

# Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie

Berichtsjahr 2022



**Gerd Mausitz**

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik  
und Technische Biowissenschaften

**Technische Universität Wien**

Wien, im Mai 2023

# Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie Berichtsjahr 2022

Gerd Mausnitz

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

Technische Universität Wien

Wien, im Mai 2023

**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 Zuzahlstoffstatistik .....	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**

Schon im ersten Jahrhundert nach Christus berichtete *Marcus Vitruvius Pollio* im zweiten Buch seines zehn bändigen Werkes „*De architectura*“, welches eine Zusammenschau des damaligen Wissens des Bauingenieurwesens darstellt, über die Herstellung und den Verwendungszweck des „*Opus caementitium*“, das als Vorläufer des Betons gelten kann:

*„...es gibt eine Art von Pulver (genus pulveris) welches von Natur wunderbare Dinge hervorbringt. Es findet sich in der Gegend von Bajä und im Gebiet der Städte, die um den Vesuv herum liegen. Wird dieses mit Kalk und Bruchsteinen gemischt, verleiht es nicht nur den gewöhnlichen Bauwerken eine große Festigkeit, sondern auch die im Meer ausgeführten Dämme werden so fest, daß weder die Flut noch das Wasser sie trennen kann.“*

Heute besteht Beton aus Zement, Gesteinskörnung, Wasser und gegebenenfalls Zusatzstoffen und Betonzusatzmitteln.

Global wurden 2022 ca. 4,1 Milliarden Tonnen Zemente hergestellt, davon ca. 5,2 Millionen Tonnen in Österreich. Damit zählen Zemente als hydraulische Bindemittel weltweit zu den wichtigsten Baustoffen.

Bei der Zementerzeugung entstehen durch die mechanischen und thermischen Umsetzungen von Rohmaterialien, Brennstoffen, Korrektur- und Zuschlagstoffen sowohl brennstoffabhängige als auch prozeßabhängige Luftschadstoffemissionen, welche zum Schutz der Biosphäre durch behördlich verordnete Emissionsgrenzwerte reglementiert werden. Emissionsminderungsmaßnahmen dienen zu deren Durchsetzung.

Die regelmäßige Erstellung von Emissionsbilanzen ermöglicht die Wirksamkeit von Schadstoffminderungsmaßnahmen zu überprüfen und im Bedarfsfall diese anzupassen bzw. zu verstärken.

Der konsequente Einsatz und die ständige Weiterentwicklung von primären und sekundären Abgasreinigungstechniken sind integraler Bestandteil moderner Emissionsminderungsszenarien. Durch ihre Hilfe können die behördlich verordneten Emissionsgrenzwerte von den Betreibern der österreichischen Zementwerke sicher und dauerhaft zum Schutz der Biosphäre eingehalten werden.

## **1 Problemstellung**

Der vorliegende Bericht soll alle relevanten Schadstoffe umfassen, die durch Anlagen der österreichischen Zementindustrie mit Ofenbetrieb im Jahr 2022 emittiert 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 2022 um die Bilanzjahre 2017 bis 2021 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*	klimarelevante Schadgase
Staubförmige Emissionen	Cadmium (Cd)	geogenes Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	Thallium (Tl)	pyrogenes Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	Beryllium (Be)	
Chlorverbindungen (als HCl)	Arsen (As)	
Fluorverbindungen (als HF)	Cobalt (Co)	
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	Nickel (Ni)	
Kohlenstoffmonoxid (CO)	Blei (Pb)	
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	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 bzw. Schadstoffgruppen

### 2.2 Erfassungszeitraum

Die vorliegende Emissionsinventur wurde für das Bilanzjahr 2022 erstellt und zu Vergleichszwecken mit den entsprechenden Daten für 2017 bis 2021 ergänzt.

### 2.3 Erfasste Anlagen

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

- *Leube Zement 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),
- *Baunit GmbH* (Waldegg, Wopfing).

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

Anlagenspiegel mit 31.12.2022																																		
Betreiber	Standort	Ofentechnik	Klinkerkühler	Zementmühlen	Abgasentstaubung	SNCR	SCR	SO <sub>2</sub> -Abgas-Wäsche	Hg-Minderung	RTO																								
Leube Zement 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 mit Schlauchfilter	✓																												
Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H.	Kirchdorf / Krems	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 mit Kalzinator*****	Horizontalrostkühler	3 KM	E-Entstauber, Alkalibypass mit Schlauchfilter	✓		✓																										
Schretter & Cie GmbH & Co KG	Vils	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	✓			✓**	✓***																								
Baumit GmbH	Wopfing	5-stufiger WT-DO mit Kalzinator	Rostkühler	KM+2 RP	DO in Schlauchfilter, Schlauchfilter für KÜ	✓				✓																								
<p>Legende:</p> <table border="0"> <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>Mahltröcknungsanlage</td> <td>WT-DO</td> <td>Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher</td> </tr> <tr> <td>RM</td> <td>Rohrmühle</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.</p> <p>** XMercury-Anlage zur Hg-Entfrachtung mit einem kohlenstoffhaltigen Adsorbens; Inbetriebnahme: Mitte 2015</p> <p>*** Die RTO am w&amp;p - Betriebsstandort Wietersdorf hat im Oktober 2017 den Betrieb aufgenommen.</p> <p>**** DeCONOX-Anlage (Kopplungsverfahren einer thermischen Nachverbrennungsanlage und einer SCR-DeNOx-Anlage in Reingasschaltung); Inbetriebnahme: März 2019.</p> <p>***** Kalzinator seit 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	Mahltröcknungsanlage	WT-DO	Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher	RM	Rohrmühle		
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	Mahltröcknungsanlage	WT-DO	Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher																															
RM	Rohrmühle																																	

Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2022)

### **3 Ergebnisse, numerische und graphische Darstellungen**

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß die in dieser Studie ausgewiesenen Daten kollektivierte Werte darstellen, welche für die Gesamtheit der österreichischen Zementindustrie von Belang sind. Diese kollektivierten Werte sind nicht dazu 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.

Tabelle 3-1: Gesamtübersichtstabelle - Emissionen und Produktionsmittel der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2017 bis 2022



## GESAMTÜBERSICHT

I Anlagendaten																			
Anlagenzahl	Österreichweit waren 2022 2 Lepolöfen mit 418.000 t/a und 8 WT-DO mit bzw. ohne Kalzinator mit 4.995.400 t/a betriebsbereit.																		
Klinkerkapazität / [t/a]	Mit der 2022 installierten Gesamtanlagenkapazität von ca. 5.413.400 t/a wurden die unter II angeführten Jahresmengen produziert.																		
II Produktionsdaten		2017			2018			2019			2020			2021			2022		
Rohmehleinsatz	[t/a]	5 057 751			5 421 197			5 264 330			5 404 367			5 623 758			5 433 926		
Klinkerproduktion	[t/a]	3 313 459			3 551 969			3 422 866			3 522 299			3 662 612			3 560 071		
Zementproduktion	[t/a]	4 879 639			5 241 524			5 232 990			5 223 206			5 561 049			5 208 771		
Ofenbetriebsstunden <sup>a)</sup>	[h <sub>OB</sub> /a]	55 290,0			57 988,5			55 987,0			57 243,5			58 556,0			57 647,5		
Rohmehlfaktor	[t <sub>RM</sub> /t <sub>K</sub> ]	1,526			1,526			1,538			1,534			1,535			1,526		
(korrigierter*) Klinkerfaktor	[t <sub>K</sub> /t <sub>Za</sub> ]	0,704*	0,679		0,696*	0,678		0,694*	0,654		0,701*	0,674		0,692*	0,659		0,693*	0,683	
III Konventionelle Energieträger (KET)		2017			2018			2019			2020			2021			2022		
		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		30,23	20 335	614 753	25,90	25 878	670 184	26,72	30 443	813 561	28,61	65 602	1 876 656	27,86	50 219	1 399 290	27,12	21 788	590 782
B) Braunkohle		21,96	48 625	1 067 651	22,06	57 339	1 265 143	22,21	53 752	1 193 806	22,17	48 881	1 083 505	22,09	42 907	947 923	22,01	50 411	1 109 610
C) Heizöl L (0,2 m% S)		41,70	394	16 445	41,70	506	21 121	41,70	425	17 731	41,70	326	13 576	41,70	310	12 947	41,70	322	13 442
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)		39,06	2 061	80 489	39,05	1 408	55 000	39,26	1 380	54 185	40,30	1 358	54 740	40,30	1 827	73 640	40,30	460	18 540
F) Erdgas <sup>b)</sup> / [1000m <sup>3</sup> (Vn)/a]; Hu / [MJm <sup>-3</sup> (Vn)]		36,23	2 720,298	98 554	36,23	2 948,684	106 843	36,78	11 766,455	432 826	36,80	17 751,712	653 263	36,80	11 699,790	430 552	36,72	6 412,146	235 476
J) Petrolkoks		30,93	18 507	572 489	29,79	15 590	464 376	31,55	13 138	414 511	31,41	10 446	328 120	31,72	21 564	684 096	30,85	17 333	534 710
G) sonstige (Heizöl EL, Anthrazit)		42,70	345	14 713	42,70	284	12 143	42,70	314	13 404	42,70	490	20 913	42,70	306	13 061	42,70	353	15 091
Summe KET			92 201	2 465 094		103 104	2 594 810		107 820	2 940 024		139 728	4 030 773		125 456	3 561 510		95 229	2 517 652
IV Ersatzbrennstoffe (EBS)		2017			2018			2019			2020			2021			2022		
		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		29,88	58 988	1 762 265	29,75	61 735	1 836 825	30,76	40 086	1 232 849	30,41	45 268	1 376 570	27,78	39 652	1 101 599	28,86	33 017	952 738
I) Kunststoffabfälle		19,50	324 780	6 333 354	19,38	358 580	6 950 669	19,58	357 388	6 998 342	19,05	299 484	5 705 029	19,85	349 345	6 933 054	19,16	391 549	7 500 512
K) Altöl		33,40	13 847	462 473	37,02	15 321	567 241	31,00	19 692	610 386	30,48	17 608	536 757	30,56	17 300	528 671	32,34	17 347	560 975
L) Lösungsmittel		26,69	23 761	634 164	26,75	26 619	712 076	24,84	24 540	609 584	25,37	28 129	713 535	26,38	31 638	834 763	26,60	26 805	713 050
M) landwirtschaftliche Rückstände		16,91	1 204	20 359	16,91	1 457	24 632	16,91	491	8 303		0	0	16,91	33	558	16,46	15	252
N) Papierfaserreststoff		4,89	36 728	179 600	5,07	40 268	204 159	4,80	35 420	170 016	5,20	39 574	205 785	5,20	37 931	197 241	5,36	29 541	158 340
O) sonstige		17,09	50 550	863 656	18,26	51 635	942 838	18,55	57 344	1 063 991	18,51	61 369	1 136 035	16,04	75 466	1 210 317	16,79	70 137	1 177 814
Summe EBS			509 857	10 255 872		555 614	11 238 439		534 961	10 693 470		491 433	9 673 711		551 365	10 806 203		568 411	11 063 680
V Thermischer Energieeinsatz**		2017			2018			2019			2020			2021			2022		
a) Σ Energieeinsatz KET	[GJ/h <sub>OB</sub> ]	44,6			44,7			52,5			70,4			60,8			43,7		
b) Σ Energieeinsatz EBS	[GJ/h <sub>OB</sub> ]	185,5			193,8			191,0			169,0			184,5			191,9		
Summe a) u. b)	[GJ/h <sub>OB</sub> ]	230,1			238,6			243,5			239,4			245,4			235,6		
EBS-Anteil an (III+IV)	[%]	80,62			81,24			78,44			70,59			75,21			81,46		
spez. therm. Energieeinsatz	[GJ/t <sub>Klinker</sub> ]	3,839			3,895			3,983			3,891			3,923			3,815		
VI Sekundärrohstoffe (SRS)		2017			2018			2019			2020			2021			2022		
diverse Schlacken	[t/a]	34 745			35 487			29 138			35 367			54 251			50 634		
Gießereisand	[t/a]	36 052			38 822			46 536			29 535			36 784			43 898		
Summe SRS / sonstige SRS	[t/a]	699 305	628 507		765 918	691 610		786 030	710 356		797 874	732 972		826 238	735 203		891 492	796 961	

VII Sekundärzumahlstoffe (SZS)			2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Hochofenschlacke	[t/a]		774 505		803 581		832 053		790 118		854 660		799 119	
REA - Gips	[t/a]		48 081		47 979		49 032		45 734		55 412		59 894	
Flugasche	[t/a]		119 064		133 777		123 637		103 138		93 987		83 937	
Summe SZS / sonstige SZS	[t/a]		1 016 096	74 446	1 099 976	114 638	1 107 152	102 430	1 030 330	91 340	1 110 348	106 289	1 028 350	85 400

VIII Abgasparameter			2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Bez.-O <sub>2</sub> / O <sub>2</sub> gemessen	[Vol.-%]		10,00	11,36	10,00	11,36	10,00	11,39	10,00	11,14	10,00	11,32	10,00	11,32
Abgasnormvolumen V <sub>(tr.,Vn,bez.)</sub>	[1000m <sup>3</sup> (Vn)/a]		7 660 014		8 255 301		8 114 126		8 476 510		8 980 831		8 422 390	

IX Emissionsrelevante Daten	2017			2018			2019			2020			2021			2022		
	E-faktor	Massenstrom	E-faktor	E-faktor	Massenstrom	E-faktor	E-faktor	Massenstrom	E-faktor	E-faktor	Massenstrom	E-faktor	E-faktor	Massenstrom	E-faktor	E-faktor	Massenstrom	E-faktor
	[g/t <sub>z</sub> ]	[t/a]	[g/t <sub>kl</sub> ]	[g/t <sub>z</sub> ]	[t/a]	[g/t <sub>kl</sub> ]	[g/t <sub>z</sub> ]	[t/a]	[g/t <sub>kl</sub> ]	[g/t <sub>z</sub> ]	[t/a]	[g/t <sub>kl</sub> ]	[g/t <sub>z</sub> ]	[t/a]	[g/t <sub>kl</sub> ]	[g/t <sub>z</sub> ]	[t/a]	[g/t <sub>kl</sub> ]
1 Staub (TSP) <sup>(1)(3)</sup>	5,57	27,172	8,20	5,71	29,904	8,42	4,98	26,035	7,61	4,72	24,634	6,99	4,04	22,465	6,13	3,93	20,474	5,75
2 Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	430,82	2 102,258	634,46	441,17	2 312,415	651,02	389,00	2 035,640	594,72	454,41	2 373,473	673,84	444,16	2 470,018	674,39	436,40	2 273,095	638,50
3 Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	59,89	292,225	88,19	61,15	320,522	90,24	41,07	214,928	62,79	43,96	229,630	65,19	33,18	184,542	50,39	23,09	120,284	33,79
4 Cadmium (Cd)	0,001294	0,006313	0,001905	0,001978	0,010369	0,002919	0,001249	0,006537	0,001910	0,001187	0,006199	0,001760	0,001456	0,008099	0,002211	0,001488	0,007750	0,002177
5 Thallium (Tl)	0,001279	0,006241	0,001884	0,001441	0,007553	0,002127	0,001349	0,007062	0,002063	0,001320	0,006892	0,001957	0,001150	0,006395	0,001746	0,001197	0,006236	0,001752
6 Beryllium (Be)	0,002450	0,011955	0,003608	0,002416	0,012664	0,003565	0,002315	0,012115	0,003540	0,002357	0,012310	0,003495	0,002189	0,012174	0,003324	0,002219	0,011557	0,003246
Summe 4-6	0,005023	0,024510	0,007397	0,005835	0,030587	0,008611	0,004914	0,025714	0,007513	0,004863	0,025401	0,007212	0,004795	0,026668	0,007281	0,004904	0,025543	0,007175
7 Arsen (As)	0,001619	0,007901	0,002385	0,001338	0,007012	0,001974	0,001249	0,006537	0,001910	0,001187	0,006199	0,001760	0,001064	0,005918	0,001616	0,001198	0,006240	0,001753
8 Cobalt (Co)	0,001336	0,006520	0,001968	0,002036	0,010674	0,003005	0,001933	0,010114	0,002955	0,001187	0,006199	0,001760	0,001064	0,005918	0,001616	0,001198	0,006240	0,001753
9 Nickel (Ni)	0,009481	0,046265	0,013963	0,015581	0,081668	0,022992	0,006882	0,036013	0,010521	0,002988	0,015608	0,004431	0,009627	0,053534	0,014616	0,004465	0,023256	0,006532
10 Blei (Pb)	0,006666	0,032529	0,009817	0,008599	0,045072	0,012689	0,008280	0,043331	0,012659	0,003446	0,018001	0,005111	0,006134	0,034112	0,009314	0,002440	0,012711	0,003571
Summe 7-10	0,019103	0,093215	0,028132	0,027554	0,144425	0,040661	0,018344	0,095997	0,028046	0,008808	0,046008	0,013062	0,017889	0,099482	0,027162	0,009301	0,048448	0,013609
11 Quecksilber (Hg)	0,026960	0,131555	0,039703	0,030826	0,161576	0,045489	0,025551	0,133710	0,039064	0,028096	0,146749	0,041663	0,025855	0,143780	0,039256	0,026109	0,135995	0,038200
12 Chrom (Cr)	0,018013	0,087896	0,026527	0,019740	0,103468	0,029130	0,008284	0,043351	0,012665	0,004673	0,024406	0,006929	0,003252	0,018086	0,004938	0,004388	0,022857	0,006420
13 Selen (Se)	0,000296	0,001447	0,000437	0,000505	0,002649	0,000746	0,000481	0,002515	0,000735	0,000513	0,002681	0,000761	0,000503	0,002797	0,000764	0,000503	0,002620	0,000736
14 Mangan (Mn)	0,011791	0,057538	0,017365	0,017267	0,090506	0,025480	0,015615	0,081711	0,023872	0,007840	0,040951	0,011626	0,006033	0,033550	0,009160	0,007242	0,037720	0,010595
15 Vanadium (V)	0,001513	0,007382	0,002228	0,001427	0,007478	0,002105	0,001322	0,006917	0,002021	0,001248	0,006518	0,001851	0,001156	0,006430	0,001756	0,001231	0,006410	0,001801
16 Zink (Zn)	0,023195	0,113181	0,034158	0,025432	0,133303	0,037529	0,023675	0,123890	0,036195	0,028993	0,151435	0,042993	0,025852	0,143766	0,039252	0,024219	0,126151	0,035435
Summe 11-16	0,081768	0,398998	0,120417	0,095197	0,498979	0,140480	0,074927	0,392094	0,114551	0,071362	0,372740	0,105823	0,062652	0,348408	0,095126	0,063691	0,331754	0,093187
17 Antimon (Sb)	0,001235	0,006027	0,001819	0,002267	0,011885	0,003346	0,001598	0,008361	0,002443	0,001187	0,006199	0,001760	0,001153	0,006411	0,001750	0,001242	0,006467	0,001817
18 Kupfer (Cu)	0,008762	0,042756	0,012904	0,011632	0,060970	0,017165	0,010430	0,054579	0,015945	0,007206	0,037641	0,010686	0,016265	0,090452	0,024696	0,006800	0,035422	0,009950
19 Zinn (Sn)	0,001283	0,006262	0,001890	0,002011	0,010540	0,002967	0,001616	0,008457	0,002471	0,001298	0,006779	0,001925	0,001140	0,006337	0,001730	0,001208	0,006293	0,001768
Summe 17-19	0,011281	0,055045	0,016613	0,015910	0,083394	0,023478	0,013644	0,071397	0,020859	0,009691	0,050620	0,014371	0,018558	0,103200	0,028177	0,009250	0,048182	0,013534
Summe Spurenelemente (4-16)	0,105894	0,516723	0,155947	0,128587	0,673991	0,189751	0,098186	0,513805	0,150110	0,085034	0,444149	0,126096	0,085336	0,474558	0,129568	0,077897	0,405745	0,113971
Summe Spurenelemente (4-16 und 17-19)	0,117174	0,571768	0,172559	0,144497	0,757386	0,213230	0,111829	0,585202	0,170969	0,094725	0,494769	0,140468	0,103894	0,577758	0,157745	0,087147	0,453927	0,127505
20 chlorhaltige Verbindungen (als HCl)	4,491	21,914	6,614	3,258	17,075	4,807	3,749	19,617	5,731	2,834	14,801	4,202	3,079	17,125	4,676	3,457	18,008	5,058
21 fluorhaltige Verbindungen (als HF)	0,192	0,938	0,283	0,129	0,678	0,191	0,141	0,740	0,216	0,157	0,820	0,233	0,173	0,961	0,262	0,248	1,291	0,363
22 organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	42,179	205,817	62,115	39,622	207,678	58,469	28,216	147,655	43,138	30,821	160,984	45,704	32,924	183,091	49,989	29,739	154,903	43,511
23 Kohlenstoffmonoxid (CO)	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	725,4	3 788,78	1 075,7	752,3	4 183,72	1 142,3	667,8	3 478,49	977,1
24 Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	17,198	83,919	25,327	22,702	118,991	33,500	28,772	150,564	43,988	22,146	115,674	32,840	21,531	119,737	32,692	25,372	132,159	37,122
25 Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ) <sup>(2)</sup>	572 952	2 795 801	843 771	572 066	2 998 496	844 179	553 293	2 895 376	845 892	569 304	2 973 593	844 219	558 449	3 105 562	847 909	572 554	2 982 304	837 709

