

# Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie

Berichtsjahr 2020

**Gerd Mauschitz**

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik  
und Technische Biowissenschaften

**Technische Universität Wien**

Wien, im April 2021



# Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie

## Berichtsjahr 2020

Gerd Mausnitz

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

Technische Universität Wien

Wien, im April 2021

**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**

Baustofftechnische Zemente sind anorganische, nichtmetallische, pulverförmige Bindemittel, die unter Wasseraufnahme erhärten. Für das hydraulische Verhalten sind die mineralogischen Zementklinkerphasen verantwortlich, die als quaternäre Systeme aus den Hauptelementen Calcium, Silizium, Aluminium und Eisen aufgebaut werden.

Zur Ausbildung der mineralogischen Zementklinkerphasen werden calcium- und tonhaltige Gesteine als natürliche Rohmaterialien mit Rest- und Korrekturstoffen bei Temperaturen von ca. 1.450°C in vorwiegend oxidierender Ofenatmosphäre gebrannt. Nach Abkühlen wird der gebildete Zementklinker mit Zumahlstoffen zu normgerechten Zementen vermahlen. Mit Anmachwasser und Zuschlagstoffen vermischt, bilden sie Baustoffe, die u.a. wegen ihrer Druckfestigkeit und ihrer Beständigkeit zu den global meistverwendeten Werkstoffen zählen.

Die mechanischen und thermischen Manipulationen von Rohmaterialien, Brennstoffen, Korrektur- und Zumahlstoffen haben Luftschadstoffemissionen aus Anlagen der Zementindustrie zur Folge.

Der vorliegende Bericht hat als primäres Ziel Information über die Emissionen an Luftschadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie zu geben. Diese Emissionen stammen zu einem Teil aus thermischen Prozessen mit Energieträgern, zum anderen Teil aus chemischen und physikalischen Vorgängen der Produktionsprozesse.

Im vorliegenden Bericht werden die Emissionen beider Quellbereiche, die pyrogenen und die durch die Produktion bedingten prozeßspezifischen Emissionen gemeinsam als produktionsprozeßbezogene Emissionen des Sektors ausgewiesen.

Mit umfassenden Emissionsbilanzen können Szenarien ausgearbeitet und Aktivitäten zur Verminderung von Luftqualitätsbeeinträchtigungen gesetzt werden. Durch das regelmäßige Erstellen von umfassenden Emissionsbilanzen wird man in der Lage versetzt, die Wirksamkeit von Schadstoffminderungsmaßnahmen zu überwachen und im Bedarfsfall anzupassen bzw. zu intensivieren.

Durch den konsequenten Einsatz von modernen Abgasreinigungstechniken können die behördlich verordneten Emissionsgrenzwerte von den Betreibern der österreichischen Zementwerke sicher und dauerhaft eingehalten werden.

## **1 Problemstellung**

Der vorliegende Bericht soll alle relevanten Schadstoffe umfassen, die durch Anlagen der österreichischen Zementindustrie mit Ofenbetrieb im Jahr 2020 freigesetzt wurden.

Darüber hinaus, sollen

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

zusammenfassend dargestellt werden.

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

Zu Vergleichszwecken soll die Emissionsinventur 2020 um die Bilanzjahre 2015 bis 2019 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).

| <b>klassische Luftschadstoffe</b>      | <b>metallische Spurenelemente*</b> | <b>klimarelevante Schadgase</b>                |
|--|------------------------------------|--|
| 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 2020 erstellt und zu Vergleichszwecken mit den entsprechenden Daten für 2015 bis 2019 ergänzt.

### 2.3 Erfasste Anlagen

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

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

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

| Anlagenspiegel mit 31.12.2020  |                            |   |  |              |  |      |       |                               |              |       |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
|--|----------------------------|---|--|--------------|--|------|-------|-------------------------------|--------------|-------|----|--------------|----|--------------|--------------|------------------------|-----|---|----|------------|------|--|----|---------------|-----|---|-----|----------------------------|-------|--------------------------------------|----|----------|--|--|
| Betreiber  | Standort                   | Ofentechnik                                     | Klinkerkühler  | Zementmühlen | Abgasentstaubung                                     | SNCR | SCR   | SO <sub>2</sub> -Abgas-Wäsche | Hg-Minderung | RTO   |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| Zementwerk Leube GmbH  | Gartenau                   | 5-stufiger WT-DO mit Brennkammer und Kalzinator | Pendelrostkühler   | 2 KM         | DO, KÜ, RM4 und RM5 in Schlauchfiltern               | (✓)  | ✓**** |                               |              | ✓**** |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| Zementwerk Hatschek GmbH   | Gmunden                    | 5-stufiger WT-DO mit Kalzinator                 | Rostkühler   | 3 KM         | DO und KÜ in 2 E-Entstaubern in Serie                | ✓    |       |                               |              |       |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H.  | Kirchdorf / Krems          | 4-stufiger WT-DO mit Kalzinator                 | Pendelrostkühler   | 2 KM         | DO und 2 MTA mit Schlauchfilter, KÜ mit E-Entstauber | (✓)  | ✓*    |                               |              | ✓*    |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| Lafarge Zementwerke GmbH   | Mannersdorf                | 5-stufiger 2-strangiger WT-DO mit Kalzinator    | 2-teiliger Rostkühler  | 2 KM         | DO mit Schlauchfilter, KÜ mit E-Entstauber           | (✓)  | ✓     |                               |              |       |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| w&p Zement GmbH  | Peggau                     | Lepolverfahren                                  | Rostkühler   | 3 KM         | DO und KÜ im Schlauchfilter                          | ✓    |       |                               |              |       |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| Lafarge Zementwerke GmbH   | Retznei                    | 4-stufiger WT-DO mit Kalzinator*****            | Horizontalrostkühler   | 3 KM         | E-Entstauber, Alkalibypass mit Schlauchfilter        | ✓    |       | ✓                             |              |       |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| Schretter & Cie GmbH & Co KG   | Völs                       | 4-stufiger WT-DO                                | Rostkühler   | 2 KM         | DO mit Schlauchfilter, KÜ mit E-Entstauber           | ✓    |       |                               |              |       |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| w&p Zement GmbH  | Wietersdorf                | 5-stufiger WT-DO mit Kalzinator                 | Rostkühler   | 2 KM         | DO und KÜ in einem Schlauchfilter                    | ✓    |       |                               | ✓**          | ✓**** |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| Baunit GmbH  | Wopfing                    | 5-stufiger WT-DO mit Kalzinator                 | Rostkühler   | KM+2 RP      | DO in Schlauchfilter, Schlauchfilter für KÜ          | ✓    |       |                               |              | ✓     |    |              |    |              |              |                        |     |   |    |            |      |  |    |               |     |   |     |                            |       |                                      |    |          |  |  |
| <p>Legende:</p> <table 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.<br/> ** XMercury-Anlage zur Hg-Entfrachtung mit einem kohlenstoffhaltigen Adsorbens; Inbetriebnahme: Mitte 2015<br/> *** Die RTO am w&amp;p - Betriebsstandort Wietersdorf hat im Oktober 2017 den Betrieb aufgenommen.<br/> **** DeCONOX-Anlage (Kopplungsverfahren einer thermischen Nachverbrennungsanlage und einer SCR-DeNOx-Anlage in Reingasschaltung); Inbetriebnahme: März 2019.<br/> ***** 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: 31.12.2020)

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

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß die in dieser Studie ausgewiesenen Daten kollektivierte Werte darstellen, welche für die Gesamtheit der österreichischen Zementindustrie gelten. Diese kollektivierten Werte sind nicht dazu geeignet auf einzelne österreichische Zementwerke und deren spezifische Daten umgelegt zu werden.

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

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

siehe Seite 7 und 7a:

Tabelle 3-1: Gesamtübersichtstabelle - Emissionen und Produktionsmittel der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2015 bis 2020



## GESAMTÜBERSICHT

| I Anlagendaten   |  |              |           |           |              |           |            |              |           |            |              |           |            |              |            |            |              |            |           |
|--|--|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|-----------|
| Anlagenzahl  | Österreichweit waren 2020 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 2020 installierten Gesamtanlagenkapazität von ca. 5.413.400 t/a wurden die unter II angeführten Jahresmengen produziert. |              |           |           |              |           |            |              |           |            |              |           |            |              |            |            |              |            |           |
| II Produktionsdaten  |  | 2015         |           |           | 2016         |           |            | 2017         |           |            | 2018         |           |            | 2019         |            |            | 2020         |            |           |
| Rohmehleinsatz   | [t/a]  | 5 033 733    |           |           | 5 093 970    |           |            | 5 057 751    |           |            | 5 421 197    |           |            | 5 264 330    |            |            | 5 404 367    |            |           |
| Klinkerproduktion  | [t/a]  | 3 256 561    |           |           | 3 299 974    |           |            | 3 313 459    |           |            | 3 551 969    |           |            | 3 422 866    |            |            | 3 522 299    |            |           |
| Zementproduktion   | [t/a]  | 4 611 810    |           |           | 4 776 936    |           |            | 4 879 639    |           |            | 5 241 524    |           |            | 5 232 990    |            |            | 5 223 206    |            |           |
| Ofenbetriebsstunden <sup>a)</sup>  | [h <sub>OB</sub> /a]   | 56 412,0     |           |           | 56 872,0     |           |            | 55 290,0     |           |            | 57 988,5     |           |            | 55 987,0     |            |            | 57 243,5     |            |           |
| Rohmehlfaktor  | [t <sub>RM</sub> /t <sub>K</sub> ]   | 1,546        |           |           | 1,544        |           |            | 1,526        |           |            | 1,526        |           |            | 1,538        |            |            | 1,534        |            |           |
| (korrigierter*) Klinkerfaktor  | [t <sub>K</sub> /t <sub>Z</sub> ]  | 0,702*       | 0,706     |           | 0,705*       | 0,691     |            | 0,704*       | 0,679     |            | 0,696*       | 0,678     |            | 0,694*       | 0,654      |            | 0,701*       | 0,674      |           |
| III Konventionelle Energieträger (KET)   |  | 2015         |           |           | 2016         |           |            | 2017         |           |            | 2018         |           |            | 2019         |            |            | 2020         |            |           |
|  |  | 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  |  | 30,27        | 28 825    | 872 592   | 29,92        | 20 960    | 627 187    | 30,23        | 20 335    | 614 753    | 25,90        | 25 878    | 670 184    | 26,72        | 30 443     | 813 561    | 28,61        | 65 602     | 1 876 656 |
| B) Braunkohle  |  | 22,15        | 45 989    | 1 018 658 | 22,02        | 48 379    | 1 065 175  | 21,96        | 48 625    | 1 067 651  | 22,06        | 57 339    | 1 265 143  | 22,21        | 53 752     | 1 193 806  | 22,17        | 48 881     | 1 083 505 |
| C) Heizöl L (0,2 m% S)   |  | 41,70        | 233       | 9 712     | 41,70        | 508       | 21 180     | 41,70        | 394       | 16 445     | 41,70        | 506       | 21 121     | 41,70        | 425        | 17 731     | 41,70        | 326        | 13 576    |
| 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)   |  | 40,03        | 2 405     | 96 275    | 40,14        | 2 813     | 112 927    | 39,06        | 2 061     | 80 489     | 39,05        | 1 408     | 55 000     | 39,26        | 1 380      | 54 185     | 40,30        | 1 358      | 54 740    |
| F) Erdgas <sup>b)</sup> / [1000m <sup>3</sup> (Vn)/a]; Hu / [MJm <sup>-3</sup> (Vn)] |  | 36,00        | 1 867,632 | 67 235    | 36,22        | 3 021,479 | 109 426    | 36,23        | 2 720,298 | 98 554     | 36,23        | 2 948,684 | 106 843    | 36,78        | 11 766,455 | 432 826    | 36,80        | 17 751,712 | 653 263   |
| J) Petrolkoks  |  | 31,08        | 27 946    | 868 661   | 30,48        | 28 037    | 854 711    | 30,93        | 18 507    | 572 489    | 29,79        | 15 590    | 464 376    | 31,55        | 13 138     | 414 511    | 31,41        | 10 446     | 328 120   |
| G) sonstige (Heizöl EL, Anthrazit)   |  | 42,70        | 291       | 12 445    | 42,70        | 330       | 14 086     | 42,70        | 345       | 14 713     | 42,70        | 284       | 12 143     | 42,70        | 314        | 13 404     | 42,70        | 490        | 20 913    |
| Summe KET  |  |              | 107 017   | 2 945 578 |              | 103 176   | 2 804 693  |              | 92 201    | 2 465 094  |              | 103 104   | 2 594 810  |              | 107 820    | 2 940 024  |              | 139 728    | 4 030 773 |
| IV Ersatzbrennstoffe (EBS)   |  | 2015         |           |           | 2016         |           |            | 2017         |           |            | 2018         |           |            | 2019         |            |            | 2020         |            |           |
|  |  | Hu / [MJ/kg] | [t/a]     | [GJ/a]    | Hu / [MJ/kg] | [t/a]     | [GJ/a]     | Hu / [MJ/kg] | [t/a]     | [GJ/a]     | Hu / [MJ/kg] | [t/a]     | [GJ/a]     | Hu / [MJ/kg] | [t/a]      | [GJ/a]     | Hu / [MJ/kg] | [t/a]      | [GJ/a]    |
| H) Altreifen   |  | 29,33        | 54 242    | 1 590 979 | 29,66        | 56 143    | 1 665 140  | 29,88        | 58 988    | 1 762 265  | 29,75        | 61 735    | 1 836 825  | 30,76        | 40 086     | 1 232 849  | 30,41        | 45 268     | 1 376 570 |
| I) Kunststoffabfälle   |  | 19,40        | 304 221   | 5 900 871 | 19,69        | 316 107   | 6 225 366  | 19,50        | 324 780   | 6 333 354  | 19,38        | 358 580   | 6 950 669  | 19,58        | 357 388    | 6 998 342  | 19,05        | 299 484    | 5 705 029 |
| K) Altöl   |  | 32,85        | 10 890    | 357 733   | 33,26        | 16 131    | 536 588    | 33,40        | 13 847    | 462 473    | 37,02        | 15 321    | 567 241    | 31,00        | 19 692     | 610 386    | 30,48        | 17 608     | 536 757   |
| L) Lösungsmittel   |  | 25,42        | 19 756    | 502 179   | 27,63        | 23 502    | 649 257    | 26,69        | 23 761    | 634 164    | 26,75        | 26 619    | 712 076    | 24,84        | 24 540     | 609 584    | 25,37        | 28 129     | 713 535   |
| M) landwirtschaftliche Rückstände  |  | 16,91        | 325       | 5 492     | 16,91        | 520       | 8 798      | 16,91        | 1 204     | 20 359     | 16,91        | 1 457     | 24 632     | 16,91        | 491        | 8 303      |              | 0          | 0         |
| N) Papierfaserreststoff  |  | 4,85         | 42 227    | 204 779   | 4,83         | 35 719    | 172 523    | 4,89         | 36 728    | 179 600    | 5,07         | 40 268    | 204 159    | 4,80         | 35 420     | 170 016    | 5,20         | 39 574     | 205 785   |
| O) sonstige  |  | 13,44        | 61 668    | 828 524   | 14,15        | 60 273    | 852 730    | 17,09        | 50 550    | 863 656    | 18,26        | 51 635    | 942 838    | 18,55        | 57 344     | 1 063 991  | 18,51        | 61 369     | 1 136 035 |
| Summe EBS  |  |              | 493 329   | 9 390 558 |              | 508 395   | 10 110 402 |              | 509 857   | 10 255 872 |              | 555 614   | 11 238 439 |              | 534 961    | 10 693 470 |              | 491 433    | 9 673 711 |
| V Thermischer Energieeinsatz**   |  | 2015         |           |           | 2016         |           |            | 2017         |           |            | 2018         |           |            | 2019         |            |            | 2020         |            |           |
| a) Σ Energieeinsatz KET  | [GJ/h <sub>OB</sub> ]  | 52,2         |           |           | 49,3         |           |            | 44,6         |           |            | 44,7         |           |            | 52,5         |            |            | 70,4         |            |           |
| b) Σ Energieeinsatz EBS  | [GJ/h <sub>OB</sub> ]  | 166,5        |           |           | 177,8        |           |            | 185,5        |           |            | 193,8        |           |            | 191,0        |            |            | 169,0        |            |           |
| Summe a) u. b)   | [GJ/h <sub>OB</sub> ]  | 218,7        |           |           | 227,1        |           |            | 230,1        |           |            | 238,6        |           |            | 243,5        |            |            | 239,4        |            |           |
| EBS-Anteil an (III+IV)   | [%]  | 76,12        |           |           | 78,28        |           |            | 80,62        |           |            | 81,24        |           |            | 78,44        |            |            | 70,59        |            |           |
| spez. therm. Energieeinsatz  | [GJ/t <sub>Klinker</sub> ]   | 3,788        |           |           | 3,914        |           |            | 3,839        |           |            | 3,895        |           |            | 3,983        |            |            | 3,891        |            |           |
| VI Sekundärrohstoffe (SRS)   |  | 2015         |           |           | 2016         |           |            | 2017         |           |            | 2018         |           |            | 2019         |            |            | 2020         |            |           |
| diverse Schlacken  | [t/a]  | 47 079       |           |           | 36 863       |           |            | 34 745       |           |            | 35 487       |           |            | 29 138       |            |            | 35 367       |            |           |
| Gießereisand   | [t/a]  | 27 957       |           |           | 31 695       |           |            | 36 052       |           |            | 38 822       |           |            | 46 536       |            |            | 29 535       |            |           |
| Summe SRS / sonstige SRS   | [t/a]  | 610 816      | 535 781   |           | 628 296      | 559 739   |            | 699 305      | 628 507   |            | 765 918      | 691 610   |            | 786 030      | 710 356    |            | 797 874      | 732 972    |           |

| VII Sekundärzumahlstoffe (SZS) |       |  | 2015      |         |           | 2016    |           |        | 2017      |         |           | 2018    |           |        | 2019 |  |  | 2020 |  |
|--------------------------------|-------|--|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|------|--|--|------|--|
| Hochofenschlacke               | [t/a] |  | 744 590   |         | 774 461   |         | 774 505   |        | 803 581   |         | 832 053   |         | 790 118   |        |      |  |  |      |  |
| REA - Gips                     | [t/a] |  | 45 411    |         | 48 716    |         | 48 081    |        | 47 979    |         | 49 032    |         | 45 734    |        |      |  |  |      |  |
| Flugasche                      | [t/a] |  | 126 974   |         | 127 453   |         | 119 064   |        | 133 777   |         | 123 637   |         | 103 138   |        |      |  |  |      |  |
| Summe SZS / sonstige SZS       | [t/a] |  | 1 043 676 | 126 701 | 1 066 573 | 115 943 | 1 016 096 | 74 446 | 1 099 976 | 114 638 | 1 107 152 | 102 430 | 1 030 330 | 91 340 |      |  |  |      |  |

