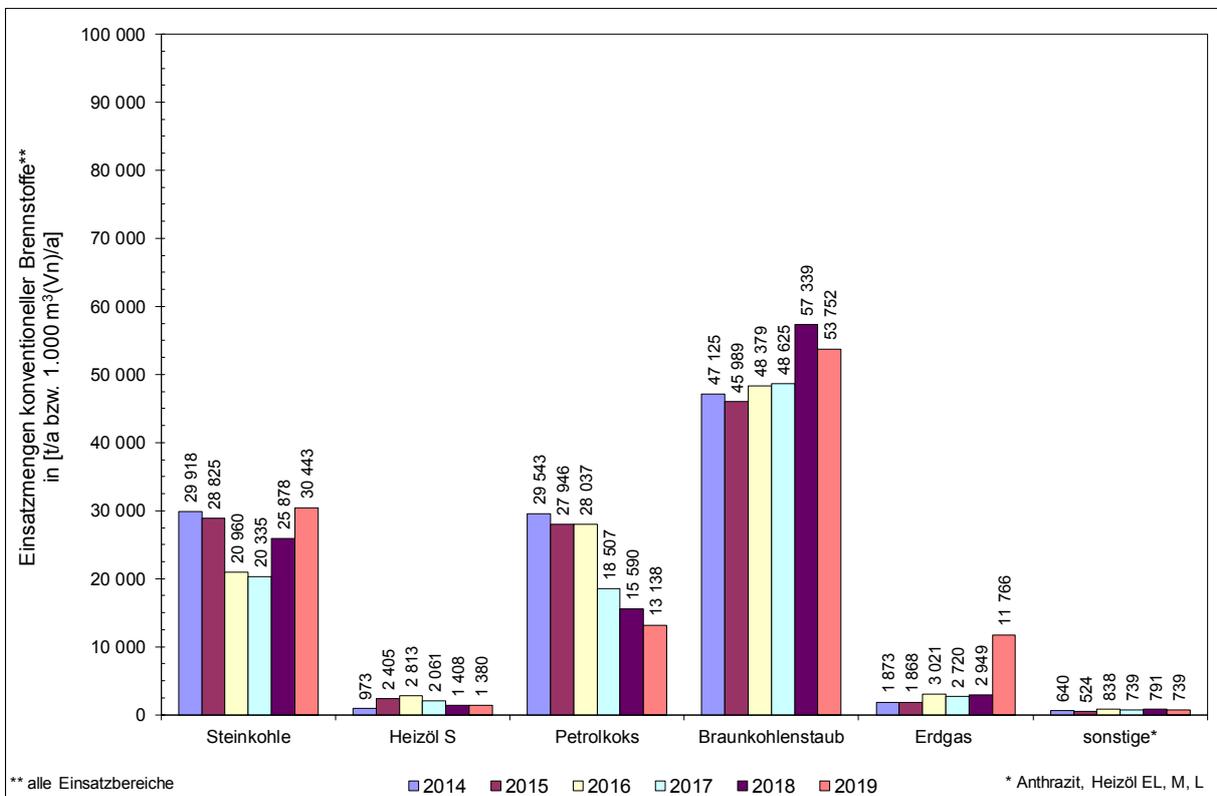


Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

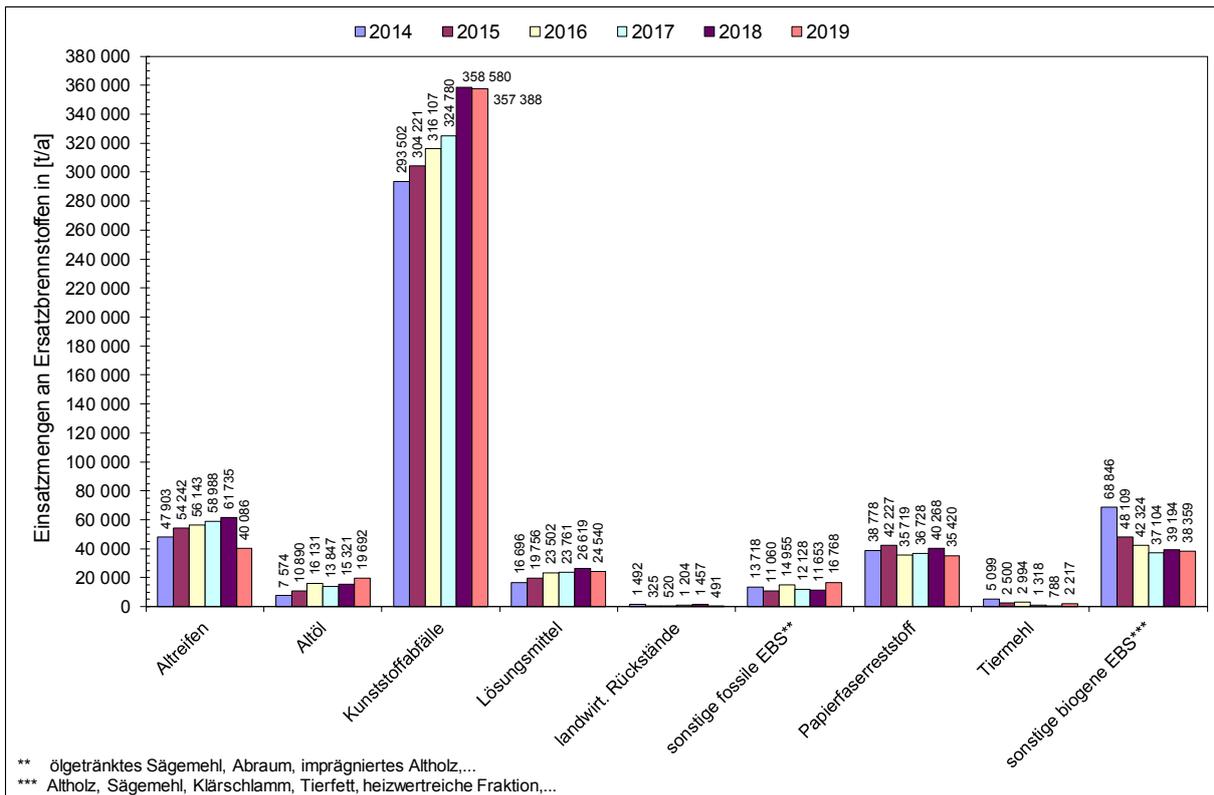


Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

3.3 Energiestatistik

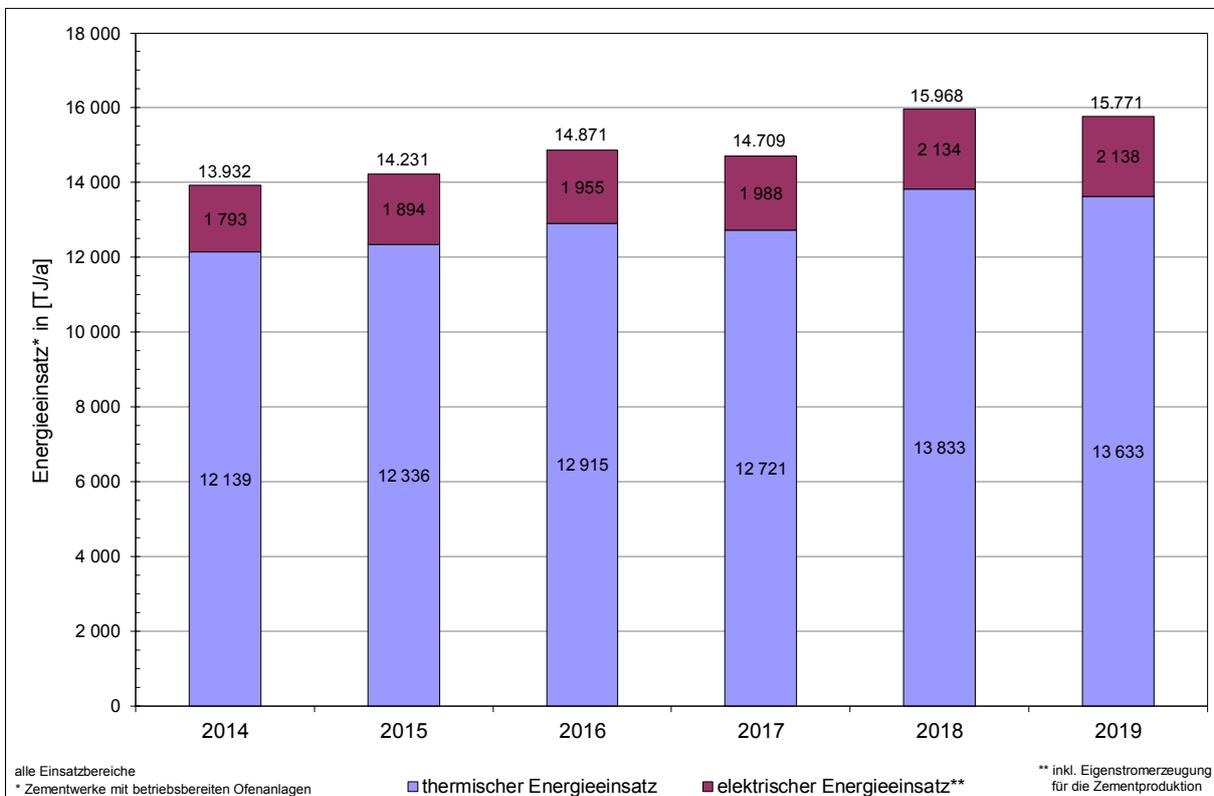


Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

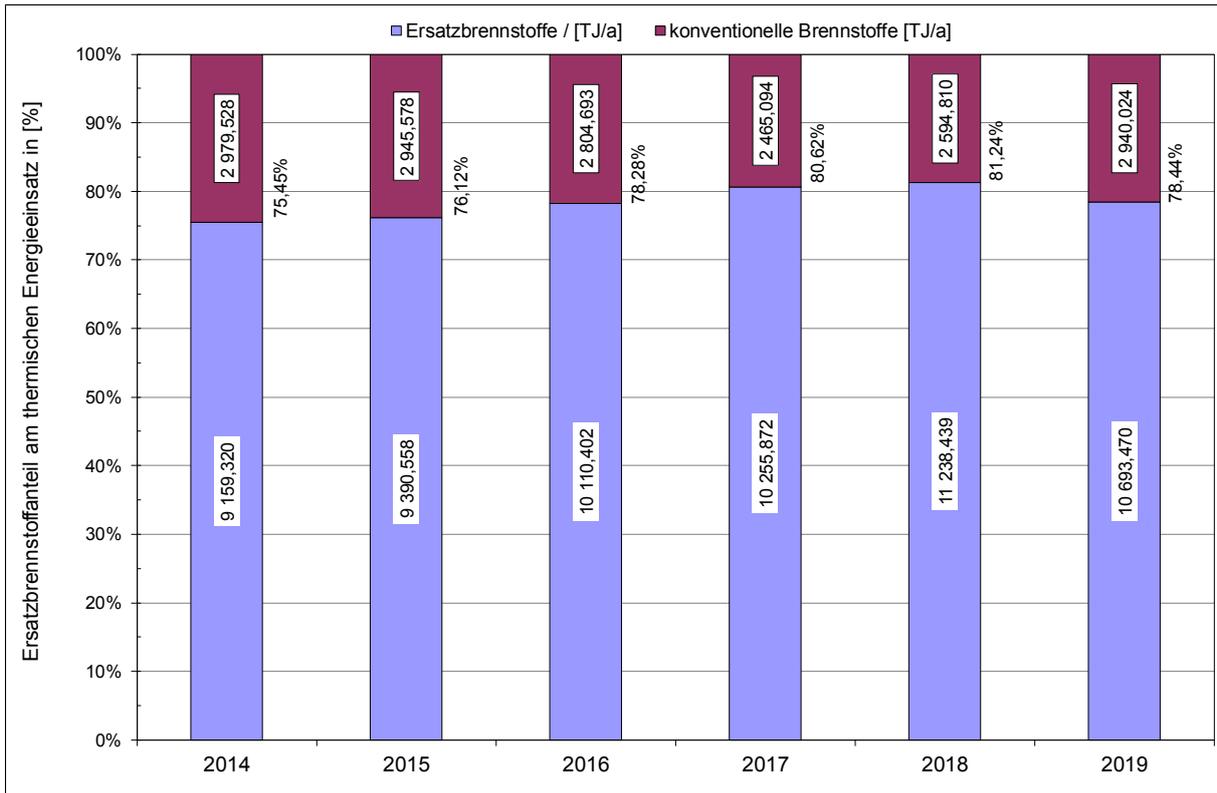


Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

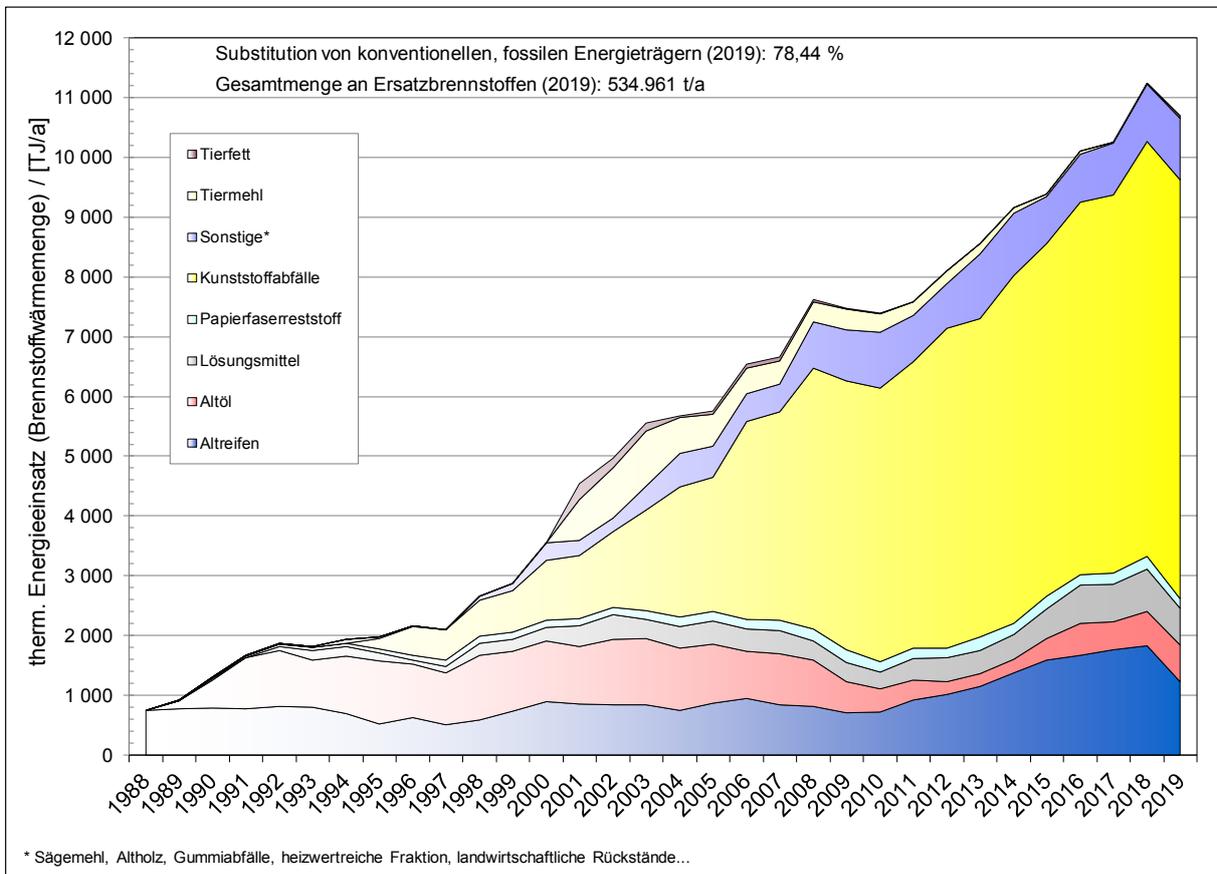


Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2019

