

Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie

Berichtsjahr 2015



Gerd Mausitz
Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik
und Technische Biowissenschaften
Technische Universität Wien

Wien, im April 2016

Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie Berichtsjahr 2015

Gerd Mausnitz

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

Technische Universität Wien

Wien, im April 2016

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Problemstellung.....	2
2 Datenerfassung.....	3
2.1 Erfaßte Schadstoffe.....	3
2.2 Erfassungszeitraum.....	3
2.3 Erfaßte Anlagen.....	3
3 Ergebnisse, numerische und graphische Darstellungen.....	5
3.1 Produktionsstatistik.....	7
3.2 Brennstoffstatistik.....	8
3.3 Energiestatistik.....	9
3.4 Rohstoff- und Zuzugstoffstatistik.....	14
3.5 Emissionsstatistik.....	17
4 Kurzkomentar zu den Ergebnissen.....	25
4.1 Anlage- und Produktionsdaten.....	25
4.2 Emissionen.....	26
5 Tabellenverzeichnis.....	28
6 Abbildungsverzeichnis.....	28

Einleitung

Emissionsbilanzen für luftverunreinigende Stoffe ermöglichen das Ausmaß der Luftbelastung zu bewerten und helfen Konzepte zur Verminderung dieser Belastung zu entwickeln und diese umzusetzen. Sie stellen somit eine wichtige Orientierungshilfe für die Formulierung und Verfolgung von technischen und strategischen Zielen dar.

Der vorliegende Bericht informiert über pyrogene und prozeßspezifische Schadstofffreisetzungen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie für das Bilanzjahr 2015, berichtet über die damit im ursächlichen Zusammenhang stehenden Produktions- und Betriebsdaten und dokumentiert die Einsätze an thermischer und elektrischer Energie, die Verwertung von Ersatzbrennstoffen, die Verwendung von Altstoffen in Form der sekundären Rohstoffe und der sekundären Zumahlstoffe und beschreibt infolge den Entlastungsbeitrag der österreichischen Zementindustrie im Bereich der natürlichen Ressourcen.

Mit dem von unabhängiger dritter Seite erstellten Bericht über das Bilanzjahr 2015 liegt nunmehr eine Zeitreihe von regelmäßig veröffentlichten Emissionsbilanzen vor, die bis in das Jahr 1988 zurückreicht.

1 Problemstellung

Die vorliegende Emissionsbilanz wird mit dem Ziel in Angriff genommen alle relevanten Schadstoffe, die durch Anlagen der österreichischen Zementindustrie mit Ofenbetrieb im Jahr 2015 freigesetzt wurden, zu erfassen.

Die Emissionsinventur soll ferner über

- Produktionsdaten,
- Einsatzmengen an konventionellen Energieträgern,
- Einsatzmengen an Ersatzbrennstoffen,
- thermischen und elektrischen Energieverbrauch,
- Einsatzmengen an Primärrohstoffen,
- Einsatzmengen an Primärzumahlstoffen,
- Einsatzmengen an Sekundärrohstoffen,
- Einsatzmengen an Sekundärzumahlstoffen,

berichten.

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

Zu Vergleichszwecken soll die Emissionsinventur 2015 um die Bilanzjahre 2010 bis 2014 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 CO ₂
Stickstoffoxide (als NO ₂)	Thallium (Tl)	pyrogenes CO ₂
Schwefeldioxid (SO ₂)	Beryllium (Be)	
Chlorverbindungen (als HCl)	Arsen (As)	
Fluorverbindungen (als HF)	Cobalt (Co)	
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	Nickel (Ni)	
Kohlenmonoxid (CO)	Blei (Pb)	
Ammoniak (NH ₃)***	Quecksilber (Hg)	
	Chrom (Cr)	
	Selen (Se)	
	Mangan (Mn)	
	Vanadium (V)	
	Zink (Zn)	
	Antimon (Sb)**	
	Kupfer (Cu)**	
	Zinn (Sn)**	
* gasförmig und/oder partikelgebunden *** NH ₃ wird seit 2006 erhoben ** Sb, Cu und Sn werden seit 2000 erhoben		

Tabelle 2-1: erfasste Schadstoffe

2.2 Erfassungszeitraum

Die Emissionsinventur wurde für das Bilanzjahr 2015 erstellt und zu Vergleichszwecken mit den entsprechenden Daten für 2010 bis 2014 ergänzt.

2.3 Erfasste Anlagen

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

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

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

Anlagenspiegel mit 31.12.2015										
Betreiber	Standort	Ofentechnik	Klinkerkühler	Zementmühlen	Abgasentstaubung / Entschwefelung	SNCR	SCR	SO ₂ -Abgas-Wäsche	Hg-Minderung	RTO
Zementwerk Leube GmbH	Gartenau	5-stufiger WT- DO mit Brennkammer und Kalzinator	Pendelrostkühler	2 KM	DO, KÜ, RM4 und RM5 in Schlauchfiltern	✓				
Zementwerk Hatschek GmbH	Gmunden	5-stufiger WT- DO	Satellitenkühler	3 KM	DO und KÜ in 2 E- Entstaubern in Serie	✓				
Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H.	Kirchdorf	4-stufiger WT- DO mit Kalzinator	Pendelrostkühler	2 KM	DO und 2 MTA mit Schlauchfilter, KÜ mit E- Entstauber	(✓)	✓*			✓*
Lafarge Zementwerke GmbH	Mannersdorf	5-stufiger 2- strangiger WT- DO mit Kalzinator	2- teiliger Rostkühler	2 KM	DO mit Schlauchfilter, KÜ mit E- Entstauber	(✓)	✓			
w&p Zement GmbH	Peggau	Lepolverfahren	Rostkühler	3 KM	DO und KÜ im Schlauchfilter	✓				
Lafarge Zementwerke GmbH	Retznei	4- stufiger WT- DO	Horizontalrostkühler	2 KM	E- Entstauber, Alkalibypass mit Schlauchfilter	✓		✓		
Schretter & Cie GmbH & Co KG	Völs	4- stufiger WT- DO	Rostkühler	2 KM	DO mit Schlauchfilter, KÜ mit E- Entstauber	✓				
w&p Zement GmbH	Wietersdorf	5- stufiger WT- DO mit Kalzinator	Rostkühler	2 KM	DO und KÜ in einem Schlauchfilter	✓			✓**	
Wopfinger Baustoffindustrie GmbH	Wopfing	5- stufiger WT- DO mit Kalzinator	2- teiliger Rostkühler	KM+2 RP	DO in Schlauchfilter, Schlauchfilter für KÜ	✓				✓
Legende:		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	Mahltrocknungsanlage	WT- DO	Drehrohrofen mit Zyklonwärmetauscher						
	RM	Rohmühle								
* DeCONOX- Anlage (Kopplungsverfahren einer thermischen Nachverbrennungsanlage und einer SCR- DeNOx- Anlage) Versuchsbetrieb ohne SCR- DeNOx ab 27.08.2015; mit SCR- DeNOx ab 07.12.2015.										
** seit Mitte 2015 Betrieb einer Hg- Entfrachtungsanlage										

Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2015)

Seit April 2015 wird am Werksstandort Wietersdorf der *w&p Zement GmbH* zur Minderung von Quecksilberemissionen ausgeschleuste Filterstäube von Quecksilber thermisch entfrachtet und dieses anschließend adsorptiv gebunden.

Seit August 2015 befindet sich am Werksstandort Kirchdorf/Krems der *Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H.* ein Kopplungsverfahren, bestehend aus einer thermischen Nachverbrennungsanlage und einer SCR-DeNOx-Anlage im Versuchsbetrieb, die Kohlenstoffmonoxid und organische Reststoffe im Abgasstrom thermisch nachverbrennt und seit Dezember 2015 Stickstoffoxide im Abgasstrom einer katalytischen Reduktion unterzieht.

3 Ergebnisse, numerische und graphische Darstellungen

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

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

I Anlagendaten	
Anlagenzahl	Österreichweit waren 2015 (2014) 2 (2) Lepolöfen mit 418.000 (418.000), 3 (3) WT-DO mit 1.385.000 (1.385.000) sowie 6 (6) WT-DO + Kalzinator mit 3.495.900 (3.495.900) t/a betriebsbereit.
Klinkerkapazität / [t/a]	Mit der 2015 (2014) installierten Gesamtanlagenkapazität von ca. 5.298.900 t/a (ca. 5.298.900 t/a) wurden die unter II angeführten Jahresmengen produziert.

II Produktionsdaten		2010			2011			2012			2013			2014			2015		
Rohmehleinsatz	[t/a]	4.854.280			4.947.150			4.942.334			4.858.175			4.842.710			5.033.733		
Klinkerproduktion	[t/a]	3.097.043			3.175.642			3.206.055			3.156.286			3.143.495			3.256.561		
Zementproduktion	[t/a]	4.254.004			4.426.944			4.455.162			4.384.876			4.434.531			4.611.810		
Ofenbetriebsstunden ^{a)}	[h _{OB} /a]	54.787,0			53.139,5			54.270,5			53.857,5			54.888,0			56.412,0		
Rohmehlfaktor	[t _{Rm} /t _K]	1,567			1,558			1,542			1,539			1,541			1,546		
(korrigierter*) Klinkerfaktor	[t _K /t _{zB}]	0,710*	0,728		0,695*	0,717		0,703*	0,720		0,702*	0,720		0,698*	0,709		0,702*	0,706	

III Konventionelle Energieträger (KET)		2010			2011			2012			2013			2014			2015		
		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		30,50	55.710	1.699.209	30,28	39.292	1.189.811	30,00	42.210	1.266.287	29,39	34.233	1.006.012	29,85	29.918	893.122	30,27	28.825	872.592
B) Braunkohle		21,85	68.463	1.496.081	21,37	61.729	1.319.063	21,75	56.770	1.234.974	21,87	49.615	1.085.133	21,91	47.125	1.032.699	22,15	45.989	1.018.658
C) Heizöl L (0,2 m% S)		41,70	292	12.173	41,70	267	11.146	41,70	311	12.967	41,70	226	9.415	41,70	254	10.594	41,70	233	9.712
D) Heizöl M (0,6 m% S)			0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0
E) Heizöl S (1,0-3,5 m% S)		40,30	8.178	329.556	40,05	2.640	105.740	40,80	811	33.095	40,30	1.677	67.581	40,35	973	39.252	40,03	2.405	96.275
F) Erdgas ^{b)} / [1000m ³ (Vn)/a]; Hu / [MJm ⁻³ (Vn)]		36,00	4.178.825	150.438	36,00	4.473.472	161.045	36,00	4.543.215	163.556	36,00	2.619.287	94.294	36,00	1.872.866	67.423	36,00	1.867.632	67.235
J) Petrolkoks		32,90	20.969	689.780	34,16	35.845	1.224.554	33,79	30.325	1.024.828	30,76	31.465	967.791	31,14	29.543	919.938	31,08	27.946	868.661
G) sonstige (Heizöl EL, Anthrazit)		42,70	240	10.234	42,70	281	12.005	42,70	230	9.832	42,70	933	39.824	42,70	386	16.500	42,70	291	12.445
Summe KET			156.822	4.387.470		143.235	4.023.364		133.888	3.745.538		120.011	3.270.051		109.531	2.979.528		107.017	2.945.578

IV Ersatzbrennstoffe (EBS)		2010			2011			2012			2013			2014			2015		
		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		26,49	27.088	717.609	27,13	33.967	921.605	27,15	37.305	1.012.954	28,63	40.245	1.152.389	28,84	47.903	1.381.458	29,33	54.242	1.590.979
I) Kunststoffabfälle		22,52	203.211	4.576.023	20,51	233.317	4.784.866	19,53	273.733	5.346.966	19,16	277.909	5.325.577	19,82	293.502	5.816.551	19,40	304.221	5.900.871
K) Altöl		33,95	11.446	388.654	35,16	9.625	338.405	32,36	6.670	215.851	34,76	5.935	206.304	29,79	7.574	225.607	32,85	10.890	357.733
L) Lösungsmittel		24,61	11.351	279.344	24,13	14.959	360.964	24,09	16.420	395.618	22,48	17.370	390.480	24,23	16.696	404.510	25,42	19.756	502.179
M) landwirtschaftliche Rückstände		16,54	4.598	76.041	16,91	4.466	75.520	16,90	5.654	95.540	16,91	3.548	59.995	16,91	1.492	25.223	16,91	325	5.492
N) Papierfaserreststoff ⁽²⁾		4,58	37.872	173.430	4,90	34.604	169.440	4,56	36.800	167.745	4,72	46.967	221.844	5,06	38.778	196.217	4,85	42.227	204.779
O) sonstige		14,58	81.514	1.188.245	13,94	66.532	927.127	10,98	79.676	874.722	13,15	91.720	1.205.806	12,66	87.664	1.109.755	13,44	61.668	828.524
Summe EBS			377.081	7.399.346		397.470	7.577.927		456.259	8.109.396		483.694	8.562.395		493.609	9.159.320		493.329	9.390.558

V Thermischer Energieeinsatz***		2010			2011			2012			2013			2014			2015		
a) Σ Energieeinsatz KET	[GJ/h _{OB}]	80,1			75,7			69,0			60,7			54,3			52,2		
b) Σ Energieeinsatz EBS	[GJ/h _{OB}]	135,1			142,6			149,4			159,0			166,9			166,5		
Summe a) u. b)	[GJ/h _{OB}]	215,1			218,3			218,4			219,7			221,2			218,7		
EBS-Anteil an (III+IV)	[%]	62,78			65,32			68,41			72,36			75,45			76,12		
spez. therm. Energieeinsatz	[GJ/t _{Klinker}]	3,806			3,653			3,698			3,749			3,862			3,788		

VI Sekundärrohstoffe (SRS)		2010			2011			2012			2013			2014			2015		
diverse Schlacken **	[t/a]	41.984			33.222			43.993			30.223			35.855			47.079		
Gießereialtsand	[t/a]	16.581			17.407			24.776			25.770			31.868			27.957		
Summe SRS / sonstige SRS	[t/a]	462.670	404.105		453.374	402.745		620.606	551.836		663.189	607.196		680.941	613.218		610.816	535.781	

3.1 Produktionsstatistik

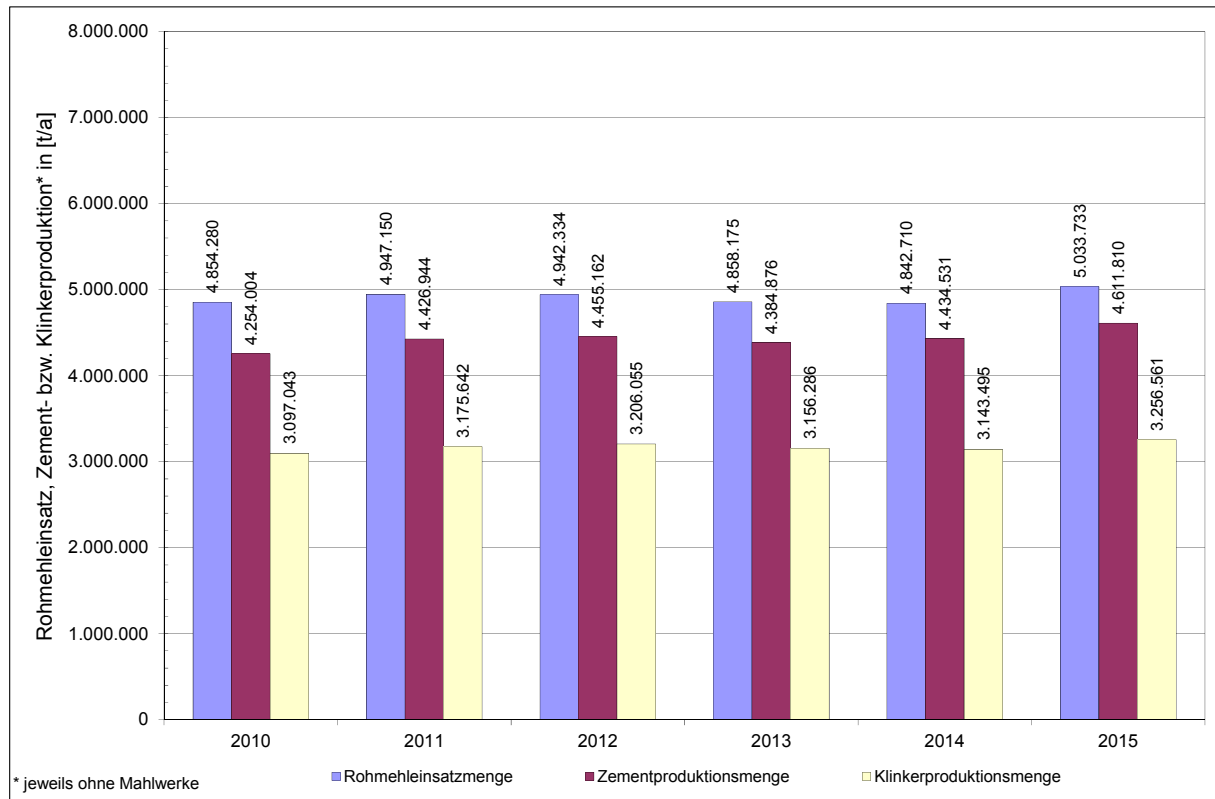


Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (ohne Mahlwerke)

