

Korrosionsgefährdung durch Kalzium-Chlorid im Zusammenhang mit der Zuerfeuerung von Klärschlamm

**Prof. Dr. Karl M. Kautz
Martinsheim**

Inhalt:

1. Ausgangssituation	3
2. Zur Frage der Belastbarkeit von Aussagen aus Belaganalysen	3
3. Zur Rolle des Kalziums in rauchgasseitigen Belägen	4
4. Zur Einbindung des Kalziumoxides als Sulfat oder Chlorid.....	5
5. Zur Abhängigkeit der Art der Einbindung des CaO von der Auslegung der Feuerung	6
6. Zur Frage der sekundären Sulfatisierung von Kalzium-Chlorid.....	6
7. Zum Korrosionsangriff durch Kalziumchlorid	8
8. Zum Einfluss der Zufeuerung von stabilisiertem Klärschlamm	8
9. Zusammenfassende Aussagen	9
Literatur:	10

1. Ausgangssituation

Nachdem bis vor kurzem über die Möglichkeit einer Einbindung des im verfeuerten Abfall vorhandenen Kalziums als Chlorid weder bei der Auswertung von Belaganalysen noch bei thermodynamischen Überlegungen diskutiert wurde, ist in 2005 von (1) auf eine derartige Reaktion hingewiesen worden.

Zwar hatten in 2003 (2) bereits darauf hingewiesen, dass es nicht-sulfatisierbare Chloride neben den bekannten Alkali- und Metallchloriden geben könnte, diese aber noch 2004 (3) nicht in die Diskussion der möglichen HT-Korrosionen mit hineingenommen. Auch (8) erwähnt 2005 die Möglichkeit einer CaCl_2 -Bildung mit folgender Cl_2 -Bildung durch Sulfatisierung, allerdings „vernachlässigbar“ neben der Bedeutung der Alkali- und Schwermetallchloride für die rauchgasseitigen Korrosionen.

Der Grund zu diesem „Übersehen“ ist in Folgendem zu sehen:

- in allen Analysen konnte theoretisch bisher das gefundene Chlorid den Alkali- und Schwermetallgehalten (ZnO , PbO) zugeordnet werden,
- CaCl_2 ist extrem leicht hydratisierbar und röntgenographisch in Proben, welche mit Raumluft in Verbindung kommen nicht nachweisbar.

Erst in 2005 konnte dann sowohl in einer Anlage mit speziellen konstruktiven und Brennstoffbedingungen (Zufeuerung von Klärschlamm) die Anwesenheit von deutlichen Anteilen Kalziumchlorid in Belägen entlang des Rauchgasweges chemisch nachgewiesen werden und auch dessen Einfluss auf starke Überhitzerkorrosionen von ca. 2 mm in einem Jahr, als auch im gleichen Jahr durch (11) in Sondenbelägen aus einer Müllverbrennung (MVA) als korrosiv nachgewiesen werden.

2. Zur Frage der Belastbarkeit von Aussagen aus Belaganalysen

Nachdem von (1), (4-6) und (12) aus chemischen Analysen von Belägen entlang dem Rauchgasweg die Möglichkeit der Erarbeitung von Belagkennlinien für die verschiedenen konzeptionellen Auslegungen von Feuerungen und Dampferzeugern herausgearbeitet worden war, ist in der letzten Zeit die Belastbarkeit dieser Aussagen in (9) diskutiert worden.

Dazu soll an dieser Stelle nur kurz gesagt werden, dass von (4-6) sowohl:

- wiederholte Belaganalysen aus 1 Anlage einen gleichen Verlauf der Analysenwerte entlang des Rauchgasweges gezeigt haben,

als auch:

- Belaganalysen aus gleich ausgelegten Feuerungs- und Dampferzeuger-Konzepten zu einem gleichen Verlauf der Belangkennlinien geführt haben,

und:

- der Verlauf der Zusammensetzung der Beläge entlang des Rauchgasweges verschieden ausgelegter Feuerungen unterschiedliche, typische anlagenspezifische Kennzeichnung aufweist

und ferner:

- einzelne Belagskomponenten Anlagen-unabhängig über dem Rauchgas-Weg typische Verläufe aufweisen (z.B. SiO_2 , SO_3).

Wenn also im Folgenden Belaganalysen als Basis für die Diskussion des möglichen Einflusses von Kalziumchlorid auf rauchgasseitige Probleme genommen werden, beruht das auf den jahrelangen Auswertungen von Belaganalysen aus einer Vielzahl von Anlagen.

Bei exakter Betrachtung sind die genauen Vorgänge, die zur jeweiligen Belagsstruktur führen, noch nicht abschließend beschrieben worden, und damit sind auch Schlüsse hinsichtlich Verfahrenstechnik und Konstruktion der Anlagen nur unter diesem Vorbehalt umsetzbar. Nichtsdestotrotz sind aber derartige Schlüsse in erster Näherung durchaus hilfreich und zulässig.

3. Zur Rolle des Kalziums in rauchgasseitigen Belägen

Wie Tabelle 1 zeigt, liegen die CaO-Werte aus rauchgasseitigen Belägen von den Wänden des 1. Zuges oberhalb der Feuerfestauskleidung zwischen

12,3 und 46,5 Gew.-%,

von den Anströmseiten von Endüberhitzer-Berührungsheizflächen zwischen:

10,9 und 34,4 Gew.-%.

d. h., in einem sehr breiten Schwankungsbereich.

Betrachtet man (Bild 1) die jeweilige CaO-Abhängigkeit vom SO_3 -Gehalt desselben Belages im 1. Zug, so zeigt sich, dass:

- abgesehen von 1 „Ausreißer“ mit steigendem CaO-Gehalt der jeweilige SO_3 -Gehalt abnimmt, u. a. deswegen, weil in diesen Fällen der Austrag von Ca-Silikat-Partikeln aus der Feuerung höher ist, d. h., das CaO ist stärker als Silikat gebunden.

Wird in Bild 2 der jeweilige CaO-Wert mit dem dazugehörigen Chlorid-Gehalt verglichen, so deutet sich

- eine Zunahme des Chloridgehaltes mit wachsendem CaO-Wert an.