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

<sup>a)</sup> alle Betriebszustände

<sup>b)</sup> P<sub>(EG)</sub>=0,7112kg/m<sup>3</sup>

<sup>(2)</sup> nach EZG verifizierte CO<sub>2</sub>-Gesamtemission (inkl. "klimaneutrales" CO<sub>2</sub>); <sup>(3)</sup> Total Suspended Particulates (TSP) aus den Ofenlinien

3.1 Produktionsstatistik

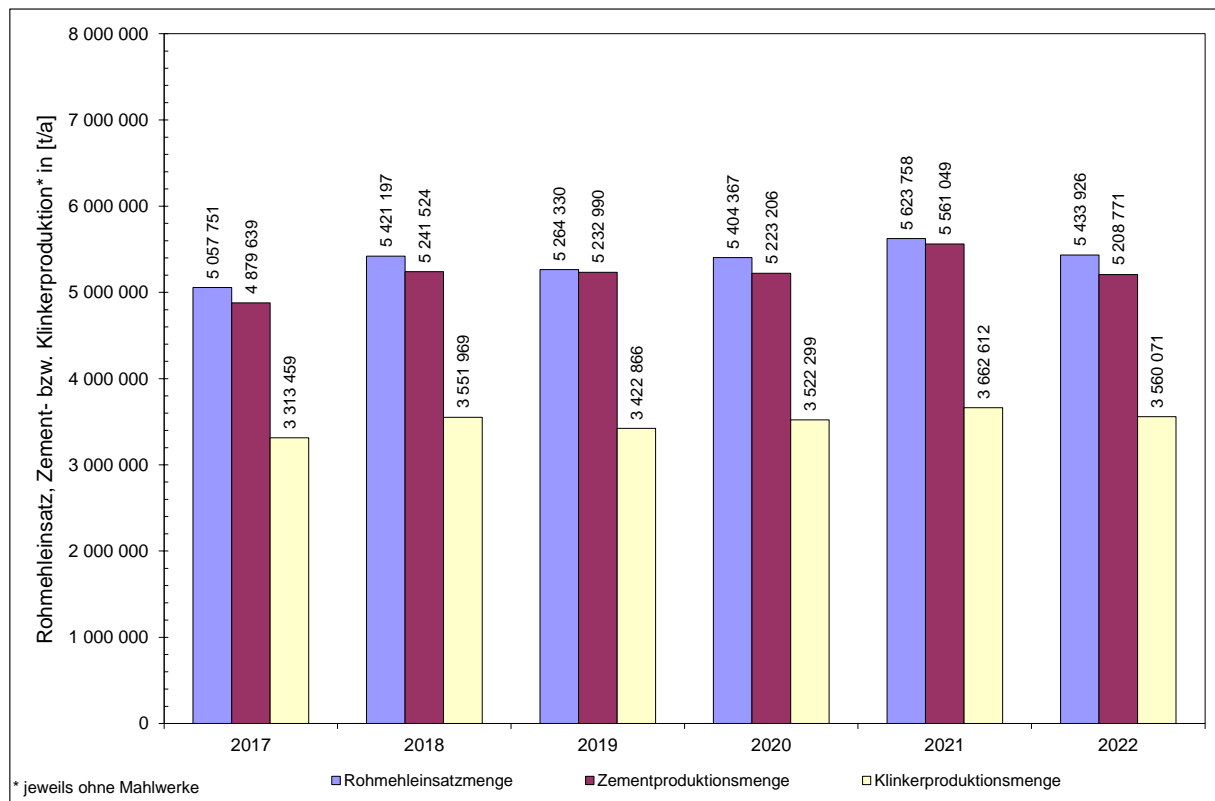


Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke)

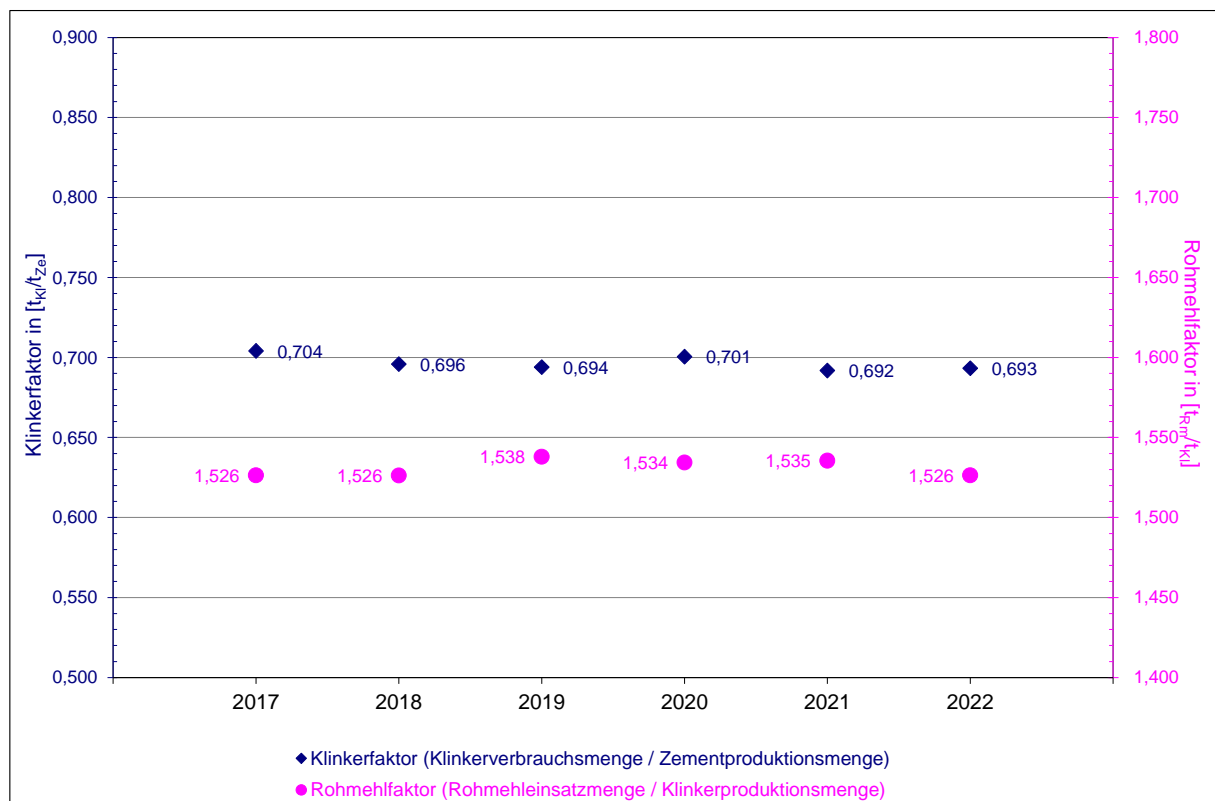


Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

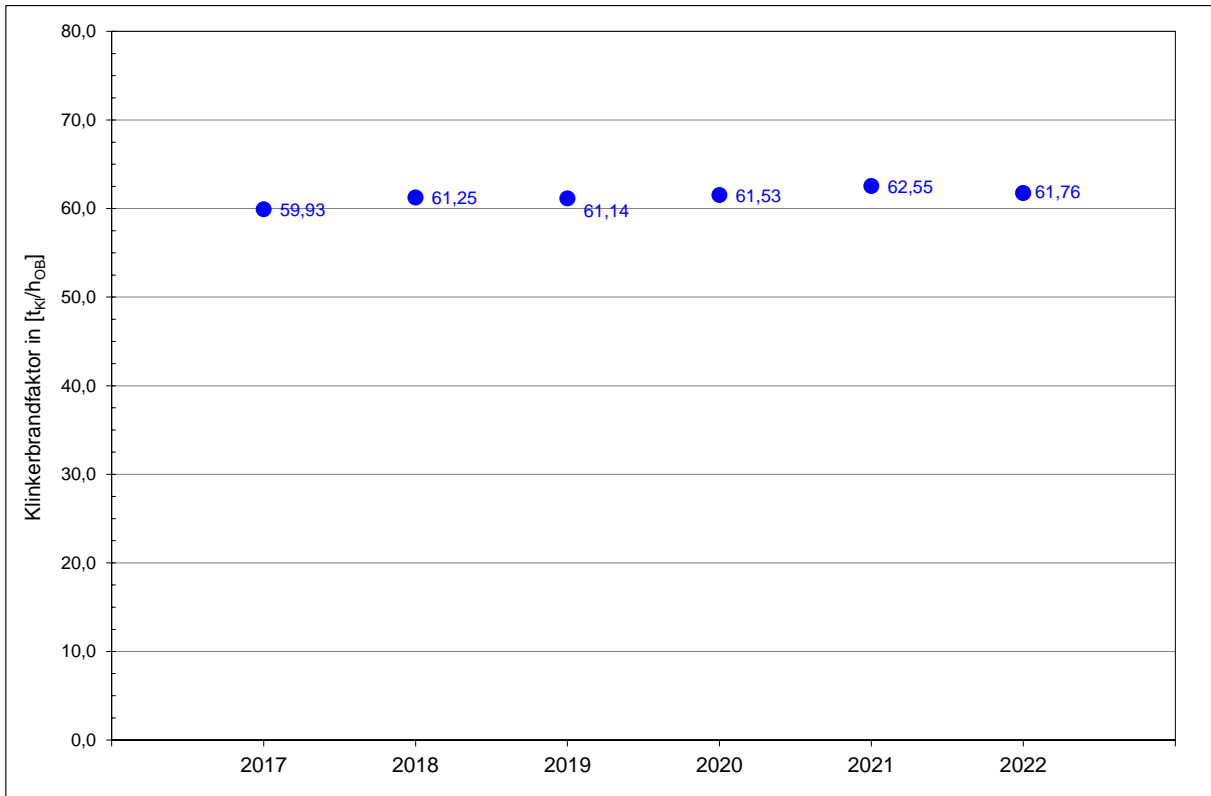


Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / [t<sub>kl</sub>/h<sub>OB</sub>] in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