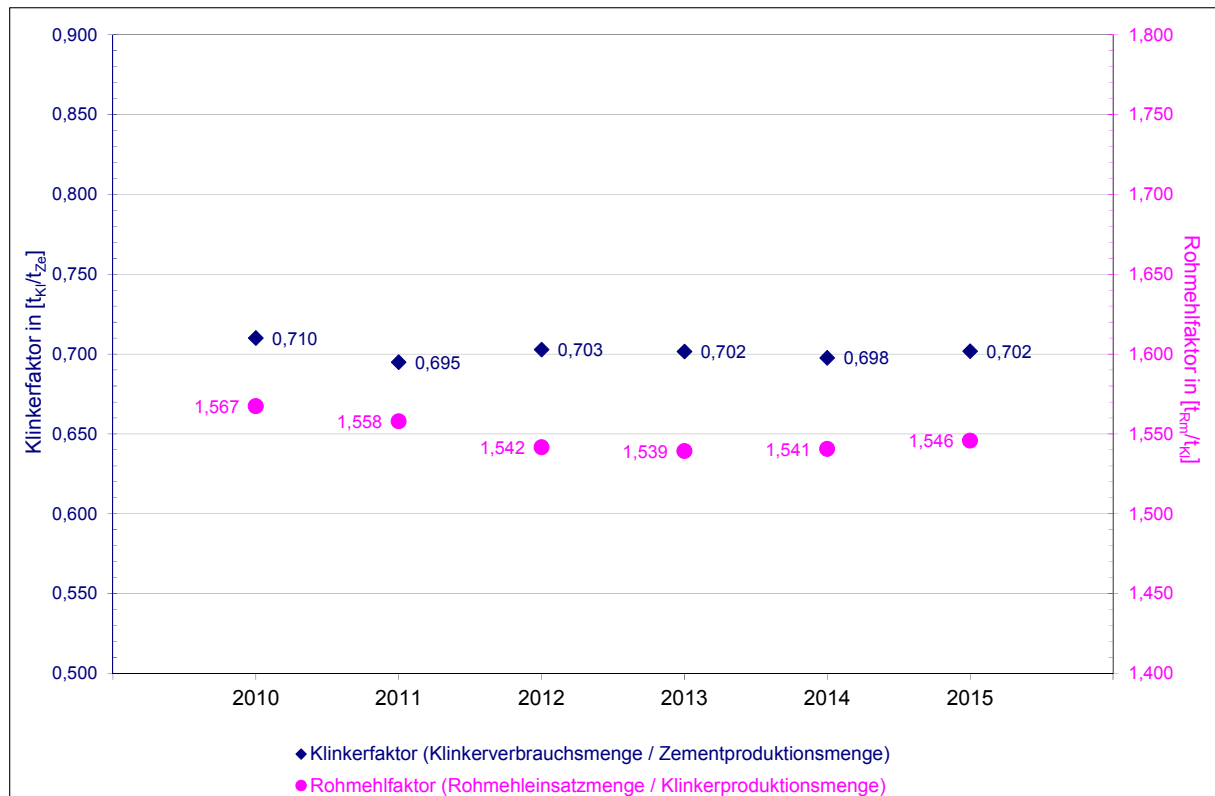


Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

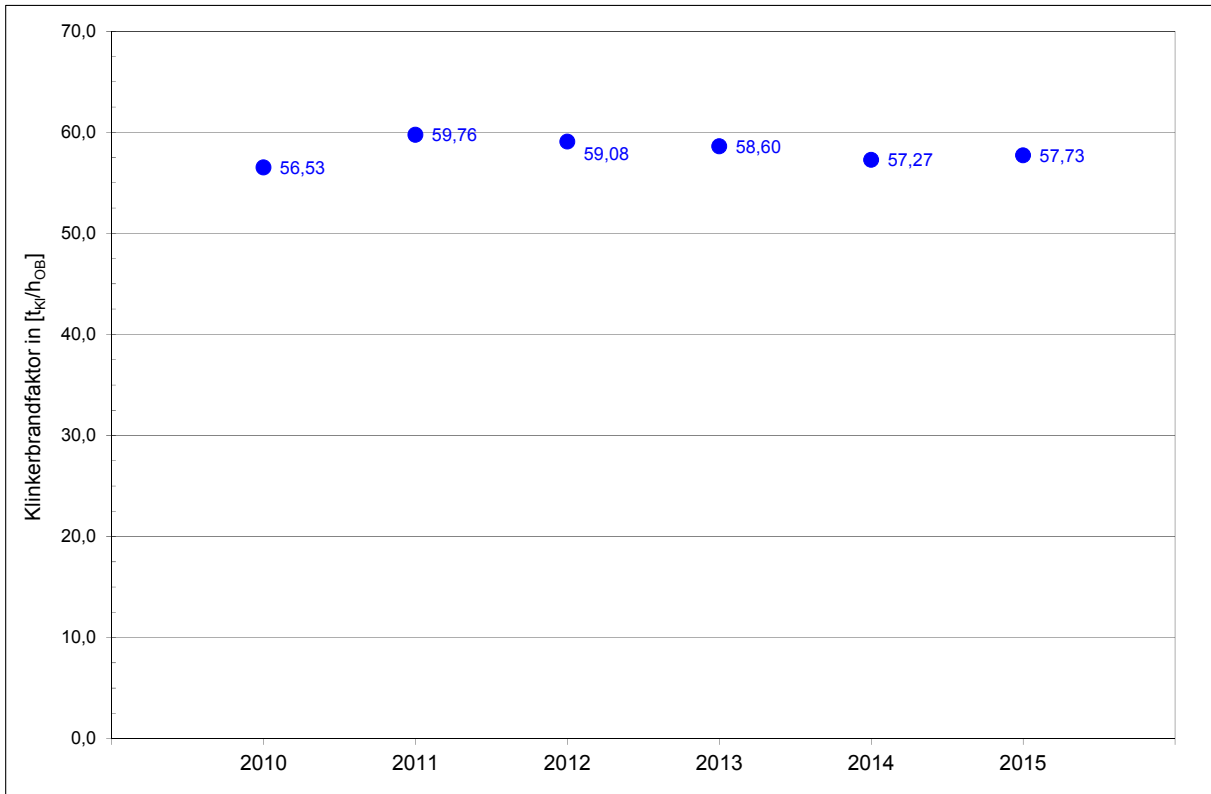


Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / [t_{kl}/h_{OB}] in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

3.2 Brennstoffstatistik

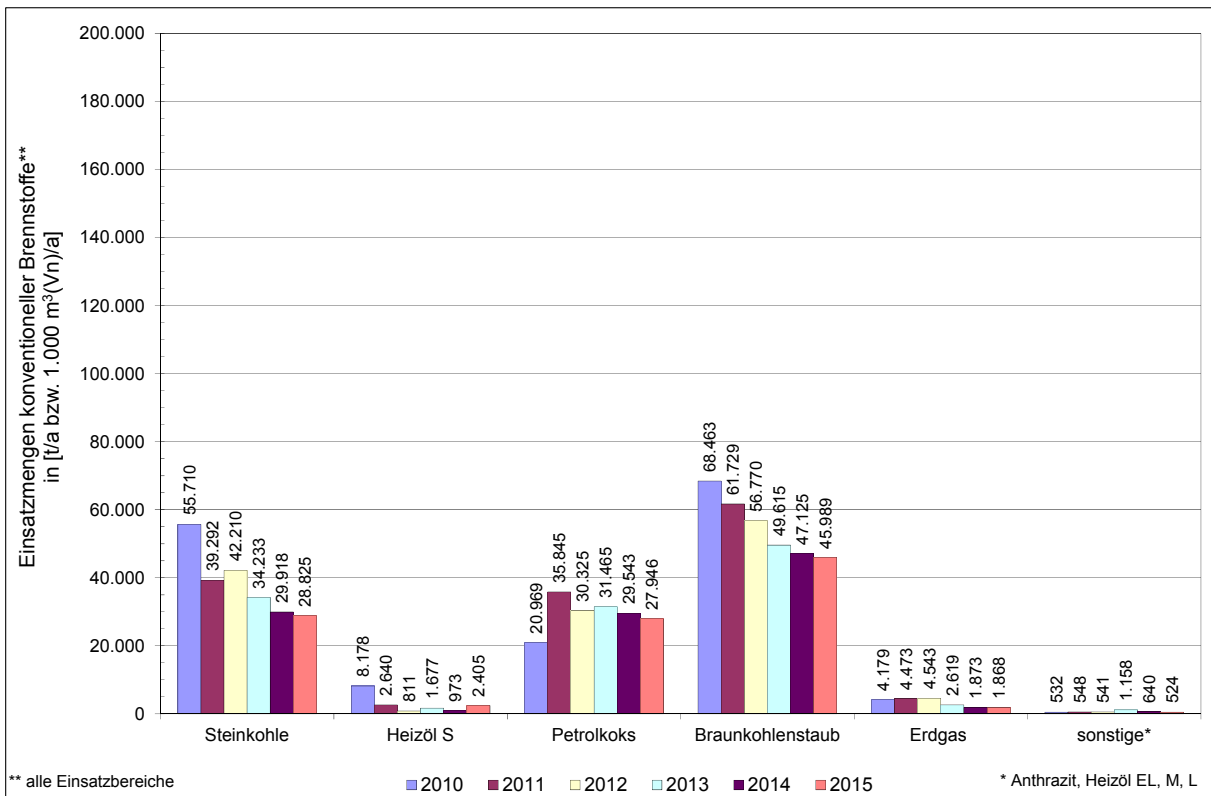


Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

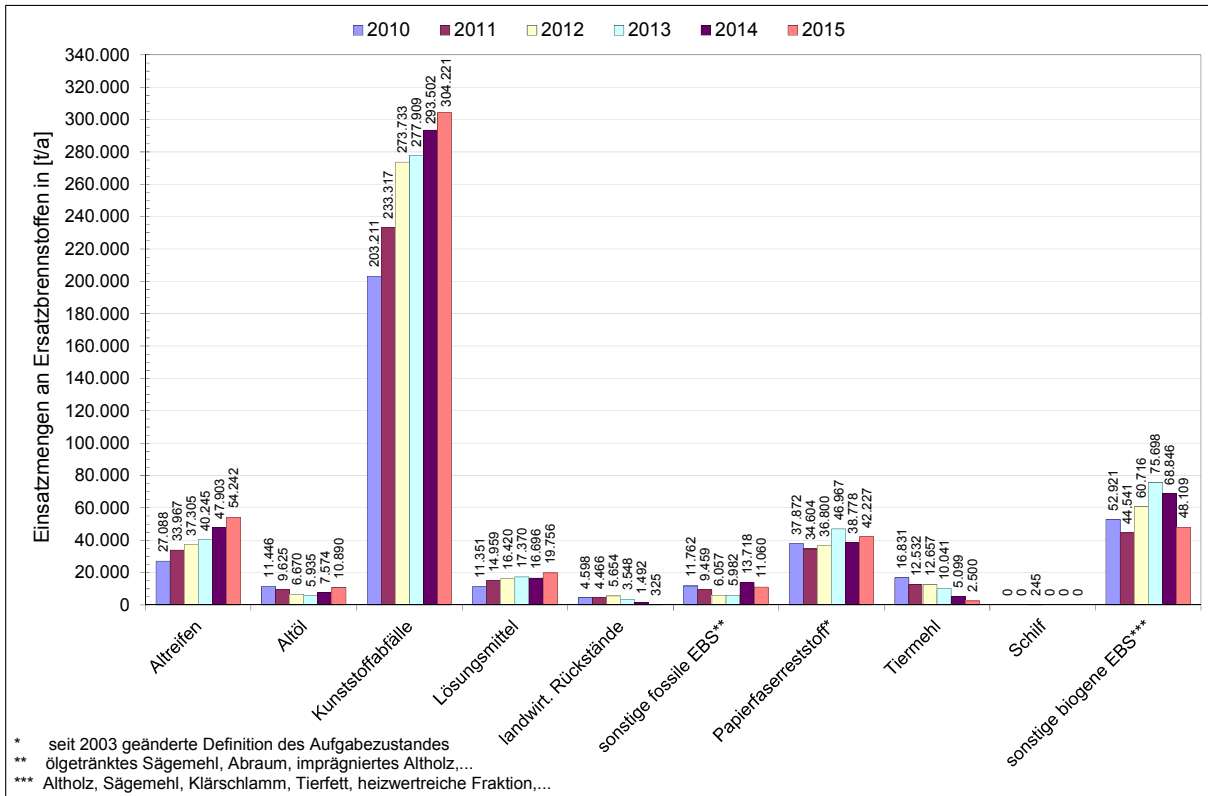


Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

3.3 Energiestatistik

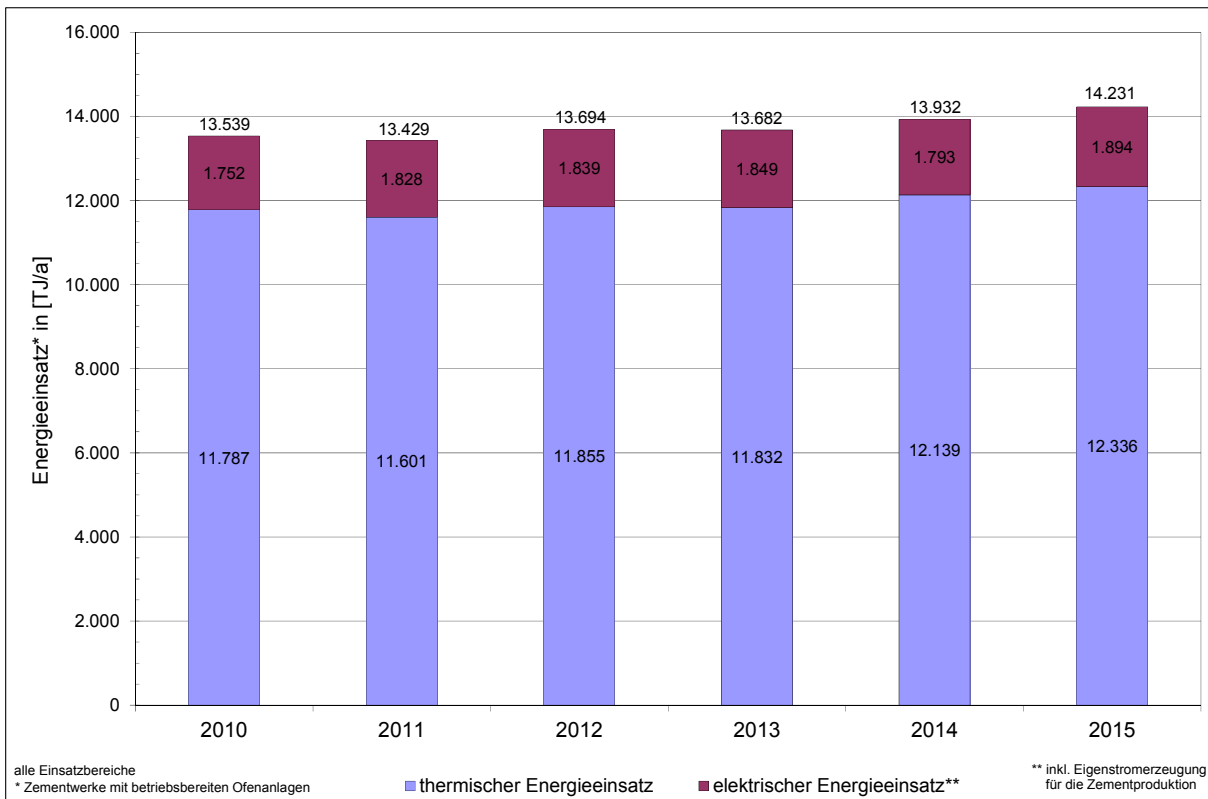


Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkerherzeugung im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