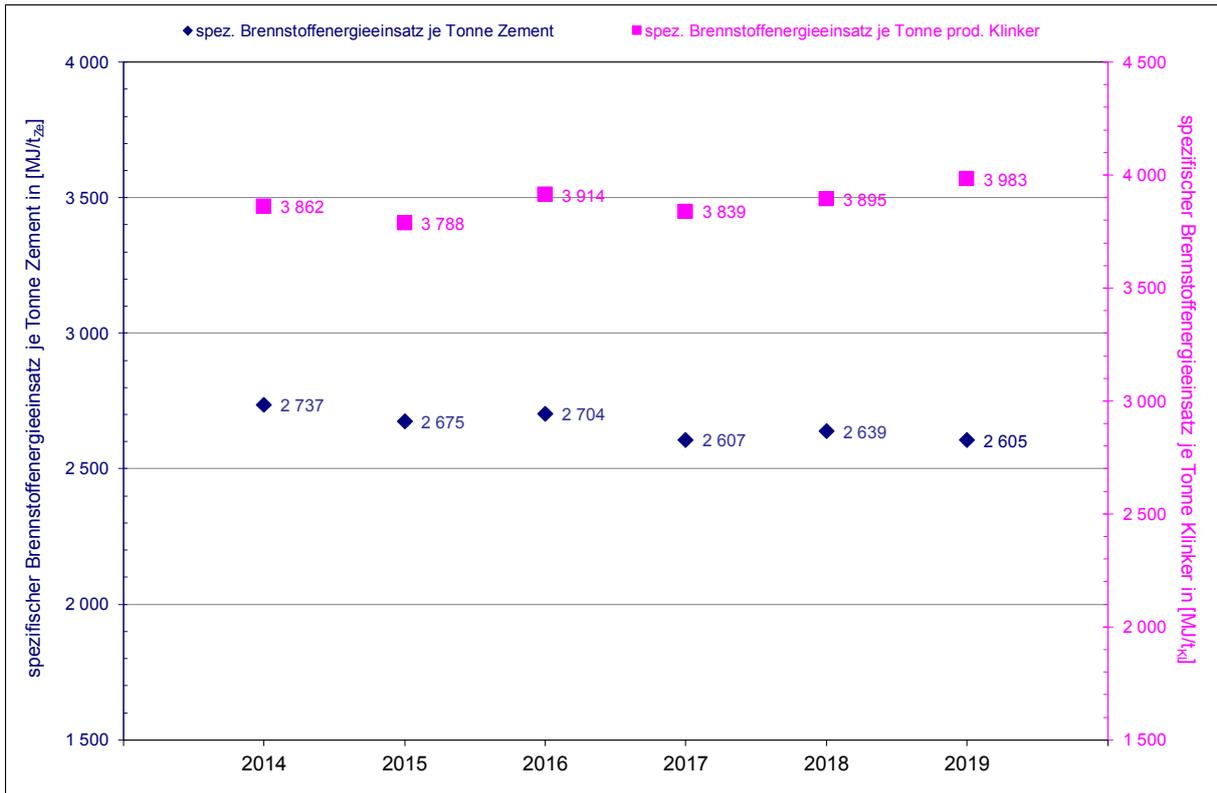


Abbildung 3-9: auf die Tonne Zement bzw. auf die Tonne Klinker bezogener spezifischer Brennstoffenergieeinsatz in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

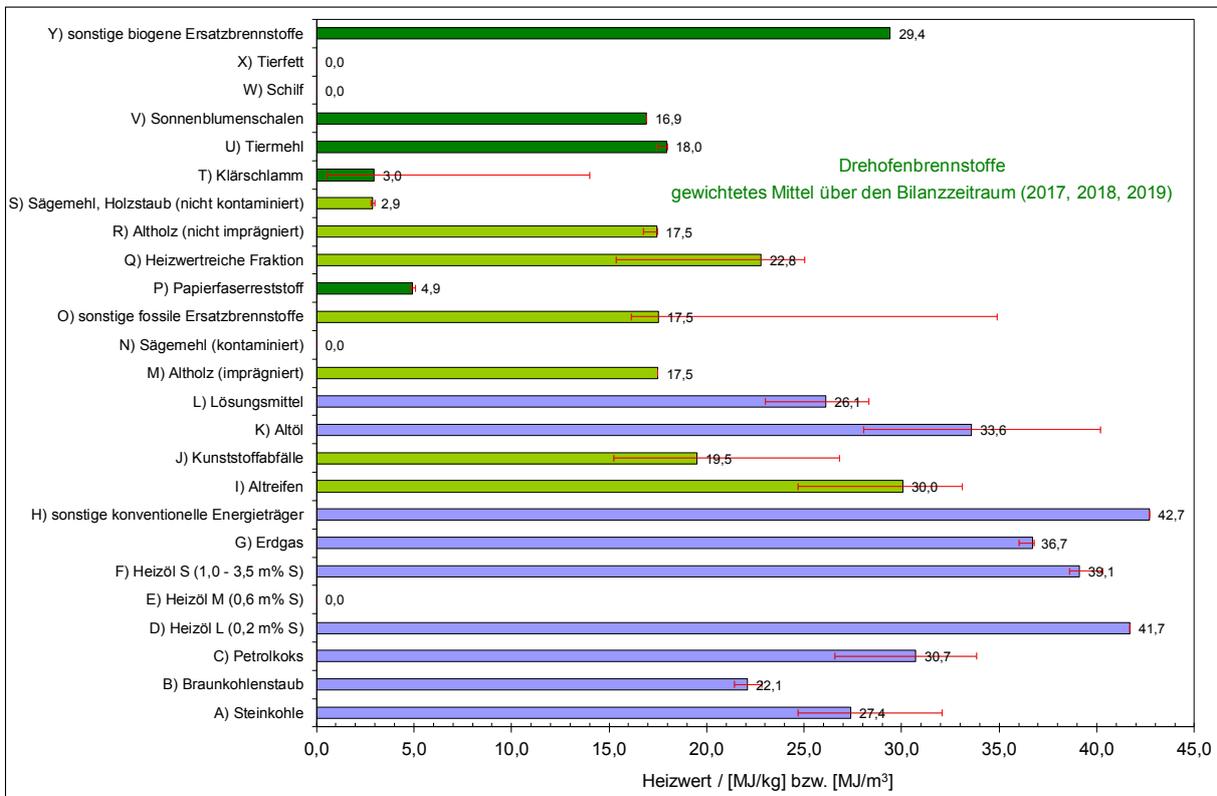


Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2017, 2018 und 2019 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werksspezifischen Minimal- und Maximalwerten

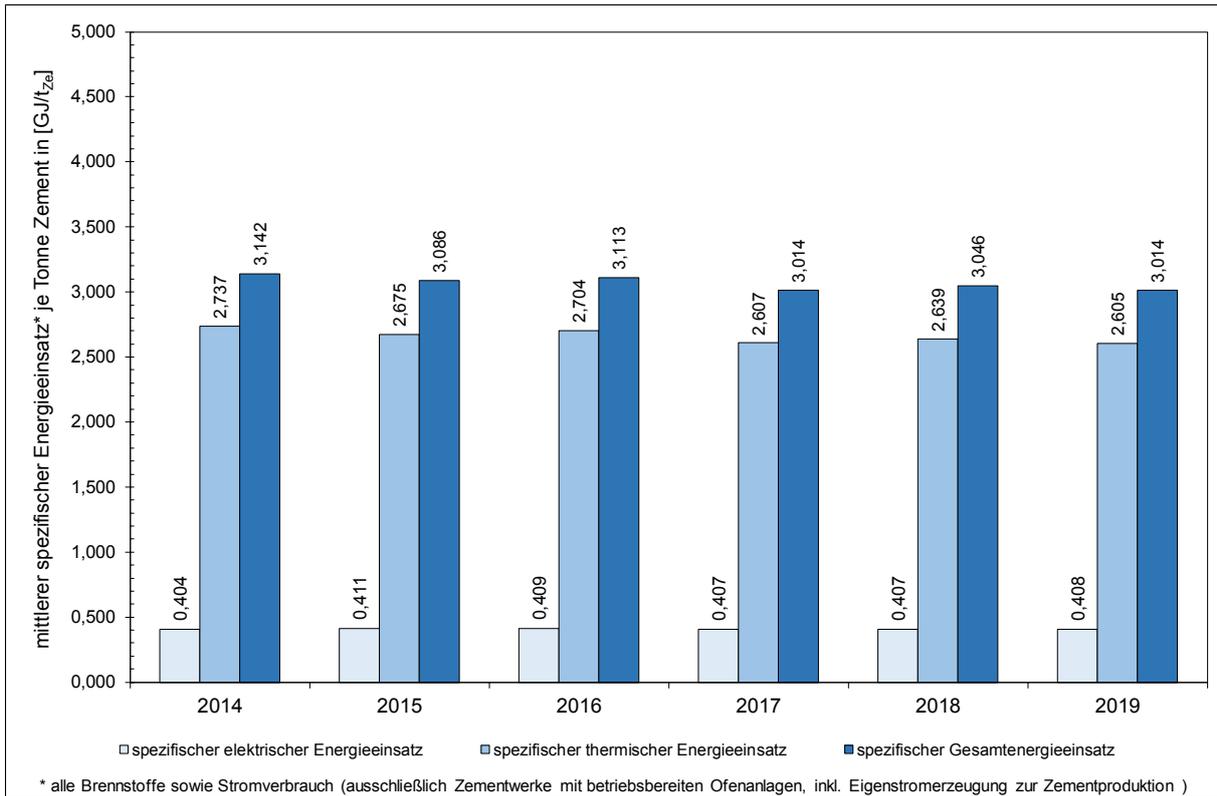


Abbildung 3-11: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2014 bis 2019