| VIII Abgasparameter                           |                             |  | 2015      |       |           | 2016  |           |       | 2017      |       |           | 2018  |           |       | 2019 |  |  | 2020 |  |
|---|-----------------------------|--|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------|--|--|------|--|
| Bez.-O <sub>2</sub> / O <sub>2</sub> gemessen | [Vol.-%]                    |  | 10,00     | 11,81 | 10,00     | 11,85 | 10,00     | 11,36 | 10,00     | 11,36 | 10,00     | 11,39 | 10,00     | 11,14 |      |  |  |      |  |
| Abgashormvolumen V <sub>(tr.,Vn,bez.)</sub>   | [1000m <sup>3</sup> (Vn)/a] |  | 7 395 121 |       | 7 682 283 |       | 7 660 014 |       | 8 255 301 |       | 8 114 126 |       | 8 476 510 |       |      |  |  |      |  |

| IX Emissionsrelevante Daten                            | 2015                |             |                      | 2016                |             |                      | 2017                |             |                      | 2018                |             |                      | 2019                |             |                      | 2020                |             |                      |
|--|---------------------|-------------|----------------------|---------------------|-------------|----------------------|---------------------|-------------|----------------------|---------------------|-------------|----------------------|---------------------|-------------|----------------------|---------------------|-------------|----------------------|
|  | E-faktor            | Massenstrom | E-faktor             | E-faktor            | Massenstrom | E-faktor             | E-faktor            | Massenstrom | E-faktor             | E-faktor            | Massenstrom | E-faktor             | E-faktor            | Massenstrom | E-faktor             | E-faktor            | Massenstrom | E-faktor             |
|  | [g/t <sub>z</sub> ] | [t/a]       | [g/t <sub>kl</sub> ] | [g/t <sub>z</sub> ] | [t/a]       | [g/t <sub>kl</sub> ] | [g/t <sub>z</sub> ] | [t/a]       | [g/t <sub>kl</sub> ] | [g/t <sub>z</sub> ] | [t/a]       | [g/t <sub>kl</sub> ] | [g/t <sub>z</sub> ] | [t/a]       | [g/t <sub>kl</sub> ] | [g/t <sub>z</sub> ] | [t/a]       | [g/t <sub>kl</sub> ] |
| 1 Staub (TSP) <sup>(1)(3)</sup>                        | 5,12                | 23,592      | 7,24                 | 4,97                | 23,747      | 7,20                 | 5,57                | 27,172      | 8,20                 | 5,71                | 29,904      | 8,42                 | 4,98                | 26,035      | 7,61                 | 4,72                | 24,634      | 6,99                 |
| 2 Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )               | 483,78              | 2 231,087   | 685,11               | 451,42              | 2 156,426   | 653,47               | 430,82              | 2 102,258   | 634,46               | 441,17              | 2 312,415   | 651,02               | 389,00              | 2 035,640   | 594,72               | 454,41              | 2 373,473   | 673,84               |
| 3 Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )                    | 59,49               | 274,342     | 84,24                | 54,74               | 261,498     | 79,24                | 59,89               | 292,225     | 88,19                | 61,15               | 320,522     | 90,24                | 41,07               | 214,928     | 62,79                | 43,96               | 229,630     | 65,19                |
| 4 Cadmium (Cd)   | 0,000877            | 0,004043    | 0,001242             | 0,001327            | 0,006337    | 0,001920             | 0,001294            | 0,006313    | 0,001905             | 0,001978            | 0,010369    | 0,002919             | 0,001249            | 0,006537    | 0,001910             | 0,001187            | 0,006199    | 0,001760             |
| 5 Thallium (Tl)  | 0,000936            | 0,004317    | 0,001326             | 0,000908            | 0,004336    | 0,001314             | 0,001279            | 0,006241    | 0,001884             | 0,001441            | 0,007553    | 0,002127             | 0,001349            | 0,007062    | 0,002063             | 0,001320            | 0,006892    | 0,001957             |
| 6 Beryllium (Be)                                       | 0,002450            | 0,011298    | 0,003469             | 0,002381            | 0,011375    | 0,003447             | 0,002450            | 0,011955    | 0,003608             | 0,002416            | 0,012664    | 0,003565             | 0,002315            | 0,012115    | 0,003540             | 0,002357            | 0,012310    | 0,003495             |
| Summe 4-6  | 0,004263            | 0,019658    | 0,006037             | 0,004616            | 0,022048    | 0,006681             | 0,005023            | 0,024510    | 0,007397             | 0,005835            | 0,030587    | 0,008611             | 0,004914            | 0,025714    | 0,007513             | 0,004863            | 0,025401    | 0,007212             |
| 7 Arsen (As)   | 0,000974            | 0,004493    | 0,001380             | 0,001085            | 0,005185    | 0,001571             | 0,001619            | 0,007901    | 0,002385             | 0,001338            | 0,007012    | 0,001974             | 0,001249            | 0,006537    | 0,001910             | 0,001187            | 0,006199    | 0,001760             |
| 8 Cobalt (Co)  | 0,000963            | 0,004440    | 0,001363             | 0,000882            | 0,004213    | 0,001277             | 0,001336            | 0,006520    | 0,001968             | 0,002036            | 0,010674    | 0,003005             | 0,001933            | 0,010114    | 0,002955             | 0,001187            | 0,006199    | 0,001760             |
| 9 Nickel (Ni)  | 0,013175            | 0,060760    | 0,018658             | 0,006465            | 0,030884    | 0,009359             | 0,009481            | 0,046265    | 0,013963             | 0,015581            | 0,081668    | 0,022992             | 0,006882            | 0,036013    | 0,010521             | 0,002988            | 0,015608    | 0,004431             |
| 10 Blei (Pb)   | 0,005203            | 0,023995    | 0,007368             | 0,006249            | 0,029850    | 0,009046             | 0,006666            | 0,032529    | 0,009817             | 0,008599            | 0,045072    | 0,012689             | 0,008280            | 0,043331    | 0,012659             | 0,003446            | 0,018001    | 0,005111             |
| Summe 7-10   | 0,020315            | 0,093687    | 0,028769             | 0,014681            | 0,070132    | 0,021252             | 0,019103            | 0,093215    | 0,028132             | 0,027554            | 0,144425    | 0,040661             | 0,018344            | 0,095997    | 0,028046             | 0,008808            | 0,046008    | 0,013062             |
| 11 Quecksilber (Hg)                                    | 0,028466            | 0,131281    | 0,040313             | 0,020341            | 0,097165    | 0,029444             | 0,026960            | 0,131555    | 0,039703             | 0,030826            | 0,161576    | 0,045489             | 0,025551            | 0,133710    | 0,039064             | 0,028096            | 0,146749    | 0,041663             |
| 12 Chrom (Cr)  | 0,016760            | 0,077295    | 0,023735             | 0,012586            | 0,060122    | 0,018219             | 0,018013            | 0,087896    | 0,026527             | 0,019740            | 0,103468    | 0,029130             | 0,008284            | 0,043351    | 0,012665             | 0,004673            | 0,024406    | 0,006929             |
| 13 Selen (Se)  | 0,000201            | 0,000927    | 0,000285             | 0,000293            | 0,001399    | 0,000424             | 0,000296            | 0,001447    | 0,000437             | 0,000505            | 0,002649    | 0,000746             | 0,000481            | 0,002515    | 0,000735             | 0,000513            | 0,002681    | 0,000761             |
| 14 Mangan (Mn)   | 0,011867            | 0,054728    | 0,016805             | 0,011665            | 0,055723    | 0,016886             | 0,011791            | 0,057538    | 0,017365             | 0,017267            | 0,090506    | 0,025480             | 0,015615            | 0,081711    | 0,023872             | 0,007840            | 0,040951    | 0,011626             |
| 15 Vanadium (V)  | 0,001040            | 0,004798    | 0,001473             | 0,001275            | 0,006088    | 0,001845             | 0,001513            | 0,007382    | 0,002228             | 0,001427            | 0,007478    | 0,002105             | 0,001322            | 0,006917    | 0,002021             | 0,001248            | 0,006518    | 0,001851             |
| 16 Zink (Zn)   | 0,021294            | 0,098205    | 0,030156             | 0,020615            | 0,098476    | 0,029841             | 0,023195            | 0,113181    | 0,034158             | 0,025432            | 0,133303    | 0,037529             | 0,023675            | 0,123890    | 0,036195             | 0,028993            | 0,151435    | 0,042993             |
| Summe 11-16  | 0,079629            | 0,367233    | 0,112767             | 0,066774            | 0,318974    | 0,096660             | 0,081768            | 0,398998    | 0,120417             | 0,095197            | 0,498979    | 0,140480             | 0,074927            | 0,392094    | 0,114551             | 0,071362            | 0,372740    | 0,105823             |
| 17 Antimon (Sb)  | 0,000887            | 0,004089    | 0,001256             | 0,000900            | 0,004300    | 0,001303             | 0,001235            | 0,006027    | 0,001819             | 0,002267            | 0,011885    | 0,003346             | 0,001598            | 0,008361    | 0,002443             | 0,001187            | 0,006199    | 0,001760             |
| 18 Kupfer (Cu)   | 0,007365            | 0,033967    | 0,010430             | 0,005439            | 0,025982    | 0,007873             | 0,008762            | 0,042756    | 0,012904             | 0,011632            | 0,060970    | 0,017165             | 0,010430            | 0,054579    | 0,015945             | 0,007206            | 0,037641    | 0,010686             |
| 19 Zinn (Sn)   | 0,001010            | 0,004656    | 0,001430             | 0,000890            | 0,004250    | 0,001288             | 0,001283            | 0,006262    | 0,001890             | 0,002011            | 0,010540    | 0,002967             | 0,001616            | 0,008457    | 0,002471             | 0,001298            | 0,006779    | 0,001925             |
| Summe 17-19  | 0,009262            | 0,042712    | 0,013116             | 0,007229            | 0,034532    | 0,010464             | 0,011281            | 0,055045    | 0,016613             | 0,015910            | 0,083394    | 0,023478             | 0,013644            | 0,071397    | 0,020859             | 0,009691            | 0,050620    | 0,014371             |
| Summe Spurenelemente (4-16)                            | 0,104206            | 0,480579    | 0,147572             | 0,086071            | 0,411155    | 0,124593             | 0,105894            | 0,516723    | 0,155947             | 0,128587            | 0,673991    | 0,189751             | 0,098186            | 0,513805    | 0,150110             | 0,085034            | 0,444149    | 0,126096             |
| Summe Spurenelemente (4-16 und 17-19)                  | 0,113468            | 0,523291    | 0,160688             | 0,093300            | 0,445687    | 0,135058             | 0,117174            | 0,571768    | 0,172559             | 0,144497            | 0,757386    | 0,213230             | 0,111829            | 0,585202    | 0,170969             | 0,094725            | 0,494769    | 0,140468             |
| 20 chlorhaltige Verbindungen (als HCl)                 | 2,985               | 13,765      | 4,227                | 4,205               | 20,088      | 6,087                | 4,491               | 21,914      | 6,614                | 3,258               | 17,075      | 4,807                | 3,749               | 19,617      | 5,731                | 2,834               | 14,801      | 4,202                |
| 21 fluorhaltige Verbindungen (als HF)                  | 0,205               | 0,944       | 0,290                | 0,192               | 0,918       | 0,278                | 0,192               | 0,938       | 0,283                | 0,129               | 0,678       | 0,191                | 0,141               | 0,740       | 0,216                | 0,157               | 0,820       | 0,233                |
| 22 organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)                 | 50,733              | 233,973     | 71,847               | 42,038              | 200,814     | 60,853               | 42,179              | 205,817     | 62,115               | 39,622              | 207,678     | 58,469               | 28,216              | 147,655     | 43,138               | 30,821              | 160,984     | 45,704               |
| 23 Kohlenstoffmonoxid (CO)                             | 2 971,5             | 13 704,21   | 4 208,2              | 2 362,9             | 11 287,48   | 3 420,5              | 1 577,0             | 7 695,02    | 2 322,4              | 1 020,1             | 5 346,89    | 1 505,3              | 665,0               | 3 479,94    | 1 016,7              | 725,4               | 3 788,78    | 1 075,7              |
| 24 Ammoniak (NH <sub>3</sub> )                         | 24,822              | 114,474     | 35,152               | 13,494              | 64,462      | 19,534               | 17,198              | 83,919      | 25,327               | 22,702              | 118,991     | 33,500               | 28,772              | 150,564     | 43,988               | 22,146              | 115,674     | 32,840               |
| 25 Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ) <sup>(2)</sup> | 602 868             | 2 780 312   | 853 757              | 591 122             | 2 823 753   | 855 689              | 572 952             | 2 795 801   | 843 771              | 572 066             | 2 998 496   | 844 179              | 553 293             | 2 895 376   | 845 892              | 564 245             | 2 947 166   | 836 717              |

<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

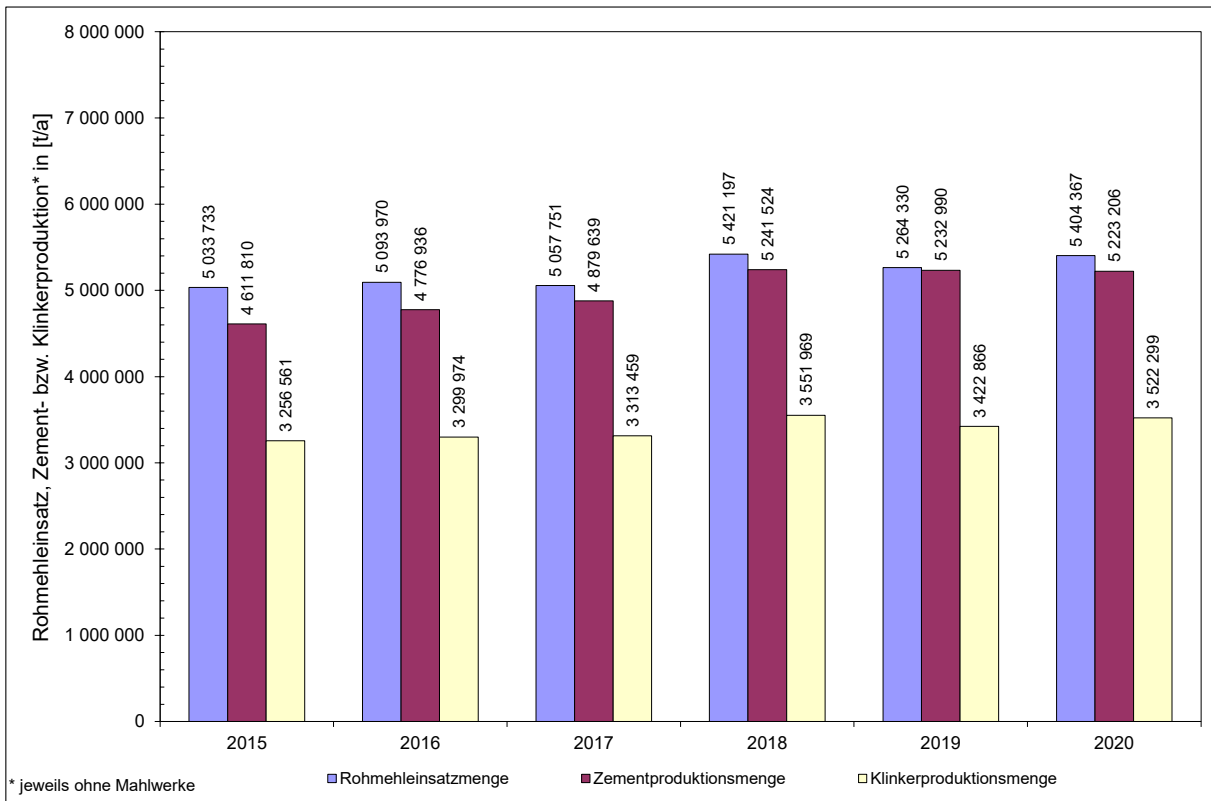


Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke)

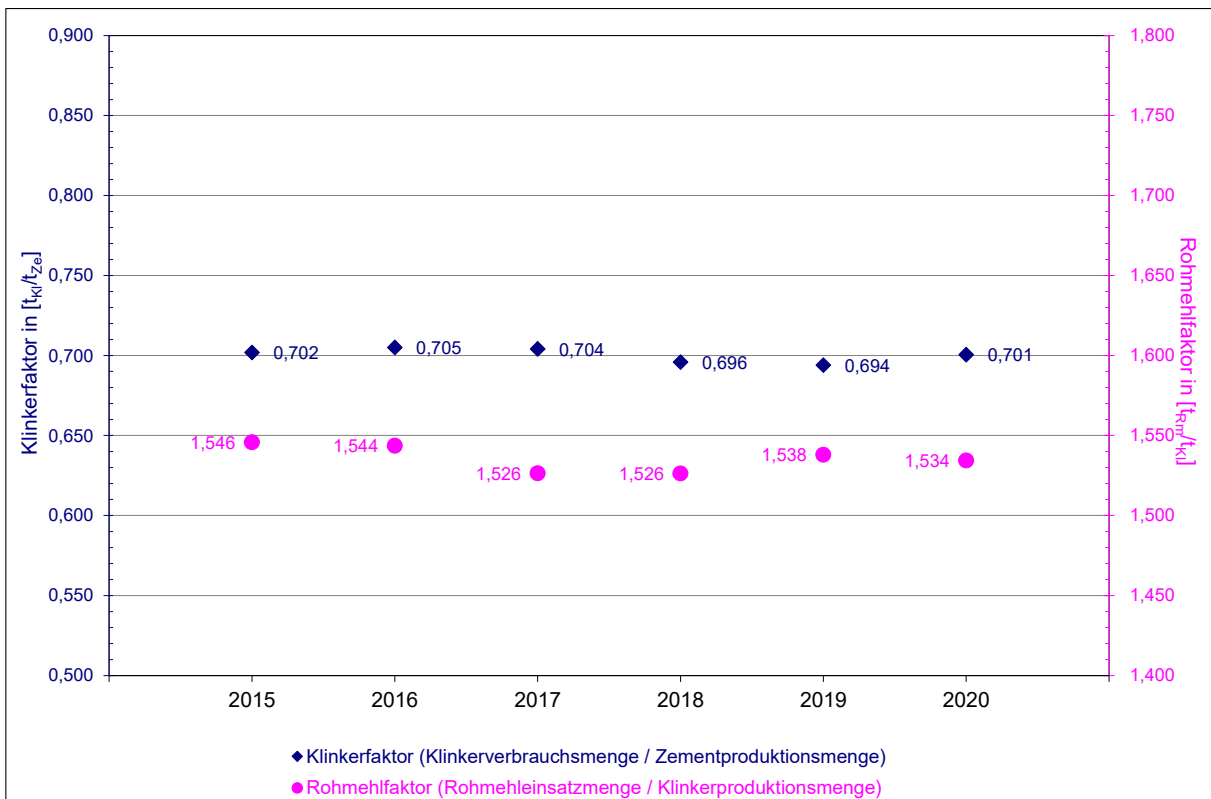


Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

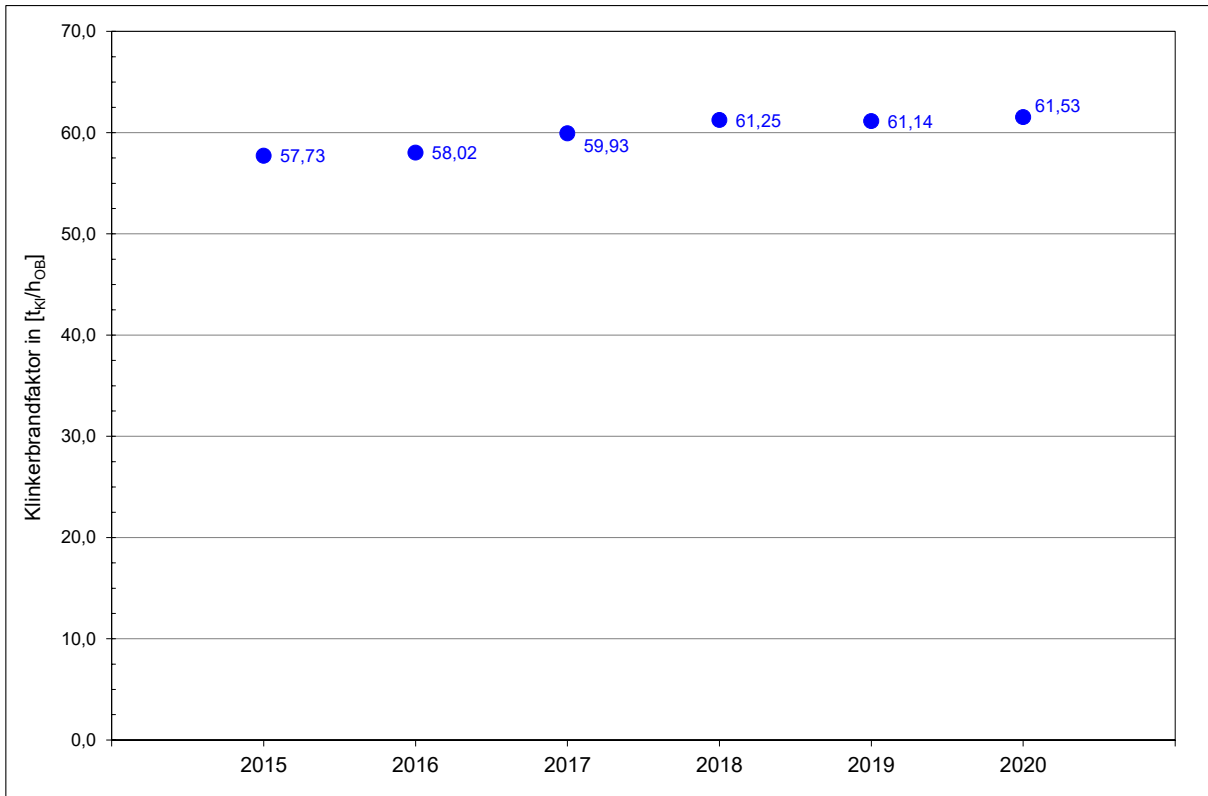


Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / [t<sub>kl</sub>/h<sub>OB</sub>] in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

