



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Konverterschlacke und magnesia-basierten Feuerfeststeinen unter Betriebsbedingungen“

verfasst von / submitted by

Elisabeth M. Fragner, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2020 / Vienna 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 815

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Erdwissenschaften

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Rainer Abart

Zusammenfassung

Magnesia-Carbonsteine (MgO-C-Steine) stellen das wichtigste in Stahlwerken verwendete Feuerfestmaterial dar. Während der Stahlherstellung werden sie durch Interaktion mit der Schlacke kontinuierlich korrodiert, was zu einer Verkürzung der Nutzungsdauer einer Feuerfestauskleidung führt. Ein umfassendes Verständnis des Korrosionsverhaltens von MgO-C-Steinen ist daher von größter Wichtigkeit. Es ermöglicht sowohl eine Optimierung des Materials als auch eine Optimierung des Prozesses und führt in weiterer Folge zu einer Verlängerung der Lebensdauer der Feuerfestauskleidung. Für eine Untersuchung der Korrosion wurden von der voestalpine Stahl GmbH Experimente unter Betriebsbedingungen durchgeführt, deren Ergebnisse im Rahmen dieser Masterarbeit analysiert wurden. Die vier Proben bestehen aus einer Kombination von zwei verschiedenen MgO-C-Steinen (96,7% MgO – Low Quality; 97,3% MgO - High Quality) und aus zwei verschiedenen, komplexen Schlacken-zusammensetzungen mit den Hauptkomponenten FeO/Fe₂O₃-CaO-SiO₂-MgO-MnO-P₂O₅-S-Al₂O₃-Cr₂O₃-TiO₂. Im Vergleich zu Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung), ist Schlackentyp 1 (mittlere Zusammensetzung) vergleichsweise reich an SiO₂ (33,2 Gew.% versus 7,9 Gew.%) und arm an FeO/Fe₂O₃ (11,5 Gew.% versus 23,0 Gew.%) und Al₂O₃ (11,1 Gew.% versus 21,3 Gew.%). Der Experimentaufbau setzt sich aus quaderförmigen MgO-C-Steinen zusammen, deren vertikale, zylinderförmige Öffnungen mit Schlacke gefüllt und kontinuierlich auf 1650°C erhitzt wurden. Diese Temperatur wird für drei Stunden konstant gehalten, gefolgt von einem langsamen, kontinuierlichen Abkühlen. Für die Analysen mittels Polarisationsmikroskop (Transmissionsmodus), Rasterelektronenmikroskop und Elektronenstrahlmikrosonde wurden Teile des Schlacken/MgO-C-Stein Kontaktareals als petrografischer Dünnschliff präpariert. Es konnte festgestellt werden, dass bei Verwendung der gleichen Schlacken-zusammensetzung, unabhängig vom MgO-C-Steintyp, sowohl die Verschleißrate als auch die Phasenzusammensetzung der auskristallisierten Schlacke annähernd gleich sind. Daher kann angenommen werden, dass die Schlackenzusammensetzung von entscheidender Bedeutung ist und der MgO-C-Stein nur geringfügig das Reaktionsgeschehen beeinflusst. Der kristallisierte Schlackentyp 1 (mittlere Zusammensetzung) ist silikatisch dominiert und die Phasen Monticellit, Melilit und Forsterit bilden zusammen ca. 75 Vol.% aller auskristallisierten Phasen, während Oxide wie Periklas und Spinell nur untergeordnet auftreten. Der kristallisierte Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung) ist dominiert von Oxiden, deren Anteil ca. 90 Vol.% beträgt. Larnit ist die einzige silikatische Phase. Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung) dringt aktiv in die Periklaskörner des MgO-C-Steins ein und bildet kuspate Einbuchtungen. Diese Korrosionsstrukturen sind bei Schlackentyp 1 (mittlere Schlackenzusammensetzung) weniger stark ausgeprägt. Beide Schlackentypen dringen bevorzugt entlang von Korngrenzen polykristalliner Periklasaggregate ein, welche Bestandteile beider MgO-C-Steintypen sind. Mangan diffundiert in Tiefen von 100 bis 300µm in den Periklas des MgO-C-Steins. Nach Verwendung des Schlackentyps 2 (finale Zusammensetzung), mit einem Mangananteil von 7,24 Gew.%, konnte in den Periklasen (MgO) an der Schlacken/Feuerfeststein Grenzfläche ein Mangangehalt von bis zu 10 Gew.% nachgewiesen werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Austausch von Magnesium gegen Mangan in diesem Ausmaß sowohl die mechanische als auch die chemische Stabilität des Periklas negativ beeinflusst. Nach Verwendung des Schlackentyps 1 (mittlere Zusammensetzung), mit einem Mangananteil von 3,64 Gew.%, beträgt die Mangan-Konzentration in den Periklasen an der Schlacken/Feuerfeststein Grenzfläche nur 0,2 bis 1 Gew.%. Der FeO/Fe₂O₃ Anteil der Schlacke wird durch das im MgO-C-Stein enthaltene organische Bindemittel reduziert und es kommt zur Bildung von metallischem Fe. Aufgrund der niedrigeren FeO/Fe₂O₃-Gehalte der Schlacke mit mittlerer

Zusammensetzung sind die Kapazitäten des organischen Bindemittels ausreichend um auch vermehrt Mangan-, Chrom- und Vanandium-Oxid zu reduzieren.

Abstract

Magnesia-Carbon (MgO-C) stones are the most important refractory material in steel making plants. During operation, they become progressively corroded by interaction with slag, which puts limits on the lifetime of the installation. Understanding the corrosion behavior of MgO-C stones is thus of utmost importance for optimizing the material and the process to maximize the lifetime of the refractory installation. The corrosion of MgO-C stones by slag was investigated experimentally under operation conditions. The experiments were performed by voestalpine Stahl GmbH, and the samples obtained from four experimental runs were analyzed in the frame of this study. The four samples represent two different types of MgO-C stones (96,7% MgO - low quality; 97,3 % MgO - high quality) and two different slags with major components FeO/Fe₂O₃-CaO-SiO₂-MgO-MnO-P₂O₅-S-Al₂O₃-Cr₂O₃-TiO₂. In comparison to slag type 2 (final composition), slag type 1 (intermediate composition) is comparatively rich in SiO₂ (33.2 wt.% versus 7.9 wt.%) and low in FeO/Fe₂O₃ (11.5 wt.% versus 23.0 wt.%) and Al₂O₃ (11.1 wt.% versus 21.3 wt.%). The experimental assemblies consisted of cuboid MgO-C stones with two vertical cylindrical holes filled with slag. The assemblies were heated to 1650°C for three hours and subsequently cooled slowly. Thin sections of the contact areas between the refractory stones and slag were prepared and analyzed using an optical polarization microscope in transmission mode, a scanning electron microscope and an electron probe micro analyzer. It was found that the wear rates and phase contents of the crystallized slag are relatively uniform for the experiments that used the same type of slag. The type of refractory used has only minor influence on the wear rate and phase content. In contrast, the type of slag has a pronounced influence. The phase content of the crystallized slag of type 1 (intermediate composition) is dominated by silicate phases including Monticellite, Melilite, and Forsterite, which together constitute 75 vol.% of the crystallized slag, whereas oxides such as Periclase and Spinel are subordinate. The phase content of the crystallized slag of type 2 (final composition) is dominated by oxides, which constitute 90 vol.%, and Larnite is the only silicate phase. The slag of type 2 (final composition) actively penetrates into the periclase of the refractory stone forming cusped protrusions into the periclase grains. This effect is less pronounced for the slag of type 1 (intermediate composition). Both slags penetrate into the refractory material along the grain boundaries in polycrystalline periclase aggregates, which are present as grains in both MgO-C stone qualities. Manganese diffuses into the periclase of the refractory brick affecting an about 100 to 300µm wide zone. If slag type 2 (final composition) with 7,24 wt% Mn is used, the Periclase (MgO) at the slag/refractory interface attains a Manganese content of up to 10 wt%, which supposedly has detrimental effects on its mechanical and chemical stability. If slag type 1 (intermediate composition) with 3,64 wt% Mn is used, the Periclase at the slag/refractory interface attains a Manganese content of only 0,2 to 1 wt%. The organic binder of the MgO-C refractory serves as a reducing agent leading to the formation of metallic iron from the FeO/Fe₂O₃ content of the slag. Due to the relatively low FeO/Fe₂O₃ content of the slag with intermediate composition, the reduction potential of the organic binder is sufficient to also reduce Manganese-, Chromium- and Vanadium-oxide, and these elements become incorporated as major components of intermetallic phases in the slag.

Danksagung

Ich möchte mich hiermit für jegliche Art von Unterstützung bedanken, die mir während der Verfassung dieser Masterarbeit zu Teil wurde. Mein Dank gilt der voestalpine Stahl GmbH, im Besonderen Herrn Dr. Roman Rössler, dessen Kooperationsbereitschaft hinsichtlich der Analyse firmeneigener Proben diese Masterarbeit erst ermöglicht hat. Ich möchte mich auch besonders bei meinem Betreuer, Univ.-Prof. Dr. Rainer Abart, bedanken, der viel Zeit investiert und seine Erfahrung und sein Wissen in diese Arbeit eingebracht hat. Großer Dank gilt auch meinen Eltern deren Unterstützung einen Studienabschluss erst ermöglicht hat.

Inhaltsverzeichnis

1. Wissenschaftliche Fragestellung	1
2. Startmaterialien	2
2.1 Magnesia-Carbonstein	2
2.2 Schlacke	2
3. Versuchsführung	3
4. Analytische Methoden	4
4.1 Polarisationsmikroskopie.....	4
4.2 Rasterelektronenmikroskopie	5
4.3 Elektronenstrahlmikrosondenanalytik	6
5. Ergebnisse	7
5.1 Probe V1	8
5.1.1 Ausgangsmaterial	8
5.1.2 Polarisationsmikroskop	9
5.1.2.1 Dünnschliff V1A Kontaktzone.....	10
5.1.2.2 Dünnschliff V1A Magnesia-Carbonstein	11
5.1.2.3 Dünnschliff V1B Kontaktzone.....	12
5.1.2.4 Dünnschliff V1B Magnesia-Carbonstein	13
5.1.3 Rasterelektronenmikroskop (REM).....	14
5.1.3.1 BSE Aufnahmen V1A.....	14
5.1.3.2 BSE Aufnahmen V1B.....	16
5.1.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)	17
5.1.4.1 Punktmessungen V1A.....	17
5.1.4.2 Punktmessungen V1B.....	21
5.1.4.3 Linienprofile V1A	23
5.1.4.4 Linienprofile V1B.....	29
5.2 Probe V2	33
5.2.1 Ausgangsmaterial	33
5.2.2 Polarisationsmikroskop	34
5.2.2.1 Dünnschliff V2A Kontaktzone.....	35
5.2.2.2 Dünnschliff V2A Magnesia-Carbonstein	36
5.2.2.3 Dünnschliff V2B Kontaktzone.....	37
5.2.2.4 Dünnschliff V2B Magnesia-Carbonstein	38
5.2.3 Rasterelektronenmikroskop (REM).....	39

5.2.3.1 BSE Aufnahmen V2A.....	39
5.2.3.2 BSE Aufnahmen V2B.....	41
5.2.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS).....	42
5.2.4.1 Punktmessungen V2A.....	42
5.2.4.2 Punktmessungen V2B.....	44
5.2.4.3 Linienprofile V2A.....	46
5.2.4.4 Linienprofile V2B.....	50
5.3 Probe V3.....	53
5.3.1 Ausgangsmaterial.....	53
5.3.2 Polarisationsmikroskop.....	54
5.3.2.1 Dünnschliff V3A Kontaktzone.....	55
5.3.2.2 Dünnschliff V3A Magnesia-Carbonstein.....	56
5.3.2.3 Dünnschliff V3B Kontaktzone.....	57
5.3.2.4 Dünnschliff V3B Magnesia-Carbonstein.....	58
5.3.3 Rasterelektronenmikroskop (REM).....	59
5.3.3.1 BSE Aufnahmen V3A.....	59
5.3.3.2 BSE Aufnahmen V3B.....	61
5.3.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS).....	62
5.3.4.1 Punktmessungen V3A.....	62
5.3.4.2 Punktmessungen V3B.....	66
5.3.4.3 Linienprofile V3A.....	68
5.3.4.4 Linienprofile V3B.....	74
5.4 Probe V4.....	80
5.4.1 Ausgangsmaterial.....	80
5.4.2 Polarisationsmikroskop.....	81
5.4.2.1 Dünnschliff V4A Kontaktzone.....	82
5.4.2.2 Dünnschliff V4A Magnesia-Carbonstein.....	83
5.4.2.3 Dünnschliff V4B Kontaktzone.....	84
5.4.2.4 Dünnschliff V4B Magnesia-Carbonstein.....	85
5.4.3 Rasterelektronenmikroskop (REM).....	86
5.4.3.1 BSE Aufnahmen V4A.....	86
5.4.3.2 BSE Aufnahmen V4B.....	88
5.4.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS).....	89
5.4.4.1 Punktmessungen V4A.....	89
5.4.4.2 Punktmessungen V4B.....	94
5.4.4.3 Linienprofile V4A.....	96
5.4.4.4 Linienprofile V4B.....	98
5.5 Probe V5.....	100
5.5.1 Ausgangsmaterial.....	100

5.5.2 Polarisationsmikroskop	101
5.5.2.1 Dünnschliff V5A Kontaktzone.....	102
5.5.2.2 Dünnschliff V5A Magnesia-Carbonstein	103
5.5.2.3 Dünnschliff V5B Kontaktzone.....	104
5.5.2.4 Dünnschliff V5B Magnesia-Carbonstein	105
5.5.3 Rasterelektronenmikroskop (REM).....	106
5.5.3.1 BSE Aufnahmen V5A.....	106
5.5.3.2 BSE Aufnahmen V5B.....	108
5.5.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)	110
5.5.4.1 Punktmessungen V5A.....	110
5.5.4.2 Punktmessungen V5B.....	114
5.5.4.3 Linienprofile V5A.....	119
5.5.4.4 Linienprofile V5B.....	121
5.6 Chemische Zusammensetzung der Phasen	123
5.6.1 Mineralchemische Diagramme (Mg,Mn)-Oxid.....	123
5.6.2 Mineralchemische Diagramme Ca-Aluminat	126
5.6.3 Mineralchemische Diagramme Spinell.....	129
5.6.4 Mineralchemische Diagramme Monticellit, Forsterit, Larnit	131
6. Diskussion	132
6.1 Korrosionsstrukturen am Kontakt zwischen Schlacke und Feuerfeststein	132
6.1.1 Korrosion durch Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung V1, V2 u. V3)	132
6.1.2 Korrosion durch Schlackentyp 1 (mittlere Zusammensetzung V4 u. V5)	133
6.2 Herkunft der neu gebildeten Phasen	134
6.2.1 Neu gebildete Phasen bei Schlackentyp 1 (mittlere Zusammensetzung)	134
6.2.2 Neu gebildete Phasen bei Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung).....	135
6.3 Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke	136
6.4 Mechanismen der Korrosion des Feuerfeststeins	137
7. Conclusio	138
8. Bibliografie.....	140
9. Appendix.....	142
9.1 Probenliste	142
9.2 Messergebnisse der Linienprofile	142

1. Wissenschaftliche Fragestellung

Die in der Eisenverhüttung zum Einsatz kommenden Konverter sind mehrere 10er-m³ fassende, aus Stahl gefertigte Behälter, die aufgrund der hohen thermischen Belastung im Betrieb mit magnesia-basierten Feuerfeststeinen ausgemauert sein müssen. Im Betrieb ist die Ausmauerung neben der thermischen Belastung auch chemischem Angriff und mechanischer Abrasion ausgesetzt. Die chemische Alteration durch die Wechselwirkungen zwischen Schlacke und Feuerfeststeinen ist dabei von besonderem Interesse.

Die chemische Zusammensetzung und das chemisch, physikalische Verhalten einer Schlacke ändern sich stetig während eines Prozesses. Diese, zum Teil gravierenden, Änderungen sind komplex und nur schwer in einer vorwärts-gerichteten Modellierung zu berechnen. Um diese Prozesse besser zu verstehen und möglicherweise auch steuern zu können werden gezielte Korrosionsexperimente durchgeführt und an den daraus hervorgehenden Produkten umfassende optische Analysen mit dem Polarisationsmikroskop, dem Rasterelektronenmikroskop und der Elektronenstrahlmikrosonde durchgeführt.

2. Startmaterialien

2.1 Magnesia-Carbonstein

Die Zusammensetzung des Feuerfestmaterials, welches in der Stahlindustrie für Hochofenauskleidungen eingesetzt wird, kann variieren. Verwendet werden zum Beispiel Magnesia-Chromit-Ziegel (Goto et al., 1995, Guo et al., 2004 und Huang et al., 2015), Aluminium-Spinell-Ziegel (Korgul et al., 1997 und Ganesh et al., 2002) und Magnesia-Carbonsteinziegel (Jansson et al., 2005 und Luz et al., 2013). Das Ausgangsmaterial für diese Versuchsreihe sind Magnesia-Carbonsteinziegel. Es werden zwei Typen unterschieden: Magnesia-Carbonstein 0180 und Magnesia-Carbonstein 1298.

Typ 0180 misst 21x4,7x9cm und wird auch als Low Quality Magnesia-Carbonstein bezeichnet. Der Magnesiastein ist teergebunden mit hohem Bruchanteil. Die chemische Analyse (in Gewichtsprozent) ergab 0,8% Fe₂O₃, 0,7% SiO₂, 1,6% CaO, 96,7% MgO. Der Restkohlenstoff nach der Verkokung beträgt 13,9%. Die Rohdichte beträgt 2,9 g/cm³, die Kaltdruckfestigkeit beträgt 21 MPa und die Porosität beträgt 4,1 Vol.% (voestalpine Stahl GmbH Produktdatenblatt Magnesia-Carbonstein 0180, 2013).

Typ 1298 misst 21x4,3x10cm und wird auch als High Quality Magnesia-Carbonstein bezeichnet. Der Magnesia-Carbonstein ist teergebunden, mit einem hohen Anteil an Schmelzmagnesit und ca. 11% Grafit. Die chemische Analyse (in Gewichtsprozent) ergab 0,2% Fe₂O₃, 0,6% SiO₂, 1,7% CaO, 97,3% MgO. Der Restkohlenstoff nach der Verkokung beträgt 15,9%. Die Rohdichte beträgt 3,0 g/cm³, die Kaltdruckfestigkeit beträgt 24 MPa und die Porosität beträgt 3,6 Vol.%. (voestalpine Stahl GmbH Produktdatenblatt Magnesia-Carbonstein 1298, 2013).

2.2 Schlacke

Das Korrosionsverhalten einer Schlacke hängt stark von ihrer chemischen Zusammensetzung ab, welche von Stahlwerk zu Stahlwerk, von Charge zu Charge und sogar während eines Prozesses variieren kann (Sarpoolaky et al., 2001). Aufgrund des komplexen Zusammenspiels vieler Komponenten konzentrieren sich einige Forschungsarbeiten auf den Einfluss einer bestimmten Komponente zum Beispiel Titan (Liu et al., 2002) oder Mangan (Van Ende et al., 2009) oder reduzieren die Anzahl an Schlackenkomponenten zum Beispiel auf CaO-SiO₂-Al₂O₃ (Um et al., 2012 und Jansson et al., 2005). Im Rahmen dieser Masterarbeit werden zwei verschiedene Arten von Konverterschlacke mit praxisnaher, komplexerer Zusammensetzung verwendet. Sie werden als mittlere Schlackenzusammensetzung, kurz Typ 1, und finale Schlackenzusammensetzung, kurz Typ 2, bezeichnet. Die Bezeichnungen beziehen sich auf den zeitlichen Ablauf der Prozessführung im Konverter. Die mittlere Zusammensetzung tritt etwa bei der Hälfte des Prozesses auf. Die finale Zusammensetzung entspricht einer Schlacke am Ende des Prozesses. Die Ergebnisse, der von der voestalpine Stahl GmbH durchgeführten chemischen Analyse, sind in den Tabellen 1 und 2 übersichtsmäßig dargestellt.

Tabelle 1: Mittlere Schlackenzusammensetzung (Typ 1), Angaben in Gewichtsprozent, Basizität: CaO/Al₂O₃+SiO₂

FeO/Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Basizität
11,5	30,6	33,20	8,7	3,64	0,15	0,01	11,1	0,10	1,00	0,69

Tabelle 2: Finale Schlackenzusammensetzung (Typ 2), Angaben in Gewichtsprozent, Basizität: CaO/Al₂O₃+SiO₂

FeO/Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Basizität
23,0	25,7	7,92	13,0	7,24	0,29	0,02	21,3	0,39	1,10	0,88

3. Versuchsführung

Im Rahmen dieser Masterarbeit werden fünf, von der voestalpine Stahl GmbH zur Verfügung gestellte, Magnesia-Carbonsteine analysiert, welche unter verschiedenen simulierten Betriebsbedingungen einem Schlackenangriff ausgesetzt wurden. Die Versuchsanordnung besteht aus einem quaderförmigen Feuerfeststein mit zwei zylinderförmigen Bohrungen. Diese Bohrungen, mit einem Durchmesser von 5,5cm, werden mit Konverterschlacke gefüllt und kontrolliert mit einer Aufheizrate von ca. 4,5°C/min bis auf 1600°C bzw. 1650°C erhitzt. Nach Erreichen der Zieltemperatur wird diese für drei Stunden konstant gehalten, gefolgt von kontrolliertem Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Abkühlrate von ca. 4,5°C/min. Für die Analyse werden die abgekühlten Magnesia-Carbonsteine, der Länge nach, in der Mitte durchgesägt. Jeweils eine Hälfte wird dem Department für Lithosphärenforschung an der Universität Wien übergeben, die andere Hälfte wird von der voestalpine Stahl GmbH aufbewahrt. Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 1 ein Modell einer solchen Magnesia-Carbonsteinhälfte.

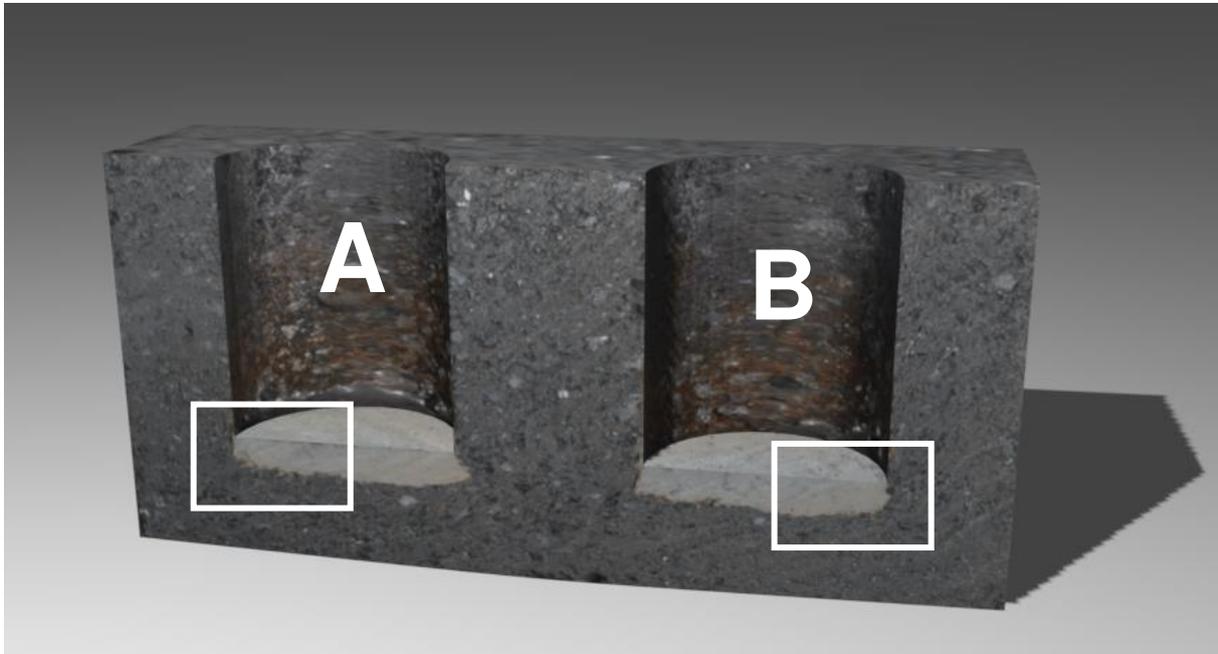


Abbildung 1: 3D Modell einer Probe, ein halbiertes Magnesia-Carbonsteinziegel mit den beiden, mit Schlacke befüllten, zylinderförmigen Ausnehmungen A und B. Für die Präparation von petrographischen Dünnschliffen werden bei jeder Probe die, mit den weißen Rechteckrahmen, markierten Bereiche verwendet.