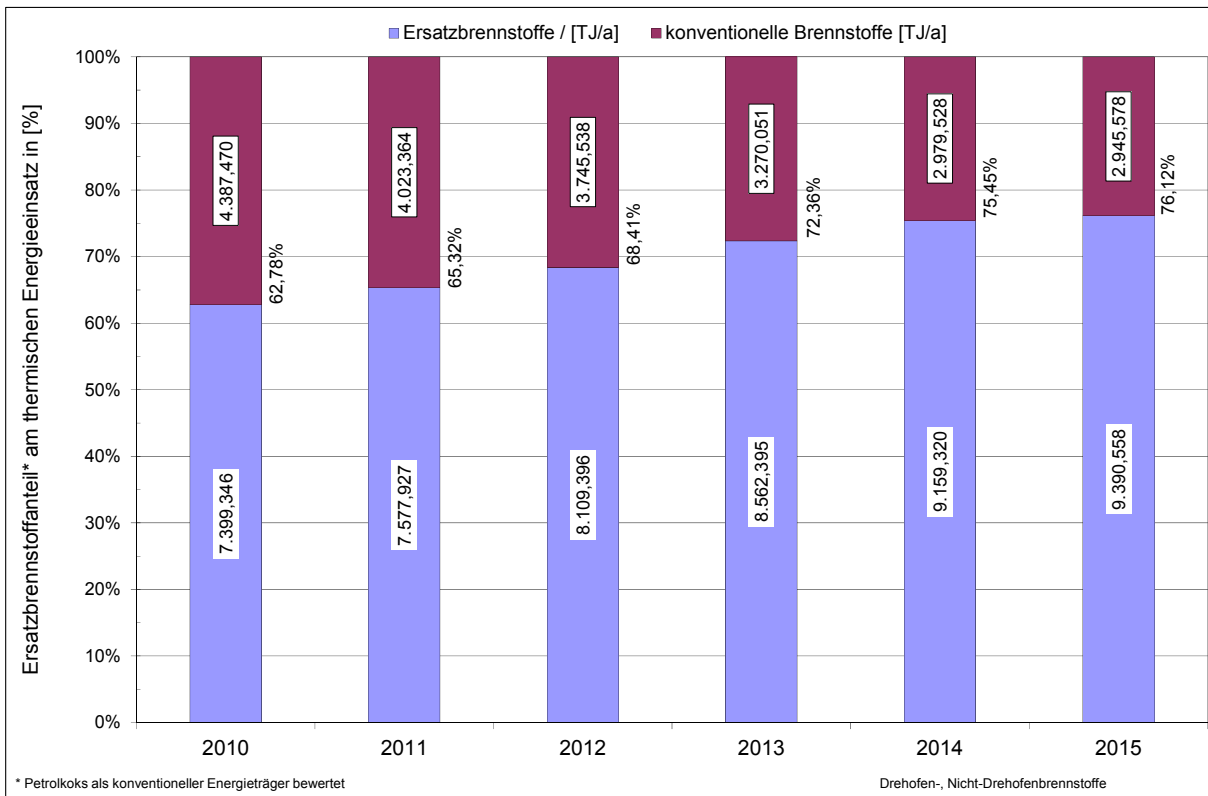


Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

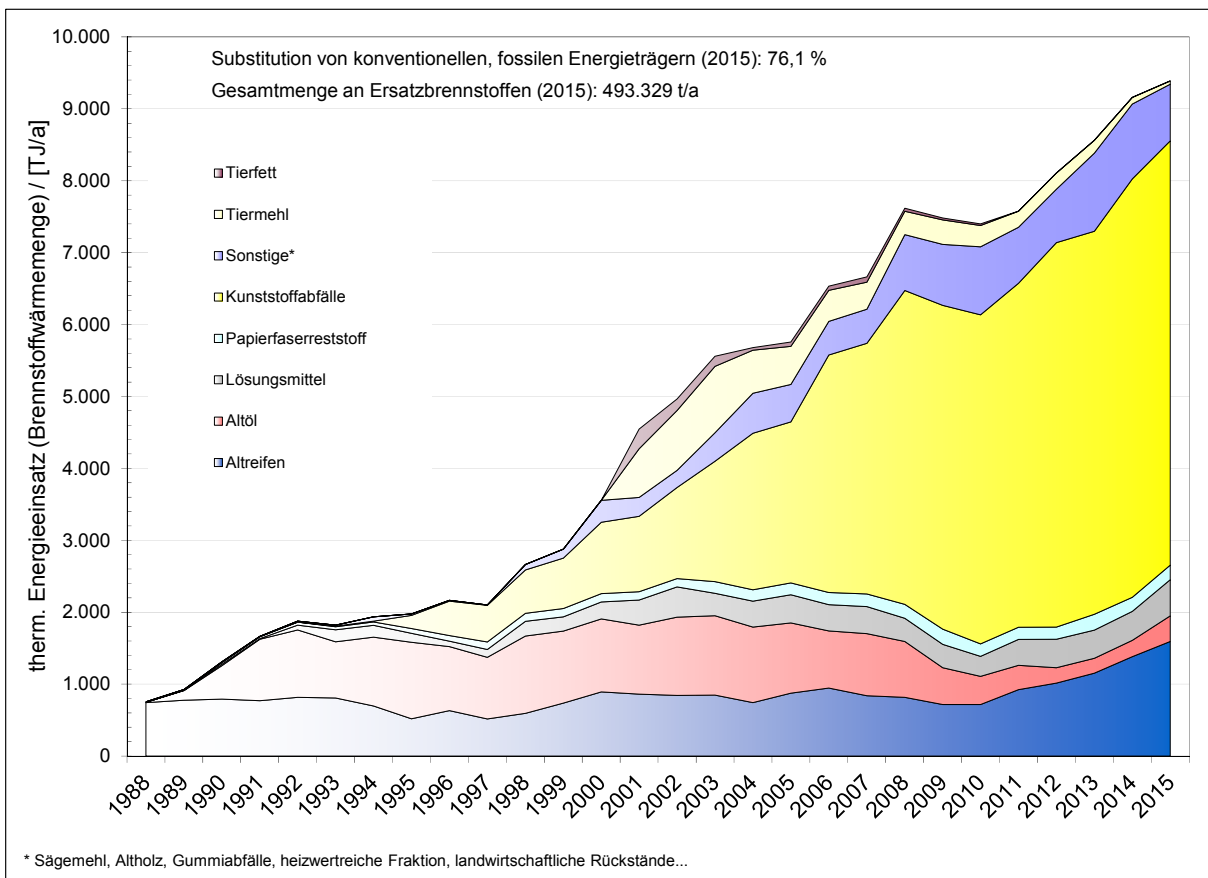


Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2015

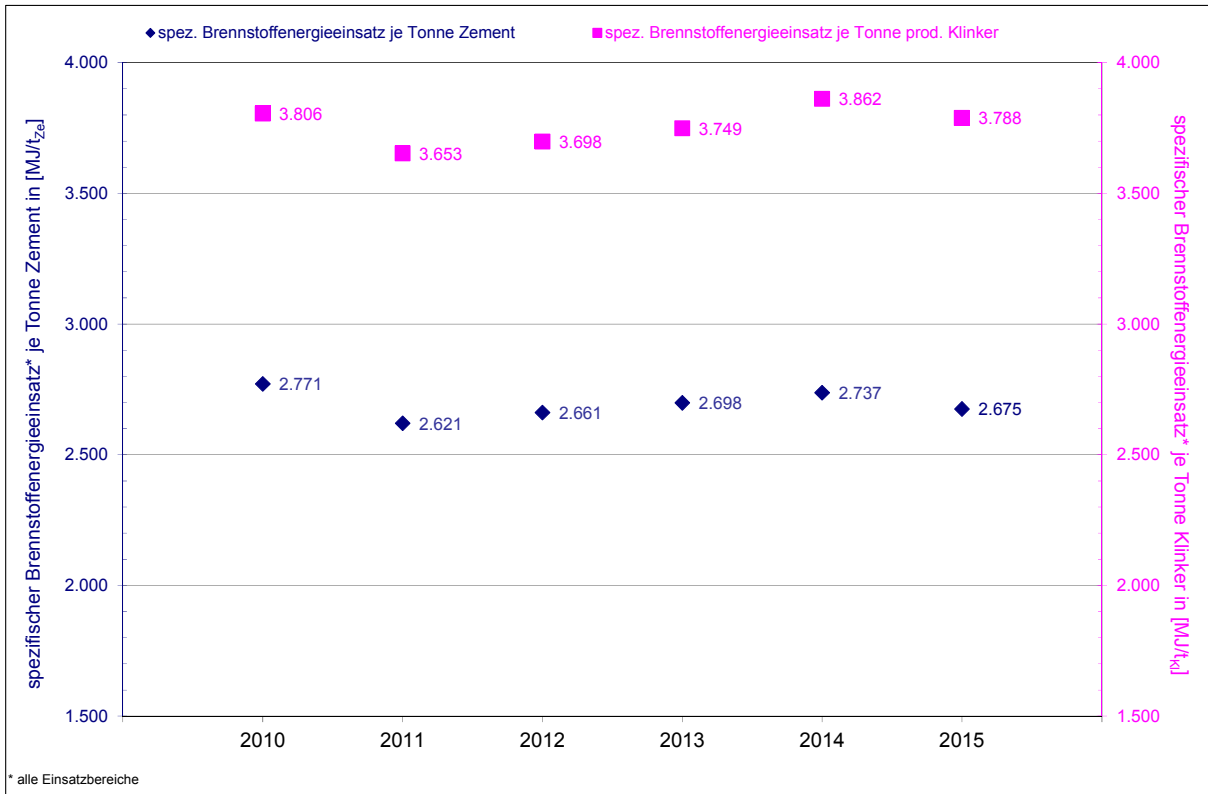


Abbildung 3-9: auf die Tonne Zement bzw. auf die Tonne Klinker bezogener spezifischer Brennstoffenergieeinsatz in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

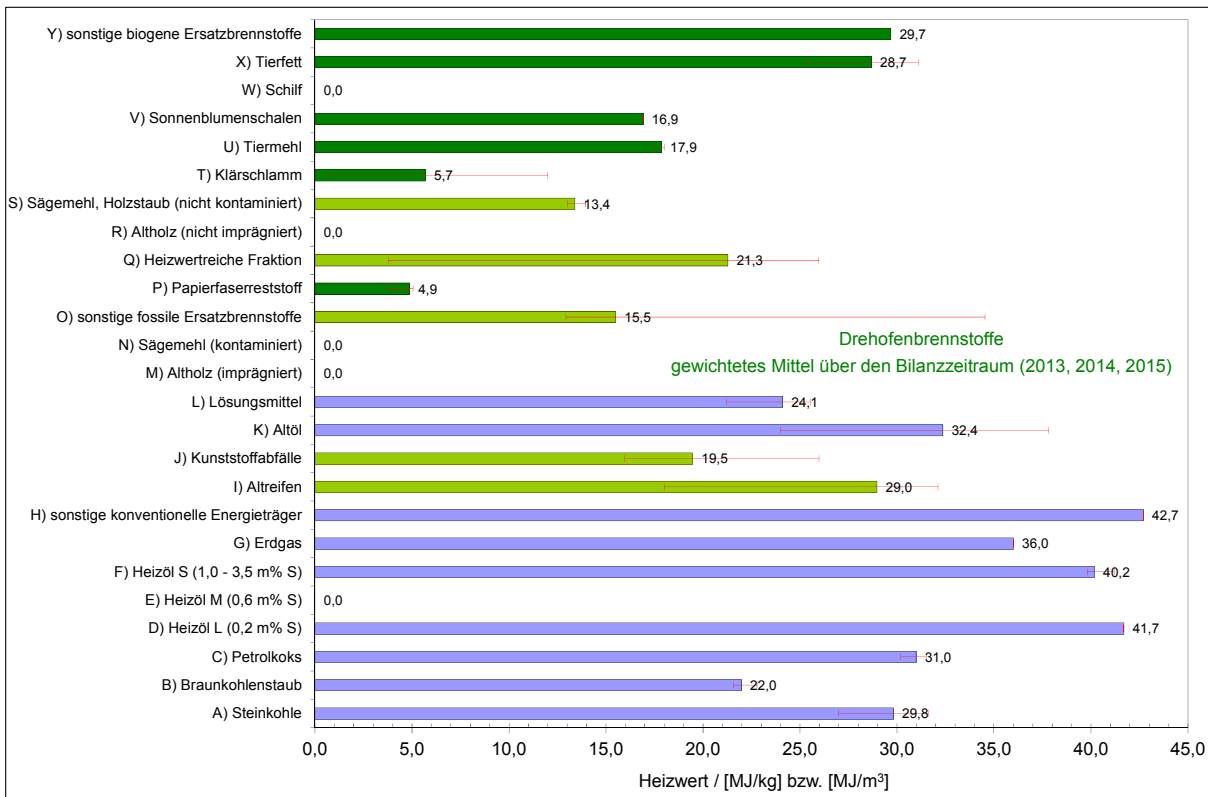


Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2013, 2014 und 2015 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werksspezifischen Minimal- und Maximalwerten