### 3.2 Brennstoffstatistik

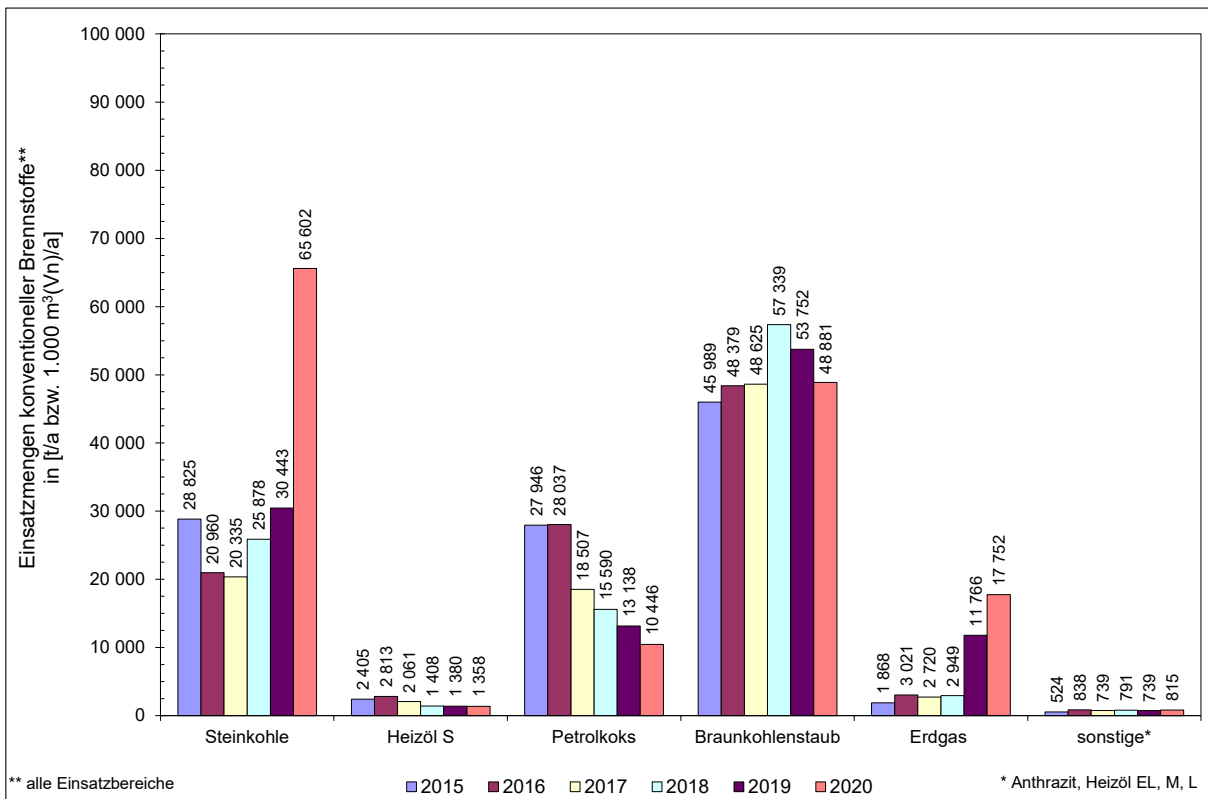


Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

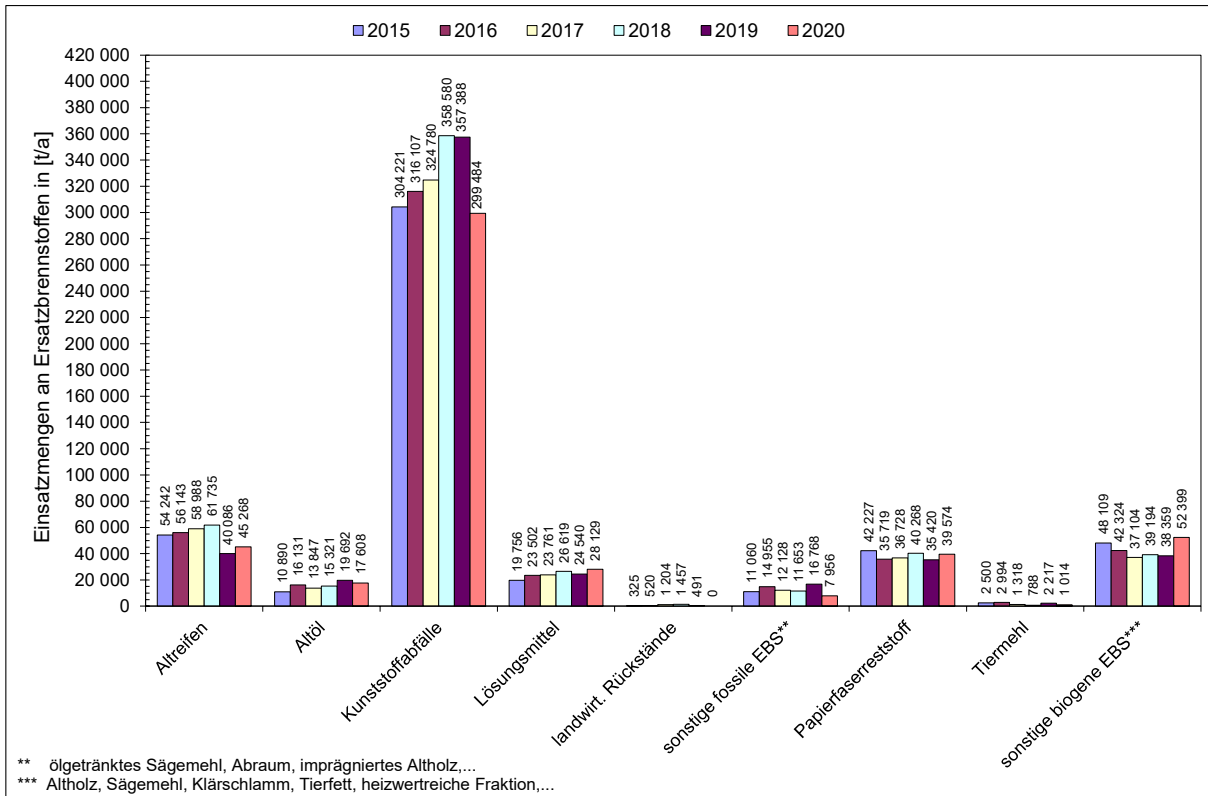


Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

### 3.3 Energiestatistik

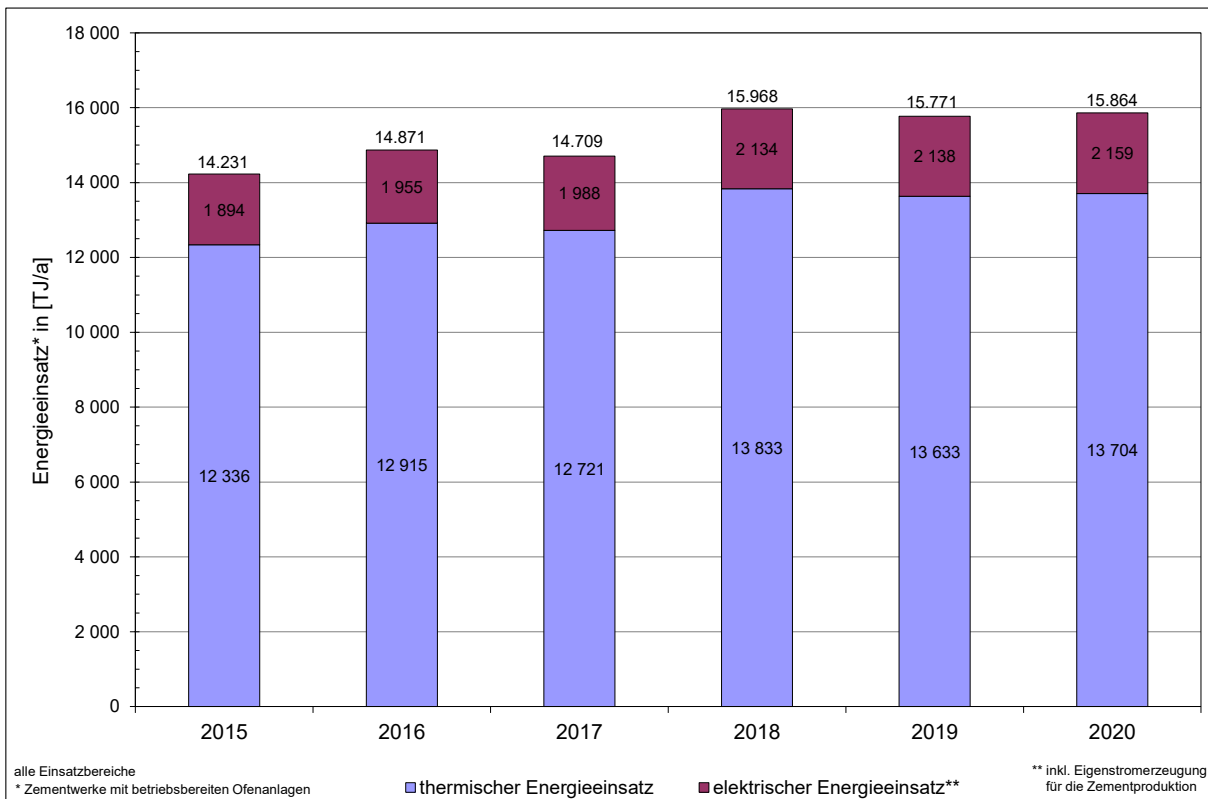


Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

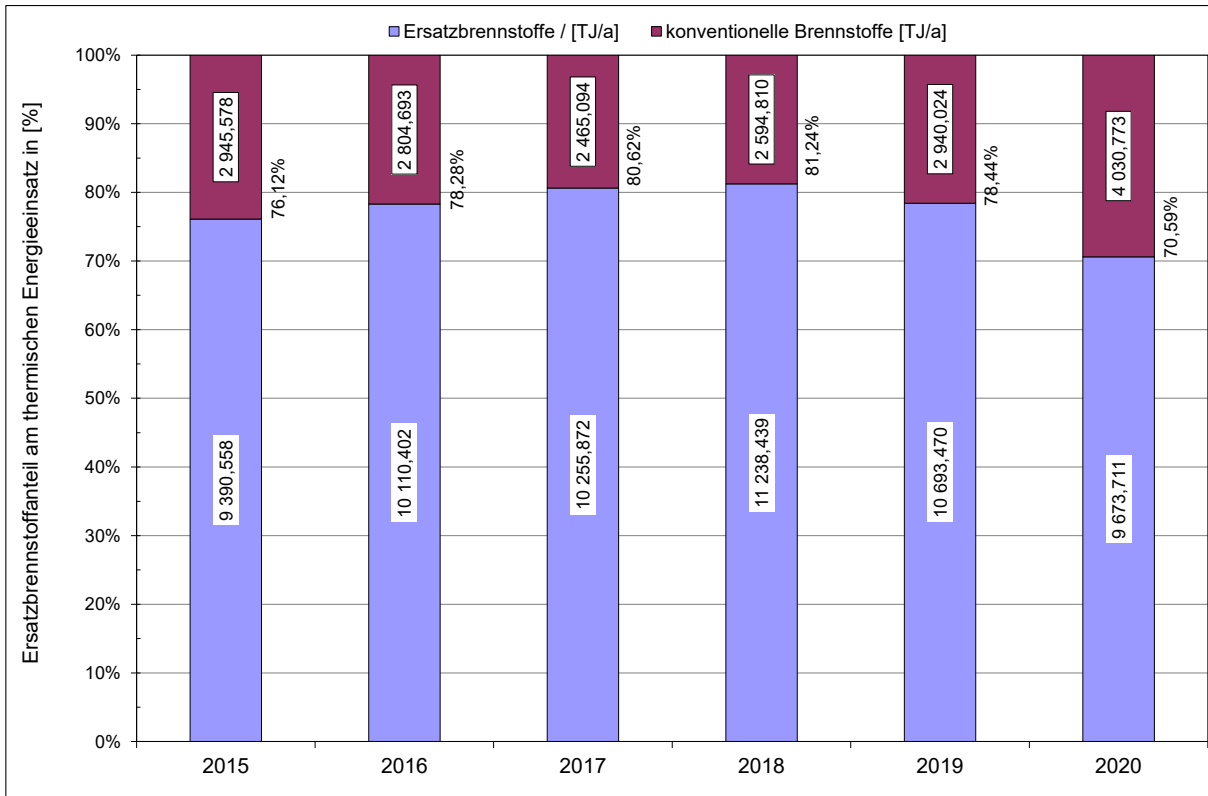


Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

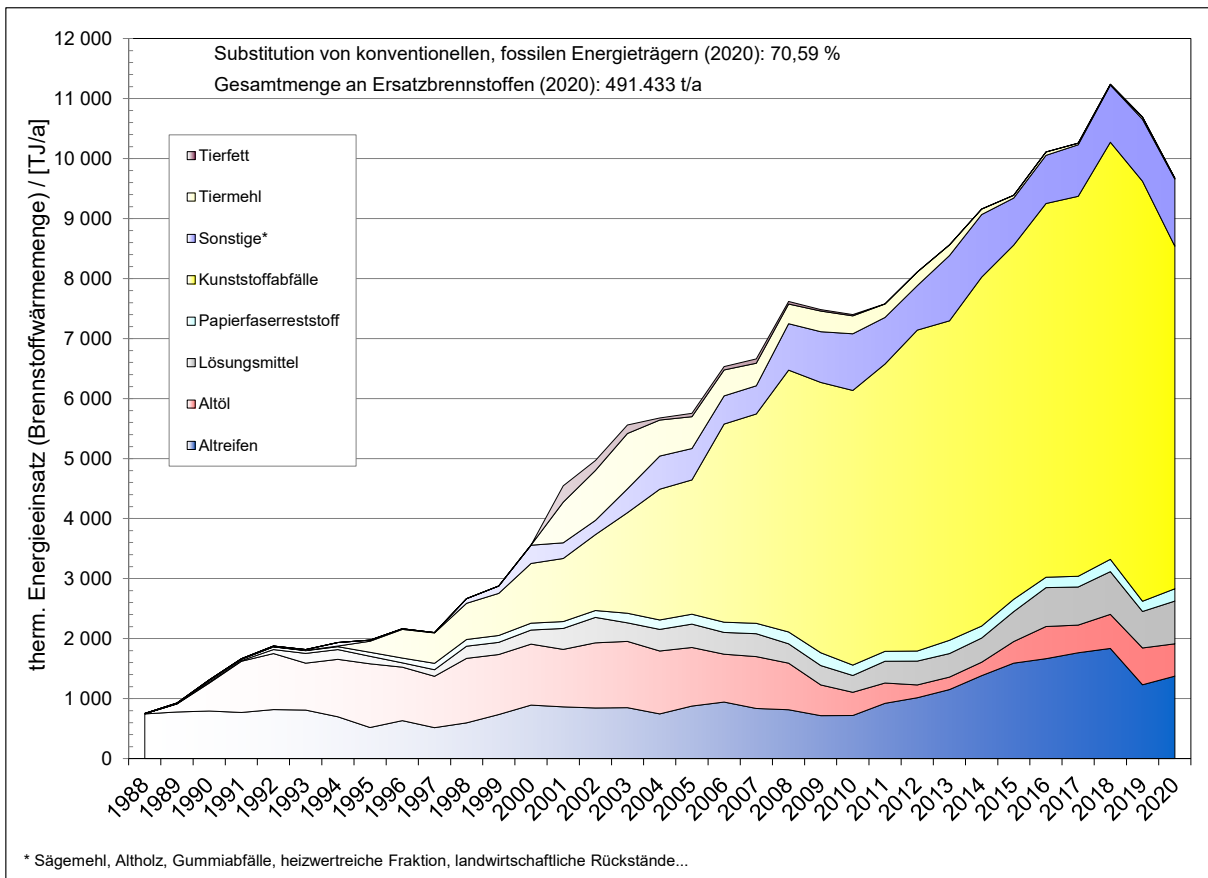


Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2020

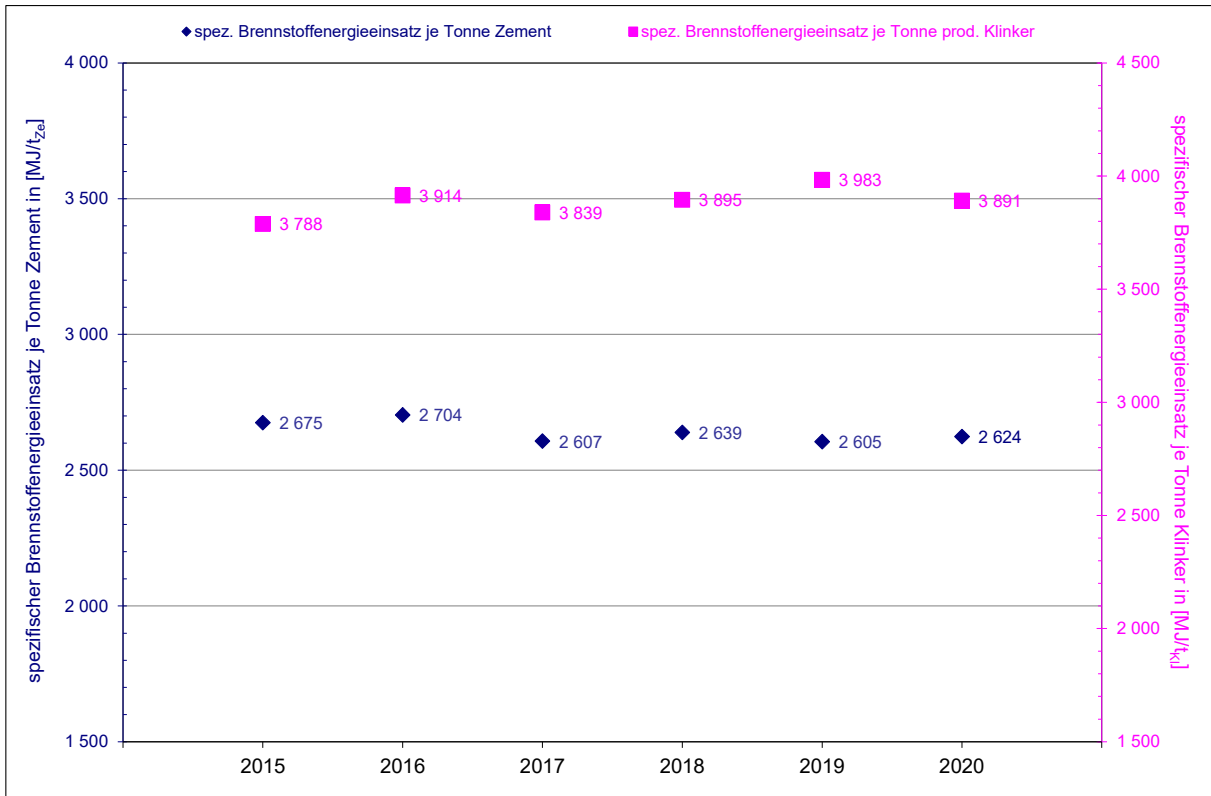


Abbildung 3-9: auf die Tonne Zement bzw. auf die Tonne Klinker bezogener spezifischer Brennstoffenergieeinsatz in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