Für die Untersuchung des Gefüges und der Phasenvergesellschaftung werden sogenannte petrographische Dünnschliffe angefertigt. Das sind ca. 30µm dicke, auf einem Objektträger aufgeklebte, einseitig polierte Plättchen, der zu untersuchenden Probe. Diese Form der Präparation erlaubt eine optische Charakterisierung im transmittierten Licht mittels Durchlichtmikroskopie sowie die elektronenmikroskopische Charakterisierung am Rasterelektronenmikroskop bzw. an der Elektronenstrahlmikrosonde. Die petrographischen Dünnschliffe werden aus, den in Abbildung 1 mit weißen Rechteckrahmen markierten Bereichen, der Proben angefertigt. Dafür werden diese Bereiche ausgesägt, angeschliffen und mit der angeschliffenen Seite nach unten auf den Objektträger aus Glas geklebt. Danach wird auf 0,02-0,03mm heruntergeschliffen bis das Material ausreichend transparent ist und schließlich wird die Oberfläche poliert.

4. Analytische Methoden

4.1 Polarisationsmikroskopie

Die Polarisationsmikroskopie ist eine kosteneffiziente und weit verbreitete Analysemethode zur Mineral- und Gesteinsbestimmung. Sie kann auch, wie im Rahmen dieser Masterarbeit, dazu verwendet werden nicht natürliche Produkte, Synthesen und Werkstoffe zu analysieren. Durch ihre charakteristischen optischen Eigenschaften können einzelne Minerale (Phasen) identifiziert und im Aggregatverband betrachtet werden. Die mit dieser Methode gewinnbaren Erkenntnisse über Struktur, Gefüge, Phasenverteilung etc. ermöglichen Rückschlüsse auf die Bildungsbedingungen eines Gesteins bzw. Rückschlüsse auf das Verhalten eines Werkstoffes unter Betriebsbedingungen. (Raith et al., 2011 und Bauch et al., 2017)

Ein Polarisationsmikroskop besteht im Wesentlichen aus Okular, Analysator, Objektiv, Objektisch, Polarisator und Lichtquelle. Die Lichtquelle befindet sich ganz unten, fix verbaut im Fuß des Mikroskops. Die Lichtstrahlen werden gebündelt und durch den Polarisator planar polarisiert zum Objektisch geleitet. Der Polarisator, auch Filterpolarisator, reduziert die verschiedenen Schwingungsrichtungen der Lichtwellen auf die Polarisator-parallele Schwingungsrichtung. Erreichen diese Polarisator-parallelen Lichtwellen den Dünnschliff auf dem Objektisch können verschiedene Effekte, wie Lichtbrechung, Doppelbrechung und Absorption beobachtet werden. Die Vergrößerung des Probenmaterials erfolgt durch die Kombination zweier bikonvexer Linsen: Objektiv und Okular. Wird die Probe so positioniert, dass sie sich außerhalb der Brennweite der ersten bikonvexen Linse, dem Objektiv, befindet, wird ein reelles, umgekehrtes und vergrößertes Bild erzeugt. Nutzt man zusätzlich ein Okular, eine zweite bikonvexe Linse, mit einer Brennweite kleiner als 250mm (Lupe), kann das reelle Zwischenbild des Objektivs noch weiter vergrößert werden. Zwischen Objektiv und Okular befindet sich der Analysator, der in den Strahlengang hineingeschoben oder -geklappt werden kann. Die Polarisations Ebenen von Polarisator und Analysator werden genau senkrecht zueinander ausgerichtet. Liegt keine Probe auf dem Objektisch erhält man ein komplett schwarzes Bild. Kommt es zur Doppelbrechung von Polarisator-parallelen Lichtwellen durch optisch anisotrope Kristalle in einer Probe, kann ein Teil dieser abgelenkten Strahlen, den Analysator passieren. Der Anteil dieser Teilstrahlen ist abhängig vom Winkel und kann durch rotieren der Probe auf dem Objektisch variiert werden. Daher ermöglicht der Analysator Rückschlüsse auf Orientierung und Anordnung von Strukturen in Gesteinen oder anderen Materialien. (Raith et al., 2011 und Bauch et al., 2017)

Okular und Objektiv ermöglichen eine Vergrößerung und, in Kombination mit einem Analysator, eine Strukturanalyse der Probe. Allerdings ist diese Methode bei stark Lichtabsorbierenden (opaken) Materialien nicht anwendbar. Deshalb haben viele Polarisationsmikroskope eine zusätzliche Vorrichtung, welche die Polarisator-parallelen Lichtwellen so umlenkt, dass sie von oben auf die Probe treffen. Diese Methode wird als Auflichtmikroskopie bezeichnet und häufig bei opaken Objekten wie Erzen verwendet. (Raith et al., 2011 und Bauch et al., 2017)

4.2 Rasterelektronenmikroskopie

Im Gegensatz zu den lichtmikroskopischen Methoden arbeiten Rasterelektronenmikroskope nicht mit Licht, sondern mit einem Elektronenstrahl. Dieser ermöglicht eine Analyse von deutlich kleineren Proben bei einer Auflösung von 1-5 μm . Das Probenmaterial muss nur wenig präpariert werden und die Methode ist zerstörungsfrei. Weiters können Rasterelektronenmikroskope mit zusätzlichen Komponenten für eine energiedispersive- und eine wellenlängendispersive-Röntgenanalyse ausgestattet werden, um sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen bezüglich der Elementkonzentrationen in der Probe treffen zu können. (Bauch et al., 2017)

Ein Rasterelektronenmikroskop, kurz REM, besteht im Wesentlichen aus Elektronenquelle, Anode, elektromagnetischen Linsen, XY-Spulensystem, Objektisch, Detektoren und Vakuumsystem. Eine Elektronenquelle, häufig eine Wolfram-Glühkathode, emittiert Elektronen. Die negativ geladenen Elektronen werden von der positiv geladenen Anode angezogen und dadurch beschleunigt. Mehrere Linsen sorgen für eine Bündelung und Fokussierung des Elektronenstrahls in Richtung Probe. Ein sogenanntes XY-Spulensystem ermöglicht eine Ablenkung des Elektronenstrahls und im Weiteren das rasterartige Scannen der Probenoberfläche. Trifft dieser Primärelektronenstrahl auf die Probe am Objektisch werden an der Probenoberfläche Sekundärelektronen (SE) und Rückstreuielektronen (RSE) emittiert. Sekundärelektronen werden durch den Aufprall der Primärelektronen aus der Probe geschossen. Sie entstehen durch einen unelastischen Streuprozess und haben daher deutlich weniger Energie als RSE. Sie stammen aus den oberen Probenschichten und werden vom schräg oberhalb der Probe positionierten SE-detektor aufgefangen. Diese Platzierung sorgt für den Beleuchtungs- bzw. Topographieeffekt der Bildaufnahmen. Die dem Detektor zugewandten Oberflächen werden im vom Computer erzeugten Bild heller dargestellt als abgewandte. Rückstreuielektronen entstehen bei elastischen Streuprozessen nach dem Auftreffen des Primärstrahls auf die Probe. Ihre Energie ist deutlich höher und entspricht zum Teil der Energie der Primärelektronen. Deshalb zeigen RSE-Aufnahmen keinen topologischen Kontrast, wie SE-Aufnahmen, sondern einen sogenannten Materialkontrast. Der Grund dafür ist die Abhängigkeit der RSE-Ausbeute von der mittleren Kernladungszahl der Proben-elemente. Umso höher die mittlere Kernladungszahl der Elemente in der Probe, umso höher die RSE-Ausbeute und umso heller der Bereich auf der Aufnahme. Um alle diese Elektronenbewegungen störungsfrei zu ermöglichen muss ein luftleerer Raum gewährleistet sein. Dafür sorgt die letzte Komponente eines Rasterelektronenmikroskops, das Vakuumsystem. (Bauch et al., 2017)



Abbildung 2: Das im Rahmen dieser Masterarbeit verwendete Modell: FEI Inspect S-50 (<http://www.fei.co.jp/HTMLPage.htm>)

4.3 Elektronenstrahlmikrosondenanalytik

Im Gegensatz zu Polarisationsmikroskop und Rasterelektronenmikroskop steht bei der Verwendung der Elektronenstrahlmikrosonde die chemische Analyse und nicht die Anfertigung von Aufnahmen der Probenoberfläche im Vordergrund. Durch energiedispersive- (EDS) und wellenlängendispersive-Röntgenanalyse (WDS) können sowohl schnelle, qualitative als auch aufwändigere, präzise quantitative Aussagen bezüglich der Elementverteilung in der Probe getroffen werden. Bildaufnahmen des Probenmaterials (BSE Bilder, engl. back scattered electrons) sind möglich, dienen aber (meist) nur der Dokumentation der Messpunkte. Werden diese Messpunkte einzeln, verteilt platziert so werden diese Daten als *Punktmessungen* bezeichnet. Nach aneinander Reihung vieler dieser Punkte bilden sie eine Linie und werden als *Linienprofil* bezeichnet. Sind kleinere Flächen auf dem Probenmaterial von Interesse kann durch systematisches Rastern des Areals ein *Elementverteilungsbild* erstellt werden. Die Elektronenstrahlmikrosonde hat eine Auflösung von ca. 1 µm. Das Probenmaterial muss nur wenig präpariert werden und die Methode ist zerstörungsfrei. (Reed, 2005)

Eine Elektronenstrahlmikrosonde (EMS) besteht im Wesentlichen aus Elektronenquelle, Anode, elektromagnetischen Linsen, Objektisch, EDS-Analysesystem, WDS-Analysesystem, Vakuumsystem. Die Elektronenquelle, meist ein Wolfram-Filament, emittiert Elektronen. Die negativ geladenen Elektronen werden von der positiv geladenen Anode angezogen und beschleunigt. Die elektromagnetischen Linsen fokussieren den Elektronenstrahl in Richtung Probe. Trifft der Elektronenstrahl auf die Probe, wird eine charakteristische Röntgenstrahlung emittiert. Diese kann von zwei verschiedenen Systemen detektiert werden. Das energiedispersive System besteht aus einem Halbleiterdetektor, welcher die Röntgenstrahlen nach ihrer Energie auf trennt. Das wellenlängendispersive System verwendet ein Kristallspektrometer zur Aufspaltung der Röntgenstrahlung nach Wellenlängen. Der letzte Bestandteil der Elektronenstrahlmikrosonde ist das Vakuumsystem, das präzise, störungsfreie Messungen durch Komponenten und Probenkammer im Hochvakuum gewährleistet. (Reed, 2005)



Abbildung 3: Das im Rahmen dieser Masterarbeit verwendete Modell: CAMECA SX Five EMS.

5. Ergebnisse

Das Kapitel Ergebnisse enthält fünf Unterkapitel, jeweils eines für jede Probe. Die Ergebnisse, der verwendeten Analysemethoden sind, in diesen Unterkapiteln, nach aufsteigender Auflösung geordnet, beginnend mit einer makroskopischen Analyse der Probe. Danach folgt die Dokumentation mittels Polarisationsmikroskop, Rasterelektronenmikroskop bis hin zur optischen und chemischen Analyse durch die Elektronenstrahlmikrosonde.

Das Kapitel *Ausgangsmaterial* enthält die Eckdaten der Versuchsführung und eine makroskopische Analyse der Proben.

Das Kapitel *Polarisationsmikroskop* enthält Scans der beiden petrographischen Dünnschliffe und eine Auswahl an repräsentativen Abbildungen des Polarisationsmikroskops. Für jeden petrographischen Schliff wurde jeweils eine Abbildung des Magnesia-Carbonsteins und eine Abbildung des Kontaktbereiches von Schlacke und Magnesia-Carbonstein ausgewählt.

Das Kapitel *Rasterelektronenmikroskop (REM)* enthält ebenfalls eine Auswahl an repräsentativen Abbildungen des Kontaktbereiches von Schlacke und Magnesia-Carbonstein. Zusätzlich dazu sind Besonderheiten des jeweiligen petrographischen Dünnschliffes abgebildet.

Das Kapitel *Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)* enthält alle in der Schlacke gemessenen Punkte markiert auf einer Abbildung und darunter deren chemische Analysedaten in Tabellenform. Danach folgen alle im Kontaktbereich von Schlacke und Magnesia-Carbonstein gemessenen Linienprofile markiert in einer Abbildung. Für die Darstellung der Messdaten wurden die Elemente mit den aussagekräftigsten Ergebnissen ausgewählt und in Form von Diagrammen abgebildet. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Für eine zusätzliche Messung der metallischen Phasen (Abb. 60 Metall und Abb. 78 Metall) wurden die Elementkonzentrationen von Al, Ti, V, Fe, Cr, Mo, Mn und Si gemessen.

Bevor das Kapitel Ergebnisse folgt, zeigt Tabelle 3 alle Proben und deren Zusammensetzung im Überblick.

Tabelle 3: Die Eckdaten zu den Proben V1 bis V5

	V1	V2	V3	V4	V5
Temperatur	1600°C	1650°C	1650°C	1650°C	1650°C
Magnesia-Carbonstein	high quality MgO	high quality MgO	low quality MgO	low quality MgO	high quality MgO
Schlackenzusammensetzung	final Z.	finale Z.	finale Z.	mittlere Z.	mittlere Z.

5.1 Probe V1

5.1.1 Ausgangsmaterial



Abbildung 4: Probe V1 ist ein High Quality Magnesia-Carbonstein Typ 1298 mit den Maßen 21x4,3x10cm, befüllt mit der finalen Schlackenzusammensetzung.

Die Probe V1 (Abb. 4) ist ein High Quality Magnesia-Carbonstein Typ 1298 mit hohem Anteil an Schmelzmagnesit, ca. 11% Grafit und teergebunden. Die beiden zylinderförmigen Öffnungen wurden mit Schlackentyp 2 befüllt und im Konverter mit einer Aufheizrate von ca. 4,4°C/min auf die Zieltemperatur 1600°C erhitzt. Diese Zieltemperatur wurde drei Stunden lang konstant gehalten, gefolgt von kontrolliertem Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Abkühlrate von ca. 4,4°C/min. Der durch dieses Verfahren entstandene Spannungsriss quer durch den Ziegel hat die für die Analyse relevante Kontaktzone nicht beschädigt. In beiden Zylindern A und B blieb nur ein Teil der hellgrauen, porösen Schlacke erhalten, in A deutlich mehr als in B. Eingebettet darin sind auf beiden Seiten einige Metallkugeln mit Durchmessern zwischen 2mm und 5mm erkennbar.

5.1.2 Polarisationsmikroskop

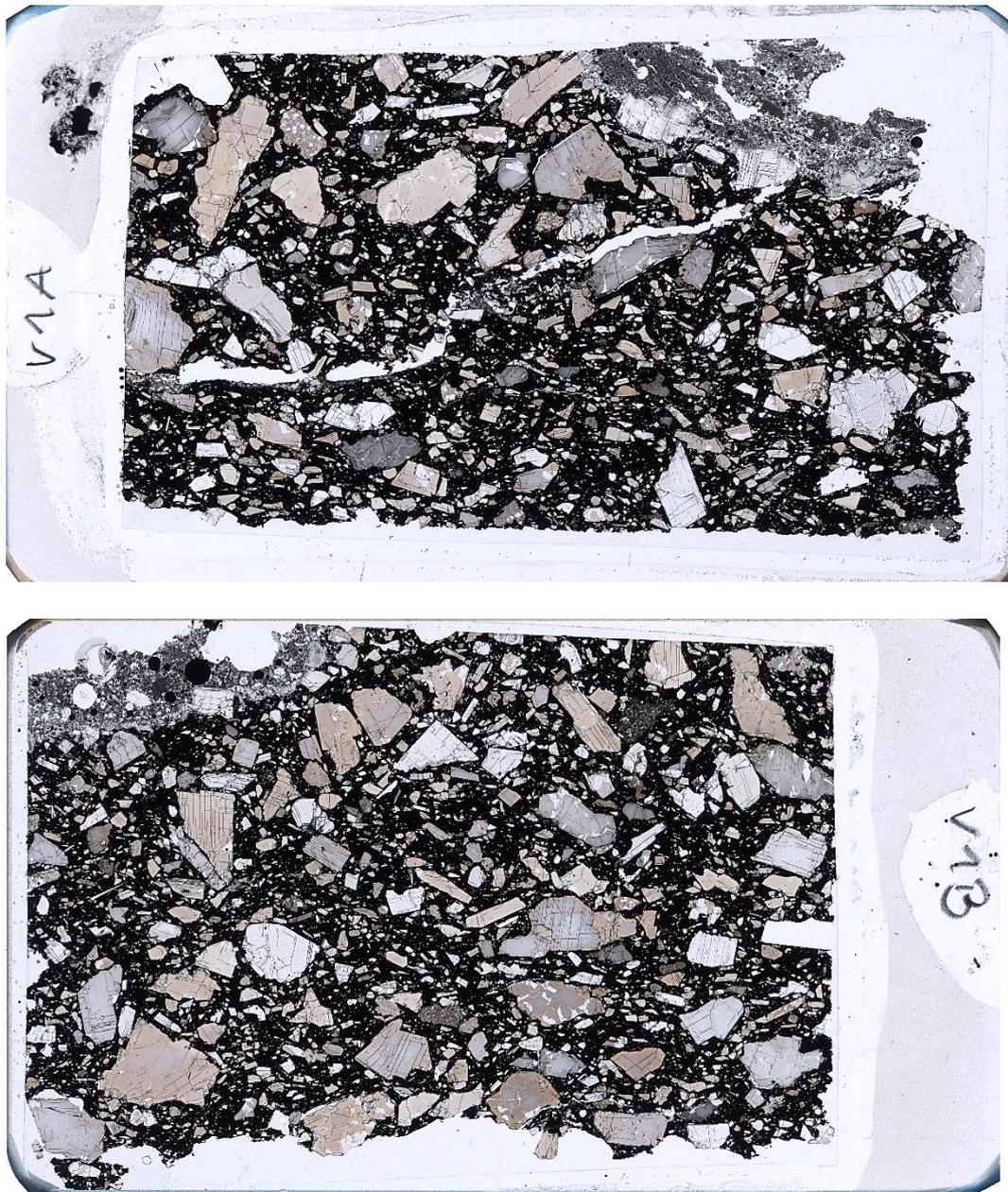


Abbildung 5: Übersichtsaufnahmen der Dünnschliffe von Probe V1 (Abb. 4) aus den Zylindern A und B (Abb.1). Die Aufnahme oben ist die Probe V1A und zeigt die Schlacke in der rechten oberen Ecke. Die Aufnahme unten ist die Probe V1B und zeigt die Schlacke in der linken oberen Ecke.

5.1.2.1 Dünnschliff V1A Kontaktzone

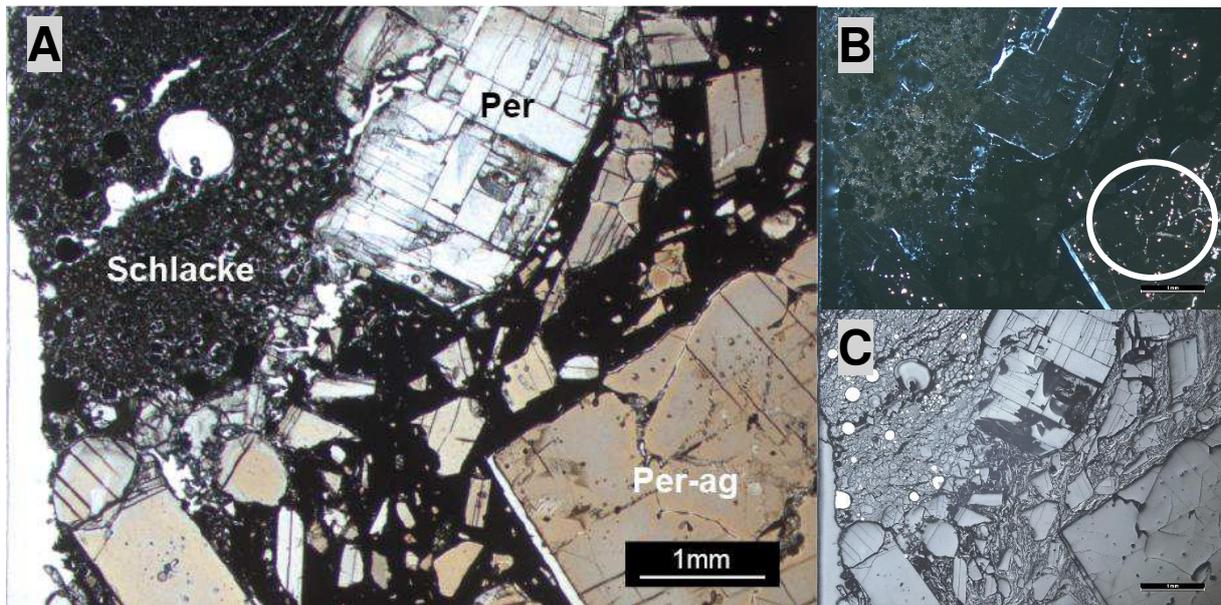


Abbildung 6: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (rechts) und Schlacke (links oben) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Die Abbildungen zeigen den Unterschied zwischen idiomorphen Periklaskörnern (Per) und den, als Per-ag beschrifteten, Periklasaggregaten. Deutlich erkennbar an den nicht parallelen, hell leuchtenden Zwischenräumen, markiert mit einem weißen Kreis in Abbildung 6B. Das Auftreten einer Vielzahl von kreisrunden Eisenkugeln in der Schlacke wird in Abbildung 6C durch ihre stark reflektierenden Eigenschaften deutlich.