Hieraus kann zumindest ein Hinweis darauf abgeleitet werden, dass steigender CaO-Gehalt im Brennstoff und/oder bestimmte Feuerraumverhältnisse zu höheren CaCl_2 -Bildungen unter den in MVA herrschenden Bedingungen führen können. Es muss aber noch einmal darauf hingewiesen werden, dass in der Mitte des 1. Zuges (auch noch) silikatisch gebundenes CaO in den Belägen vorhanden ist (s. o.), bzw. auch „freies“ CaO möglich ist..

Wird in Bild 3 der Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Chlorid- und dem dazugehörigen SO_3 -Gehalt verglichen, so zeigt sich wiederum:

- eine Abnahme des Chloridgehaltes mit steigendem Sulfat-Wert,

allerdings auch hier mit einer sehr großen Streubreite, welche u.a. dem Einfluss der Reisezeit unterliegt.

Werden in diesem Zusammenhang die Alkali- und die Schwermetallgehalte (ZnO , PbO) mit in die Betrachtungen einbezogen (Tabelle 2), so zeigt Bild 4, dass:

- mit sinkendem Alkali+Metall-Gehalt der CaO-Anteil im Belag zunimmt.

Aus all diesem kann abgeleitet werden, dass der CaO-Gesamtgehalt im verfeuerten Abfall sowie das Verhältnis der Summe von Alkalien und Metallen neben weiteren noch zu diskutierenden Parametern einen Einfluss auf die Höhe der CaCl_2 -Bildung haben (8) 2005).

4. Zur Einbindung des Kalziumoxides als Sulfat oder Chlorid

Bezüglich der Einbindung des Kalziums in chemische Verbindungen wurde bisher davon ausgegangen, dass CaO in den rauchgasseitigen Belägen in folgenden Verbindungen vorliegt (7):

- Ca-Silikate und Alumosilikate
- CaSO_4
- $(\text{K}, \text{Na})_2 (\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Pb})_2 (\text{SO}_4)_3$
- $(\text{K}, \text{Na})_2 (\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Pb}) (\text{SO}_4)_2$
- $(\text{K}, \text{Na})_2 (\text{Pb}, \text{Ca}, \text{Zn}) (\text{SO}_4\text{Cl}_2)_2$,

je nach Temperaturbereich und Verweilzeit des Rauchgases und dem Angebot an chemischen Komponenten im Rauchgas.

CaCl_2 konnte bisher, wie oben gesagt, in rauchgasseitigen Belägen noch nicht nachgewiesen werden und seine Beteiligung am Belag lange Zeit auch nicht für wahrscheinlich betrachtet. Nur Chloridanreicherungen hinter keramischer Zustellungen im 1. Zug wiesen auf CaCl_2 -Anteile im Rauchgas hin. Schon M. Spiegel (13) und Born (8) nehmen die Möglichkeit der Beteiligung von CaCl_2 an rauchgasseitigen Reaktionen in ihre grundsätzlichen thermodynamischen Überlegungen zu HT-Korrosionen mit auf und Haider (11) weist sie nach.

Thermodynamisch sollte das CaO : S-Verhältnis im Brennstoff einen „korrosionsfördernden“ Einfluss dann haben, wenn im Brennstoff im Verhältnis zum CaO zu wenig Schwefel für die Sulfatierung vorhanden ist.

5. Zur Abhängigkeit der Art der Einbindung des CaO von der Auslegung der Feuerung

Wie von (1) und (4-7) (Bild 5) aufgezeigt, ist die Höhe der Cl-Werte in Belägen aus der Mitte des 1. Zuges oberhalb Feuerfest in Zusammenhang zu bringen mit der Auslegung der Feuerung. Aus Bild 3 war zu ersehen, dass die Streubreite der Verhältnisse von Chlorid zu Sulfat noch mindestens einer anderen Einflußgröße unterliegen muss, als dem Chlor-Schwefel-Verhältnis im verfeuerten Abfall, bzw. dem Verhältnis von Kalzium zu Alkalien.

Denn auch die Betrachtung der Verhältnisse der Summen aus K_2O , Na_2O , PbO und ZnO zum jeweiligen CaO-Gehalt im Belag (Bild 6) im Vergleich zu den dazugehörigen Auslegungen der Feuerungen lässt nur schwache Abhängigkeiten erkennen:

- die Walzenrost-Gleichstromfeuerungen zeigt den höchsten Wert,
- die Rückschubrost-Gegenstromfeuerungen den niedrigsten Wert,

doch sind einerseits die restlichen Streubreiten sehr groß, und der „Ausreißer“ Vorschubrost-Gegenstromfeuerungen mit RG-Rezirkulation bedarf einer gesonderten Erklärung. Gleiches gilt für die Betrachtung des Verhältnisses des Chloridgehaltes zum Verhältnis der Summe K_2O , Na_2O , PbO , ZnO zu CaO aufgetragen gegen die Auslegung der Feuerung (Bild 7):

- auch hier ist der Wert für die Walzenrost-Gleichstromfeuerungen am niedrigsten,

die Streubreite jedoch für die Vorschubrost-Mittelstromfeuerungen und die Rückschubrost-Mittelstromfeuerungen sehr groß.

Interessant ist, dass sowohl in Bild 6 als auch in Bild 7 bei Hinzunahme eines Prismenbalkens zu einer Vorschubrost-Mittelstromfeuerungen Werte in Richtung der Walzenrost-Gleichstromfeuerungen zu erkennen sind. Auch hier gilt der Vorbehalt bezüglich des endgültigen Nachweises.

6. Zur Frage der sekundären Sulfatisierung von Kalzium-Chlorid

In ((8) 2005) wird ausgeführt, dass „im Verbrennungsgas usw. vorhandene Chloride „sulfatisiert werden können“. Die Sulfatisierung erfolgt dabei nach ((9) 2005) in der Reihenfolge der Elemente Ca, Na, K, Pb, Zn. Es wird weiterhin gesagt, dass „eine

Erhöhung der Ca-Anteile an den Reaktionen (unter Bildung von CaSO_4) die Bildung an Sulfaten verstärkt und Alkalien für die Chloridbildung freisetzt.

