

# Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie

Berichtsjahr 2023



**Gerd Mauschitz**

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik  
und Technische Biowissenschaften

**Technische Universität Wien**

Wien, im Mai 2024

# Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie Berichtsjahr 2023

Gerd Mauschwitz

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

Technische Universität Wien

Wien, im Mai 2024

**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**

Der technische Fortschritt und die rasche medizinische Weiterentwicklung sind in den beiden vergangenen Jahrhunderten mitverantwortlich für das stete Wachstum der Weltbevölkerung gewesen. Dies hat eine vermehrte Freisetzung von Schadstoffen in die Atmosphäre und in andere Umweltmedien zur Folge gehabt. Diese Emissionen bzw. Immissionen haben nicht nur lokal, sondern auch zu Umweltveränderungen im globalen Ausmaß geführt und haben das auch in einigen Bereichen durchaus in kritischer Weise getan, wie die Zerstörung der Ozonschicht und der anthropogenen Treibhauseffekt eindrucksvoll beweisen.

Die Welt der Anthropozentrie hat sich zwischenzeitlich in rasch steigendem Ausmaß zu einem physiozentrischen Weltbild gewandelt. Der Mensch steht in der Verantwortung alles Leben in der Natur mit ihrer Dynamik gestalterisch zu bewahren. Die Gestaltung der Welt manifestiert sich auch im Schutz der Umwelt - keine Schäden an der Umwelt zuzulassen bzw. Umweltschäden zu beseitigen, auch wenn dies längere Zeiträume beanspruchen wird.

Es ist deshalb erforderlich die Effekte derartiger Emissionen auf die Umwelt einschließlich der Atmosphäre insgesamt und die Auswirkungen auf den Menschen insbesondere zu untersuchen; mögliche Effekte zu quantifizieren, zu analysieren und Grenzwerte zu definieren, um damit schädliche Wirkungen abzuwenden bzw. zu begrenzen.

Zu den wichtigsten Lebensräumen gehören Luft, Wasser und Boden. Die Effekte der Schadstofffreisetzungen in diese Medien sind von unterschiedlicher und vielfältiger Art. Die verschiedenen Schadstoffe haben durch direkte Einwirkungen oder indirekte Einflüsse (beispielsweise über Nahrungsketten) Auswirkungen auf Fauna und Flora. In jedem Fall gilt es die Natur in ihrer Vielfalt als unbeschadeter Lebensraum auch für zukünftige Generationen zu bewahren.

Eine Emissionsinventur - wie im gegenständlichen Fall vorliegend - dient dem Ziel, alle in einer technischen Anlage entstandenen und von dieser in die Umgebung abgegebenen Emissionen zu erfassen, um geeignete Maßnahmen zu ihrer Einschränkung zu entwickeln. Die von technischen Anlagen freigesetzten Emissionen sind anthropogener Art. Es ist der Betreiber der seine Anlagen so zu gestalten hat, daß Emissionen bestmöglich vermieden werden. Es ist somit auch der Anlagenbetreiber, der - sei es innerbetrieblich oder außerbetrieblich - die Verantwortung für alle Folgen zu übernehmen hat. Dies wird um so besser gelingen, je erfolgreicher der Anlagenbetreiber alle sich ihm bietenden Möglichkeiten zur Minderung oder Vermeidung von Emissionen wahrnimmt.

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

Die regelmäßige Erstellung von Emissionsbilanzen ermöglicht überdies die Wirksamkeit von Schadstoffminderungsmaßnahmen zu überprüfen, um diese im Bedarfsfall anpassen bzw. verstärken zu können.

Der konsequente Einsatz und die ständige Weiterentwicklung von primären und sekundären Abgasreinigungstechniken sind integrierte Bestandteile moderner Emissionsminderungsmaßnahmen. Mit ihrer Hilfe kommen die Betreiber der österreichischen Zementwerke ihrer Verpflichtung nach, Grenzwerte zum Schutz der Umwelt sicher und dauerhaft einzuhalten.

## **1 Problemstellung**

Der vorliegende Bericht soll alle wichtigen Schadstoffe aufzeigen, die durch Anlagen der österreichischen Zementindustrie mit Ofenbetrieb im Jahr 2023 in die Atmosphäre emittiert wurden.

Ferner, 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 jeweiligen Einzelwerksergebnisse sollen, unter Wahrung der Vertraulichkeit werkspezifischer Einzelheiten, zu einer Gesamtbilanz der Branche kombiniert werden.

Um Vergleiche anstellen zu können, soll die Datenzusammenstellung 2023 um die Bilanzjahre 2018 bis 2022 ergänzt werden. Somit können sektorale Trendanalysen und Mittelwertbildungen auf einer stabileren Datenbasis abgestützt und Aussagequalitäten von weniger systematischen Einflußgrößen unabhängiger gemacht werden.

## 2 Datenerfassung

### 2.1 Erfasste Schadstoffe

In der vorliegenden 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 2023 erstellt und zu Vergleichszwecken mit den entsprechenden Daten für 2018 bis 2022 ergänzt.

### 2.3 Erfasste Anlagen

Es wurden alle Werke der österreichischen Zementindustrie mit betriebsbereiten Ofenanlagen zur Erstellung der Emissionsinventur 2023 herangezogen:

- *Leube Zement GmbH* (Gartenau / Salzburg),
- *Zementwerk Hatschek GmbH* (Gmunden),
- *Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H.* (Kirchdorf / Krems),
- *Holcim (Österreich) GmbH* (Betriebsstandort: Mannersdorf),
- *Alpacem Zement Austria GmbH* (Betriebsstandort: Peggau),
- *Holcim (Österreich) GmbH* (Betriebsstandort: Retznei),
- *Schretter & Cie GmbH & Co KG* (Vils),
- *Alpacem Zement Austria GmbH* (Betriebsstandort: Wietersdorf),
- *Baunit GmbH* (Waldegg, Wopfing).

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

Anlagenspiegel mit 31.12.2023																																		
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	(✓)	✓*			✓*																								
Holcim (Österreich) GmbH	Mannersdorf	5-stufiger 2-strangiger WT-DO mit Kalzinator	2-teiliger Rostkühler	2 KM	DO mit Schlauchfilter, KÜ mit E-Entstauber	(✓)	✓																											
Alpacem Zement Austria GmbH	Peggau	Lepolverfahren	Rostkühler	3 KM	DO und KÜ im Schlauchfilter	✓																												
Holcim (Österreich) GmbH	Retznei	4-stufiger WT-DO mit Kalzinator*****	Horizontalrostkühler	3 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	✓																												
Alpacem Zement Austria 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 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>Mahl- und 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.                  ** XMercury-Anlage zur Hg-Entfrachtung mit einem kohlenstoffhaltigen Adsorbens; Inbetriebnahme: Mitte 2015                  *** Die RTO am Alpacem Zement Austria - 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.                  ***** 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	Mahl- und 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- und Trocknungsanlage	WT-DO	Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher																															
RM	Rohmühle																																	

Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2023)

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

An dieser Stelle muß darauf hingewiesen werden, daß die in dieser Studie ausgewiesenen Daten kollektivierte Werte darstellen, welche für die Gesamtheit der österreichischen Zementindustrie von Belang sind. Diese kollektivierte Werte sind nicht dazu geeignet auf einzelne österreichische Zementwerke mit ihren spezifischen Besonderheiten 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 2018 bis 2023

## GESAMTÜBERSICHT

I Anlagendaten	
Anlagenzahl	Österreichweit waren 2023 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 2023 installierten Gesamtanlagenkapazität von ca. 5.413.400 t/a wurden die unter II angeführten Jahresmengen produziert.

II Produktionsdaten		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
Rohmehleinsatz	[t/a]	5 421 197		5 264 330		5 404 367		5 623 758		5 433 926		4 726 459	
Klinkerproduktion	[t/a]	3 551 969		3 422 866		3 522 299		3 662 612		3 560 071		3 075 996	
Zementproduktion	[t/a]	5 241 524		5 232 990		5 223 206		5 561 049		5 208 771		4 418 555	
Ofenbetriebsstunden <sup>a)</sup>	[h <sub>OB</sub> /a]	57 988,5		55 987,0		57 243,5		58 556,0		57 647,5		52 976,0	
Rohmehlfaktor	[t <sub>Rm</sub> /t <sub>Kl</sub> ]	1,526		1,538		1,534		1,535		1,526		1,537	
(korrigierter*) Klinkerfaktor	[t <sub>Kl</sub> /t <sub>Zc</sub> ]	0,696*	0,678	0,694*	0,654	0,701*	0,674	0,692*	0,659	0,693*	0,683	0,684*	0,696

III Konventionelle Energieträger (KET)		2018			2019			2020			2021			2022			2023		
		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		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	27,64	10 657	294 510
B) Braunkohle		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	22,00	36 255	797 721
C) Heizöl L (0,2 m% S)		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	41,70	88	3 665
D) Heizöl M (0,6 m% S)			0	0		0	0		0	0		0		0	0			0	0
E) Heizöl S (1,0-3,5 m% S)		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	40,30	953	38 386
F) Erdgas <sup>b)</sup> / [1000m <sup>3</sup> (Vn)/a]; Hu / [MJm <sup>3</sup> (Vn)]		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	36,70	6 120,872	224 650
J) Petrolkoks		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	30,56	14 570	445 232
G) sonstige (Heizöl EL, Anthrazit)		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	42,70	454	19 398
Summe KET			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		67 330	1 823 562

IV Ersatzbrennstoffe (EBS)		2018			2019			2020			2021			2022			2023		
		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) Altflehen		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	28,96	28 107	813 934
I) Kunststoffabfälle		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	19,59	353 945	6 933 667
K) Altöl		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	29,09	13 321	387 488
L) Lösungsmittel		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	27,62	22 374	618 062
M) landwirtschaftliche Rückstände		16,91	1 457	24 632	16,91	491	8 303		0	0	16,91	33	558	16,46	15	252	16,91	1 429	24 170
N) Papierfaserreststoff		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	4,88	41 131	200 890
O) sonstige		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	15,78	72 684	1 146 931
Summe EBS			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		532 992	10 125 142

V Thermischer Energieeinsatz**		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
a) Σ Energieeinsatz KET	[GJ/h <sub>OB</sub> ]	44,7		52,5		70,4		60,8		43,7		34,4	
b) Σ Energieeinsatz EBS	[GJ/h <sub>OB</sub> ]	193,8		191,0		169,0		184,5		191,9		191,1	
Summe a) u. b)	[GJ/h <sub>OB</sub> ]	238,6		243,5		239,4		245,4		235,6		225,5	
EBS-Anteil an (III+IV)	[%]	81,24		78,44		70,59		75,21		81,46		84,74	
spez. therm. Energieeinsatz	[GJ/t <sub>Klinker</sub> ]	3,895		3,983		3,891		3,923		3,815		3,884	

VI Sekundärrohstoffe (SRS)		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
diverse Schlacken	[t/a]	35 487		29 138		35 367		54 251		50 634		85 186	
Gießereisand	[t/a]	38 822		46 536		29 535		36 784		43 898		43 622	
Summe SRS / sonstige SRS	[t/a]	765 918	691 610	786 030	710 356	797 874	732 972	826 238	735 203	891 492	796 961	936 049	807 240

VII Sekundärzumahlstoffe (SZS)		2018			2019			2020			2021			2022			2023	
Hochfenschlacke	[t/a]	803 581			832 053			790 118			854 660			799 119			675 966	
REA - Gips	[t/a]	47 979			49 032			45 734			55 412			59 894			46 242	
Flugasche	[t/a]	133 777			123 637			103 138			93 987			83 937			65 259	
Summe SZS / sonstige SZS	[t/a]	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	848 815	61 348					

VIII Abgasparameter		2018			2019			2020			2021			2022			2023	
Bez.-O <sub>2</sub> / O <sub>2</sub> gemessen	[Vol.-%]	10,00	11,36	10,00	11,39	10,00	11,14	10,00	11,32	10,00	11,32	10,00	11,32	10,00	11,81			
Abgasnormvolumen V <sub>(t<sub>r</sub>, V<sub>n</sub>, bez.)</sub>	[1000m <sup>3</sup> (Vn)/a]	8 255 301			8 114 126			8 476 510			8 980 831			8 422 390			7 007 738	

IX Emissionsrelevante Daten		2018			2019			2020			2021			2022			2023		
		E-faktor [g/t <sub>z</sub> ]	Massenstrom [t/a]	E-faktor [g/t <sub>kl</sub> ]	E-faktor [g/t <sub>z</sub> ]	Massenstrom [t/a]	E-faktor [g/t <sub>kl</sub> ]	E-faktor [g/t <sub>z</sub> ]	Massenstrom [t/a]	E-faktor [g/t <sub>kl</sub> ]	E-faktor [g/t <sub>z</sub> ]	Massenstrom [t/a]	E-faktor [g/t <sub>kl</sub> ]	E-faktor [g/t <sub>z</sub> ]	Massenstrom [t/a]	E-faktor [g/t <sub>kl</sub> ]	E-faktor [g/t <sub>z</sub> ]	Massenstrom [t/a]	E-faktor [g/t <sub>kl</sub> ]
1 Staub (TSP) <sup>(1)(3)</sup>		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	2,58	11,391	3,70
2 Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )		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	379,50	1 676,831	545,13
3 Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )		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	33,81	149,400	48,57
4 Cadmium (Cd)		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	0,000896	0,003958	0,001287
5 Thallium (Tl)		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	0,000910	0,004020	0,001307
6 Beryllium (Be)		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	0,002209	0,009759	0,003173
Summe 4-6		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	0,004014	0,017737	0,005766
7 Arsen (As)		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	0,000896	0,003958	0,001287
8 Cobalt (Co)		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	0,001309	0,005784	0,001880
9 Nickel (Ni)		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	0,006486	0,028661	0,009318
10 Blei (Pb)		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	0,002424	0,010709	0,003482
Summe 7-10		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	0,011115	0,049112	0,015966
11 Quecksilber (Hg)		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	0,024358	0,107626	0,034989
12 Chrom (Cr)		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	0,002998	0,013246	0,004306
13 Selen (Se)		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	0,000524	0,002316	0,000753
14 Mangan (Mn)		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	0,008840	0,039059	0,012698
15 Vanadium (V)		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	0,000975	0,004308	0,001400
16 Zink (Zn)		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	0,027834	0,122985	0,039982
Summe 11-16		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	0,065528	0,289540	0,094129
17 Antimon (Sb)		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	0,001091	0,004821	0,001567
18 Kupfer (Cu)		0,011632	0,060970	0,017165	0,010430	0,054579	0,015945	0,007206	0,037641	0,010686	0,016285	0,090452	0,024696	0,006800	0,035422	0,009950	0,006539	0,028895	0,009394
19 Zinn (Sn)		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	0,000967	0,004271	0,001389
Summe 17-19		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	0,008597	0,037987	0,012349
Summe Spurenelemente (4-16)		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	0,080657	0,356388	0,115861
Summe Spurenelemente (4-16 und 17-19)		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	0,089254	0,394375	0,128210
20 chlorhaltige Verbindungen (als HCl)		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	3,020	13,343	4,338
21 fluorhaltige Verbindungen (als HF)		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	0,193	0,851	0,277
22 organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)		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	31,801	140,516	45,681
23 Kohlenstoffmonoxid (CO)		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	576,3	2 546,35	827,8
24 Ammoniak (NH <sub>3</sub> )		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	24,518	108,333	35,219
25 Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ) <sup>(2)</sup>		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	577 021	2 549 598	828 869