### 3.2 Brennstoffstatistik

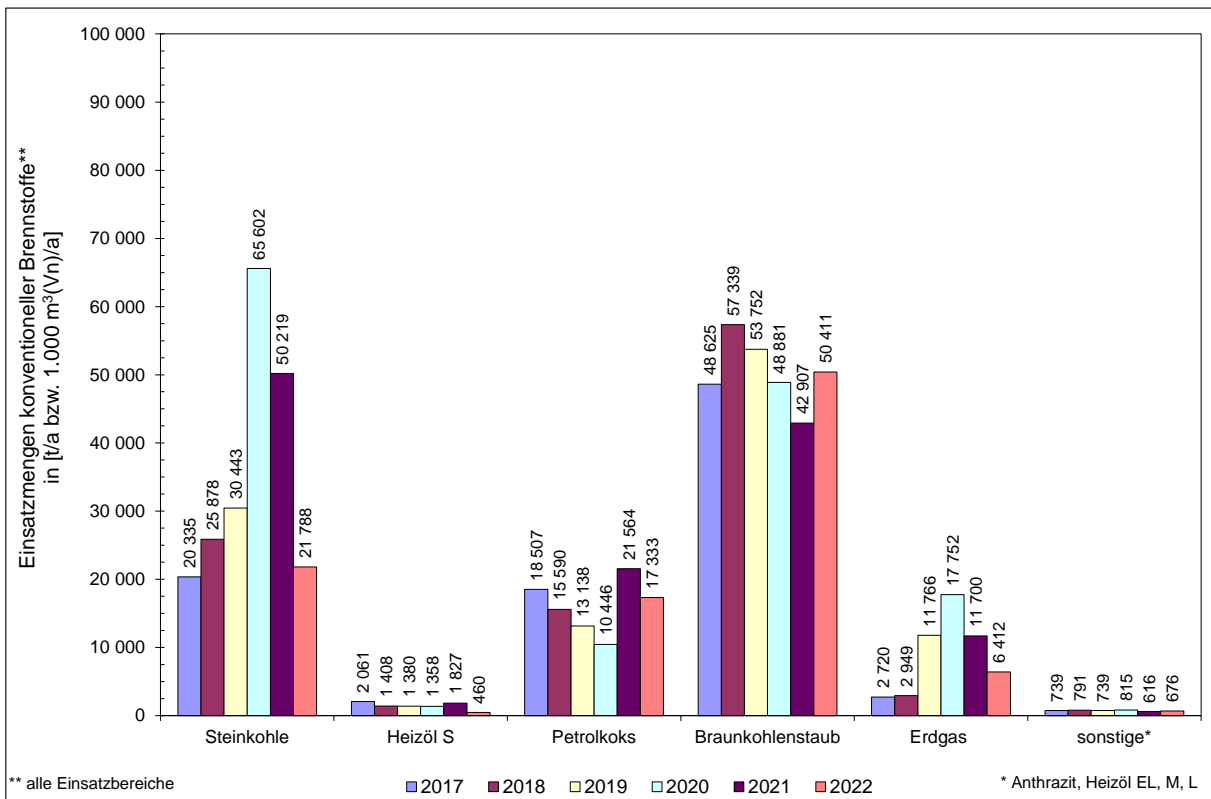


Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

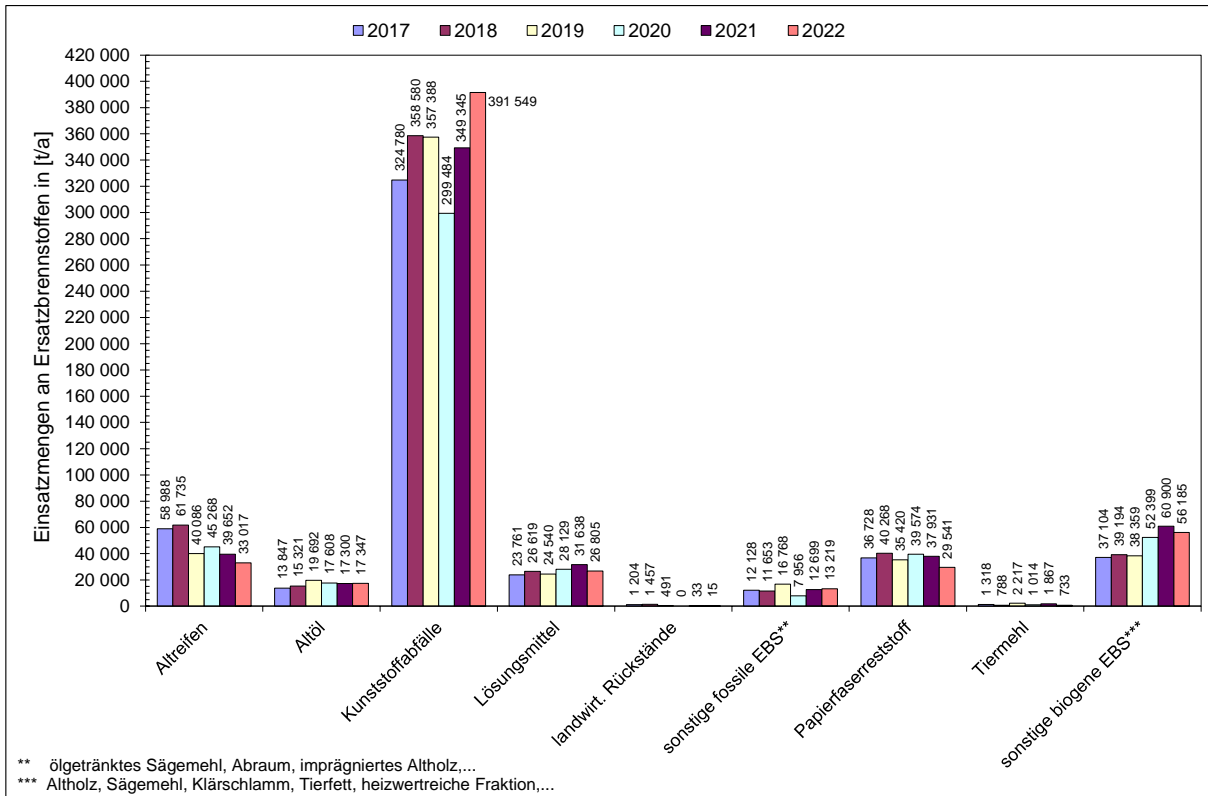


Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

### 3.3 Energiestatistik

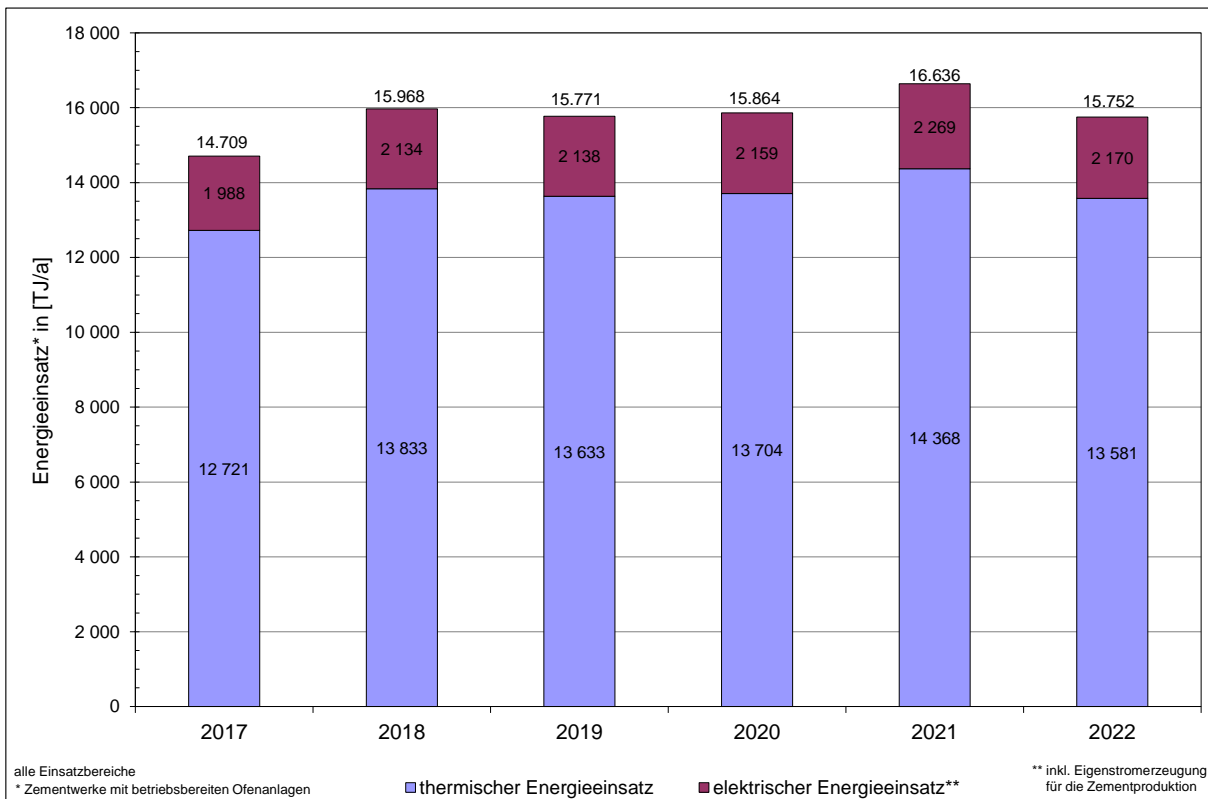


Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

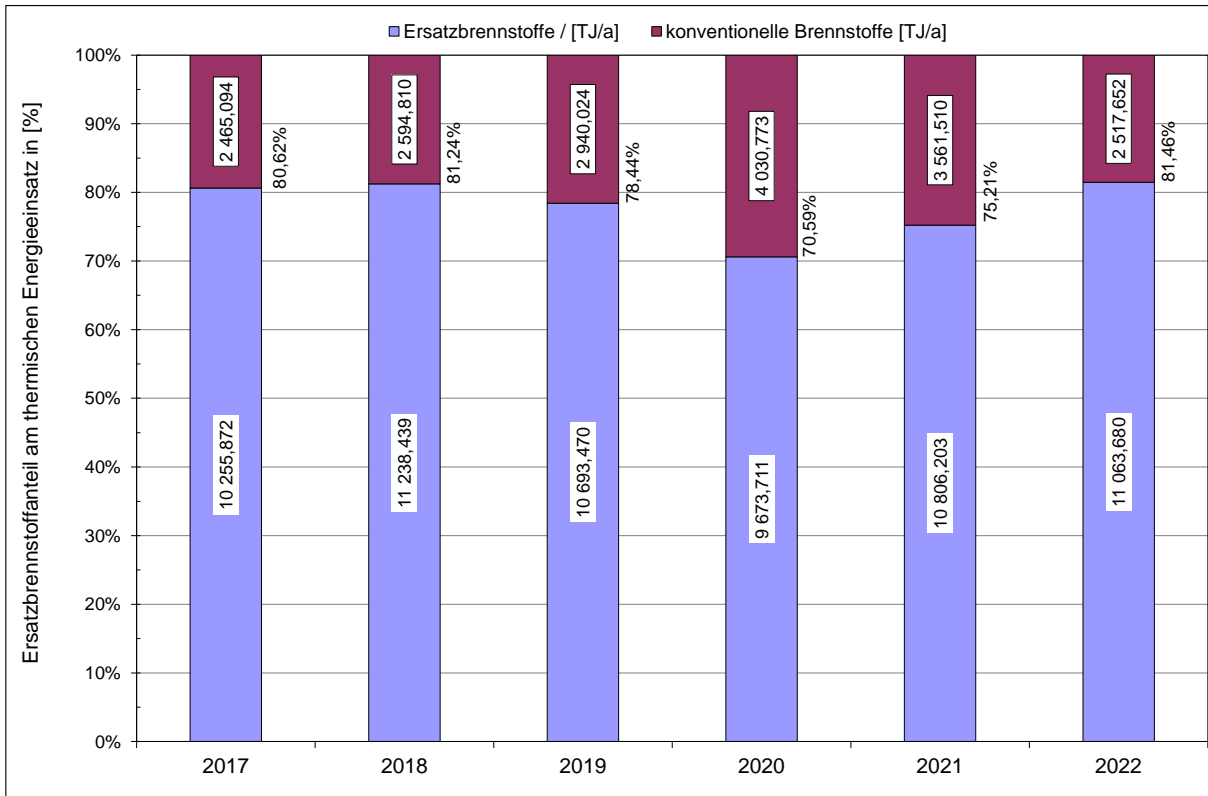


Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

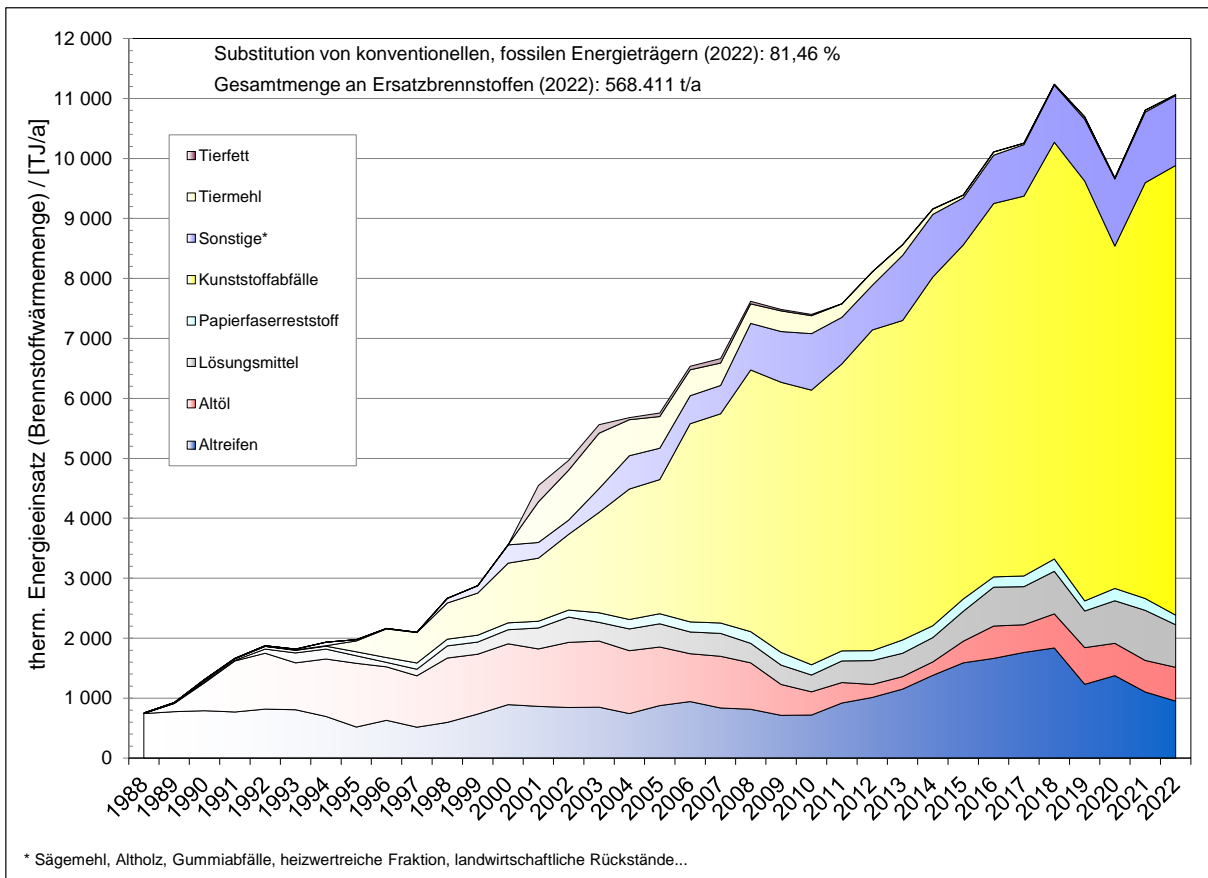


Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2022

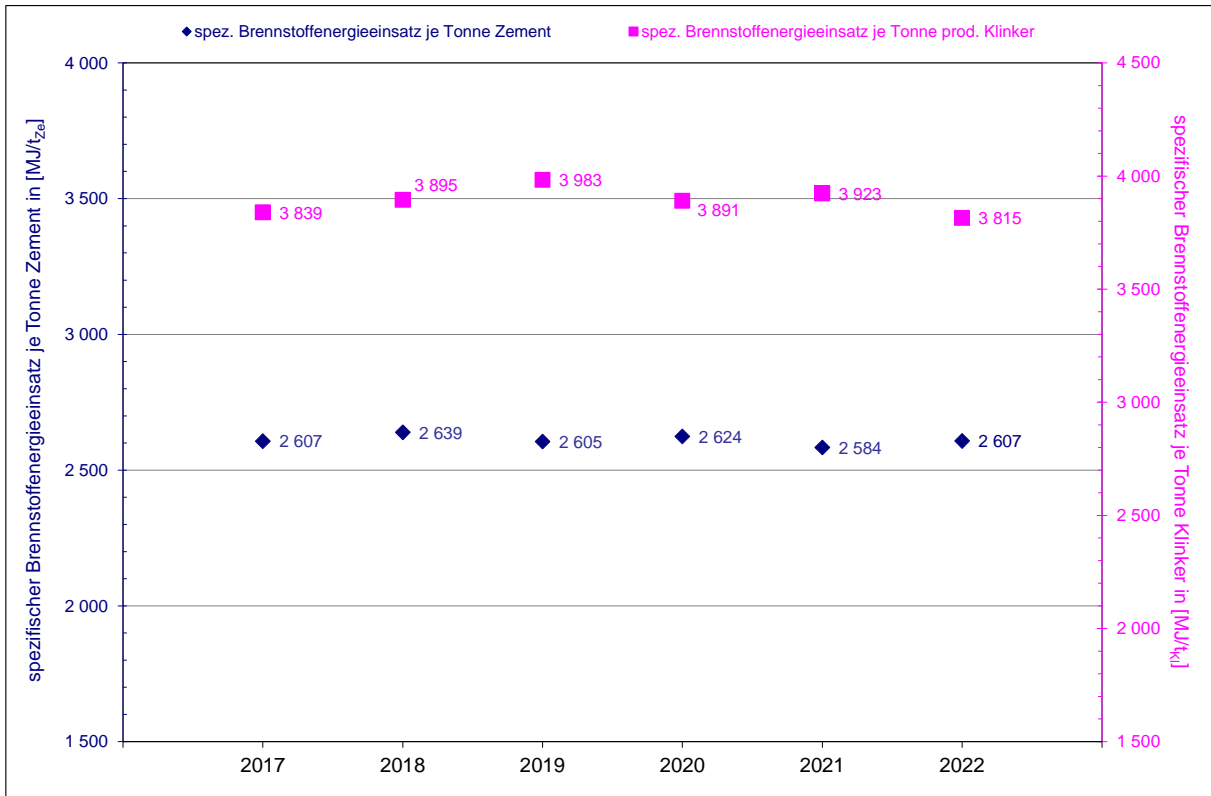


Abbildung 3-9: auf die Tonne Zement bzw. auf die Tonne Klinker bezogener spezifischer Brennstoffenergieeinsatz in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