Werden aber Belagzusammensetzungen bezüglich ihrer Verhältnisse vom jeweiligen Chloridgehalt zur Summe von K_2O , Na_2O , ZnO , PbO betrachtet (Bild 8), so kann nicht die Aussage getroffen werden, dass mit steigender Summe der o. a. Alkali- und Metallkomponenten auch der Chloridgehalt zunimmt, eher deutet sich das Gegenteil an. Für die Verhältnisse zwischen CaO - und Chloridgehalt (Bild 2) gilt demgegenüber, dass sich hier eher eine Zunahme des Chloridgehaltes mit steigendem CaO -Gehalt andeutet. Wird in einer bestimmten Anlage mit den Belagparametern:

	Mitte 1. Zug	End-ÜH
CaO	46,5 Gew.-%	34,4 Gew.-%
SO_3	8,3 Gew.-%	17,1 Gew.-%
Cl	9,4 Gew.-%	7,9 Gew.-%
Summe Alk. + Me.	2,6 Gew.-%	4,7 Gew.-%

die „Ausgangszusammensetzung“ des Belages von der Mitte des 1. Zuges mit der des Belages vom End-Überhitzer verglichen, so zeichnet sich hier folgendes Bild ab, welches in der Hauptsache auf einer Auswertung der Komponentenverteilung beruht:

- in der Mitte des 1. Zuges enthält der Belag die Komponenten:

- CaO
- CaCl_2
- CaSO_4
- Alkali- + Metallchloride (?),
- Ca-Silikate

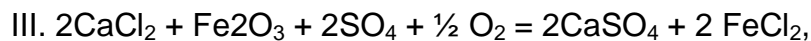
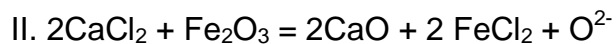
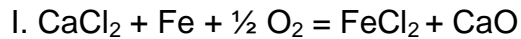
- am Endüberhitzer sind vorhanden:

- CaSO_4
- CaCl_2
- Alkali- + Metallchloride
- Alkali- + Metallsulfat
- CaCO_3 (?).

Das bedeutet, dass hier keine oder nur eine unzureichende Sulfatisierung von Kalziumchlorid vor Erreichen der Rohre bzw. im Belag nachweisbar ist.

7. Zum Korrosionsangriff durch Kalziumchlorid

Wenn Kalziumchlorid in höheren Konzentrationen auf Wärmetauscherrohre mit höherem Dampf- und damit Rohrwandtemperaturen abgeschieden wird, muss mit folgenden korrosiven Reaktionen gerechnet werden:



d. h., mit Direktreaktionen mit dem Stahl bzw. der Oxidschicht und mit diesen bereits bei Mediumtemperaturen bei bzw. unter 400° C (siehe auch Haider (11)).

Dazu kommen gegebenenfalls noch Einflüsse des Kalziumchlorids auf andere (bekannte) Korrosionsmechanismen.

In der unter 6. erwähnten Anlage mit überwiegendem CaCl_2 -Anteil im Überhitzerbelag betrug die Korrosionsrate am Überhitzer-Stahl mit den Dampfparametern 400 ° C/40 bar:

2 mm/7.000 h.

8. Zum Einfluss der Zufeuerung von stabilisiertem Klärschlamm

Durch die Zufeuerung von stabilisiertem Klärschlamm wird der CaO-Gehalt im verfeuerten Abfall je nach KS-Menge deutlich erhöht.

Diese Erhöhung kann in Abhängigkeit von:

- dem Schwefel-Chlor-Verhältnis im verfeuerten Abfall,
- der Auslegung der Feuerung und
- evtl. auch dem Gehalt an Alkalien und chloridisierbaren Metallen

dazu führen, dass:

- größere Anteile von CaCl_2 an den Rauchgaskomponenten gebildet und im Rauchgas transportiert werden und
- diese nur noch in geringem (?) Maße vor Erreichen der kritischen Wärmetauscher sulfatisiert werden.

Welche Rolle restliches (nicht sulfatisiertes oder chloridiertes) CaO bei Verschmutzungs- und Korrosionsvorgängen spielt, muss in Zukunft noch weiter untersucht werden. Es ist aber anzunehmen, dass CaCl₂ die gleiche verschmutzungsfördernde Einwirkung hat, wie die anderen Chloride.

9. Zusammenfassende Aussagen

Insgesamt kann zusammenfassend gesagt werden (Tabelle 5):

Abhängig von der Auslegung der Feuerung und der absoluten Menge an Schwefel sowie dem Schwefel-/Chlorverhältnis im verfeuerten Abfall können unterschiedlich große Anteile an Kalziumchlorid in der Feuerung gebildet werden, welche gegebenenfalls nur noch teilweise vor Erreichen der kritischen Wärmetauscherflächen sulfatisiert werden. Hierbei läuft die CaCl₂-Bildung in vielen Feuerungen vor der CaSO₄-Bildung ab.

Falls CaCl₂ die korrosionskritischen Anlagen-Komponenten erreicht, ist ein direkter Korrosionsangriff auf den Stahl bzw. seine Oxidschicht wahrscheinlich. Dieses gilt auch für Korrosionen hinter den keramischen Zustellungen im 1. Zug.

Die Zufeuerung von stabilisiertem Klärschlamm erhöht die Gefahr der Bildung von „schädlichen“ Mengen von Kalziumchlorid, welches neben der Korrosionsgefährdung auch eine Erhöhung der Verschmutzungsrate zur Folge hat.

Aus den bisher dargestellten Aussagen aus Belaganalysen entlang des Rauchgasweges auf einen wesentlichen Einfluss durch die Gesamt-Auslegung der Feuerung Rückschlüsse zu ziehen, auch in Bezug auf die mögliche Korrosionsgefährdung durch Kalzium, wird durch die hier vorgelegten Überlegungen gestützt. Die Erarbeitung von „Formeln“ aus den einzelnen Werten für Belagkomponenten sollte verfolgt werden, um Anlagen unterschiedlicher Feuerungsauslegung vergleichend bewerten zu können.