<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

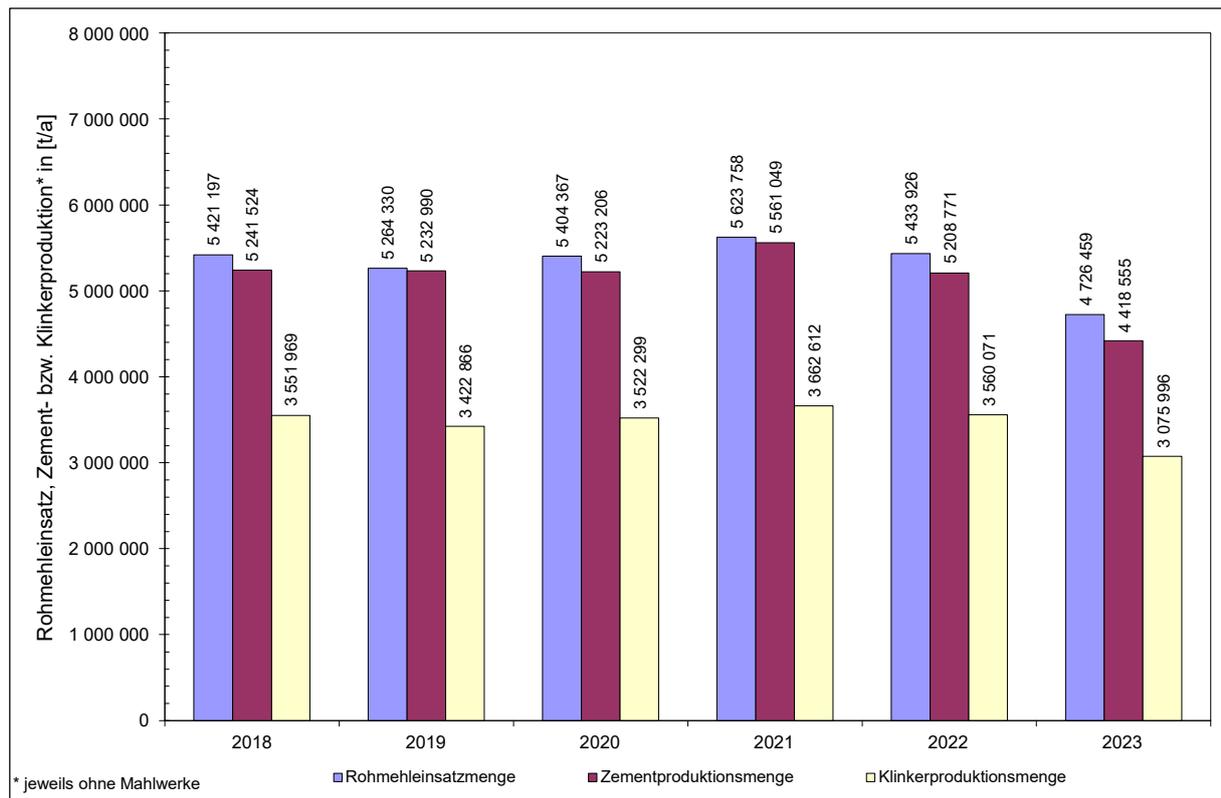


Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke)

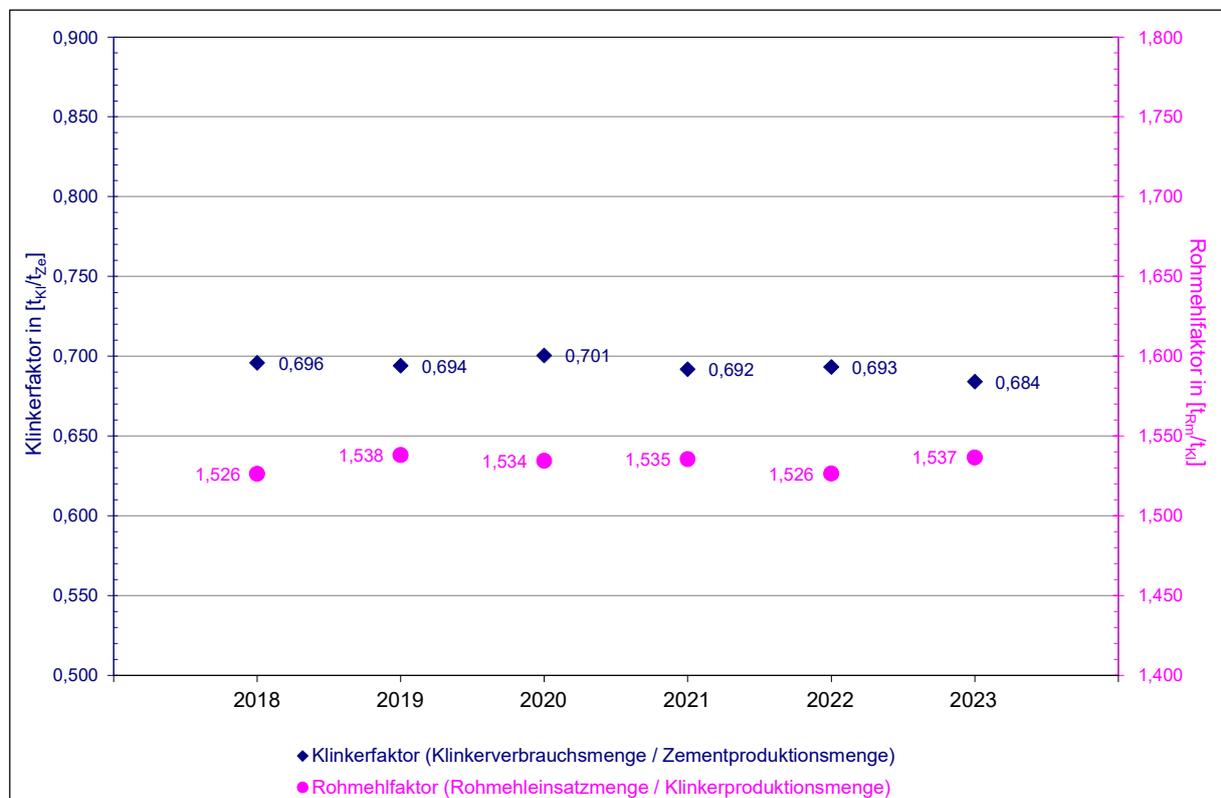


Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

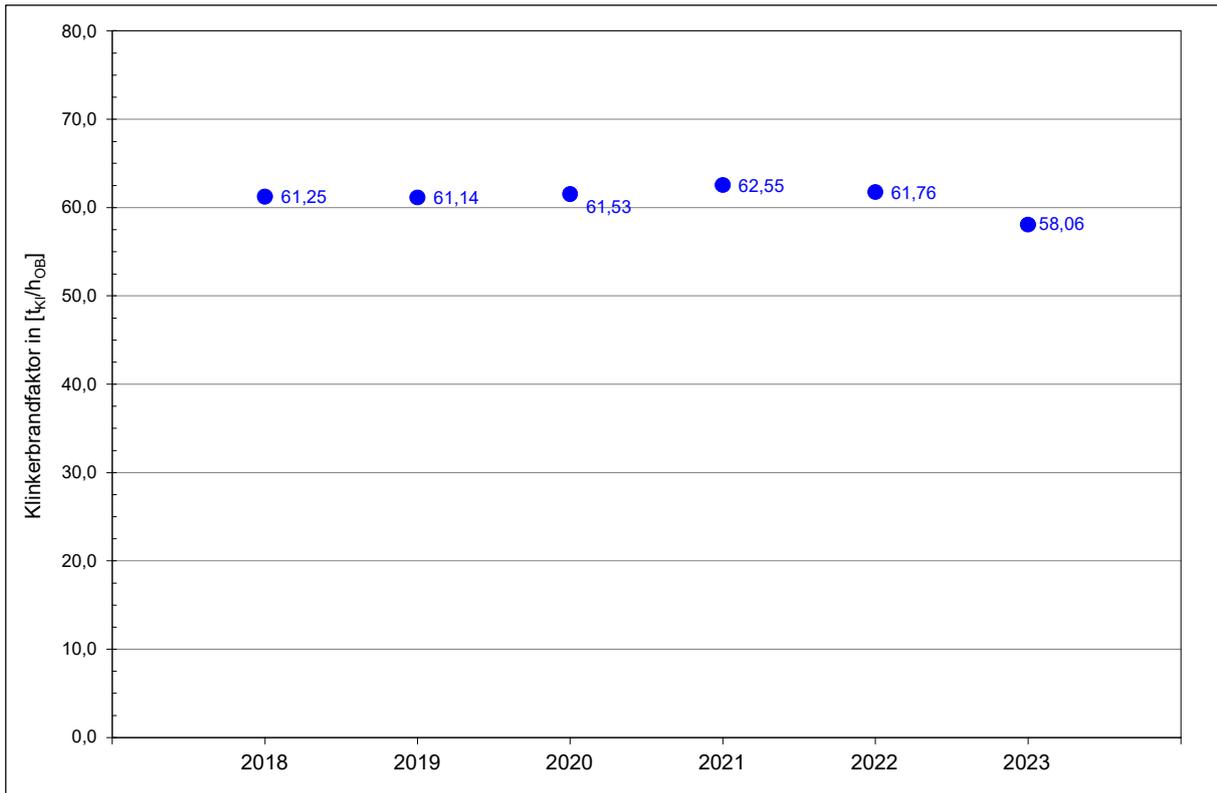


Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors /  $[t_{kl}/h_{OB}]$  in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