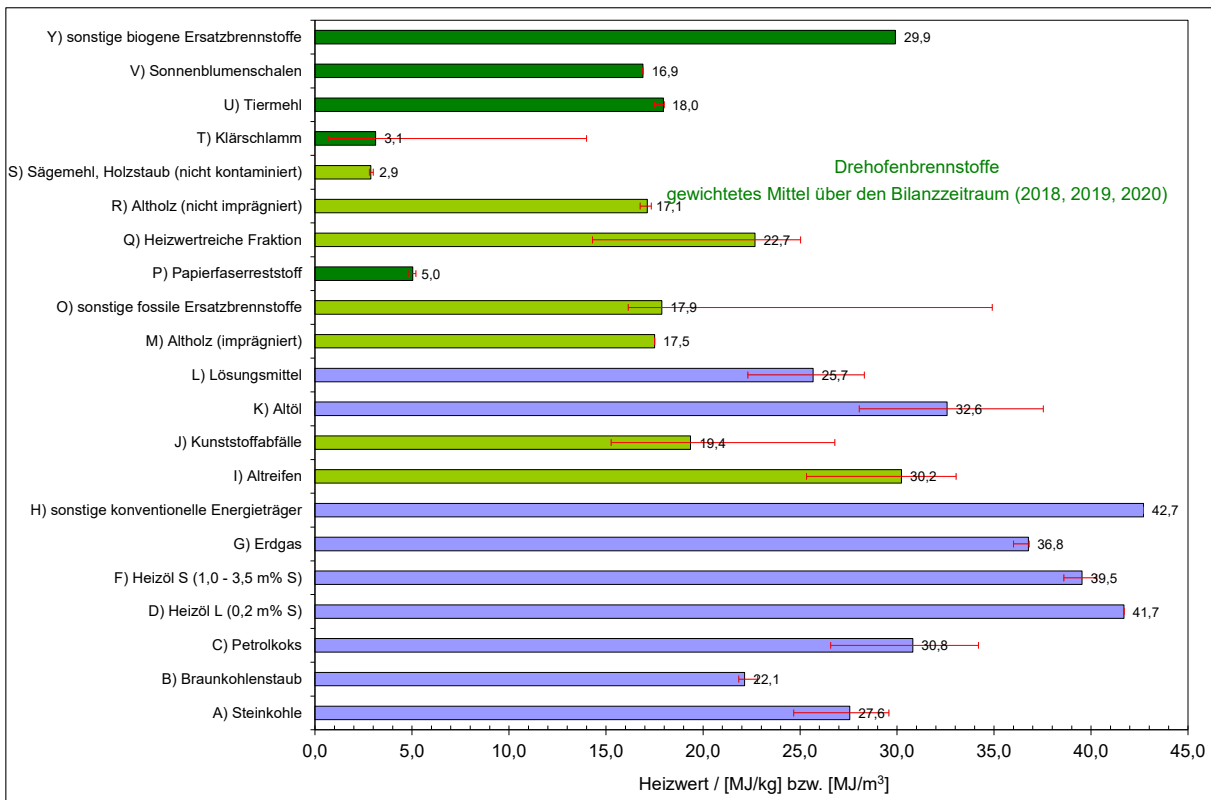


Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2018, 2019 und 2020 mengengewichtete Mittelwerte von Heizwerten unterschiedlicher Drehofenbrennstoffe (im Einsatzzustand) mit werkspezifischen Minimal- und Maximalwerten

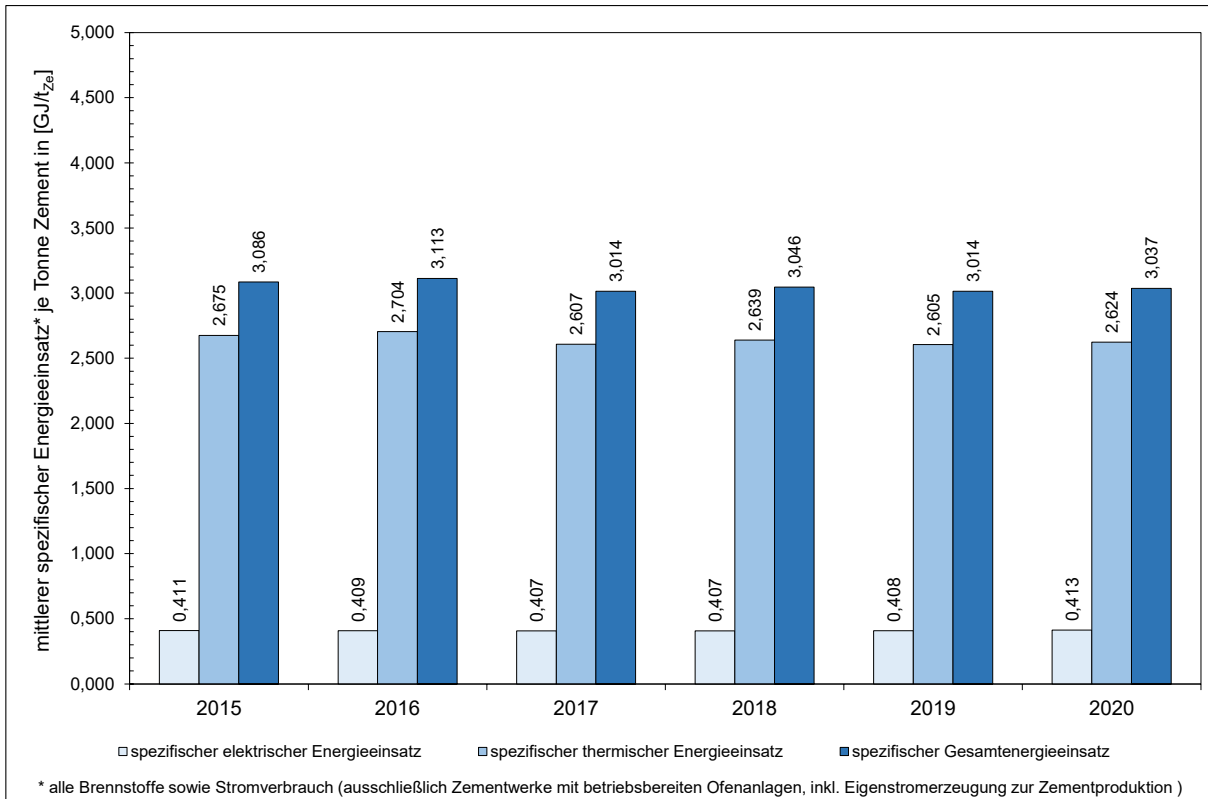


Abbildung 3-11: mittlerer spezifischer Energieeinsatz je Tonne Zement in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Vergleichszeitraum 2015 bis 2020

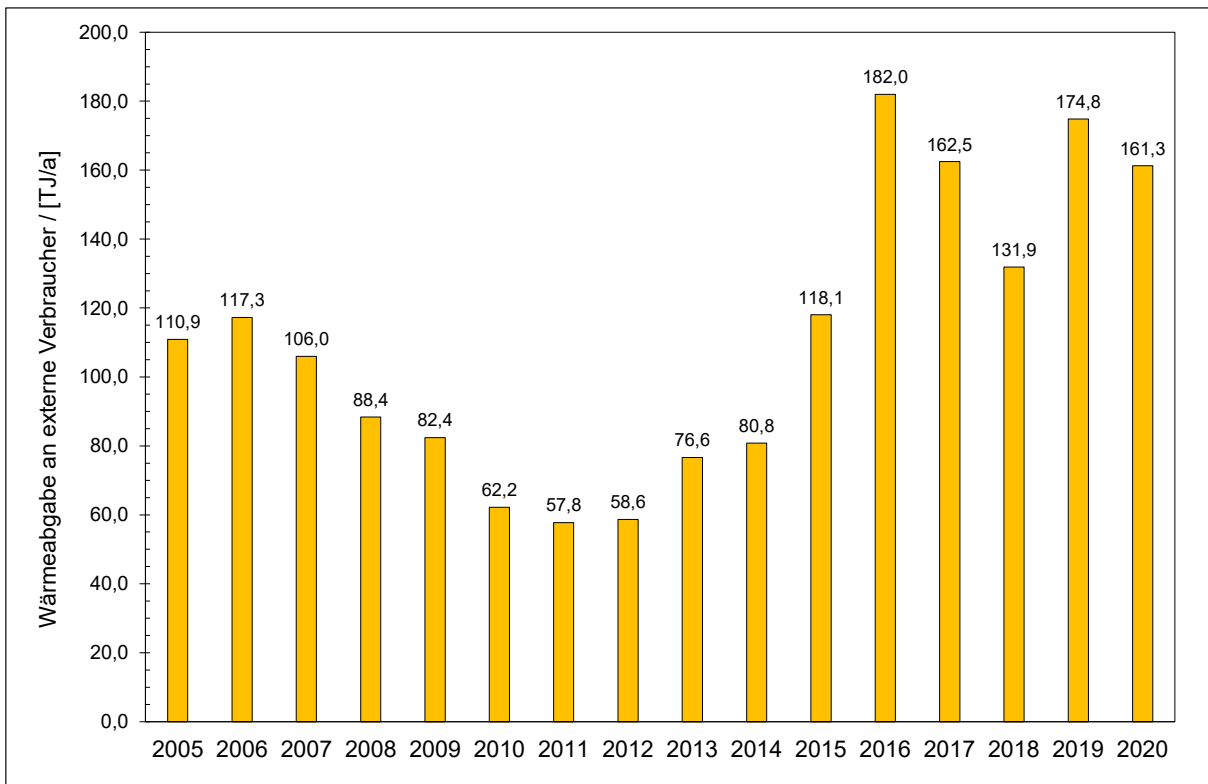


Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2020



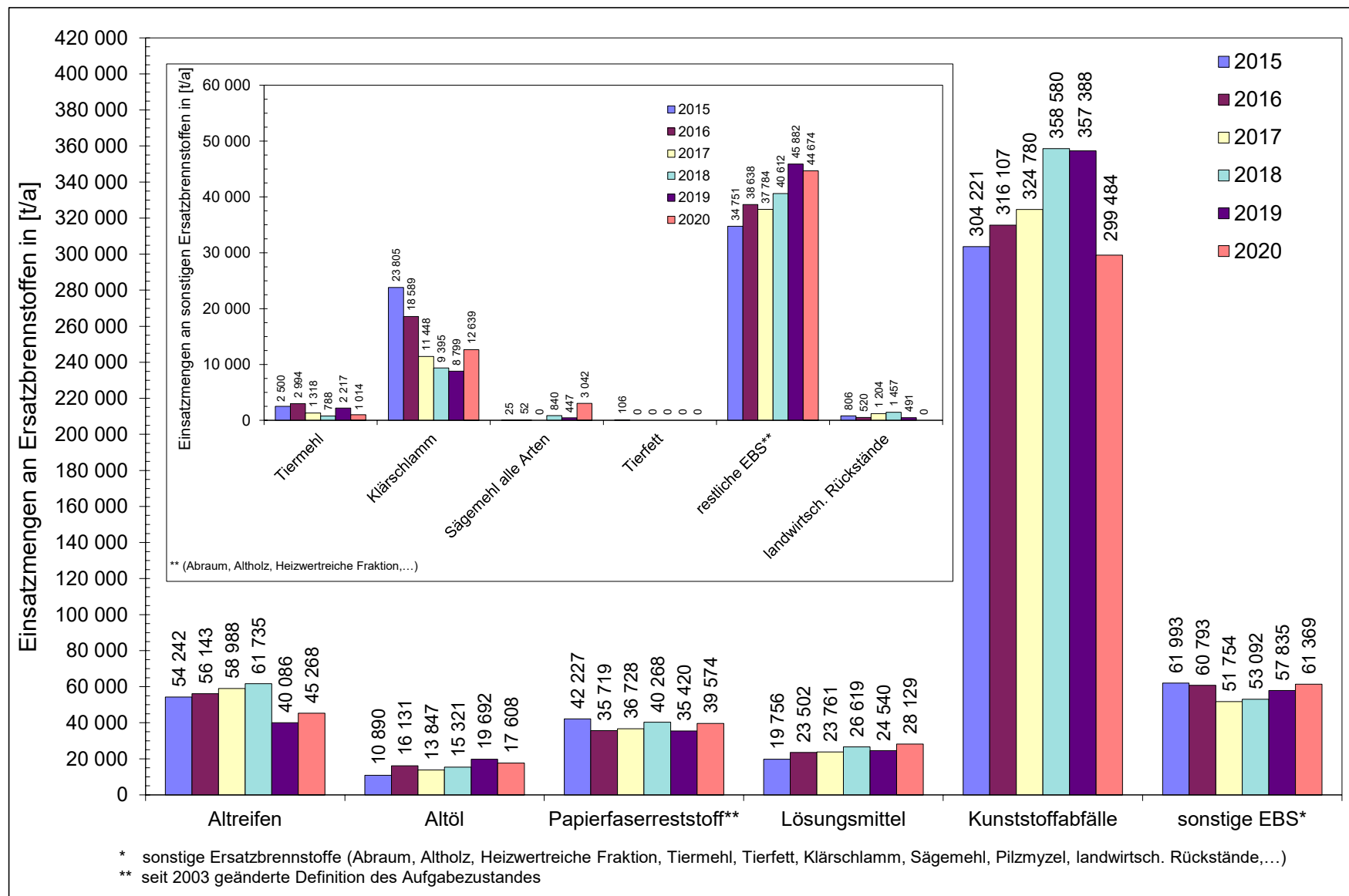


Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2015 bis 2020

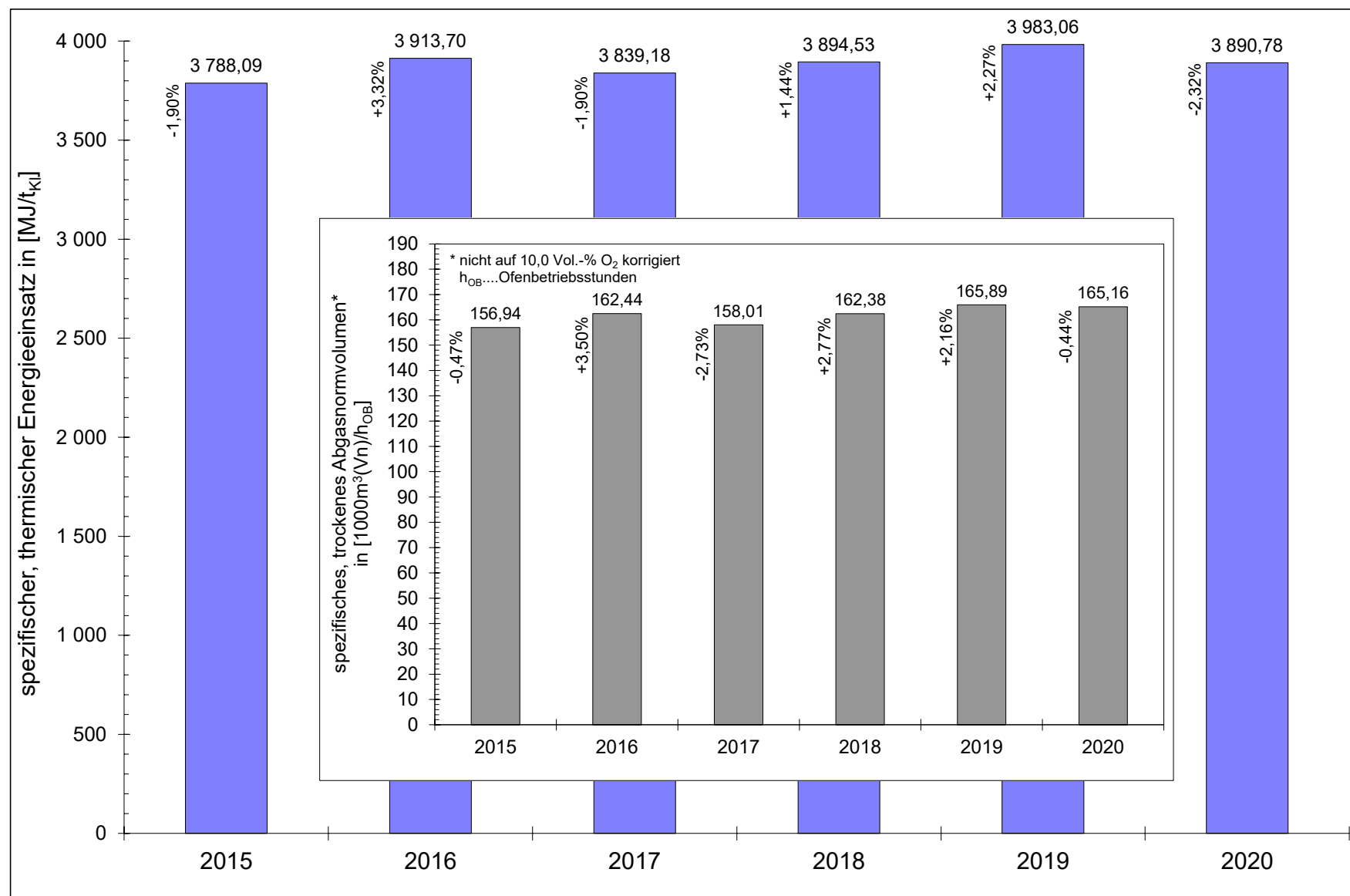


Abbildung 3-14: Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (exklusive elektrischer Energieeinsatz) und Darstellung des spezifischen, trockenen Gesamtgasnormvolumens (nicht auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> bezogen) in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkerherzeugung jeweils für den Zeitraum 2015 bis 2020