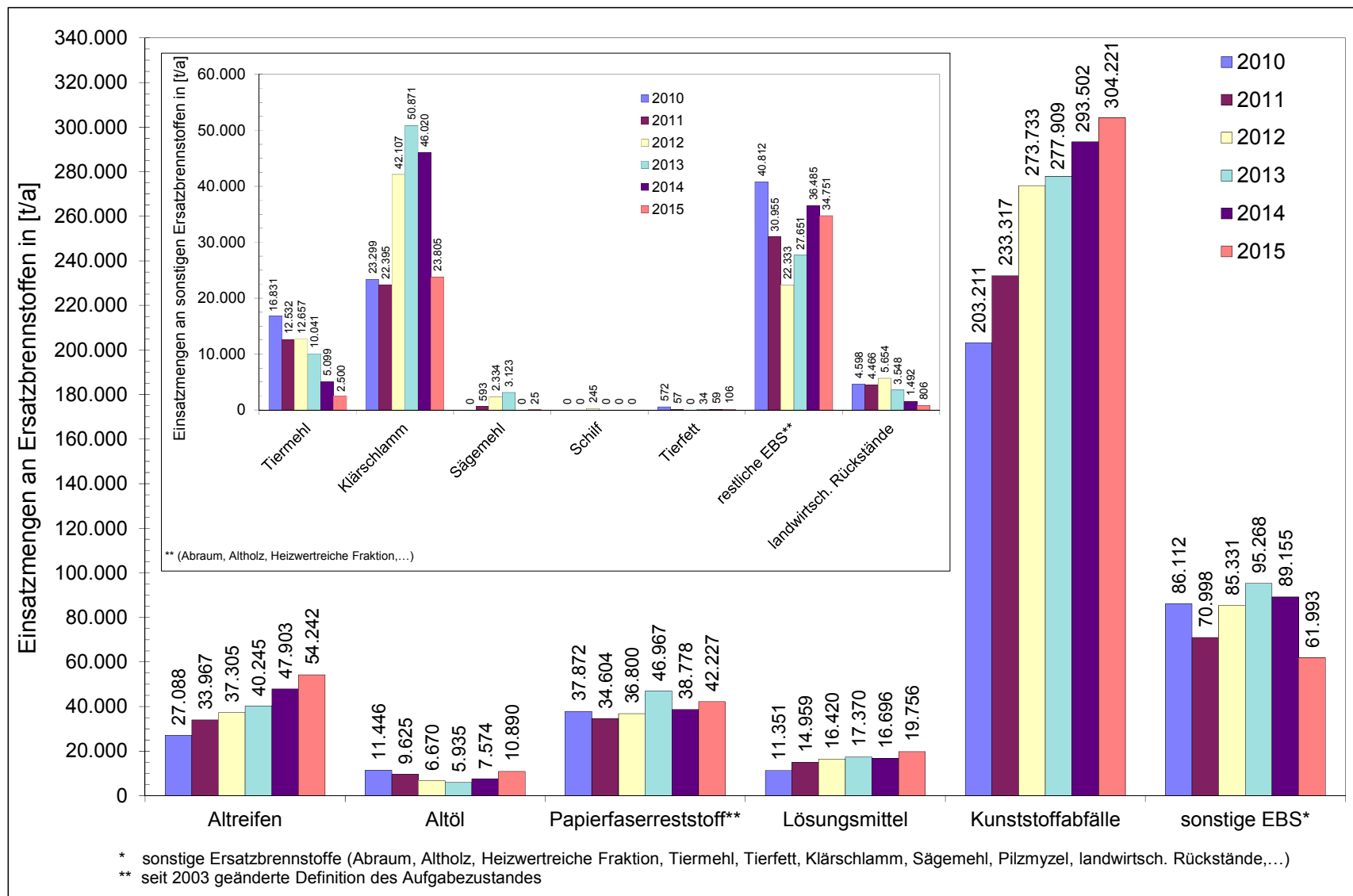


Abbildung 3-11: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2010 bis 2015

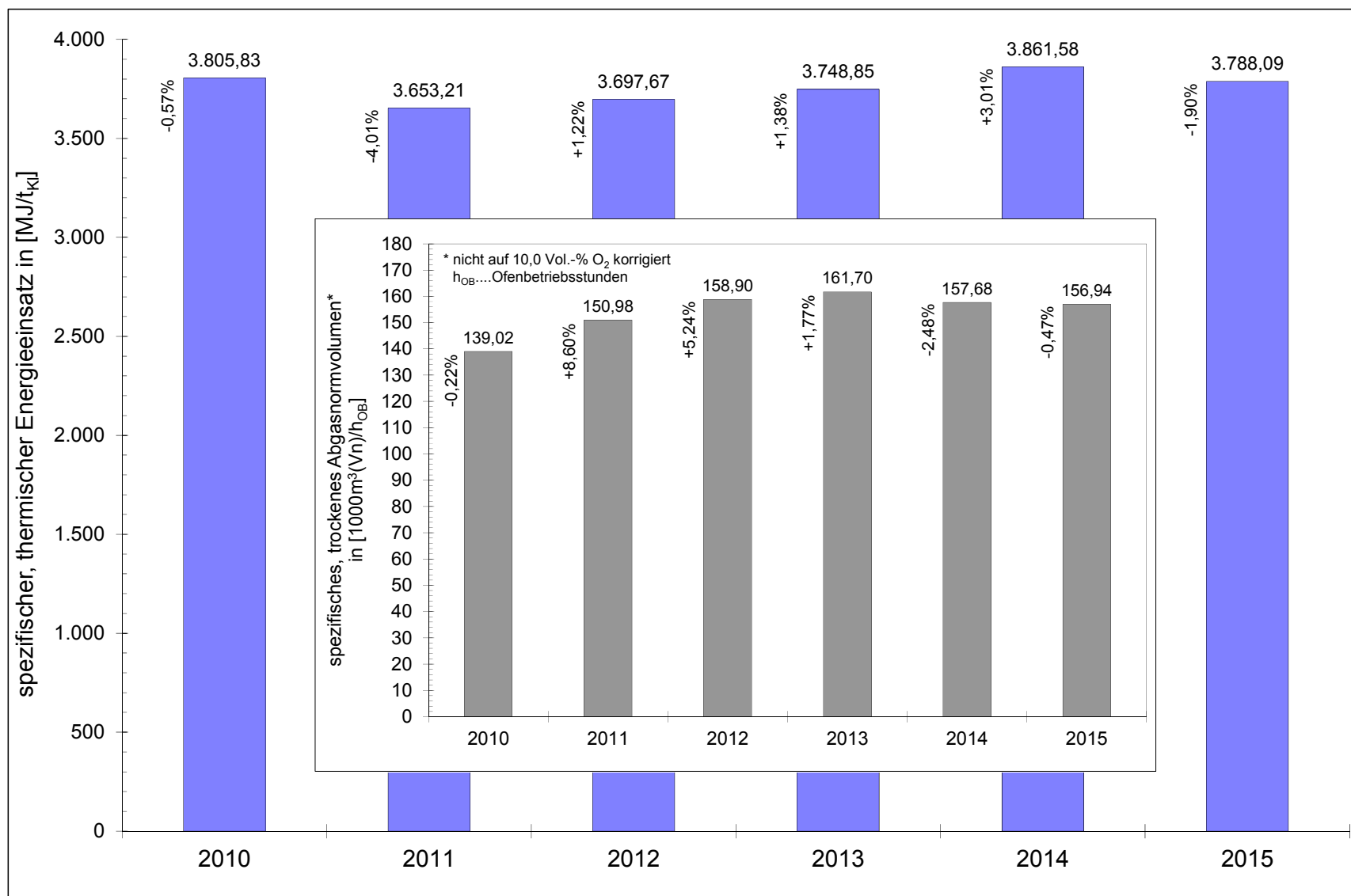


Abbildung 3-12: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O₂ bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkerherzeugung jeweils für den Zeitraum 2010 bis 2015

3.4 Rohstoff- und Zusatzstoffstatistik

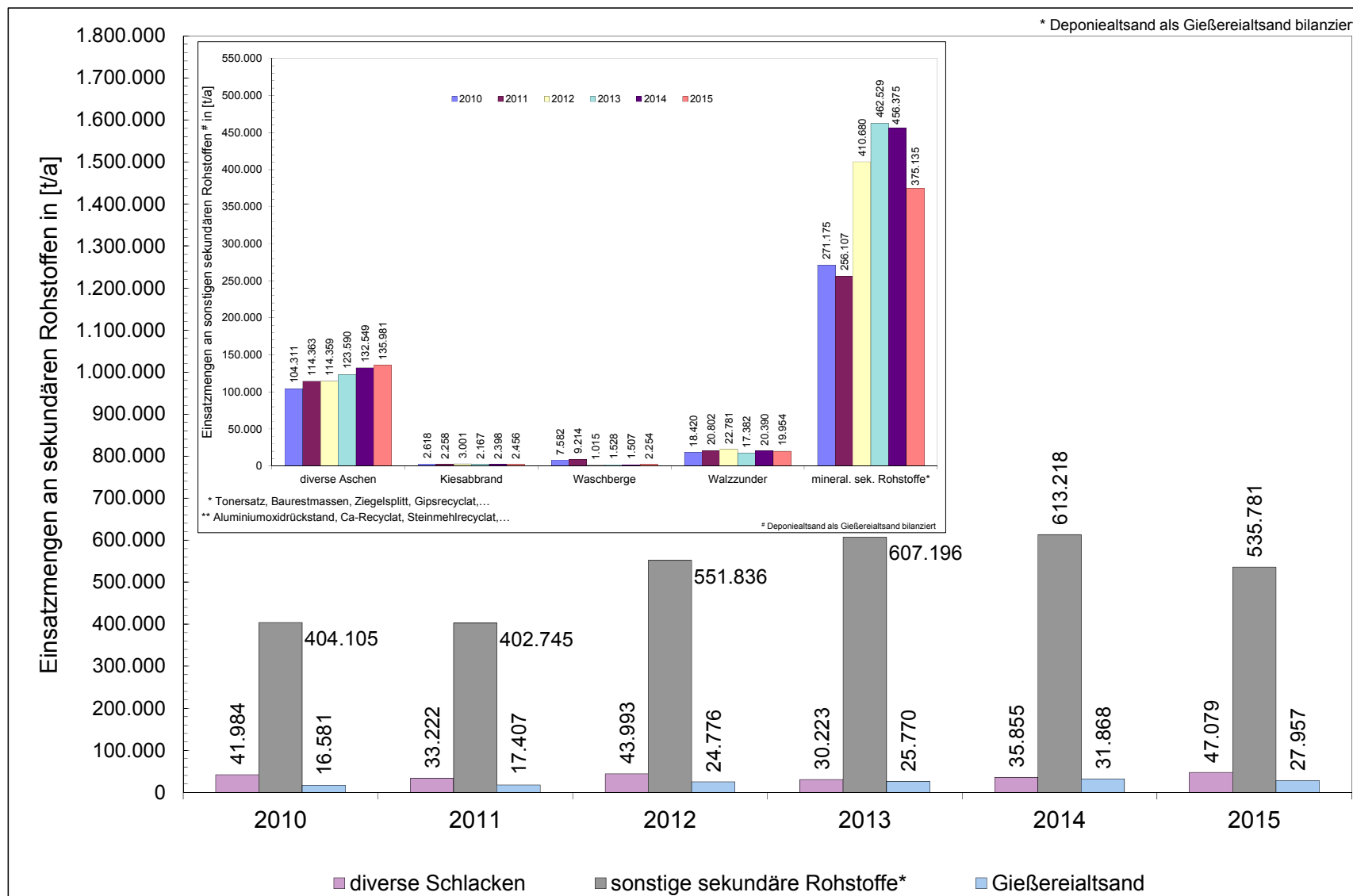


Abbildung 3-13: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2010 bis 2015

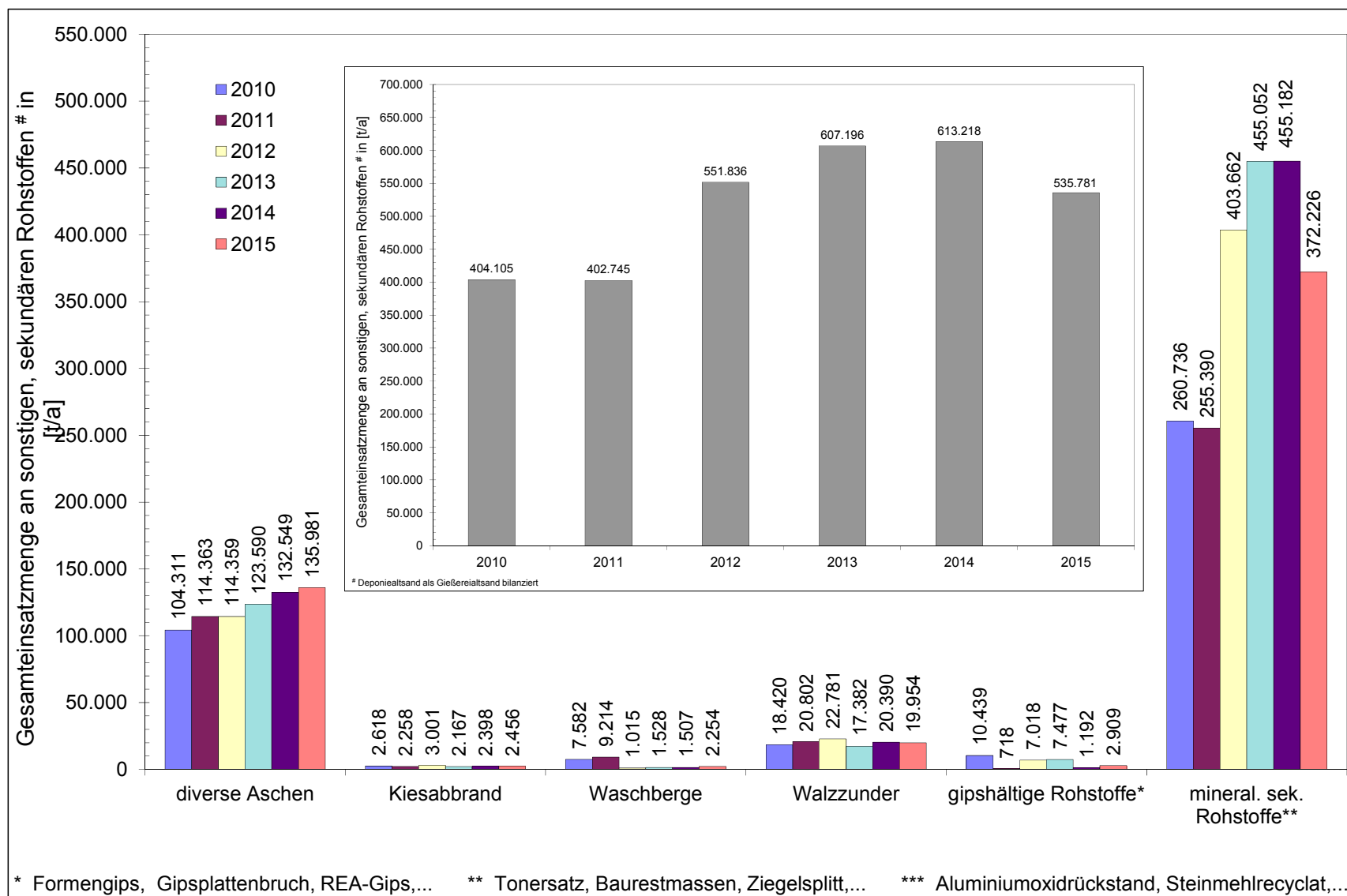


Abbildung 3-14: Spezifizierung der im Zeitraum von 2010 bis 2015 in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) verwendeten sonstigen sekundären Rohstoffmassenströme

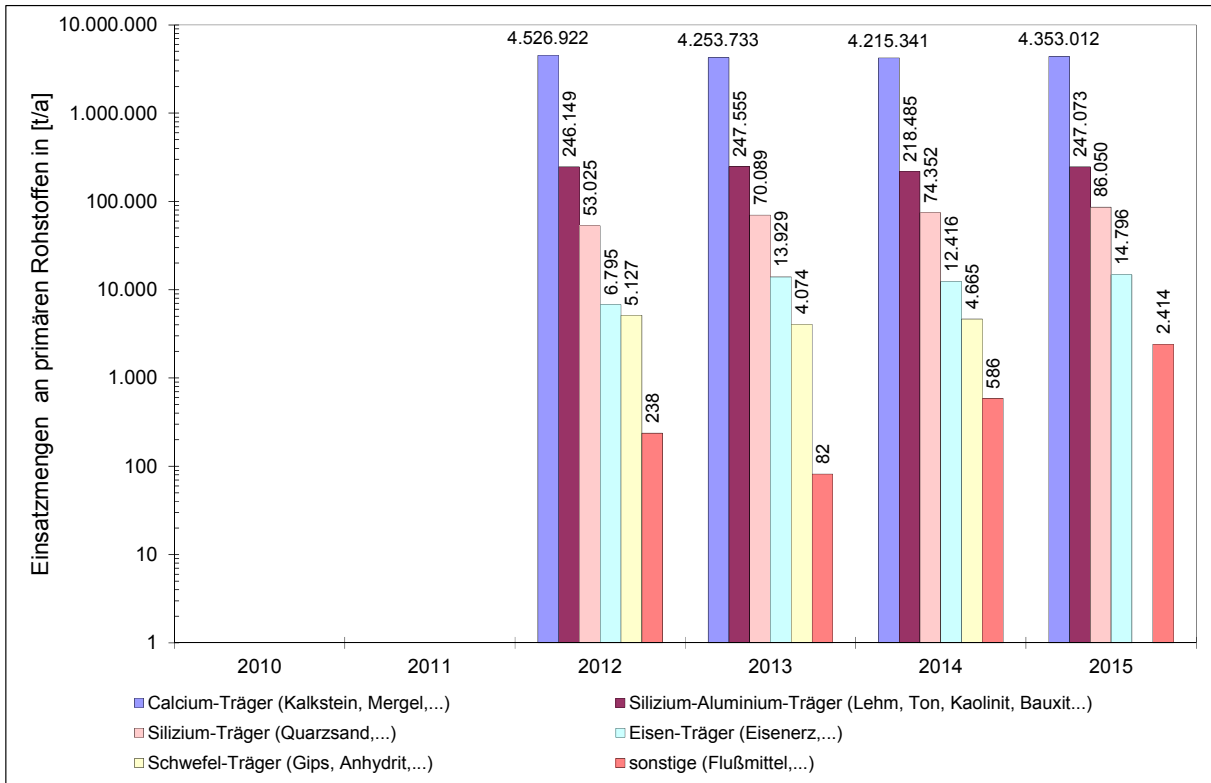


Abbildung 3-15: Einsatzmengen primärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie in den Bilanzjahren 2012, 2013, 2014 und 2015 (ohne Mahlwerke, seit 2012 erhoben)