### 3.2 Brennstoffstatistik

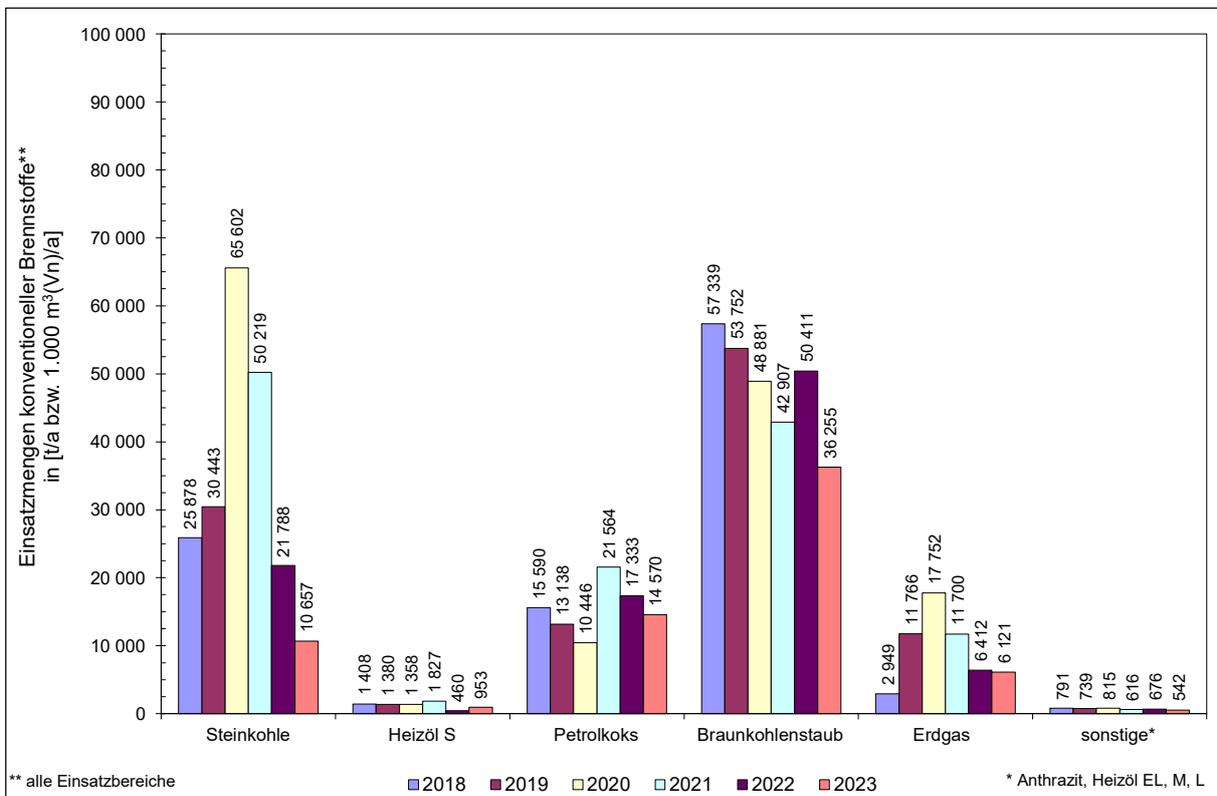


Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

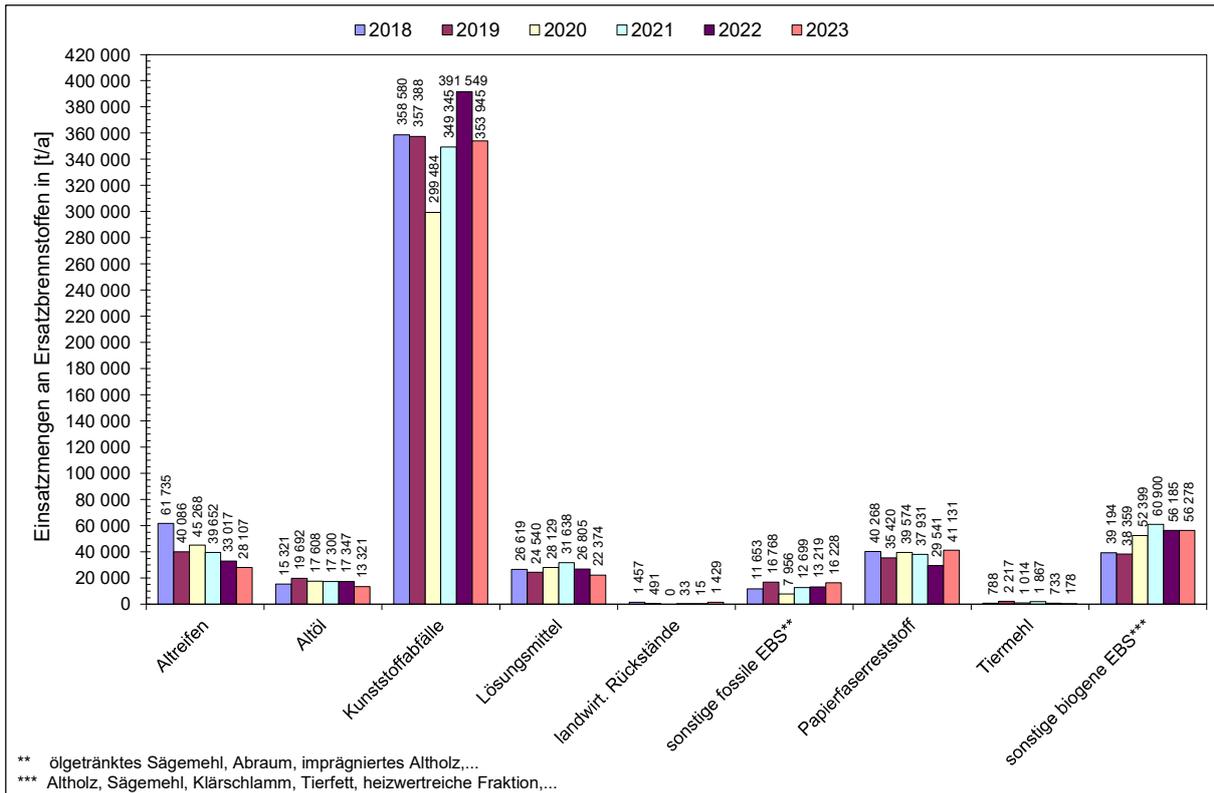


Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

### 3.3 Energiestatistik

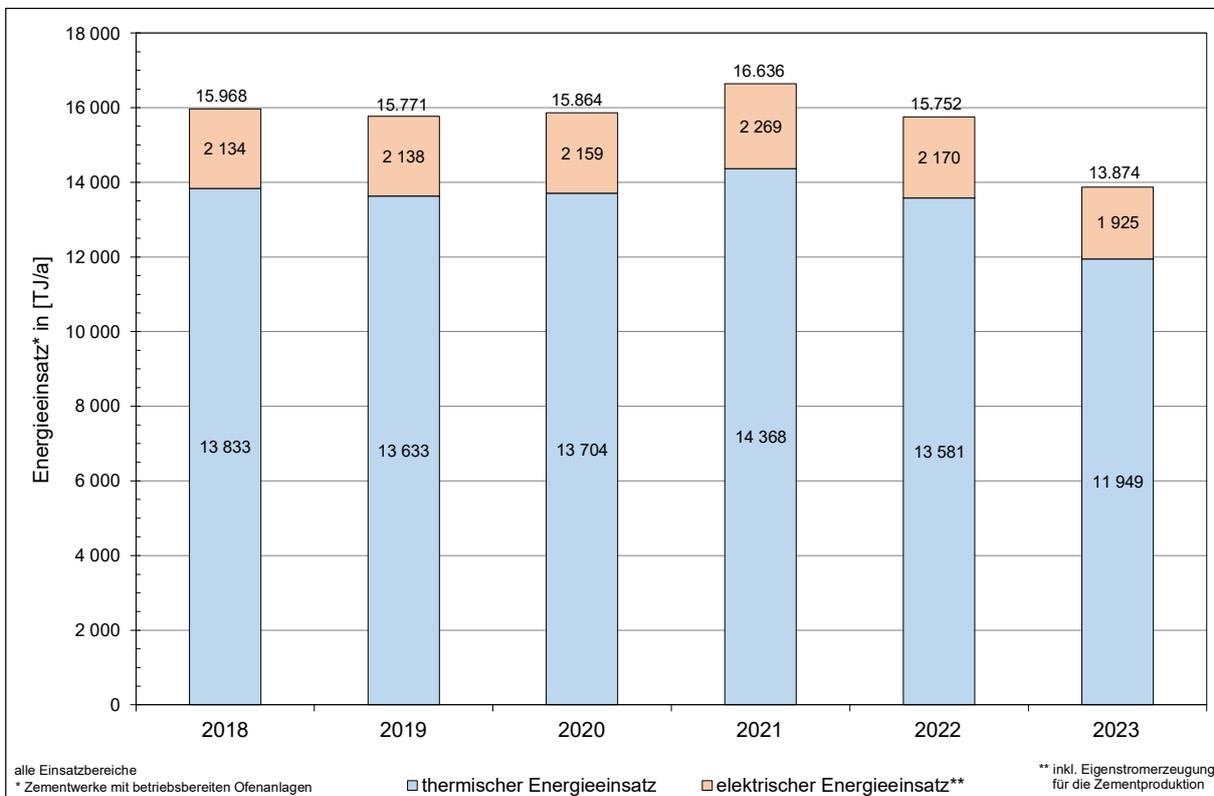


Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

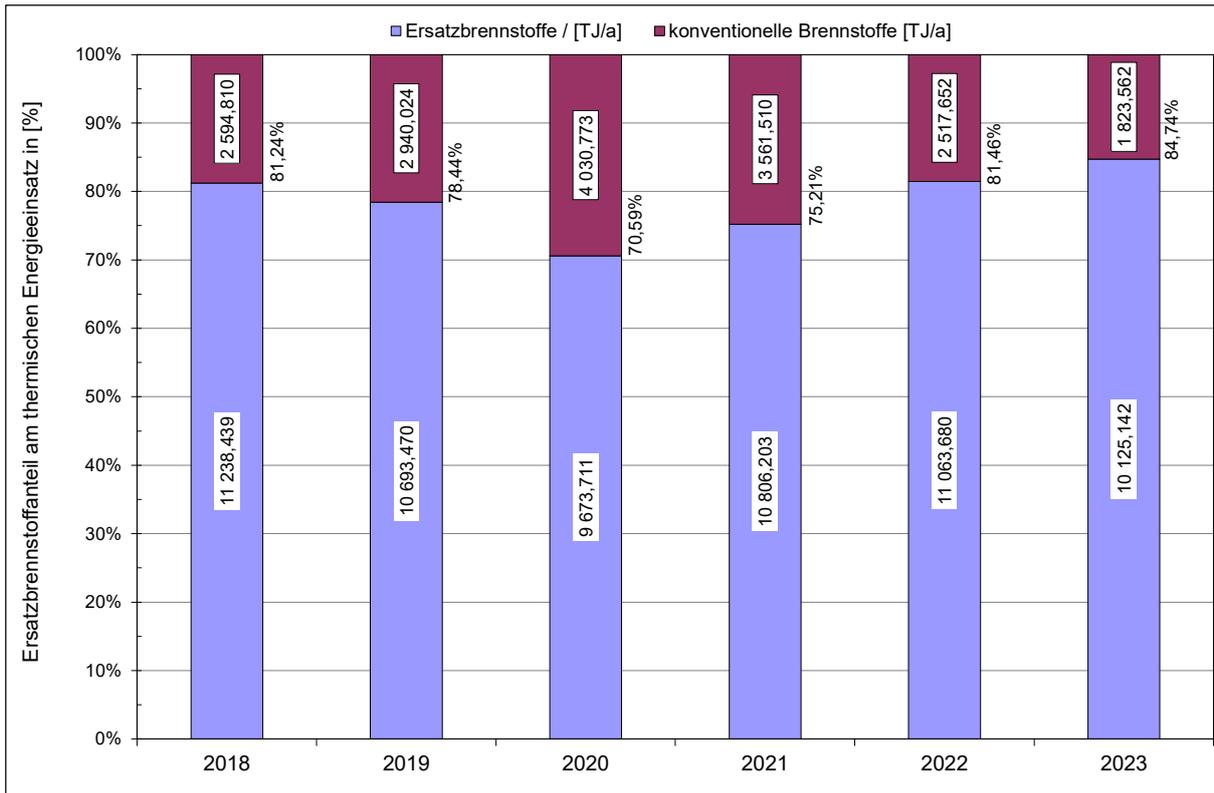


Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

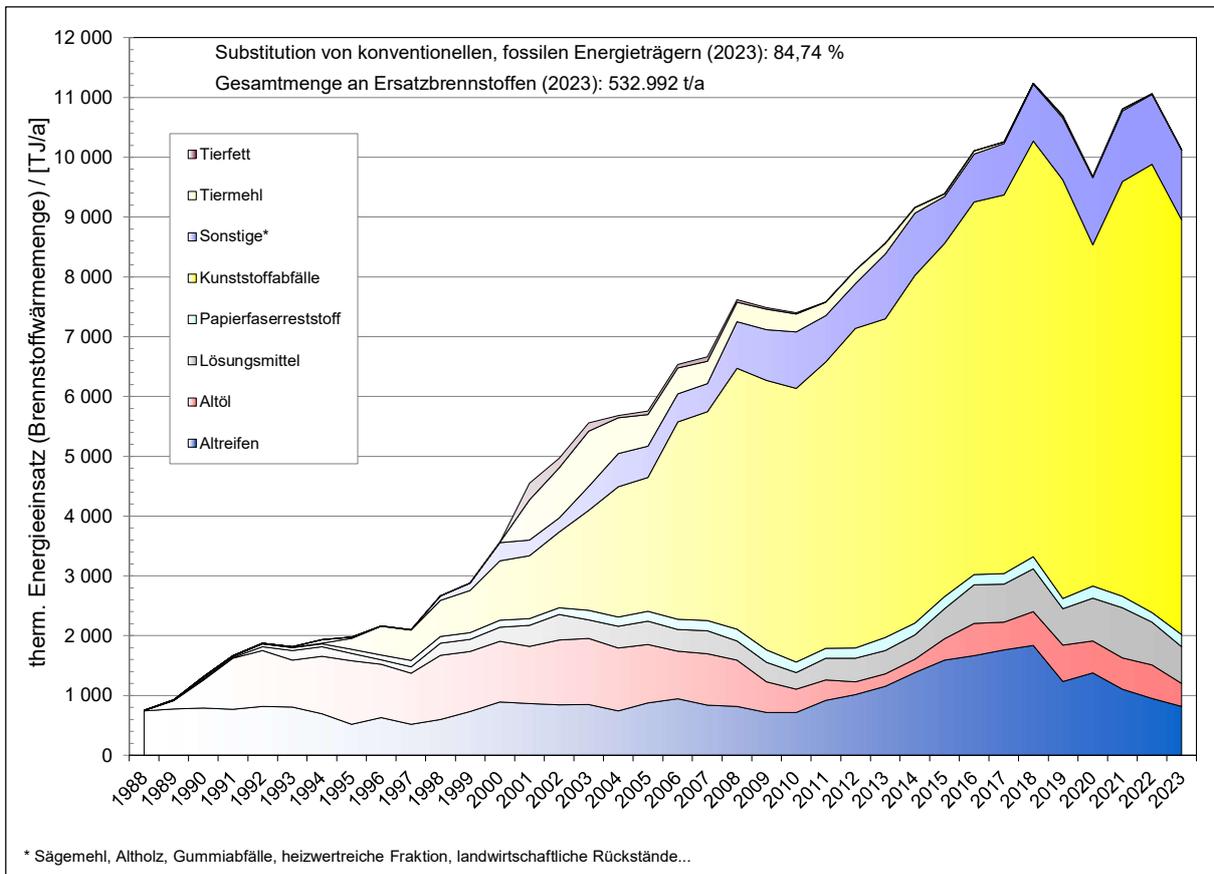


Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2023

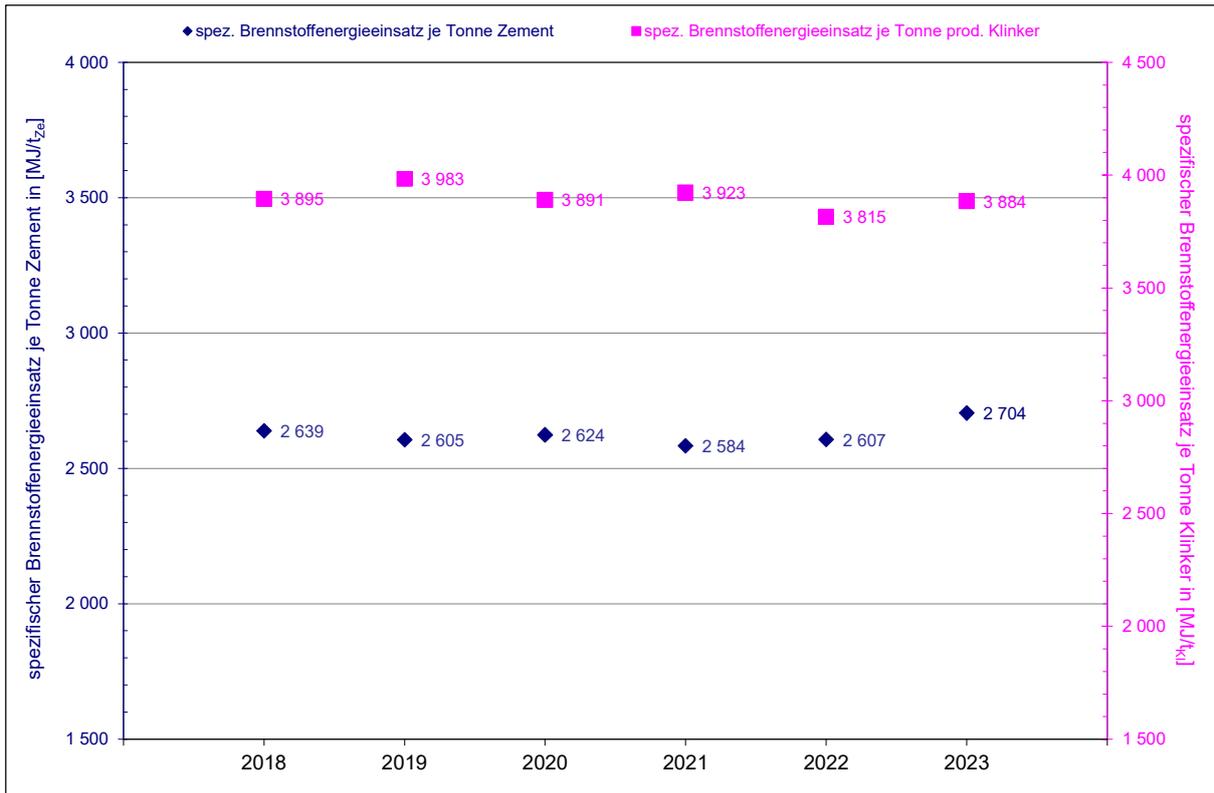


Abbildung 3-9: auf die Tonne Zement bzw. auf die Tonne Klinker bezogener spezifischer Brennstoffenergieeinsatz in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

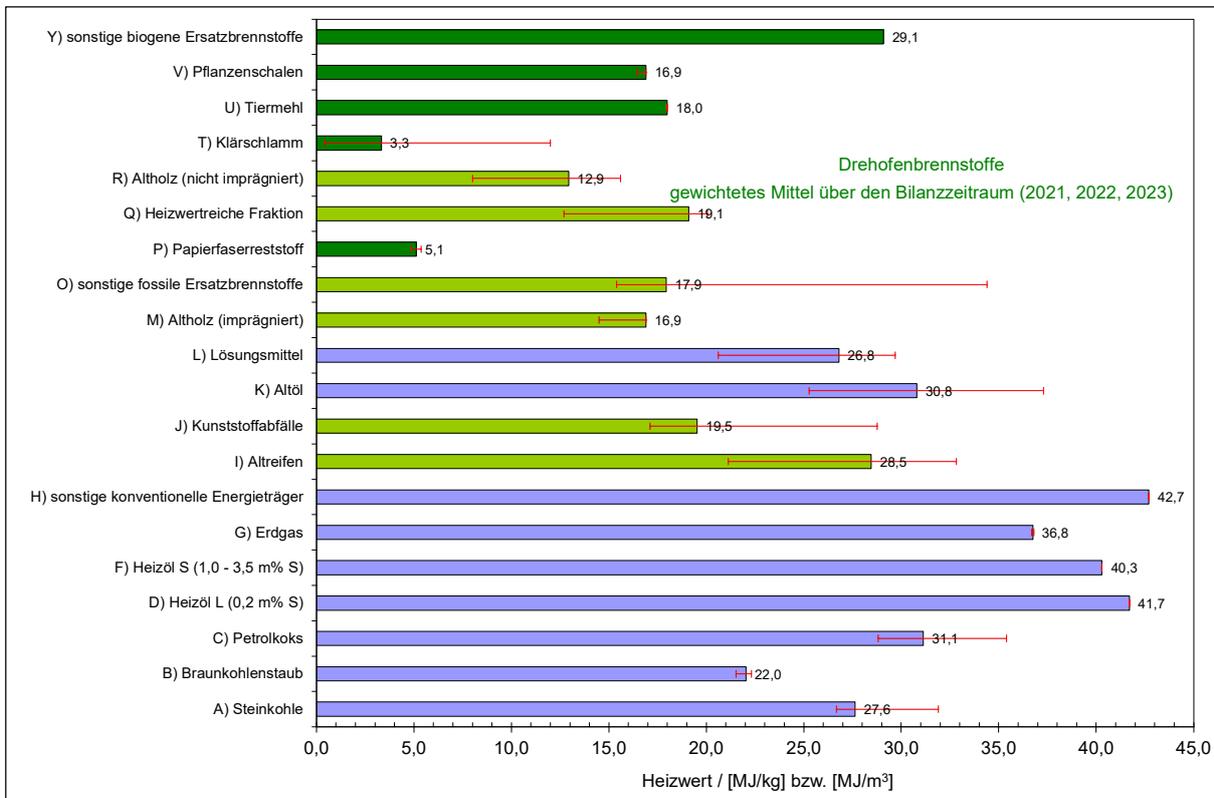


Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2021, 2022 und 2023 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werksspezifischen Minimal- und Maximalwerten

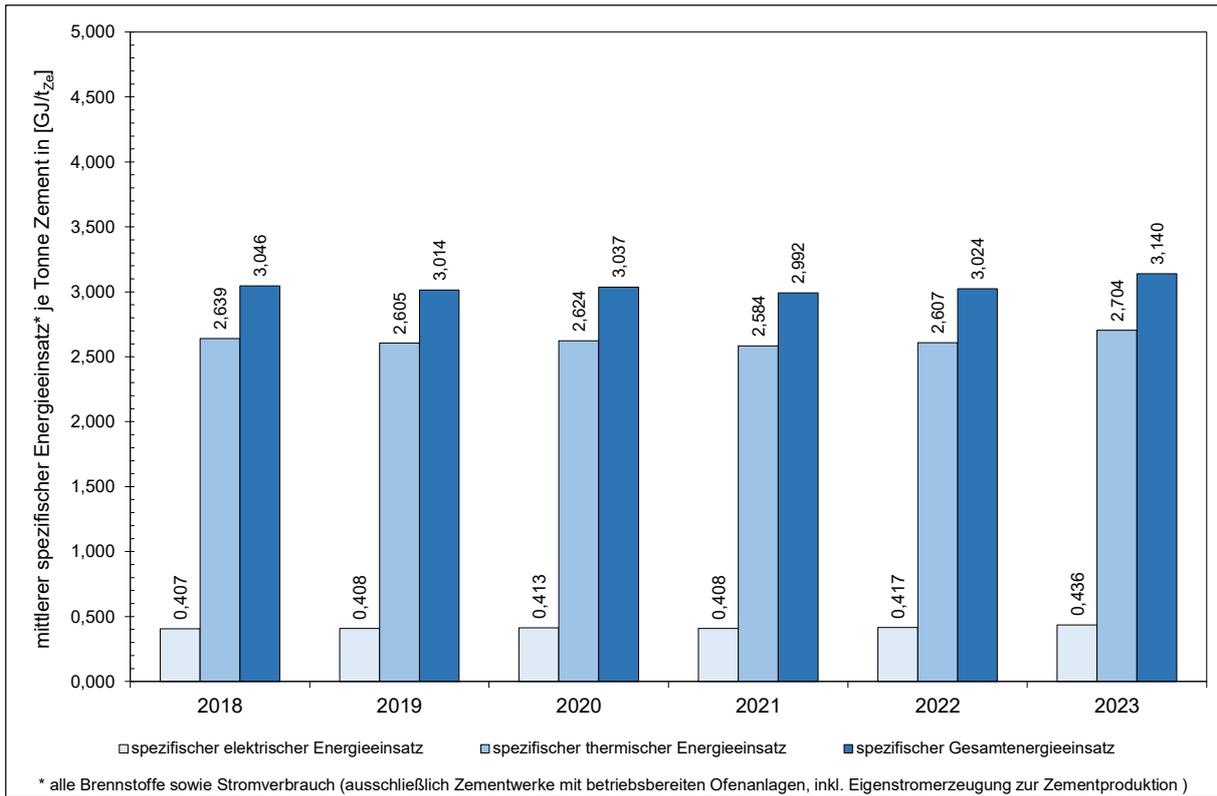


Abbildung 3-11: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2018 bis 2023