Literatur:

- (1) Kautz, K. u. Warnecke, R.: Belagkennwerte in MVA, Teil 4, VDI-Wissensforum, Seminar 430505, Juni 2005
- (2) Kautz, K. u. Warnecke, R.: Der Einsatz rauchgasseitiger Additive vor dem Hintergrund der verschiedenen starken Korrosions- und Verschmutzungsgefährdungen unterschiedlich ausgelegter Müllheizkraftwerke; in M. Born, Rauchgasseitige Dampferzeugerkorrosion, Verlag Saxonica, ISBN 3-934409-20-2, 2003
- (3) Warnecke, R. u. Kautz, K.: Übersicht über die verschiedenen Modelle zur HT-Korrosion; VDI-Wissensforum, Seminar 430504, Mai 2004
- (4) Warnecke, R. u. Kautz, K.: Belagkennwerte zu MVA, Teil I: Belagkennlinien und Empfehlungen zu Belag-Grenz- bzw. Garantiewerten; in: Ersatzbrennstoff-Aufbereitung, Mitverbrennung und Monoverbrennung von festen Siedlungsabfällen, Springer-Verlag, (2002)
- (5) Kautz, K. u. Warnecke, R.: Belagkennwerte zu MVA – Teil II, VDI-Wissensforum 430503, Juni 2003
- (6) Kautz, K. u. Warnecke, R.: Belagkennwerte in Müllverbrennungsanlagen, Teil III, VDI-Wissensforum, 430504, Mai 2004
- (7) Kautz, K.: Kristallchemische Untersuchungen zu den Ursachen der Korrosionen an Dampferzeugerrohren in Hausmüllverbrennungsanlagen, N. Jb. Miner. Abh., 123/3, 1975
- (8) Born, M.: Dampferzeugerkorrosion, Verlag Saxonica, ISBN 3-934409-27-x, 2005
- (9) Kautz, K.: Kritische Bemerkungen zu den derzeit diskutierten Modellen zu rauchgasseitigen Korrosionen in MVA, VDI-Seminar 430505, Juni 2005
- (10) Spiegel, M.: Salzschnmelzenkorrosion an Überhitzern und Verdampfern, VDI-Wissensforum 430509, Mai 2004
- (11) Haider, F.; Waldmann, B.; Horn, S.; Warnecke, R.: Chemische Wechselwirkungen von Belägen und Korrosionsgrenzschichten. In: VDI-Wissensforum (Hrsg.): *Beläge und Korrosion in Großfeuerungsanlagen beim Einsatz Heizwert- und Schadstoffreicher Fraktionen – Seminar am 14.-15. Juni 2005 in Hannover*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2005

- (12) Harpeng, J.; Warnecke, R.: Aussagekraft der Analysen von Belagproben aus MVA-Kesseln. In: VDI-Wissensforum (Hrsg.): *Beläge und Korrosion in Großfeuerungsanlagen beim Einsatz Heizwert- und Schadstoffreicher Fraktionen – Seminar am 23.-24. Juni 2003 in Göttingen*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2003
- (13) Spiegel, M.: Salt melt induced corrosion of metallic materials in waste incineration plants. In: *Materials and Corrosion* 50, p. 373-393 (1999)

Tabelle 1: CaO- und Cl-Werte in einigen MVA-Belägen (in Gew.-%)

Anlage	1. Zug Mitte		End-ÜH	
	CaO	Cl	CaO	Cl
E	12,3	3,5	15,2	1,0
J	12,4	12,2	26,0	1,7
W	15,7	2,0	27,6	1,7
A	17,1	0,1	17,2	0,1
B	22,8	0,1	18,9	0,1
Q	24,5	7,2	14,1	2,1
G	26,3	8,0	26,1	11,8
T	26,5	11,4	30,6	9,3
F	29,0	6,2	33,9	5,5
P	29,0	7,3	34,4	4,0
L1	32,8	9,8	31,1	8,5
K	37,0	12,7	10,9	0,7
C	40,2	3,0	26,8	1,2
L2	46,5	8,4	34,3	7,9

Tabelle 2: Verhältnis der Chloridgehalte in den Belägen aus der Mitte des 1. Zuges zu den Alkali- und Schwermetallgehalten sowie dem CaO- und dem SO₃-Wert

Anlage	Cl	K ₂ O	Na ₂ O	PbO	ZnO	CaO	SO ₃	Summe Alkalien u. Schwermetalle
B	0,1	9,0	1,6	19,4	6,8	12,8	28,2	36,8
C	2,2	5,9	3,2	2,1	4,0	28,2	30,1	15,2
D	7,0	2,2	2,2	0,3	1,2	34,3	18,3	5,9
F	4,4	5,5	3,9	2,9	4,3	24,7	26,9	16,6
J	11,7	6,7	2,2	20,2	5,3	14,2	12,3	34,4
L1	9,8	1,7	1,2	0,5	2,3	32,8	11,6	5,7
P	7,3	4,5	4,5	3,5	4,2	29,0	26,8	16,7
Q	7,2	6,0	5,9	7,0	4,3	24,5	29,6	23,2
S	6,0	7,7	4,3	0,7	2,3	26,0	28,6	15,0
T	11,4	5,4	6,8	n. b.	2,0	16,5	20,8	14,2
W	2,0	8,9	0,7	9,4	5,3	15,7	36,9	24,3