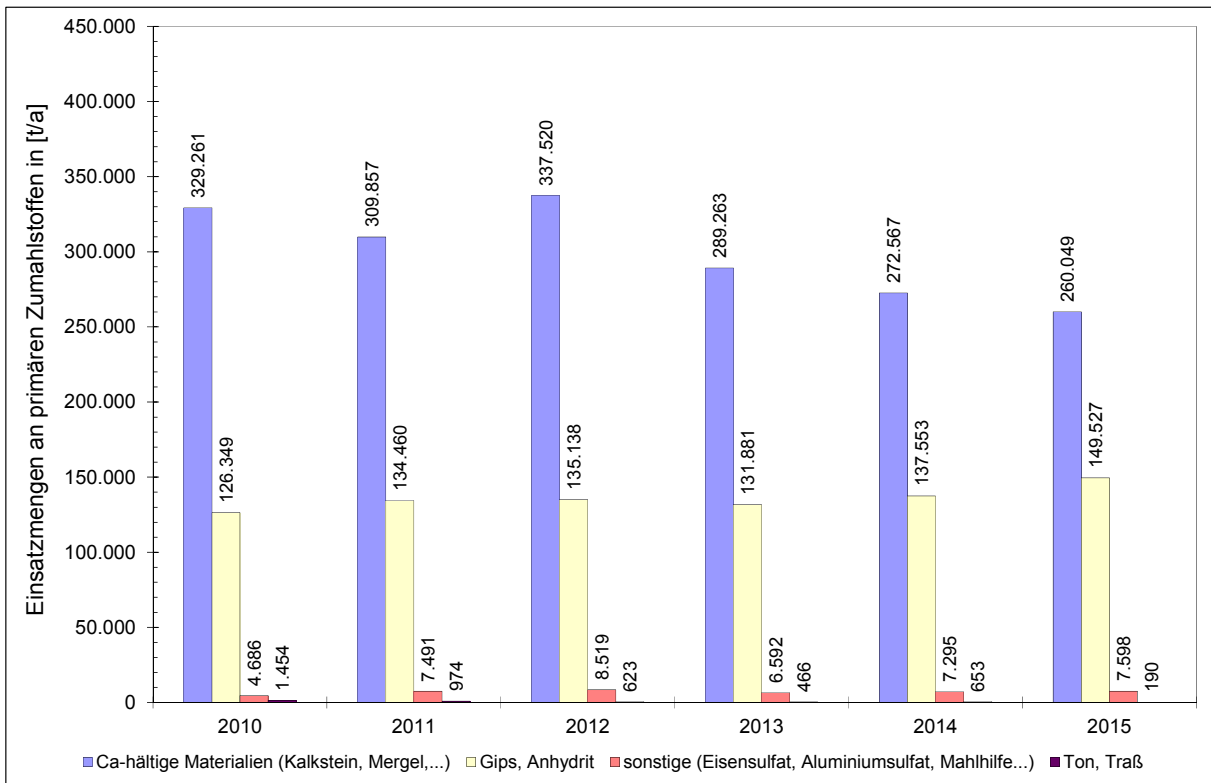


Abbildung 3-16: Einsatzmengen primärer Zusatzstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2010 bis 2015 (ohne Mahlwerke)

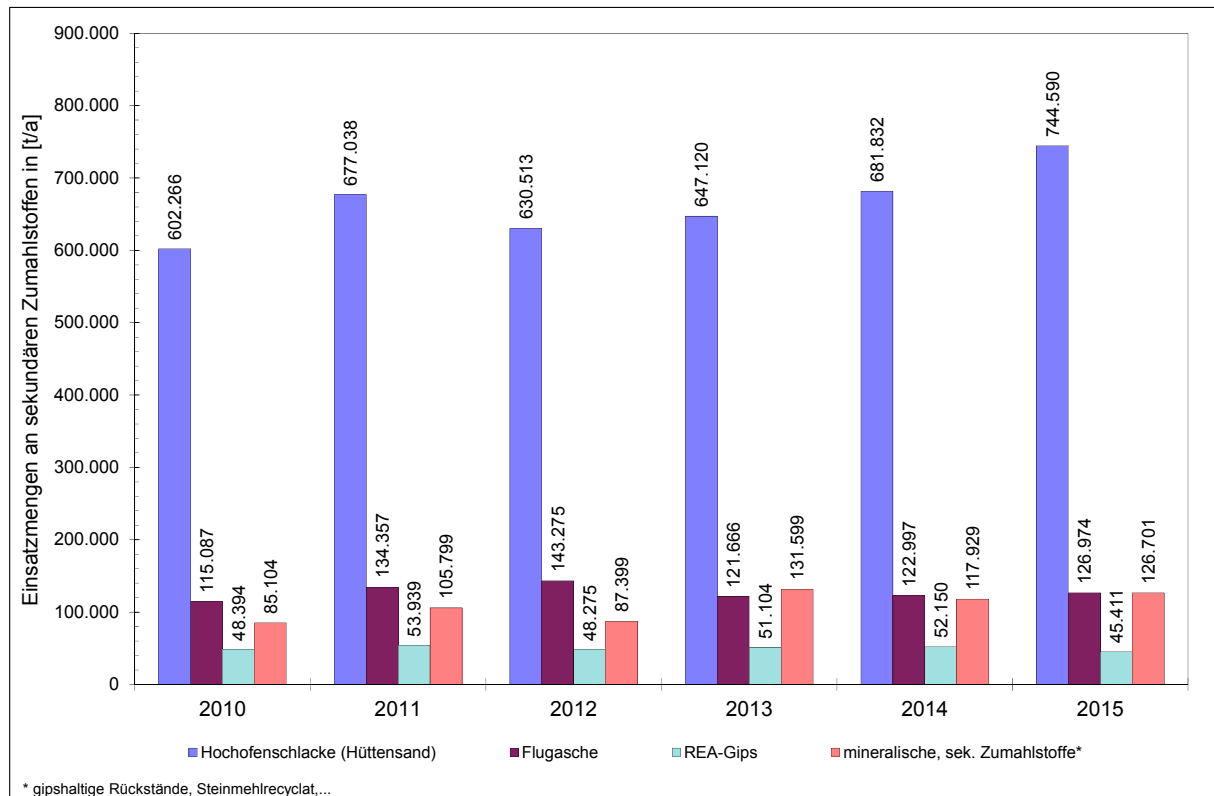
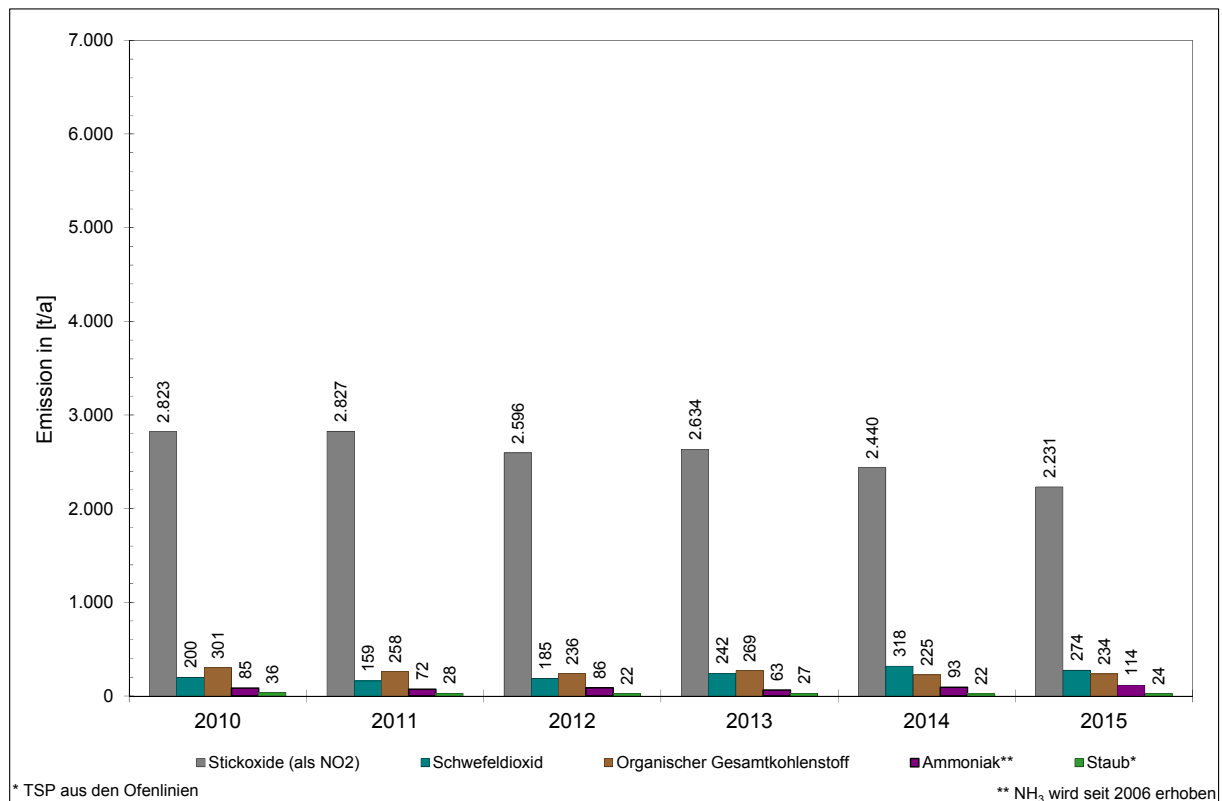


Abbildung 3-17: Einsatzmengen sek. Zumahlstoffe in der österreichischen Zementindustrie (2010 - 2015, ohne Mahlwerke)

3.5 Emissionsstatistik

Abbildung 3-18: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO₂), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2010 bis 2015

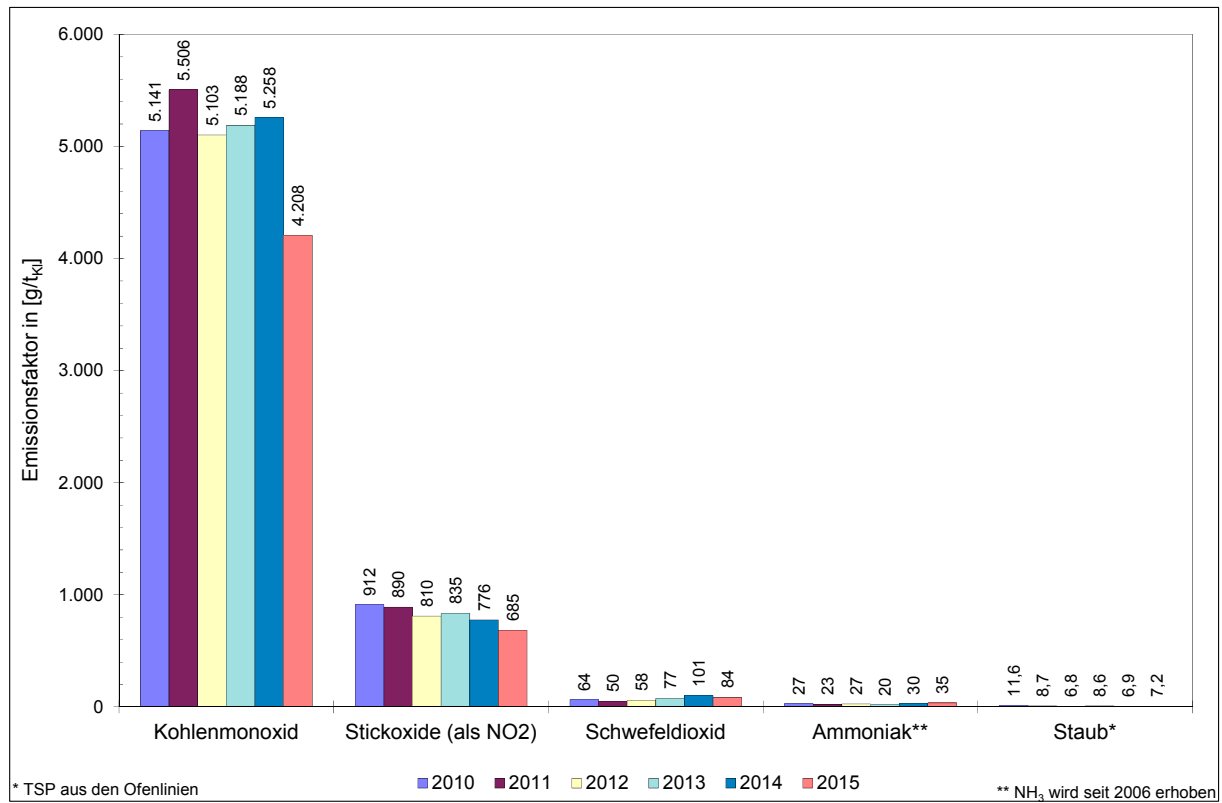


Abbildung 3-19: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2010 - 2015, ohne Mahlwerke)

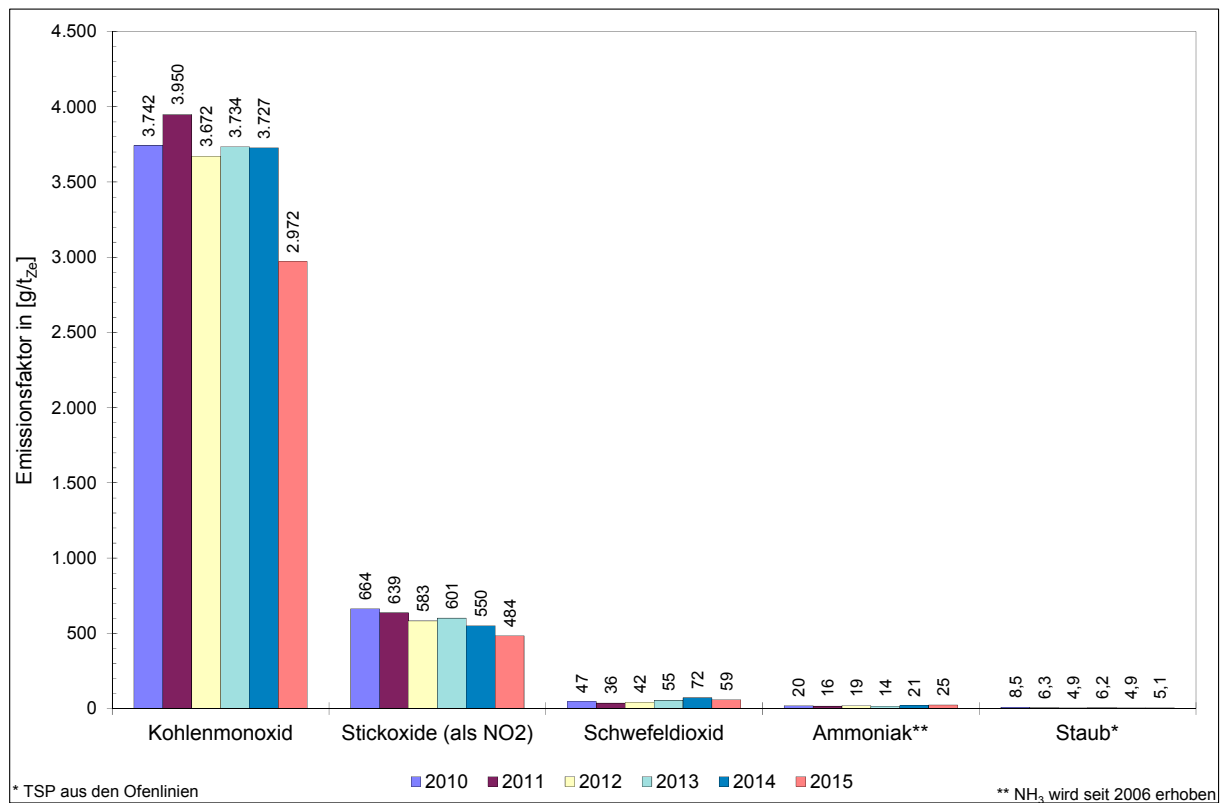


Abbildung 3-20: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2010 - 2015, ohne Mahlwerke)