Abbildung 6A zeigt rechts unten Periklase unterschiedlichster Größe eingebettet in eine undurchsichtige (opak) Matrix. Die Periklaskörner sind weiß/hellgrau bis beige/braun. Ihre Größe variiert zwischen 3-5mm und wenigen μm . Einige idiomorphe Körner zeigen deutliche Spaltbarkeit. Vereinzelt sind in den Periklaskörnern Domänen mit einer internen granularen Struktur zu erkennen. Ein solcher Bereich ist in Abbildung 6B mit einem weißen Kreis markiert. Diese Bereiche stellen Sintermagnesia dar, bei denen noch Restporosität vorhanden ist. Diese Bereiche werden in der Folge als Sinteraggregate oder als Periklasaggregate bezeichnet (siehe auch Abb. 7). Der sehr feinkörnige dunkelgraue-schwarze Bereich links oben ist die Schlacke. Einzelne Phasen sind nicht erkennbar, ausgenommen die opak, schwarzen und runden metallischen Kügelchen, die im reflektierten Licht sehr hell erscheinen (Abb. 6C). *Abbildung 6B* zeigt den gleichen Bereich wie Abbildung 6A unter gekreuzten Polarisatoren. Die Schlacke, links oben im Bild, hellt unter gekreuzten Polarisatoren aufgrund des Vorliegens von vielen unterschiedlich orientierten Einzelkristallen unterschiedlich stark auf und zeigt eine leichte Braunfärbung. Im Gegensatz dazu bleiben die Periklaskristalle aufgrund ihrer optischen Isotropie immer dunkel, auch die opake Matrix zwischen den Periklasen erscheint weiterhin schwarz. Durch das Vorhandensein von doppelbrechenden Mineralen in den Zwischenräumen, zwischen den einzelnen Körnern der Sinteraggregate, erscheinen diese Zwischenräume hell, wodurch die Periklas-Sinteraggregate sehr gut von den Periklas Einzelkristallen unterscheidbar sind. *Abbildung 6C* zeigt die schlierenartige Struktur der Matrix aus organischem Bindemittel im Magnesia-Carbonstein und die sehr feinkörnige Schlacke. Die stark reflektierenden und im Auflicht (Abb. 6C) weiß erscheinenden Eisenkugeln sind deutlich zu erkennen, ihr Durchmesser variiert zwischen 230 μm und 30 μm .

5.1.2.2 Dünnschliff V1A Magnesia-Carbonstein

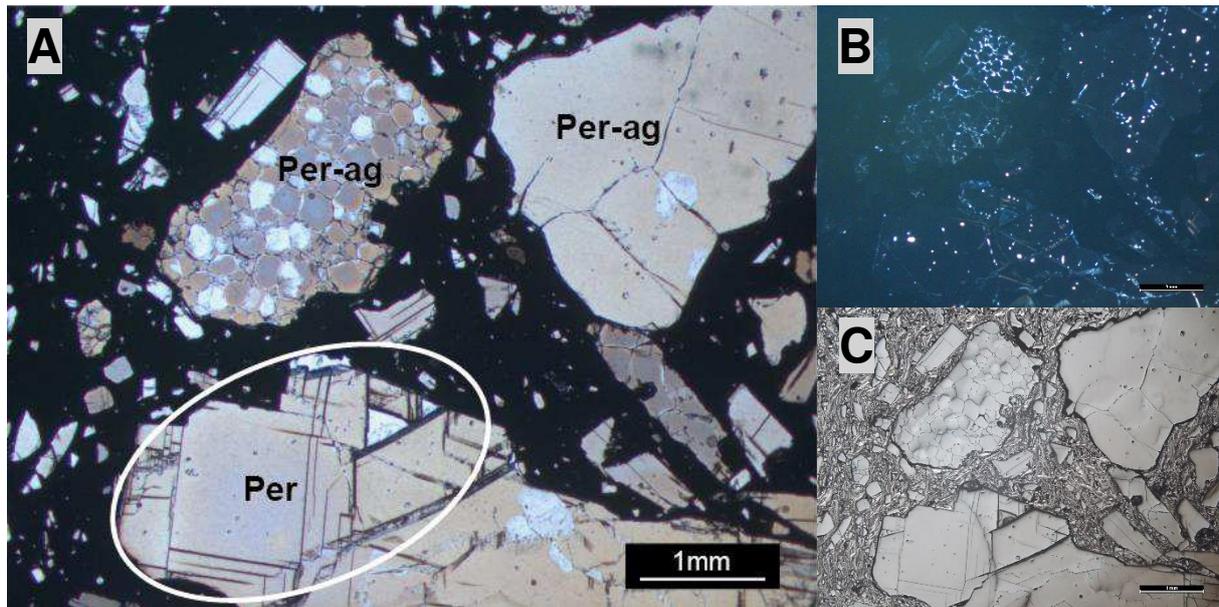


Abbildung 7: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Die Abbildungen zeigen sowohl den Unterschied zwischen idiomorphen Periklaskörnern (Per) und Periklasaggregaten (Per-ag) als auch den Unterschied zwischen den beiden Aggregattypen 1 und Aggregattyp 2. Der Aggregattyp 1 links oben besteht aus einer Vielzahl von kleinen, runden bis abgerundeten Periklaskörnern. Der Aggregattyp 2 rechts oben besteht aus wenigen, deutlich größeren Periklaskörnern deren Form stark variiert.

Abbildung 7A zeigt zwei große Periklasaggregate (2,5mm und >3mm) und ein großes Periklaskorn (3mm) mit deutlicher Spaltbarkeit. Das linke, obere Periklasaggregat besteht aus vielen, im Durchschnitt 170µm großen, zusammengepressten, runden oder stark abgerundeten Körnern die im Durchlicht weiß/hellgrau bis grau/braun erscheinen (Aggregattyp 1). Das hellbraune Periklasaggregat rechts oben besteht aus fünf, relativ großen und kaum gerundeten Einzelkomponenten (Aggregattyp 2). Der Periklas unten zeigt, im weiß markierten, oberen Bereich, eine deutliche Spaltbarkeit, welche nach rechts unten weniger deutlich wird. Das Gefüge wird von der opaken, schwarzen Matrix gestützt und besteht, neben den drei großen Periklasen aus einigen kleineren (1,5mm-1mm) und vielen sehr kleinen (<250µm) Periklaskörnern bzw. Aggregaten. In *Abbildung 7B* sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen Komponenten der Sinteraggregate durch die hellen Interferenzfarben gut erkennbar. Die idiomorphen Periklaskörner sind optisch isotrop und erscheinen wie die Matrix aus organischem Bindemittel schwarz. Auch unter *reflektiertem Licht* (Abb. 7C) ist die Struktur des, aus vielen Körnern bestehenden Sinteraggregates und die schlierenartige Struktur der Matrix im Magnesia-Carbonstein gut zu sehen.

5.1.2.3 Dünnschliff V1B Kontaktzone

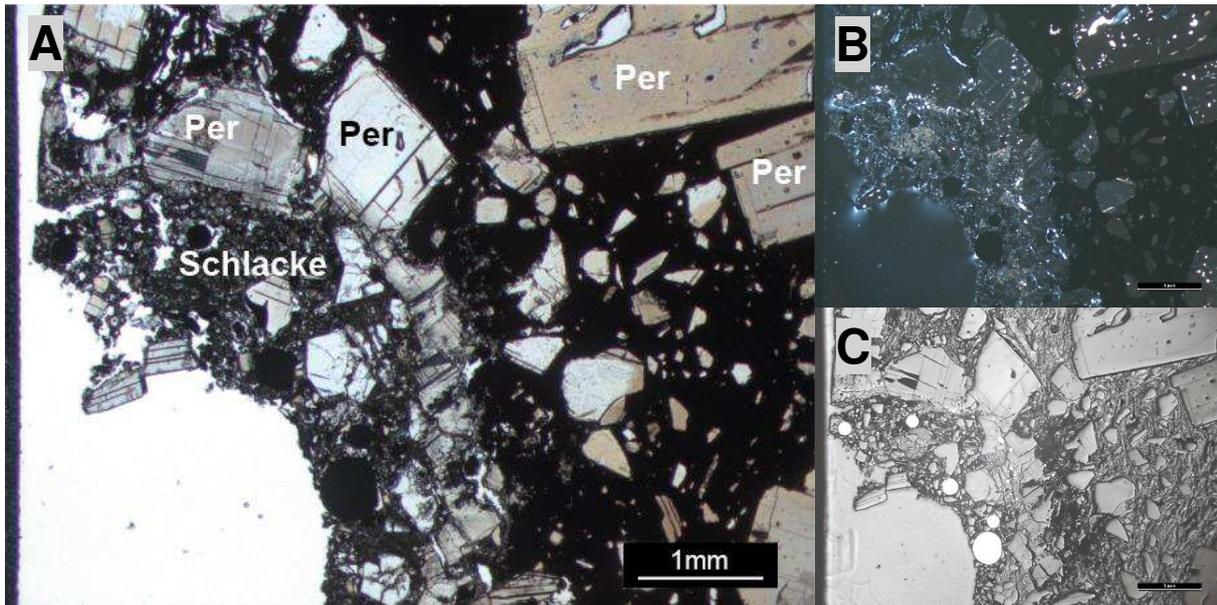


Abbildung 8: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (rechts) und Schlacke (links) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Durch die aufgehellte Schlacke in Abbildung 8B ist der Kontakt zwischen Schlacke und Magnesia-Carbonstein besser erkennbar. In Abbildung 8C sind die stark reflektierenden und dadurch weiß erscheinenden Eisenkugeln in der Schlacke gut zu erkennen.

Abbildung 8A zeigt rechts den Magnesia-Carbonstein bestehend aus, im plan-polarisierten Durchlicht, weiß/hellgrau bis hellbraun erscheinenden Periklaskörnern und opaker Matrix. Auf der linken Seite befindet sich die feinkörnige dunkelgrau bis schwarz erscheinende Schlacke. Darin eingebettet im Durchschnitt $330\mu\text{m}$ große Periklaskörner und Eisenkugeln mit Durchmessern zwischen $430\mu\text{m}$ und $170\mu\text{m}$. *Abbildung 8B* zeigt denselben Probenausschnitt unter gekreuzten Polarisatoren. Hier ist der Verlauf des Kontaktes zwischen Schlacke und dem Magnesia-Carbonstein, basierend auf dem weitestgehenden Fehlen von doppelbrechenden Mineralen im Magnesia-Carbonstein, gut zu erkennen. Die Schlacke zeigt aufgrund des Vorhandenseins von doppelbrechenden Mineralen grau bis bräunlich aufgehellte Bereiche. *Abbildung 8C* zeigt deutlich die, aufgrund ihres hohen Reflexionsvermögens im Auflicht weiß erscheinenden, Eisenkugeln in der Schlacke und die schlierenartige Struktur der Matrix im Magnesia-Carbonstein.

5.1.2.4 Dünnschliff V1B Magnesia-Carbonstein

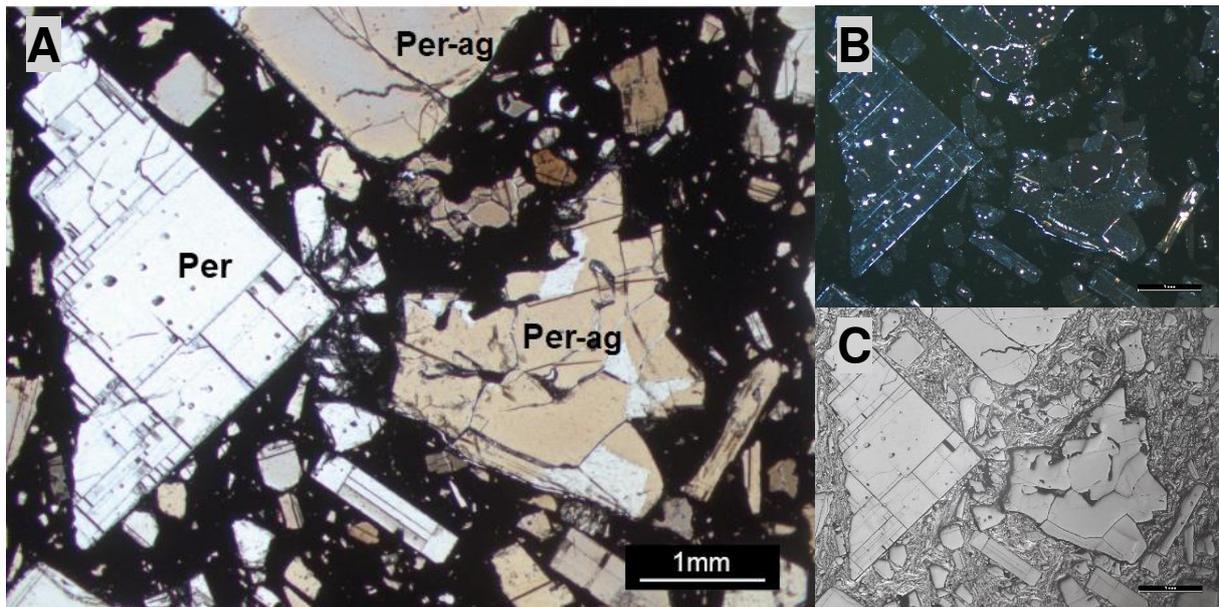


Abbildung 9: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Die Abbildungen zeigen deutlich den Unterschied zwischen dem weißen, idiomorphen Periklaskorn (Per) mit ausgeprägter Spaltbarkeit und den beiden braun bis grauen, aus mehreren Periklaskörnern unterschiedlichster Form und Größe zusammengepressten, Aggregaten (Per-ag). Beide Periklasaggregate entsprechen dem Aggregattyp 2 (siehe Abb.7A).

Abbildung 9A zeigt ein 4,5mm langes, idiomorphes weiß/hellgraues Periklaskorn mit parallelen Spaltflächen neben einem 2,5mm großen, unregelmäßig geformten und aus mehreren Komponenten bestehenden hellbraun erscheinenden Periklasaggregat. Beide Periklaskörner sind in eine opake Matrix eingebettet, in der sich auch wenige 1,25mm große, längliche Periklaskörner und viele kleinere Periklaskörner (<250µm) befinden. Unter *gekreuzten Polarisatoren* (Abb. 9B) sind die parallelen, Spaltflächen des idiomorphen Periklas und die mit doppelbrechenden Phasen gefüllten Zwischenräume der Typ 2 Sinteraggregate erkennbar. Die opake Matrix und die Periklase erscheinen dunkelgrau. Unter *reflektiertem Licht* (Abb. 9C) wird der Unterschied zwischen den idiomorphen Periklaskörnern, mit klar erkennbaren parallelen Spaltflächen und den Periklas-Sinteraggregaten bestehend aus rundlichen Einzelkomponenten deutlich. Zusätzlich ist die schlierenartige Struktur des organischen Bindemittels in der Magnesia-Carbonsteinmatrix erkennbar.

5.1.3 Rasterelektronenmikroskop (REM)

5.1.3.1 BSE Aufnahmen V1A

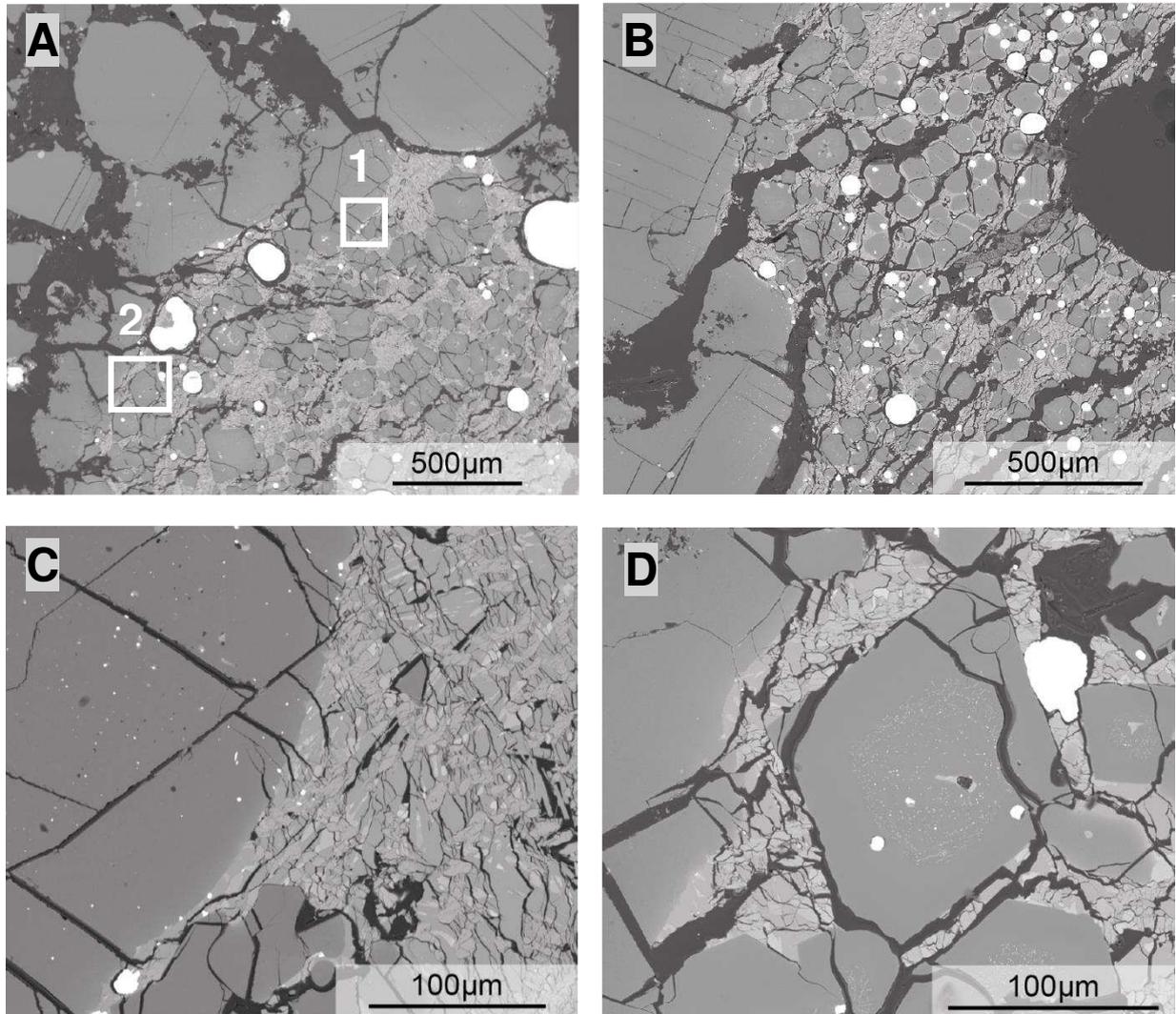


Abbildung 10: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein am linken und oberen Rand, Schlacke am unteren und rechten Rand, die weißen Quadrate Nummer 1 und 2 entsprechen den Abbildungen 10C und 10D, (B) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein links, Schlacke rechts und großer, schwarz erscheinender Halbkreis ist ein Loch, (C) Detailaufnahme, markiert in Abbildung 10A Quadrat Nummer 1, gebogener, zur Schlacke hin konvexer Kontakt, (D) Detailaufnahme, markiert in Abbildung 10A Quadrat Nummer 2, Spinell zeigt Zonarbau, zahlreiche sub- μm große Einschlüsse im Kernbereich.

Abbildung 10A zeigt links und in der oberen Hälfte den Magnesia-Carbonstein bestehend aus ca. 1mm großen und kleineren, ca. 160 μm messenden, im BSE Bild dunkelgrau erscheinenden Periklaskörnern. Die schwarz erscheinenden Bereiche zeigen entweder die aus organischem Bindemittel bestehende Matrix oder die im Zuge der Präparation entstandenen Lücken. Die rechte untere Hälfte von Abbildung 10A zeigt die Schlacke. Sie besteht hauptsächlich aus, im BSE Bild dunkelgrau erscheinenden, eckigen 50 μm -160 μm großen Phasen, die in eine Matrix aus unterschiedlichen, äußerst feinkörnigen, hellgrau erscheinenden Phasen eingebettet sind. Die weiß erscheinenden Kreise sind Querschnitte der Eisenkügelchen die einen Durchmesser von bis zu 250 μm erreichen. Sie treten entlang der Kontaktzone aber auch in der Schlacke auf.

Abbildung 10B zeigt ein ähnliches Bild wie Abbildung 10A. Zu sehen sind große Periklaskörner ($>670\mu\text{m}$) links im Bild und durch Präparation entstandene, Risse oder Löcher in schwarz. Rechts davon befindet sich die Schlacke. Sie besteht aus dunkelgrau erscheinenden, gerundeten Periklasfragmenten, die in eine Matrix aus unterschiedlichen, äußerst feinkörnigen, hellgrauen Phasen eingebettet sind. Die weiß erscheinenden Kreise sind Querschnitte der Eisenkugeln die einen Durchmesser von bis zu $85\mu\text{m}$ erreichen. Wird die runde, schwarze Fläche, rechts in Abbildung 10B, als ein durch Herausfallen (bei der Präparation) eines Eisenkugels entstandenes Loch interpretiert, dann liegt der größte Durchmesser einer Kugelquerschnittsfläche bei ca. $500\mu\text{m}$. Die Eisenkugeln treten gehäuft entlang der Kontaktzone auf, sind aber auch weiter davon entfernt in den internen Bereichen der Schlacke nie aber im Inneren der Magnesia-Carbonsteine zu finden.

Abbildung 10C zeigt den Kontaktbereich von Periklas im Magnesia-Carbonstein (links) und der Schlacke (rechts). Das im BSE Bild dunkelgrau erscheinende Periklaskorn zeigt einen im $10\text{er-}\mu\text{m}$ Maßstab glatten, insgesamt leicht gebogenen, zur Schlacke hin konvexen Kontakt. In der Schlacke, die in der rechten Hälfte von Abbildung 10C abgebildet ist, sind mehrere μm bis mehrere $10\mu\text{m}$ große Körner mit unterschiedlichen Grautönen sichtbar. Die hellsten, grau erscheinenden Phasen sind Mangan-Magnesiumoxide und Kalziumtitanate. Den mittelgrau erscheinenden Phasen konnten Ca-Aluminat und Larnit zugeordnet werden und die beiden dunkelgrau erscheinenden Phasen sind Periklas und Spinell (für Details siehe das Kapitel 5.1.4.1 Punktmessungen V1A).

Abbildung 10D zeigt scheinbar Periklasbruchstücke (dunkelgrau), welche möglicherweise durch Infiltration der Schlacke entlang von diskreten Zonen, prae-existenter Porosität, Spaltflächen oder Korngrenzen zusammengesinterter Periklasaggregate entstanden sind. Die EMS-Analysen, ähnlicher Bruchstücke (siehe Abb. 14 und 28) haben ergeben, dass es sich hier vermutlich um Spinell handelt. Die einzelnen Spinellkörner in Abbildung 10D zeigen häufig einen Zonarbau. Während ein äußerer, 100 bis $150\mu\text{m}$ breiter Rand der Spinelle praktisch einchlussfrei ist, zeigen sich im Kernbereich zahlreiche sub- μm große Einschlüsse einer im BSE Bild hellgrau erscheinenden Phase. Basierend auf chemischen Trends, die mittels EMS analysiert wurden, werden diese Einschlüsse als Fe-reiche Präzipitate interpretiert. Die Anordnung der Präzipitate, im Inneren des Spinells, scheint mit der äußeren Kornform zu korrelieren, was einen Zusammenhang zwischen dem Zonarbau und dem Eindringen der Schlacke nahelegt.