3.4 Rohstoff- und Zusatzstoffstatistik

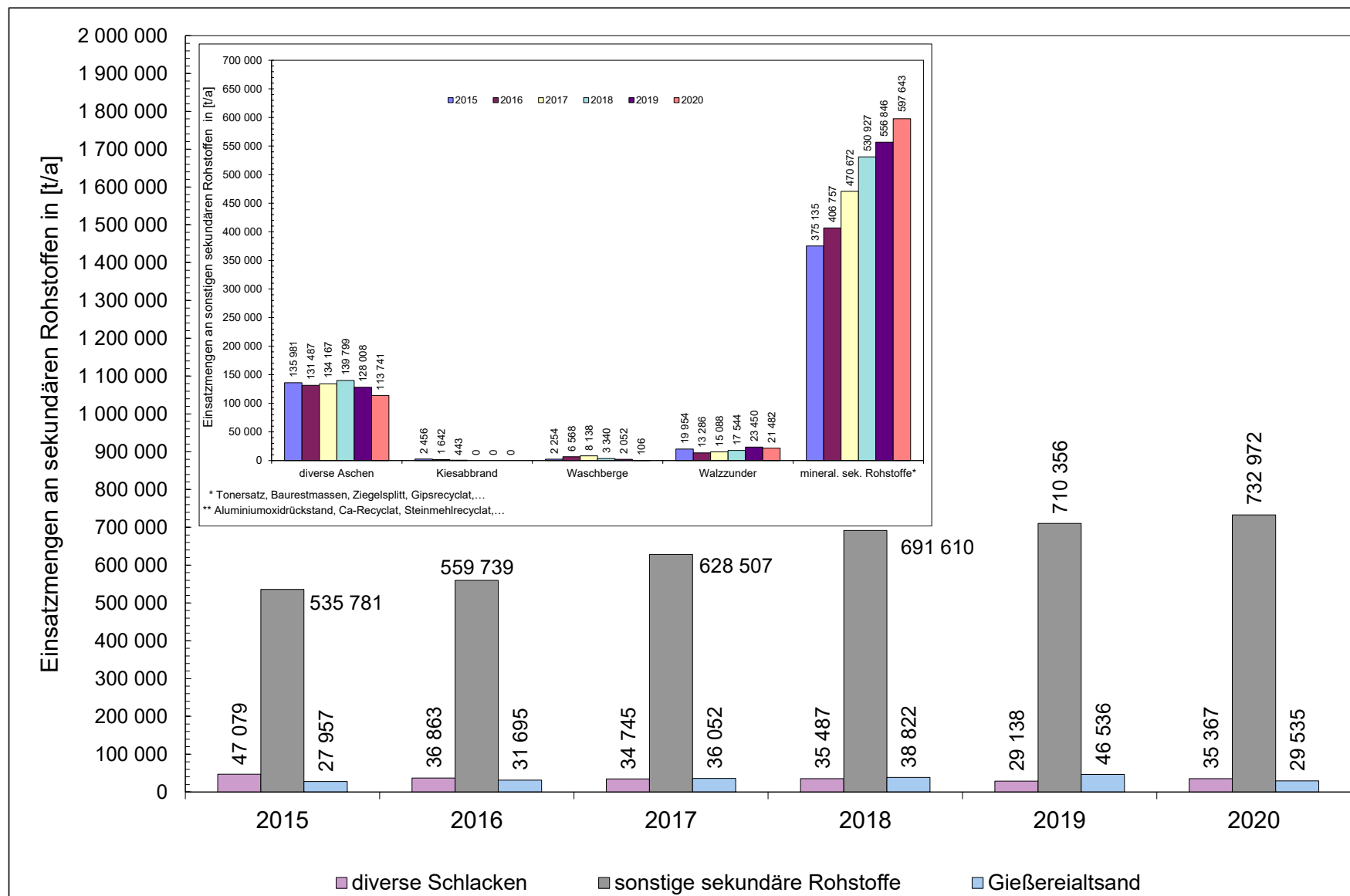


Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2015 bis 2020

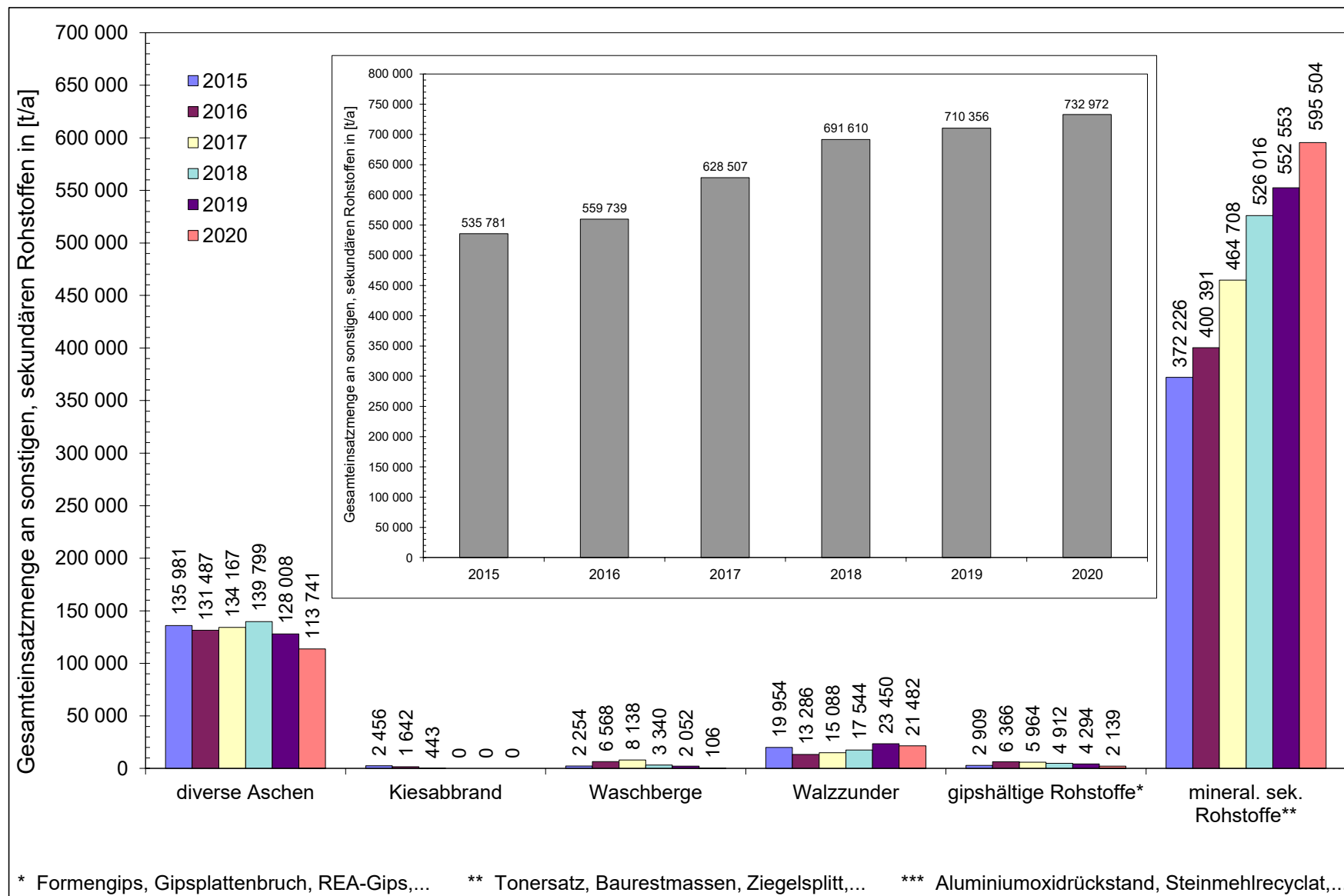


Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2015 bis 2020 in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) verwendeten sonstigen sekundären Rohstoffmassenströme

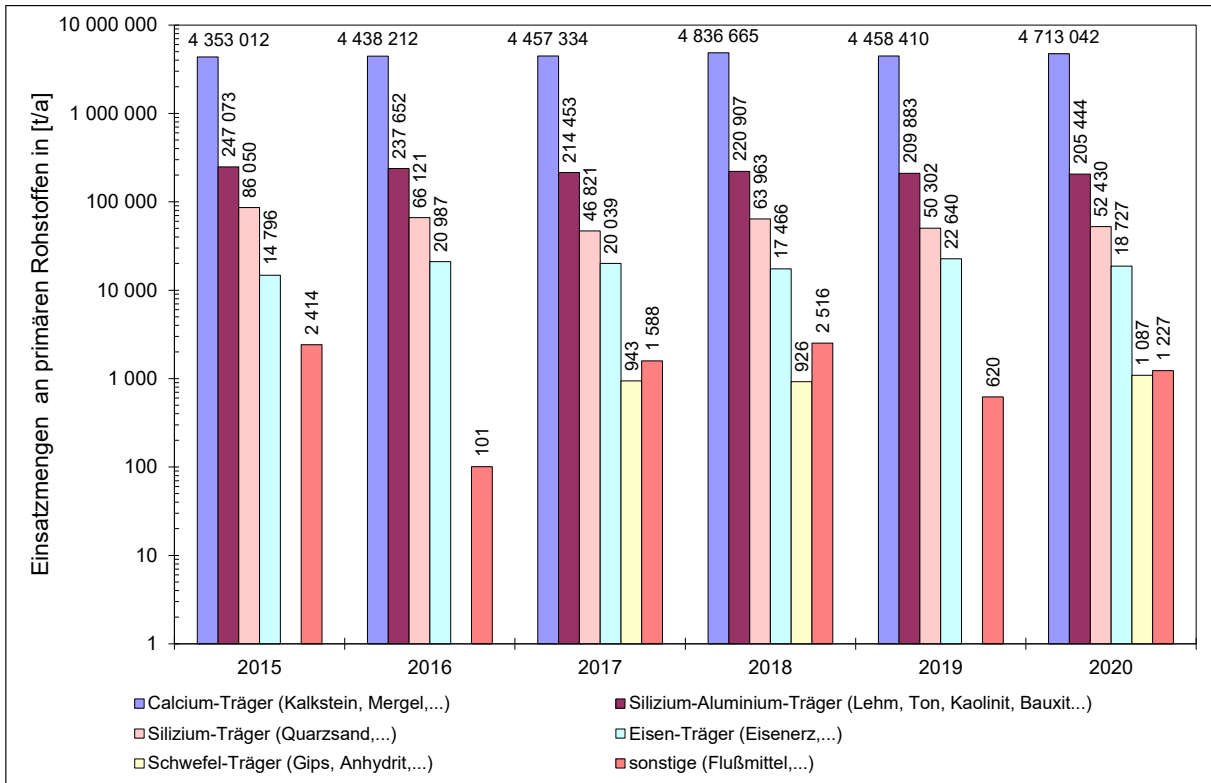


Abbildung 3-17: Einsatzmengen primärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Zeitraum von 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke)

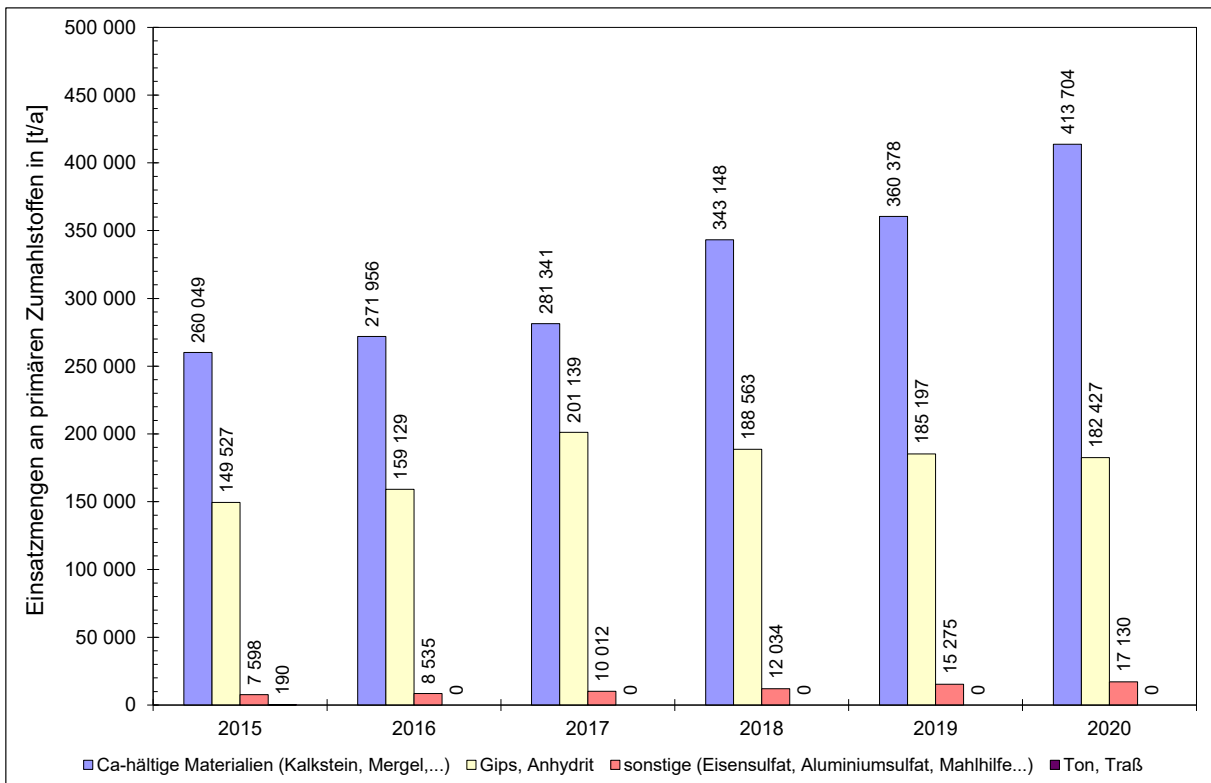


Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zusatzstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke)

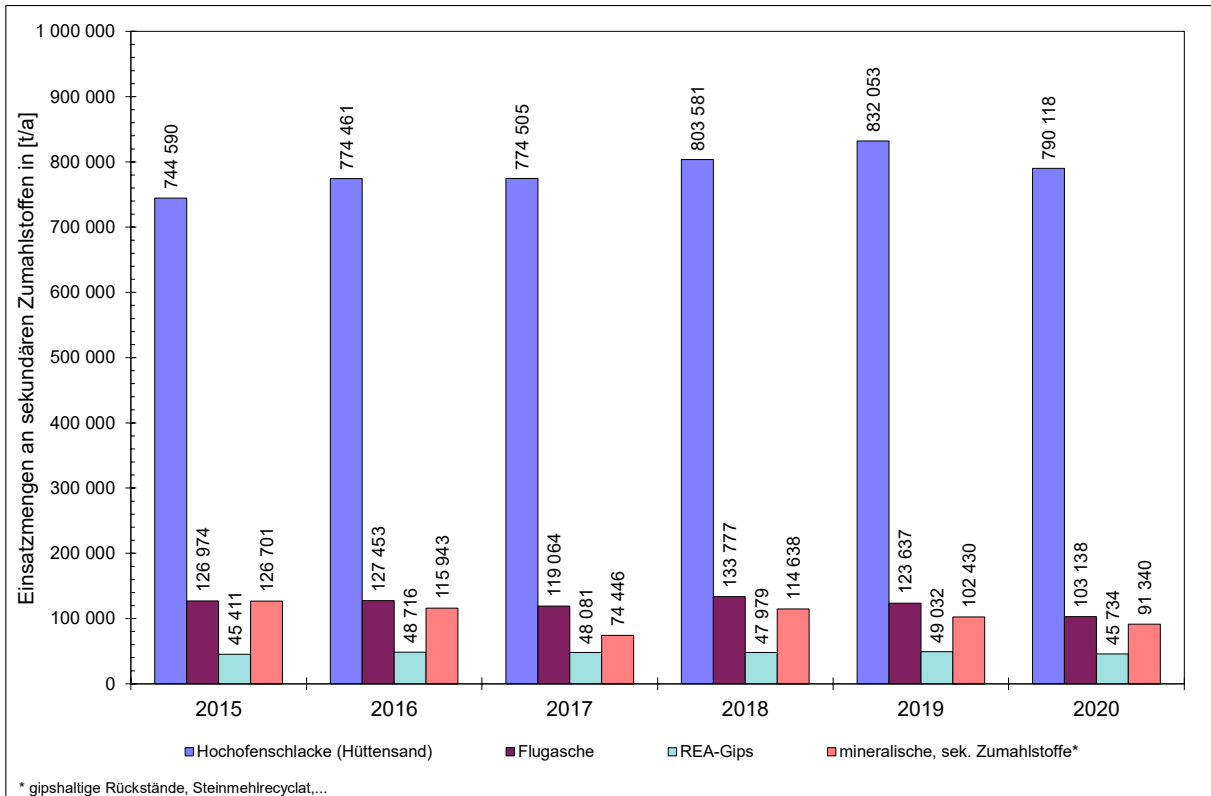


Abbildung 3-19: Einsatzmengen sek. Zumahlstoffe in der österreichischen Zementindustrie (2015 - 2020, ohne Mahlwerke)