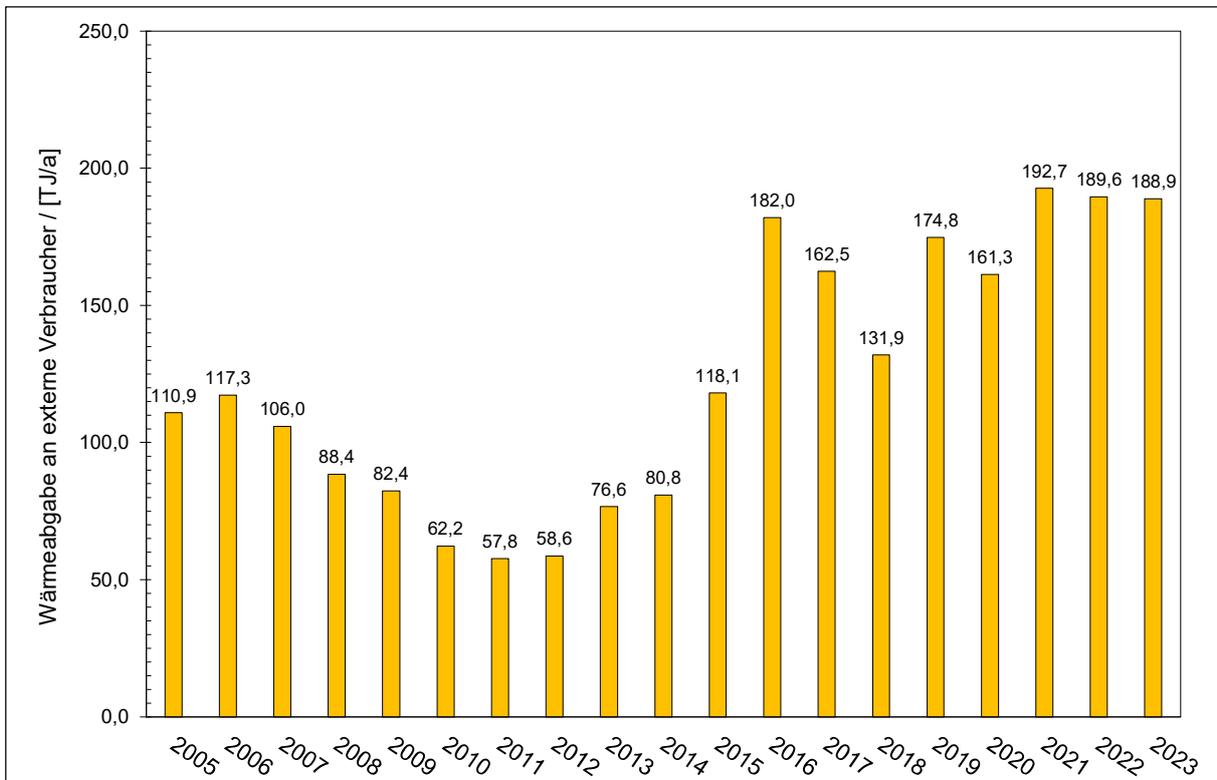


Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2023

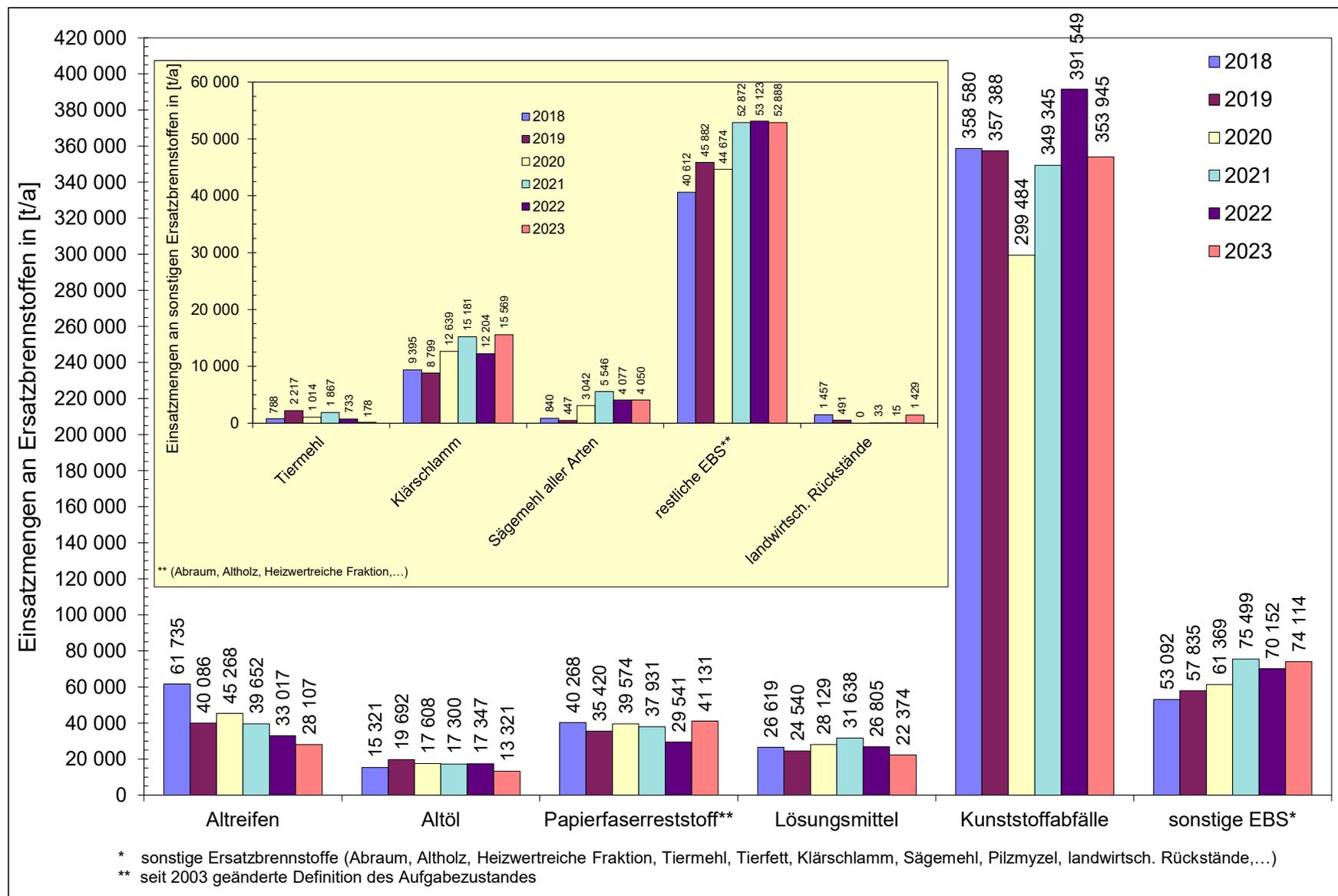


Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2018 bis 2023

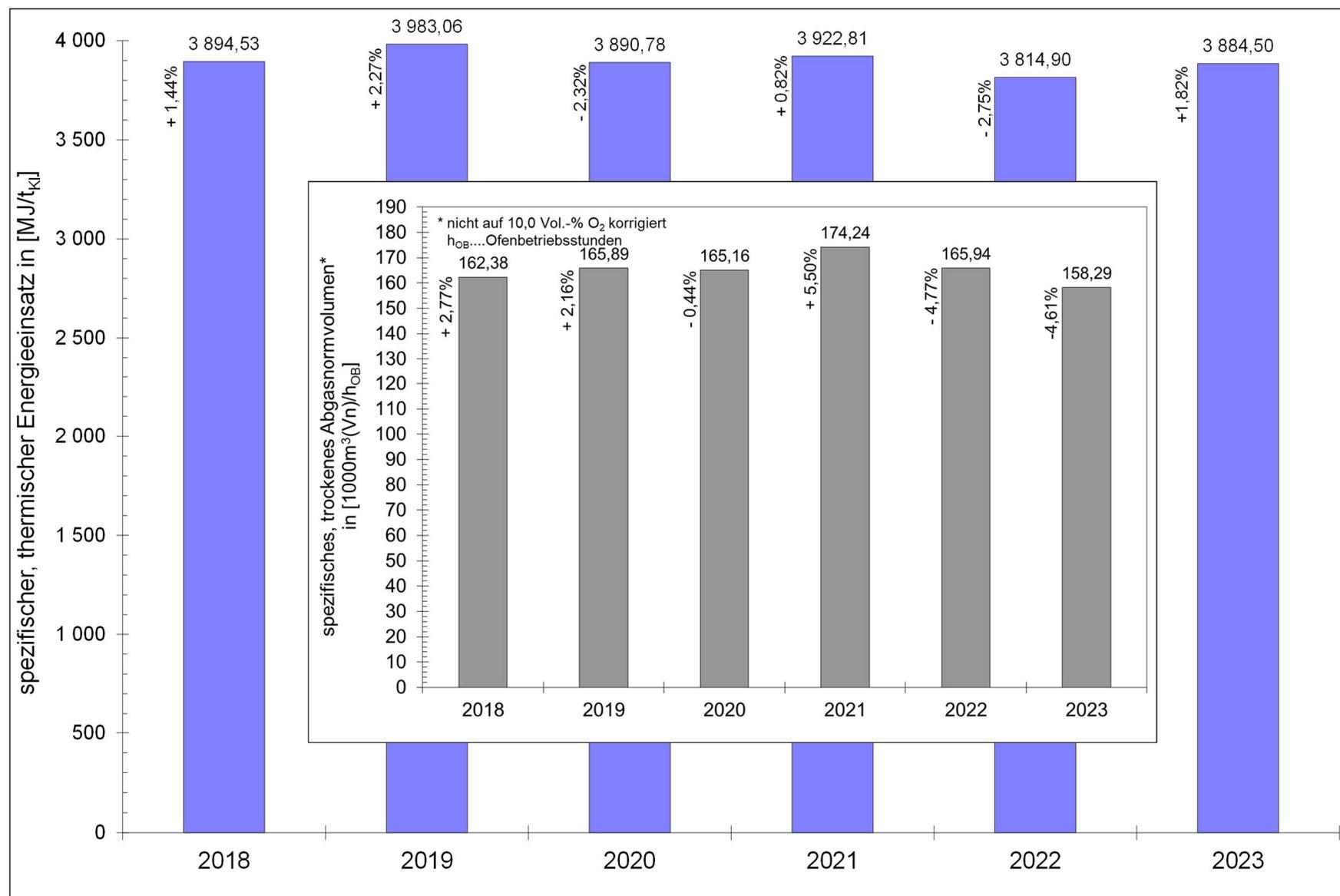


Abbildung 3-14: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkerherzeugung jeweils für den Zeitraum 2018 bis 2023