5.1.3.2 BSE Aufnahmen V1B

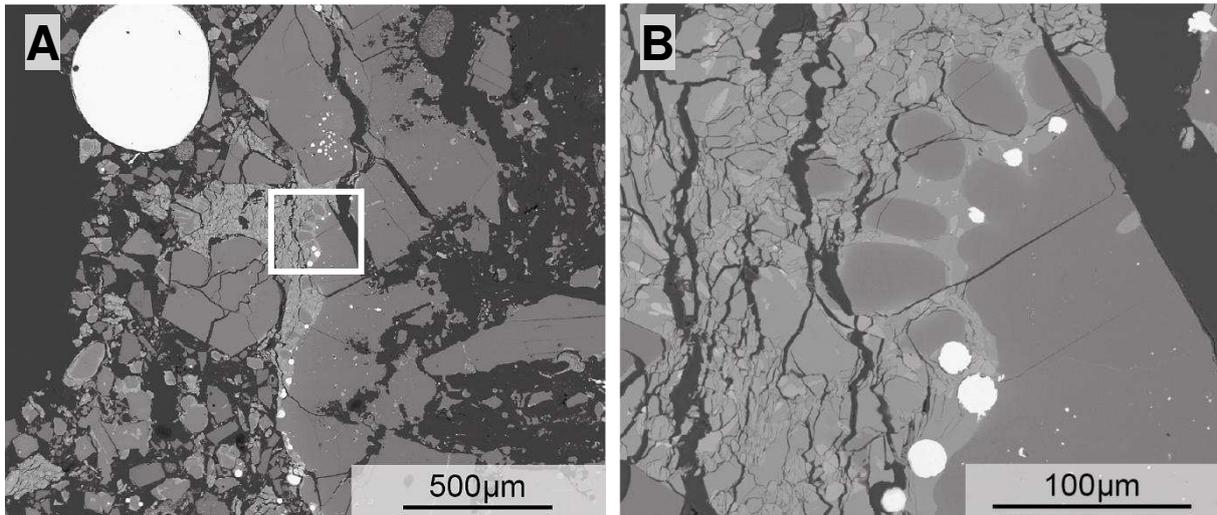


Abbildung 11: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Schlacke in der linken Bildhälfte mit einem weiß erscheinenden, 500 μ m großen Eisenkügelchenquerschnitt, Magnesia-Carbonstein in der rechten Bildhälfte und weißes Quadrat entspricht Abbildung 11B, (B) Detailaufnahme, markiert in Abbildung 11A, konvexe und konkave Ausbuchtungen entlang der Resorptionsfront und reliktsische, stark gerundete, von der Schlacke umgebene Körner vom Periklas.

Abbildung 11A zeigt in der rechten Bildhälfte den dunkelgrau erscheinenden Periklas des Magnesia-Carbonsteins. Die schwarz erscheinenden Bereiche repräsentieren entweder das organische Bindemittel (rechts) oder bei der Präparation entstandene Hohlräume bzw. Risse (links). In der Mitte sind die hellgrau erscheinende Schlacke und zahlreiche darin eingebettete, dunkelgrau erscheinende Bruchstücke zu sehen. Der Bereich am linken äußeren Rand enthält kein Probenmaterial und ist deshalb schwarz. Besonders deutlich erkennbar ist hier die Anhäufung von Eisenkügelchen entlang des Kontaktes zwischen der Schlacke und dem Magnesia-Carbonstein. Die Eisenkügelchen am Kontakt haben einen Durchmesser von $<42\mu$ m. Der Durchmesser der, um ein Vielfaches größeren, Metallkugel, links oben in Abbildung 11A beträgt 500 μ m.

Die Abbildung 11B zeigt den, mit einem weißen Rechteckrahmen, markierten Ausschnitt aus der Abbildung 11A. Sie zeigt einen dunkelgrau erscheinenden Periklas in Kontakt mit der Schlacke. Die Schlacke scheint entlang von diskreten Zonen in den Periklas einzudringen und diesen zu resorbieren. Die Resorptionsfront ist im 10er- μ m Bereich glatt. Über größere Distanzen ist sie stark gegliedert mit mehreren 10er- μ m breiten, zur Schlacke hin konvexen Ausbuchtungen – lobaten Strukturen. An mehreren Stellen gibt es, spitz in den Periklas eindringende, mit Schlacke gefüllte Bereiche – kuspate Strukturen. Hinter der Resorptionsfront gibt es noch reliktsische, stark gerundete Körner vom Periklas, die vollkommen von Schlacke umgeben sind. Die etwa 20 bis 30 μ m großen Eisenkügelchen sind direkt an der Resorptionsfront aufgereiht.

5.1.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)

5.1.4.1 Punktmessungen V1A

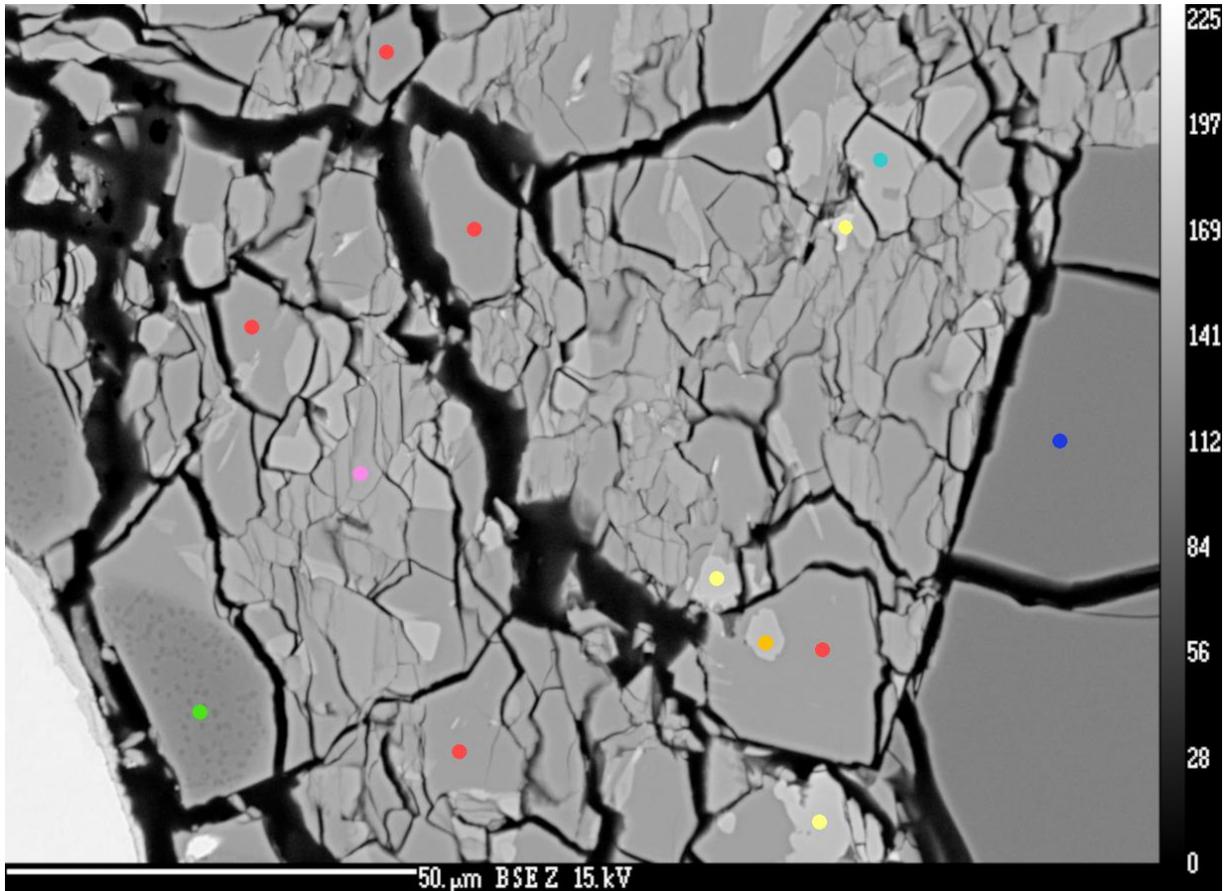


Abbildung 12: EMS Punktmessungen in der Probe V1A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 4) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 5) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Orange	Magnesium-Manganoxid	$(\text{Mg,Mn})\text{O}$, Mg- und Mn-Anteile zw. 42% u. 57%
Hellgelb	Mangan-Magnesiumoxid	$(\text{Mg,Mn})\text{O}$, Mn-Anteil zw. 60% u. 80%
Rot	Ca-Aluminat	$(\text{Ca}_{0,5}\text{Mg}_{0,02-0,06})(\text{Al}_{0,30-0,034},\text{Si}_{0,06-0,09})_2\text{O}_4$
Türkis	Kalziumtitanat	CaTiO_3
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 4: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 12. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, türkis – Kalziumtitanat, blau – Spinell, grün – Periklas, orange – Magnesium-Manganoxid, hellgelb – Mangan-Magnesiumoxid, rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
4 / 1 .	40,2338	0	0,049	0,4205	0	0,0015	2,02	46,6569	7,1728	1,9161	98,4706
5 / 1 .	39,74	0	0,0476	0,6433	0	0	1,736	45,6057	7,949	1,821	97,5427
6 / 1 .	40,5003	0,0109	0,1367	0,5967	0	0,0049	1,6465	45,913	7,3591	1,8604	98,0284
12 / 1 .	40,3335	0,0017	0,064	0,344	0	0,0023	2,254	46,4971	6,633	1,7645	97,8941
13 / 1 .	40,2183	0	0,1073	0,436	0	0,0011	2,1218	46,3135	7,4542	1,6715	98,3238
3 / 1 .	44,7421	0,0759	0,0291	37,0401	0	0,009	0,6533	12,8491	3,5373	0,2485	99,1844
7 / 1 .	0,1262	0,2744	0,0238	0,4187	0	0,0037	2,1795	70,5845	0,0239	26,5739	100,2088
8 / 1 .	0,2641	0,0678	0,4061	0,0529	0	0,0008	13,8315	0,1629	0,0418	86,4734	101,3013
1 / 1 .	2,6407	0,0254	0	0,102	0	0	64,553	0,164	0,0442	32,1146	99,6439
2 / 1 .	3,3139	0,0093	0	0,1544	0	0,0168	69,2223	0,168	0,039	26,311	99,2347
11 / 1 .	3,8422	0,0071	0	0,153	0	0,009	72,6452	0,138	0,0292	21,3144	98,138
9 / 1 .	7,2729	0,0141	0	0,9316	0	0,0053	79,9106	0,3126	0,1926	11,1132	99,753
10 / 1 .	59,8562	0	0,1101	2,5415	0	0,0302	0,5678	0,8084	30,6897	0	94,6041

Tabelle 5: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 12. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Kalziumtitanat – 3O (türkis), Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Magnesium-Manganoxid – 1O (orange), Mangan-Magnesiumoxid (hellgelb) – 1O, Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	P	S	Mn	Al	Si	Mg	Total
4 / 1 .	1,1877	0	0,0011	0,0087	0	0,0001	0,0471	1,5150	0,1976	0,0787	3,0361
5 / 1 .	1,1804	0	0,0011	0,0134	0	0	0,0408	1,4900	0,2204	0,0753	3,0212
6 / 1 .	1,2014	0,0002	0,0032	0,0124	0	0,0003	0,0386	1,4981	0,2037	0,0768	3,0347
12 / 1 .	1,2021	0	0,0015	0,0072	0	0,0001	0,0531	1,5244	0,1845	0,0732	3,0461
13 / 1 .	1,1895	0	0,0025	0,0091	0	0,0001	0,0496	1,5067	0,2058	0,0688	3,0319
3 / 1 .	1,0691	0,0013	0,0005	0,6215	0	0,0004	0,0123	0,3377	0,0789	0,0083	2,1301
7 / 1 .	0,0032	0,0052	0,0005	0,0075	0	0,0002	0,0441	1,9877	0,0006	0,9466	2,9955
8 / 1 .	0,0020	0,0004	0,0024	0,0003	0	0	0,0826	0,0014	0,0003	0,9092	0,9986
1 / 1 .	0,0267	0,0002	0	0,0007	0	0	0,5161	0,0018	0,0004	0,4519	0,9979
2 / 1 .	0,0348	0,0001	0	0,0011	0	0,0003	0,5745	0,0019	0,0004	0,3843	0,9975
11 / 1 .	0,0420	0,0001	0	0,0012	0	0,0002	0,6280	0,0017	0,0003	0,3243	0,9977
9 / 1 .	0,0825	0,0001	0	0,0074	0	0,0001	0,7169	0,0039	0,0020	0,1755	0,9885
10 / 1 .	1,9524	0	0,0028	0,0582	0	0,0017	0,0146	0,0290	0,9343	0	2,9930

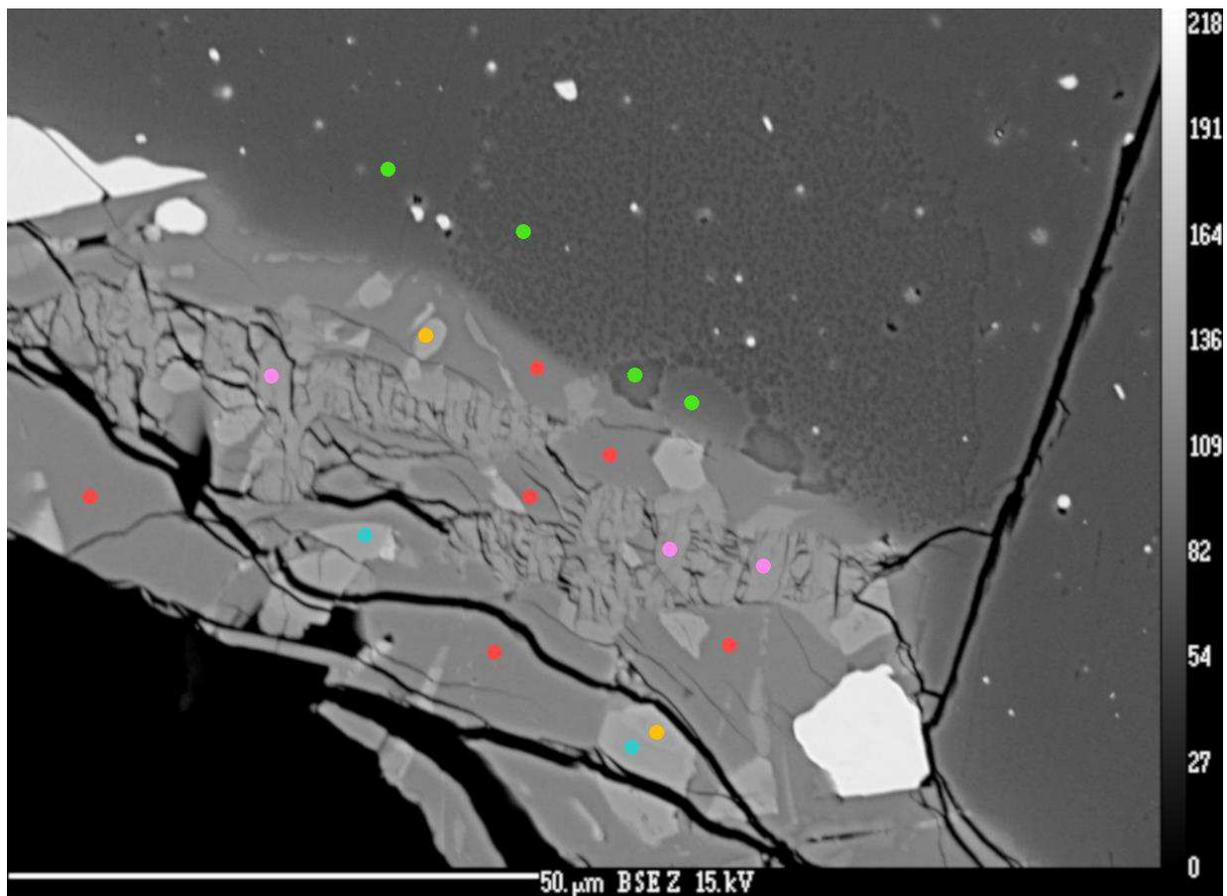


Abbildung 13: EMS Punktmessungen in der Probe V1A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 6) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 7) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Orange	Magnesium-Manganoxid	$(\text{Mg},\text{Mn})\text{O}$, Mg- und Mn-Anteile zw. 42% u. 57%
Rot	Ca-Aluminat	$(\text{Ca}_{0,5}\text{Mg}_{0,02-0,06})(\text{Al}_{0,30-0,034},\text{Si}_{0,06-0,09})_2\text{O}_4$
Türkis	Kalziumtitanat	CaTiO_3
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 6: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 13. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, türkis – Kalziumtitanat, grün – Periklas, orange – Magnesium-Manganoxid, rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
14 / 1 .	40,0825	0,0007	0,1038	0,6487	0	0	1,7472	46,6023	7,7369	1,6864	98,6086
15 / 1 .	39,9905	0,0006	0,0268	0,5258	0	0,0459	2,3427	47,0131	7,0837	1,5405	98,5697
16 / 1 .	40,157	0	0,1141	0,3476	0	0,0015	2,1903	48,0486	6,2843	2,078	99,2214
17 / 1 .	39,9404	0,0001	0,0459	0,4857	0	0,0076	2,1496	47,8293	6,0714	2,0622	98,5924
18 / 1 .	40,0344	0,0019	0,1073	0,6265	0	0,0065	1,7489	46,6957	7,5039	1,5779	98,303
32 / 1 .	40,2927	0,0037	0,0413	0,3704	0	0	2,2407	44,1998	8,0853	1,7822	97,016
25 / 1 .	41,1373	0,1515	0,0432	35,0234	0	0	1,8728	11,6401	3,2933	3,083	96,2446
27 / 1 .	44,0803	0,1446	0,0605	37,882	0	0,0163	1,0696	11,1949	2,9772	0,2568	97,6822
19 / 1 .	0,1198	0,0744	0,1134	0,0584	0	0,0049	8,8524	0,0743	0,0113	91,3174	100,6264
20 / 1 .	0,1268	0,0621	0,1008	0,048	0	0	8,4807	0,1505	0,0277	92,1416	101,1383
21 / 1 .	0,4073	0,0734	0	0,065	0	0,008	18,3896	0,234	0,0478	80,8697	100,0947
22 / 1 .	0,4894	0,0757	0,0395	0,0935	0,0076	0,0485	20,7343	0,239	0,0476	80,0488	101,8239
26 / 1 .	3,5671	0,0477	0	0,2593	0	0	57,4387	2,9981	0,4492	35,111	99,8711
31 / 1 .	2,9794	0,066	0,0669	0,1341	0,0058	0,0007	54,2794	1,7364	0,4571	41,5023	101,2281
28 / 1 .	63,4804	0,003	0,0924	0,4692	0	0,0209	0,5669	0,2572	34,2144	0	99,1045
29 / 1 .	63,7292	0,0078	0,0875	0,591	0	0,0113	0,5236	0,296	33,6269	0	98,8734
30 / 1 .	62,2282	0	0,1393	0,6151	0	0,0059	0,495	1,1524	33,2134	0	97,8493

Tabelle 7: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 13. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Kalziumtitanat – 3O (türkis), Periklas – 1O (grün), Magnesium-Manganoxid – 1O (orange), Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	P	S	Mn	Al	Si	Mg	Total
14 / 1 .	1,1777	0	0,0024	0,0134	0	0	0,0406	1,5062	0,2122	0,0689	3,0214
15 / 1 .	1,1795	0	0,0006	0,0109	0	0,0024	0,0546	1,5253	0,1950	0,0632	3,0315
16 / 1 .	1,1779	0	0,0026	0,0072	0	0,0001	0,0508	1,5503	0,1720	0,0848	3,0457
17 / 1 .	1,1791	0	0,0011	0,0101	0	0,0004	0,0502	1,5532	0,1673	0,0847	3,0460
18 / 1 .	1,1806	0	0,0025	0,0130	0	0,0003	0,0408	1,5147	0,2065	0,0647	3,0231
32 / 1 .	1,2107	0,0001	0,0010	0,0078	0	0	0,0532	1,4609	0,2267	0,0745	3,0350
25 / 1 .	1,0145	0,0028	0,0008	0,6065	0	0	0,0365	0,3158	0,0758	0,1058	2,1585
27 / 1 .	1,0774	0,0026	0,0012	0,6501	0	0,0007	0,0207	0,3010	0,0679	0,0087	2,1302
19 / 1 .	0,0009	0,0004	0,0007	0,0003	0	0,0001	0,0520	0,0006	0,0001	0,9441	0,9991
20 / 1 .	0,0009	0,0003	0,0006	0,0002	0	0	0,0495	0,0012	0,0002	0,9458	0,9988
21 / 1 .	0,0032	0,0004	0	0,0004	0	0,0001	0,1135	0,0020	0,0003	0,8782	0,9981
22 / 1 .	0,0038	0,0004	0,0002	0,0005	0	0,0007	0,1270	0,0020	0,0003	0,8628	0,9978
26 / 1 .	0,0343	0,0003	0	0,0018	0	0	0,4365	0,0317	0,0040	0,4696	0,9782
31 / 1 .	0,0277	0,0005	0,0005	0,0009	0	0	0,3985	0,0177	0,0040	0,5363	0,9860
28 / 1 .	1,9685	0,0001	0,0022	0,0102	0	0,0011	0,0139	0,0088	0,9903	0	2,9951
29 / 1 .	1,9864	0,0002	0,0021	0,0129	0	0,0006	0,0129	0,0101	0,9783	0	3,0036
30 / 1 .	1,9522	0	0,0034	0,0135	0	0,0003	0,0123	0,0398	0,9725	0	2,9941