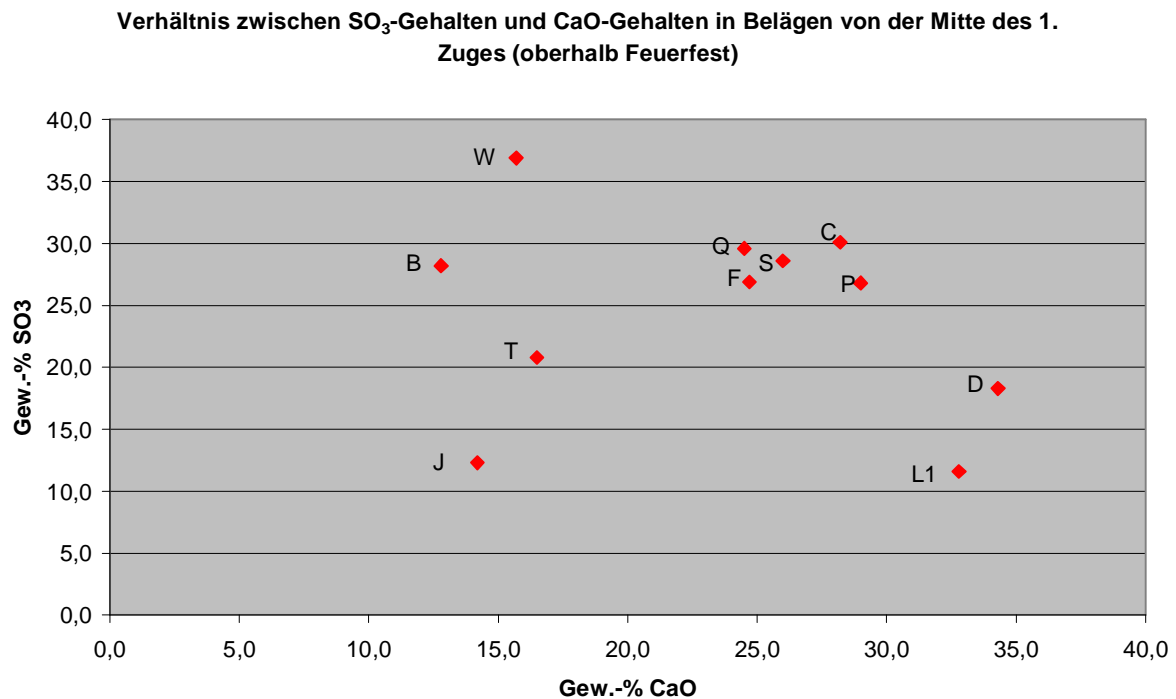
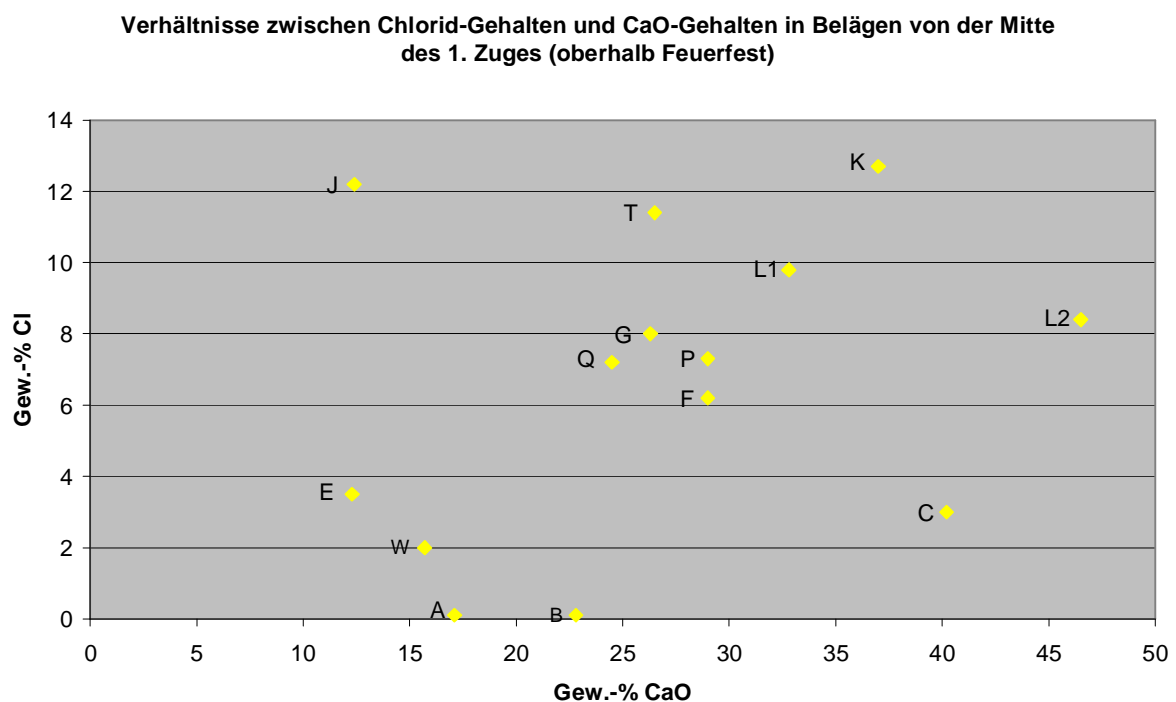
Bild 1: Verhältnisse zwischen SO_3 - und CaO -Gehalten in Belägen von der Mitte des 1. Zuges (oberhalb Feuerfest)**Bild 2:** Verhältnisse zwischen Chlorid- und CaO -Gehalten in Belägen von der Mitte des 1. Zuges (oberhalb Feuerfest)

Bild 3: Zusammenhänge zwischen Chlorid- und Sulfat-Gehalten in Belägen aus der Mitte des 1. Zuges (oberhalb Feuerfest)

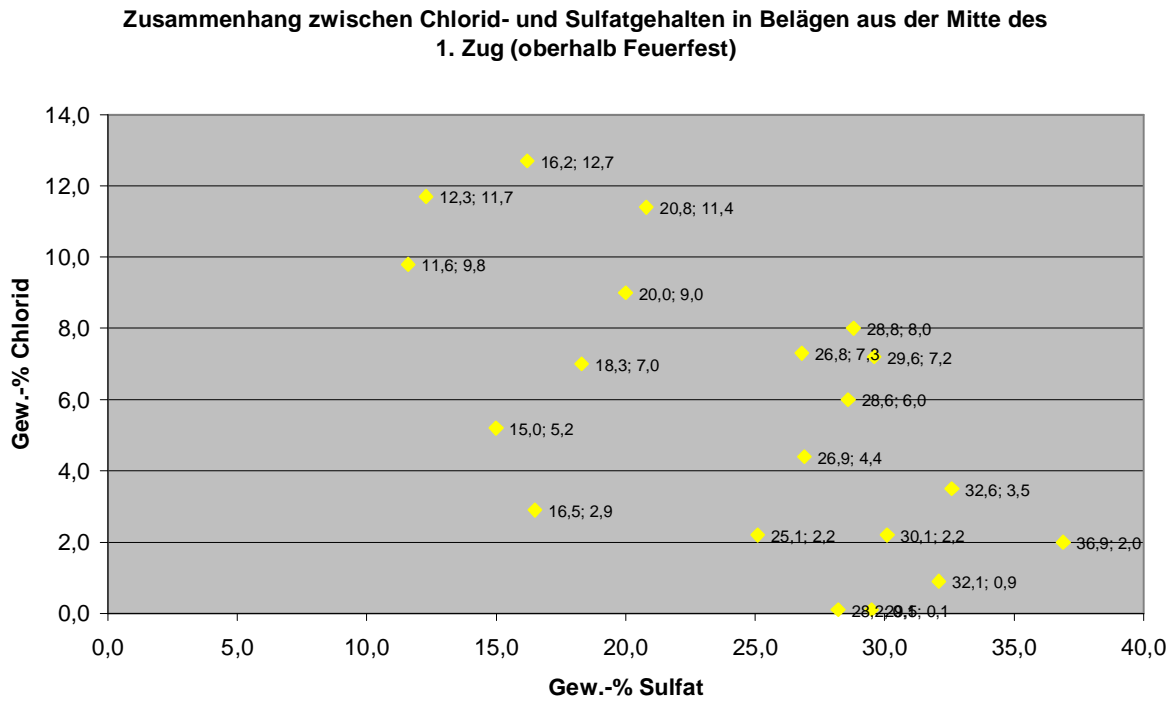


Bild 4: Zusammenhang zwischen der Summe von Alkalien und PbO/ZnO in Belägen von der Mitte des 1. Zuges (oberhalb Feuerfest) und CaO