3.4 Rohstoff- und Zumahlstoffstatistik

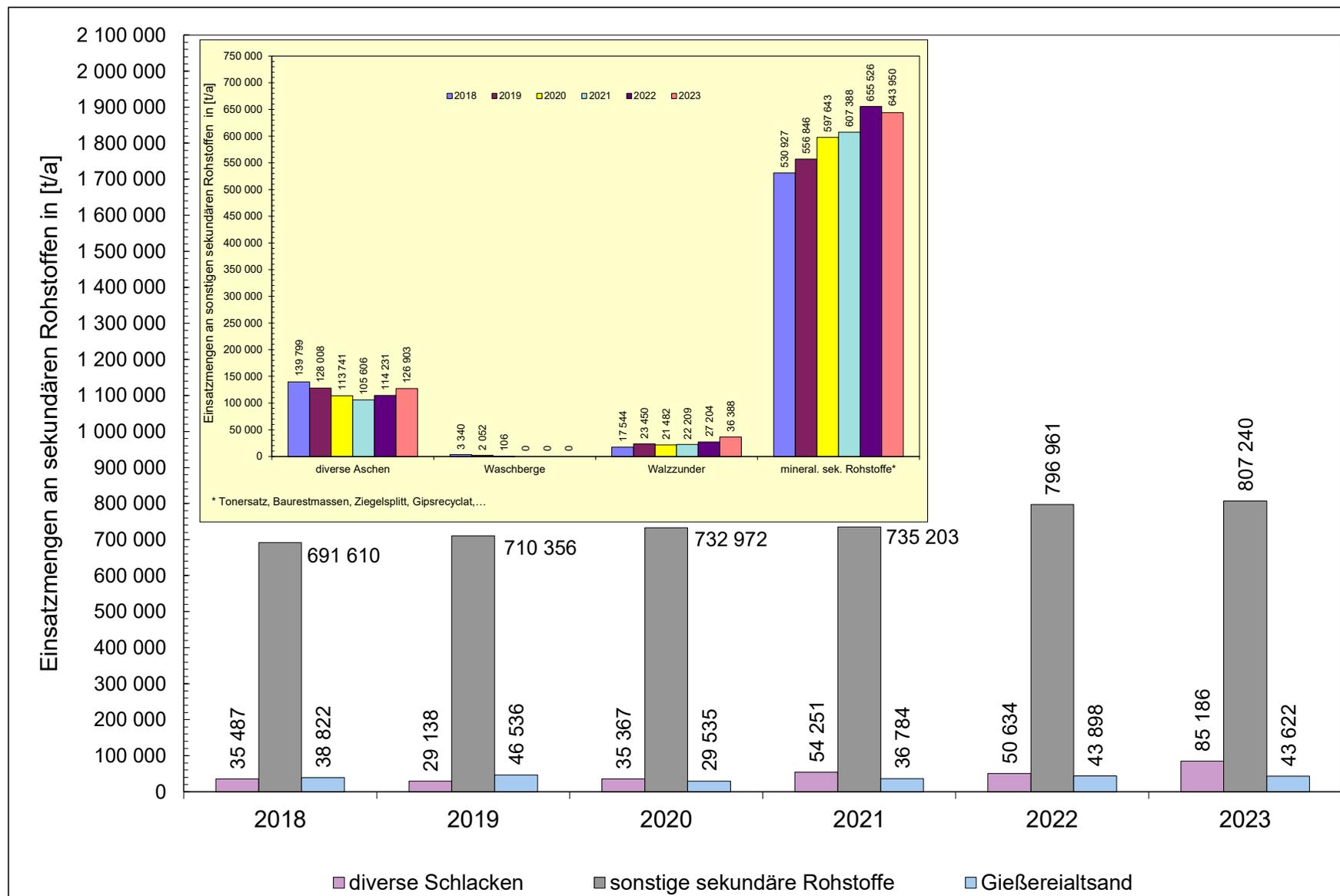


Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2018 bis 2023

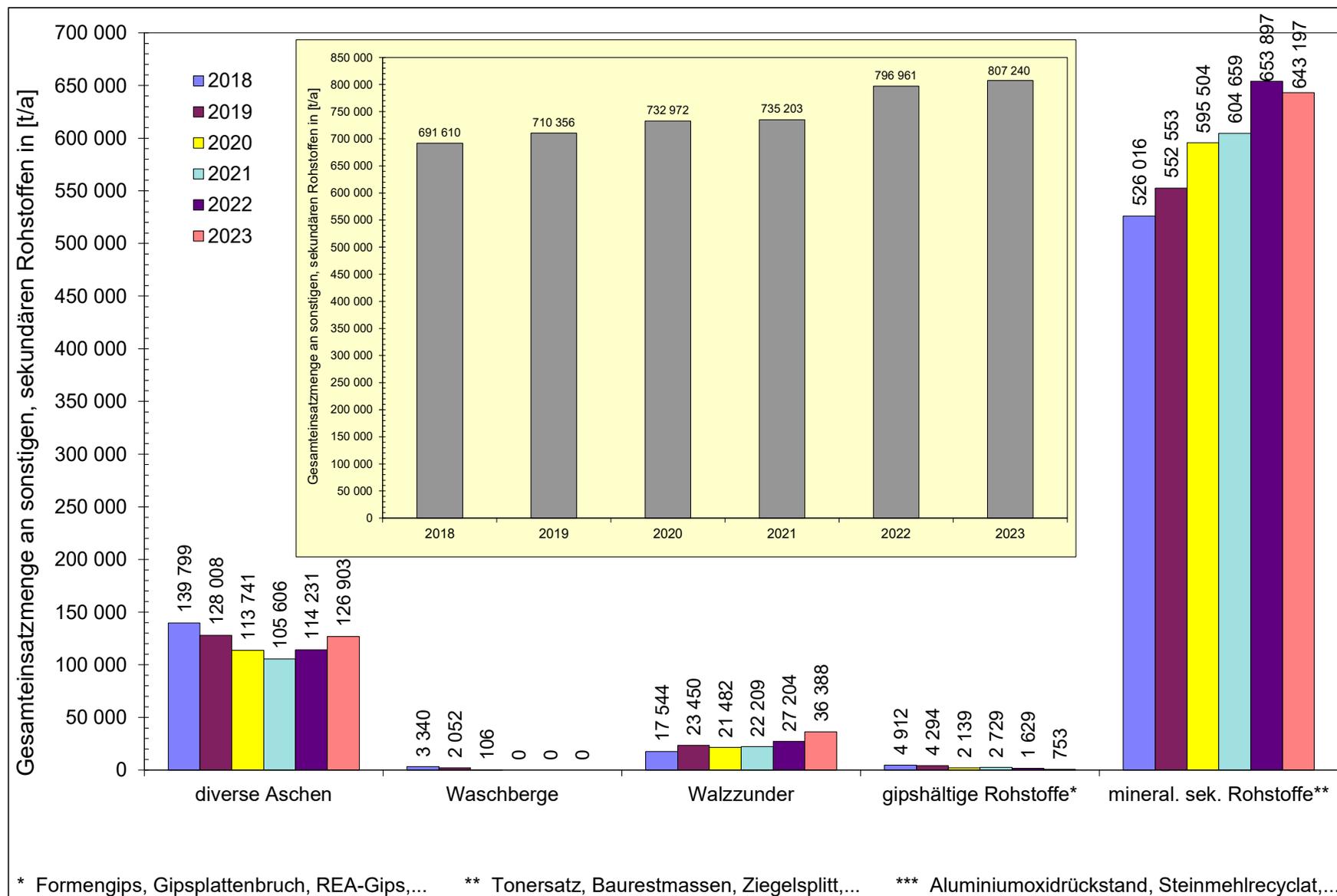


Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2018 bis 2023 in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) verwendeten sonstigen sekundären Rohstoffmassenströme

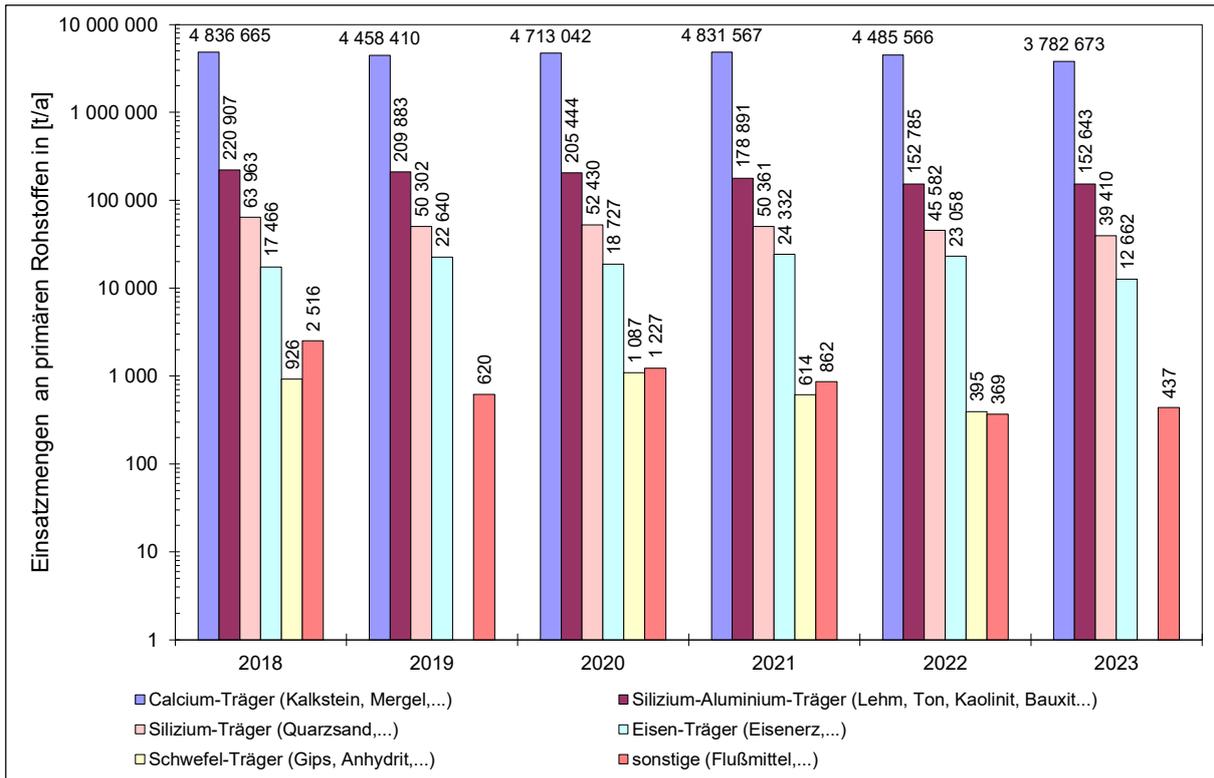


Abbildung 3-17: Einsatzmengen primärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Zeitraum von 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke)

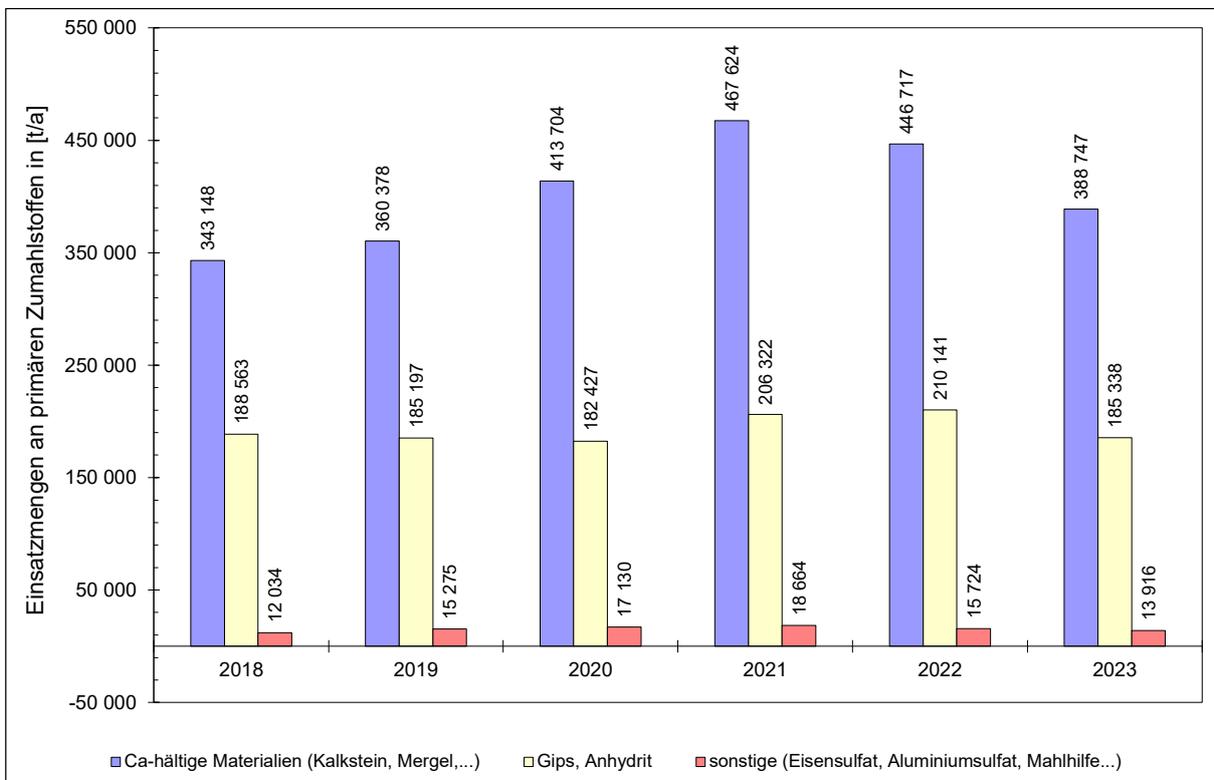


Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zusatzstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke)

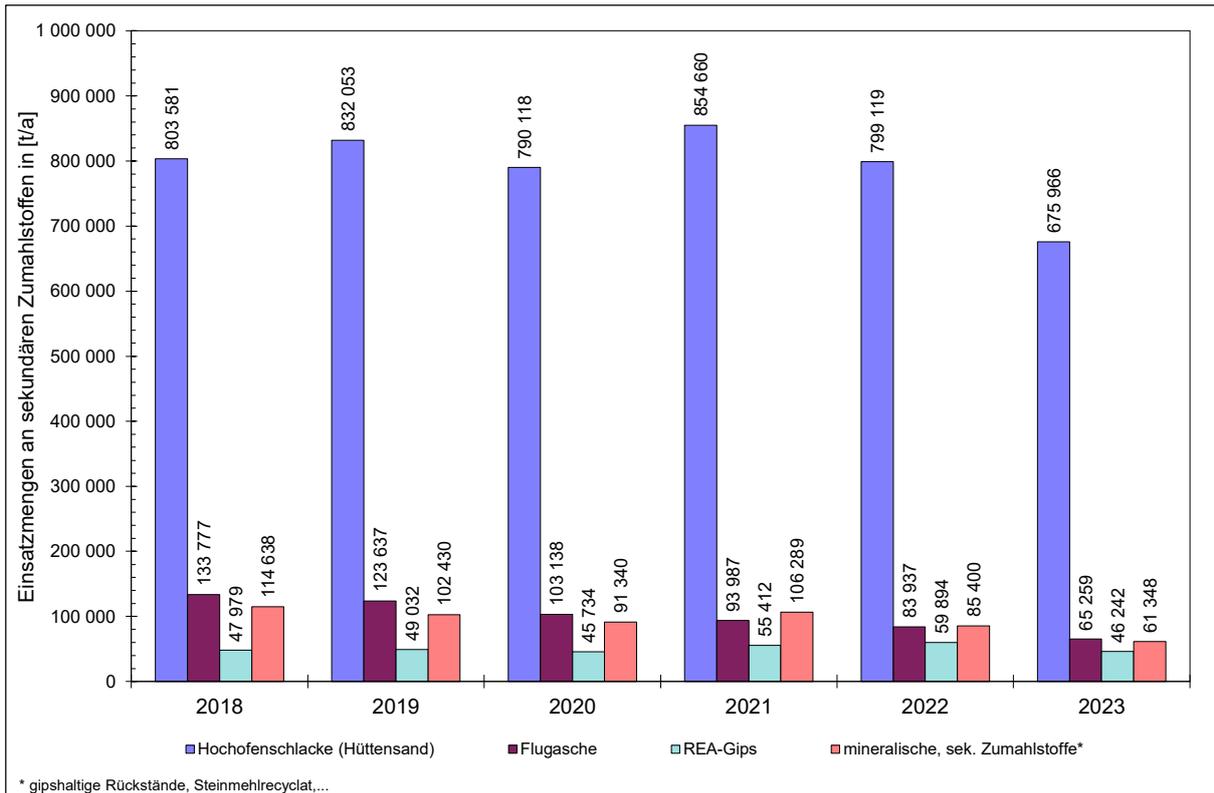


Abbildung 3-19: Einsatzmengen sek. Zumahlstoffe in der österreichischen Zementindustrie (2018 - 2023, ohne Mahlwerke)

### 3.5 Emissionsstatistik

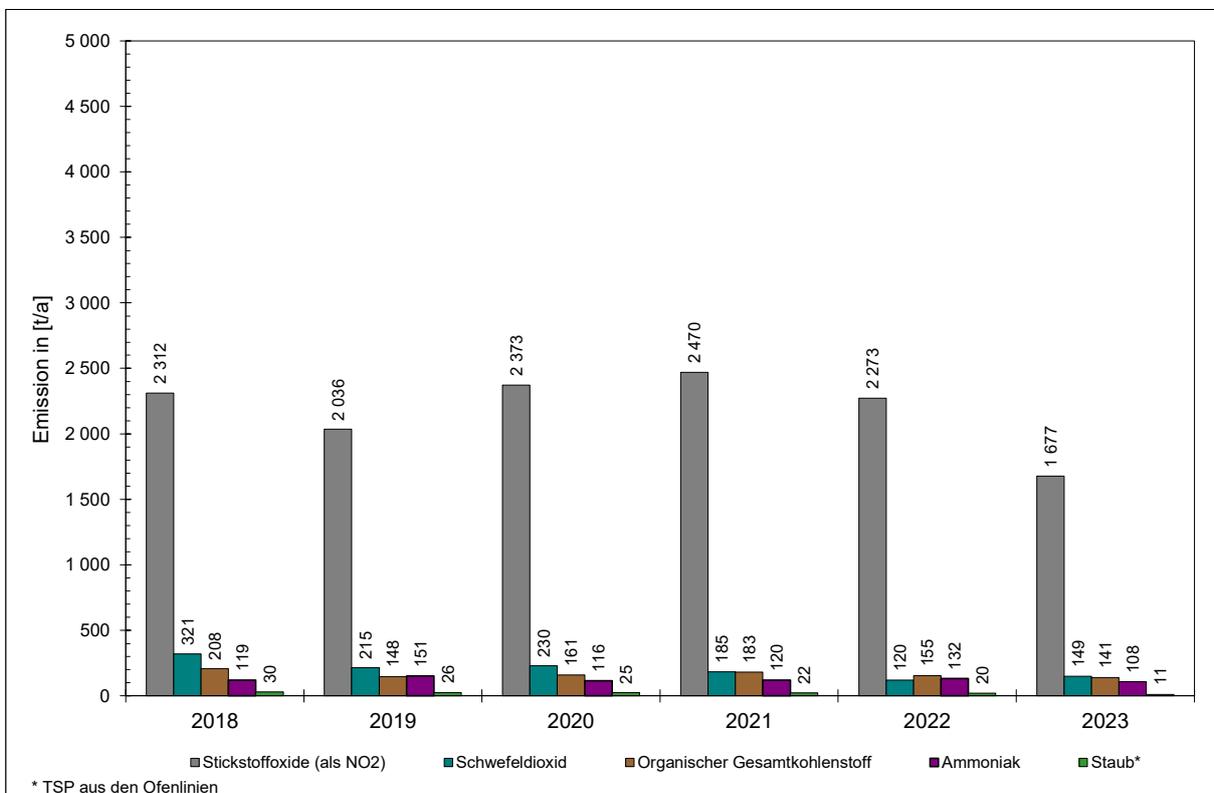


Abbildung 3-20: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO<sub>2</sub>), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2018 bis 2023