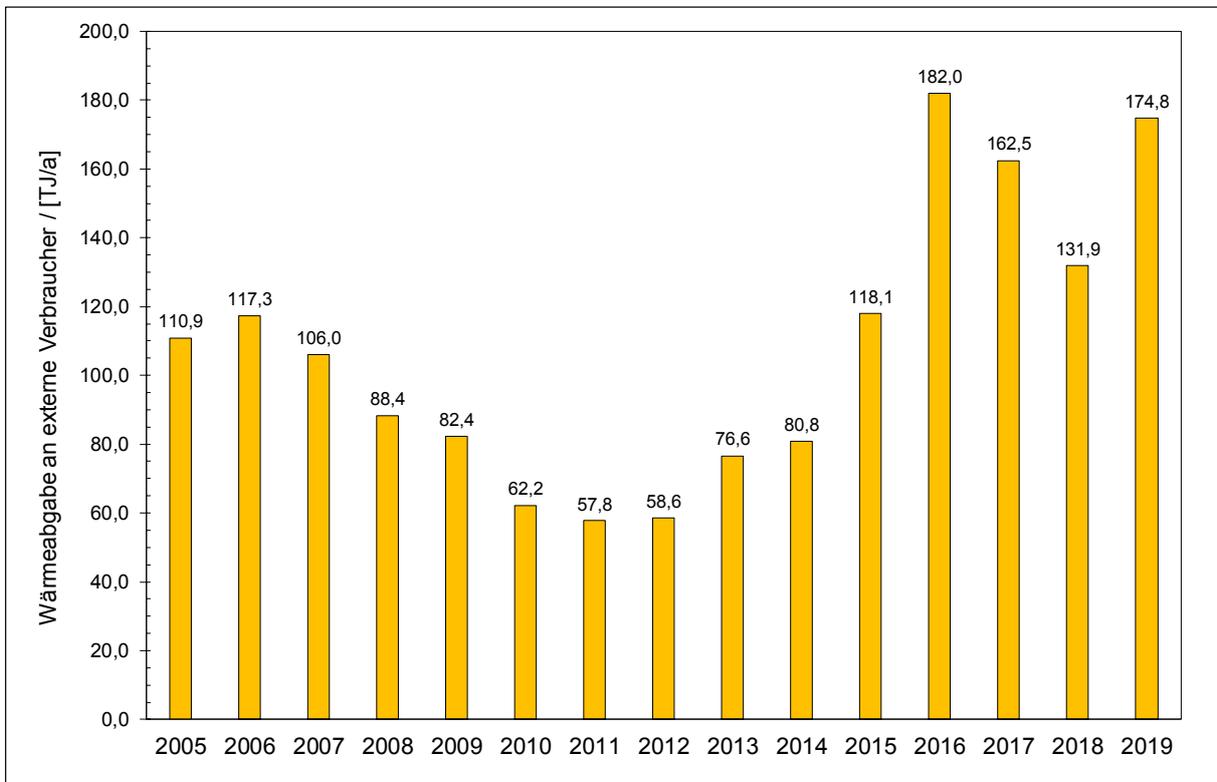


Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2019

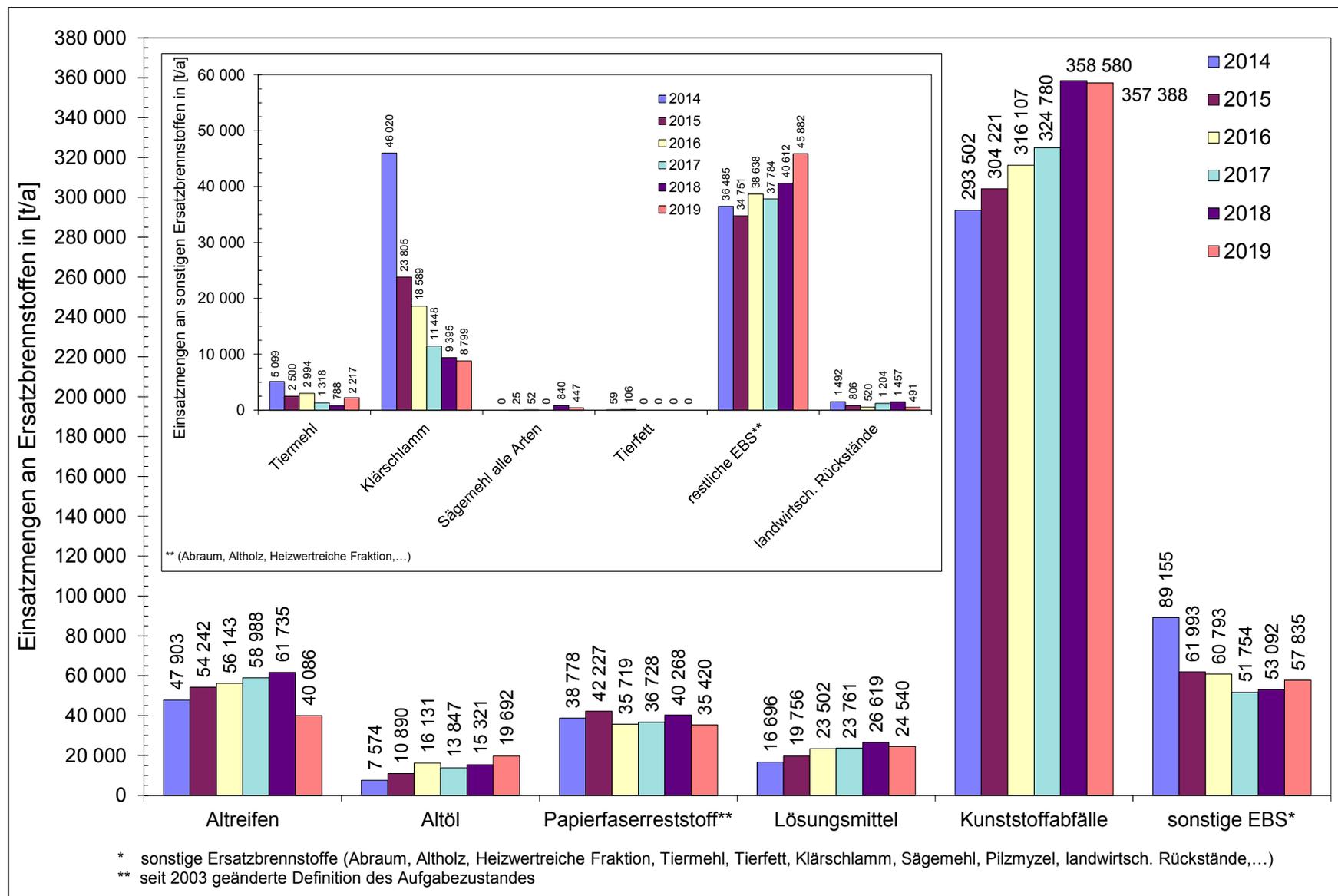


Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2014 bis 2019

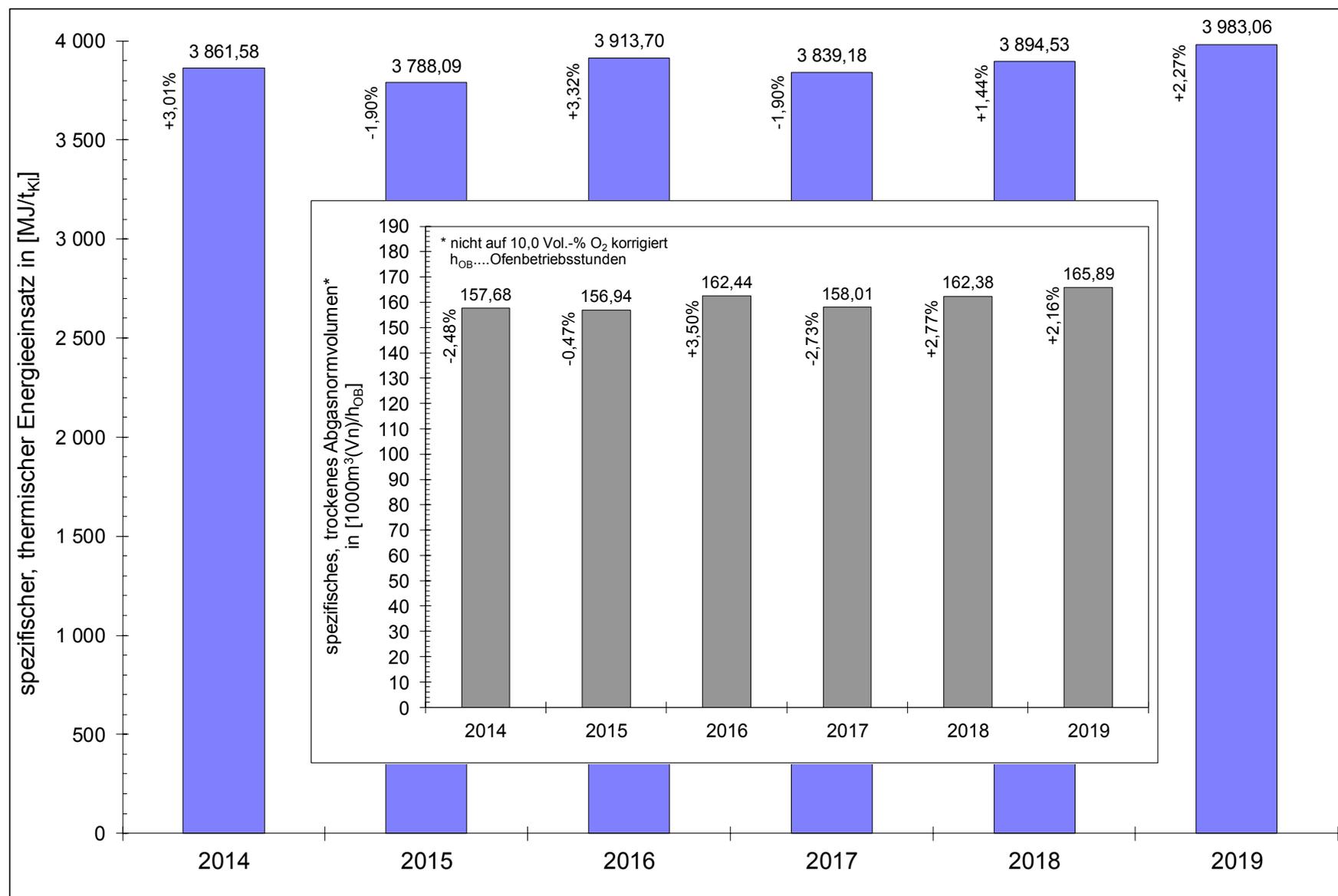


Abbildung 3-14: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O₂ bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkerherzeugung jeweils für den Zeitraum 2014 bis 2019