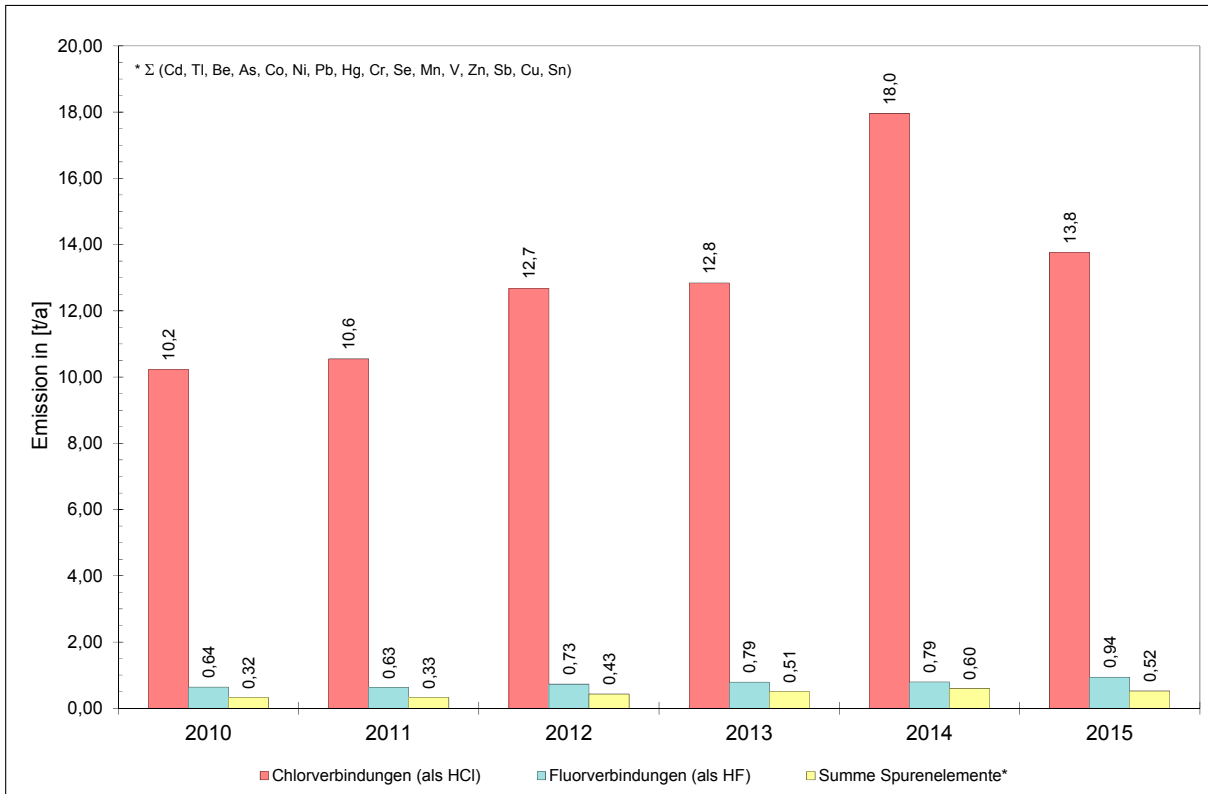


Abbildung 3-21: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an chlor- und fluorhaltigen Verbindungen (ausgewiesen als HCl bzw. HF) sowie der jährlichen Gesamtemissionen an Spurenelementen jeweils für den Zeitraum 2010 bis 2015 (ohne Mahlwerke)

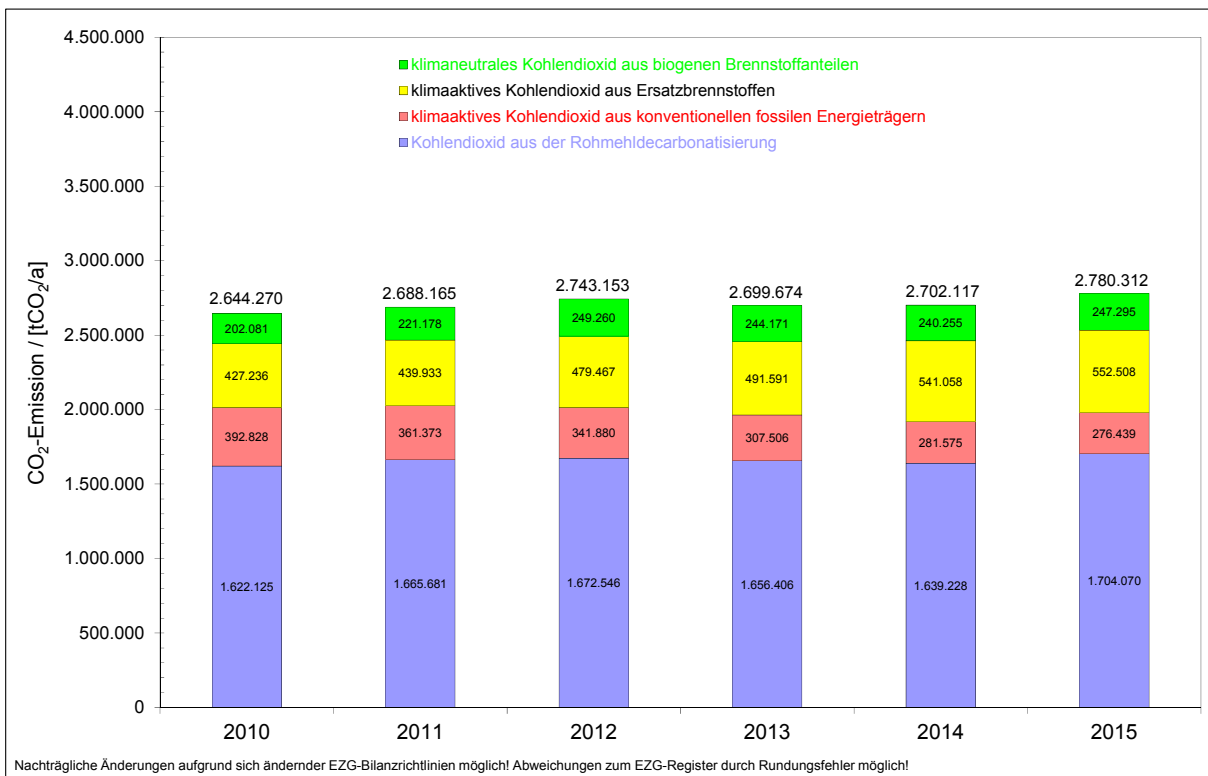


Abbildung 3-22: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlendioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)

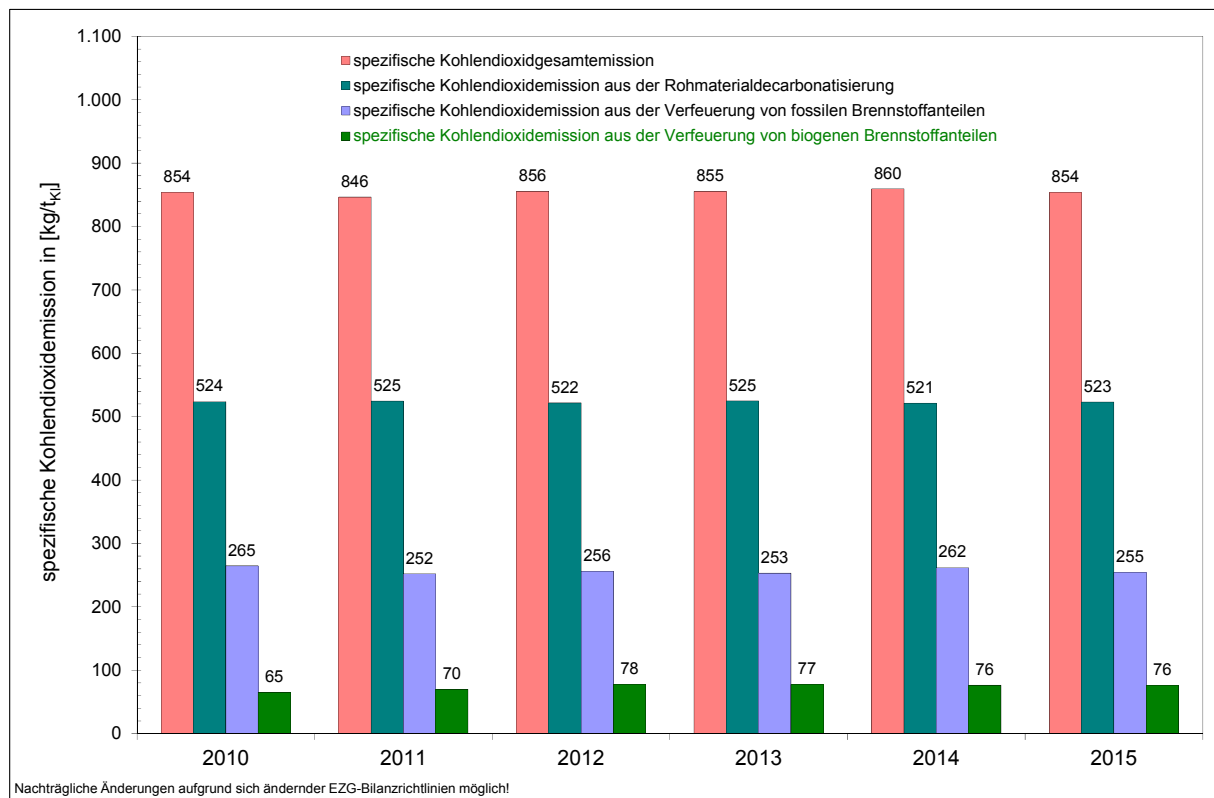


Abbildung 3-23: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO₂-Emissionen (mit biogenen CO₂-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)

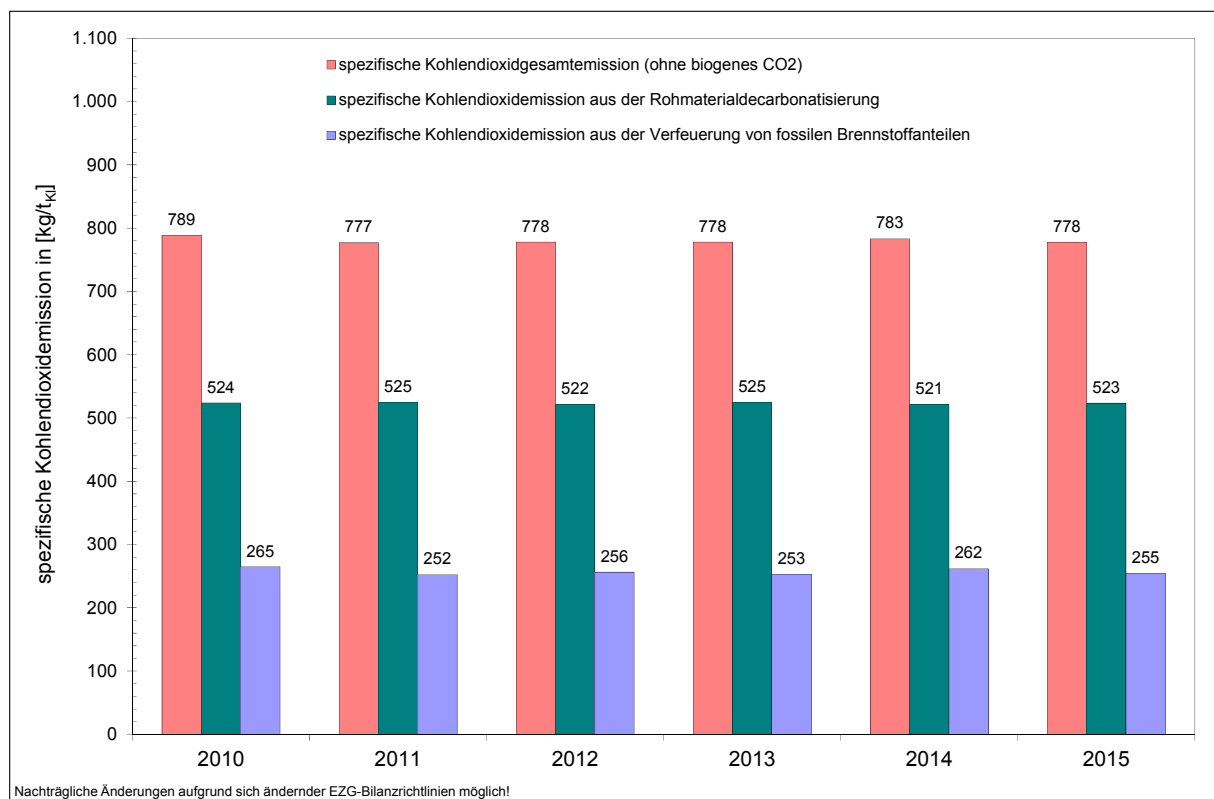


Abbildung 3-24: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO₂-Emissionen (ohne biogene CO₂-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)

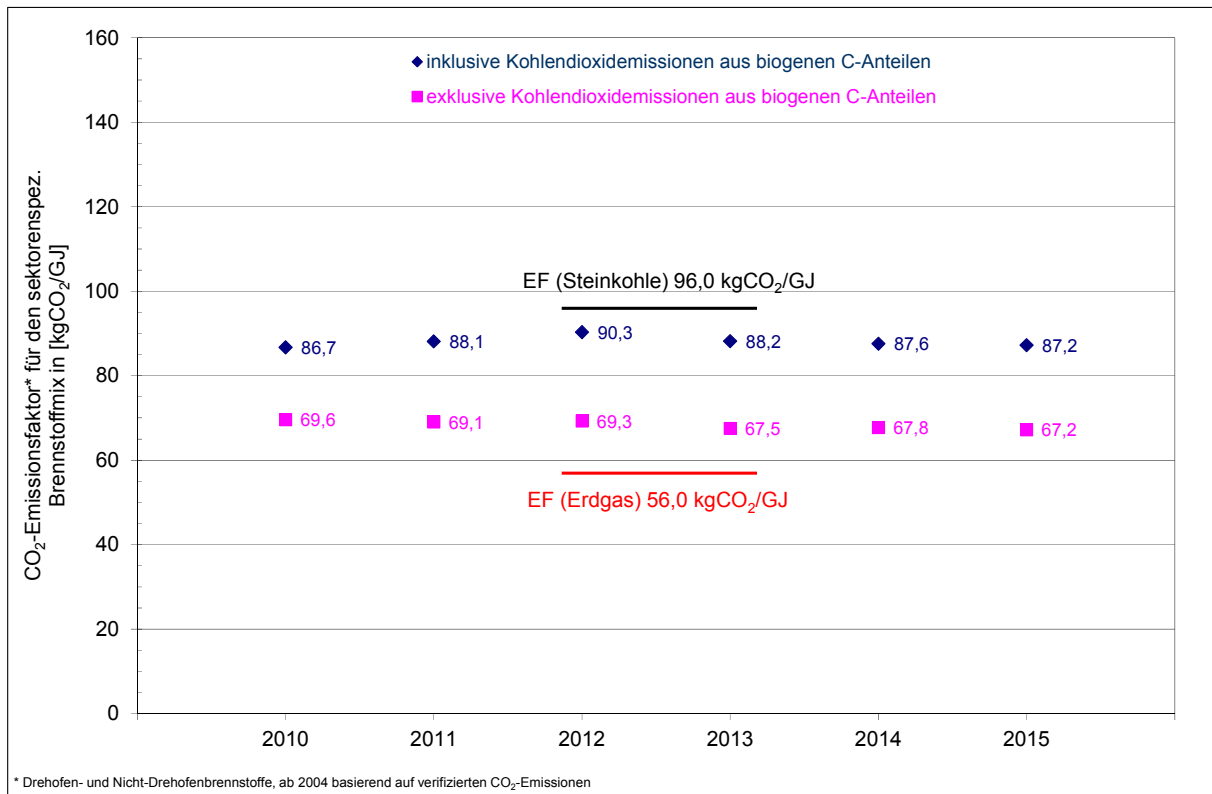


Abbildung 3-25: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO₂-Emissionen (Emissionsfaktor EF) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)