### 3.5 Emissionsstatistik

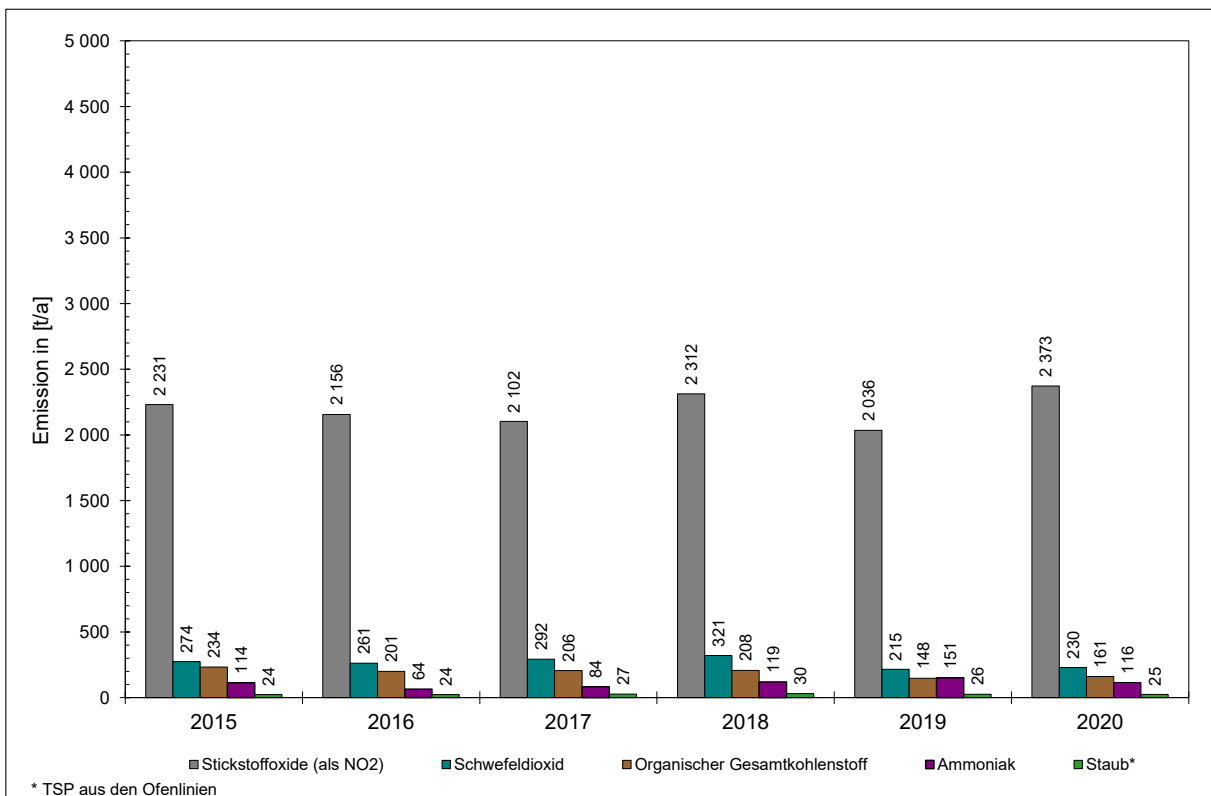


Abbildung 3-20: jährliche Emissionen an Stickstoffoxiden (als NO<sub>2</sub>), an Schwefeldioxid, an organischem Gesamtkohlenstoff, an Ammoniak und an Staub (TSP aus Ofenlinien) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2015 bis 2020

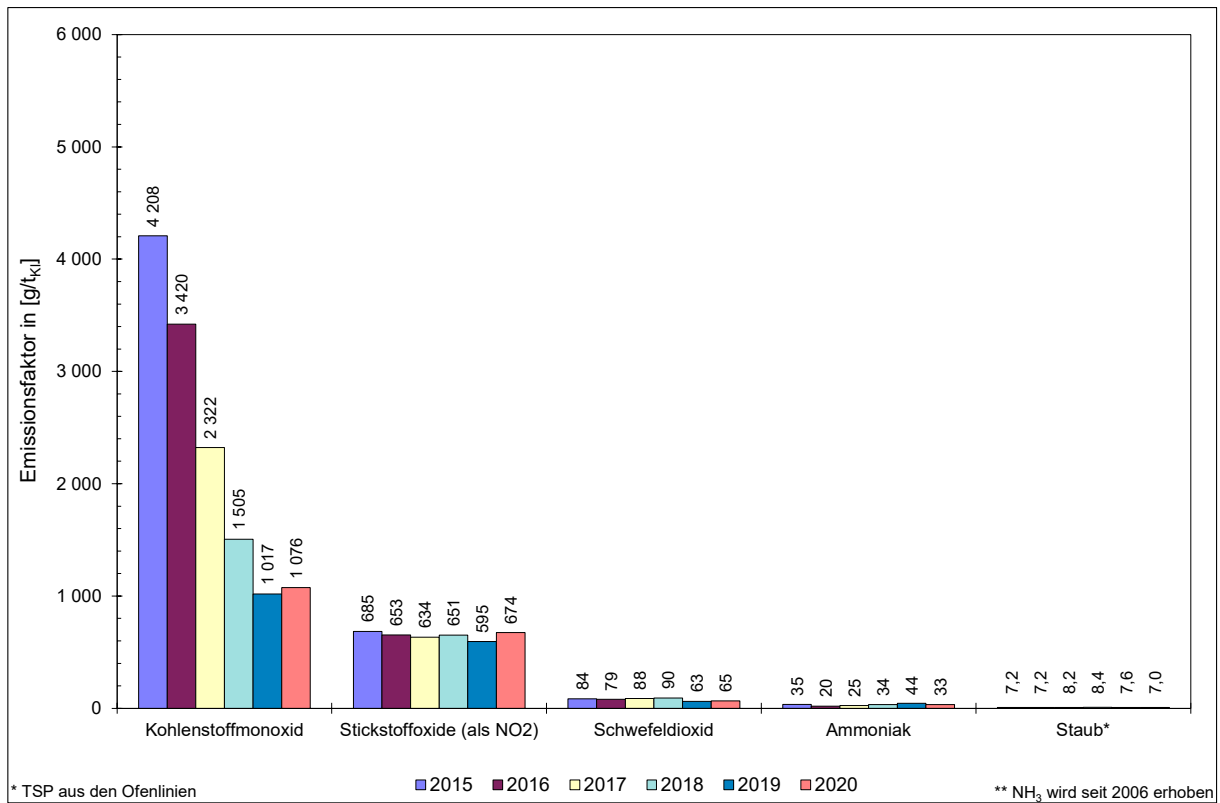


Abbildung 3-21: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Klinker (2015 - 2020, ohne Mahlwerke)

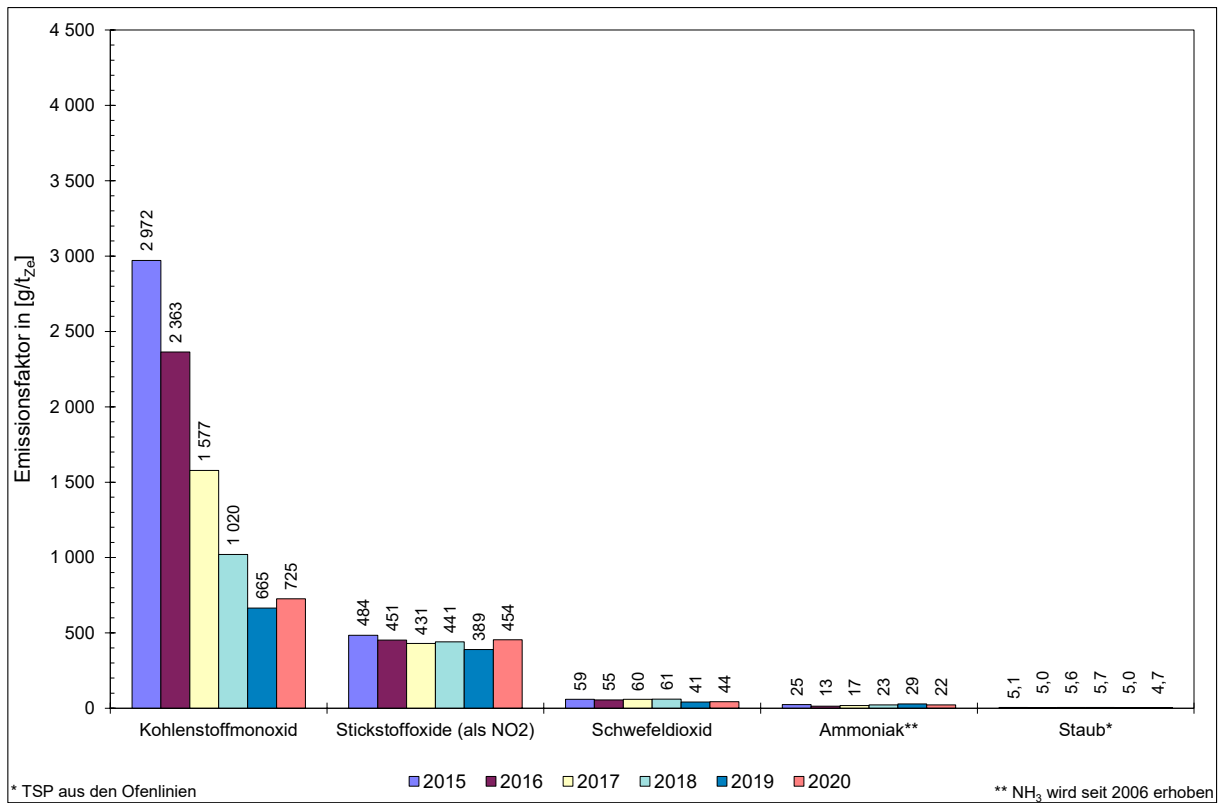


Abbildung 3-22: zeitlicher Verlauf der jährlichen, spezifischen Emissionsmassenströme (Emissionsfaktoren) für Kohlenstoffmonoxid, für Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>), für Schwefeldioxid, für Ammoniak und für Staub (TSP aus Ofenlinien), jeweils bezogen auf 1 t Zement (2015 - 2020, ohne Mahlwerke)

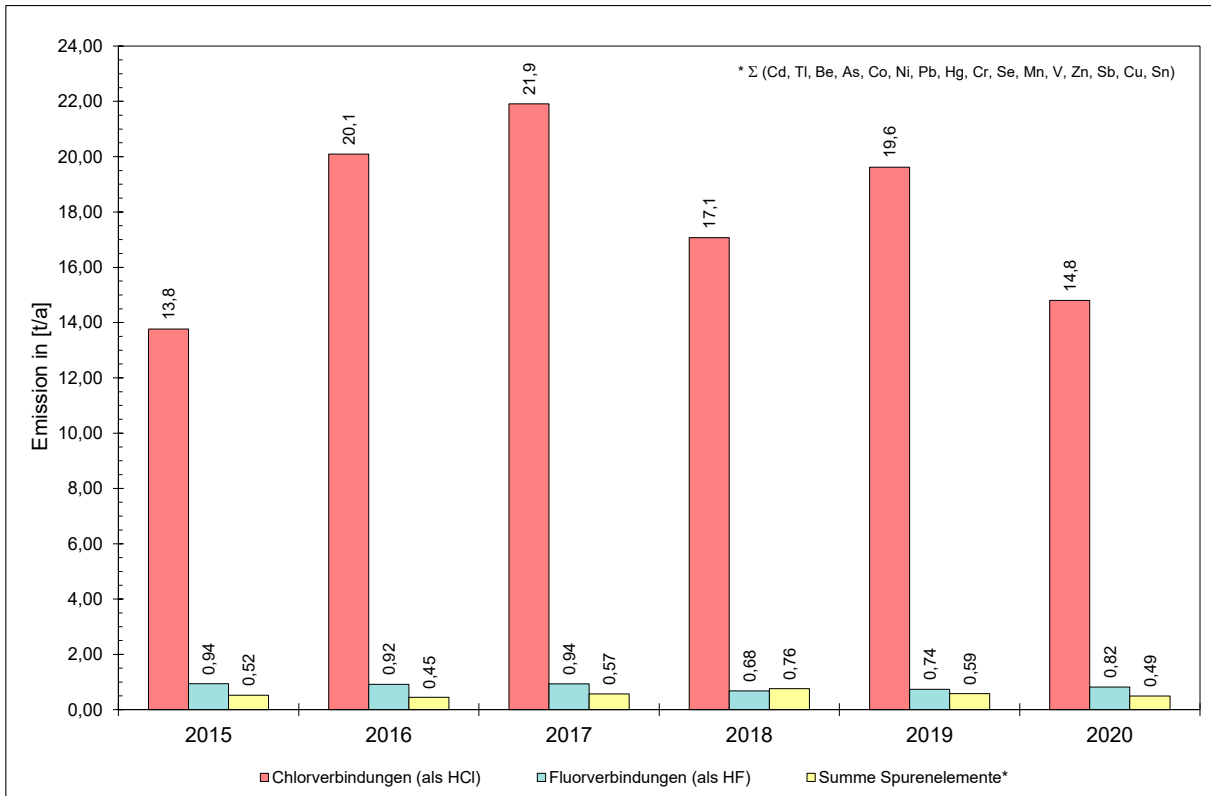


Abbildung 3-23: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an chlor- und fluorhaltigen Verbindungen (ausgewiesen als HCl bzw. HF) sowie der jährlichen Gesamtemissionen an Spurenelementen jeweils für den Zeitraum 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke)

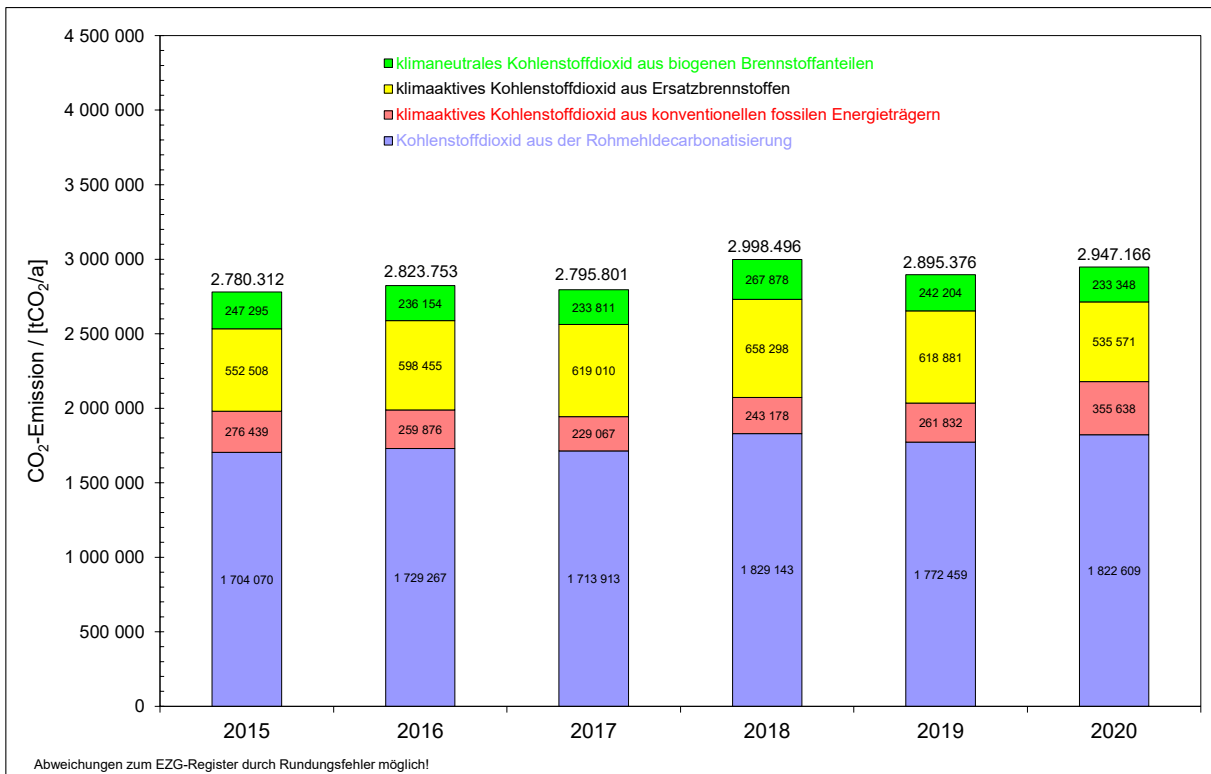


Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (nach EZG)



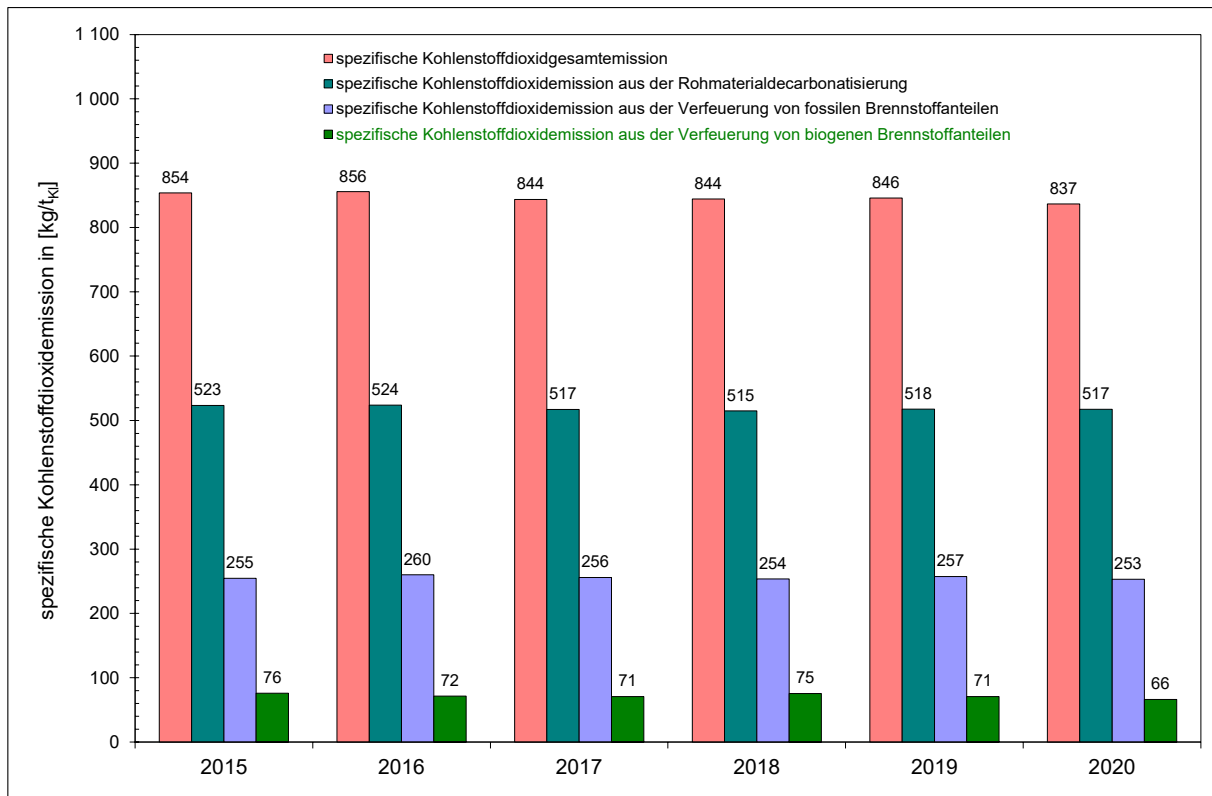


Abbildung 3-25: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (mit biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (nach EZG)