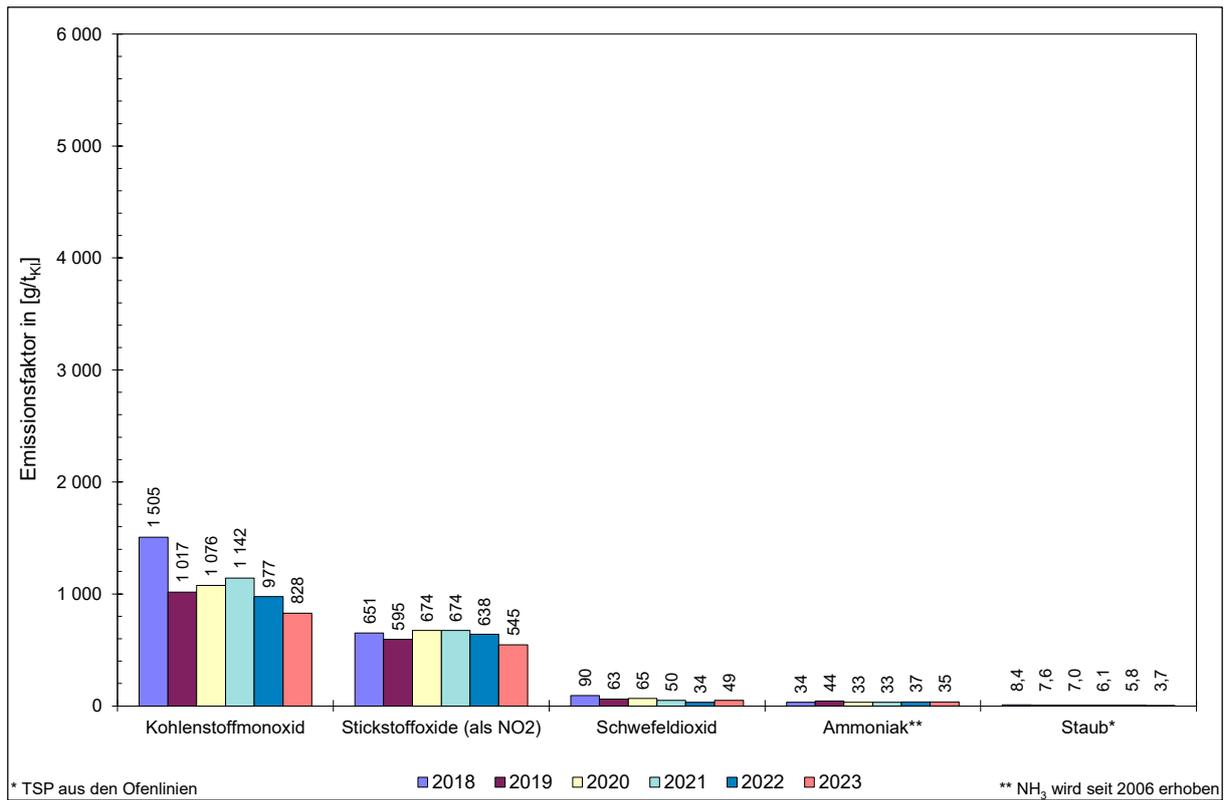


Abbildung 3-21: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2018 - 2023, ohne Mahlwerke)

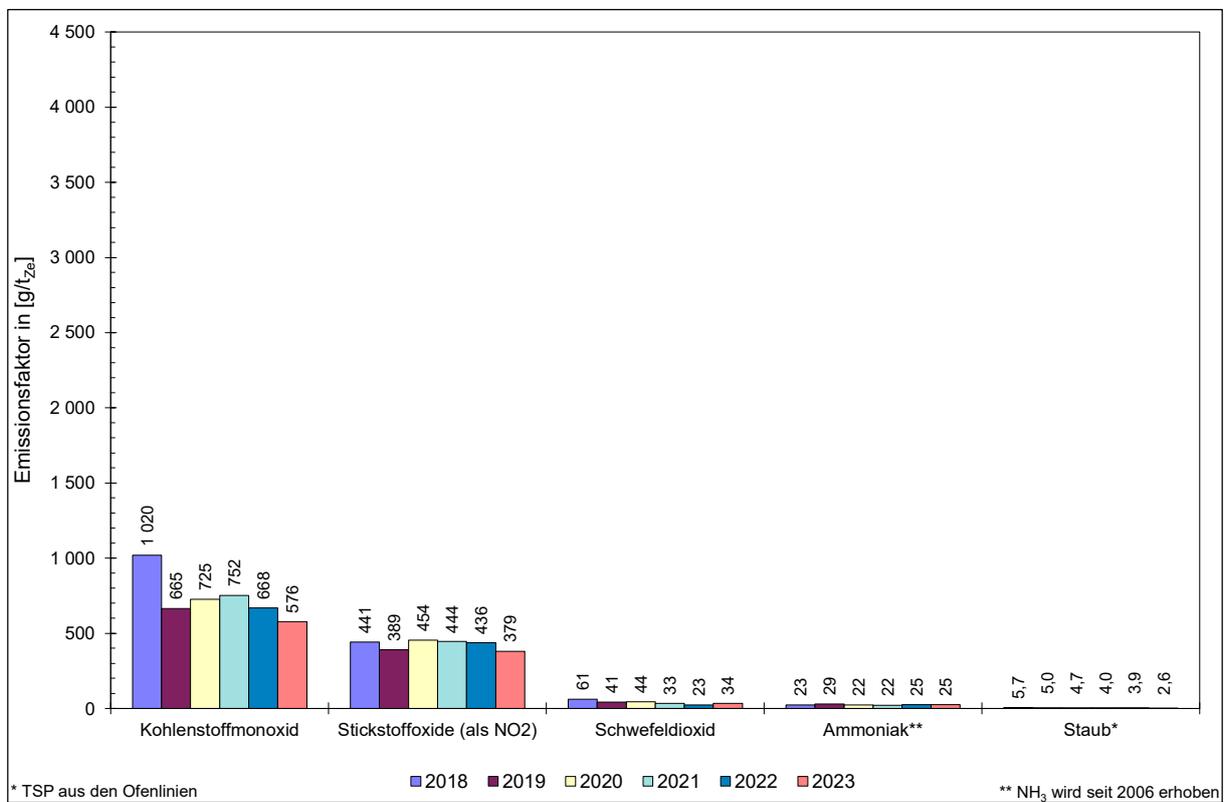


Abbildung 3-22: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2018 - 2023, ohne Mahlwerke)

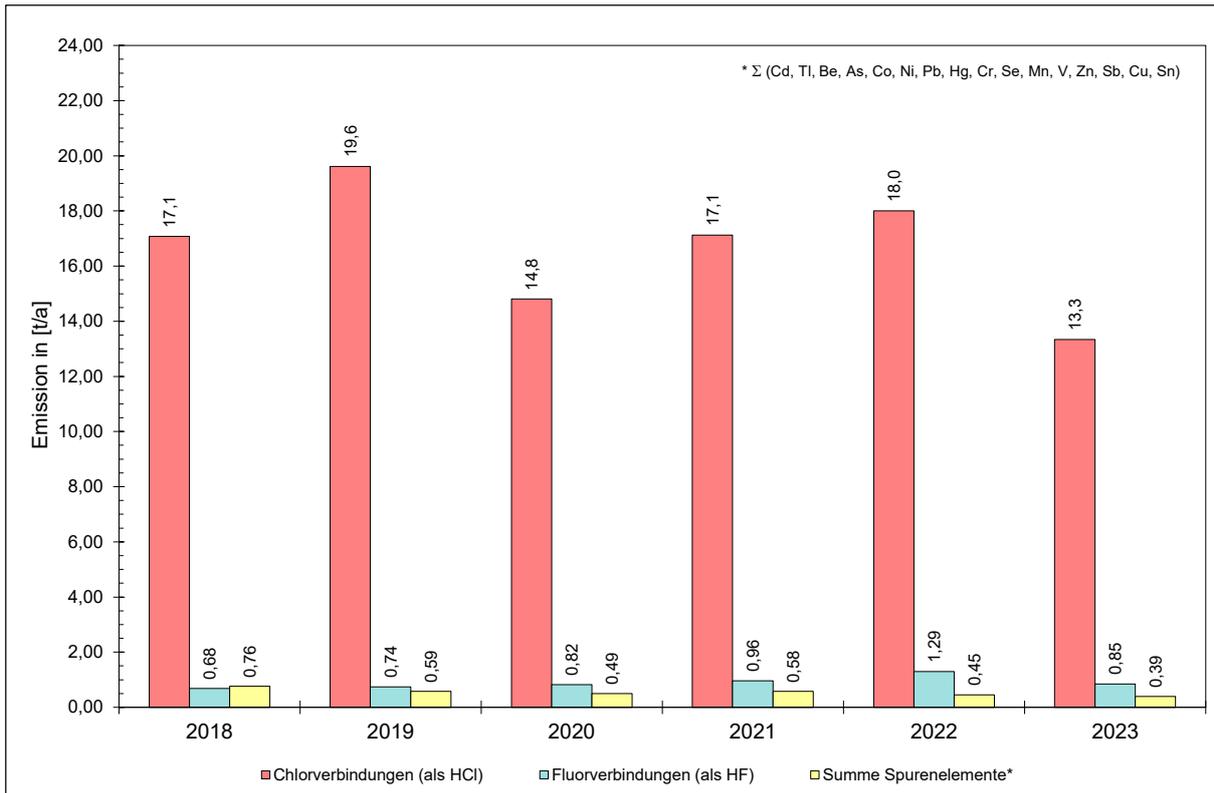


Abbildung 3-23: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an chlor- und fluorhaltigen Verbindungen (ausgewiesen als HCl bzw. HF) sowie der jährlichen Gesamtemissionen an Spurenelementen jeweils für den Zeitraum 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke)

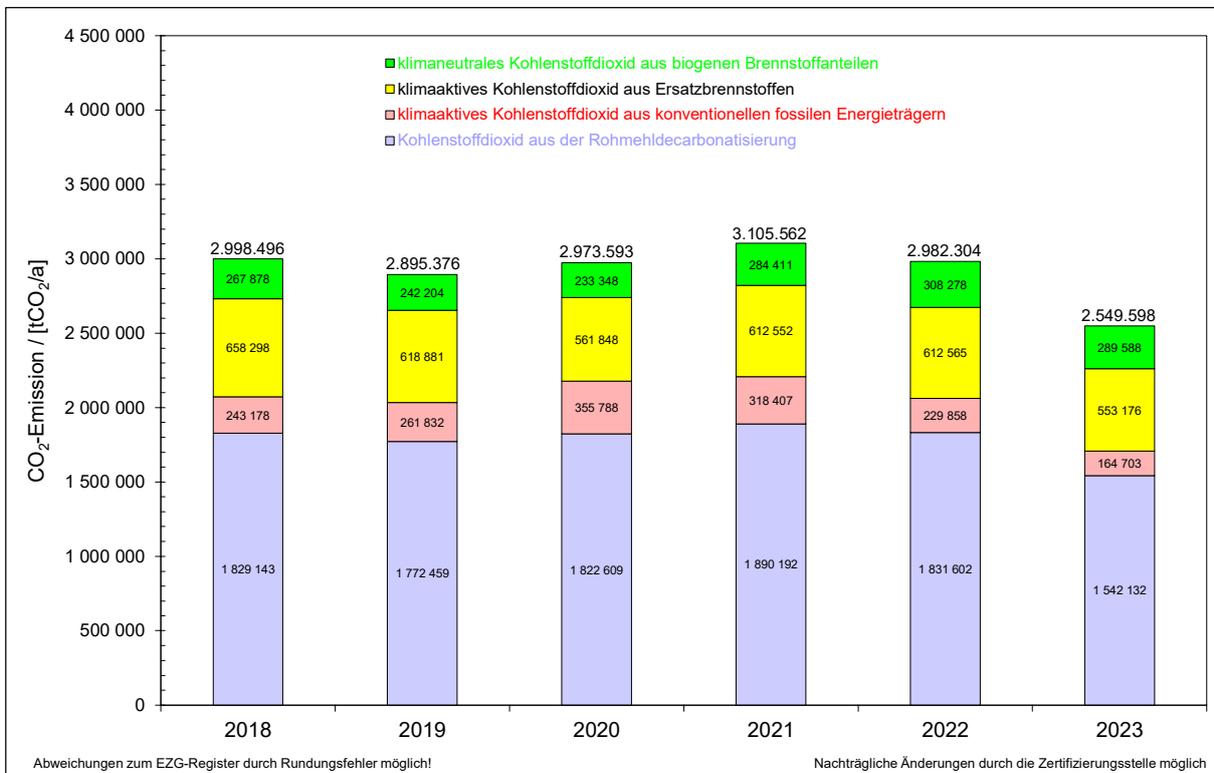


Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (nach EZG).

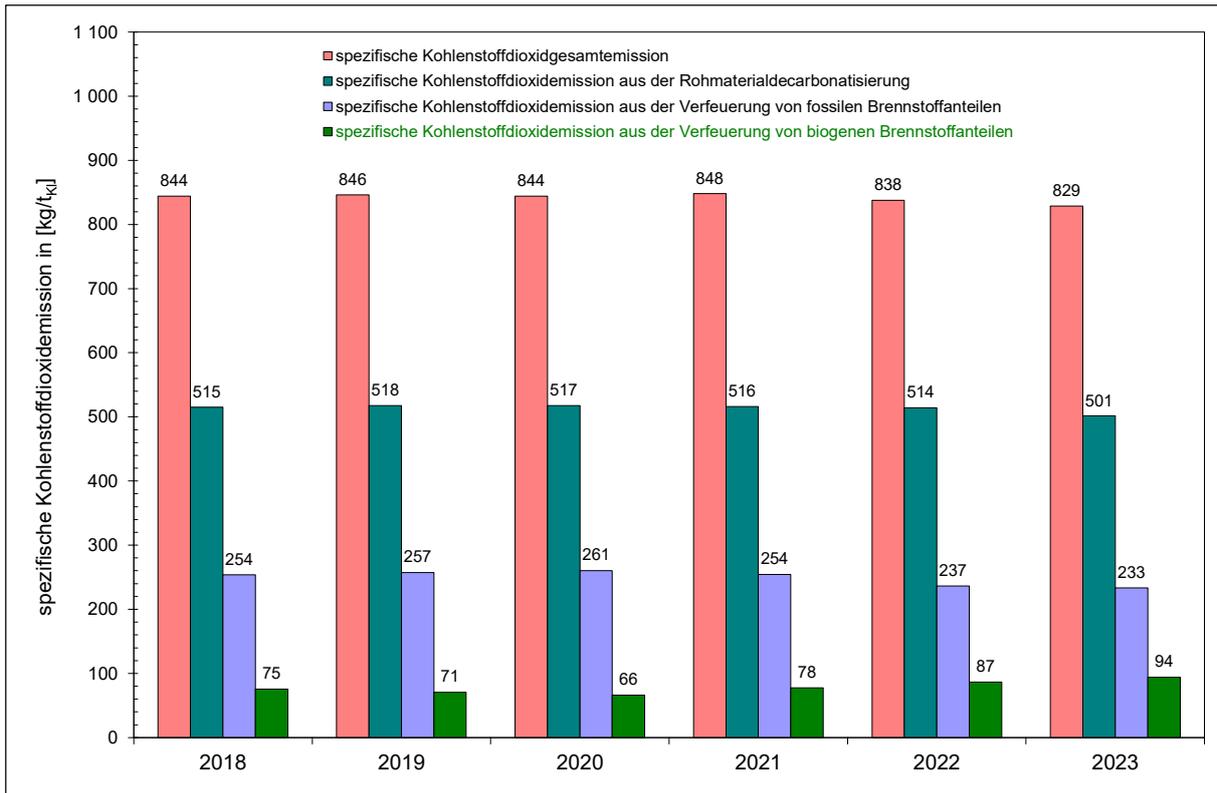


Abbildung 3-25: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (mit biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (nach EZG).