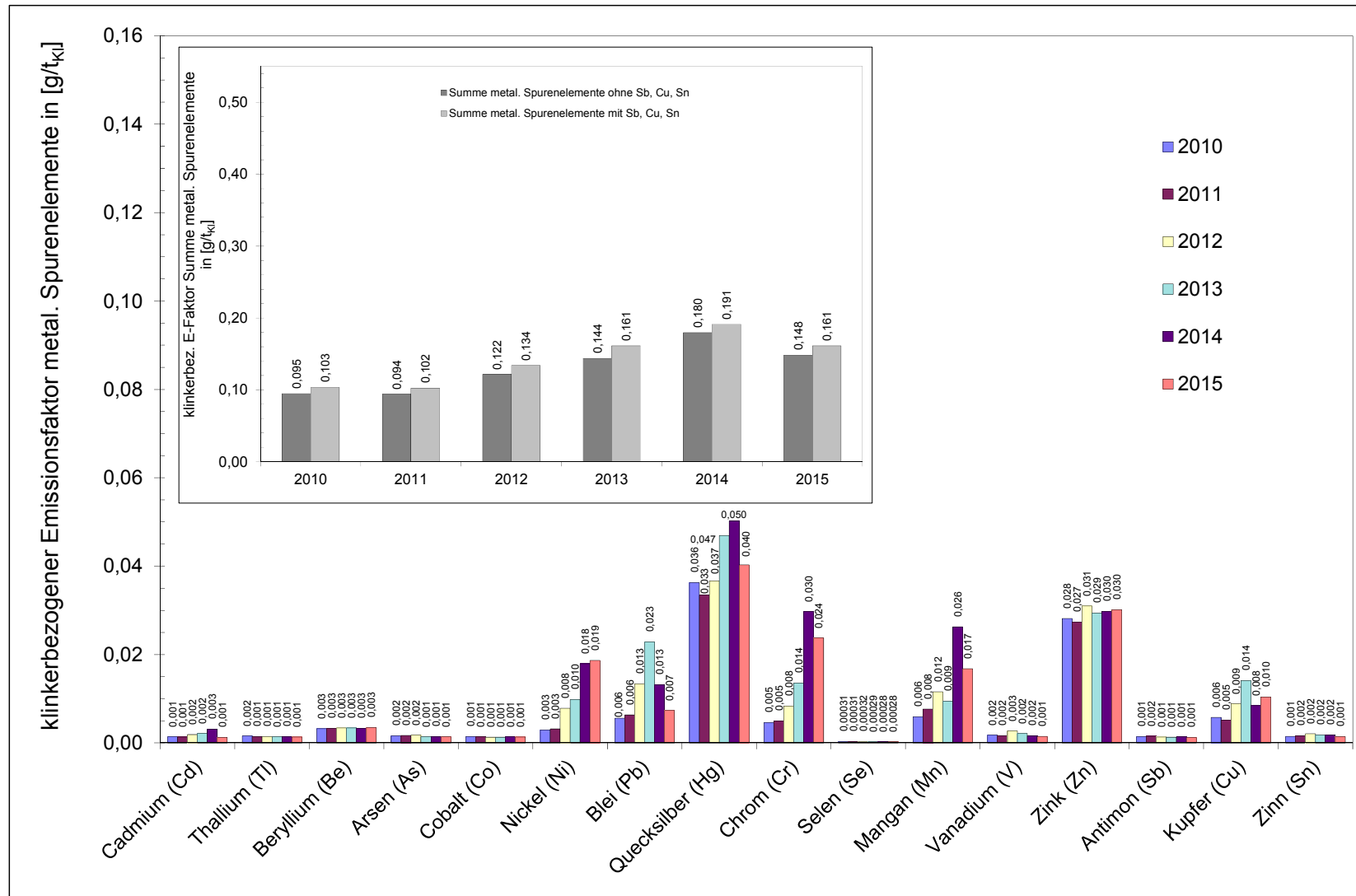


Abbildung 3-26: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2010 bis 2015

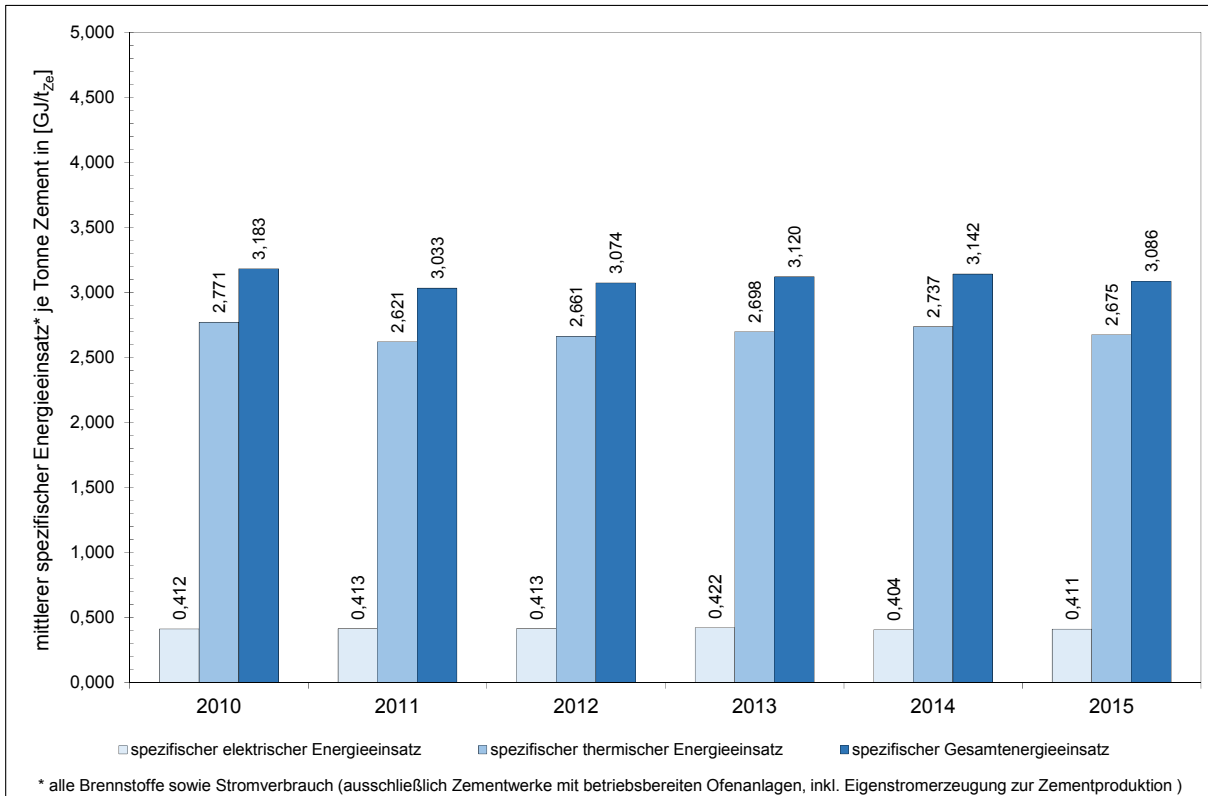


Abbildung 3-27: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2010 bis 2015

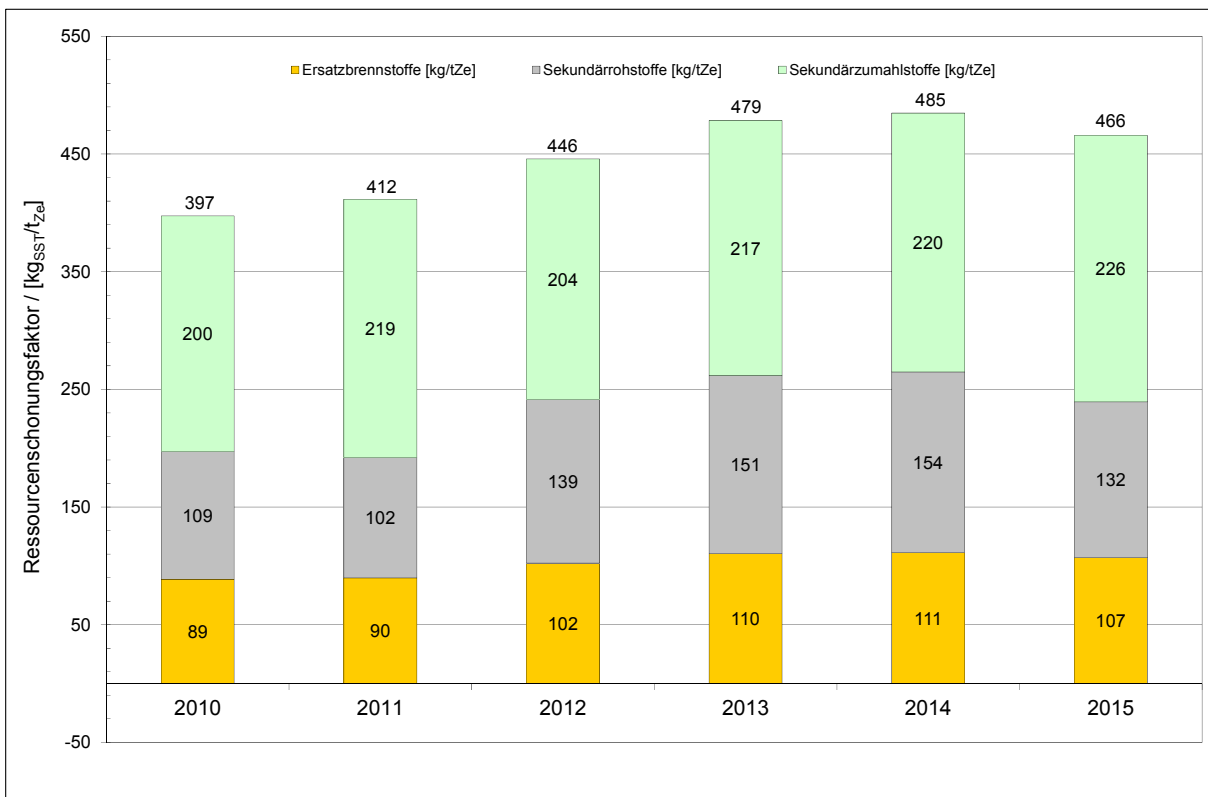


Abbildung 3-28: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2010 bis 2015

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

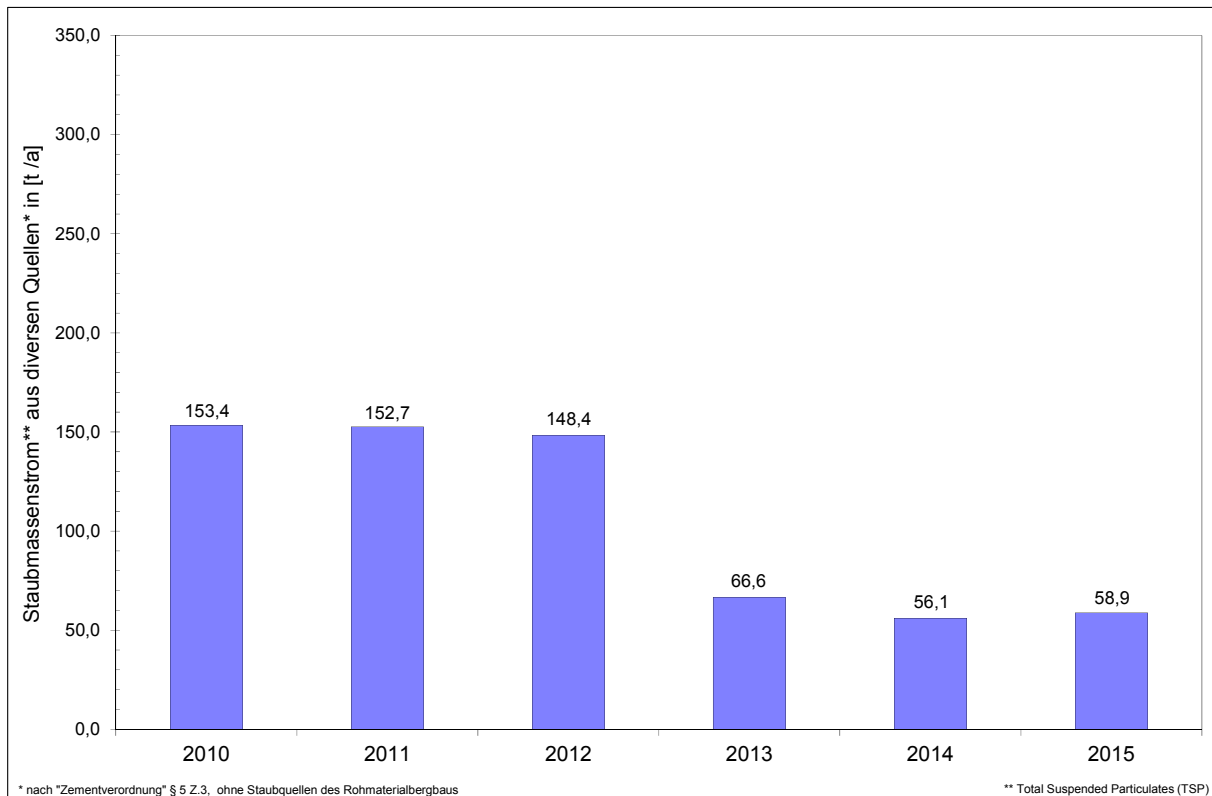


Abbildung 3-29: Staubmassenstrom (TSP) aus "sonstigen definierten Quellen" nach "Zementverordnung" § 5 Z.3 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