3.4 Rohstoff- und Zusatzstoffstatistik

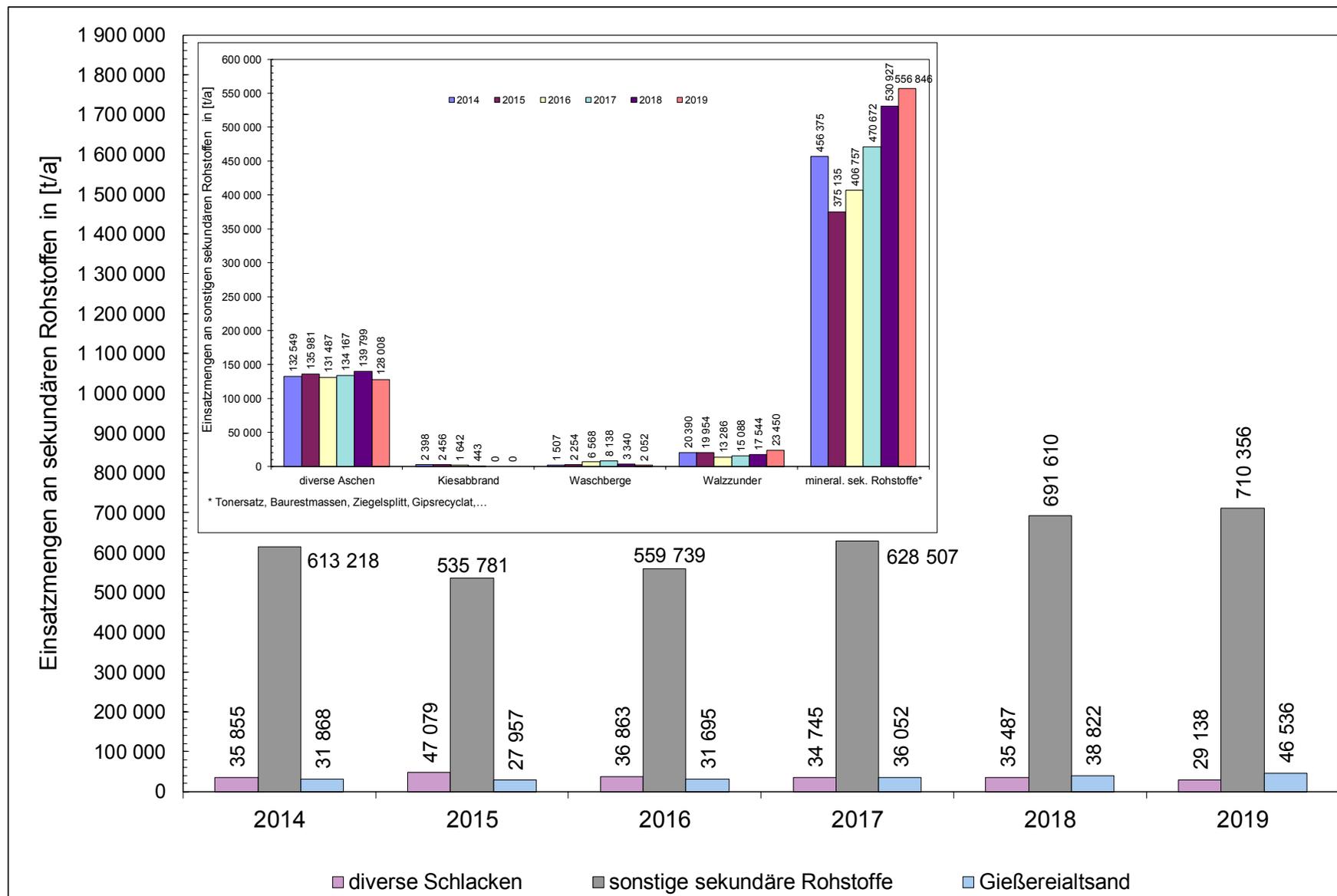


Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2014 bis 2019

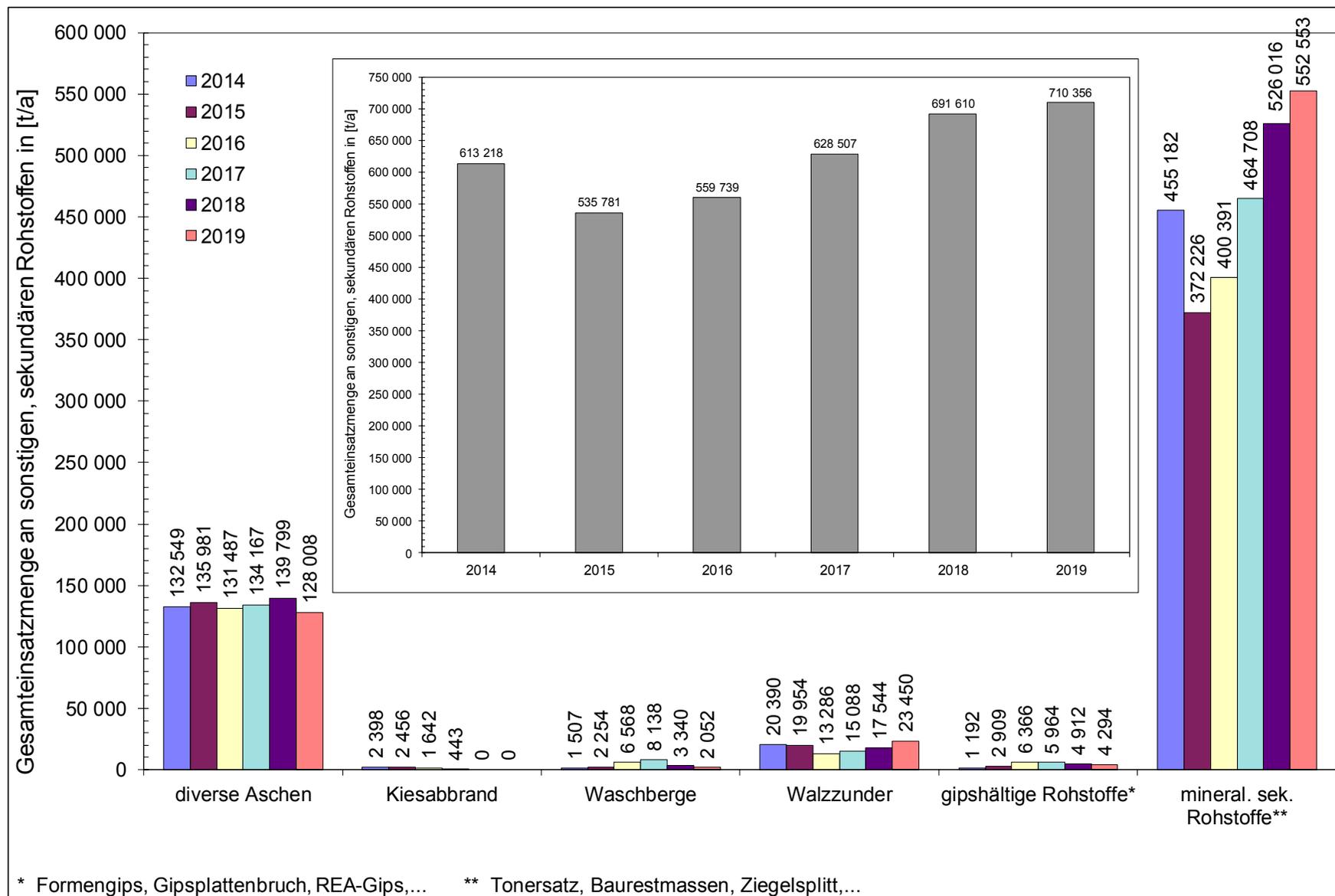


Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2014 bis 2019 in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) verwendeten sonstigen sekundären Rohstoffmassenströme

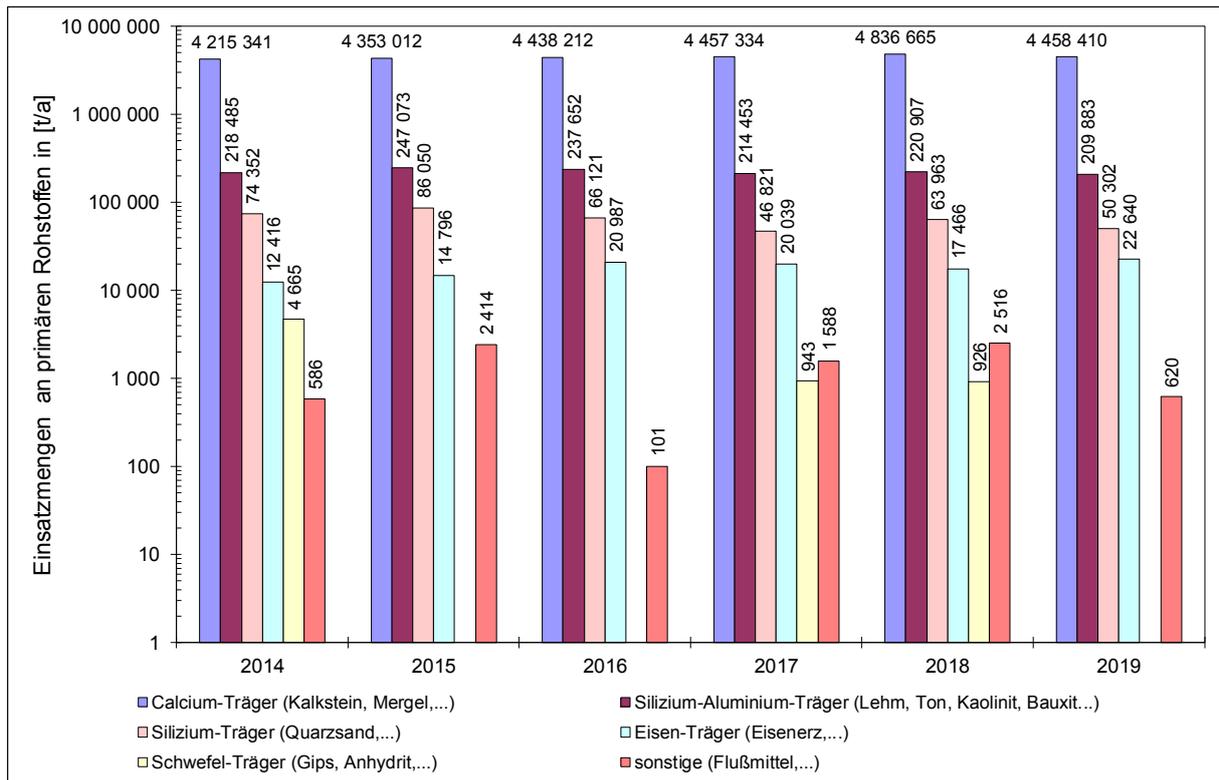


Abbildung 3-17: Einsatzmengen primärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Zeitraum von 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)

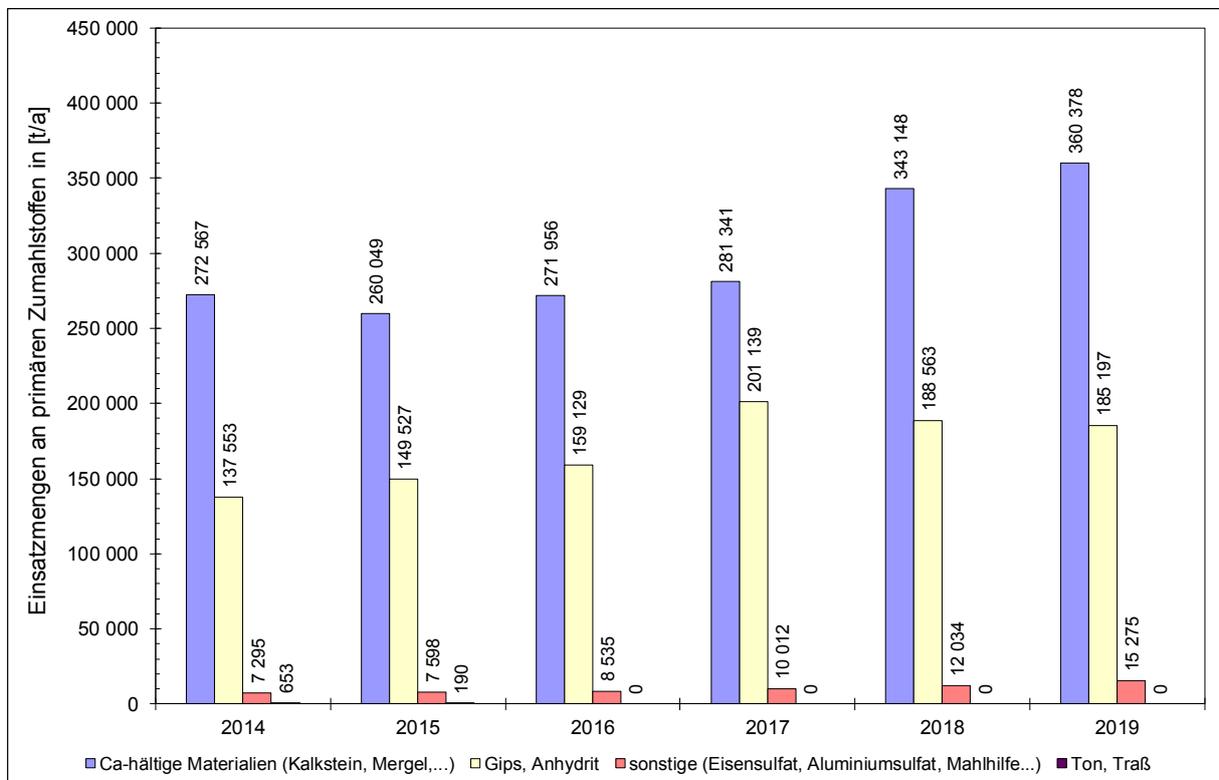


Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zusatzstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)

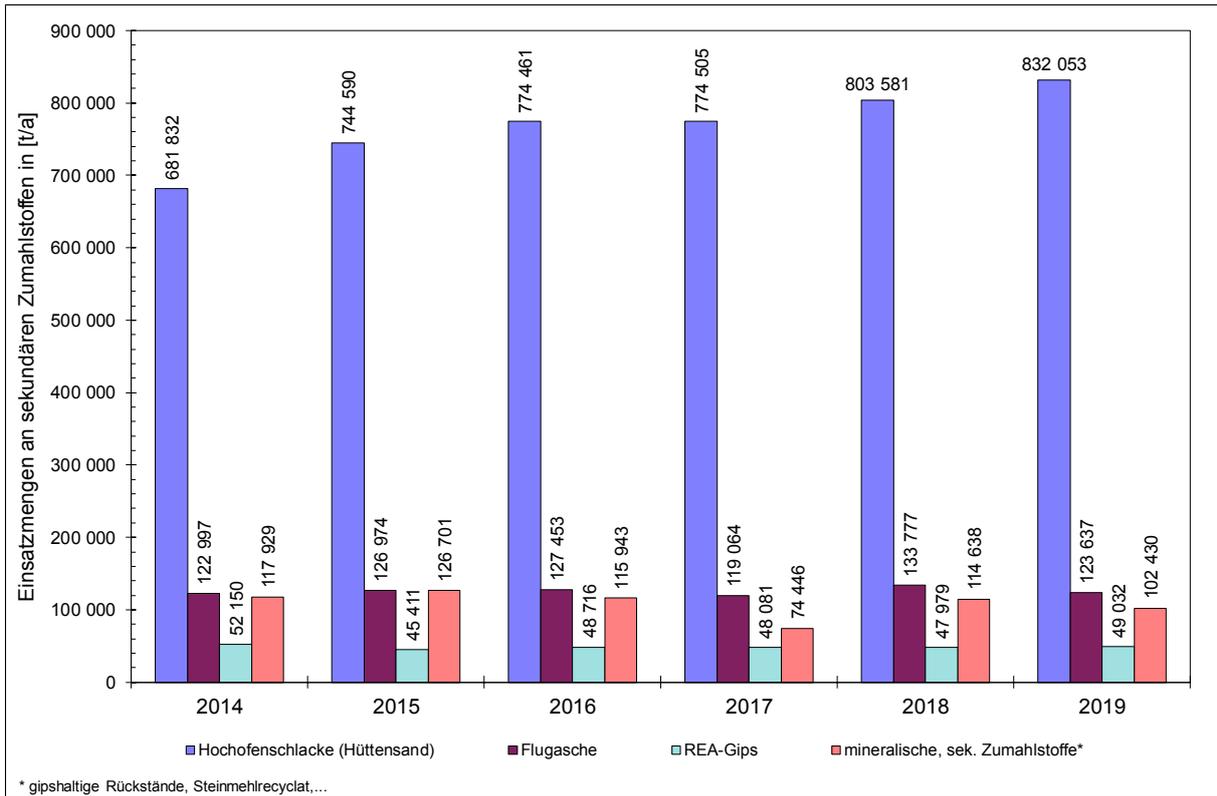


Abbildung 3-19: Einsatzmengen sek. Zumahlstoffe in der österreichischen Zementindustrie (2014 - 2019, ohne Mahlwerke)