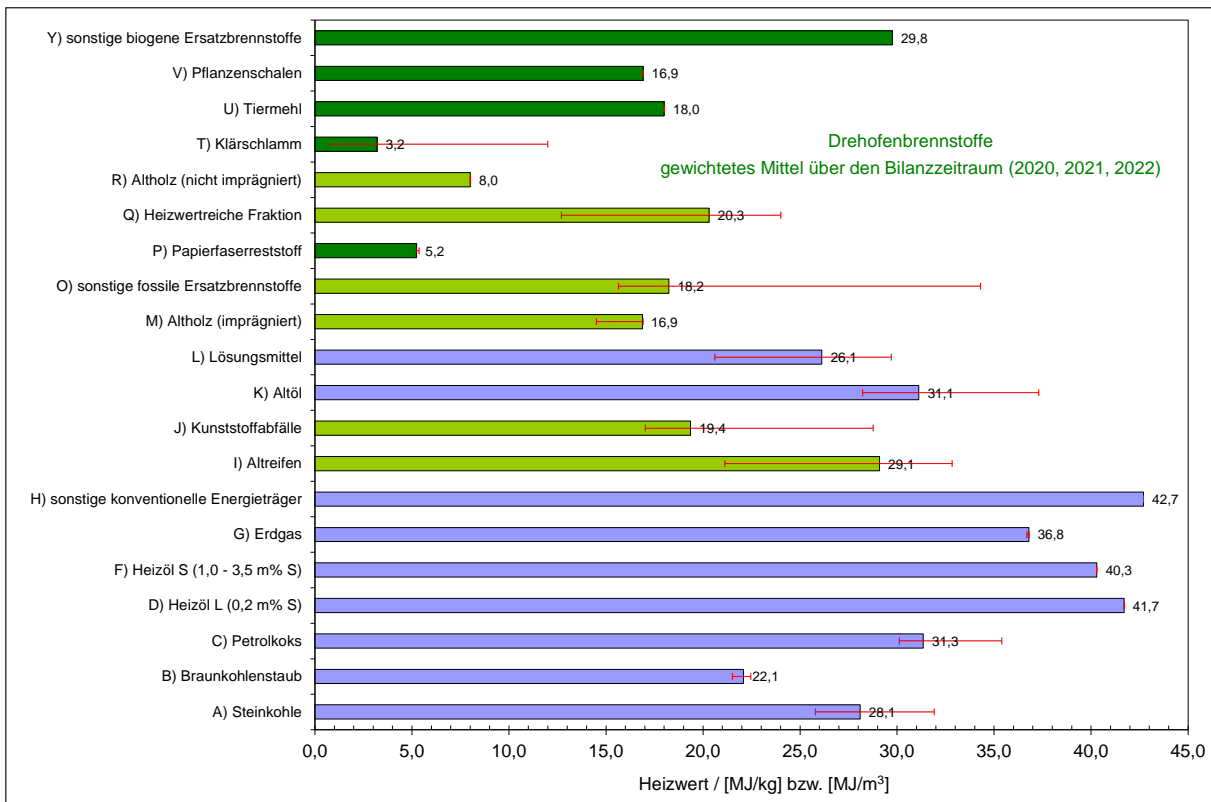


Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2020, 2021 und 2022 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werksspezifischen Minimal- und Maximalwerten

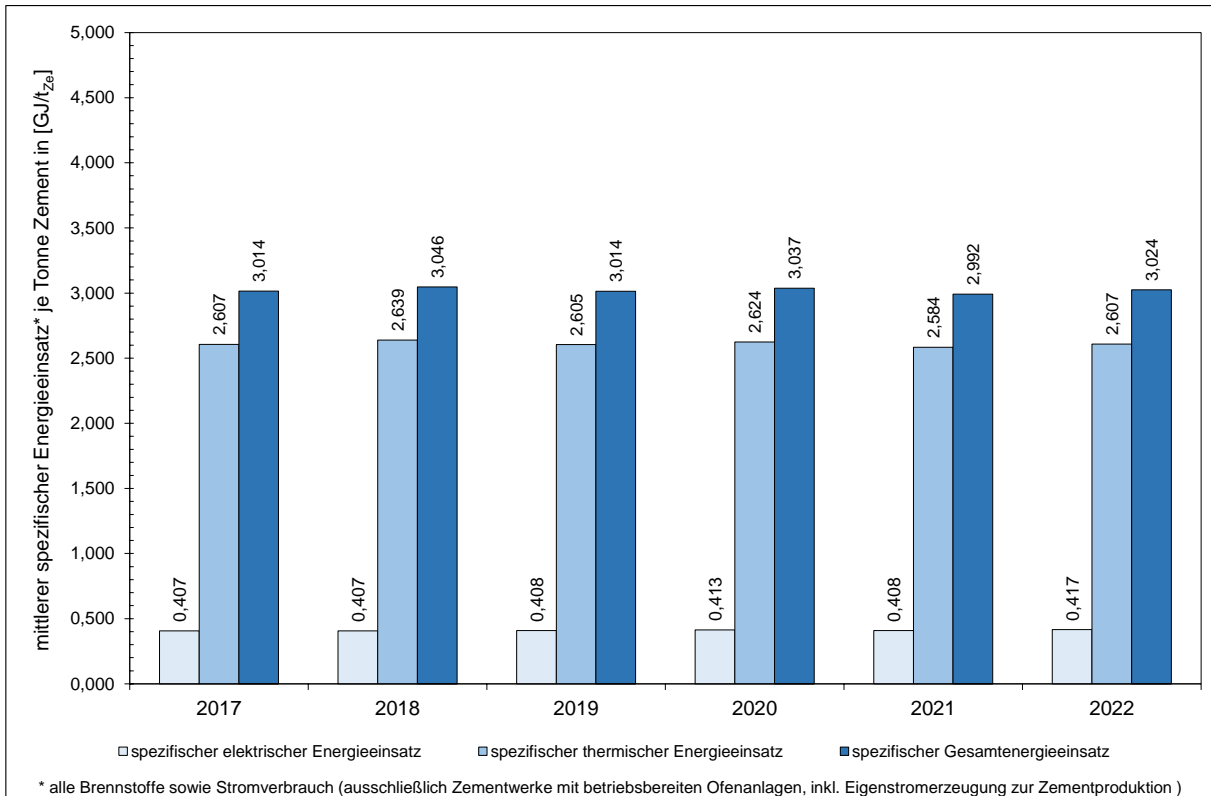


Abbildung 3-11: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2017 bis 2022

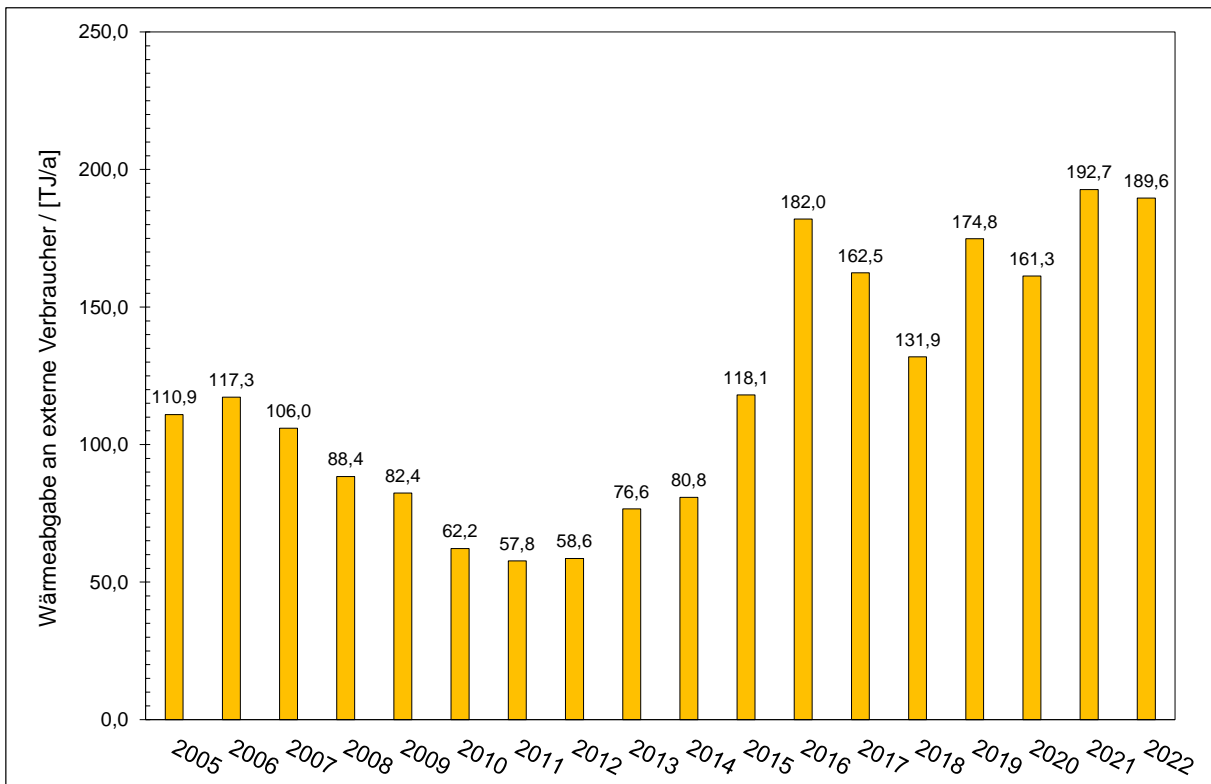


Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2022



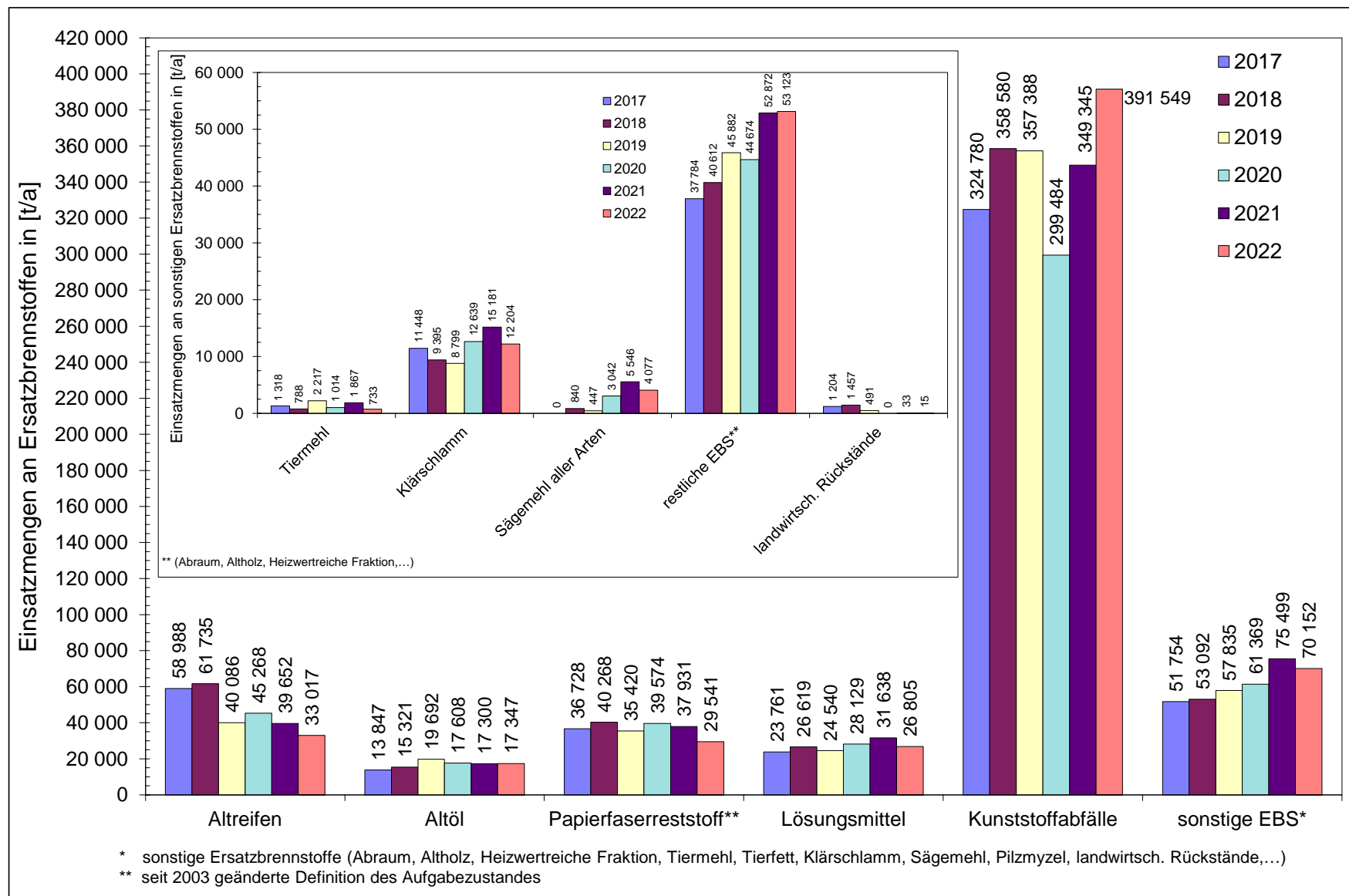


Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2017 bis 2022

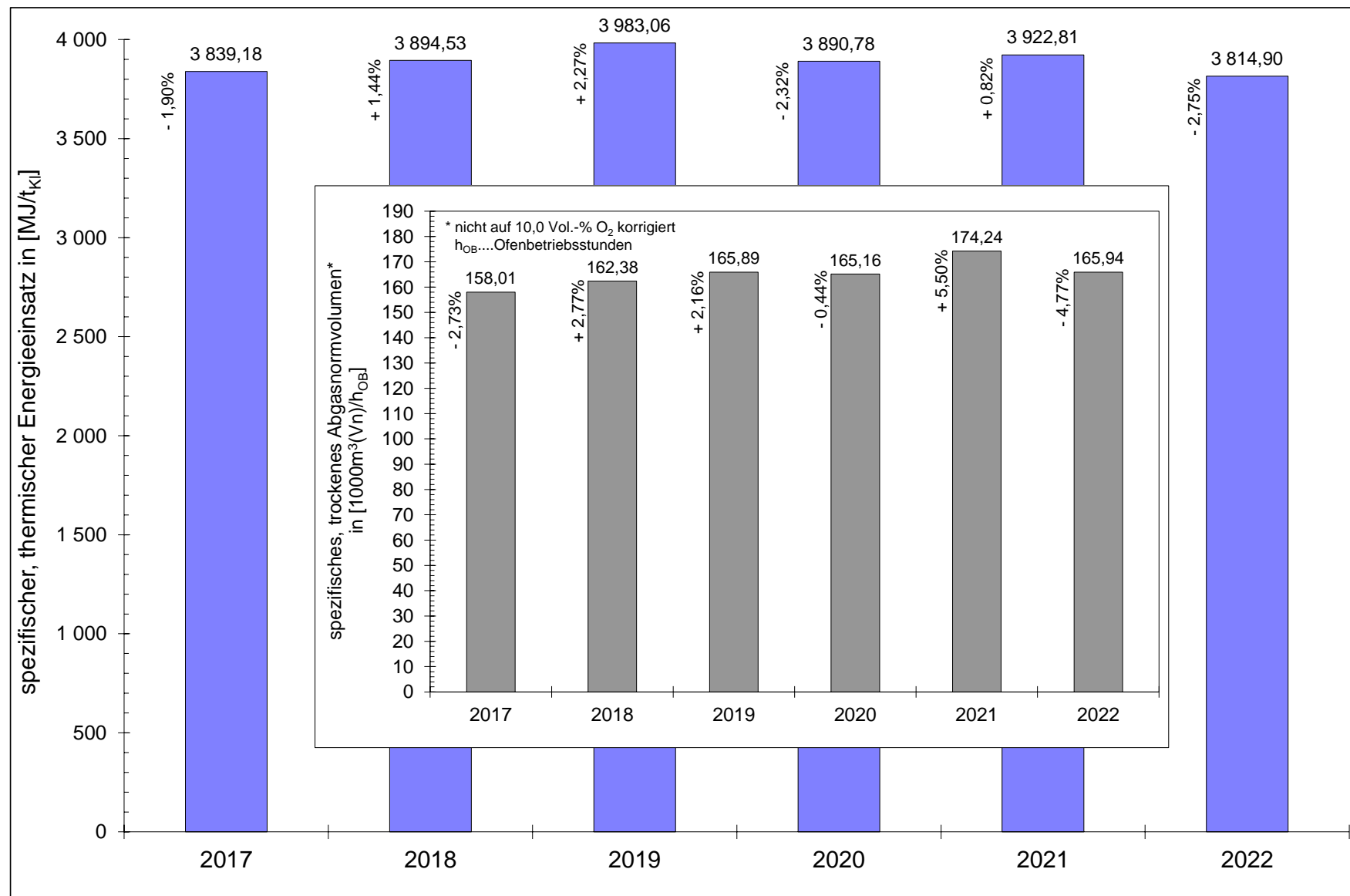


Abbildung 3-14: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkerherzeugung jeweils für den Zeitraum 2017 bis 2022