5.1.4.2 Punktmessungen V1B

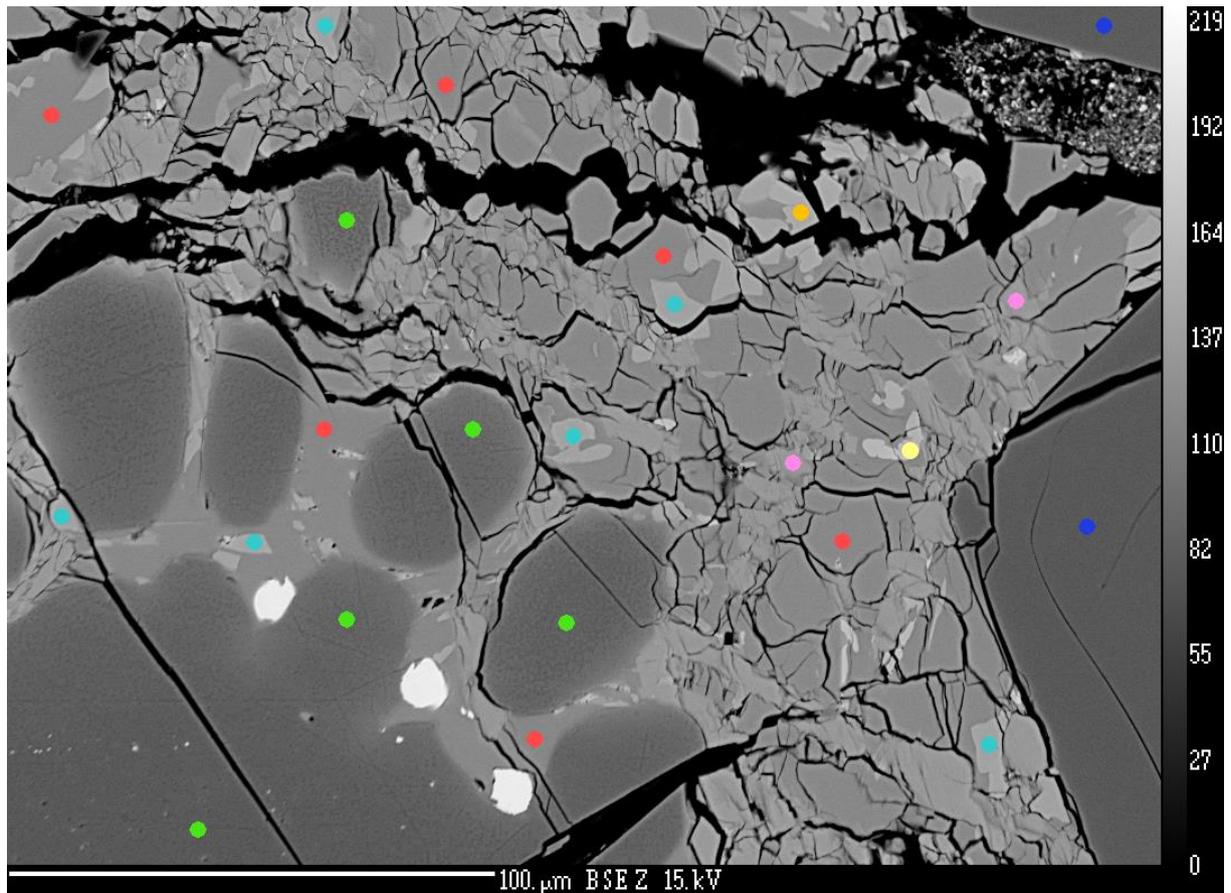


Abbildung 14: EMS Punktmessungen in der Probe V1B. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 8) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 9) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Orange	Magnesium-Manganoxid	$(\text{Mg,Mn})\text{O}$, Mg- und Mn-Anteile zw. 42% u. 57%
Hellgelb	Mangan-Magnesiumoxid	$(\text{Mg,Mn})\text{O}$, Mn-Anteil zw. 60% u. 80%
Rot	Ca-Aluminat	$(\text{Ca}_{0,5}\text{Mg}_{0,02-0,06})(\text{Al}_{0,30-0,034},\text{Si}_{0,06-0,09})_2\text{O}_4$
Türkis	Kalziumtitanat	CaTiO_3
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 8: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 14. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, türkis – Kalziumtitanat, blau – Spinell, grün – Periklas, orange – Magnesium-Manganoxid, hellgelb – Mangan-Magnesiumoxid, rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
33 / 1 .	40,2767	0	0	0,6812	0	0	1,7429	46,0001	8,129	1,6766	98,5066
34 / 1 .	40,4394	0	0	0,4271	0	0,0103	2,1661	47,6093	6,1913	1,8909	98,7345
45 / 1 .	40,3044	0	0,0108	0,4697	0	0	2,034	46,7349	6,8927	1,914	98,3605
48 / 1 .	40,1491	0,005	0,0107	0,2467	0	0	2,6995	48,5647	5,1796	1,7268	98,5822
50 / 1 .	40,39	0	0,0346	1,3604	0	0	1,4233	38,4476	16,5569	0,0884	98,3013
52 / 1 .	40,1641	0,0205	0,1286	1,3352	0	0,0127	1,3404	38,7831	16,5467	0,2204	98,5519
35 / 1 .	44,7655	0,1108	0,0082	32,2113	0	0	1,0742	14,8714	4,6107	0,3701	98,0223
36 / 1 .	44,6282	0,0826	0,0137	37,0824	0	0,0024	0,9627	12,06	3,3262	0,2432	98,4014
38 / 1 .	44,2812	0,1193	0,016	39,2625	0	0	0,9078	11,0529	2,743	0,2239	98,6065
42 / 1 .	44,9124	0,1051	0,0638	35,877	0	0	0,8141	12,6717	3,617	0,2694	98,3304
43 / 1 .	44,1072	0,1592	0,2151	36,4236	0	0,0173	1,0917	11,9592	3,4817	0,2613	97,7162
44 / 1 .	44,3249	0,2707	0,3187	32,8965	0	0,0069	1,5025	12,8785	4,153	0,4153	96,7671
49 / 1 .	0,1027	0,1695	0,033	0,5973	0	0,0021	2,5375	70,297	0,0228	25,9885	99,7504
53 / 1 .	0,1173	0,1699	0,0933	0,535	0,0009	0,0063	2,343	70,7488	0,0263	26,632	100,6728
46 / 1 .	0,3572	0,0568	0	0,0911	0	0,0098	14,6577	0,1948	0,0425	84,8508	100,2607
47 / 1 .	0,3264	0,0508	0	0,081	0,0049	0	14,7801	0,1424	0,0173	85,7404	101,1435
51 / 1 .	0,3659	0,0447	0,0821	0,1613	0,0027	0	11,9438	0,3975	0,05	86,9541	100,002
54 / 1 .	0,1983	0,0467	0,1919	0,1383	0,0034	0,0107	12,4671	0,3886	0,0273	86,7767	100,2489
55 / 1 .	0,0971	0,0887	0,0387	0,1611	0,0054	0	7,4726	0,1107	0	91,9757	99,95
37 / 1 .	1,86	0,0394	0	0,3551	0,0052	0	59,8413	0,0879	0,0248	38,8658	101,0797
40 / 1 .	3,5529	0,0806	0	0,1841	0,0039	0,0104	73,6354	0,1089	0,0524	22,6528	100,2816
39 / 1 .	61,3401	0,0027	0	0,4349	0	0,0069	0,5089	0,9178	32,6242	0	95,8356
41 / 1 .	61,6561	0	0,0345	0,5313	0	0	0,4899	1,1146	32,2217	0	96,0482

Tabelle 9: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 14. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Kalziumtitanat – 3O (türkis), Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Magnesium-Manganoxid – 1O (orange), Mangan-Magnesiumoxid (hellgelb) – 1O, Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	P	S	Mn	Al	Si	Mg	Total
33 / 1 .	1,1845	0	0	0,0141	0	0	0,0405	1,4880	0,2231	0,0686	3,0188
34 / 1 .	1,1937	0	0	0,0089	0	0,0005	0,0505	1,5458	0,1706	0,0777	3,0477
45 / 1 .	1,1923	0	0,0002	0,0098	0	0	0,0476	1,5207	0,1903	0,0788	3,0396
48 / 1 .	1,1910	0,0001	0,0002	0,0051	0	0	0,0633	1,5846	0,1434	0,0713	3,0591
50 / 1 .	1,1714	0	0,0008	0,0277	0	0	0,0326	1,2266	0,4482	0,0036	2,9108
52 / 1 .	1,1606	0,0004	0,0029	0,0271	0	0,0006	0,0306	1,2327	0,4463	0,0089	2,9101
35 / 1 .	1,0775	0,0020	0,0002	0,5444	0	0	0,0204	0,3937	0,1036	0,0124	2,1542
36 / 1 .	1,0796	0,0015	0,0003	0,6299	0	0,0001	0,0184	0,3209	0,0751	0,0082	2,1339
38 / 1 .	1,0718	0,0021	0,0003	0,6672	0	0	0,0174	0,2943	0,0620	0,0075	2,1226
42 / 1 .	1,0854	0,0019	0,0012	0,6088	0	0	0,0156	0,3368	0,0816	0,0091	2,1403
43 / 1 .	1,0750	0,0029	0,0041	0,6233	0	0,0007	0,0210	0,3206	0,0792	0,0089	2,1357
44 / 1 .	1,0913	0,0049	0,0061	0,5687	0	0,0003	0,0292	0,3488	0,0954	0,0142	2,1590
49 / 1 .	0,0026	0,0032	0,0007	0,0108	0	0,0001	0,0516	1,9909	0,0005	0,9310	2,9916
53 / 1 .	0,0030	0,0032	0,0019	0,0096	0	0,0003	0,0472	1,9849	0,0006	0,9451	2,9957
46 / 1 .	0,0027	0,0003	0	0,0005	0	0,0001	0,0887	0,0016	0,0003	0,9039	0,9982
47 / 1 .	0,0025	0,0003	0	0,0004	0	0	0,0887	0,0012	0,0001	0,9054	0,9987
51 / 1 .	0,0028	0,0003	0,0005	0,0009	0	0	0,0716	0,0033	0,0004	0,9173	0,9970
54 / 1 .	0,0015	0,0003	0,0011	0,0007	0	0,0001	0,0747	0,0032	0,0002	0,9153	0,9973
55 / 1 .	0,0007	0,0005	0,0002	0,0008	0	0	0,0439	0,0009	0	0,9513	0,9984
37 / 1 .	0,0179	0,0003	0	0,0024	0	0	0,4549	0,0009	0,0002	0,5200	0,9967
40 / 1 .	0,0378	0,0006	0	0,0014	0	0,0002	0,6197	0,0013	0,0005	0,3355	0,9971
39 / 1 .	1,9663	0,0001	0	0,0098	0	0,0004	0,0129	0,0324	0,9761	0	2,9979
41 / 1 .	1,9761	0	0,0009	0,0120	0	0	0,0124	0,0393	0,9639	0	3,0045

5.1.4.3 Linienprofile V1A

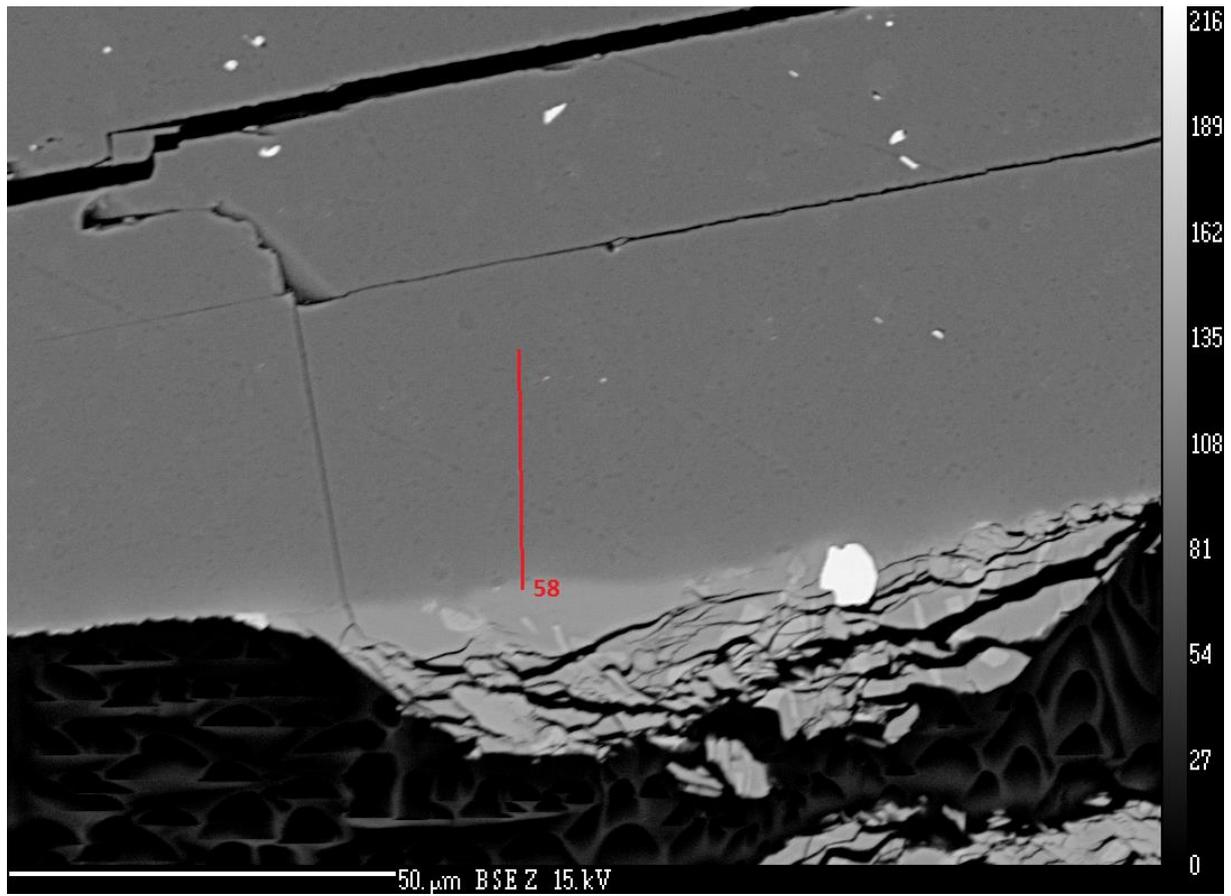


Abbildung 15: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V1A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 1).

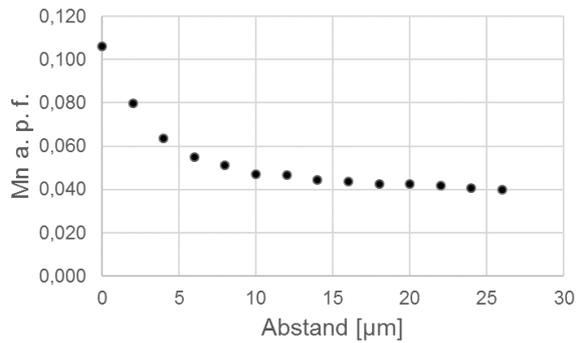
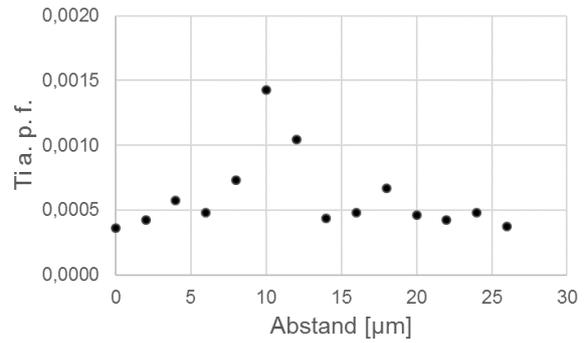
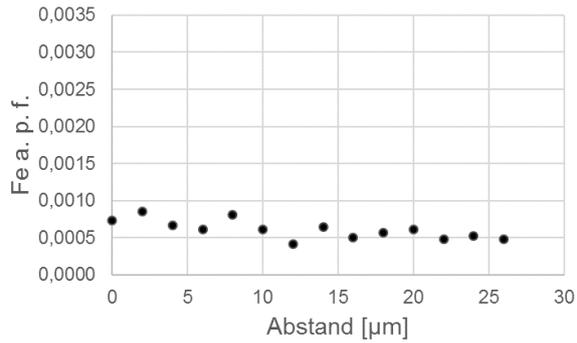
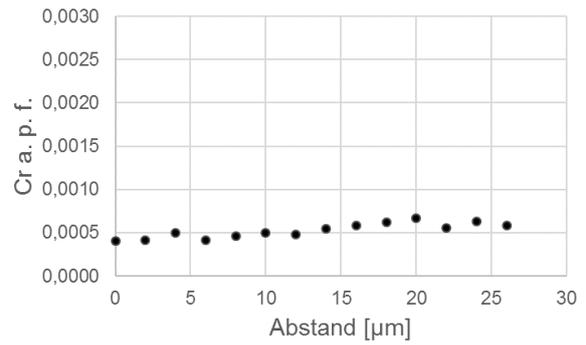
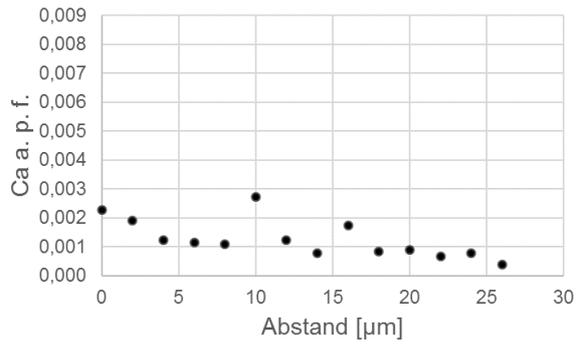


Diagramm 1: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

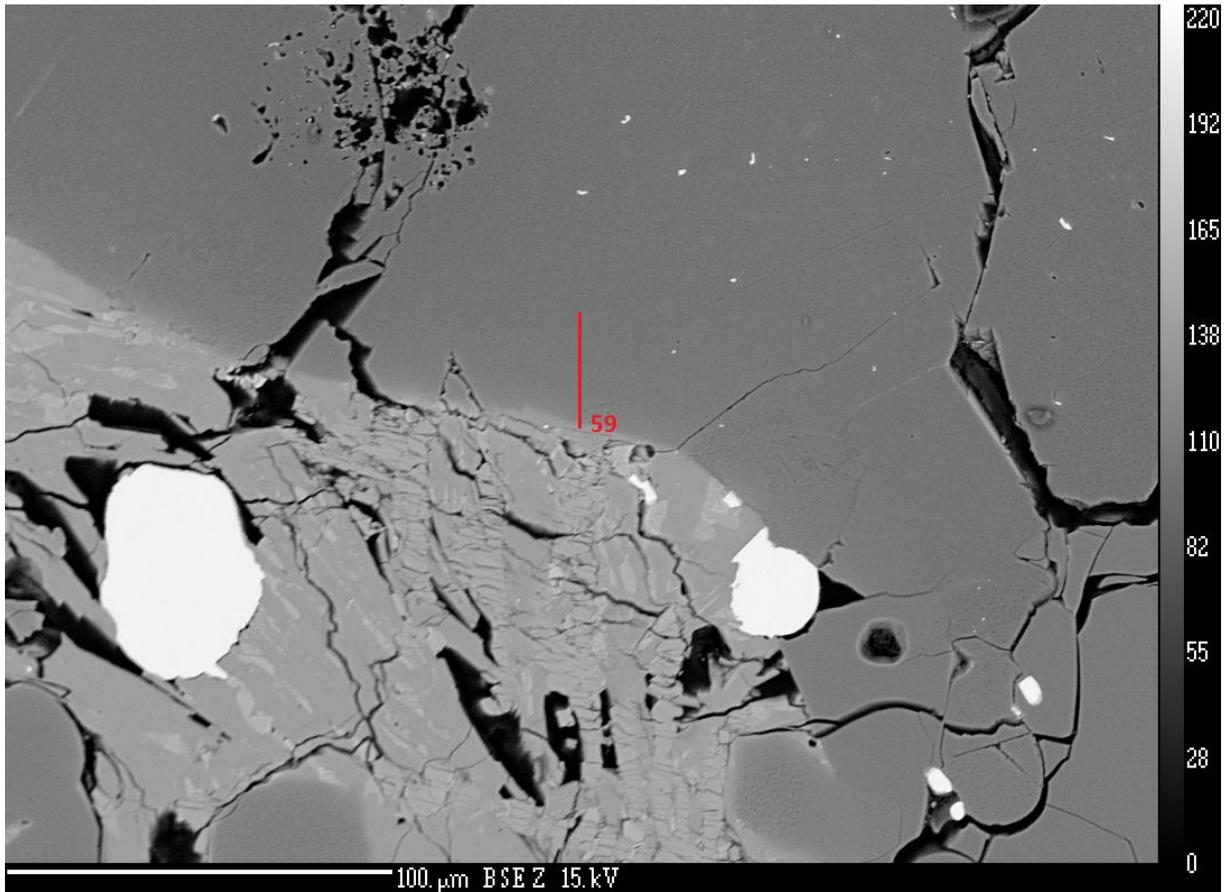


Abbildung 16: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V1A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 2).

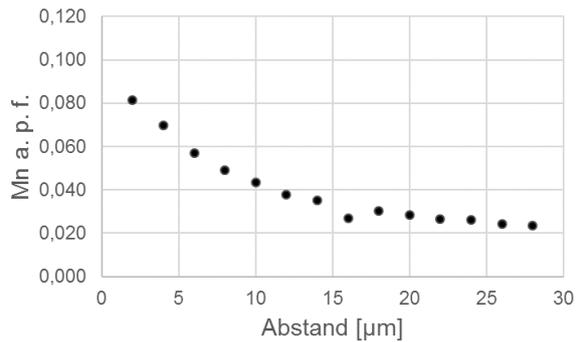
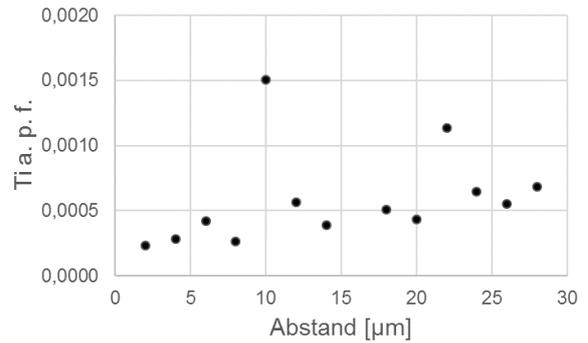
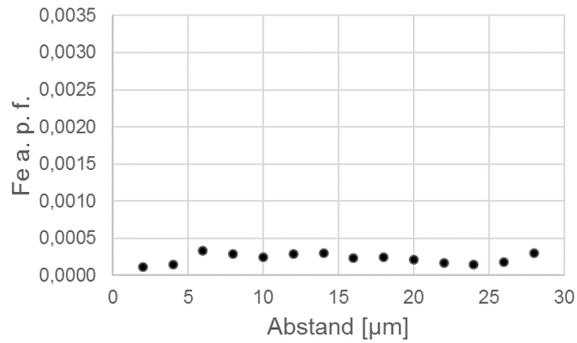
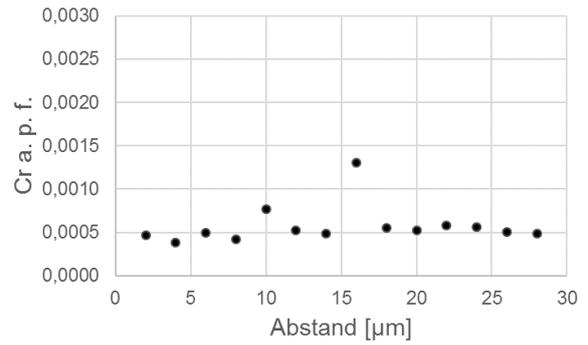
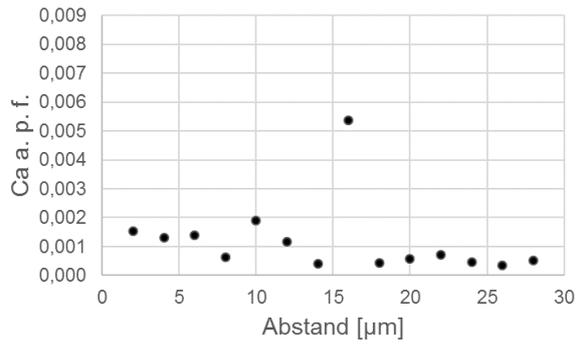


Diagramm 2: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in µm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

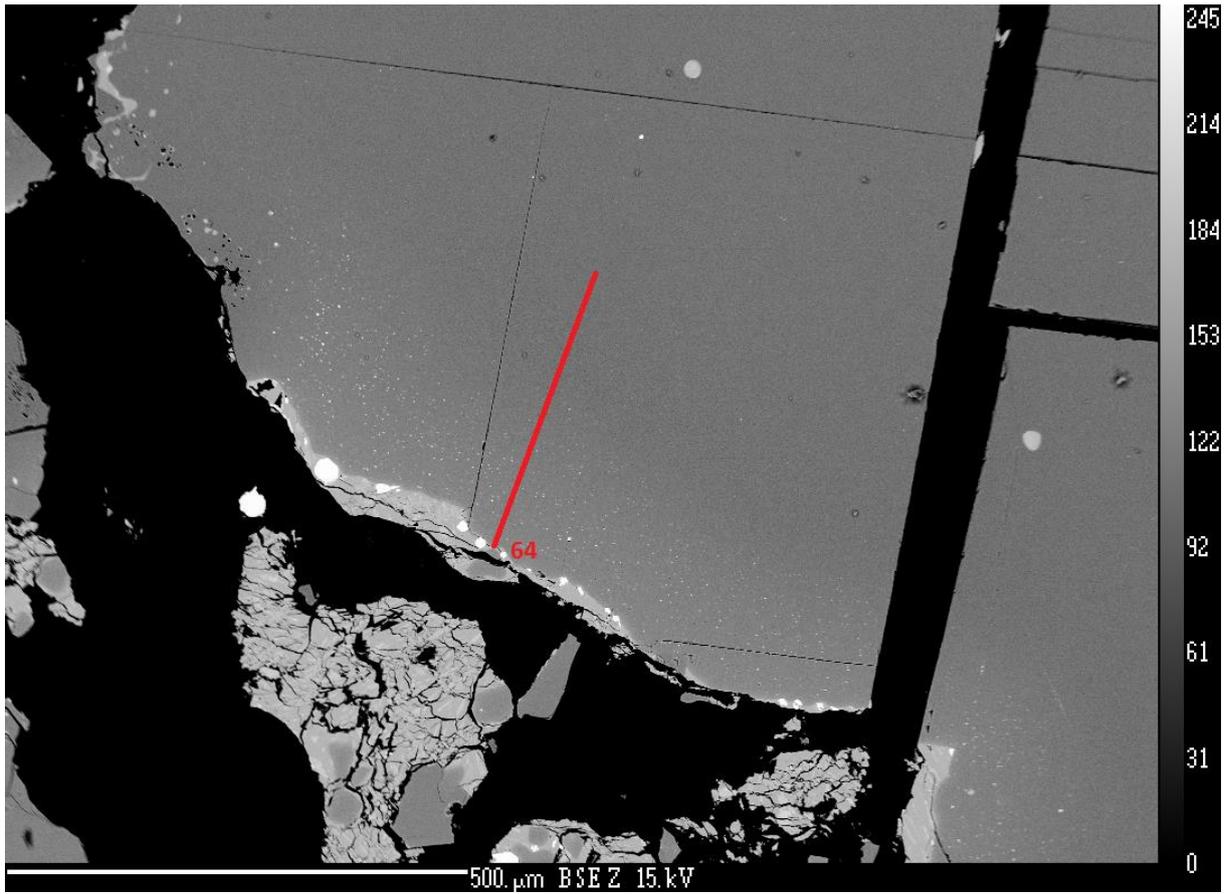


Abbildung 17: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V1A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 3).