3.5 Emissionsstatistik

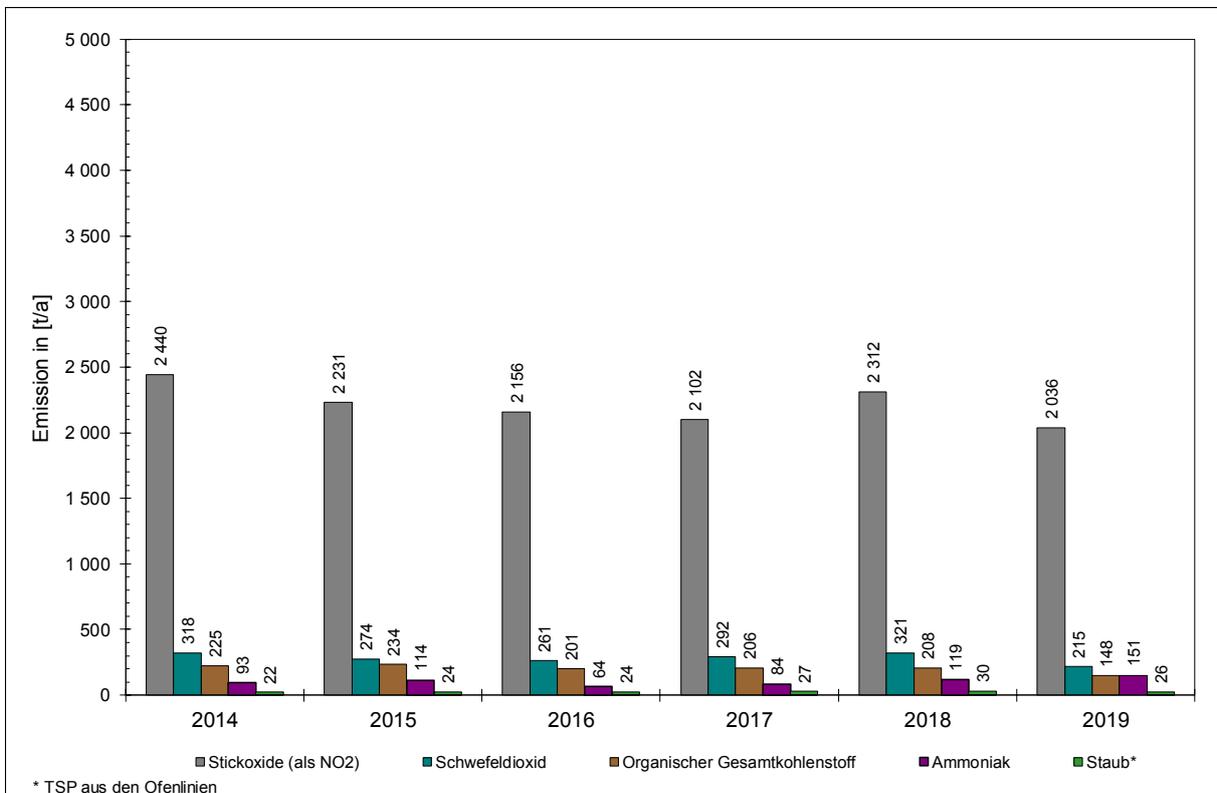


Abbildung 3-20: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO₂), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2014 bis 2019

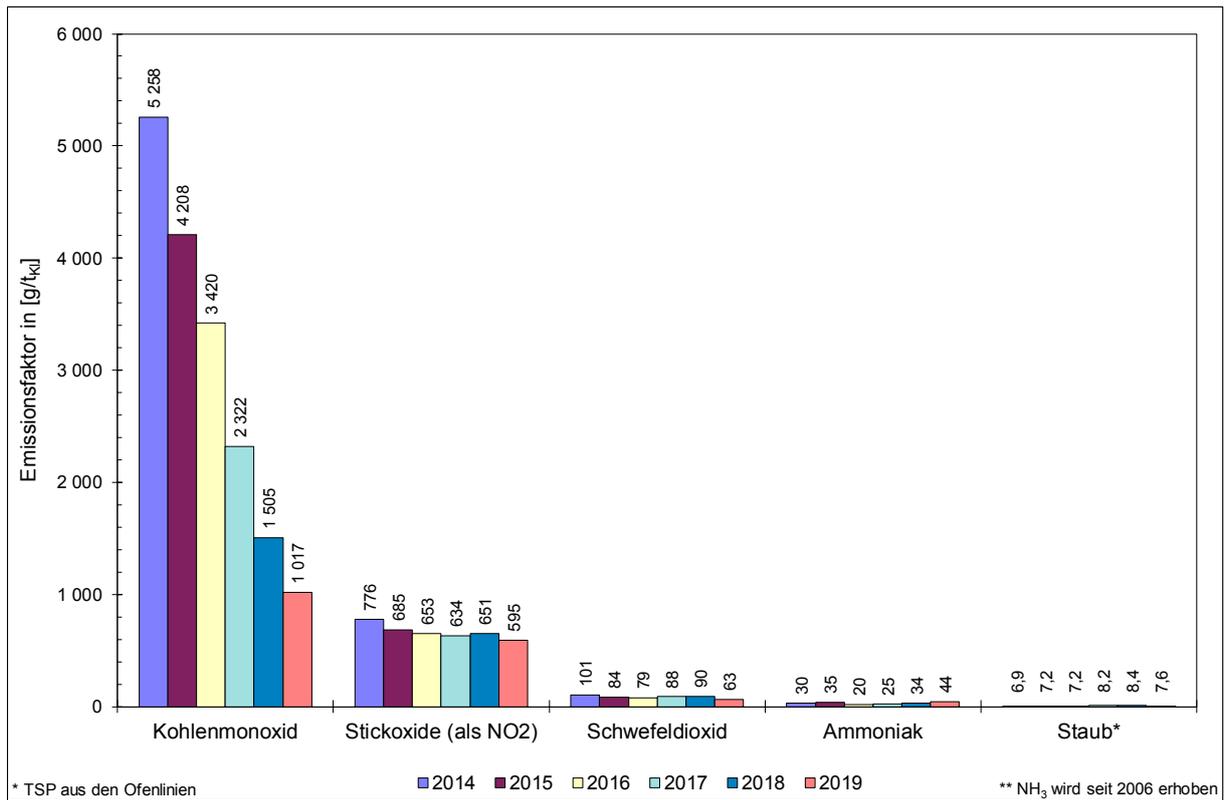


Abbildung 3-21: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2014 - 2019, ohne Mahlwerke)

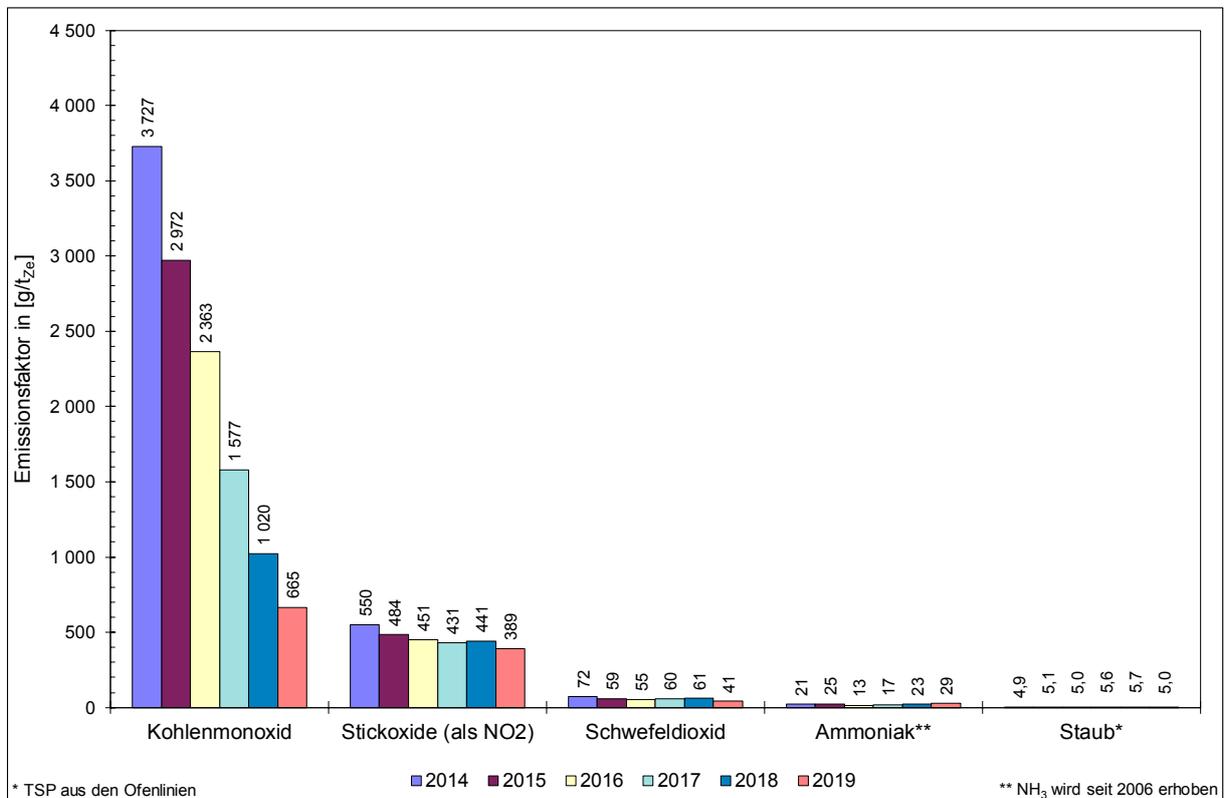


Abbildung 3-22: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2014 - 2019, ohne Mahlwerke)

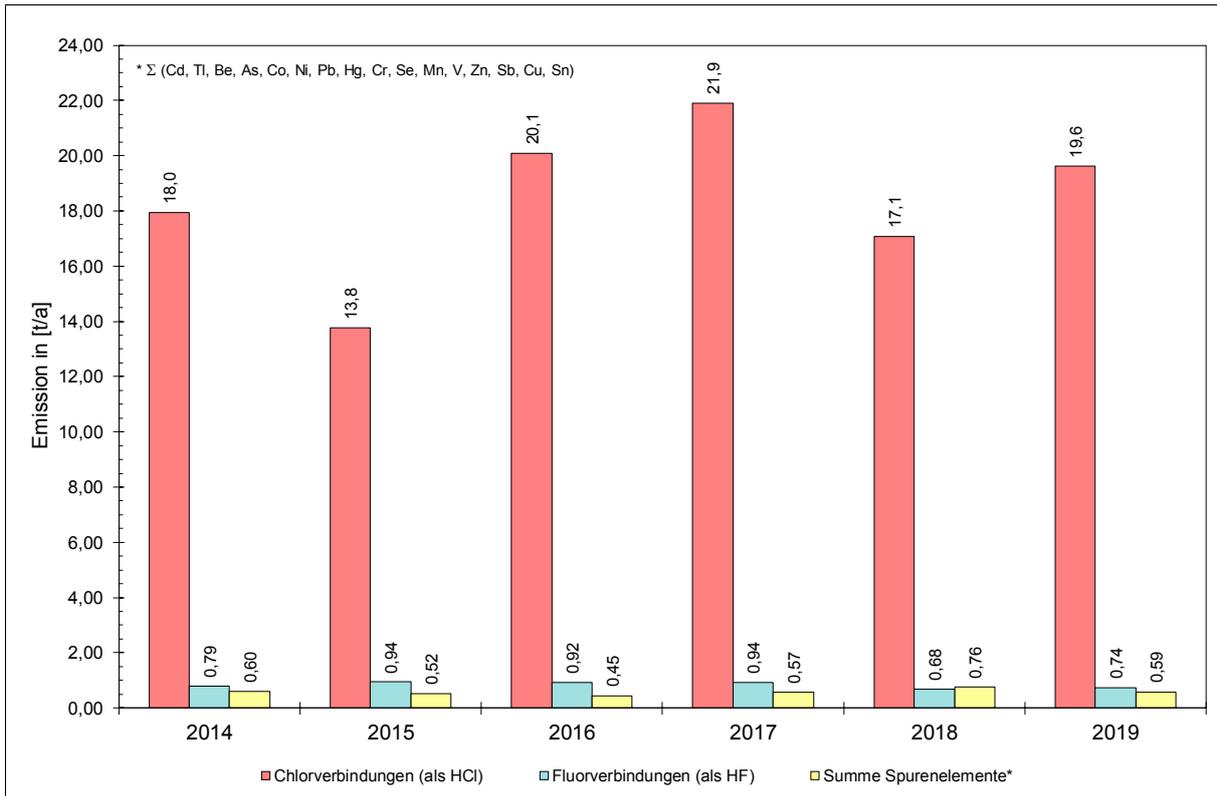


Abbildung 3-23: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an chlor- und fluorhaltigen Verbindungen (ausgewiesen als HCl bzw. HF) sowie der jährlichen Gesamtemissionen an Spurenelementen jeweils für den Zeitraum 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)