3.4 Rohstoff- und Zumahlstoffstatistik

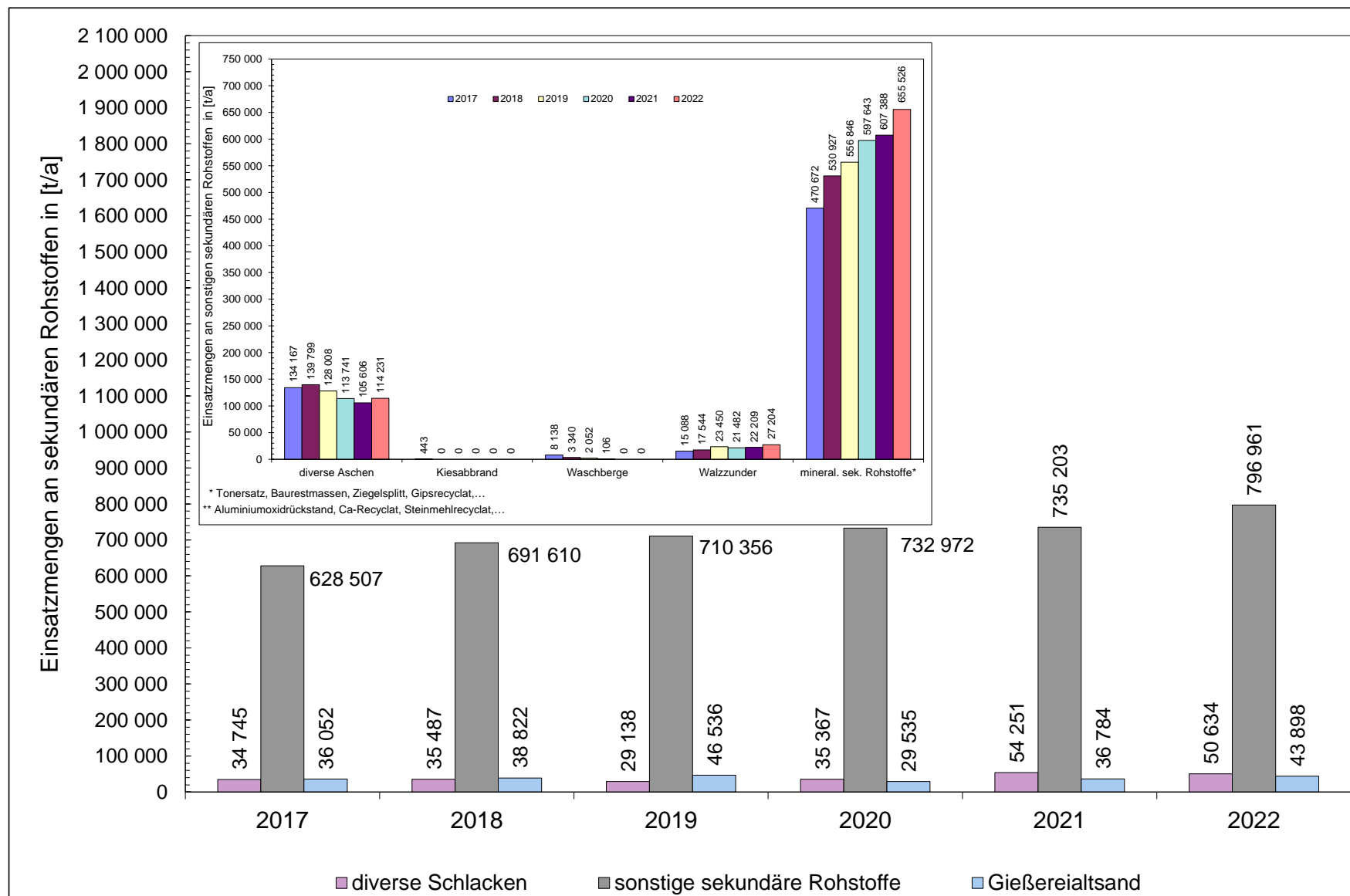


Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2017 bis 2022

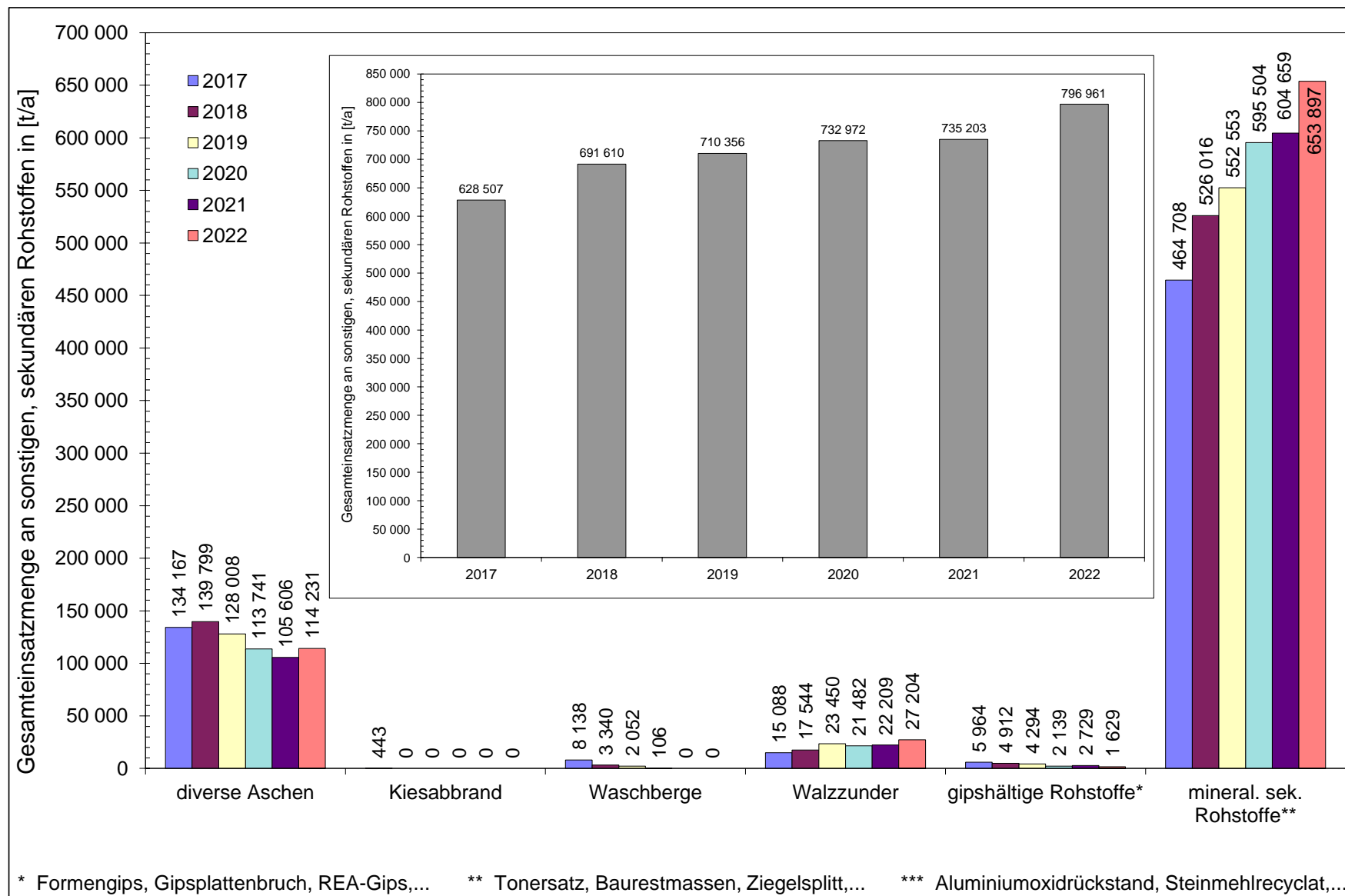


Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2017 bis 2022 in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) verwendeten sonstigen sekundären Rohstoffmassenströme

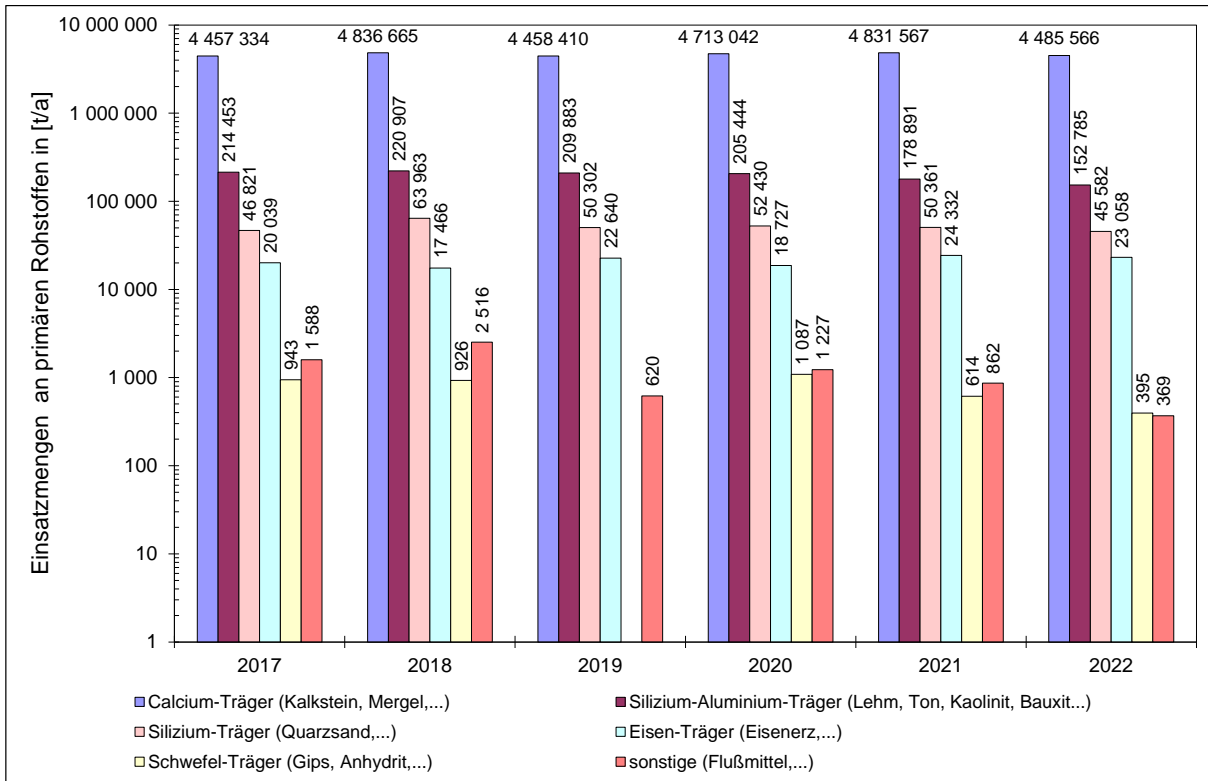


Abbildung 3-17: Einsatzmengen primärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Zeitraum von 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke)

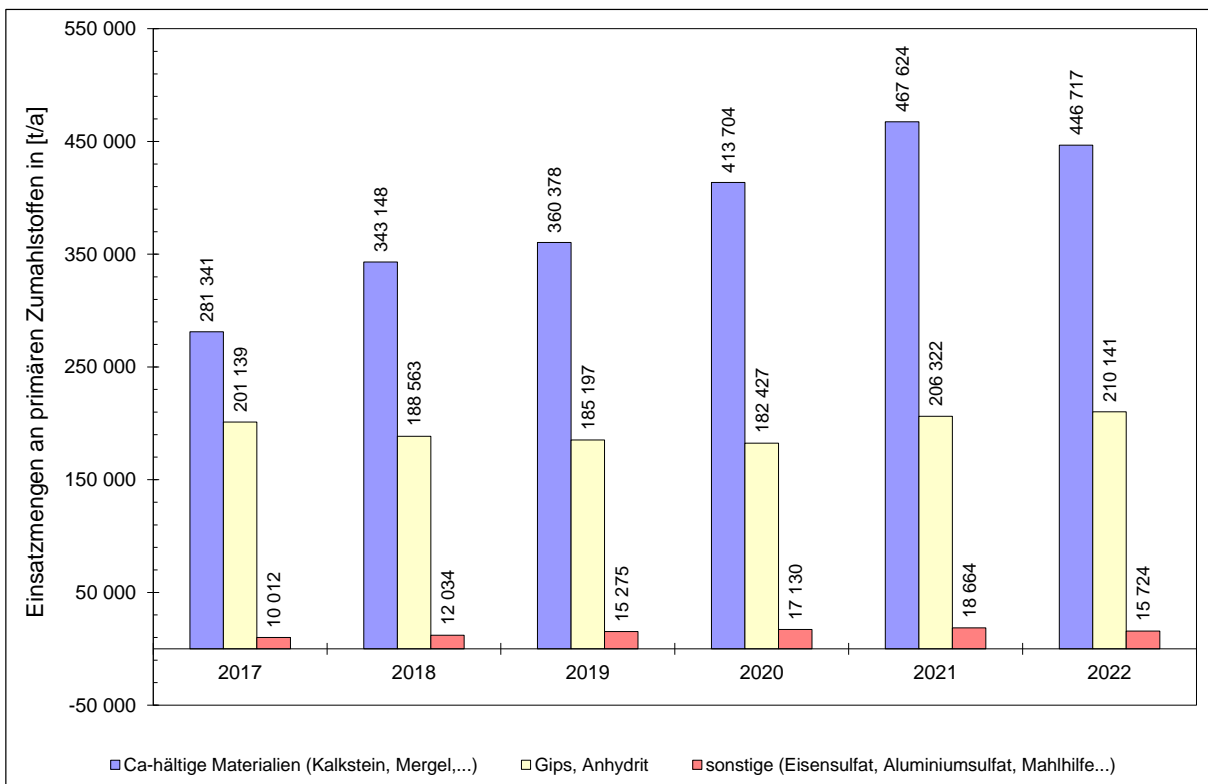


Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zusatzstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke)

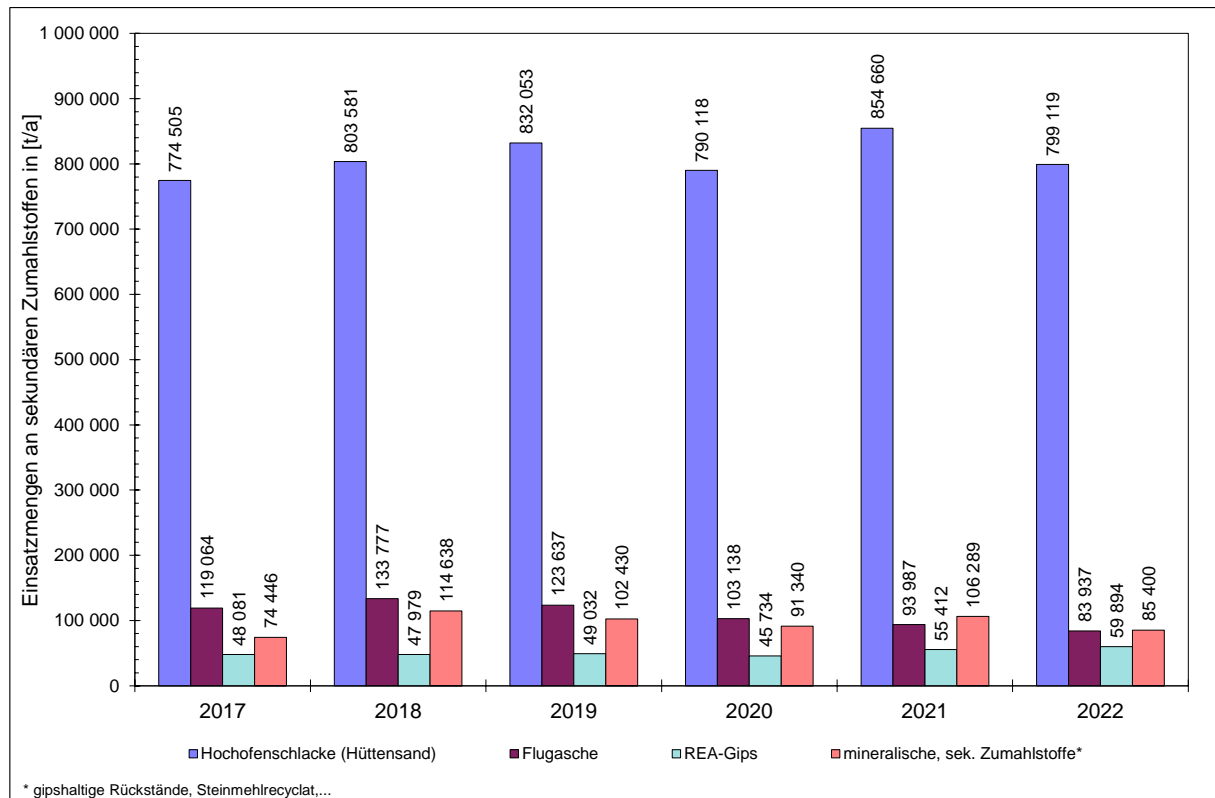


Abbildung 3-19: Einsatzmengen sek. Zusatzstoffe in der österreichischen Zementindustrie (2017 - 2022, ohne Mahlwerke)

### 3.5 Emissionsstatistik

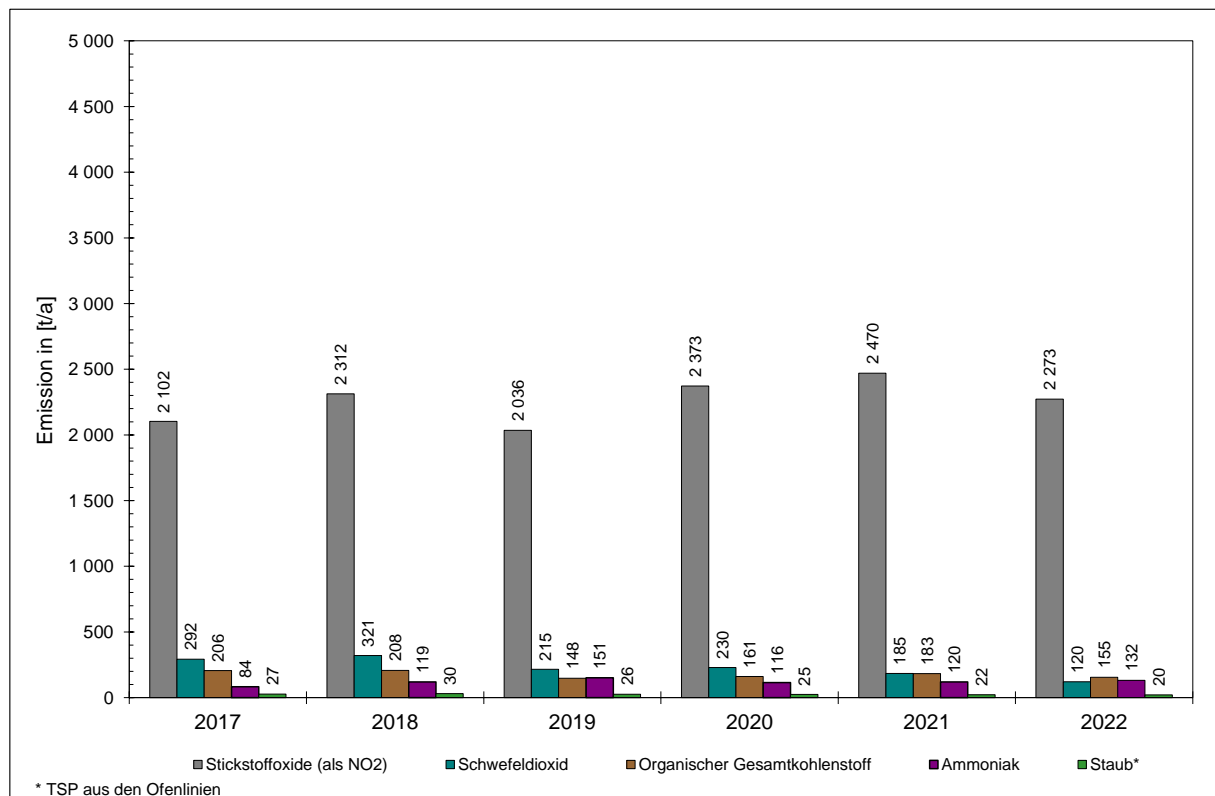


Abbildung 3-20: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO<sub>2</sub>), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2017 bis 2022