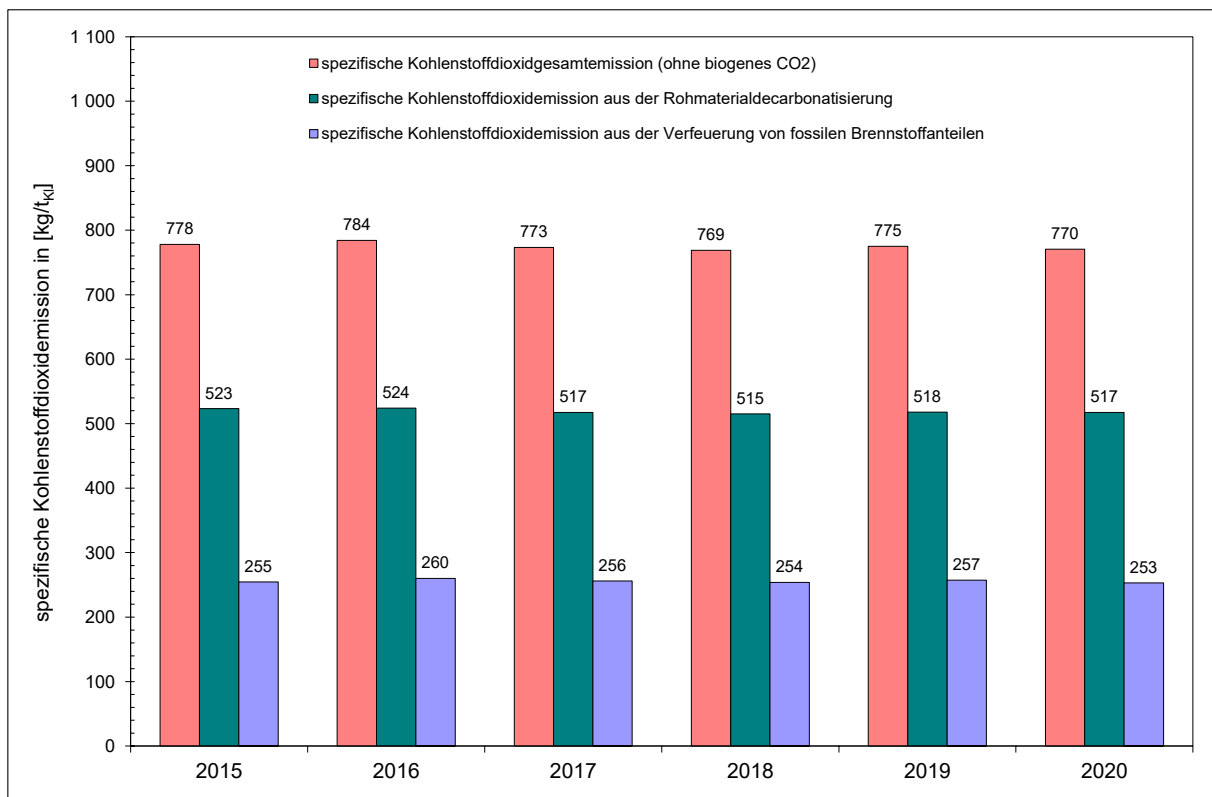


Abbildung 3-26: auf die Tonne Klinker bezogene, spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (ohne biogene CO<sub>2</sub>-Emissionen) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (nach EZG)

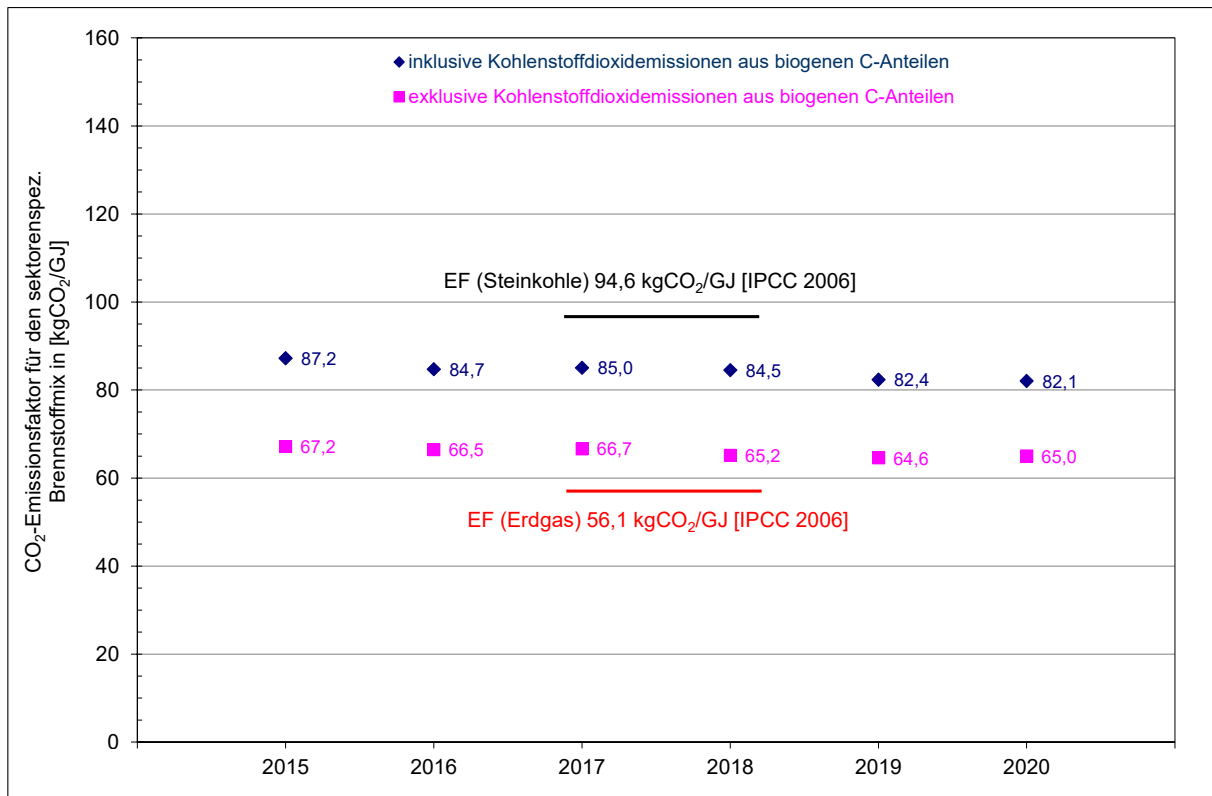


Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO<sub>2</sub>-Emissionen (Emissionsfaktor EF) aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (nach EZG)

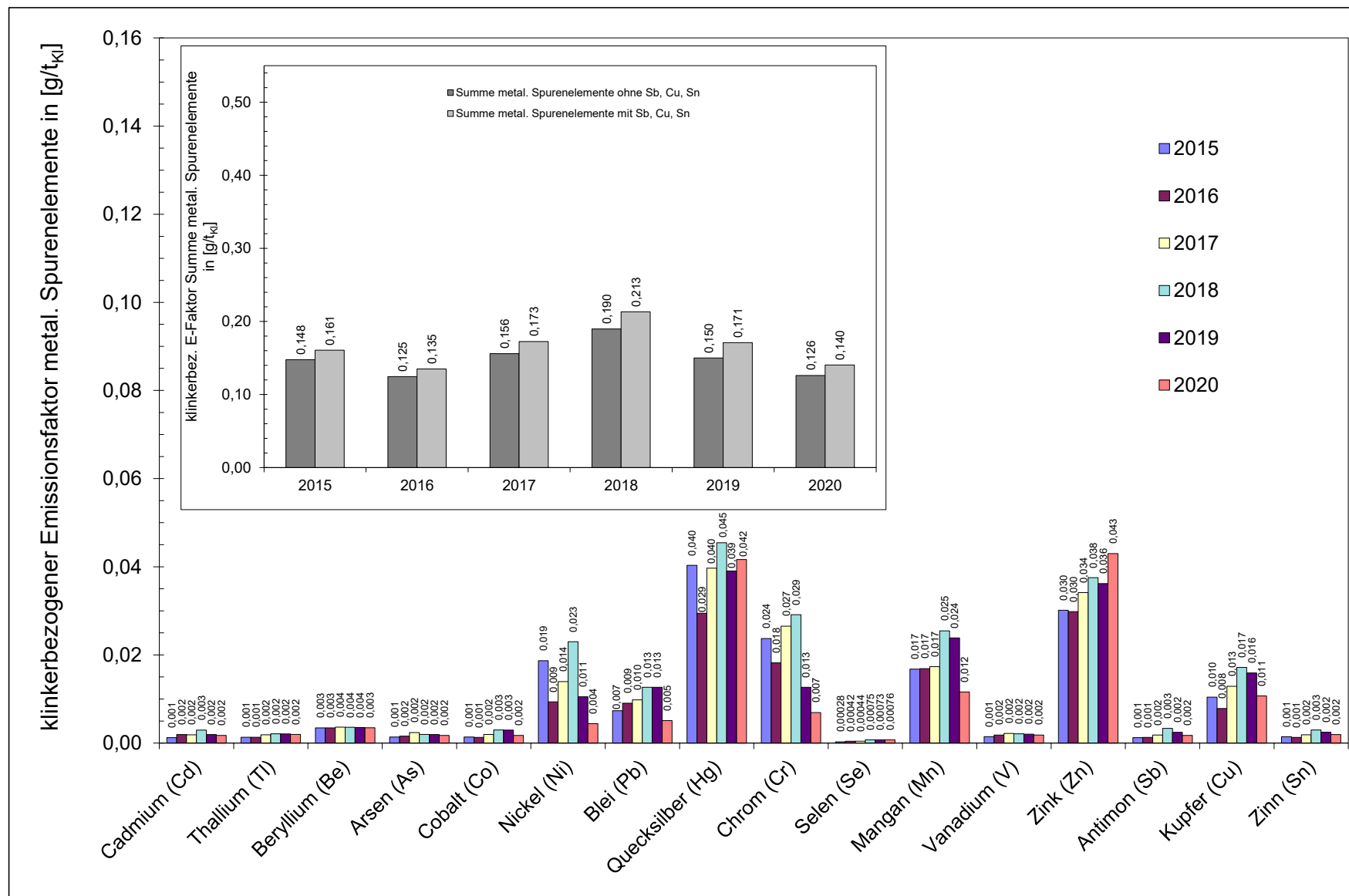


Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2015 bis 2020

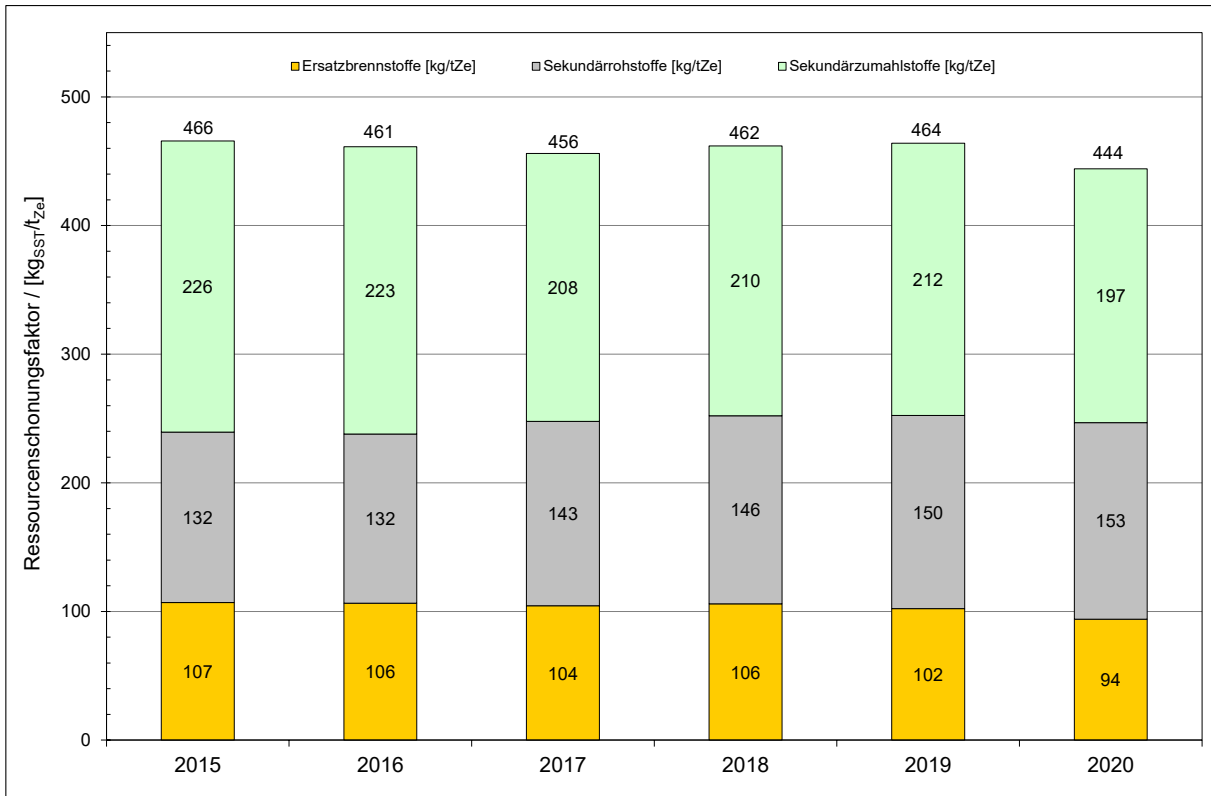


Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2015 bis 2020

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

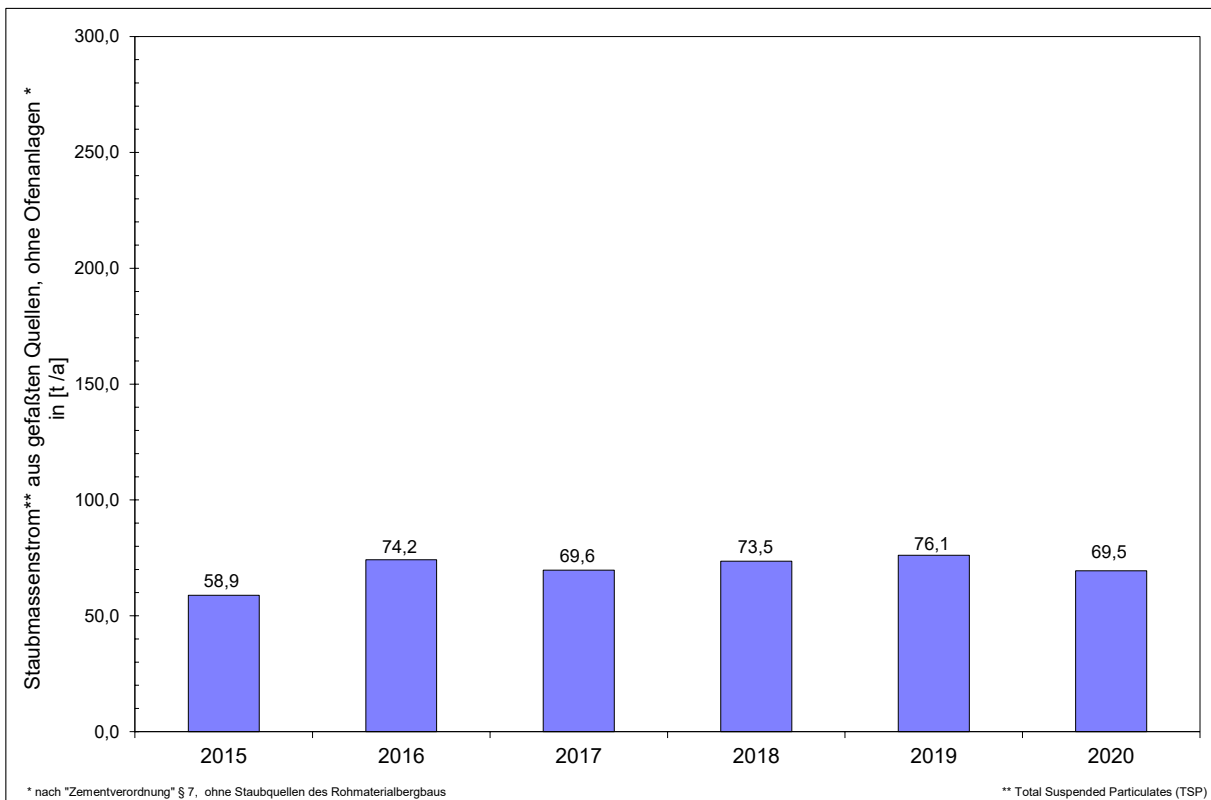


Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgen. Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

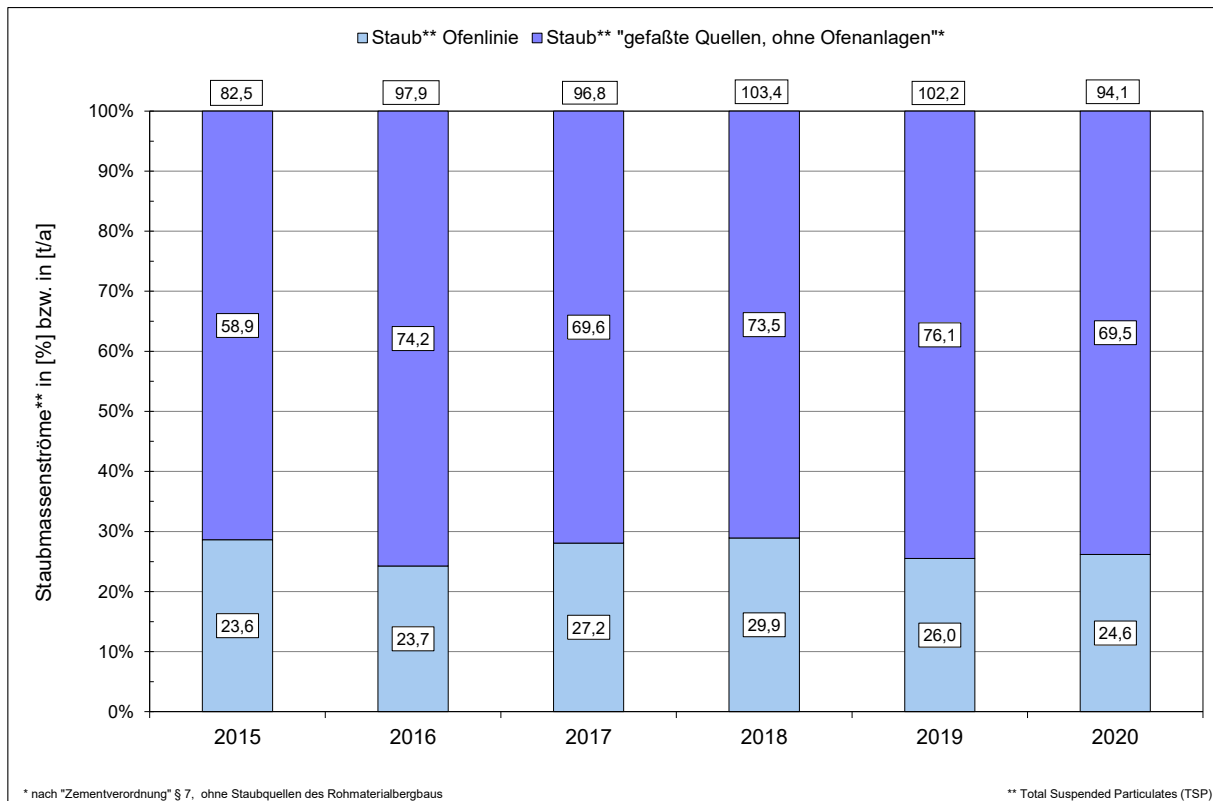


Abbildung 3-31: staubförmige Emissionen unter Berücksichtigung von Staubemissionen aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020

#### 4 Kurzkomentar zu den Ergebnissen

##### 4.1 Anlage- und Produktionsdaten

| Kennzahl  | 2019      |        | 2020      |        |
|---|-----------|--------|-----------|--------|
|   |           | [%]    |           | [%]    |
| installierte Klinkerkapazität [t/a]   | 5 318 900 |        | 5 413 400 | 1,78   |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Rohmehleinsatz [t/a]  | 5 264 330 |        | 5 404 367 | 2,66   |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Klinkerproduktion [t/a]   | 3 422 866 |        | 3 522 299 | 2,90   |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Zementproduktion [t/a]  | 5 232 990 |        | 5 223 206 | -0,19  |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Ofenbetriebsstunden <sup>a)</sup> [h <sub>OB</sub> /a]                      | 55 987,0  |        | 57 243,5  |        |
| <sup>a)</sup> alle Drehrohrofenbetriebszustände                             |           | 100,00 |           | 2,24   |
| Rohmehlfaktor [t <sub>RM</sub> /t <sub>Kl</sub> ]                           | 1,538     |        | 1,534     | -0,24  |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Klinkerfaktor <sup>b)</sup> [t <sub>Kl</sub> /t <sub>Ze</sub> ]             | 0,694     |        | 0,701     | 0,93   |
| <sup>b)</sup> = Klinkerverbrauch/Zementproduktion                           |           | 100,00 |           |        |
| spezifischer thermischer Energieeinsatz [GJ/t <sub>Kl</sub> ]               | 3,983     |        | 3,891     | -2,32  |
|   |           | 100,00 |           |        |
| spezifischer elektrischer Energieeinsatz [kWh/t <sub>Ze</sub> ]             | 113,471   |        | 114,823   | 1,19   |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Klinkerbrandfaktor [t <sub>Kl</sub> /h <sub>OB</sub> ]                      | 61,137    |        | 61,532    | 0,65   |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Abgasfaktor <sup>c)</sup> [m <sup>3</sup> (Vn)/h <sub>OB</sub> ]            | 165 895   |        | 165 165   | -0,44  |
| <sup>c)</sup> nicht auf 10 Vol.-% O <sub>2</sub> bezogen                    |           | 100,00 |           |        |
| spezifische Abgasmenge <sup>d)</sup> [m <sup>3</sup> (Vn)/t <sub>Kl</sub> ] | 2 713     |        | 2 684     | -1,08  |
| <sup>d)</sup> nicht auf 10 Vol.-% O <sub>2</sub> bezogen                    |           | 100,00 |           |        |
| Anteil Ersatzbrennstoffe am thermischen Gesamtenergieeinsatz [%]            | 78,44     |        | 70,59     | -10,00 |
|   |           | 100,00 |           |        |
| Ressourcenschonungsfaktor <sup>e)</sup> [kg/t <sub>Ze</sub> ]               | 464,0     |        | 444,1     | -4,29  |
| <sup>e)</sup> Ersatzstoffmenge bei der Produktion 1 t Zement                |           | 100,00 |           |        |

Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2020 mit 2019

Die installierte Klinkerkapazität in Anlagen der österreichischen Zementindustrie hat sich im Jahresvergleich 2020 mit 2019 - aufgrund von Neubewertungen bestehender Anlagenkapazitäten - von ca. 5.318.900 t/a um ca. 1,78 % auf ca. 5.413.400 t/a erhöht (Tabelle 4-1).