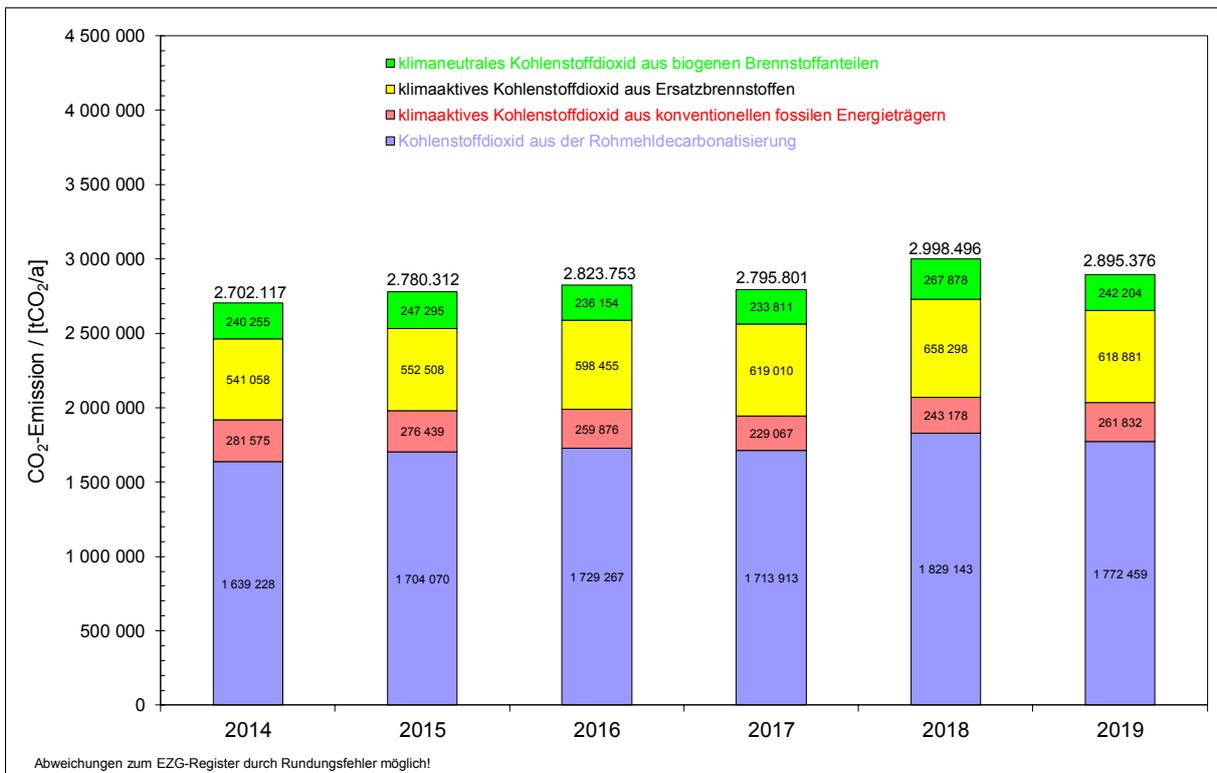


Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG)

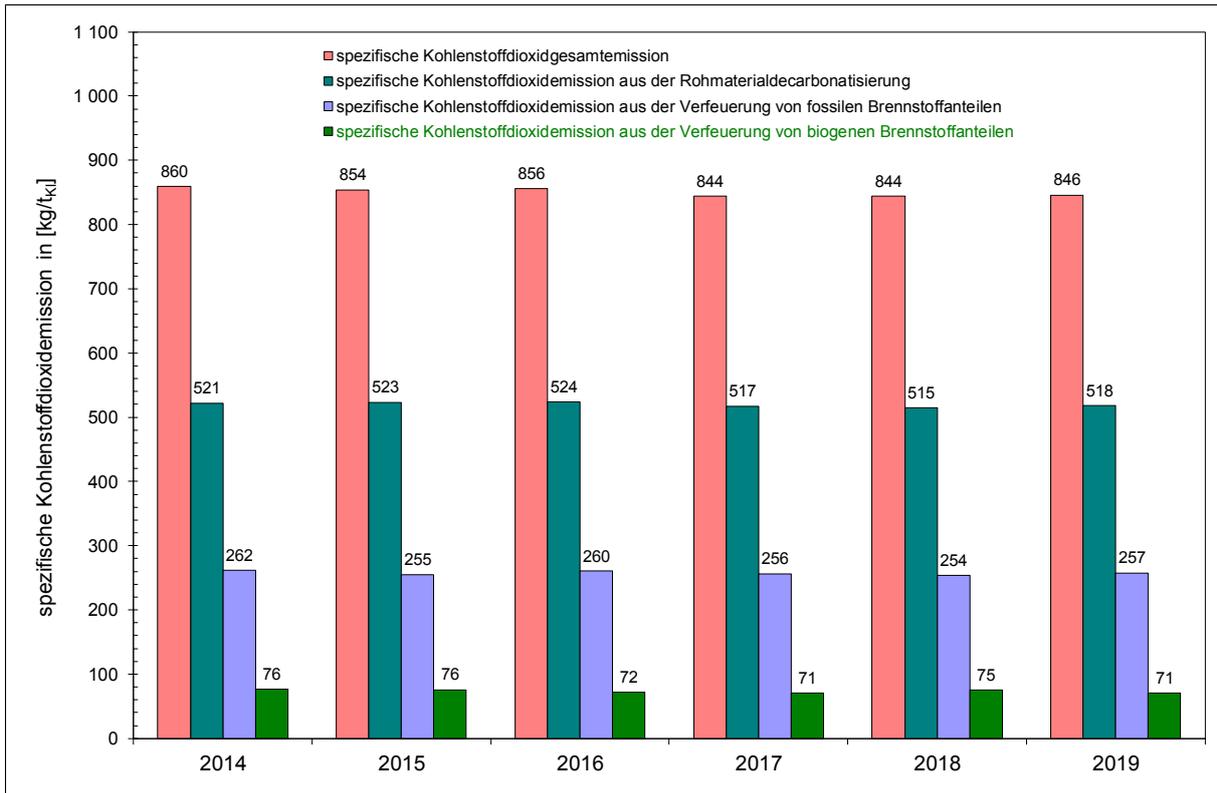


Abbildung 3-25: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO₂-Emissionen (mit biogenen CO₂-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG)

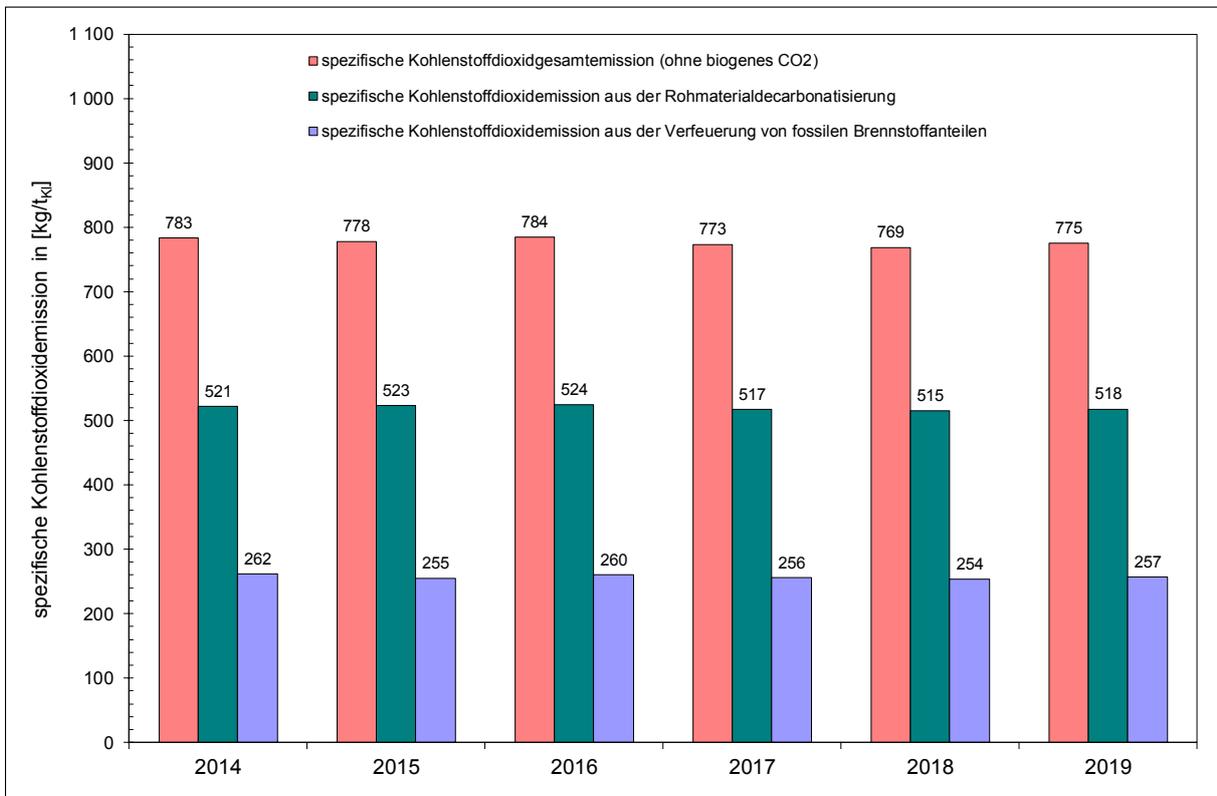


Abbildung 3-26: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO₂-Emissionen (ohne biogene CO₂-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG)

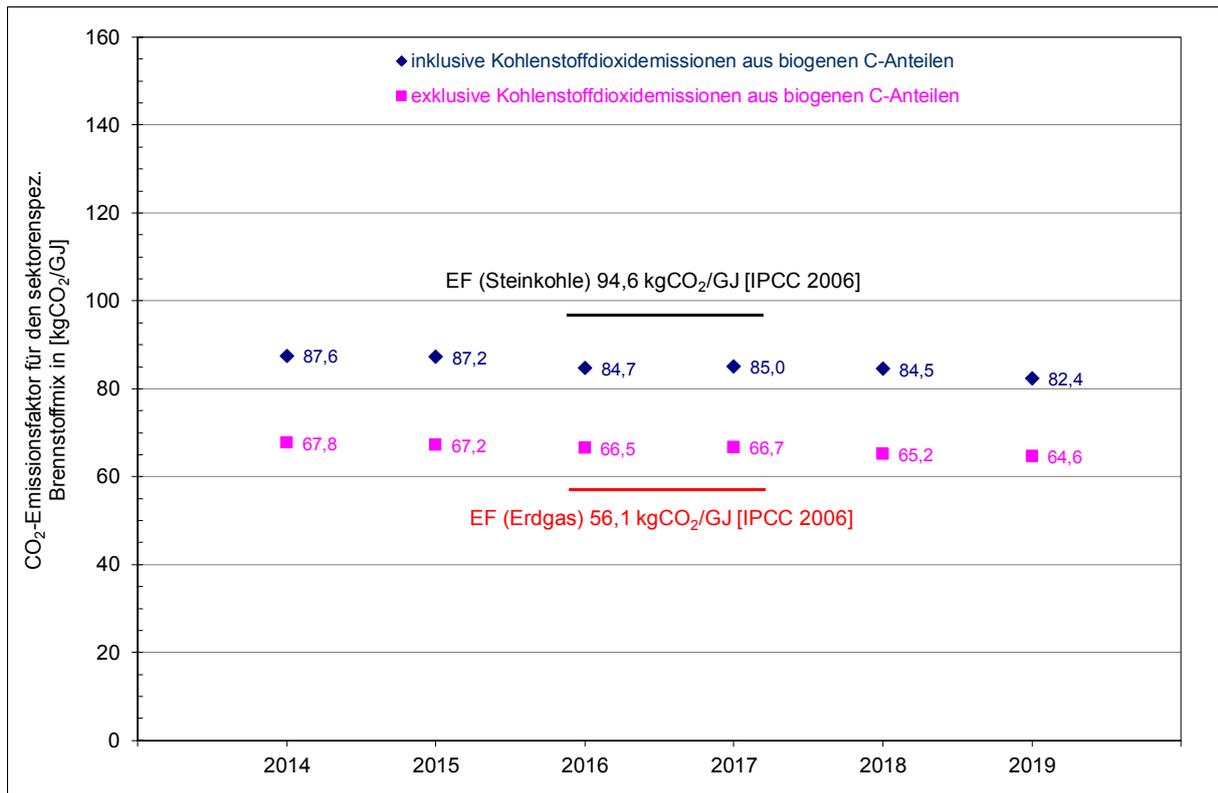


Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO₂-Emissionen (Emissionsfaktor EF) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG)