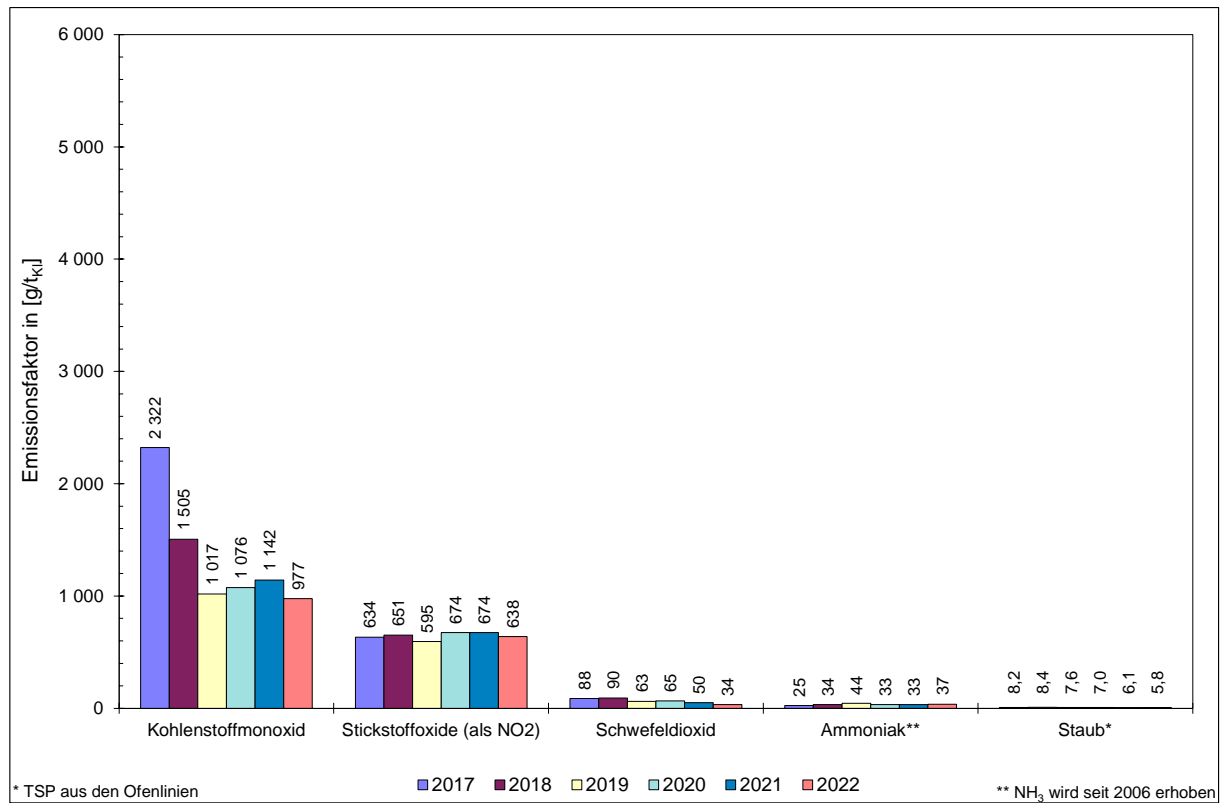


Abbildung 3-21: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2017 - 2022, ohne Mahlwerke)

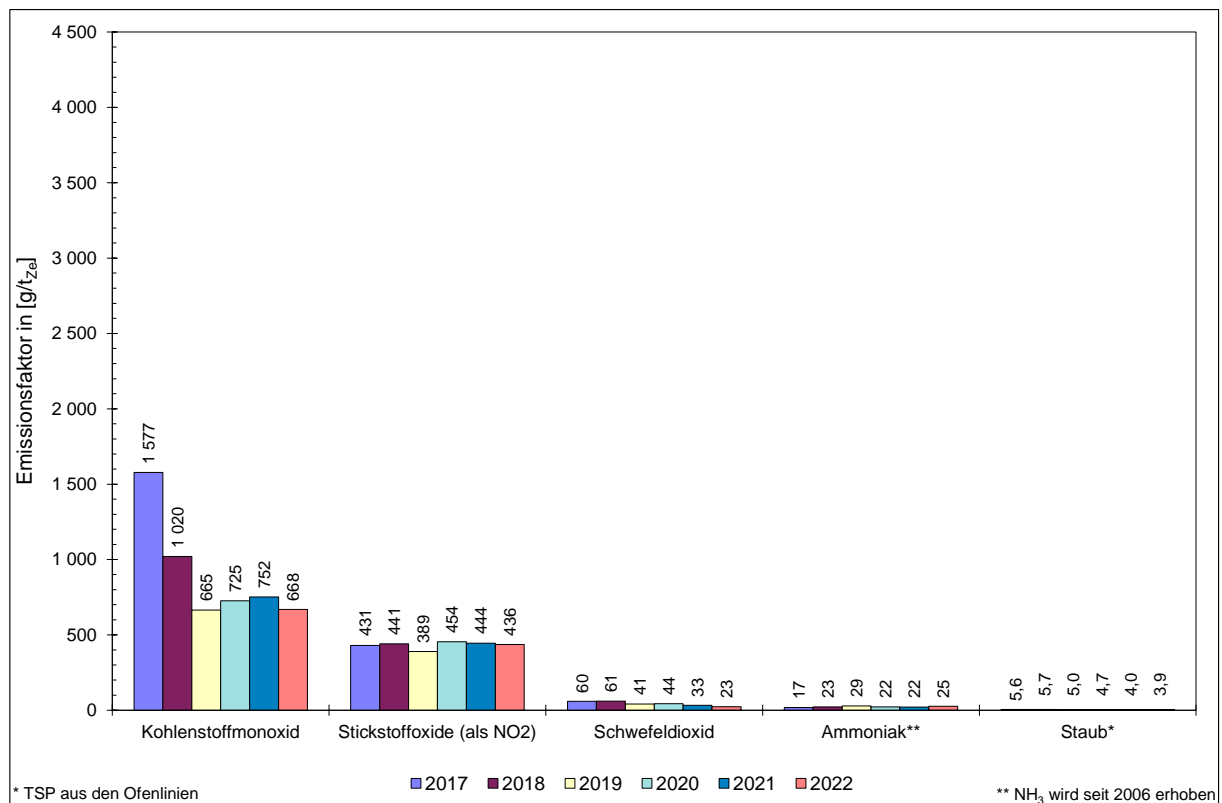


Abbildung 3-22: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2017 - 2022, ohne Mahlwerke)

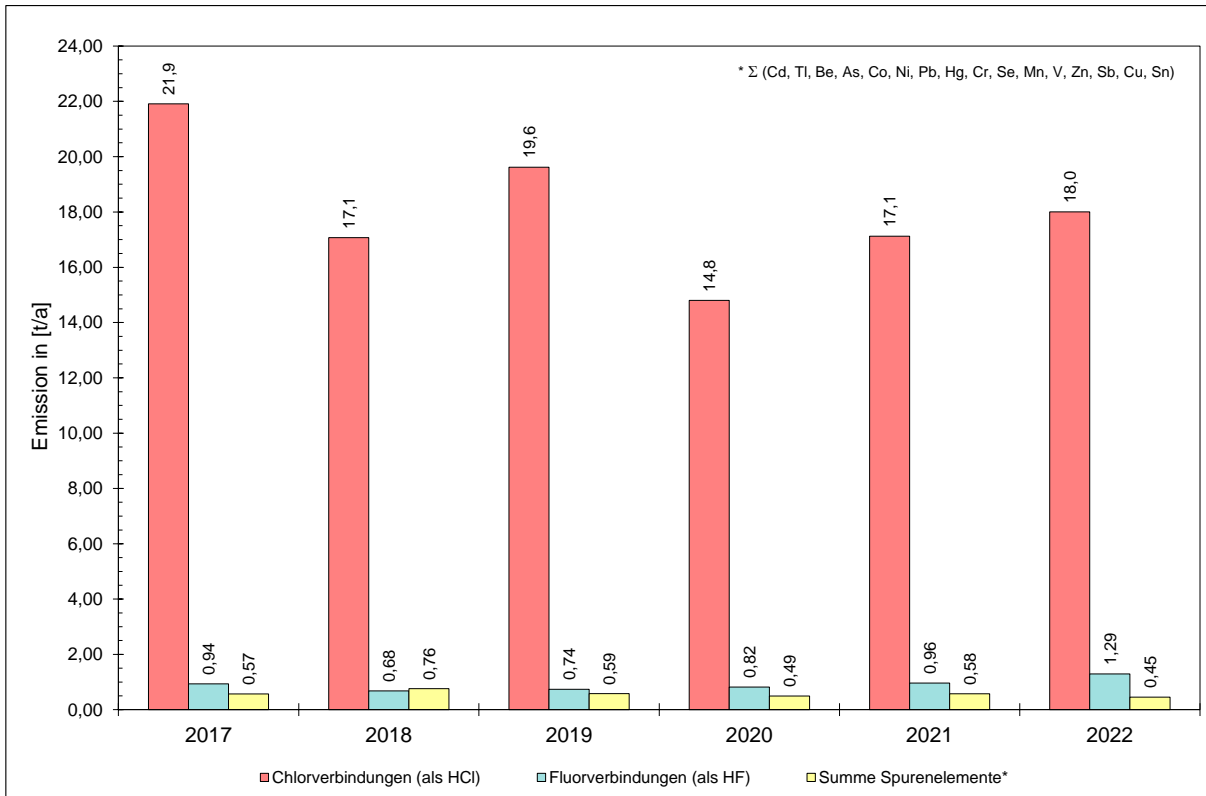


Abbildung 3-23: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an chlor- und fluorhaltigen Verbindungen (ausgewiesen als HCl bzw. HF) sowie der jährlichen Gesamtemissionen an Spurenelementen jeweils für den Zeitraum 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke)

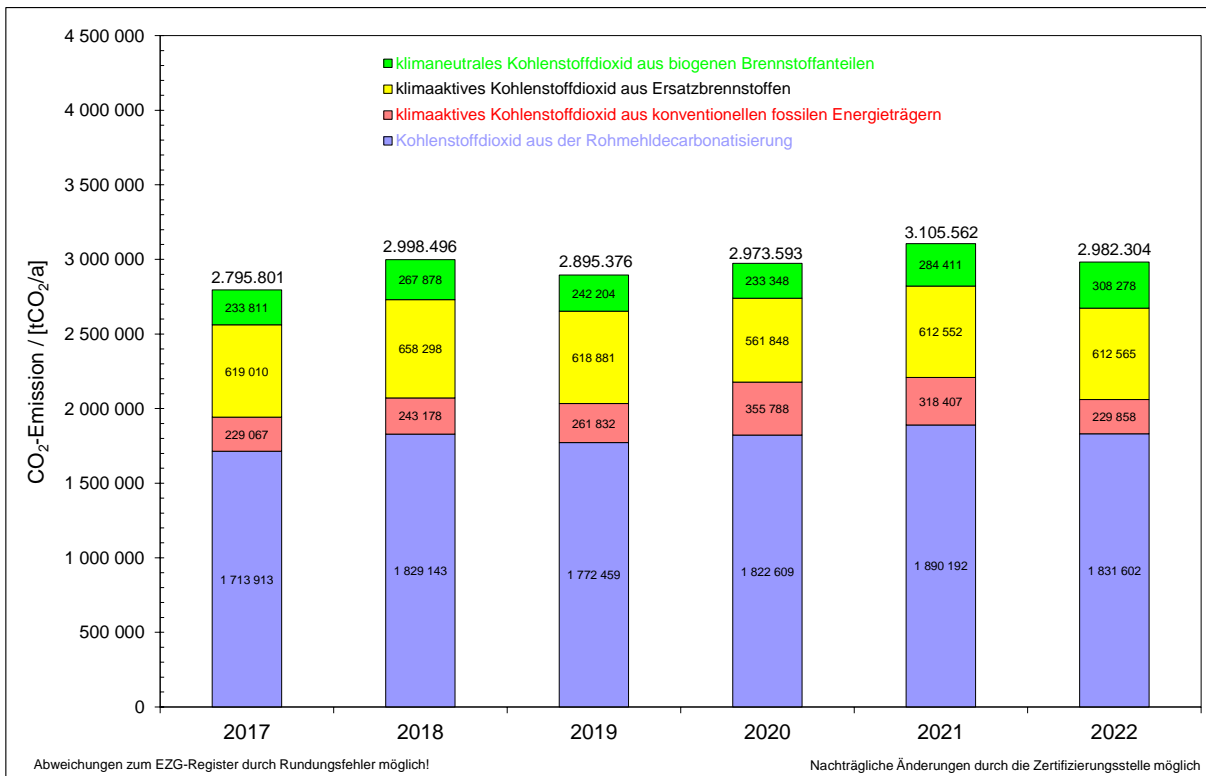


Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG). Es ergaben sich nachträgliche Änderungen für das Bilanzjahr 2021 wegen Neubewertungen durch die Zertifizierungsstelle und Beseitigung von Rundungsfehlern.



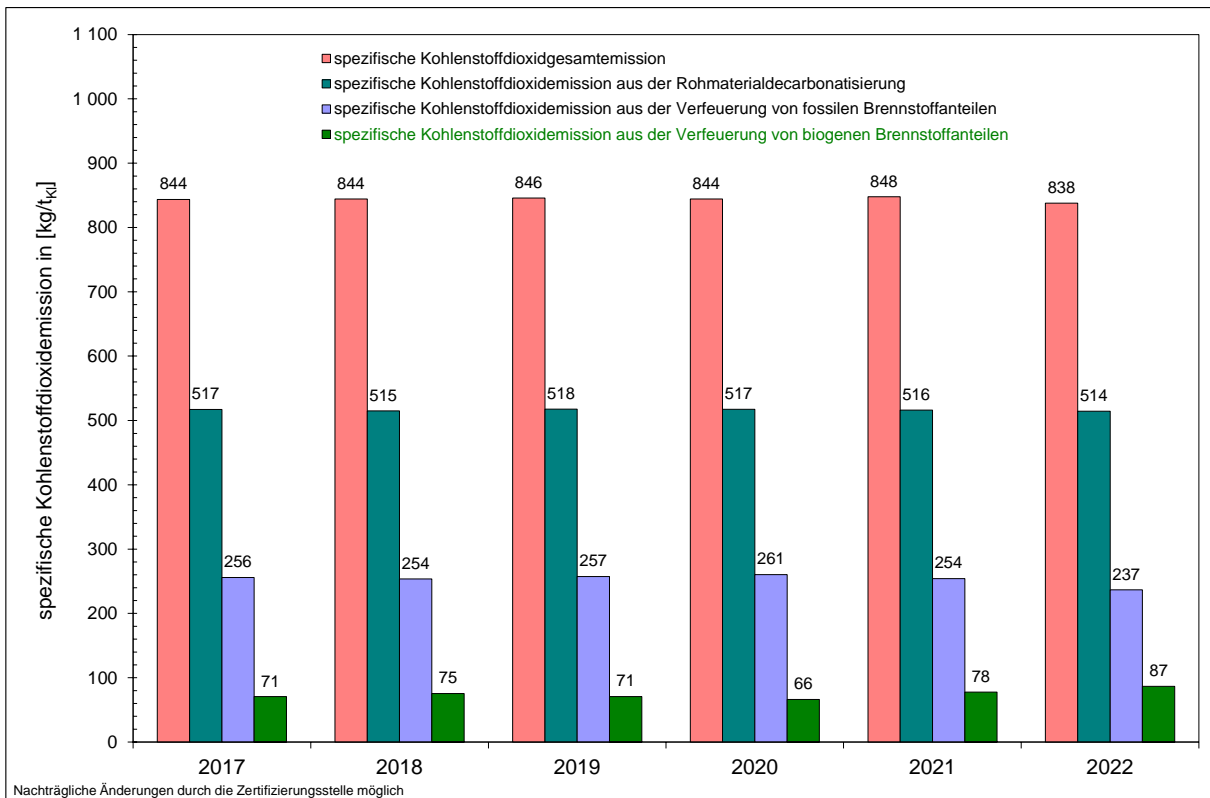


Abbildung 3-25: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (mit biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG). Es ergaben sich nachträgliche Änderungen für das Bilanzjahr 2021.