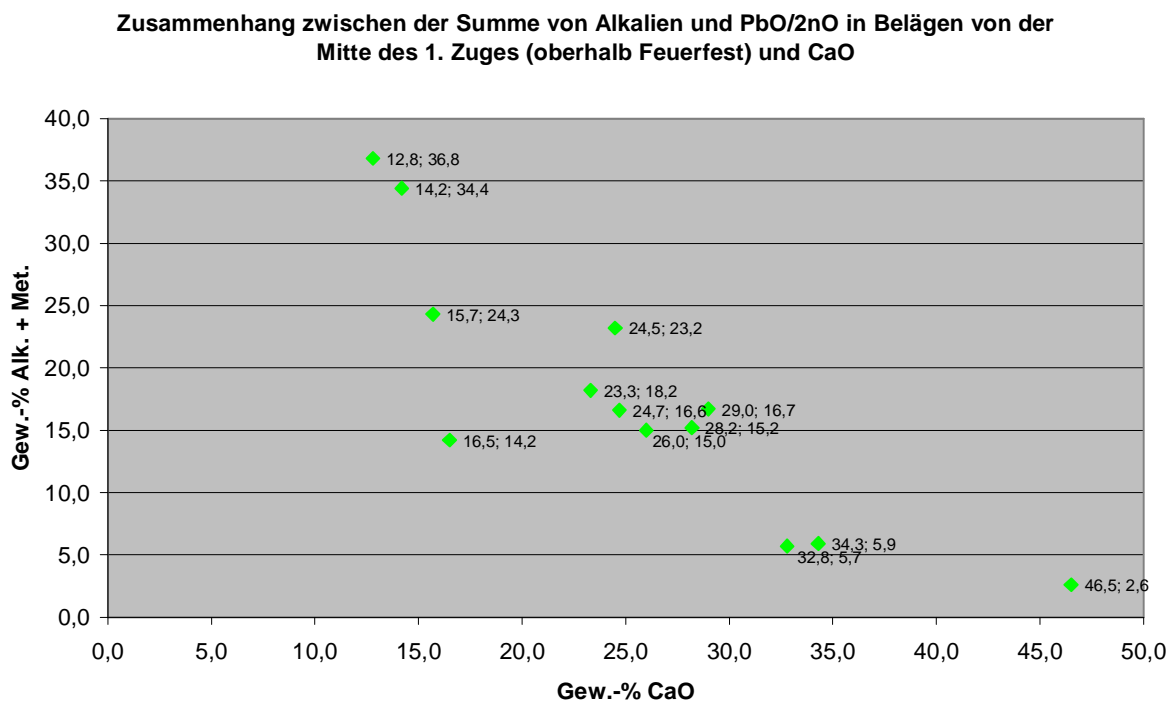


Bild 5: Zusammenhang zwischen dem Chlorid-Gehalt im Belag von der Mitte des 1. Zuges und der Art der Feuerung

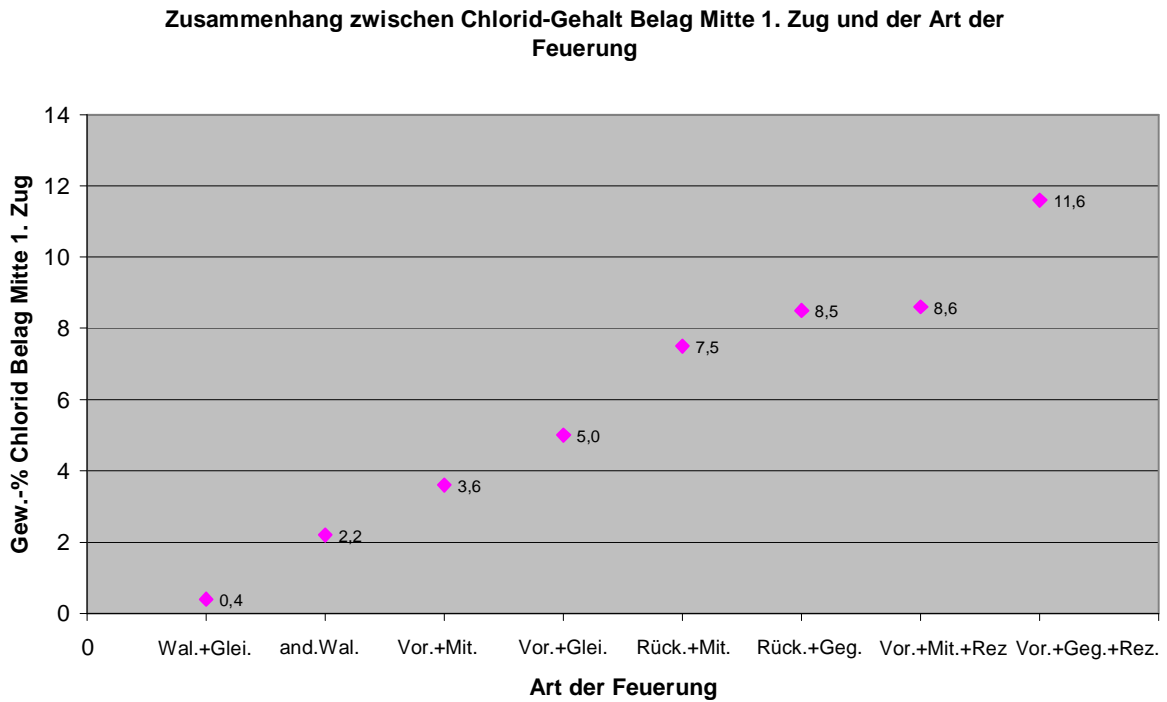


Bild 6: Das Verhältnis der Summe K₂O, Na₂O, ZnO, PbO zu CaO in Belägen aus der Mitte des 1. Zuges (oberhalb Feuerfest)