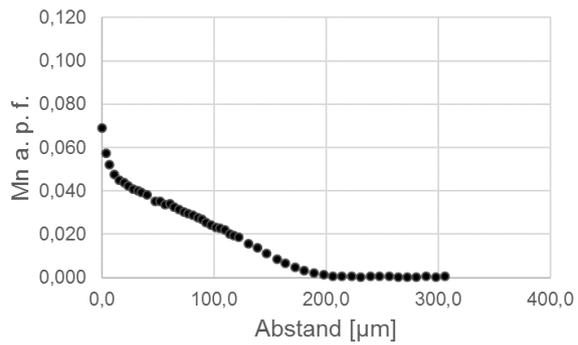
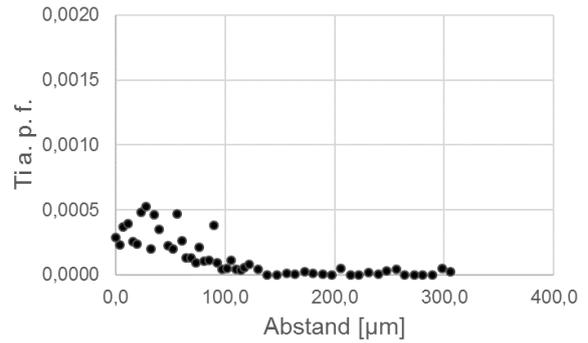
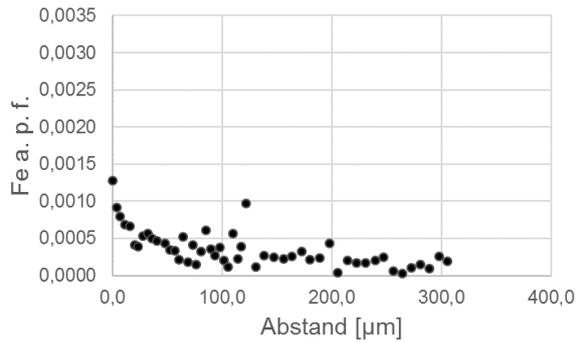
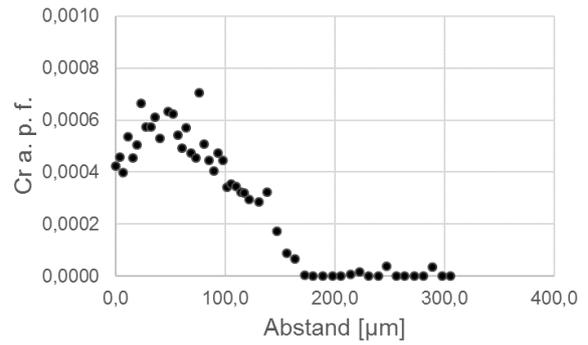
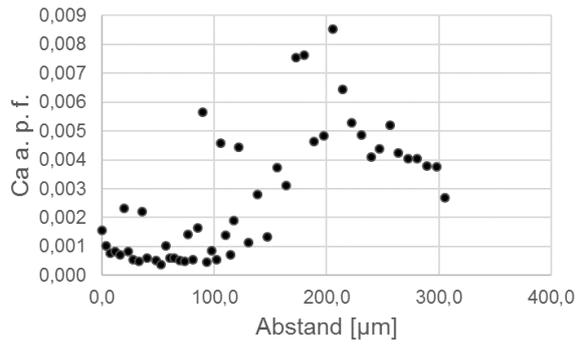


Diagramm 3: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.1.4.4 Linienprofile V1B

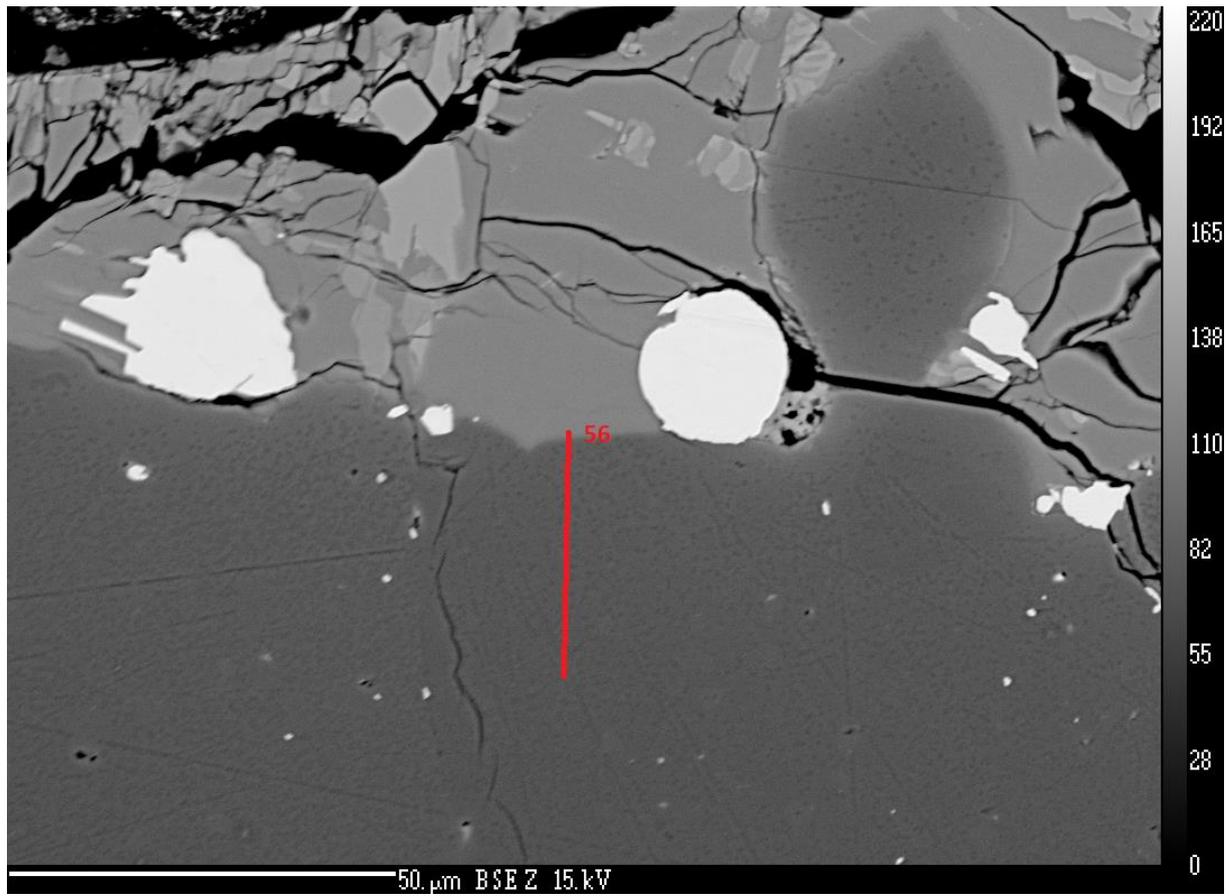


Abbildung 18: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V1B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von oben nach unten, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 4).

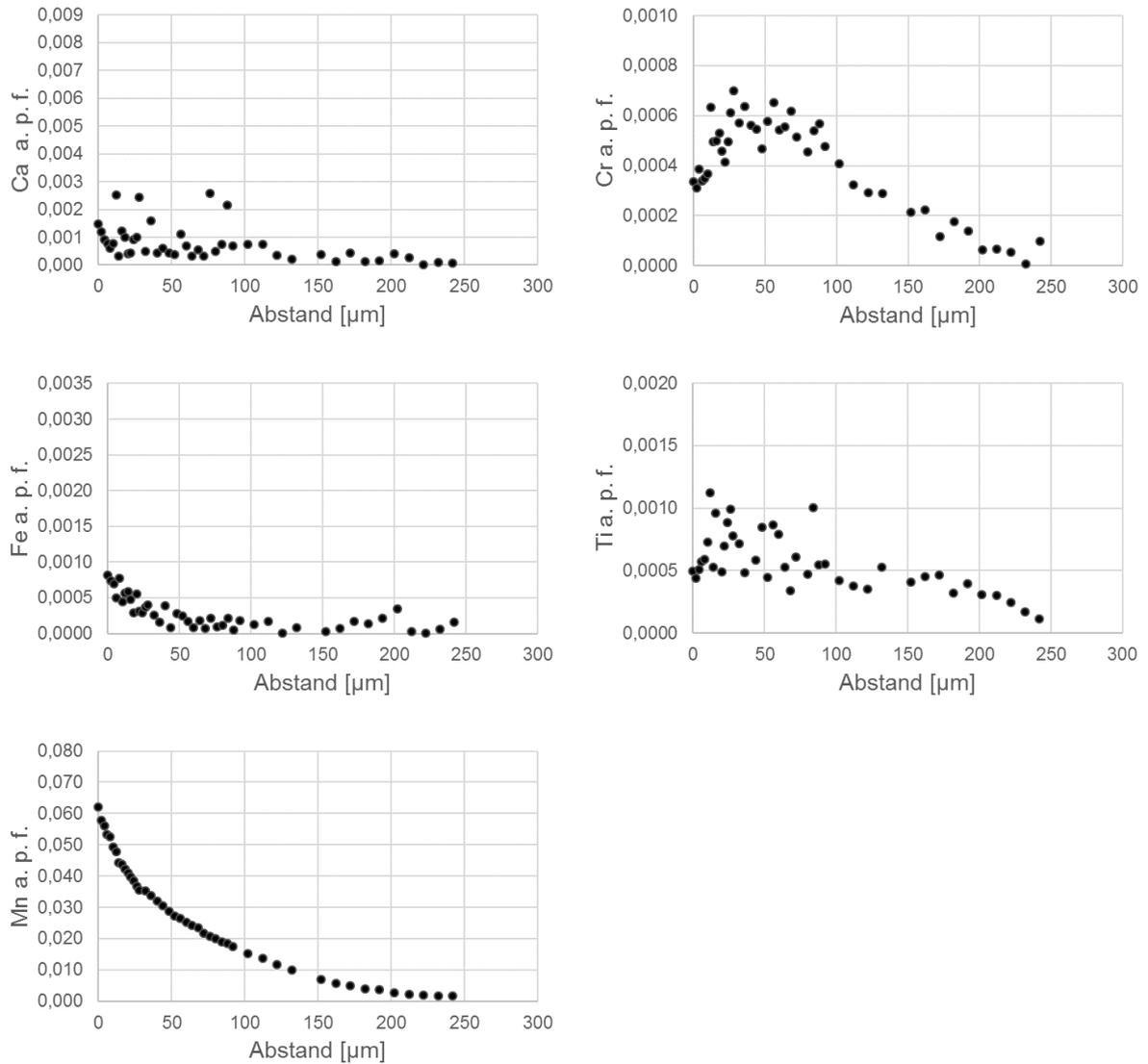


Diagramm 4: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

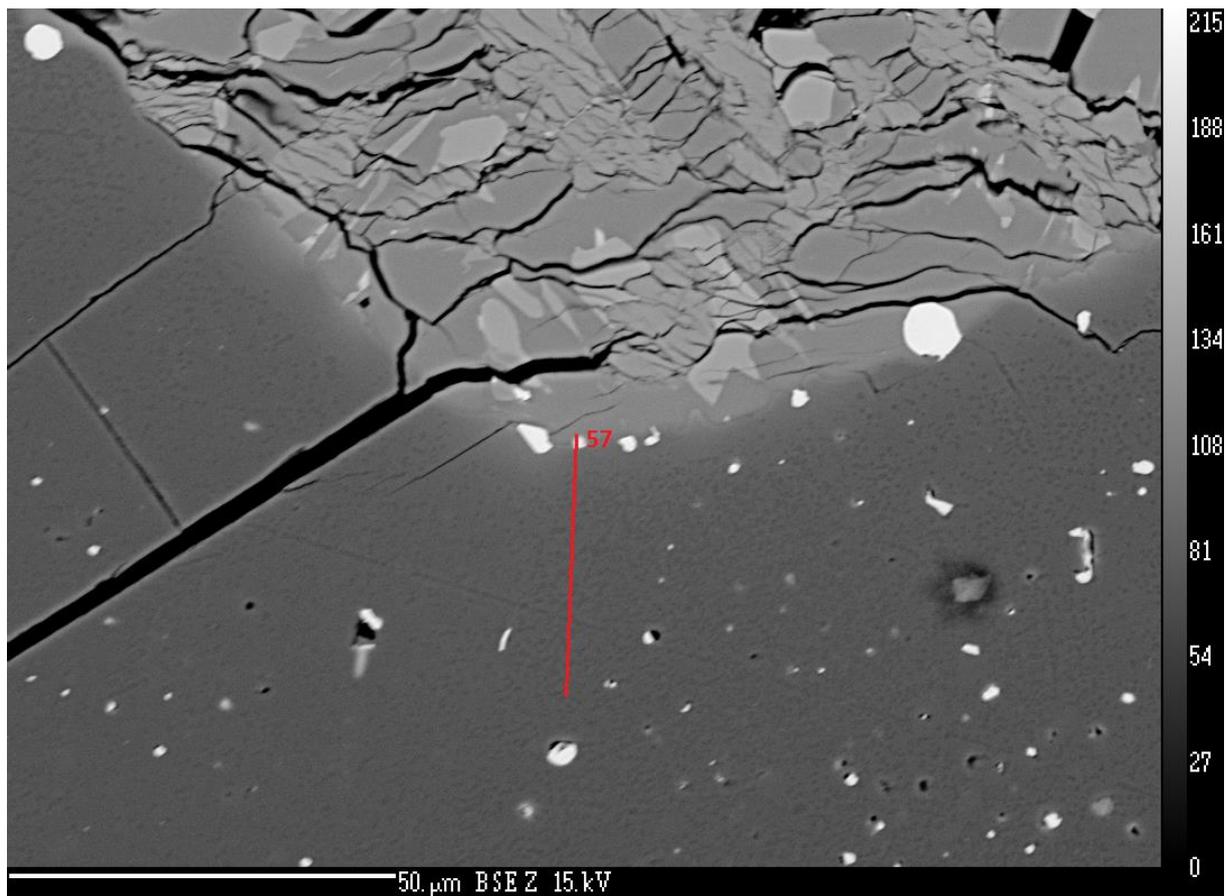


Abbildung 19: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V1B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von oben nach unten, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 5).

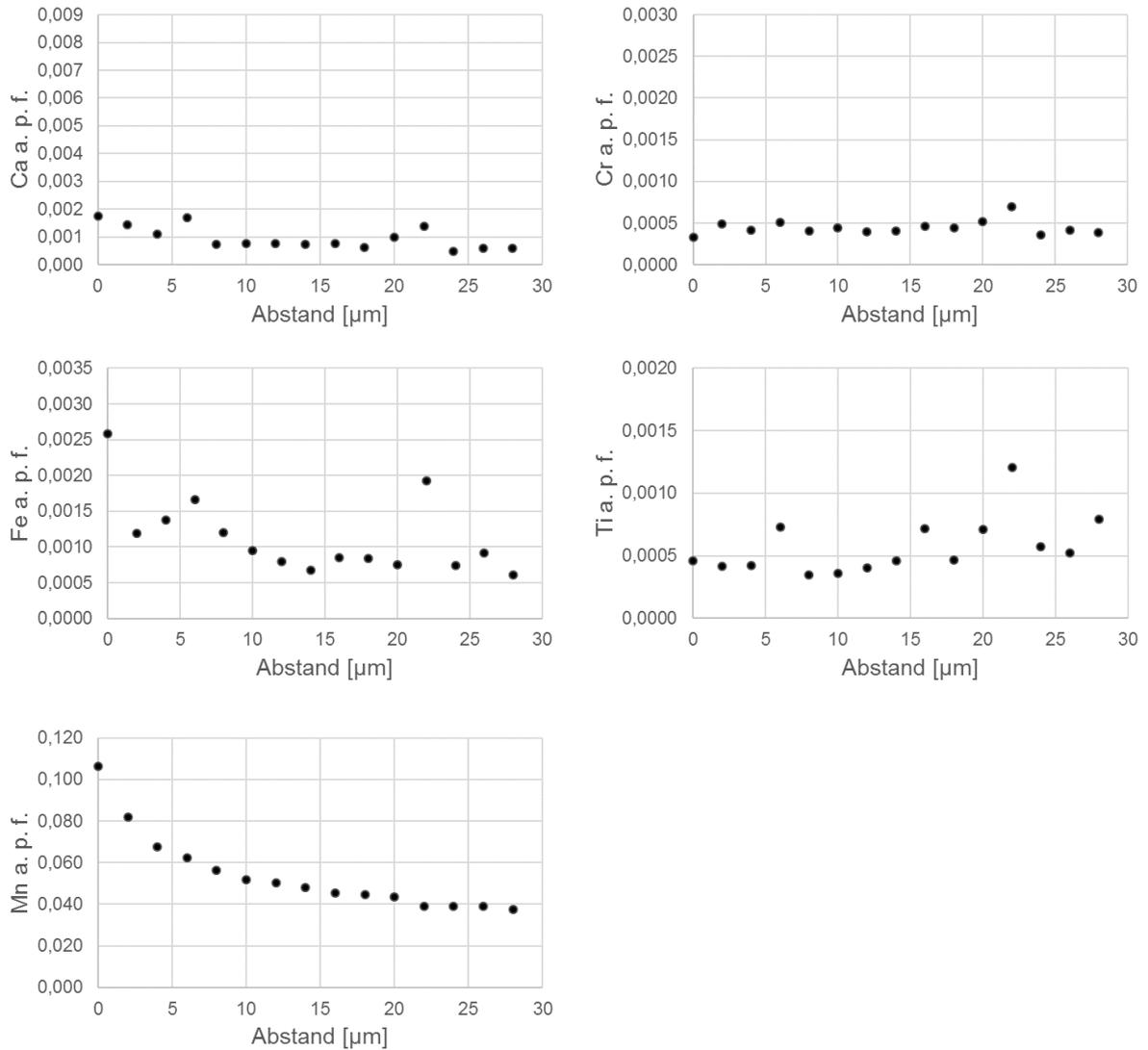


Diagramm 5: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.2 Probe V2

5.2.1 Ausgangsmaterial



Abbildung 20: Probe V2 ist ein High Quality Magnesia-Carbonstein Typ 1298 mit den Maßen 21x4,3x10cm, befüllt mit der finalen Schlackenzusammensetzung.

Die Probe V2 (Abb.20) ist ein High Quality Magnesia-Carbonstein Typ 1298 mit hohem Anteil an Schmelzmagnesit, ca. 11% Grafit und teergebunden. Die beiden zylinderförmigen Öffnungen wurden mit Schlackentyp 2 befüllt und im Konverter mit einer Aufheizrate von ca. 4,6°C/min auf die Zieltemperatur 1650°C erhitzt. Diese Zieltemperatur wurde drei Stunden lang konstant gehalten, gefolgt von kontrolliertem Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Abkühlrate von ca. 4,6°C/min. Dieses Verfahren führte zu einem Spannungsriss und in weiterer Folge zum Bruch in vier Stücke. Ein Teil der, für die Messung relevanten, Kontaktzonen am Zylinderboden und den Zylinderseiten wurde dabei zerstört und große Mengen der porösen, hellgrauen Schlacke gingen verloren. Im linken unteren Bereich des Zylinder A und im rechten unteren Bereich des Zylinder B blieb die Kontaktzone, inklusive Schlacke, erhalten. Nur der Zylinder A weist ein Metallkugelchen auf mit einem Durchmesser von 5mm auf.

Die Probe V2 entspricht dem Versuchsaufbau von Probe V1 mit Ausnahme der um 50°C höheren Zieltemperatur.