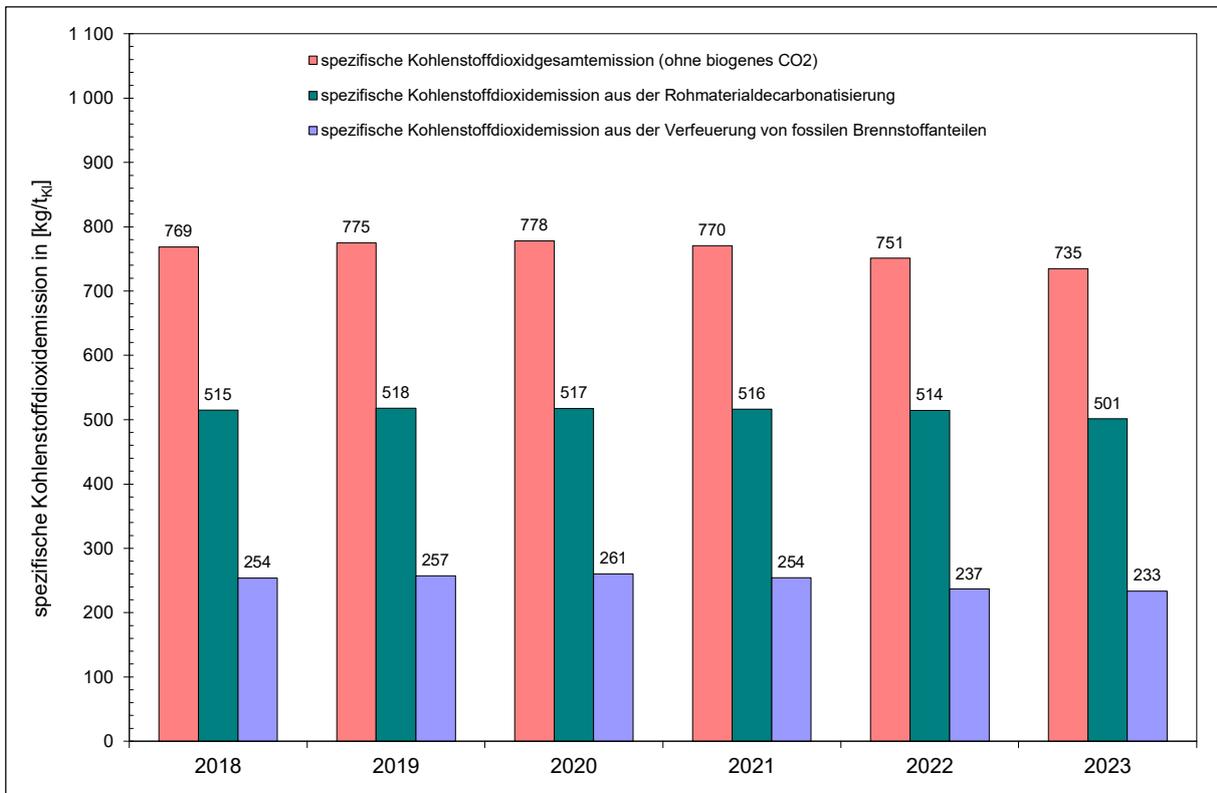


Abbildung 3-26: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (ohne biogene CO<sub>2</sub>-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (nach EZG).

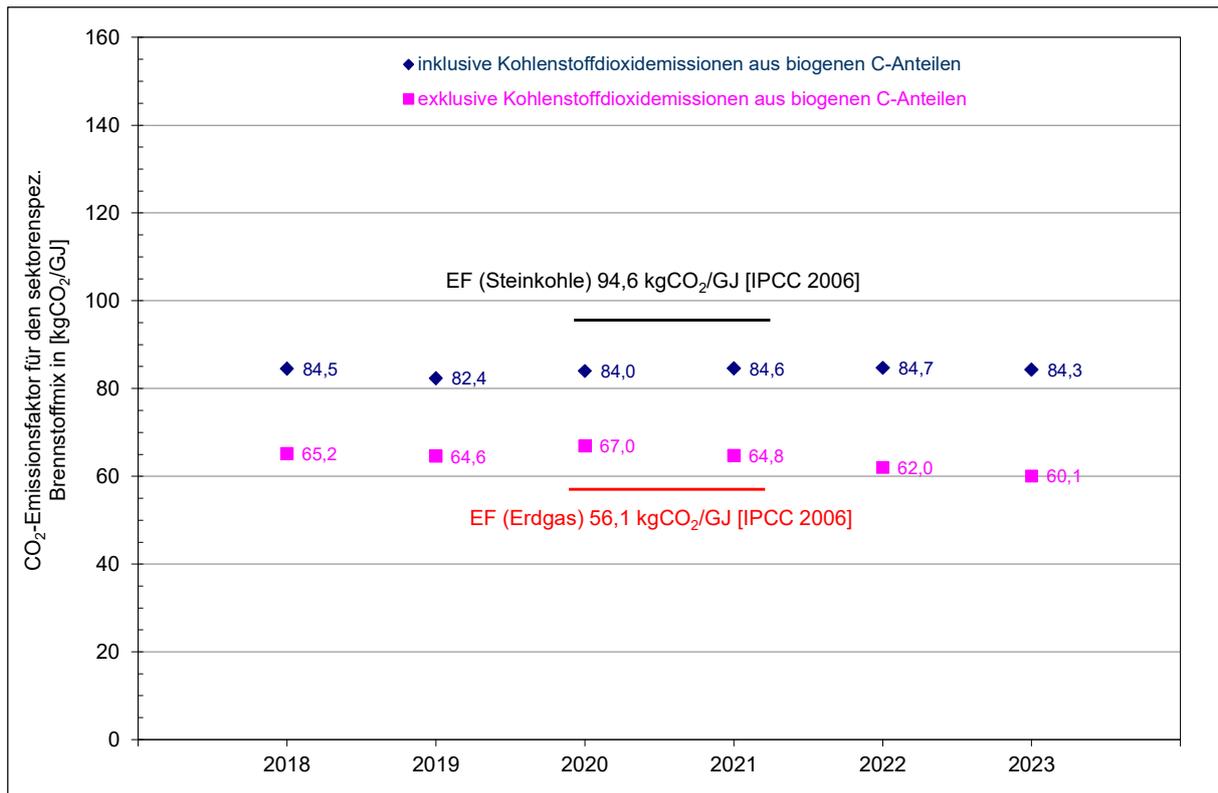


Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO<sub>2</sub>-Emissionen (Emissionsfaktor EF) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (nach EZG)

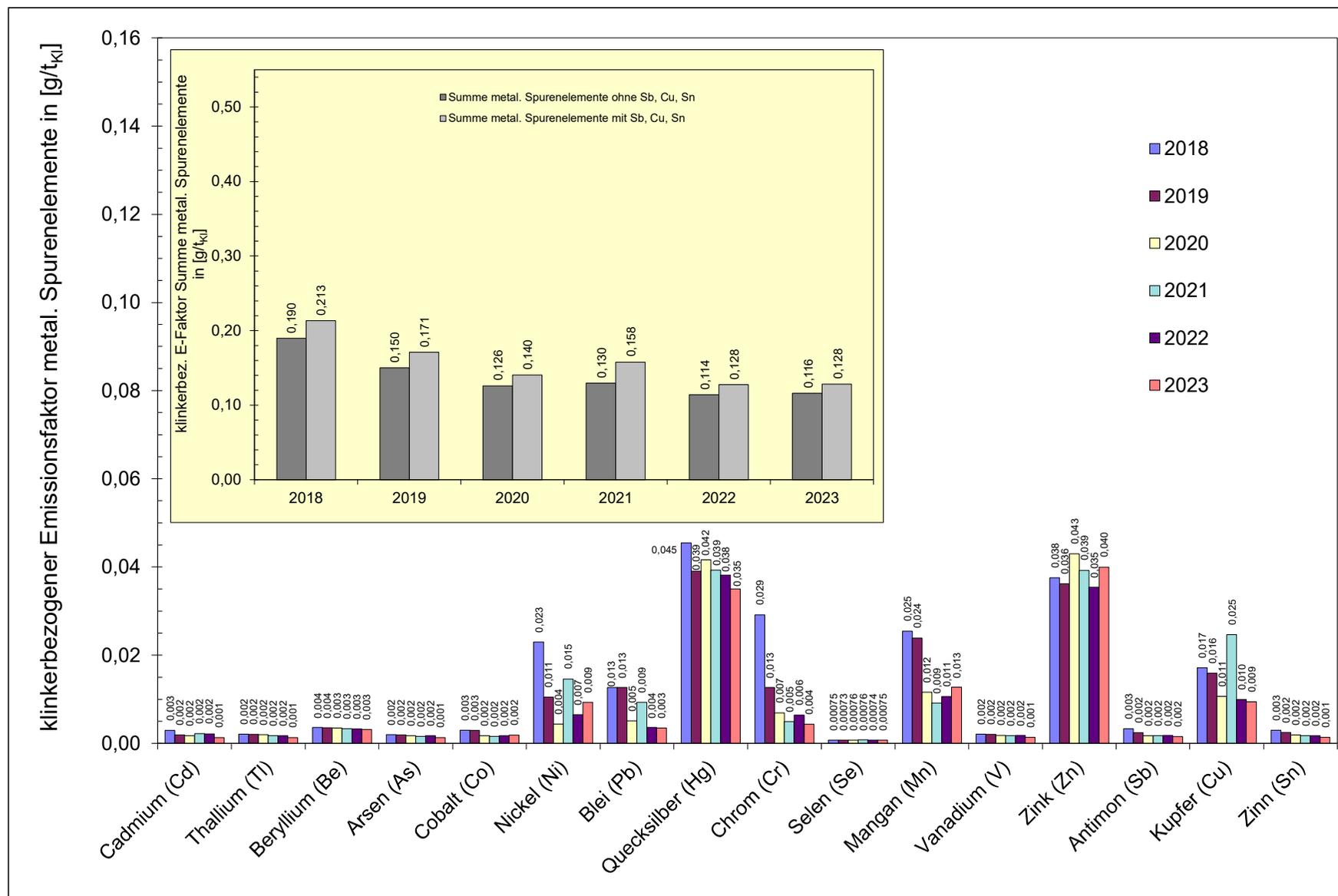


Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2018 bis 2023

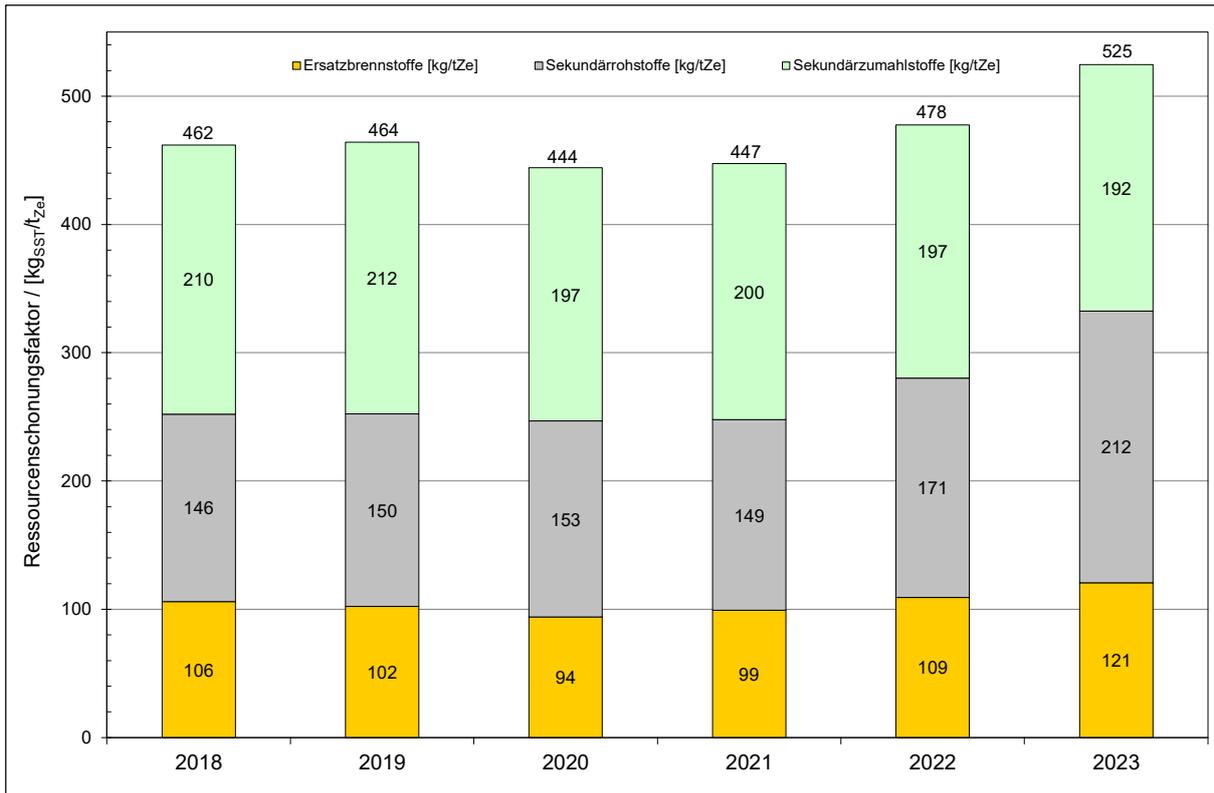


Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2018 bis 2023

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

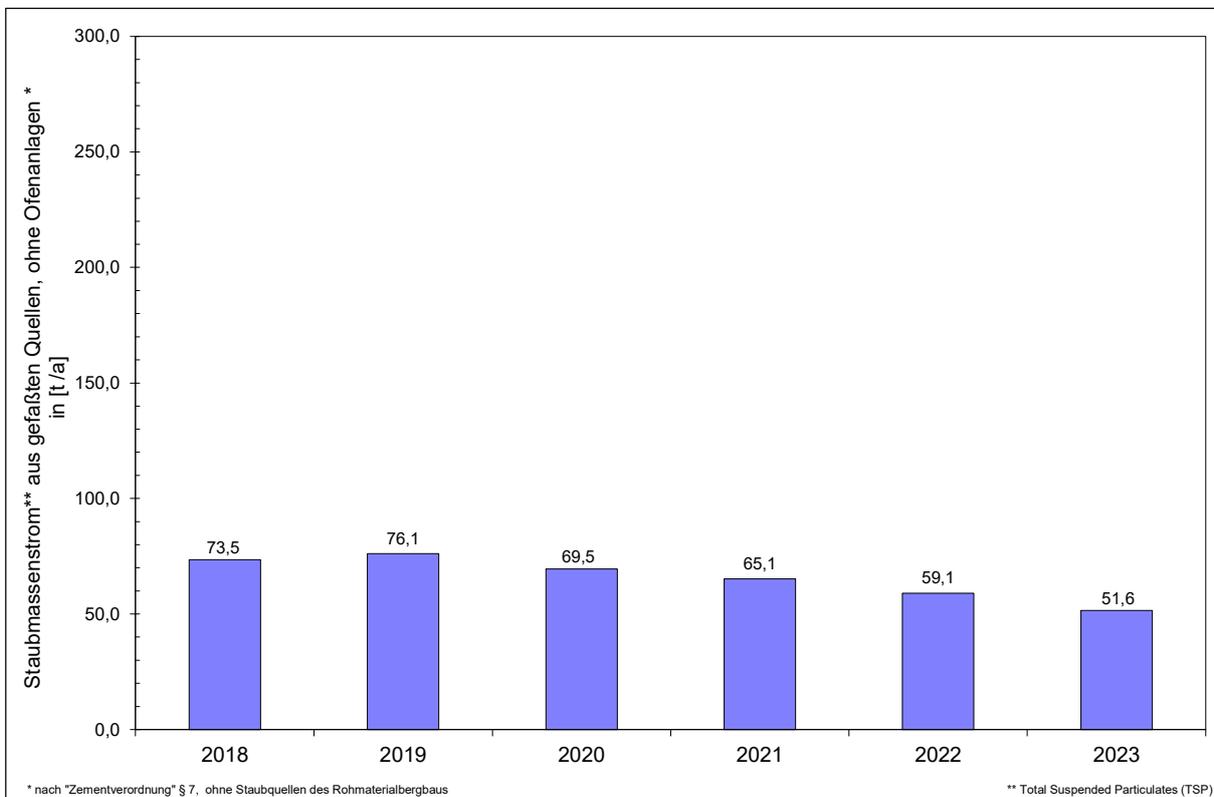


Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgen. Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