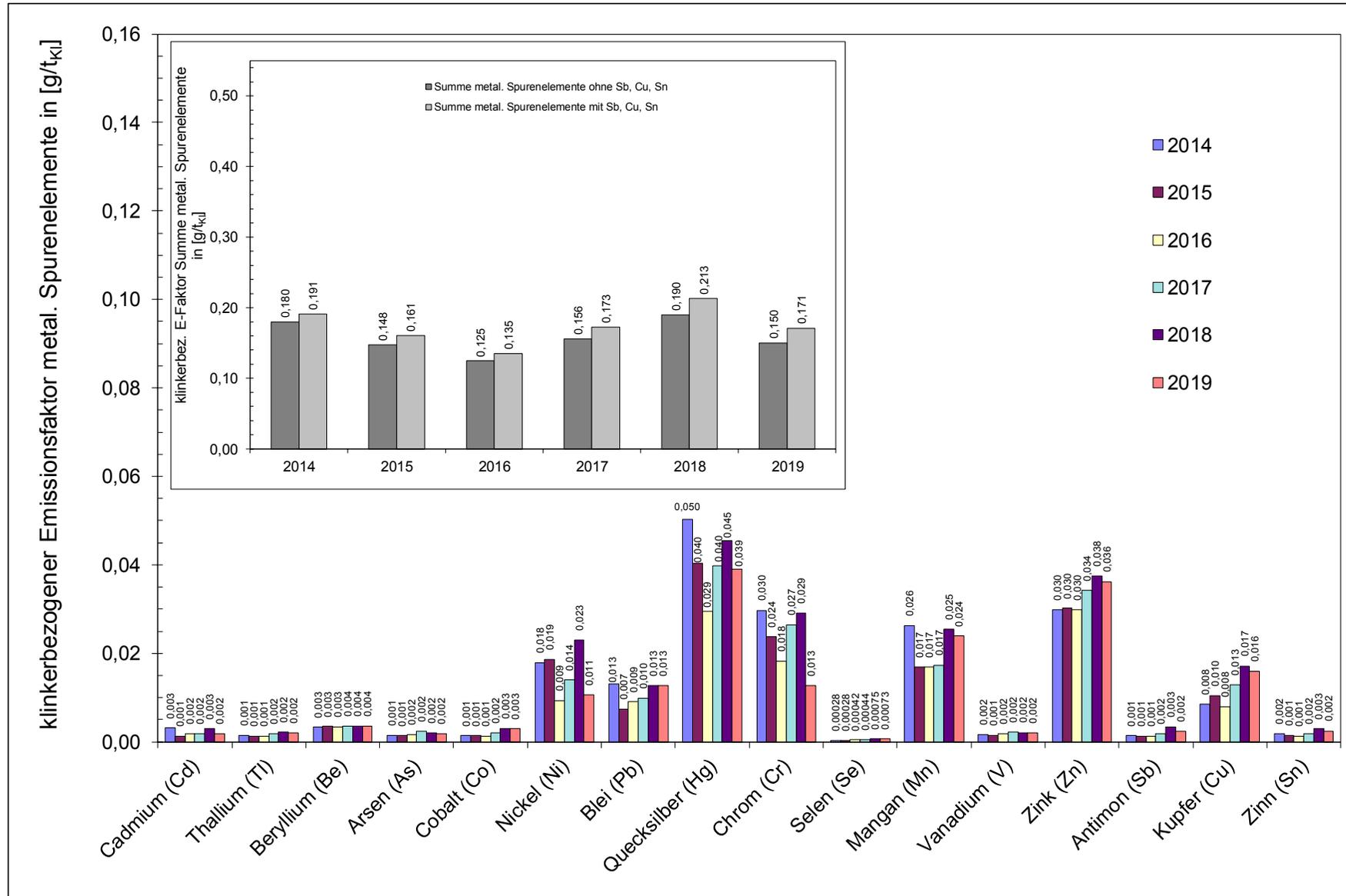


Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2014 bis 2019

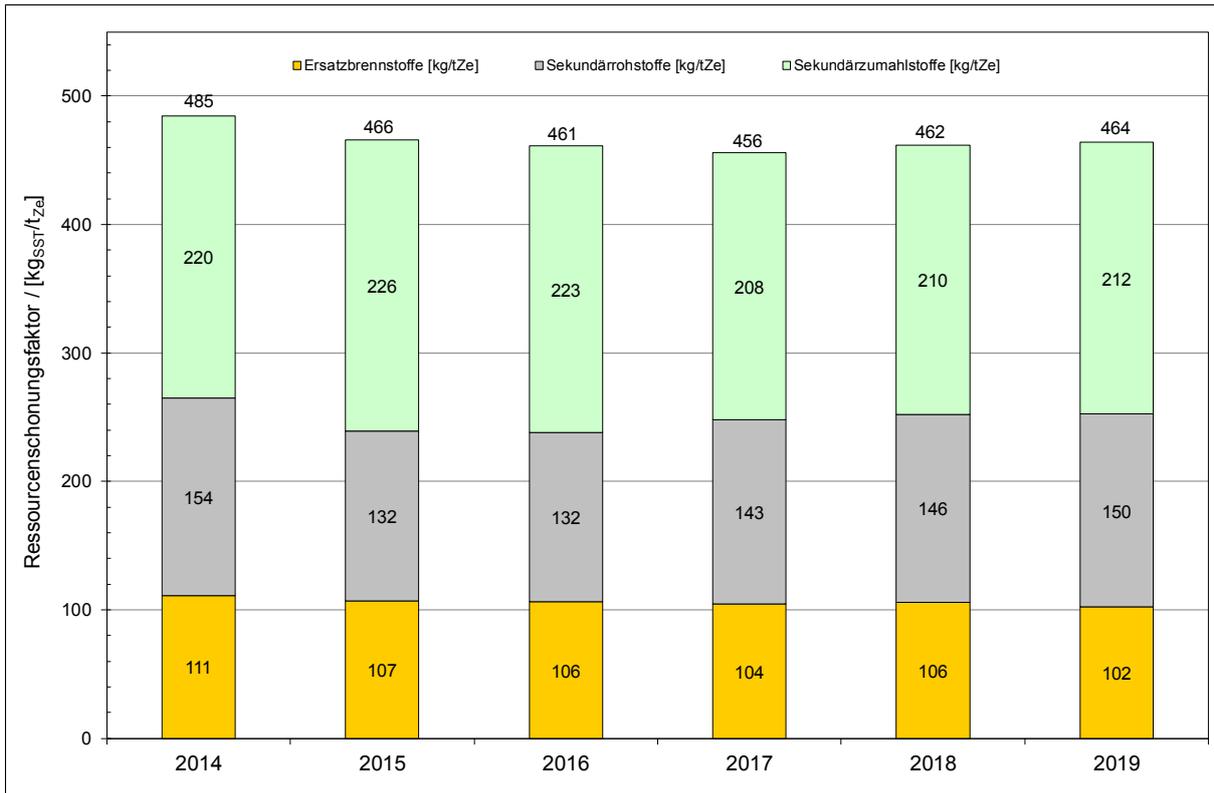


Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2014 bis 2019

(Der Ressourcenschonungsfaktor verdeutlicht jene Menge an Ersatzbrennstoffen, Sekundärrohstoffen und Sekundärzumahlstoffen, die bei der Erzeugung einer Tonne Zement verwendet werden.)

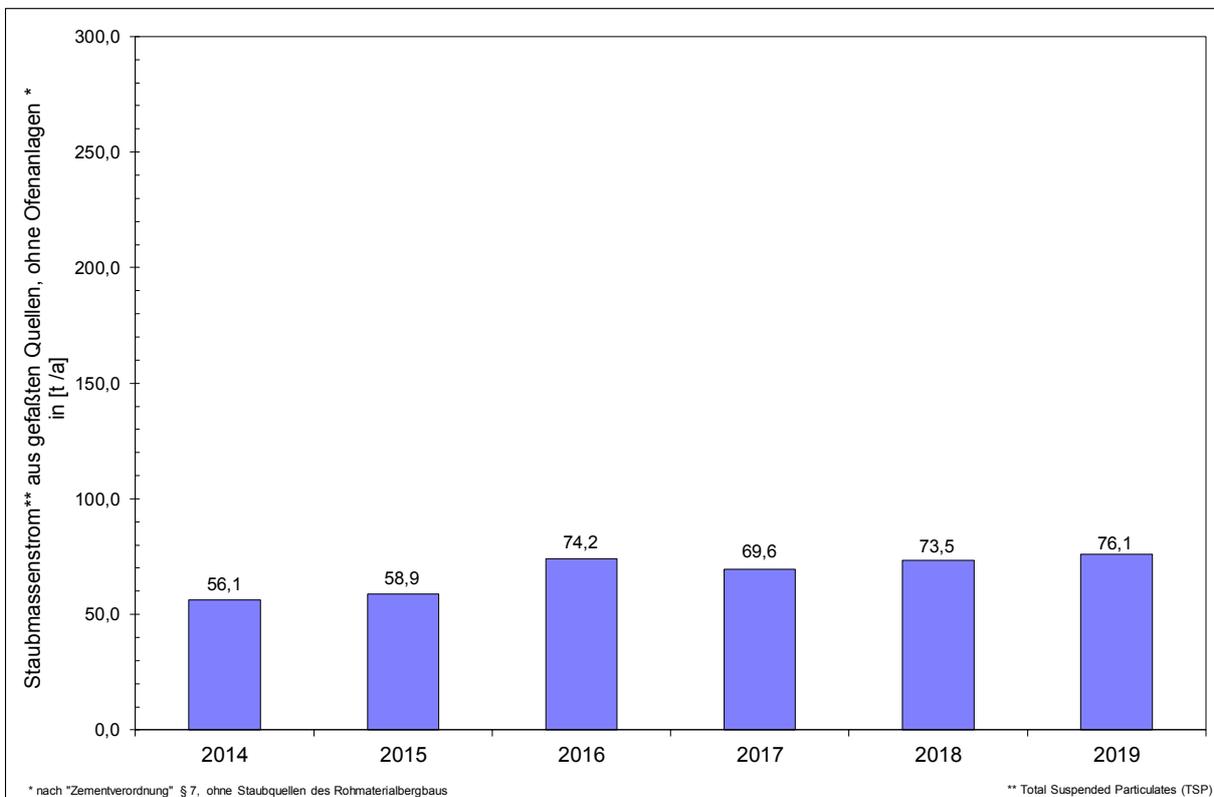


Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgen. Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

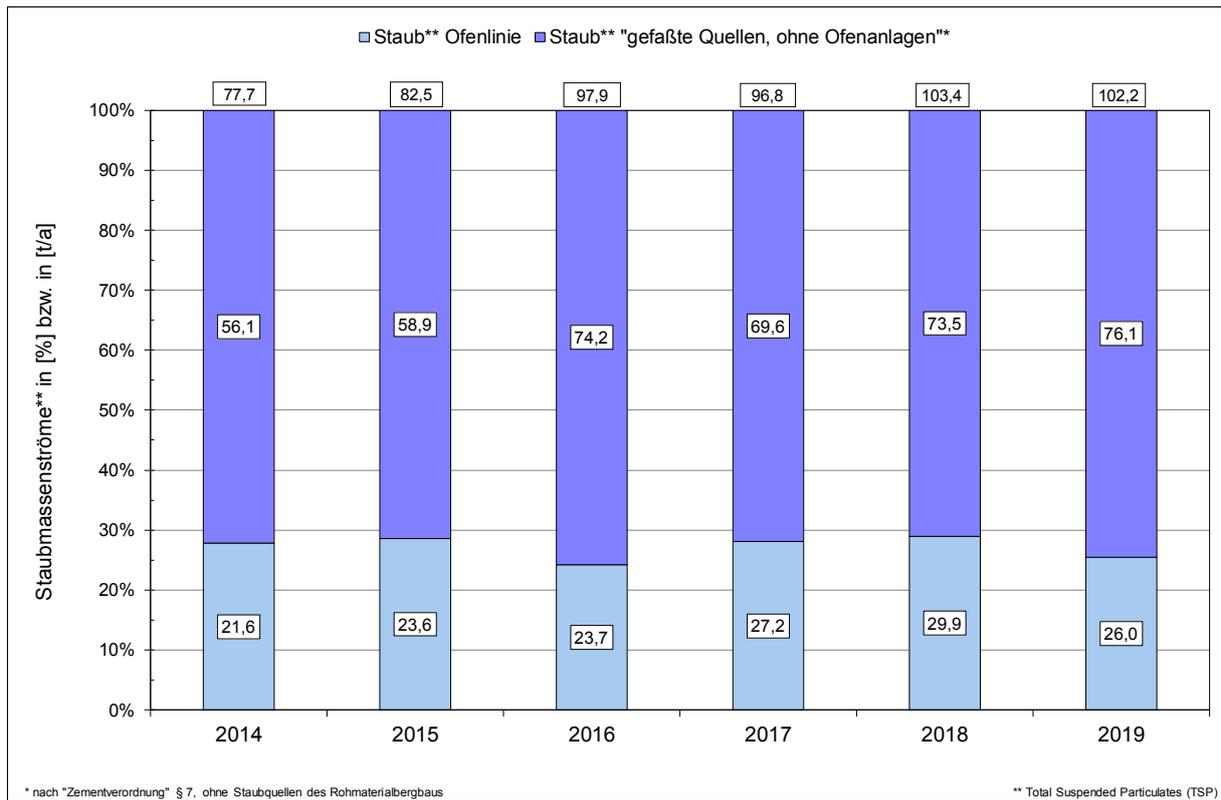


Abbildung 3-31: staubförmige Emissionen unter Berücksichtigung von Staubemissionen aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019

4 Kurzkomentar zu den Ergebnissen

4.1 Anlage- und Produktionsdaten

Kennzahl	2018		2019	
		[%]		[%]
installierte Klinkerkapazität [t/a]	5 318 900	100,00	5 318 900	0,00
Rohmehleinsatz [t/a]	5 421 197	100,00	5 264 330	-2,89
Klinkerproduktion [t/a]	3 551 969	100,00	3 422 866	-3,63
Zementproduktion [t/a]	5 241 524	100,00	5 232 990	-0,16
Ofenbetriebsstunden ^{a)} [h _{OB} /a]	57 988,5	100,00	55 987,0	-3,45
^{a)} alle Drehrohrofenbetriebszustände				
Rohmehlfaktor [t _{Rm} /t _{Kl}]	1,526	100,00	1,538	0,77
Klinkerfaktor ^{b)} [t _{Kl} /t _{Ze}]	0,696	100,00	0,694	-0,27
^{b)} = Klinkerverbrauch/Zementproduktion				
spezifischer thermischer Energieeinsatz [GJ/t _{Kl}]	3,895	100,00	3,983	2,27
spezifischer elektrischer Energieeinsatz [kWh/t _{Ze}]	113,107	100,00	113,471	0,32
Klinkerbrandfaktor [t _{Kl} /h _{OB}]	61,253	100,00	61,137	-0,19
Abgasfaktor ^{c)} [m ³ (Vn)/h _{OB}]	162 381	100,00	165 895	2,16
^{c)} nicht auf 10 Vol.-% O ₂ bezogen				
spezifische Abgasmenge ^{d)} [m ³ (Vn)/t _{Kl}]	2 651	100,00	2 713	2,36
^{d)} nicht auf 10 Vol.-% O ₂ bezogen				
Anteil Ersatzbrennstoffe am thermischen Gesamtenergieeinsatz [%]	81,24	100,00	78,44	-3,46
Ressourcenschonungsfaktor ^{e)} [kg/t _{Ze}]	462,0	100,00	464,0	0,44
^{e)} Ersatzstoffmenge bei der Produktion 1 t Zement				

Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2019 mit 2018

Die installierte Klinkerkapazität in Anlagen der österreichischen Zementindustrie blieb mit ca. 5.318.900 t/a im Jahresvergleich 2019 mit 2018 unverändert (Tabelle 4-1).