5.2.2 Polarisationsmikroskop

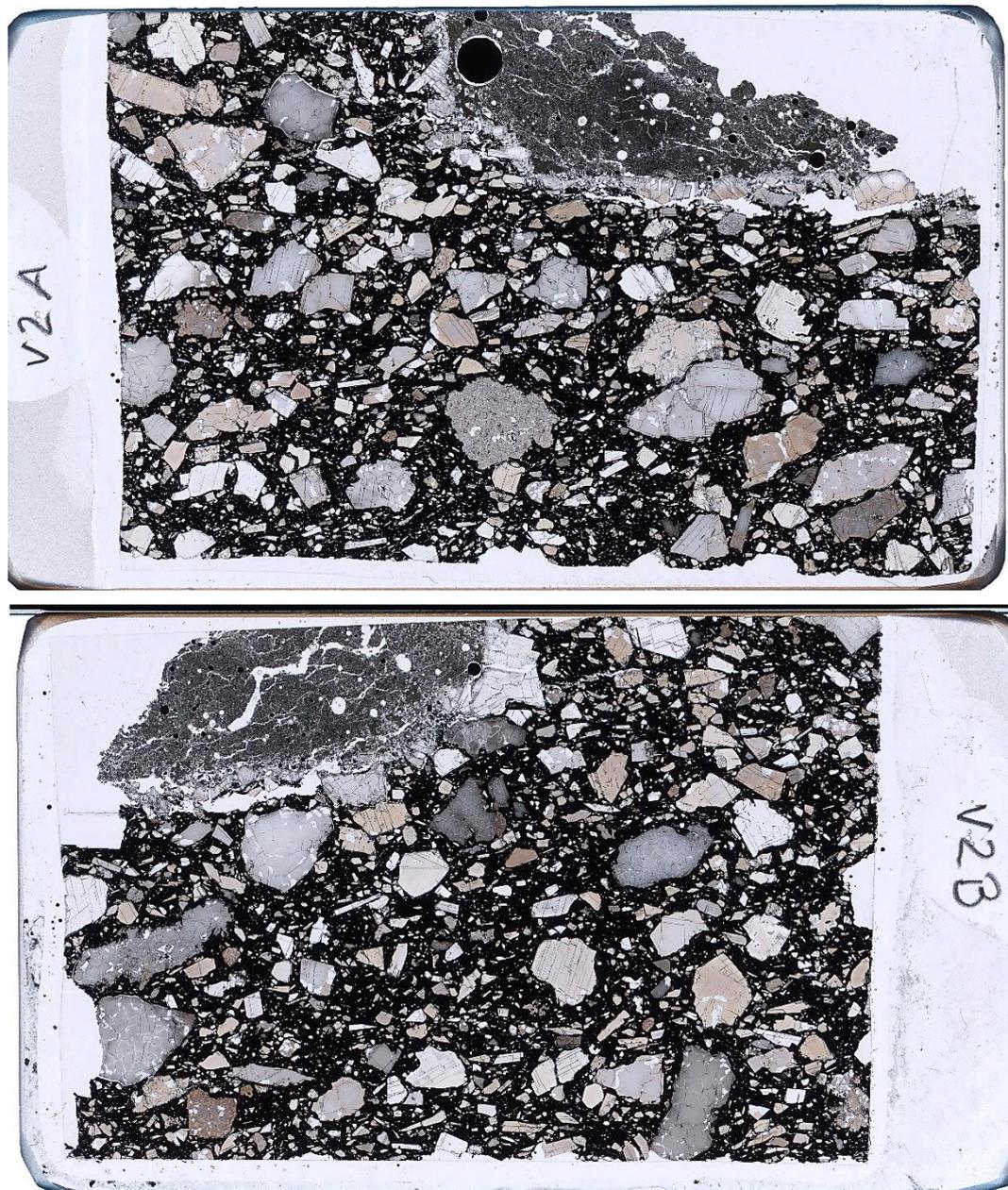


Abbildung 21: Übersichtsaufnahmen der Dünnschliffe von Probe V2 (Abb. 20) aus den Zylindern A und B (Abb.1). Die Aufnahme oben ist die Probe V2A und zeigt die Schlacke in der rechten oberen Ecke. Die Aufnahme unten ist die Probe V2B und zeigt die Schlacke in der linken oberen Ecke.

5.2.2.1 Dünnschliff V2A Kontaktzone

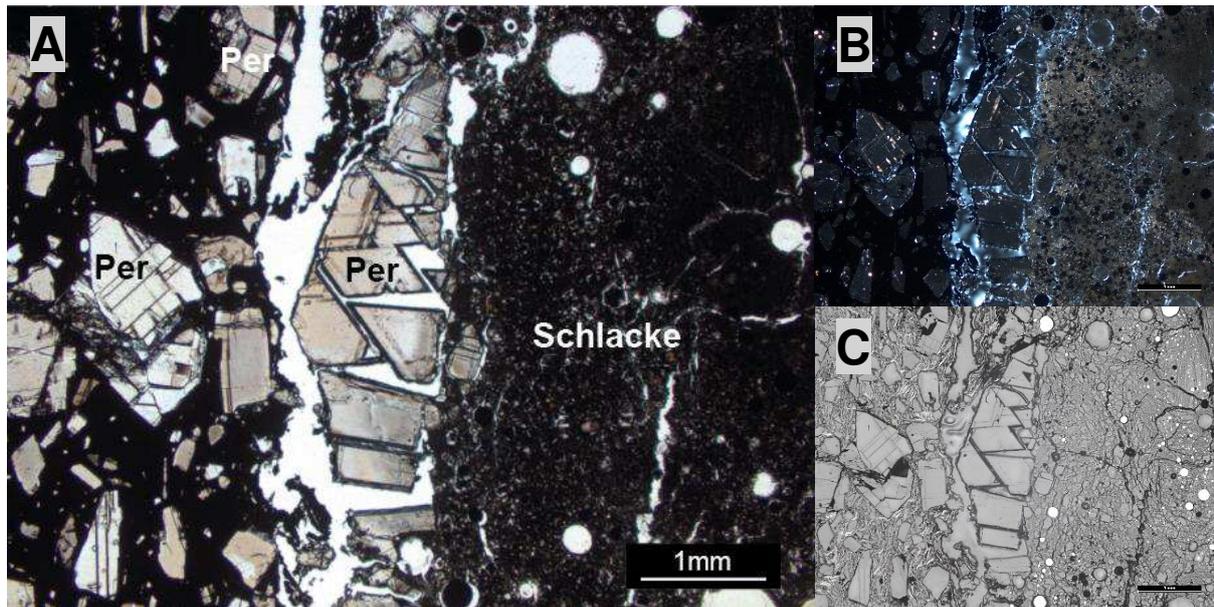


Abbildung 22: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (links) und Schlacke (rechts) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Abbildung 22A zeigt in der Mitte ein längliches, idiomorphes Periklaskorn mit besonders deutlich erkennbarer charakteristischer Spaltbarkeit. Abbildung 22B hebt alle Bereiche, welche nur den Probenträger aus Glas zeigen deutlich hervor. Sie erscheinen hell, bläulich bis grau. Abbildung 22C zeigt, dass sich in der Schlacke stark reflektierende metallische Kügelchen bilden, welche im Auflicht weiß erscheinen.

Die *erste Abbildung* (22A) zeigt links den Magnesia-Carbonstein bestehend aus mehreren weiß bis grau-braunen, 1mm großen, idiomorphen Periklaskörnern und einigen kleinen Periklaskörnern ($<250\mu\text{m}$) umgeben von einer schwarzen, opaken Matrix. In der Mitte befindet sich ein 3-4mm langes, grau-bräunliches, idiomorphes Periklaskorn mit deutlich erkennbarer Spaltbarkeit. Die weißen Bereiche rund um das Korn sind Löcher, entstanden durch die Präparation, bei der sich der Periklas von der Schlacke gelöst hat. Auf der rechten Seite ist die feinkörnige, grau bis schwarze Schlacke zu erkennen. Die schwarzen Eisenkügelchen haben einen Durchmesser von $250\mu\text{m}$ und kleiner und sind auf der Auflichtaufnahme (22C) besser zu erkennen. Die hellgrauen, bis weißen Kreise, sind Löcher von, bei der Präparation heraus gebrochenen, Eisenkügelchen, welche sich nur schwer schneiden lassen. Bei der *zweiten Abbildung* (22B) ist der Unterschied zwischen Matrix und der Schlacke besser erkennbar. Ähnlich wie in der Probe V1 hellt die Schlacke unter gekreuzten Polarisatoren stark auf und zeigt eine leichte Braunfärbung. Die Ursache dafür sind viele unterschiedlich orientierte Einzelkristalle in der Schlacke. Der hell leuchtende weiß bis blaue Bereich rund um den mittleren, großen Periklas ist der Probenträger aus Glas. Die *Durchlichtaufnahme* (22C) zeigt deutlich die stark reflektierenden, weiß erscheinenden Eisenkügelchen rechts ($\text{Ø}<250\mu\text{m}$) und die schlierenartige Struktur der Magnesia-Carbonsteinmatrix auf der linken Seite.

5.2.2.2 Dünnschliff V2A Magnesia-Carbonstein

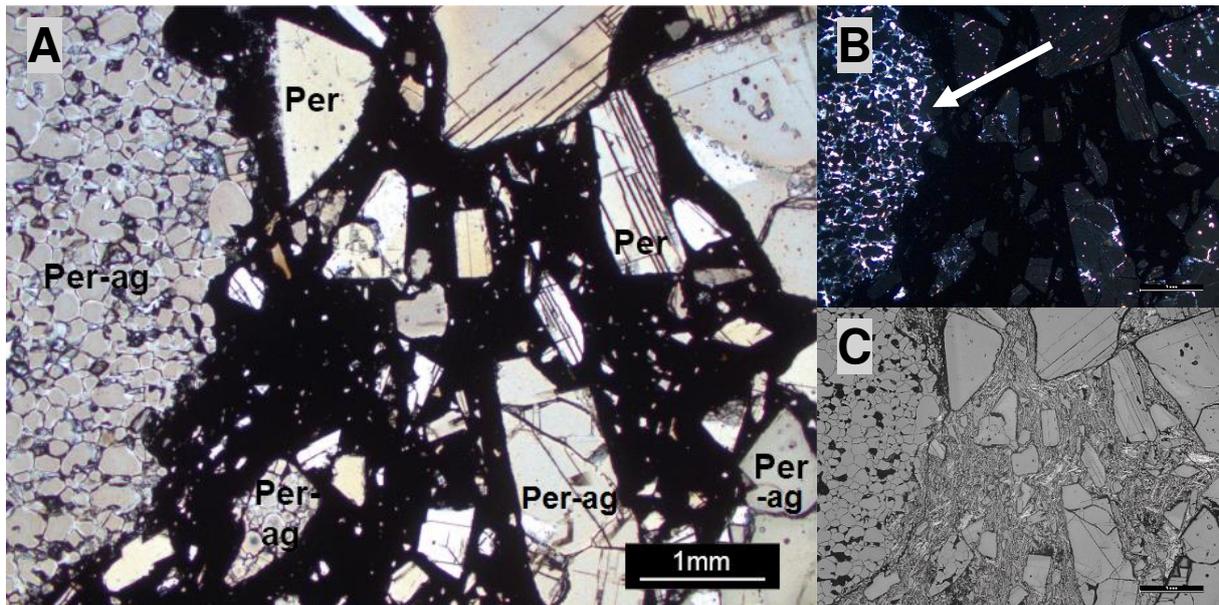


Abbildung 23: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Diese Abbildungen zeigen, ähnlich Abbildung 7, sowohl idiomorphe Periklaskristalle (Per) als auch zwei Typen von Periklasaggregaten (Per-ag). Der Aggregattyp 1 links besteht aus einer Vielzahl von kleinen, runden bis abgerundeten Periklaskörnern. Der Aggregattyp 2 am rechten unteren Bildrand besteht aus wenigen, deutlich größeren Periklaskörnern deren Form stark variiert.

Am linken Rand der *Abbildung 23A* ist ein über 5mm langes, hellgraues, zusammengepresstes Periklasaggregat zu sehen, welches aus unzähligen einzelnen 150-500µm großen, gerundeten Periklaskörnern besteht (Aggregattyp 1). Die beiden hellgrauen bis hellbraunen Periklasaggregate am rechten unteren Bildrand bestehen aus wenigen, bis zu 1,3mm großen, unterschiedlich geformten Periklaskörnern und entsprechen dem Aggregattyp 2. Im Gegensatz dazu zeigen die beiden mittleren Periklaskörner, am oberen Rand, in den Farben hellbraun/grau und weiß/hellgrau, deutlich ausgeprägte parallele Spaltflächen. Die Größen der Periklase im matrixgestützten Gefüge des Magnesia-Carbonsteins variieren zwischen 3-2mm und kleiner 500µm. Die Matrix ist schwarz, opak und die Periklase sind dunkel bis hellgrau und/oder hellbraun. Die *Abbildung 23B* zeigt deutlich den Unterschied zwischen den idiomorphen Periklaskristallen (dunkelgrau) und dem mit einem weißen Pfeil markierten Sinteraggregat (lichtdurchlässige Zwischenräume). Die *Abbildung 23C* unterstreicht die bisherigen Erkenntnisse und zeigt die schlierenartige Struktur der Matrix im Magnesia-Carbonstein.

5.2.2.3 Dünnschliff V2B Kontaktzone

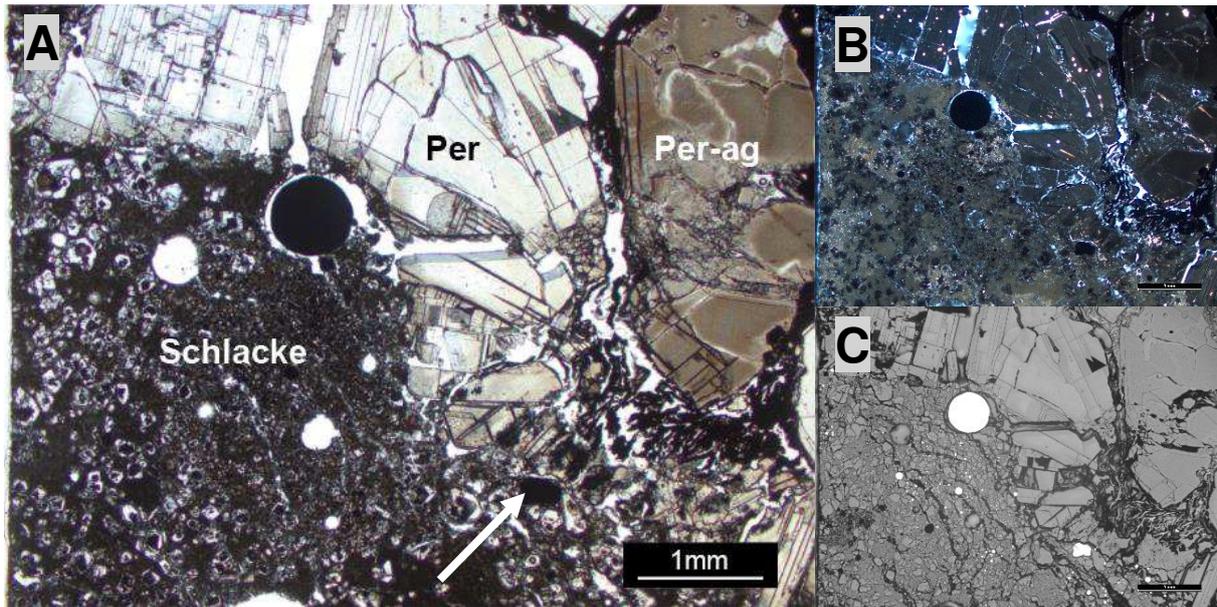


Abbildung 24: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (rechts) und Schlacke (links) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Der in dieser Aufnahme sichtbare Ausschnitt des Magnesia-Carbonsteins besteht hauptsächlich aus einem idiomorphen, 8-9mm langen Periklas, einem 3-4mm langem Periklasaggregat vom Aggregattyp 2 und kaum Matrix. Die Auflichtaufnahme 24C zeigt nur wenige, durch ihre stark reflektierenden Oberflächen weiß erscheinende, Querschnitte von Eisenkugelchen.

Abbildung 24A zeigt links unten die feinkörnige, grau bis schwarze Schlacke mit einem großen ($\varnothing = 650\mu\text{m}$) und vereinzelt sehr kleinen ($\varnothing < 100\mu\text{m}$) Eisenkugelchen. An der mit einem weißen Pfeil markierten Stelle, rechts unten in der Schlacke, sind mehrere Eisenkugelchen verschmolzen und bilden eine annähernd rechteckige Form, mit stark abgerundeten Ecken und einer Gesamtlänge von $250\mu\text{m}$ (siehe auch Abb. 24C). Erkennbar sind auch weiße Kreise mit ähnlichen Durchmessern. Diese sind entstanden durch Ausbrechen der, sehr schwer zu schneidenden, Eisenkugelchen während der Präparation. Am Rand der Schlacke reihen sich mehrere idiomorphe Periklaskörner aneinander beginnend links oben in der Abbildung 24A bis nach rechts unten über eine Länge von 8-9mm. Die idiomorphen Körner sind weiß, hellgrau bis leicht bräunlich gefärbt und zeigen deutliche Spaltbarkeit. Die einzelnen Periklase können an Hand der Spaltflächen unterschieden werden, welche innerhalb eines idiomorphen Korns stets parallel bzw. im rechten Winkel zueinander verlaufen. Am rechten Rand der Abbildung sind mehrere braune Periklaskörner zusammengepresst zu einem 3-4mm langen Aggregat umgeben von der schwarzen, opaken Matrix des Magnesia-Carbonsteins. Die *gekreuzten Polarisatoren* (24B) erleichtern die Unterscheidung zwischen Schlacke (grau-braun), den Eisenkugelchen (schwarz, lichtundurchlässig), dem Periklas (dunkelgrau) und der Matrix (opak, schwarz). *Abbildung 24C* zeigt vor allem die stark reflektierenden Eisenkugelchen (weiß) sehr deutlich und offenbart die schlierenartige Struktur des Magnesia-Carbonsteins (rechts unten).

5.2.2.4 Dünnschliff V2B Magnesia-Carbonstein

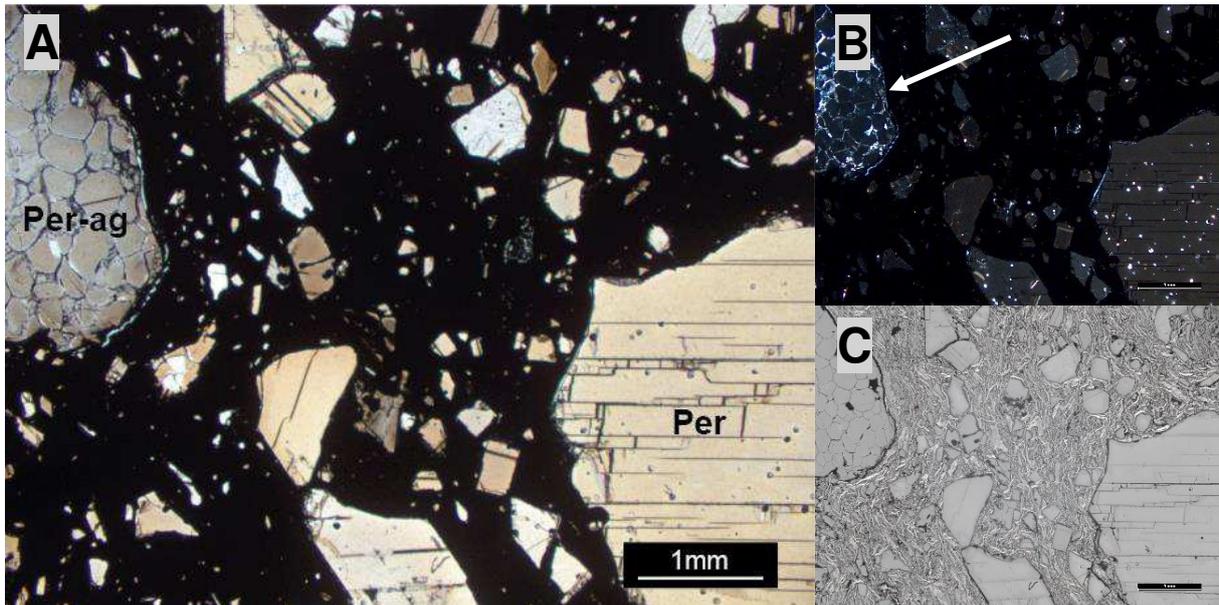


Abbildung 25: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Zu sehen ist ein matrixgestützter Magnesia-Carbonstein bestehend aus mehreren, kleineren Periklasbruchstücken, einem großen Periklasaggregat vom Typ 1 und einem großen, idiomorphen Periklas umgeben von schwarzem organischen Material.

Abbildung 25A zeigt den Magnesia-Carbonstein, bestehend aus einer schwarzen, opaken Matrix und mehreren Periklaskörnern und Periklasaggregaten. Zu sehen ist ein Teil von einem großen, grau-braunen Periklasaggregat (links, >2,5mm) bestehend aus vielen kleinen, abgerundeten Periklaskörnern (durchschnittlich $\text{\O} = 250\mu\text{m}$) und ein Teil von einem großen, idiomorphen, hellbraunen Periklaskorn (rechts, >3mm) mit deutlich sichtbaren Spaltflächen. Die restlichen Periklase in dem matrixgestützten Gefüge sind deutlich kleiner (<1mm) und variieren farblich zwischen weiß/hellgrau bis hell-dunkelbraun. Durch die *gekreuzten Polarisatoren* (25B) wird der Unterschied zwischen den Periklaskörnern und den Sinteraggregaten deutlich. Letztere sind an den hell, weiß leuchtenden Zwischenräumen im Inneren erkennbar (siehe weißer Pfeil). Auch im *Auflicht* (25C) ist der Unterschied zwischen den zwei Periklasaggregattypen deutlich zu erkennen, welche von der schlierenartigen Matrix des Magnesia-Carbonsteins umgeben sind.

5.2.3 Rasterelektronenmikroskop (REM)

5.2.3.1 BSE Aufnahmen V2A

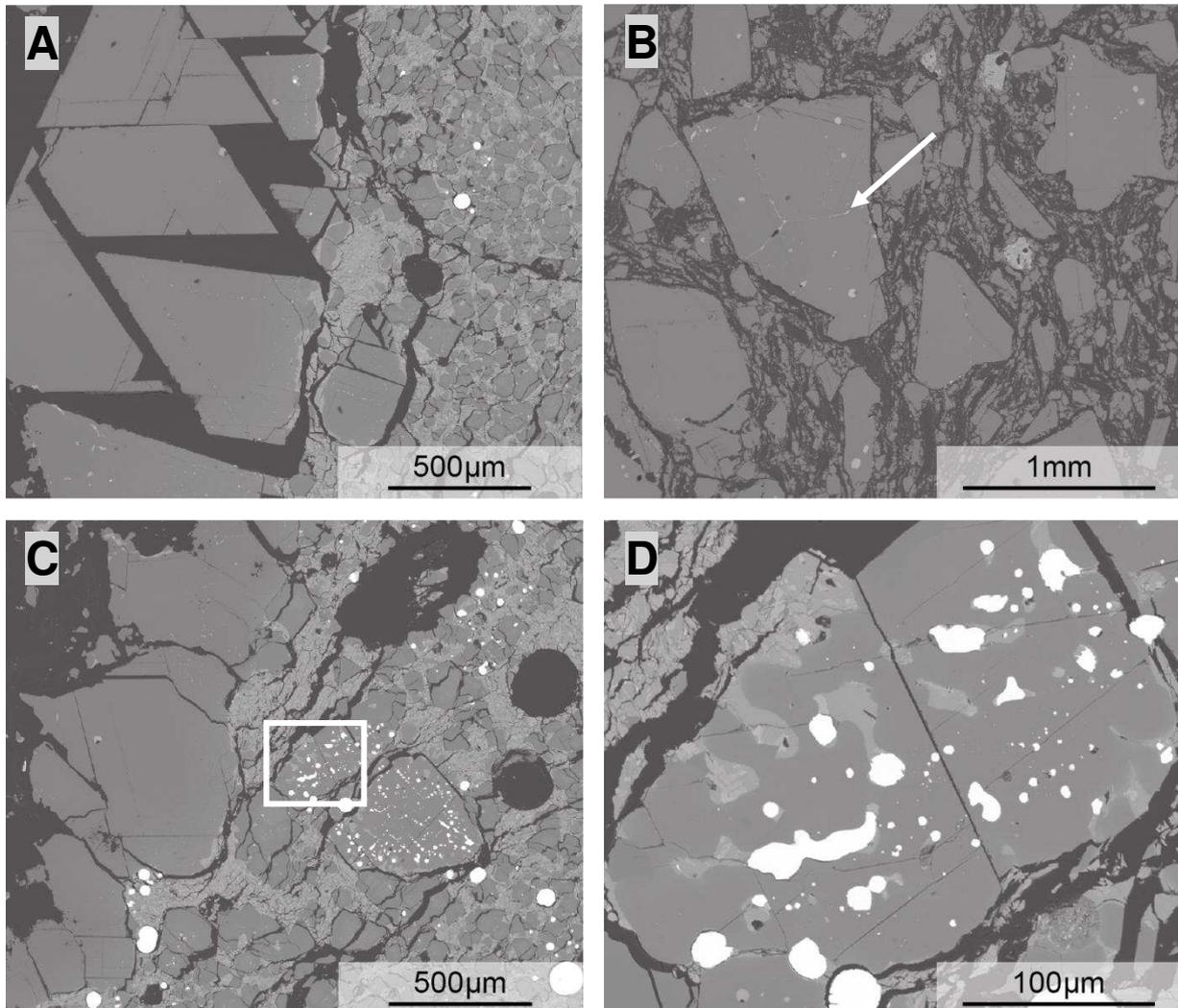


Abbildung 26: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke bzw. nur Magnesia-Carbonstein und nur Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein am linken Rand bestehend aus Periklas mit ausgeprägter Spaltbarkeit, Schlacke am rechten Rand, (B) Übersichtsaufnahme des Magnesia-Carbonsteins, weißer Pfeil zeigt auf Korngrenzen innerhalb des Periklasaggregats, (C) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein am linken Rand, Schlacke am rechten Rand mit großen Periklasrelikten, weißer Rechteckrahmen zeigt ein solches Relikt vergrößert in Abbildung 26D, (D) Detailaufnahme, Periklasrelikt in der Schlacke mit Ansammlungen von elementarem Eisen in den Zwischenräumen, vergrößerter Bereich ist in Abbildung 26C markiert.