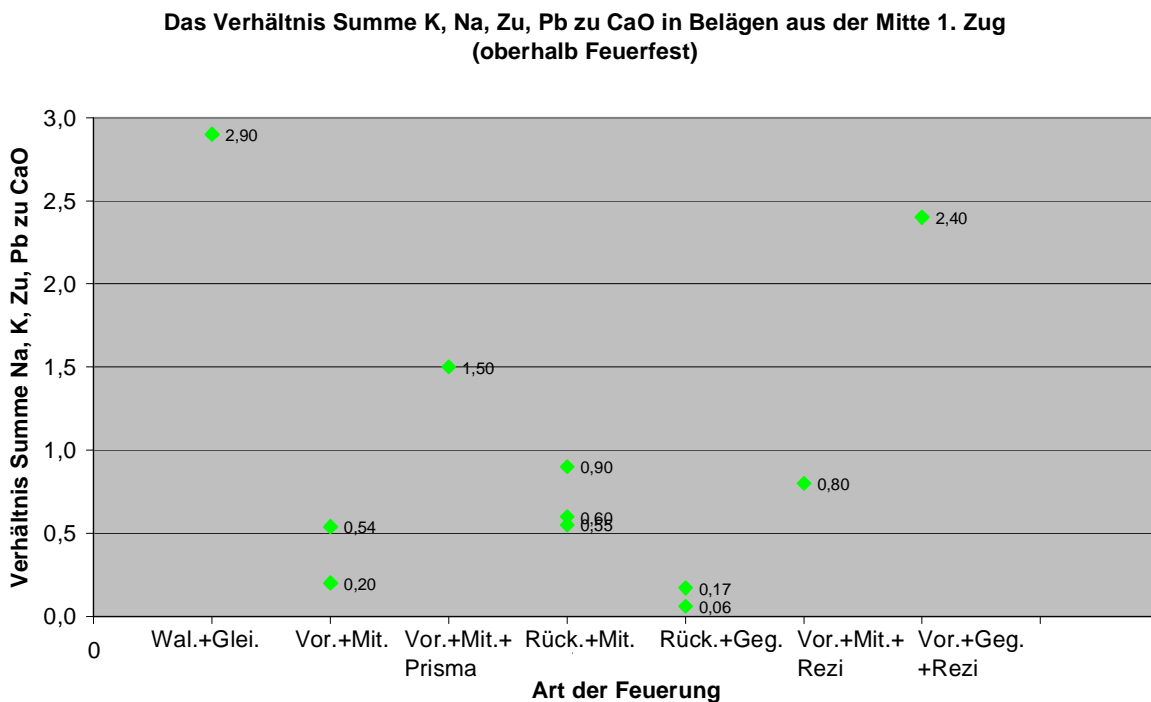


Bild 7: Zusammenhänge zwischen den Belag-Parameter-Verhältnissen und den jeweiligen Auslegungen der Feuerung

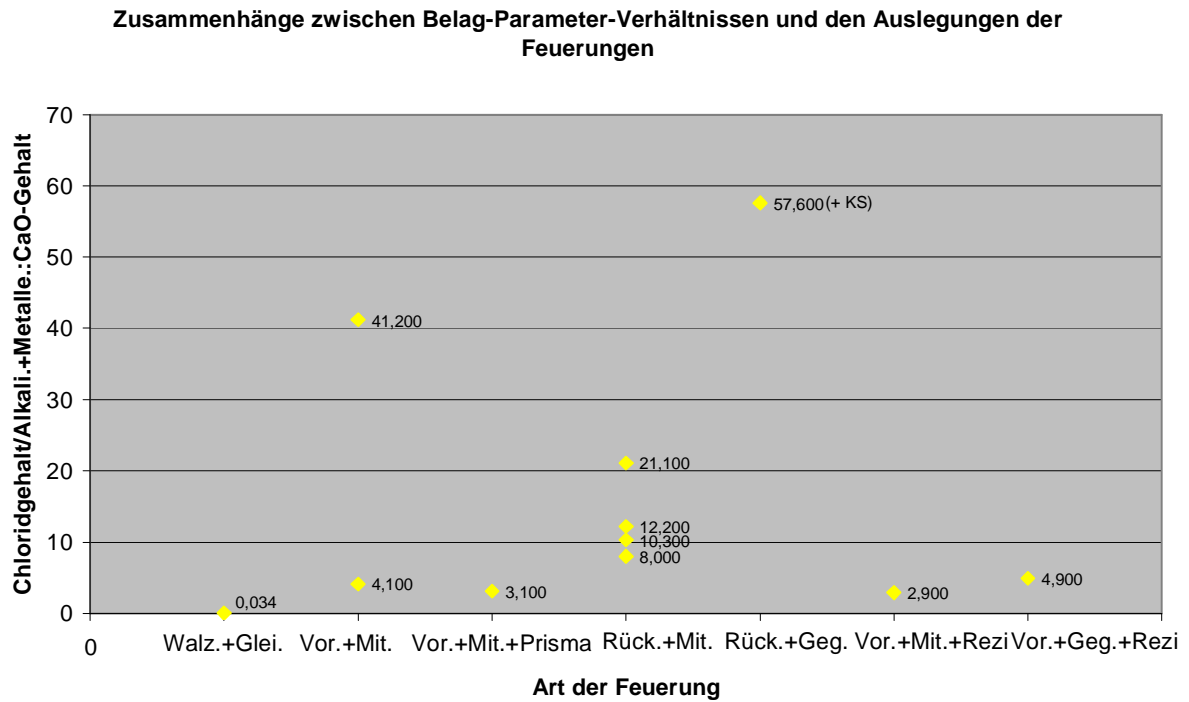


Bild 8: Zum Zusammenhang zwischen der Summe K_2O , Na_2O , ZnO , PbO und dem jeweiligen Chlorid-Gehalt in Belägen aus der Mitte des 1. Zuges (oberhalb Feuerfest)