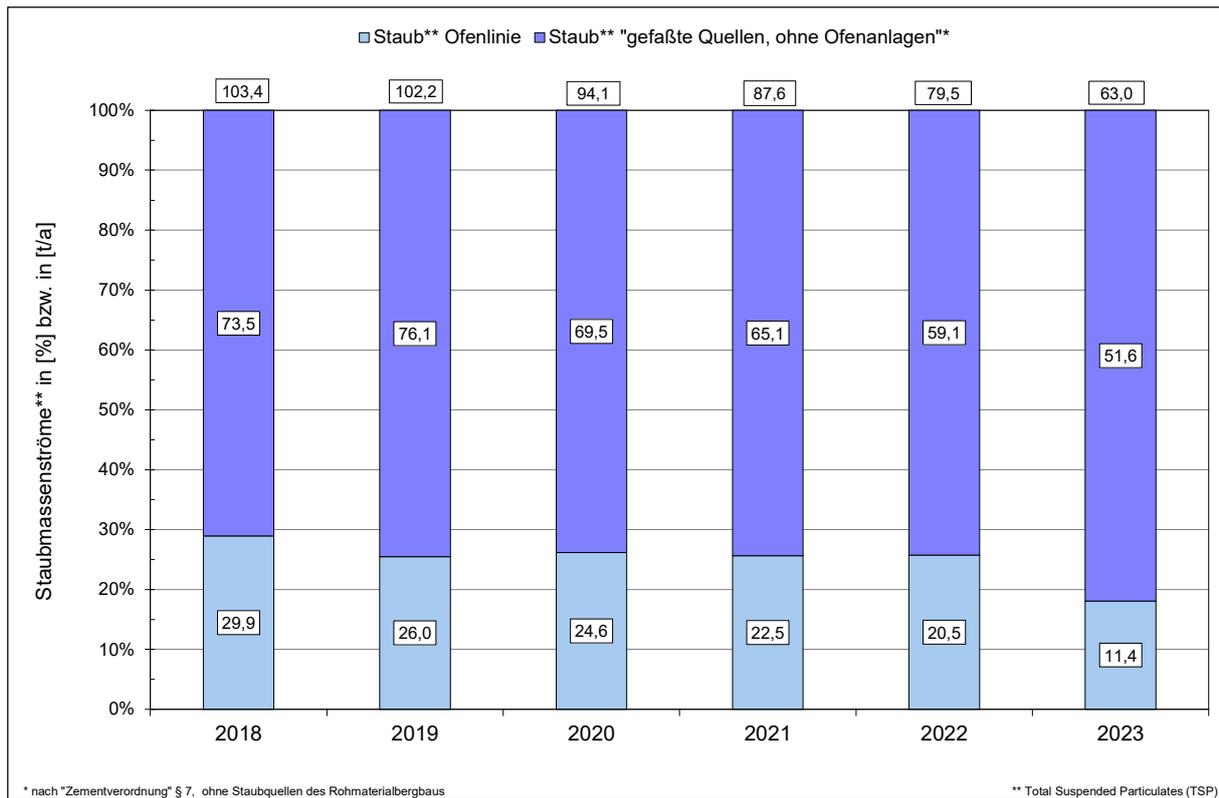


Abbildung 3-31: staubförmige Emissionen unter Berücksichtigung von Staubemissionen aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023

## 4 Kurzkomentar zu den Ergebnissen

### 4.1 Anlage- und Produktionsdaten

Kennzahl	2022		2023	
		[%]		[%]
installierte Klinkerkapazität [t/a]	5 413 400		5 413 400	
		100,00		0,00
Rohmehleinsatz [t/a]	5 433 926		4 726 459	
		100,00		-13,02
Klinkerproduktion [t/a]	3 560 071		3 075 996	
		100,00		-13,60
Zementproduktion [t/a]	5 208 771		4 418 555	
		100,00		-15,17
Ofenbetriebsstunden <sup>a)</sup> [h <sub>OB</sub> /a]	57 647,5		52 976,0	
<sup>a)</sup> alle Drehrohfenbetriebszustände		100,00		-8,10
Rohmehlfaktor [t <sub>Rm</sub> /t <sub>Kl</sub> ]	1,526		1,537	
		100,00		0,67
Klinkerfaktor <sup>b)</sup> [t <sub>Kl</sub> /t <sub>Ze</sub> ]	0,693		0,684	
<sup>b)</sup> = Klinkerverbrauch/Zementproduktion		100,00		-1,34
spezifischer thermischer Energieeinsatz [GJ/t <sub>Kl</sub> ]	3,815		3,884	
		100,00		1,82
spezifischer elektrischer Energieeinsatz [kWh/t <sub>Ze</sub> ]	115,734		121,033	
		100,00		4,58
Klinkerbrandfaktor [t <sub>Kl</sub> /h <sub>OB</sub> ]	61,756		58,064	
		100,00		-5,98
Abgasfaktor <sup>c)</sup> [m <sup>3</sup> (Vn)/h <sub>OB</sub> ]	165 939		158 289	
<sup>c)</sup> nicht auf 10 Vol.-% O <sub>2</sub> bezogen		100,00		-4,61
spezifische Abgasmenge <sup>d)</sup> [m <sup>3</sup> (Vn)/t <sub>Kl</sub> ]	2 687		2 726	
<sup>d)</sup> nicht auf 10 Vol.-% O <sub>2</sub> bezogen		100,00		1,46
Anteil Ersatzbrennstoffe am thermischen Gesamtenergieeinsatz [%]	81,46		84,74	
		100,00		4,02
Ressourcenschonungsfaktor <sup>e)</sup> [kg/t <sub>Ze</sub> ]	477,7		524,6	
<sup>e)</sup> Ersatzstoffmenge bei der Produktion 1 t Zement		100,00		9,81

Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2023 mit 2022

Die Anlagen der österreichischen Zementindustrie verfügten im Jahresvergleich 2023 mit 2022 über eine unverändert gebliebene installierte Klinkerkapazität von ca. 5.413.400 t/a (Tabelle 4-1).

Die Produktionsmenge an Klinker verringerte sich im Jahr 2023 gegenüber 2022 von ca. 3,56 Millionen Tonnen um ca. 13,6 % auf ca. 3,08 Millionen Tonnen.

Die Produktionsmenge an Zement verringerte sich im Jahresvergleich 2022 mit 2023 von ca. 5,21 Millionen Tonnen um ca. 15,2 % auf ca. 4,42 Millionen Tonnen.

Der Klinkerfaktor verringerte sich im Jahresvergleich 2022 mit 2023 von 0,693 t<sub>Kl</sub>/t<sub>Ze</sub> um ca. 1,3 % auf 0,684 t<sub>Kl</sub>/t<sub>Ze</sub>.

Die Anzahl an Ofenbetriebsstunden verringerte sich im Jahresvergleich 2022 mit 2023 von 57.647,5 um ca. 8,1 % auf 52.976,0 Stunden.

Der Klinkerbrandfaktor verschlechterte sich von ca. 61,8 t<sub>Kl</sub>/h<sub>OB</sub> im Jahr 2022 um ca. 6,0 % auf ca. 58,1 t<sub>Kl</sub>/h<sub>OB</sub> im Jahr 2023.

Für die Produktion einer Tonne Klinker wurde im Jahr 2023 mit ca. 3,88 GJ um ca. 1,8 % mehr thermische Energie (Brennstoffwärmeverbrauch) eingesetzt als im Jahr 2022 mit ca. 3,82 GJ.

Für die Produktion einer Tonne Zement wurde im Jahr 2023 mit ca. 121,0 kWh um ca. 4,6 % mehr elektrische Energie verwendet als im Jahr 2022 mit ca. 115,7 kWh.

Die auf die Tonne produzierten Klinker bezogene spezifische Abgasmenge vergrößerte sich von ca. 2.687 m<sup>3</sup>(Vn) im Jahr 2022 um ca. 1,5 % auf ca. 2.726 m<sup>3</sup>(Vn) im Jahr 2023.

Der Anteil von Brennstoffwärmemenge aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen am thermischen Gesamtenergieeinsatz, erhöhte sich von ca. 81,46 % im Jahr 2022 auf ca. 84,74 % im Jahr 2023, entsprechend einer Erhöhung um ca. 4,0 %.

Im Jahresvergleich 2023 mit 2022 vergrößerten sich die Einsatzmengen an Ersatzstoffen (i.e. Ersatzbrennstoffe, Sekundärrohstoffe, Sekundärzumahlstoffe), die für die Produktion einer Tonne Zement verwendet wurden (Ressourcenschonungsfaktor) von ca. 477,7 kg um ca. 9,8 % auf ca. 524,6 kg.

Aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie wurden im Jahr 2023 mit ca. 188,9 TJ um ca. 0,4 % weniger Wärme an externe Verbraucher ausgekoppelt als im Jahr 2022 mit ca. 189,6 TJ (Abbildung 3-12, Seite 13). Somit entsprach die ausgekoppelte Wärmemenge an externe Verbraucher im Jahr 2023 ca. 1,6 % des jährlichen thermischen Gesamtenergieeinsatzes der österreichischen Zementindustrie von ca. 11.949 TJ (Tabelle 3-1, Seite 7).

## 4.2 Emissionen

### 4.2.1 Schadstoffe

Emissionsfaktor	2022		2023	
	[g/t <sub>k</sub> ]	[%]	[g/t <sub>k</sub> ]	[%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	5,75		3,70	
		100,00		-35,61
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	638,50		545,13	
		100,00		-14,62
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	33,79		48,57	
		100,00		43,75
Summe metallische Spurenelemente Σ(Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)	0,127505		0,128210	
		100,00		0,55
chlorhaltige Verbindungen (als HCl)	5,058		4,338	
		100,00		-14,25
fluorhaltige Verbindungen (als HF)	0,363		0,277	
		100,00		-23,75
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	43,511		45,681	
		100,00		4,99
Kohlenstoffmonoxid (CO)	977,1		827,8	
		100,00		-15,28
Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ) (inklusive klimaneutrales CO <sub>2</sub> )	837 709		828 869	
		100,00		-1,06

Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2023 bezogen auf 2022

Im Jahresvergleich 2023 mit 2022 verbesserten sich die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t<sub>k</sub>] für Staub, fluorhaltige Verbindungen, Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffoxide (berechnet als NO<sub>2</sub>), chlorhaltige Verbindungen und Kohlenstoffdioxid (inklusive „klimaneutrales“ Kohlenstoffdioxid). Hingegen verzeichneten die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t<sub>k</sub>] für Schwefeldioxid, organischer Gesamtkohlenstoff und Summe metallischer Spurenelemente (Σ (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)) Verschlechterungen (Tabelle 4-2).

#### 4.2.2 Metallische Spurenelemente

Es konnten im Jahresvergleich 2023 mit 2022 bei elf metallischen Spurenelementen (Cd, Cr, As, Tl, V, Sn, Sb, Hg, Cu, Pb und Be) Verbesserungen bei den klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t<sub>kl</sub>] verzeichnet werden (Tabelle 4-3).

Bei fünf metallischen Spurenelementen (Ni, Mn, Zn, Co und Se) haben sich im Jahresvergleich 2023 mit 2022 die klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t<sub>kl</sub>] verschlechtert (Tabelle 4-3).

Insgesamt betrachtet, verschlechterte 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. 0,1275 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2022 um ca. 0,6 % auf ca. 0,1282 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2023 (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor für die Summe der ausgewählten metallischen Spurenelemente Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V und Sn verschlechterte sich von ca. 0,0460 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2022 um ca. 1,7 % auf ca. 0,0467 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2023 (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor für die Summe der beiden metallischen Spurenelemente Cd und Tl verbesserte sich von ca. 0,0039 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2022 um ca. 34,0 % auf ca. 0,0026 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2023 (Tabelle 4-3).

metallische Spurenelement	2021 Emissionsfaktor [g/t <sub>kl</sub> ]	2022 Emissionsfaktor [g/t <sub>kl</sub> ]	2023 Emissionsfaktor [g/t <sub>kl</sub> ]	2023/2022 Änderung [%]	2023/2021 Änderung [%]
Cadmium (Cd)	0,002211	0,002177	0,001287	-40,90	-41,82
Thallium (Tl)	0,001746	0,001752	0,001307	-25,39	-25,14
Beryllium (Be)	0,003324	0,003246	0,003173	-2,26	-4,55
Arsen (As)	0,001616	0,001753	0,001287	-26,60	-20,38
Cobalt (Co)	0,001616	0,001753	0,001880	7,27	16,37
Nickel (Ni)	0,014616	0,006532	0,009318	42,63	-36,25
Blei (Pb)	0,009314	0,003571	0,003482	-2,49	-62,62
Quecksilber (Hg)	0,039256	0,038200	0,034989	-8,41	-10,87
Chrom (Cr)	0,004938	0,006420	0,004306	-32,93	-12,79
Selen (Se)	0,000764	0,000736	0,000753	2,29	-1,40
Mangan (Mn)	0,009160	0,010595	0,012698	19,85	38,62
Vanadium (V)	0,001756	0,001801	0,001400	-22,23	-20,23
Zink (Zn)	0,039252	0,035435	0,039982	12,83	1,86
Antimon (Sb)	0,001750	0,001817	0,001567	-13,73	-10,47
Kupfer (Cu)	0,024696	0,009950	0,009394	-5,59	-61,96
Zinn (Sn)	0,001730	0,001768	0,001389	-21,45	-19,75
<b>Summe o.g. metallische Spurenelemente</b>	<b>0,157745</b>	<b>0,127505</b>	<b>0,128210</b>	<b>0,55</b>	<b>-18,72</b>
$\Sigma$ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	0,071192	0,045959	0,046720	1,66	-34,37
$\Sigma$ (Cd, Tl)	0,003957	0,003929	0,002594	-33,98	-34,46

Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2023 bezogen auf 2022 bzw. 2021

### 4.2.3 Emissionskonzentrationen ausgewählter Schadstoffe

Es verschlechterten sich im Jahresvergleich 2023 mit 2022 die auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> im Abgas bezogenen - als Jahresmittelwerte ausgewiesenen – Emissionskonzentrationen u.a. für Schwefeldioxid, für organischen Gesamtkohlenstoff (TOC), für Summe metallischer Spurenelemente ( $\Sigma$  (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)) und für Summe metallischer Spurenelemente ( $\Sigma$  (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)) (Tabelle 4-4).

Im Jahresvergleich 2023 mit 2022 verbesserten sich die auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> im Abgas bezogenen - als Jahresmittelwerte ausgewiesenen - Emissionskonzentrationen u.a. für ofengängigen Staub, für Summe metallischer Spurenelemente ( $\Sigma$  (Cd, Tl)) und für Stickstoffoxide (berechnet als NO<sub>2</sub>) (Tabelle 4-4).

Emissionskonzentration (Jahresmittelwert, 10,0 Vol.-% O <sub>2</sub> )	2021 [mg/m <sup>3</sup> (Vn)tr.]	2022 [mg/m <sup>3</sup> (Vn)tr.]	2023 [mg/m <sup>3</sup> (Vn)tr.]	2023/2022 Änderung [%]	2023/2021 Änderung [%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	2,50	2,43	1,63	-33,13	-35,02
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	275,0	269,9	239,3	-11,34	-13,00
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	20,5	14,3	21,3	49,28	3,75
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	20,4	18,4	20,1	9,02	-1,64
$\Sigma$ (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)	0,064332	0,053895	0,056277	4,42	-12,52
$\Sigma$ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	0,029034	0,019427	0,020507	5,56	-29,37
$\Sigma$ (Cd, Tl)	0,001614	0,001661	0,001138	-31,45	-29,46

Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2023 bezogen auf 2022 bzw. 2021 (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 2018 bis 2023.....	7
3.) Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2023 mit 2022.....	27
4.) Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2023 bezogen auf 2022.....	28
5.) Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2023 bezogen auf 2022 bzw. 2021.....	29
6.) Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2023 bezogen auf 2022 bzw. 2021 (Jahresmittelwerte, 10,0 Vol.-% O <sub>2</sub> ).....	30

**6 Abbildungsverzeichnis**

1.) Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2023).....	5
2.) Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke).....	8
3.) Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023.....	8
4.) Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / $[t_{kl}/h_{OB}]$ in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023.....	9
5.) Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023.....	9
6.) Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023.....	10
7.) Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023.....	10
8.) Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023.....	11
9.) Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2023.....	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 2018 bis 2023.....	12
11.) Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2021, 2022 und 2023 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werksspezifischen Minimal- und Maximalwerten.....	12
12.) Abbildung 3-11: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2018 bis 2023.....	13
13.) Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2023.....	13
14.) Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2018 bis 2023.....	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 2018 bis 2023 .....	15
16.)	Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2018 bis 2023 .....	16
17.)	Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2018 bis 2023 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 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke) .....	18
19.)	Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke).....	18
20.)	Abbildung 3-19: Einsatzmengen sekundärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2018 bis 2023 (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 2018 bis 2023 .....	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 (2018 - 2023, 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 (2018 - 2023, 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 2018 bis 2023 (ohne Mahlwerke).....	21
25.)	Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (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 2018 bis 2023 (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 2018 bis 2023 (nach EZG).....	22
28.)	Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 (nach EZG) .....	23
29.)	Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2018 bis 2023 .....	24
30.)	Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2018 bis 2023 .....	25
31.)	Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2018 bis 2023 .....	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 2018 bis 2023 .....	26