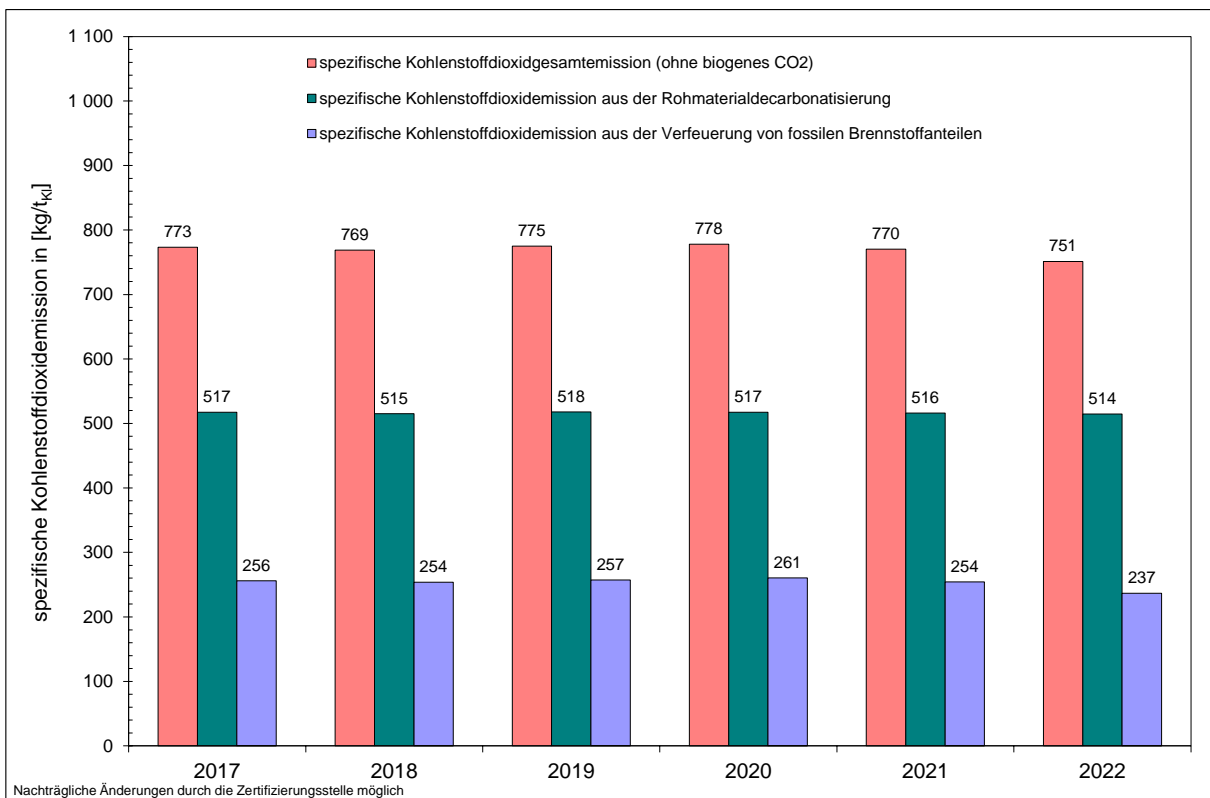


Abbildung 3-26: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (ohne biogene CO<sub>2</sub>-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG).

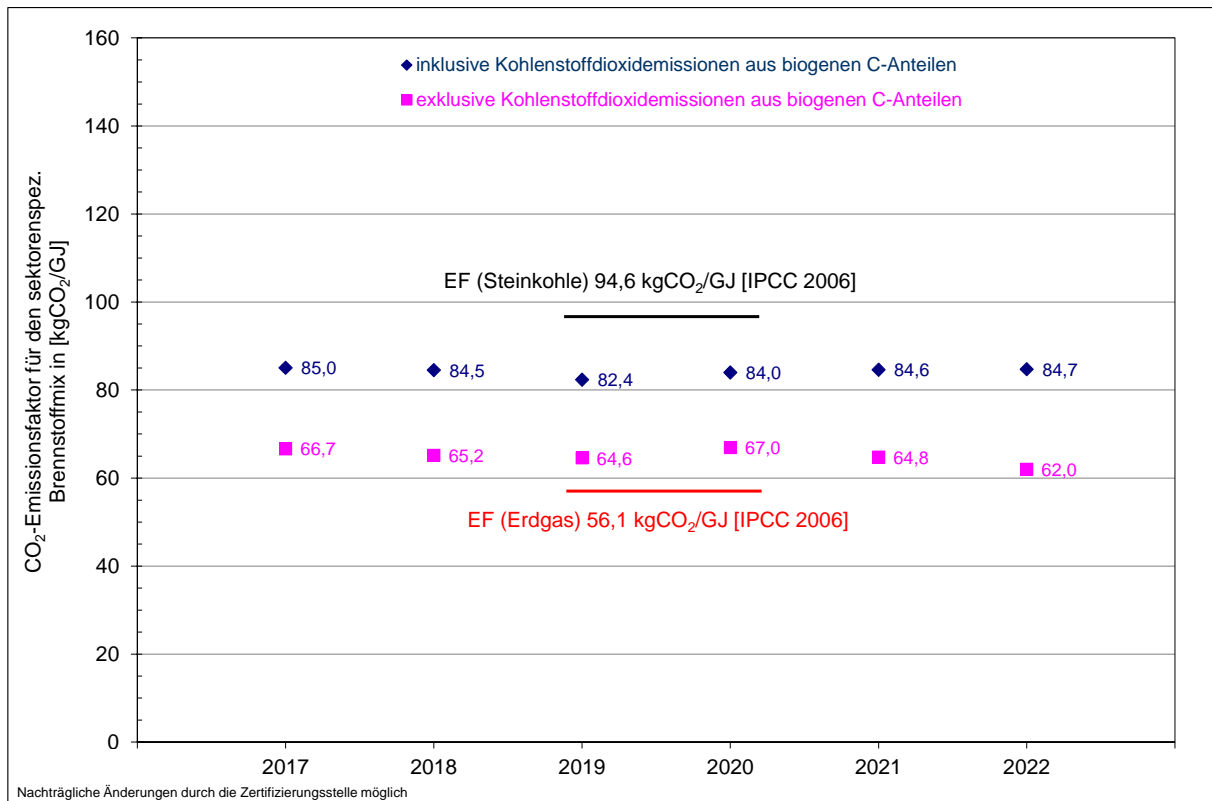


Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO<sub>2</sub>-Emissionen (Emissionsfaktor EF) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG)

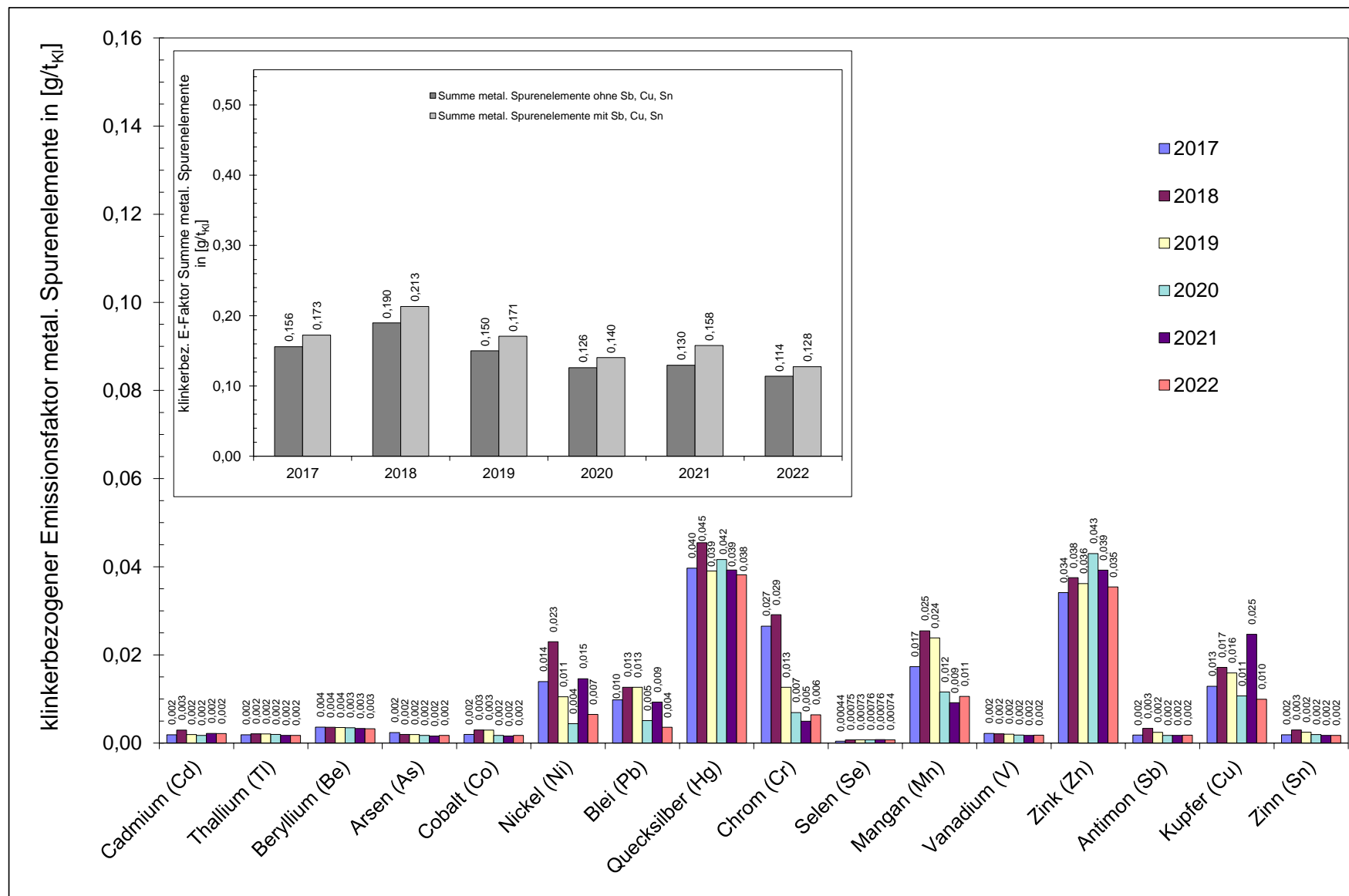


Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2017 bis 2022

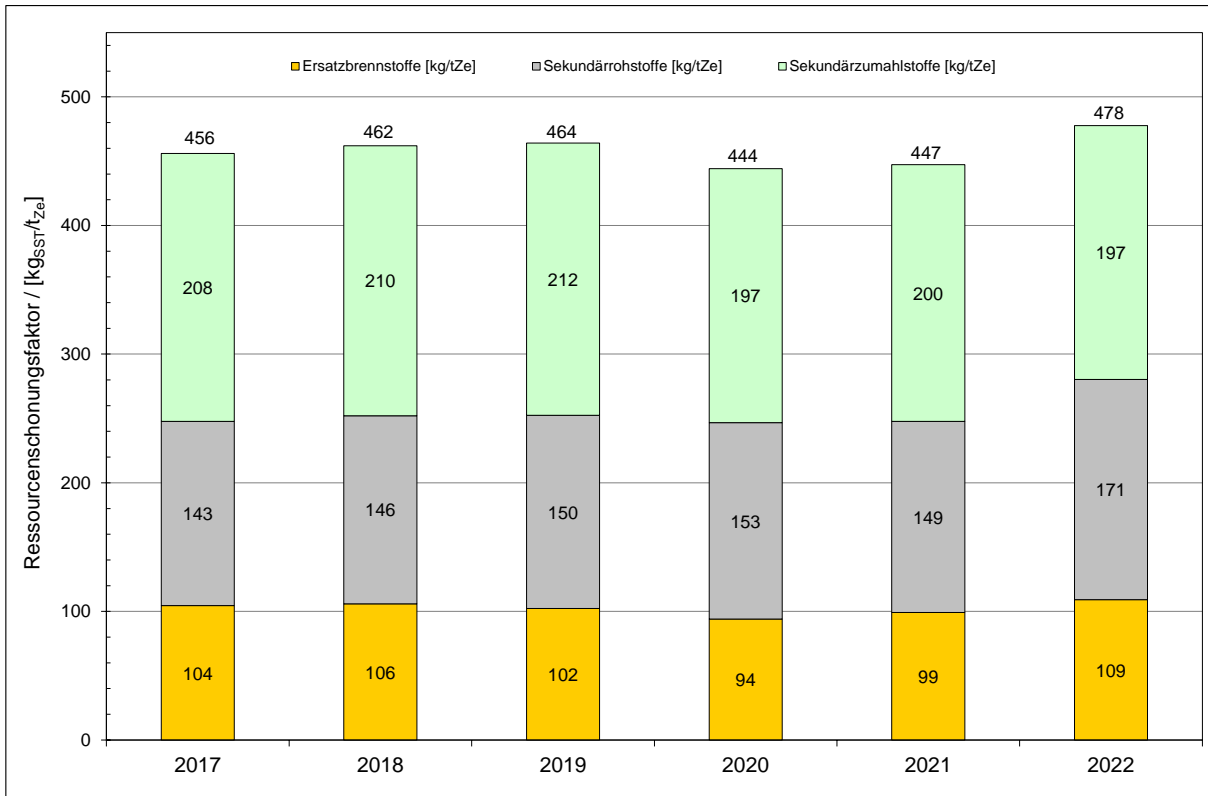


Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2017 bis 2022

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

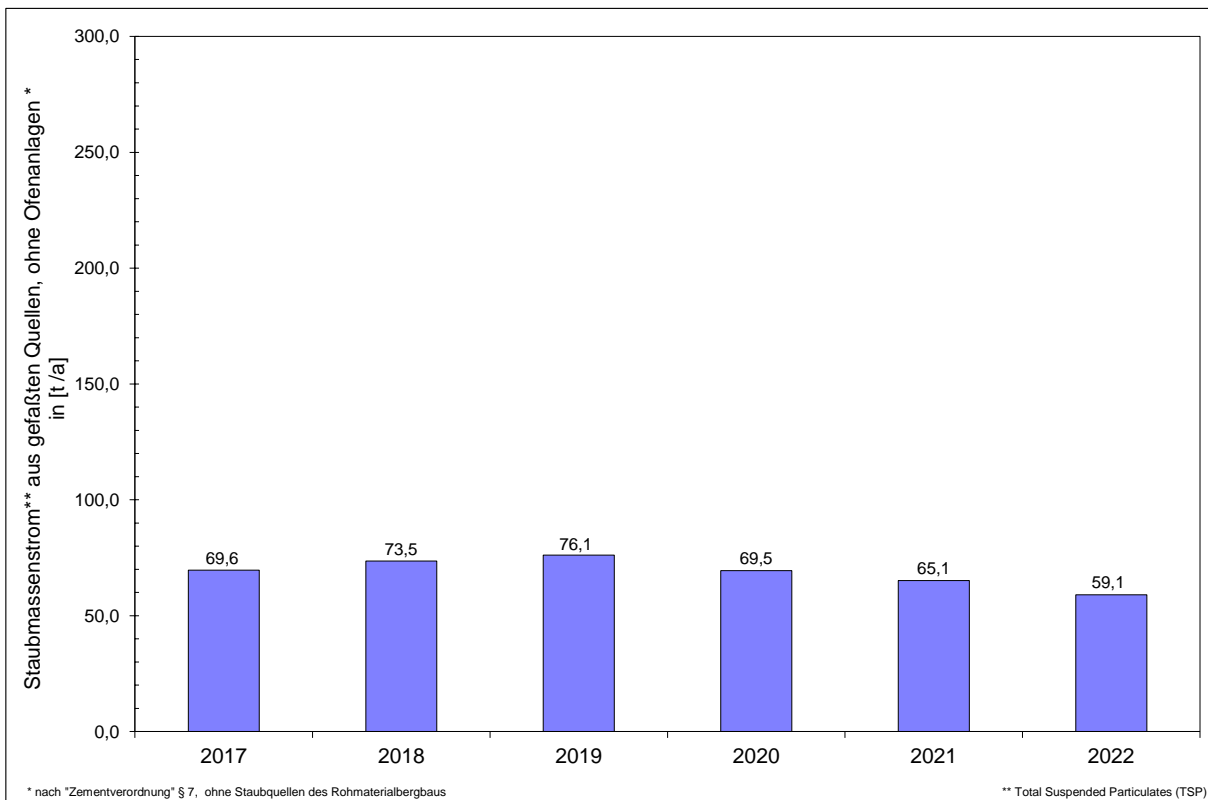


Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgen. Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