Die Klinkerproduktionsmenge verringerte sich im Jahr 2019 gegenüber 2018 um ca. 3,6 % auf ca. 3,42 Millionen Jahrestonnen.

Die Zementproduktionsmenge blieb im Jahr 2019 gegenüber 2018 mit ca. 5,23 Millionen Jahrestonnen (ca. -0,2 %) fast unverändert.

Der Klinkerfaktor verringerte sich im Jahresvergleich 2019 mit 2018 um ca. 0,3 % von 0,696 auf 0,694 t_{Kl}/t_{Ze}.

Die Anzahl an Ofenbetriebsstunden verringerte sich im Jahresvergleich 2019 mit 2018 um ca. 3,5 % auf 55.987 Stunden.

Der Klinkerbrandfaktor verringerte sich von ca. 61,3 t_{Kl}/h_{OB} im Jahr 2018 um ca. 0,2 % auf ca. 61,1 t_{Kl}/h_{OB} im Jahr 2019.

Für die Produktion einer Tonne Klinker wurde im Jahr 2019 mit ca. 4,0 GJ um ca. 2,3 % mehr thermische Energie (Brennstoffwärmeverbrauch) eingesetzt als im Jahr 2018.

Für die Produktion einer Tonne Zement wurde im Jahr 2019 mit ca. 113,5 kWh um ca. 0,3 % mehr elektrische Energie verbraucht als im Jahr 2018.

Die auf die Tonne produzierten Klinker bezogene spezifische Abgasmenge erhöhte sich 2019 gegenüber 2018 um ca. 2,4 % auf ca. 2.713 m³(Vn).

Der Anteil an Brennstoffwärmemenge erzeugt aus Ersatzbrennstoffen am Gesamtwärmebedarf, verringerte sich von ca. 81,24 % im Jahr 2018 auf ca. 78,44 % im Jahr 2019. Dies entspricht einem Rückgang um ca. 3,5 %.

Im Jahresvergleich 2019 mit 2018 erhöhte sich die Einsatzmengen an Ersatzstoffen (i.e. Ersatzbrennstoffe, Sekundärrohstoffe, Sekundärzumahlstoffe), die für die Produktion einer Tonne Zement verwendet wurden (Ressourcenschonungsfaktor), um ca. 0,4 % auf ca. 464,0 kg.

Im Jahr 2019 wurden aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie ca. 174,8 TJ Wärmeenergie an externe Verbraucher ausgekoppelt (Abbildung 3-12, Seite 13). Dies entspricht ca. 1,3 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs von ca. 13.633 TJ (Tabelle 3-1, Seite 7).

4.2 Emissionen

4.2.1 Schadstoffe

Emissionsfaktor	2018		2019	
	[g/t _K]	[%]	[g/t _K]	[%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	8,42		7,61	
		100,00		-9,66
Stickstoffoxide (als NO ₂)	651,02		594,72	
		100,00		-8,65
Schwefeldioxid (SO ₂)	90,24		62,79	
		100,00		-30,42
Summe metallische Spurenelemente Σ(Cd, Ti, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)	0,213230		0,170969	
		100,00		-19,82
chlorhaltige Verbindungen (als HCl)	4,807		5,731	
		100,00		19,22
fluorhaltige Verbindungen (als HF)	0,191		0,216	
		100,00		13,38
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	58,469		43,138	
		100,00		-26,22
Kohlenstoffmonoxid (CO)	1 505,3		1 016,7	
		100,00		-32,46
Kohlenstoffdioxid (CO ₂) (inklusive klimaneutrales CO ₂)	844 179		845 892	
		100,00		0,20

Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2019 bezogen auf 2018

Im Jahresvergleich 2019 mit 2018 verbesserten sich die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t_K] für Kohlenstoffmonoxid, Schwefeldioxid, organischer Gesamtkohlenstoff, Summe metallischer Spurenelemente, Staub und Stickstoffoxide. Hingegen verzeichneten die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t_K] für chlor- und fluorhaltige Verbindungen Zuwächse (Tabelle 4-2). Der klinkerbezogene spezifische Emissionsfaktor für Kohlenstoffdioxid hat nahezu keine Veränderung erfahren.

4.2.2 Metallische Spurenelemente

Es konnten im Jahresvergleich 2019 mit 2018 bei allen sechzehn metallischen Spurenelementen (Cr, Ni, Cd, Sb, Sn, Hg, Cu, Mn, V, Zn, As, Tl, Co, Se, Be und Pb) Verbesserungen bei den klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t_{kl}] verzeichnet werden (Tabelle 4-3).

Insgesamt verringerte sich der klinkerbezogene Emissionsfaktor [g/t_{kl}] für Summe metallische Spurenelemente (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu und Sn) im Jahresvergleich um ca. 19,8 % auf ca. 0,171 g/t_{kl} (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor [g/t_{kl}] für die Summe der ausgewählten metallischen Spurenelemente Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V und Sn verbesserte sich im Jahresvergleich um ca. 27,6 % auf ca. 0,0875 g/t_{kl} (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor [g/t_{kl}] für die Summe der beiden metallischen Spurenelemente Cd und Tl sank im Jahresvergleich um ca. 21,3 % auf ca. 0,004 g/t_{kl} (Tabelle 4-3).

metallische Spurenelement	2017 Emissionsfaktor [g/t _{kl}]	2018 Emissionsfaktor [g/t _{kl}]	2019 Emissionsfaktor [g/t _{kl}]	2019/2018 Änderung [%]	2019/2017 Änderung [%]
Cadmium (Cd)	0,001905	0,002919	0,001910	-34,57	0,24
Thallium (Tl)	0,001884	0,002127	0,002063	-2,98	9,53
Beryllium (Be)	0,003608	0,003565	0,003540	-0,73	-1,90
Arsen (As)	0,002385	0,001974	0,001910	-3,25	-19,90
Cobalt (Co)	0,001968	0,003005	0,002955	-1,67	50,17
Nickel (Ni)	0,013963	0,022992	0,010521	-54,24	-24,65
Blei (Pb)	0,009817	0,012689	0,012659	-0,24	28,95
Quecksilber (Hg)	0,039703	0,045489	0,039064	-14,12	-1,61
Chrom (Cr)	0,026527	0,029130	0,012665	-56,52	-52,26
Selen (Se)	0,000437	0,000746	0,000735	-1,47	68,29
Mangan (Mn)	0,017365	0,025480	0,023872	-6,31	37,47
Vanadium (V)	0,002228	0,002105	0,002021	-4,02	-9,30
Zink (Zn)	0,034158	0,037529	0,036195	-3,56	5,96
Antimon (Sb)	0,001819	0,003346	0,002443	-27,00	34,30
Kupfer (Cu)	0,012904	0,017165	0,015945	-7,11	23,57
Zinn (Sn)	0,001890	0,002967	0,002471	-16,73	30,73
<i>Summe o.g. metallische Spurenelemente</i>	<i>0,172559</i>	<i>0,213230</i>	<i>0,170969</i>	<i>-19,82</i>	<i>-0,92</i>
<i>Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)</i>	<i>0,090865</i>	<i>0,120854</i>	<i>0,087463</i>	<i>-27,63</i>	<i>-3,74</i>
<i>Σ (Cd, Tl)</i>	<i>0,003789</i>	<i>0,005046</i>	<i>0,003973</i>	<i>-21,26</i>	<i>4,86</i>

Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2019 bezogen auf 2018

4.2.3 Emissionskonzentrationen ausgewählter Schadstoffe

Im Jahresvergleich 2019 mit 2018 verbesserten sich die auf 10,0 Vol.-% O₂ bezogenen - als Jahresmittelwerte ausgewiesenen - Emissionskonzentrationen für Schwefeldioxid, organischer Gesamtkohlenstoff (TOC), Summe metallischer Spurenelemente, ofengängigen Staub und Stickstoffoxide (berechnet als NO₂) (Tabelle 4-4).

Emissionskonzentration (Jahresmittelwert, 10,0 Vol.-% O ₂)	2017 [mg/m ³ (Vn)tr.]	2018 [mg/m ³ (Vn)tr.]	2019 [mg/m ³ (Vn)tr.]	2019/2018 Änderung [%]	2019/2017 Änderung [%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	3,55	3,62	3,21	-11,42	-9,55
Stickstoffoxide (als NO ₂)	274,4	280,1	250,9	-10,44	-8,59
Schwefeldioxid (SO ₂)	38,1	38,8	26,5	-31,78	-30,57
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	26,9	25,2	18,2	-27,66	-32,27
Σ (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)	0,074643	0,091745	0,072121	-21,39	-3,38
Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	0,039305	0,051999	0,036895	-29,05	-6,13
Σ (Cd, Tl)	0,001639	0,002171	0,001676	-22,80	2,26

Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2019 bezogen auf 2018 bzw. 2017 (Jahresmittelwerte, 10,0 Vol.-% O₂)

5 Tabellenverzeichnis

1.)	Tabelle 2-1: erfaßte Schadstoffe	4
2.)	Tabelle 3-1: Gesamtübersichtstabelle - Emissionen und Produktionsmittel der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2014 bis 2019.....	7
3.)	Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2019 mit 2018.....	27
4.)	Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2019 bezogen auf 2018	28
5.)	Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2019 bezogen auf 2018.....	29
6.)	Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2019 bezogen auf 2018 bzw. 2017 (Jahresmittelwerte, 10,0 Vol.-% O ₂)	30

6 Abbildungsverzeichnis

1.)	Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2019)	5
2.)	Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)	8
3.)	Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019.....	8
4.)	Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / $[t_{kl}/h_{OB}]$ in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019	9
5.)	Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019	9
6.)	Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019	10
7.)	Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019	10
8.)	Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019	11
9.)	Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2019	11
10.)	Abbildung 3-9: auf die Tonne Zement bzw. auf die Tonne Klinker bezogener spezifischer Brennstoffenergieeinsatz in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019	12
11.)	Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2017, 2018 und 2019 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werkspezifischen Minimal- und Maximalwerten	12
12.)	Abbildung 3-11: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2014 bis 2019.....	13
13.)	Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2019	13
14.)	Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2014 bis 2019	14

15.)	Abbildung 3-14: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtabgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O ₂ bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung jeweils für den Zeitraum 2014 bis 2019.....	15
16.)	Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2014 bis 2019	16
17.)	Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2014 bis 2019 in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) verwendeten sonstigen sekundären Rohstoffmassenströme	17
18.)	Abbildung 3-17: Einsatzmengen primärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Zeitraum von 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)	18
19.)	Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)	18
20.)	Abbildung 3-19: Einsatzmengen sekundärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke)	19
21.)	Abbildung 3-20: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO ₂), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2014 bis 2019	19
22.)	Abbildung 3-21: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO ₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2014 - 2019, ohne Mahlwerke)	20
23.)	Abbildung 3-22: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO ₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2014 - 2019, ohne Mahlwerke)	20
24.)	Abbildung 3-23: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an chlor- und fluorhaltigen Verbindungen (ausgewiesen als HCl bzw. HF) sowie der jährlichen Gesamtemissionen an Spurenelementen jeweils für den Zeitraum 2014 bis 2019 (ohne Mahlwerke).....	21
25.)	Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG).....	21
26.)	Abbildung 3-25: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO ₂ -Emissionen (mit biogenen CO ₂ -Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG)	22
27.)	Abbildung 3-26: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO ₂ -Emissionen (ohne biogene CO ₂ -Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG)	22
28.)	Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO ₂ -Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019 (nach EZG)	23
29.)	Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2014 bis 2019.....	24
30.)	Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2014 bis 2019	25
31.)	Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019	25
32.)	Abbildung 3-31: staubförmige Emissionen unter Berücksichtigung von Staubemissionen aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2014 bis 2019.....	26