Die Klinkerproduktionsmenge erhöhte sich im Jahr 2020 gegenüber 2019 um ca. 2,9 % auf ca. 3,52 Millionen Jahrestonnen.

Die Zementproduktionsmenge verringerte sich im Jahresvergleich 2020 mit 2019 um ca. 0,2 % auf ca. 5,22 Millionen Jahrestonnen.

Der Klinkerfaktor erhöhte sich im Jahresvergleich 2020 mit 2019 um ca. 0,9 % von 0,694 auf 0,701 t<sub>Kl</sub>/t<sub>Ze</sub>.

Die Anzahl an Ofenbetriebsstunden erhöhte sich im Jahresvergleich 2020 mit 2019 um ca. 2,2 % auf 57.243,5 Stunden.

Der Klinkerbrandfaktor erhöhte sich von ca. 61,1 t<sub>Kl</sub>/h<sub>OB</sub> im Jahr 2019 um ca. 0,7 % auf ca. 61,5 t<sub>Kl</sub>/h<sub>OB</sub> im Jahr 2020.

Für die Produktion einer Tonne Klinker wurde im Jahr 2020 mit ca. 3,9 GJ um ca. 2,3 % weniger thermische Energie (Brennstoffwärmeverbrauch) eingesetzt als im Jahr 2019 mit ca. 4,0 GJ.

Für die Produktion einer Tonne Zement wurde im Jahr 2020 mit ca. 114,8 kWh um ca. 1,2 % mehr elektrische Energie verbraucht als im Jahr 2019 mit ca. 113,5 kWh.

Die auf die Tonne produzierten Klinker bezogene spezifische Abgasmenge verringerte sich 2020 gegenüber 2019 um ca. 1,1 % von ca. 2.713 m<sup>3</sup>(Vn) auf ca. 2.684 m<sup>3</sup>(Vn).

Der Anteil von Brennstoffwärmemenge aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen am thermischen Gesamtenergieeinsatz, verringerte sich von ca. 78,44 % im Jahr 2019 auf ca. 70,59 % im Jahr 2020, entsprechend einem Rückgang um ca. 10 %. Diese Abnahme stand u.a. im ursächlichen Zusammenhang mit zeitweisen Störungen in einer lokalen Reststoffaufbereitungsanlage.

Im Jahresvergleich 2020 mit 2019 verringerte sich die Einsatzmengen an Ersatzstoffen (i.e. Ersatzbrennstoffe, Sekundärrohstoffe, Sekundärzumahlstoffe), die für die Produktion einer Tonne Zement verwendet wurden (Ressourcenschonungsfaktor) von ca. 464,0 kg um ca. 4,3 % auf ca. 444,1 kg.

Im Jahr 2020 wurden aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie ca. 161,3 TJ Wärmeenergie an externe Verbraucher ausgekoppelt (Abbildung 3-12, Seite 13). Dies entsprach ca. 1,2 % des jährlichen thermischen Gesamtenergieeinsatzes der österreichischen Zementindustrie von ca. 13.704 TJ (Tabelle 3-1, Seite 7).

## 4.2 Emissionen

### 4.2.1 Schadstoffe

| Emissionsfaktor  | 2019                |        | 2020                |        |
|--|---------------------|--------|---------------------|--------|
|  | [g/t <sub>k</sub> ] | [%]    | [g/t <sub>k</sub> ] | [%]    |
| Staub (TSP aus den Ofenlinien)   | 7,61                |        | 6,99                |        |
|  |                     | 100,00 |                     | -8,05  |
| Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )   | 594,72              |        | 673,84              |        |
|  |                     | 100,00 |                     | 13,30  |
| Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )  | 62,79               |        | 65,19               |        |
|  |                     | 100,00 |                     | 3,82   |
| Summe metallische Spurenelemente<br>Σ(Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn) | 0,170969            |        | 0,140468            |        |
|  |                     | 100,00 |                     | -17,84 |
| chlorhaltige Verbindungen (als HCl)  | 5,731               |        | 4,202               |        |
|  |                     | 100,00 |                     | -26,68 |
| fluorhaltige Verbindungen (als HF)   | 0,216               |        | 0,233               |        |
|  |                     | 100,00 |                     | 7,64   |
| organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)  | 43,138              |        | 45,704              |        |
|  |                     | 100,00 |                     | 5,95   |
| Kohlenstoffmonoxid (CO)  | 1 016,7             |        | 1 075,7             |        |
|  |                     | 100,00 |                     | 5,80   |
| Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ) (inklusive klimaneutrales CO <sub>2</sub> )                     | 845 892             |        | 836 717             |        |
|  |                     | 100,00 |                     | -1,08  |

Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2020 bezogen auf 2019

Im Jahresvergleich 2020 mit 2019 verringerten sich die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t<sub>k</sub>] für chlorhaltigen Verbindungen, Summe metallischer Spurenelemente (Σ(Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)), Staub und Kohlenstoffdioxid (inklusive „klimaneutrales“ Kohlenstoffdioxid). Hingegen verzeichneten die klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktoren [g/t<sub>k</sub>] für Stickstoffoxide, fluorhaltige Verbindungen, organischer Gesamtkohlenstoff, Kohlenstoffmonoxid und Schwefeldioxid Zuwächse (Tabelle 4-2).

Die Verschlechterung des klinkerbezogenen spezifischen Emissionsfaktors für Stickstoffoxide von ca. 595 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2019 um ca. 13,3 % auf ca. 674 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2020 stand im ursächlichen Zusammenhang mit zeitlich begrenzten, abgasreinigungstechnischen Problemen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (Tabelle 4-2).

#### 4.2.2 Metallische Spurenelemente

Es konnten im Jahresvergleich 2020 mit 2019 bei dreizehn metallischen Spurenelementen (Pb, Ni, Mn, Cr, Co, Cu, Sb, Sn, V, As, Cd, Tl und Be) Verbesserungen bei den klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t<sub>kl</sub>] verzeichnet werden (Tabelle 4-3).

Bei drei metallischen Spurenelementen (Zn, Hg und Se) haben sich im Jahresvergleich 2020 mit 2019 die klinkerbezogenen Emissionsfaktoren [g/t<sub>kl</sub>] verschlechtert (Tabelle 4-3).

Insgesamt betrachtet, verbesserte sich der klinkerbezogene Emissionsfaktor für Summe metallische Spurenelemente (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu und Sn) von ca. 0,171 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2019 um ca. 17,8 % auf ca. 0,140 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2020 (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor für die Summe der ausgewählten metallischen Spurenelemente Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V und Sn verbesserte sich von ca. 0,0875 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2019 um ca. 45,3 % auf ca. 0,0478 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2020 (Tabelle 4-3).

Der klinkerbezogene Emissionsfaktor für die Summe der beiden metallischen Spurenelemente Cd und Tl verbesserte sich von ca. 0,0040 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2019 um ca. 6,5 % auf ca. 0,0037 g/t<sub>kl</sub> im Jahr 2020 (Tabelle 4-3).

| metallische Spurenelement                        | 2018<br>Emissionsfaktor<br>[g/t <sub>kl</sub> ] | 2019<br>Emissionsfaktor<br>[g/t <sub>kl</sub> ] | 2020<br>Emissionsfaktor<br>[g/t <sub>kl</sub> ] | 2020/2019<br>Änderung<br>[%] | 2020/2018<br>Änderung<br>[%] |
|--|---|---|---|------------------------------|------------------------------|
| Cadmium (Cd)                                     | 0,002919  | 0,001910  | 0,001760  | -7,85                        | -39,71                       |
| Thallium (Tl)                                    | 0,002127  | 0,002063  | 0,001957  | -5,16                        | -7,99                        |
| Beryllium (Be)                                   | 0,003565  | 0,003540  | 0,003495  | -1,26                        | -1,98                        |
| Arsen (As)                                       | 0,001974  | 0,001910  | 0,001760  | -7,85                        | -10,84                       |
| Cobalt (Co)                                      | 0,003005  | 0,002955  | 0,001760  | -40,44                       | -41,43                       |
| Nickel (Ni)                                      | 0,022992  | 0,010521  | 0,004431  | -57,88                       | -80,73                       |
| Blei (Pb)  | 0,012689  | 0,012659  | 0,005111  | -59,63                       | -59,73                       |
| Quecksilber (Hg)                                 | 0,045489  | 0,039064  | 0,041663  | 6,65                         | -8,41                        |
| Chrom (Cr)                                       | 0,029130  | 0,012665  | 0,006929  | -45,29                       | -76,21                       |
| Selen (Se)                                       | 0,000746  | 0,000735  | 0,000761  | 3,60                         | 2,08                         |
| Mangan (Mn)                                      | 0,025480  | 0,023872  | 0,011626  | -51,30                       | -54,37                       |
| Vanadium (V)                                     | 0,002105  | 0,002021  | 0,001851  | -8,42                        | -12,10                       |
| Zink (Zn)  | 0,037529  | 0,036195  | 0,042993  | 18,78                        | 14,56                        |
| Antimon (Sb)                                     | 0,003346  | 0,002443  | 0,001760  | -27,95                       | -47,40                       |
| Kupfer (Cu)                                      | 0,017165  | 0,015945  | 0,010686  | -32,98                       | -37,74                       |
| Zinn (Sn)  | 0,002967  | 0,002471  | 0,001925  | -22,10                       | -35,14                       |
| <i>Summe o.g. metallische Spurenelemente</i>     | <i>0,213230</i>                                 | <i>0,170969</i>                                 | <i>0,140468</i>                                 | <i>-17,84</i>                | <i>-34,12</i>                |
| $\Sigma$ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) | 0,120854  | 0,087463  | 0,047839  | -45,30                       | -60,42                       |
| $\Sigma$ (Cd, Tl)                                | 0,005046  | 0,003973  | 0,003717  | -6,45                        | -26,34                       |

Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2020 bezogen auf 2019



### 4.2.3 Emissionskonzentrationen ausgewählter Schadstoffe

Im Jahresvergleich 2020 mit 2019 verbesserten sich die auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> bezogenen - als Jahresmittelwerte ausgewiesenen - Emissionskonzentrationen u.a. für Summe metallischer Spurenelemente und für ofengängigen Staub (Tabelle 4-4).

Es verschlechterten sich im Jahresvergleich 2020 mit 2019 die auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> bezogenen - als Jahresmittelwerte ausgewiesenen - Emissionskonzentrationen u.a. für Stickstoffoxide (berechnet als NO<sub>2</sub>), organischer Gesamtkohlenstoff (TOC) und Schwefeldioxid (Tabelle 4-4).

Die Verschlechterung der auf 10,0 Vol.-% O<sub>2</sub> bezogenen – als Jahresmittelwert ausgewiesenen – Emissionskonzentration für Stickstoffoxide (berechnet als NO<sub>2</sub>) von ca. 251 mg/m<sup>3</sup>(Vn)<sub>tr.</sub> im Jahr 2019 um ca. 11,6 % auf ca. 280 mg/m<sup>3</sup>(Vn)<sub>tr.</sub> im Jahr 2020 stand im ursächlichen Zusammenhang mit zeitlich begrenzten, abgasreinigungstechnischen Problemen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (Tabelle 4-4).

| Emissionskonzentration<br>(Jahresmittelwert, 10,0 Vol.-% O <sub>2</sub> ) | 2018<br>[mg/m <sup>3</sup> (Vn) <sub>tr.</sub> ] | 2019<br>[mg/m <sup>3</sup> (Vn) <sub>tr.</sub> ] | 2020<br>[mg/m <sup>3</sup> (Vn) <sub>tr.</sub> ] | 2020/2019<br>Änderung<br>[%] | 2020/2018<br>Änderung<br>[%] |
|---|--|--|--|------------------------------|------------------------------|
| Staub (TSP aus den Ofenlinien)  | 3,62   | 3,21   | 2,91   | -9,42                        | -19,77                       |
| Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )                                    | 280,1  | 250,9  | 280,0  | 11,61                        | -0,04                        |
| Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )   | 38,8   | 26,5   | 27,1   | 2,27                         | -30,23                       |
| organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)                                       | 25,2   | 18,2   | 19,0   | 4,37                         | -24,51                       |
| Σ (Cd, Tl, Be, As, Co, Ni, Pb, Hg, Cr, Se, Mn, V, Zn, Sb, Cu, Sn)         | 0,091745   | 0,072121   | 0,058369   | -19,07                       | -36,38                       |
| Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)                                 | 0,051999   | 0,036895   | 0,019879   | -46,12                       | -61,77                       |
| Σ (Cd, Tl)  | 0,002171   | 0,001676   | 0,001544   | -7,85                        | -28,86                       |

Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2020 bezogen auf 2019 bzw. 2018 (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 2015 bis 2020 .....  | 7  |
| 3.) | Tabelle 4-1: Produktionsdaten für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Jahresvergleich 2020 mit 2019 .....  | 27 |
| 4.) | Tabelle 4-2: Emissionsänderungen bei ausgewählten Schadstoffen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Bilanzjahr 2020 bezogen auf 2019 .....  | 28 |
| 5.) | Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren für metallische Spurenelemente und ihre prozentuelle Änderung in 2020 bezogen auf 2019 .....  | 29 |
| 6.) | Tabelle 4-4: Emissionskonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie und ihre prozentuelle Änderung in 2020 bezogen auf 2019 bzw. 2018 (Jahresmittelwerte, 10,0 Vol.-% O <sub>2</sub> ) ..... | 30 |

**6 Abbildungsverzeichnis**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.)  | Abbildung 2-1: Anlagenspiegel der österreichischen Zementwerke mit Ofenbetrieb (Stichtag: 31.12.2020) .....  | 5  |
| 2.)  | Abbildung 3-1: Rohmehleinsatzmenge, Klinkerproduktionsmenge und Zementproduktionsmenge der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke) .....                                 | 8  |
| 3.)  | Abbildung 3-2: Klinkerfaktor und Rohmehlfaktor im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 .....   | 8  |
| 4.)  | Abbildung 3-3: Entwicklung des Klinkerbrandfaktors / $[t_{kl}/h_{OB}]$ in den Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 .....   | 9  |
| 5.)  | Abbildung 3-4: Einsatzmengen konventioneller Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 .....   | 9  |
| 6.)  | Abbildung 3-5: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 .....  | 10 |
| 7.)  | Abbildung 3-6: Entwicklung des thermischen und elektrischen Energieeinsatzes in österreichischen Zementwerken mit eigener Klinkererzeugung im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 .....                                   | 10 |
| 8.)  | Abbildung 3-7: Ersatzbrennstoffenergieanteil am thermischen Energieeinsatz (Substitutionsgrad) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie für den Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 .....                          | 11 |
| 9.)  | Abbildung 3-8: Brennstoffwärmemengen aus der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 1988 bis 2020 .....                             | 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 2015 bis 2020 .....          | 12 |
| 11.) | Abbildung 3-10: über den Bilanzzeitraum 2018, 2019 und 2020 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 2015 bis 2020 .....   | 13 |
| 13.) | Abbildung 3-12: Wärmeabgabe an externe Verbraucher aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2005 bis 2020 .....  | 13 |
| 14.) | Abbildung 3-13: Einsatzmengen von Ersatzbrennstoffen (EBS) in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2015 bis 2020 .....   | 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 2015 bis 2020..... | 15 |
| 16.) | Abbildung 3-15: Einsatzmengen sekundärer Rohstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) im Zeitraum von 2015 bis 2020 .....  | 16 |
| 17.) | Abbildung 3-16: Spezifizierung der im Zeitraum von 2015 bis 2020 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 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke) .....  | 18 |
| 19.) | Abbildung 3-18: Einsatzmengen primärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke) .....   | 18 |
| 20.) | Abbildung 3-19: Einsatzmengen sekundärer Zumahlstoffe in Anlagen der österreichischen Zementindustrie von 2015 bis 2020 (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 2015 bis 2020 .....  | 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 (2015 - 2020, 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 (2015 - 2020, 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 2015 bis 2020 (ohne Mahlwerke).....   | 21 |
| 25.) | Abbildung 3-24: zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen an Kohlenstoffdioxid aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (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 2015 bis 2020 (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 2015 bis 2020 (nach EZG) .....   | 22 |
| 28.) | Abbildung 3-27: auf GJ Brennstoffwärmemenge bezogene, relative CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 (nach EZG) .....   | 23 |
| 29.) | Abbildung 3-28: klinkerbezogene Emissionsfaktoren diverser metallischer Spurenelemente aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie (ohne Mahlwerke) für den Zeitraum von 2015 bis 2020.....   | 24 |
| 30.) | Abbildung 3-29: Ressourcenschonungsfaktor für Anlagen der österreichischen Zementindustrie im Vergleichszeitraum 2015 bis 2020 .....   | 25 |
| 31.) | Abbildung 3-30: Staubmassenstrom (TSP) aus "gefaßten Quellen, ausgenommen Ofenanlagen" nach "Zementverordnung" § 7 für Anlagen der österreichischen Zementindustrie (exklusive Mahlwerke) im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2020 .....  | 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 2015 bis 2020.....   | 26 |