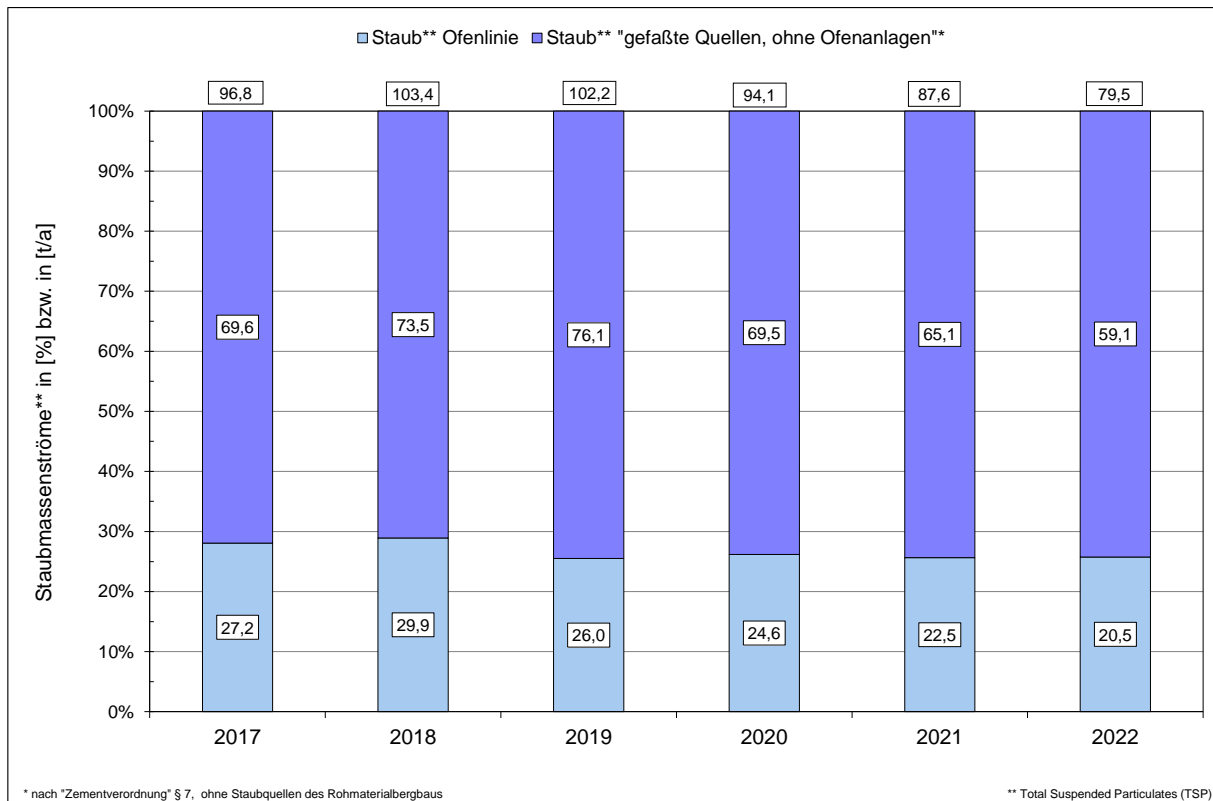


Abbildung 3-31: staubförmige Emissionen unter Berücksichtigung von Staubemissionen aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022

## 4 Kurzkomentar zu den Ergebnissen

### 4.1 Anlage- und Produktionsdaten

Kennzahl	2021		2022	
		[%]		[%]
installierte Klinkerkapazität [t/a]	5 413 400	100,00	5 413 400	0,00
Rohmehleinsatz [t/a]	5 623 758	100,00	5 433 926	-3,38
Klinkerproduktion [t/a]	3 662 612	100,00	3 560 071	-2,80
Zementproduktion [t/a]	5 561 049	100,00	5 208 771	-6,33
Ofenbetriebsstunden <sup>a)</sup> [h <sub>OB</sub> /a] <sup>a)</sup> alle Drehrohrofenbetriebszustände	58 556,0	100,00	57 647,5	-1,55
Rohmehlfaktor [t <sub>Rm</sub> /t <sub>Kl</sub> ]	1,535	100,00	1,526	-0,59
Klinkerfaktor <sup>b)</sup> [t <sub>Kl</sub> /t <sub>Ze</sub> ] <sup>b)</sup> = Klinkerverbrauch/Zementproduktion	0,692	100,00	0,693	0,21
spezifischer thermischer Energieeinsatz [GJ/t <sub>Kl</sub> ]	3,923	100,00	3,815	-2,75
spezifischer elektrischer Energieeinsatz [kWh/t <sub>Ze</sub> ]	113,317	100,00	115,734	2,13
Klinkerbrandfaktor [t <sub>Kl</sub> /h <sub>OB</sub> ]	62,549	100,00	61,756	-1,27
Abgasfaktor <sup>c)</sup> [m <sup>3</sup> (Vn)/h <sub>OB</sub> ] <sup>c)</sup> nicht auf 10 Vol.-% O <sub>2</sub> bezogen	174 244	100,00	165 939	-4,77
spezifische Abgasmenge <sup>d)</sup> [m <sup>3</sup> (Vn)/t <sub>Kl</sub> ] <sup>d)</sup> nicht auf 10 Vol.-% O <sub>2</sub> bezogen	2 786	100,00	2 687	-3,54
Anteil Ersatzbrennstoffe am thermischen Gesamtenergieeinsatz [%]	75,21	100,00	81,46	8,31
Ressourcenschonungsfaktor <sup>e)</sup> [kg/t <sub>Ze</sub> ] <sup>e)</sup> Ersatzstoffmenge bei der Produktion 1 t Zement	447,4	100,00	477,7	6,78

Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2022 mit 2021

Die installierte Klinkerkapazität in Anlagen der österreichischen Zementindustrie blieb im Jahresvergleich 2022 mit 2021 mit ca. 5.413.400 t/a unverändert (Tabelle 4-1).

Die jährliche Klinkerproduktionsmenge verringerte sich im Jahr 2022 gegenüber 2021 um ca. 2,8 % auf ca. 3,56 Millionen Tonnen.

Die jährliche Zementproduktionsmenge verringerte sich im Jahresvergleich 2022 mit 2021 um ca. 6,3 % auf ca. 5,21 Millionen Tonnen.

Der Klinkerfaktor stieg im Jahresvergleich 2022 mit 2021 um ca. 0,2 % von 0,692 auf 0,693 t<sub>Kl</sub>/t<sub>Ze</sub>.

Die Anzahl an Ofenbetriebsstunden verringerte sich im Jahresvergleich 2022 mit 2021 um ca. 1,6 % von 58.556,0 auf 57.647,5 Stunden.

Der Klinkerbrandfaktor verschlechterte sich von ca. 62,5 t<sub>Kl</sub>/h<sub>OB</sub> im Jahr 2021 um ca. 1,3 % auf ca. 61,8 t<sub>Kl</sub>/h<sub>OB</sub> im Jahr 2022.

Für die Erzeugung einer Tonne Klinker wurde im Jahr 2022 mit ca. 3,82 GJ um ca. 2,8 % weniger thermische Energie (Brennstoffwärmeverbrauch) verwendet als im Jahr 2021 mit ca. 3,92 GJ.

Für die Produktion einer Tonne Zement wurden im Jahr 2022 mit ca. 115,7 kWh um ca. 2,1 % mehr elektrische Energie verwendet als im Jahr 2021 mit ca. 113,3 kWh.

Die auf die Tonne produzierten Klinker bezogene spezifische Abgasmenge verkleinerte sich 2022 gegenüber 2021 um ca. 3,5 % von ca. 2.786 m<sup>3</sup>(Vn) auf ca. 2.687 m<sup>3</sup>(Vn).

Der Anteil von Brennstoffwärmemenge aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen am thermischen Gesamtenergieeinsatz, erhöhte sich von ca. 75,21 % im Jahr 2021 auf ca. 81,46 % im Jahr 2022, entsprechend einer Erhöhung um ca. 8,3 %.

Im Jahresvergleich 2022 mit 2021 vergrößerte sich die Einsatzmengen an Ersatzstoffen (i.e. Ersatzbrennstoffe, Sekundärrohstoffe, Sekundärzumahlstoffe), die für die Produktion einer Tonne Zement verwendet wurden (Ressourcenschonungsfaktor) von ca. 447,4 kg um ca. 6,8 % auf ca. 477,7 kg.

Wurden im Jahr 2021 noch ca. 192,7 TJ an Wärmeenergie aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie an externe Verbraucher ausgekoppelt (Abbildung 3-12, Seite 13), so verringerte sich diese Menge im Jahr 2022 um ca. 1,6 % auf ca. 189,6 TJ. Dies entsprach ca. 1,4 % des jährlichen thermischen Gesamtenergieeinsatzes der österreichischen Zementindustrie von ca. 13.581 TJ (Tabelle 3-1, Seite 7).

## 4.2 Emissionen

### 4.2.1 Schadstoffe

Emissionsfaktor	2021		2022	
	[g/t <sub>Kl</sub> ]	[%]	[g/t <sub>Kl</sub> ]	[%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	6,13	100,00	5,75	-6,24
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	674,39	100,00	638,50	-5,32
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	50,39	100,00	33,79	-32,94
Summe metallische Spurenelemente Σ(Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)	0,157745	100,00	0,127505	-19,17
chlorhältige Verbindungen (als HCl)	4,676	100,00	5,058	8,18
fluorhältige Verbindungen (als HF)	0,262	100,00	0,363	38,25
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	49,989	100,00	43,511	-12,96
Kohlenstoffmonoxid (CO)	1 142,3	100,00	977,1	-14,46
Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ) (inklusive klimaneutrales CO <sub>2</sub> )	847 909	100,00	837 709	-1,20

Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2022 bezogen auf 2021

Im Jahresvergleich 2022 mit 2021 verbesserten sich die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t<sub>Kl</sub>] für Schwefeldioxid, Summe metallischer Spurenelemente (Σ (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)), Kohlenstoffmonoxid, organischer Gesamtkohlenstoff, Staub, Stickstoffoxide (berechnet als NO<sub>2</sub>) und Kohlenstoffdioxid (inklusive „klimaneutrales“ Kohlenstoffdioxid). Hingegen verzeichneten die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t<sub>Kl</sub>] für fluorhältige Verbindungen und chlorhältige Verbindungen Verschlechterungen (Tabelle 4-2).

#### 4.2.2 Metallische Spurenelemente

Bei acht metallischen Spurenelementen (Cr, Mn, As, Co, Sb, V, Sn und Tl) haben sich im Jahresvergleich 2022 mit 2021 die klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t<sub>Kl</sub>] verschlechtert (Tabelle 4-3).

Es konnten im Jahresvergleich 2022 mit 2021 bei acht metallischen Spurenelementen (Pb, Cu, Ni, Zn, Se, Hg, Be und Cd) Verbesserungen bei den klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t<sub>Kl</sub>] verzeichnet werden (Tabelle 4-3).

Insgesamt betrachtet, verbesserte sich der klinkerbezogene Emissionsfaktor für Summe metallische Spurenelemente ( $\Sigma$  (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)) von ca. 0,158 g/t<sub>Kl</sub> im Jahr 2021 um ca. 19,2 % auf ca. 0,128 g/t<sub>Kl</sub> im Jahr 2022 (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor für die Summe der ausgewählten metallischen Spurenelemente Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V und Sn verbesserte sich von ca. 0,0712 g/t<sub>Kl</sub> im Jahr 2021 um ca. 35,4 % auf ca. 0,0460 g/t<sub>Kl</sub> im Jahr 2022 (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor für die Summe der beiden metallischen Spurenelemente Cd und Tl verbesserte sich von ca. 0,0040 g/t<sub>Kl</sub> im Jahr 2021 um ca. 0,7 % auf ca. 0,0039 g/t<sub>Kl</sub> im Jahr 2022 (Tabelle 4-3).

metallische Spurenelement	2020 Emissionsfaktor [g/t <sub>Kl</sub> ]	2021 Emissionsfaktor [g/t <sub>Kl</sub> ]	2022 Emissionsfaktor [g/t <sub>Kl</sub> ]	2022/2021 Änderung [%]	2022/2020 Änderung [%]
Cadmium (Cd)	0,001760	0,002211	0,002177	-1,56	23,68
Thallium (Tl)	0,001957	0,001746	0,001752	0,33	-10,47
Beryllium (Be)	0,003495	0,003324	0,003246	-2,33	-7,11
Arsen (As)	0,001760	0,001616	0,001753	8,48	-0,41
Cobalt (Co)	0,001760	0,001616	0,001753	8,48	-0,41
Nickel (Ni)	0,004431	0,014616	0,006532	-55,31	47,42
Blei (Pb)	0,005111	0,009314	0,003571	-61,66	-30,13
Quecksilber (Hg)	0,041663	0,039256	0,038200	-2,69	-8,31
Chrom (Cr)	0,006929	0,004938	0,006420	30,02	-7,34
Selen (Se)	0,000761	0,000764	0,000736	-3,61	-3,30
Mangan (Mn)	0,011626	0,009160	0,010595	15,67	-8,87
Vanadium (V)	0,001851	0,001756	0,001801	2,57	-2,70
Zink (Zn)	0,042993	0,039252	0,035435	-9,72	-17,58
Antimon (Sb)	0,001760	0,001750	0,001817	3,78	3,21
Kupfer (Cu)	0,010686	0,024696	0,009950	-59,71	-6,89
Zinn (Sn)	0,001925	0,001730	0,001768	2,16	-8,15
<i>Summe o.g. metallische Spurenelemente</i>	<i>0,140468</i>	<i>0,157745</i>	<i>0,127505</i>	<i>-19,17</i>	<i>-9,23</i>
$\bar{x}$ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	0,047839	0,071192	0,045959	-35,44	-3,93
$\bar{x}$ (Cd, Tl)	0,003717	0,003957	0,003929	-0,72	5,70

Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2022 bezogen auf 2021 bzw. 2020



#### 4.2.3 Emissionskonzentrationen ausgewählter Schadstoffe

Im Jahresvergleich 2022 mit 2021 verbesserten sich die auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> im Abgas bezogenen - als Jahresmittelwerte ausgewiesenen - Emissionskonzentrationen u.a. für Summe metallischer Spurenelemente ( $\Sigma$  (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)), für Schwefeldioxid, für Summe metallischer Spurenelemente ( $\Sigma$  (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)), für organischen Gesamtkohlenstoff (TOC), für ofengängigen Staub und für Stickstoffoxide (berechnet als NO<sub>2</sub>) (Tabelle 4-4).

Es verschlechterte sich im Jahresvergleich 2022 mit 2021 die auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> im Abgas bezogene - als Jahresmittelwert ausgewiesene – Emissionskonzentration für Summe metallischer Spurenelemente ( $\Sigma$  (Cd, Tl)) (Tabelle 4-4).

Emissionskonzentration (Jahresmittelwert, 10,0 Vol.-% O <sub>2</sub> )	2020 [mg/m <sup>3</sup> (Vn)tr.]	2021 [mg/m <sup>3</sup> (Vn)tr.]	2022 [mg/m <sup>3</sup> (Vn)tr.]	2022/2021 Änderung [%]	2022/2020 Änderung [%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	2,91	2,50	2,43	-2,82	-16,35
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	280,0	275,0	269,9	-1,87	-3,61
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	27,1	20,5	14,3	-30,50	-47,28
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	19,0	20,4	18,4	-9,79	-3,16
$\Sigma$ (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)	0,058369	0,064332	0,053895	-16,22	-7,67
$\Sigma$ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	0,019879	0,029034	0,019427	-33,09	-2,27
$\Sigma$ (Cd, Tl)	0,001544	0,001614	0,001661	2,89	7,52

Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2022 bezogen auf 2021 bzw. 2020 (Jahresmittelwerte; 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub>)

**5 Tabellenverzeichnis**

1.)	Tabelle 2-1: erfaßte Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen .....	4
2.)	Tabelle 3-1: Gesamtübersichtstabelle - Emissionen und Produktionsmittel der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2017 bis 2022.....	7
3.)	Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2022 mit 2021 .....	27
4.)	Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2022 bezogen auf 2021 .....	28
5.)	Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2022 bezogen auf 2021 bzw. 2020 .....	29
6.)	Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2022 bezogen auf 2021 bzw. 2020 (Jahresmittelwerte, 10,0 Vol.-% O <sub>2</sub> ) .....	30

**6 Abbildungsverzeichnis**

1.)	Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2022) .....	5
2.)	Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke) .....	8
3.)	Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022.....	8
4.)	Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / $[t_{kl}/h_{OB}]$ in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 .....	9
5.)	Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 .....	9
6.)	Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 .....	10
7.)	Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 .....	10
8.)	Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 .....	11
9.)	Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2022 .....	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 2017 bis 2022 .....	12
11.)	Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2020, 2021 und 2022 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 2017 bis 2022.....	13
13.)	Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2022 .....	13
14.)	Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2017 bis 2022 .....	14

15.)	Abbildung 3-14: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtabgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O <sub>2</sub> bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung jeweils für den Zeitraum 2017 bis 2022.....	15
16.)	Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2017 bis 2022 .....	16
17.)	Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2017 bis 2022 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 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke) .....	18
19.)	Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke) .....	18
20.)	Abbildung 3-19: Einsatzmengen sekundärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke) .....	19
21.)	Abbildung 3-20: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO <sub>2</sub> ), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2017 bis 2022 .....	19
22.)	Abbildung 3-21: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> ), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2017 - 2022, ohne Mahlwerke) .....	20
23.)	Abbildung 3-22: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> ), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2017 - 2022, 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 2017 bis 2022 (ohne Mahlwerke).....	21
25.)	Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG).....	21
26.)	Abbildung 3-25: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen (mit biogenen CO <sub>2</sub> -Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG) .....	22
27.)	Abbildung 3-26: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen (ohne biogene CO <sub>2</sub> -Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG) .....	22
28.)	Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 (nach EZG) .....	23
29.)	Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2017 bis 2022.....	24
30.)	Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2017 bis 2022 .....	25
31.)	Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2022 .....	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 2017 bis 2022.....	26