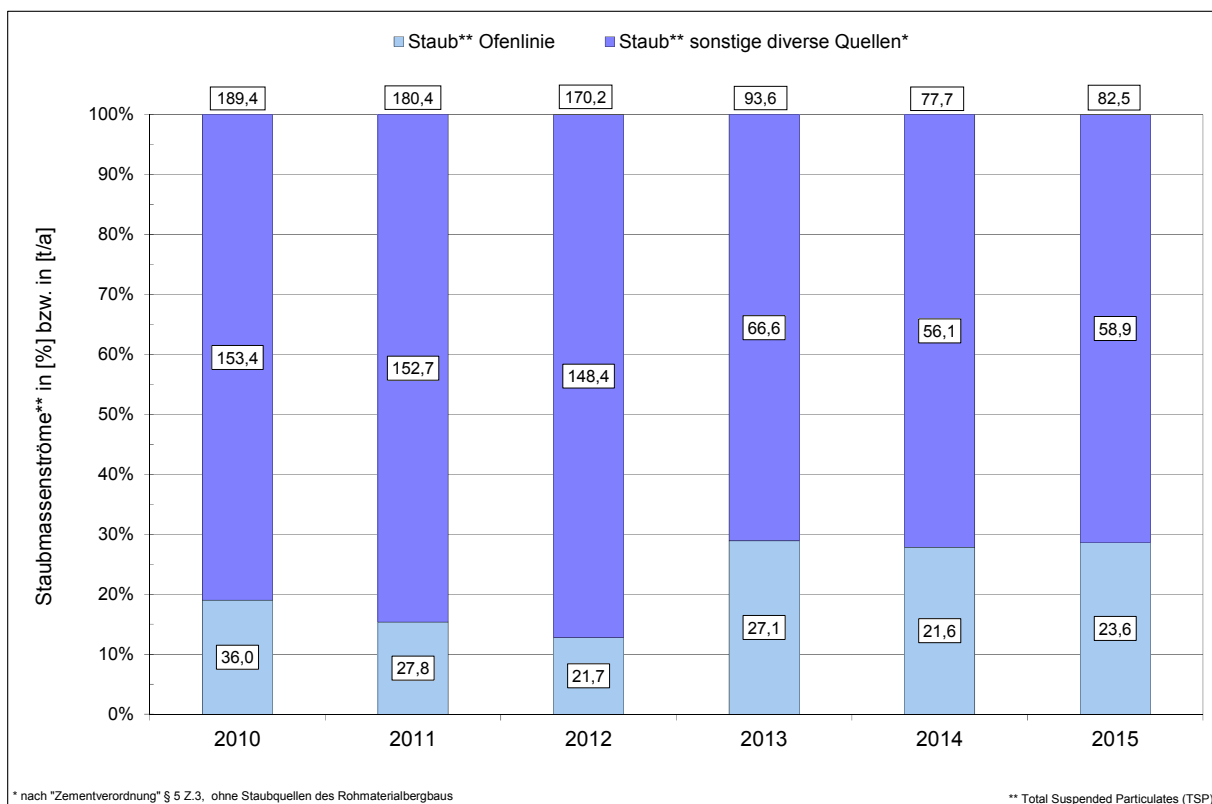


Abbildung 3-30: staubförmige Emissionen unter Berücksichtigung von Staubemissionen aus "sonstigen definierten Quellen" nach "Zementverordnung" § 5 Z.3 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015

4 Kurzkomentar zu den Ergebnissen

4.1 Anlage- und Produktionsdaten

Kennzahl	2014		2015	
		[%]		[%]
Installierte Klinkerkapazität [t/a]	5.298.900	100,00	5.298.900	0,00
Rohmehleinsatz [t/a]	4.842.710	100,00	5.033.733	3,94
Klinkerproduktion [t/a]	3.143.495	100,00	3.256.561	3,60
Zementproduktion [t/a]	4.434.531	100,00	4.611.810	4,00
Ofenbetriebsstunden* [h _{OB} /a]	54.888,0		56.412,0	
* alle Drehrohrofenbetriebszustände		100,00		2,78
Rohmehlfaktor [t _{Rm} /t _{Kl}]	1,541	100,00	1,546	0,34
Klinkerfaktor* [t _{Kl} /t _{Ze}]	0,698		0,702	
*= Klinkerverbrauch/Zementproduktion		100,00		0,60
spezifischer thermischer Energieeinsatz [GJ/t _{Kl}]	3,862	100,00	3,788	-1,90
spezifischer elektrischer Energieeinsatz [kWh/t _{Ze}]	112,283	100,00	114,079	1,60
Klinkerbrandfaktor [t _{Kl} /h _{OB}]	57,271	100,00	57,728	0,80
Abgasfaktor* [m ³ (Vn)/h _{OB}]	157,684		156,944	
* nicht auf 10 Vol.-% O ₂ bezogen		100,00		-0,47
spez. Abgasmenge* [m ³ (Vn)/t _{Kl}]	2,753		2,719	
* nicht auf 10 Vol.-% O ₂ bezogen		100,00		-1,26
Anteil Ersatzbrennstoffe am therm. Gesamtenergieeinsatz [%]	75,45	100,00	76,12	0,88
Ressourcenschonungsfaktor* [kg/t _{Ze}]	484,7		465,7	
* Ersatzstoffmenge bei der Produktion 1 t Zement		100,00		-3,92

Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2015 mit 2014

Die installierte Klinkerkapazität in Anlagen der österreichischen Zementindustrie blieb im Jahr 2015 mit ca. 5,2989 Millionen Jahrestonnen unverändert (Tabelle 4-1).

Die Klinkerproduktionsmenge erhöhte sich im Jahresvergleich 2015 mit 2014 von ca. 3,14 auf ca. 3,26 Millionen Jahrestonnen; dies entspricht einer Steigerung um ca. 3,6 %.

Im Vergleichszeitraum erhöhte sich die Zementproduktionsmenge von ca. 4,43 Millionen Jahrestonnen um ca. 4 % auf ca. 4,61 Millionen Jahrestonnen.

Der Klinkerfaktor erhöhte sich um ca. 0,6 % von 0,698 auf 0,702 t_{Kl}/t_{Ze}.

Die Anzahl an Ofenbetriebsstunden erhöhte sich um ca. 2,8 % auf 56.412 Stunden.

Der Klinkerbrandfaktor verbesserte sich von ca. 57,3 t_{Kl}/h_{OB} um ca. 0,8 % auf ca. 57,7 t_{Kl}/h_{OB}.

Für die Produktion einer Tonne Klinker wurde im Jahr 2015 mit ca. 3,79 GJ um ca. 1,9 % weniger thermische Energie (Brennstoffwärmeverbrauch) eingesetzt als im Jahr zuvor.

Für die Produktion einer Tonne Zement wurde im Jahr 2015 mit ca. 114,1 kWh um ca. 1,6 % mehr an elektrischer Energie (Strombedarf) eingesetzt als im Jahr zuvor.

Die spezifische Abgasmenge verringerte sich 2015 um ca. 1,3 % auf ca. 2.719 m³(Vn) je Tonne produzierten Klinker.

Der Anteil an Brennstoffwärmemenge erzeugt aus Ersatzbrennstoffen am Gesamtwärmebedarf, erhöhte sich von ca. 75,5 % im Jahr 2014 auf ca. 76,1 % im Jahr 2015. Dies entspricht einem Anstieg um ca. 0,9 %.

Im Jahresvergleich 2015 mit 2014 war eine Verringerung der Einsatzmenge von Ersatzstoffen (i.e. Ersatzbrennstoffe, Sekundärrohstoffe, Sekundärzumahlstoffe), die für die Produktion einer Tonne Zement verwendet wurde (Ressourcenschonungsfaktor), von ca. 485 kg/t_{ze} um ca. 3,9 % auf ca. 466 kg/t_{ze} feststellbar.

4.2 Emissionen

4.2.1 Schadstoffe

Emissionsfaktor	2014		2015	
	[g/t _{kl}]	[%]	[g/t _{kl}]	[%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	6,88		7,24	
		100,00		5,22
Stickstoffoxide (als NO ₂)	776,31		685,11	
		100,00		-11,75
Schwefeldioxid (SO ₂)	101,28		84,24	
		100,00		-16,83
Summe Spurenelemente	0,191299		0,160688	
		100,00		-16,00
chlorhaltige Verbindungen (als HCl)	5,712		4,227	
		100,00		-26,00
fluorhaltige Verbindungen (als HF)	0,252		0,290	
		100,00		14,96
org. Gesamtkohlenstoff (TOC)	71,577		71,847	
		100,00		0,38
Kohlenmonoxid (CO)	5.258,1		4.208,2	
		100,00		-19,97
Kohlendioxid (CO ₂) (inklusive klimaneutrales CO ₂)	859.590		853.757	
		100,00		-0,68

Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2015 bezogen auf 2014

Im Jahresvergleich 2015 mit 2014 sanken die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t_{kl}] für chlorhaltige Verbindungen, Kohlenstoffmonoxid, Schwefeldioxid, Summe metallische Spurenelemente, Stickstoffoxide und Kohlenstoffdioxid. Hingegen verzeichneten die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t_{kl}] für fluorhaltige Verbindungen, ofengängigen Staub und organischen Gesamtkohlenstoff Zuwächse. (Tabelle 4-2).

4.2.2 Metallische Spurenelemente

Es konnten im Jahresvergleich 2015 mit 2014 bei elf metallischen Spurenelementen (Cd, Pb, Mn, Sn, Cr, Hg, V, Tl, Sb, As und Co) Rückgänge bei den klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t_{kl}] verzeichnet werden. Bei fünf metallischen Spurenelementen (Cu, Be, Ni, Zn und Se) zeigten sich höhere Werte (Tabelle 4-3).

Insgesamt verringerte sich der klinkerbezogene Emissionsfaktor [g/t_{kl}] für Summe metallische Spurenelemente (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn) um ca. 16 % auf ca. 0,1607 g/t_{kl} (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor [g/t_{kl}] für die Summe der ausgewählten metallischen Spurenelemente Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V und Sn verringerte sich um ca. 18,7 % auf ca. 0,0839 g/t_{kl} (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor [g/t_{kl}] für die Summe der beiden metallischen Spurenelemente Cd und Tl verringerte sich um ca. 43,5 % auf ca. 0,0026 g/t_{kl} (Tabelle 4-3).

Spurenelement	2013 Emissionsfaktor [g/t _{kl}]	2014 Emissionsfaktor [g/t _{kl}]	2015 Emissionsfaktor [g/t _{kl}]	2015/2014 Änderung [%]	2015/2013 Änderung [%]
Cadmium (Cd)	0,002153	0,003082	0,001242	-59,71	-42,33
Thallium (Tl)	0,001407	0,001461	0,001326	-9,24	-5,79
Beryllium (Be)	0,003413	0,003304	0,003469	5,01	1,66
Arsen (As)	0,001397	0,001416	0,001380	-2,55	-1,24
Cobalt (Co)	0,001302	0,001370	0,001363	-0,50	4,71
Nickel (Ni)	0,009841	0,017925	0,018658	4,09	89,59
Blei (Pb)	0,022840	0,013177	0,007368	-44,09	-67,74
Quecksilber (Hg)	0,046945	0,050226	0,040313	-19,74	-14,13
Chrom (Cr)	0,013526	0,029708	0,023735	-20,10	75,47
Selen (Se)	0,000286	0,000283	0,000285	0,54	-0,40
Mangan (Mn)	0,009425	0,026260	0,016805	-36,00	78,30
Vanadium (V)	0,002124	0,001625	0,001473	-9,32	-30,63
Zink (Zn)	0,029392	0,029809	0,030156	1,16	2,60
Antimon (Sb)	0,001302	0,001370	0,001256	-8,36	-3,56
Kupfer (Cu)	0,014145	0,008448	0,010430	23,47	-26,26
Zinn (Sn)	0,001835	0,001836	0,001430	-22,13	-22,08
<i>Summe o.g. Spurenelemente</i>	<i>0,161333</i>	<i>0,191299</i>	<i>0,160688</i>	<i>-16,00</i>	<i>-0,40</i>
Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	0,077738	0,103135	0,083898	-18,65	7,92
Σ (Cd, Tl)	0,003560	0,004542	0,002567	-43,48	-27,89

Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2015 bezogen auf 2014

4.2.3 Emissionskonzentrationen ausgewählter Schadstoffe

Im Jahresvergleich 2015 mit 2014 verbesserten sich die auf 10,0 Vol.-% O₂ bezogenen - als Jahresmittelwerte ausgewiesenen - Emissionskonzentrationen für Schwefeldioxid, für unterschiedliche Summen metallischer Spurenelemente und Stickstoffoxide. Hingegen verschlechterten sich die Emissionskonzentrationswerte für ofengängigen Staub und organischen Gesamtkohlenstoff (Tabelle 4-4).

Emissionskonzentration (Jahresmittelwert, 10,0 Vol.-% O ₂)	2014		2015	
	[mg/m ³ (Vn)tr.]	[%]	[mg/m ³ (Vn)tr.]	[%]
Staub (TSP aus den Ofenlinien)	2,88	100,00	3,19	10,86
Stickstoffoxide (als NO ₂)	324,5	100,00	301,7	-7,02
Schwefeldioxid (SO ₂)	42,3	100,00	37,1	-12,37
org. Gesamtkohlenstoff (TOC)	29,9	100,00	31,6	5,76
Σ (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)	0,079954	100,00	0,070762	-11,50
Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	0,043106	100,00	0,036946	-14,29
Σ (Cd, Tl)	0,001898	100,00	0,001131	-40,45

Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2015 bezogen auf 2014 (Jahresmittelwerte, 10,0 Vol.-% O₂)

5 Tabellenverzeichnis

1.)	Tabelle 2-1: erfaßte Schadstoffe	3
2.)	Tabelle 3-1: Gesamtübersichtstabelle - Emissionen und Produktionsmittel der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2010 bis 2015.....	6
3.)	Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2015 mit 2014.....	25
4.)	Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2015 bezogen auf 2014	26
5.)	Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2015 bezogen auf 2014	27
6.)	Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2015 bezogen auf 2014 (Jahresmittelwerte, 10,0 Vol.-% O ₂)	27

6 Abbildungsverzeichnis

1.)	Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2015)	4
2.)	Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (ohne Mahlwerke)	7
3.)	Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015.....	7
4.)	Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / $[t_{kl}/h_{OB}]$ in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015	8
5.)	Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015	8
6.)	Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015	9
7.)	Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015	9
8.)	Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015	10
9.)	Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2015	10
10.)	Abbildung 3-9: auf die Tonne Zement bzw. auf die Tonne Klinker bezogener spezifischer Brennstoffenergieeinsatz in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015	11
11.)	Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2013, 2014 und 2015 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werksspezifischen Minimal- und Maximalwerten	11
12.)	Abbildung 3-11: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2010 bis 2015	12
13.)	Abbildung 3-12: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtabgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O ₂ bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung jeweils für den Zeitraum 2010 bis 2015.....	13
14.)	Abbildung 3-13: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2010 bis 2015	14
15.)	Abbildung 3-14: Spezifizierung der im Zeitraum von 2010 bis 2015 in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) verwendeten sonstigen sekundären Rohstoffmassenströme.....	15

16.)	Abbildung 3-15: Einsatzmengen primärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie in den Bilanzjahren 2012, 2013, 2014 und 2015 (ohne Mahlwerke, seit 2012 erhoben)	16
17.)	Abbildung 3-16: Einsatzmengen primärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2010 bis 2015 (ohne Mahlwerke)	16
18.)	Abbildung 3-17: Einsatzmengen sekundärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2010 bis 2015 (ohne Mahlwerke)	17
19.)	Abbildung 3-18: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO ₂), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2010 bis 2015	17
20.)	Abbildung 3-19: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO ₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2010 - 2015, ohne Mahlwerke).....	18
21.)	Abbildung 3-20: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO ₂), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2010 - 2015, ohne Mahlwerke).....	18
22.)	Abbildung 3-21: 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 2010 bis 2015 (ohne Mahlwerke).....	19
23.)	Abbildung 3-22: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlendioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)	19
24.)	Abbildung 3-23: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO ₂ -Emissionen (mit biogenen CO ₂ -Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)	20
25.)	Abbildung 3-24: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO ₂ -Emissionen (ohne biogene CO ₂ -Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)	20
26.)	Abbildung 3-25: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO ₂ -Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015 (nach EZG)	21
27.)	Abbildung 3-26: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2010 bis 2015.....	22
28.)	Abbildung 3-27: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2010 bis 2015.....	23
29.)	Abbildung 3-28: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2010 bis 2015	23
30.)	Abbildung 3-29: Staubmassenstrom (TSP) aus "sonstigen definierten Quellen" nach "Zementverordnung" § 5 Z.3 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015.....	24
31.)	Abbildung 3-30: staubförmige Emissionen unter Berücksichtigung von Staubemissionen aus "sonstigen definierten Quellen" nach "Zementverordnung" § 5 Z.3 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2015	24