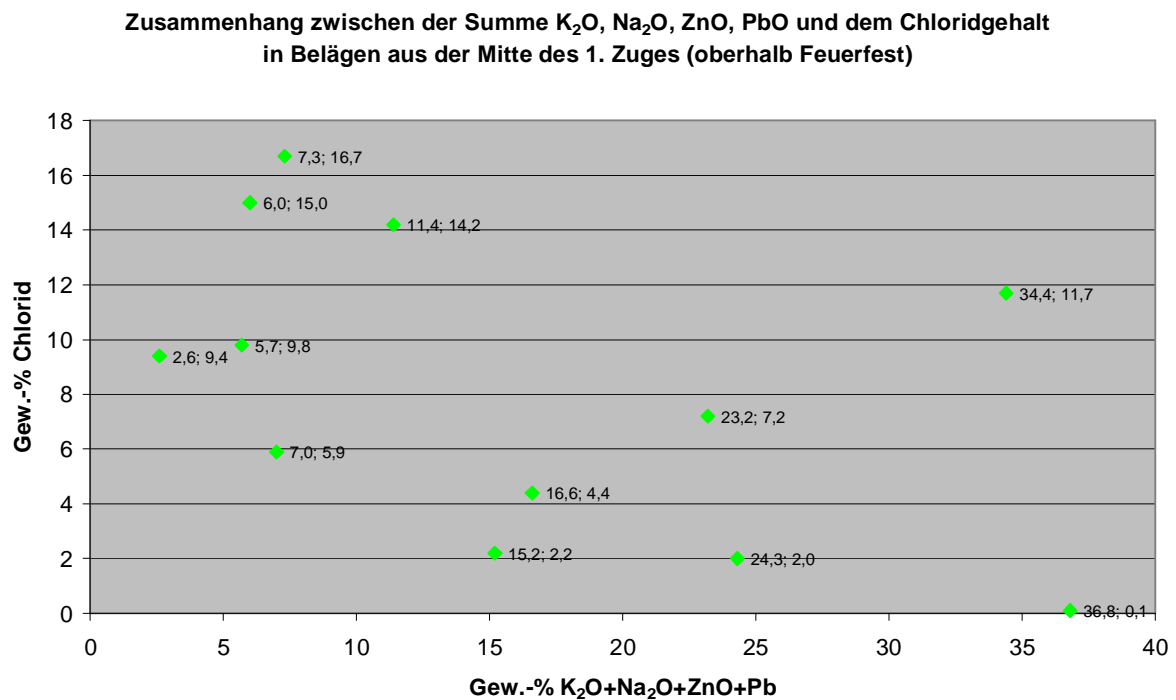


Tabelle 3: Anlage L2 mit Belägen mit hohen CaO- und Cl-Werten

	Mitte 1. Zug		End-Überhitzer	
CaO	46,5	Gew.-%	34,3	Gew.-%
SO ₃	8,3	Gew.-%	17,1	Gew.-%
Cl	9,4	Gew.-%	7,9	Gew.-%
Summe Alk.+ Met.	2,6	Gew.-%	4,7	Gew.-%

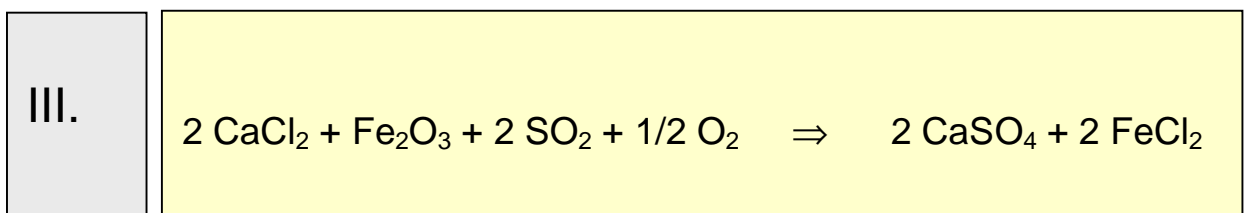
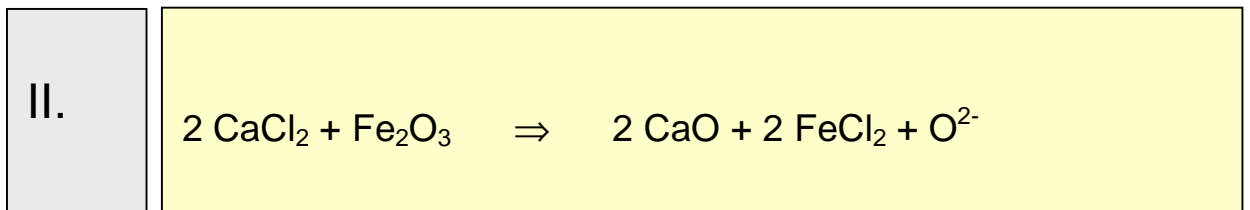
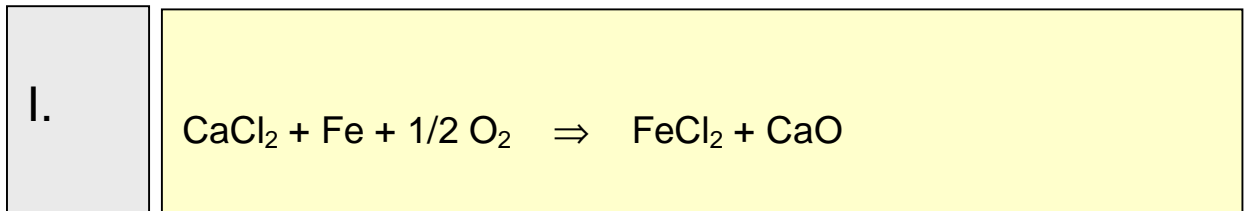
Tabelle 4: Mögliche Reaktionen des CaCl₂

Tabelle 5: Zusammenfassende Aussagen

Aussagen

1. CaCl_2 kann in MVA in der Feuerung gebildet werden.
2. Die Stärke der Bildung ist abhängig von:
 - * Art der Feuerung (Art der Einbindung)
 - * dem Schwefel-/Chlor-Verhältnis im Abfall
 - * der relativen Menge an "CaO" im Abfall
3. Kalziumchlorid wirkt wahrscheinlich direkt korrosiv auf den Rohrwandstahl und seine Oxidschicht.
4. Dieses erfolgt bereits bei Dampfparametern um 400° C.