Abbildung 26A zeigt links die dunkelgrau erscheinenden Periklase des Magnesia-Carbonsteins. Die Körner haben die Form von Dreiecken bzw. Parallelogrammen und sind zwischen 250µm und 835µm lang. Die hervorragende Spaltbarkeit des Periklas ist der Grund für die Aufspaltung in diese eben begrenzten Kornformen und die dadurch entstandenen, auf der Abbildung schwarz erscheinenden, Lücken dazwischen. Die rechte Hälfte der Abbildung 26A zeigt die Schlacke bestehend aus dunkelgrau erscheinenden, zum Teil abgerundeten, Bruchstücken, umgeben von einer hellgrau erscheinenden Masse aus äußerst feinkörnigen, hellgrauen Phasen unterschiedlichster chemischer Zusammensetzung. Auf dieser Abbildung sind kaum runde, weiß erscheinende Querschnitte von Eisenkugeln erkennbar. Den größten Durchmesser hat das Kugelchen in der rechten, oberen Hälfte mit 60µm. Alle anderen sind deutlich kleiner bis kaum sichtbar.

Die zweite Abbildung (26B) zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des Magnesia-Carbonsteins bestehend aus Periklaskörnern/aggregaten und einer schwarzen, schlierenartigen Matrix. Der größte Periklas ($L=1,25\text{mm}$) ist ein Sinteraggregat vom Aggregat Typ 2, erkennbar an den feinen, weißen Rändern der einzelnen Körner innerhalb des Periklas (siehe weißer Pfeil).

Der linke Rand der Abbildung 26C zeigt die Matrix des Magnesia-Carbonsteins und einige Lücken, beides erscheint schwarz. Daneben befinden sich, dunkelgrau erscheinende, sehr große Periklaskörner ($L=440-815\mu\text{m}$) und deren kleinere Bruchstücke ($<440\mu\text{m}$). Die äußerst feinkörnige, hellgrau erscheinende Schlacke (rechts) besteht hauptsächlich aus den Phasen Spinell, Larnit, Kalziumtitanat, Ca-Aluminat, Mangan-Magnesiumoxid (für Details siehe Kapitel 5.2.4.1 Punktmessungen V2A). Die Eisenkügelchen ($<250\mu\text{m}$) haben sich sowohl entlang der Kontaktzone gebildet (links unten) als auch weiter entfernt und sind unregelmäßig in der Schlacke verteilt. Beachtenswert an dieser Abbildung sind vor allem die beiden Periklasrelikte in der Mitte. Durch diverse chemische Prozesse wurde die interne Struktur stark angegriffen. In den Zwischenräumen hat sich elementares Eisen gesammelt, welches nun nicht nur als weißer Kreis, sondern in allen möglichen Formen zu sehen ist. Die beiden schwarz erscheinenden Kreise rechts und der ovale, schwarze Bereich rechts oben sind Löcher.

Abbildung 26D ist ein vergrößerter Ausschnitt, des mit einem weißen Rechteckrahmen markierten Periklasbruchstücks, aus der Mitte von Abbildung 26C. Durch die Vergrößerung sind die hell- bis mittelgrau erscheinenden, beulenartigen Einbuchtungen und Flecken erkennbar. Zum Teil hat sich elementares Eisen (weiß) gebildet, welches die Form des Zwischenraums angenommen hat und nicht wie bisher als weißer Kreis auftritt.

5.2.3.2 BSE Aufnahmen V2B

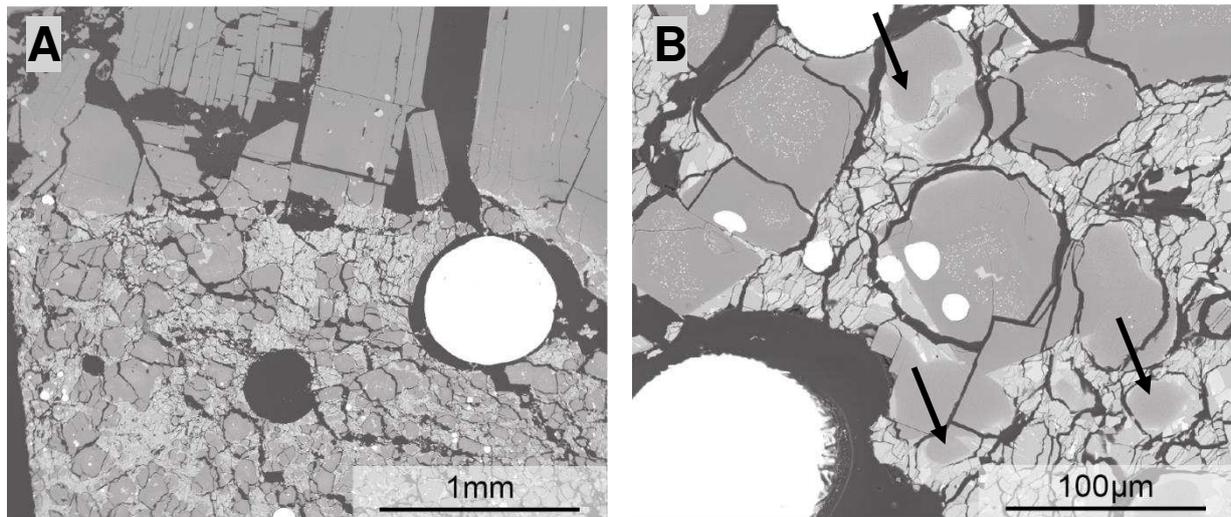


Abbildung 27: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke bzw. nur Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein in der oberen Bildhälfte, Schlacke in der unteren Bildhälfte mit vielen dunkelgrau erscheinenden Spinellen oder Periklasrelikten und einem 625µm großen Eisenkugelchenquerschnitt, (B) Detailaufnahme der Schlacke, schwarze Pfeile zeigen Periklasrelikte mit schemenhaften Umrissen an, sie sind Anzeichen für Auflösungsprozesse und dunkelgrau erscheinende Phasen, mit Fe-reichen Präzipitaten im Inneren, sind Spinelle mit Zonarbau in der oberen Bildhälfte.

Die erste Abbildung (27A) zeigt in der oberen Bildhälfte den Magnesia-Carbonstein bestehend aus dunkelgrau erscheinenden Periklaskörnern (>1,2mm) und deren kleineren Bruchstücken. Die schwarz erscheinenden Bereiche dazwischen sind, durch die ausgezeichnete Spaltbarkeit des Periklas, während der Präparation entstandene Löcher. Die untere Bildhälfte zeigt die Schlacke bestehend aus dunkelgrau erscheinenden Spinellen oder abgerundeten Periklasrelikten, umgeben von einer äußerst feinkörnigen, hellgrau erscheinenden Masse. Besonders auffällig ist die weiß erscheinende, kreisförmige Ansammlung von elementarem Eisen in der rechten Bildhälfte ($\varnothing = 625\mu\text{m}$). Der schwarze Kreis ($\varnothing = 375\mu\text{m}$), in der unteren Hälfte der Abbildung, entstand bei der Präparation durch das Ausbrechen einer solchen Eisenansammlung. Alle anderen Querschnitte von Eisenkugelchen sind kleiner als 125µm.

Für Abbildung 27B wurde ein anderer Bereich der Probe ausgewählt, der nur die Schlacke zeigt. Zu sehen sind die dunkelgrau erscheinenden Periklasrelikte und Spinellkörner umgeben von einer Matrix aus hell- und mittelgrau erscheinenden Phasen. Der weiße, runde Querschnitt des Eisenkugelchens links unten in der Abbildung beträgt ca. 100µm. Der Querschnitt des halbierten Kugelchens am oberen Rand entspricht annähernd 63µm. Alle anderen Eisenansammlungen sind kleiner als 13µm. Bemerkenswert an dieser Abbildung sind die, mit schwarzen Pfeilen markierten, dunkelgrau erscheinenden Periklasrelikte, welche nur mehr anhand von schemenhaften Umrissen erkennbar sind. Diese beulenartigen Strukturen sind ähnlich denen in der ersten Probe V1 (siehe Abb. 11B) und sind ein Anzeichen für Auflösungsprozesse. Ebenfalls vergleichbar mit V1 ist der Zonarbau in den Spinellkörnern (siehe Abb. 10D). Im Kernbereich sind zahlreiche sub-µm große Einschlüsse einer im BSE Bild hellgrau erscheinenden Phase erkennbar. Ein äußerer, 100 bis 150µm breiter Rand der Spinelle ist praktisch einschlussfrei. Basierend auf chemischen Trends, die mittels EMS analysiert wurden, werden diese Einschlüsse als Fe-reiche Präzipitate interpretiert. Die Anordnung der Präzipitate, im Inneren des Spinells, scheint mit der äußeren Kornform zu korrelieren, was einen Zusammenhang zwischen dem Zonarbau und dem Eindringen der Schlacke nahelegt.

5.2.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)

5.2.4.1 Punktmessungen V2A

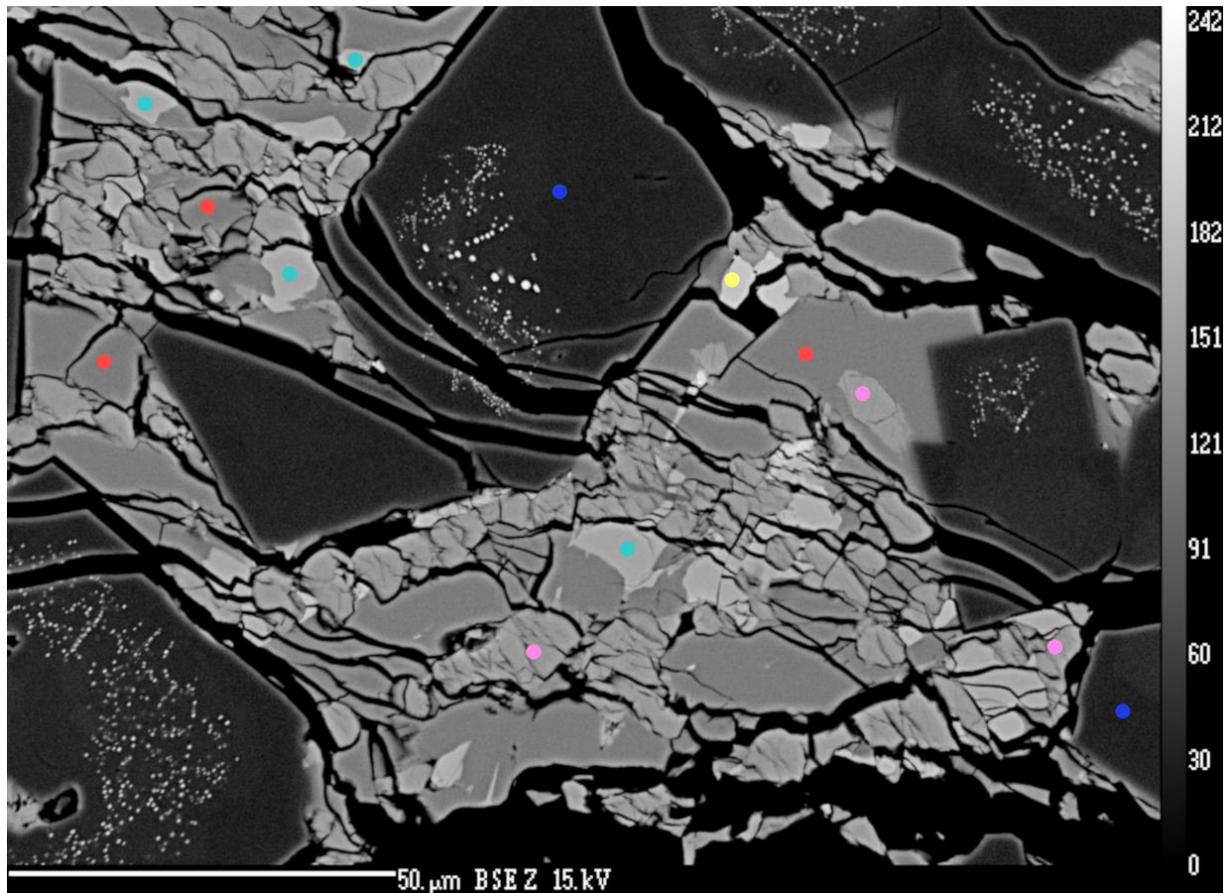


Abbildung 28: EMS Punktmessungen in der Probe V2A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 10) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 11) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Hellgelb	Mangan-Magnesiumoxid	$(\text{Mg},\text{Mn})\text{O}$; Mn-Anteil zw. 60% u. 80%
Rot	Ca-Aluminat	$(\text{Ca}_{0,5}\text{Mg}_{0,02-0,06})(\text{Al}_{0,30-0,034},\text{Si}_{0,06-0,09})_2\text{O}_4$
Türkis	Kalziumtitanat	CaTiO_3
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4

Tabelle 10: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 28. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, türkis – Kalziumtitanat, blau – Spinell, hellgelb – Mangan-Magnesiumoxid, rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
4 / 1 .	40,1728	0	0,0259	0,3787	0	2,1874	47,3593	5,487	2,1656	97,7745
5 / 1 .	39,9654	0,0197	0,019	0,3563	0,0046	2,2021	47,6331	5,4331	2,2523	97,8855
8 / 1 .	40,0395	0	0,0307	0,326	0	2,4956	47,9227	5,2621	1,9751	98,037
1 / 1 .	45,179	0,0259	0,02	34,5766	0,0117	1,2895	13,0294	4,0319	0,6907	98,8545
2 / 1 .	44,7626	0,0476	0,0253	36,7283	0	0,6766	12,3606	3,4569	0,2005	98,2436
3 / 1 .	45,1259	0,0227	0,036	35,8862	0,0026	1,1587	12,4658	3,3564	0,3358	98,3902
10 / 1 .	45,1661	0,0422	0,0407	35,6252	0,009	0,7832	12,7816	3,7746	0,3551	98,5776
6 / 1 .	0,0969	0,3257	0,1311	0,389	0,0095	1,9594	69,7643	0,0161	26,3873	99,0792
12 / 1 .	0,1987	0,3283	0,087	0,3418	0	2,0811	70,266	0,0292	26,7018	100,0308
7 / 1 .	3,3249	0,0577	0,0179	0,1781	0,0136	76,3639	0,2359	0,0165	19,7507	99,9592
9 / 1 .	64,5621	0,0134	0,0466	0,4805	0	0,491	0,2384	33,8574	0	99,6856
11 / 1 .	63,3647	0,0037	0,008	0,7767	0,0106	0,4615	0,513	33,2132	0	98,3513
14 / 1 .	61,2438	0,0108	0,032	0,6755	0,0201	0,5131	0,5537	32,8921	0	95,9412

Tabelle 11: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 28. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Kalziumtitanat – 3O (türkis), Spinell – 4O (blau), Mangan-Magnesiumoxid (hellgelb) – 1O, Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	Mg	Total
4 / 1 .	0,7580	0	0,0004	0,0050	0	0,0326	1,9659	0,0966	0,0569	2,9154
5 / 1 .	0,7515	0,0005	0,0003	0,0047	0,0002	0,0327	1,9704	0,0953	0,0589	2,9145
8 / 1 .	0,7512	0	0,0004	0,0043	0	0,0370	1,9779	0,0921	0,0516	2,9146
1 / 1 .	1,0860	0,0005	0,0004	0,5836	0,0005	0,0245	0,3445	0,0905	0,0231	2,1535
2 / 1 .	1,0823	0,0008	0,0005	0,6236	0	0,0129	0,3287	0,0780	0,0067	2,1336
3 / 1 .	1,0936	0,0004	0,0007	0,6106	0,0001	0,0222	0,3323	0,0759	0,0113	2,1471
10 / 1 .	1,0880	0,0008	0,0008	0,6026	0,0004	0,0149	0,3387	0,0849	0,0119	2,1428
6 / 1 .	0,0014	0,0071	0,0015	0,0040	0,0002	0,0229	2,2738	0,0002	0,5439	2,8553
12 / 1 .	0,0029	0,0071	0,0010	0,0035	0	0,0242	2,2716	0,0004	0,5460	2,8567
7 / 1 .	0,0362	0,0005	0,0002	0,0014	0,0003	0,6566	0,0028	0,0002	0,2989	0,9968
9 / 1 .	1,9915	0,0006	0,0011	0,0104	0	0,0120	0,0162	0,9747	0	3,0065
11 / 1 .	1,9718	0,0002	0,0002	0,0170	0,0006	0,0114	0,0351	0,9646	0	3,0008
14 / 1 .	1,9457	0,0005	0,0008	0,0151	0,0011	0,0129	0,0387	0,9753	0	2,9900

5.2.4.2 Punktmessungen V2B

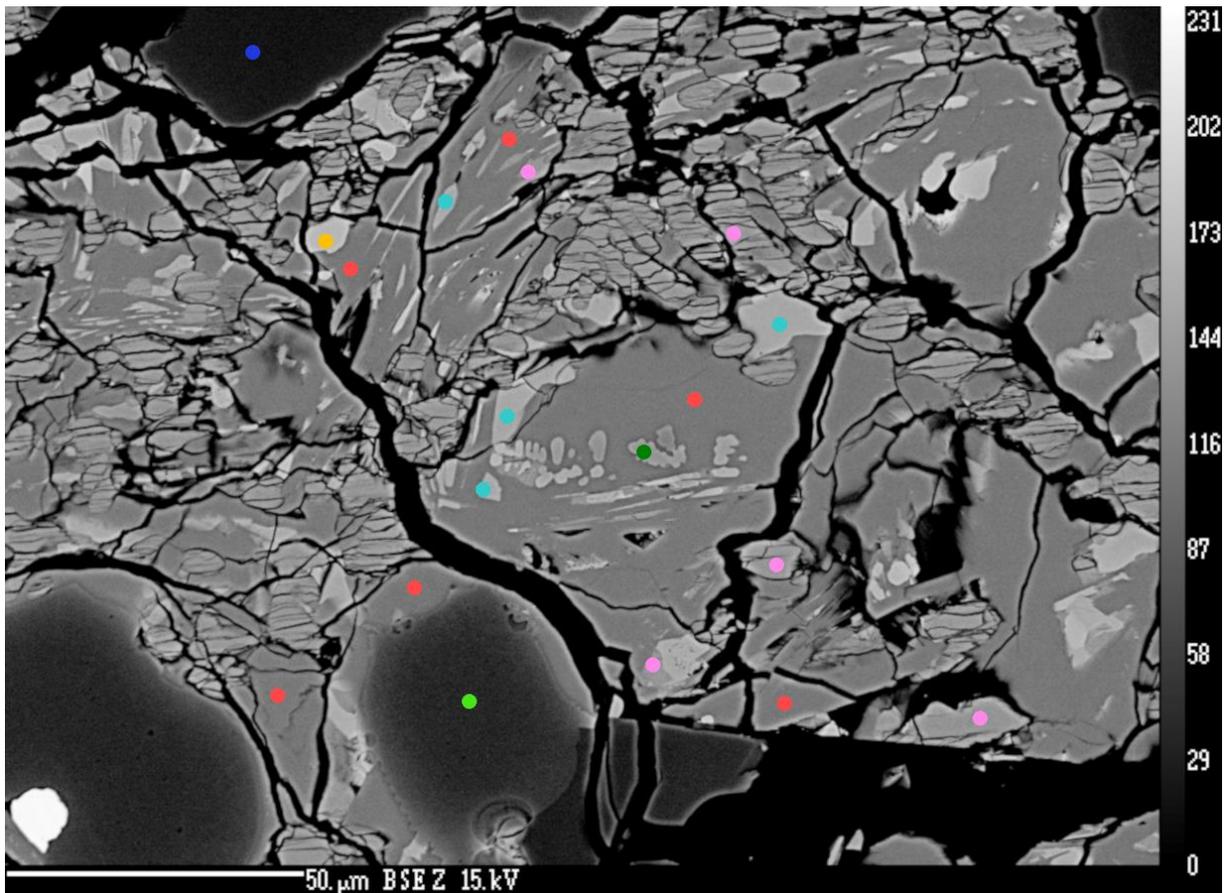


Abbildung 29: EMS Punktmessungen in der Probe V2B. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 12) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 13) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Orange	Magnesium-Manganoxid	$(\text{Mg,Mn})\text{O}$, Mg- und Mn-Anteile zw. 42% u. 57%
Dunkelgrün	Magnesium-Manganoxid	$(\text{Mg,Mn})\text{O}$, Mn-Anteil zw. 31% u. 33%
Rot	Ca-Aluminat	$(\text{Ca}_{0,5}\text{Mg}_{0,02-0,06})(\text{Al}_{0,30-0,034},\text{Si}_{0,06-0,09})_2\text{O}_4$
Türkis	Kalziumtitanat	CaTiO_3
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 12: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 29. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, türkis – Kalziumtitanat, blau – Spinell, grün – Periklas, orange – Magnesium-Manganoxid, dunkelgrün – Magnesium-Manganoxid (Mn 33%), rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
18 / 1 .	39,8369	0	0,0142	0,648	0,0035	1,9221	45,4214	7,734	2,02	97,6001
19 / 1 .	40,2674	0	0	0,7754	0	1,8974	44,5129	8,8888	1,2905	97,6326
21 / 1 .	40,3066	0	0,0254	1,303	0,0012	2,0098	45,3863	7,4007	1,5534	97,9862
22 / 1 .	39,8585	0	0,0311	0,3553	0	2,596	46,8422	6,6119	1,7146	98,0095
27 / 1 .	39,7789	0,0085	0	0,6294	0,1416	2,1426	43,6936	8,5348	1,3804	96,3099
32 / 1 .	40,7283	0,0103	0,0045	0,5228	0,1097	2,437	42,0438	10,1877	1,114	97,158
15 / 1 .	44,6333	0,0846	0,0025	37,4461	0	1,2869	11,7379	3,388	0,3647	98,9357
17 / 1 .	44,7998	0,104	0	36,0044	0,0069	0,8832	13,074	3,6201	0,3267	98,8192
28 / 1 .	44,8689	0,1025	0	37,181	0	0,6915	11,9783	3,6189	0,2317	98,6728
25 / 1 .	45,2902	0,1018	0,023	29,6416	0,0086	1,5181	14,6191	4,768	1,0144	96,9847
24 / 1 .	0,1318	0,3884	0,0201	0,3663	0,0051	2,6894	70,2974	0,0133	26,3222	100,2339
20 / 1 .	0,2169	0,0834	0,0577	0,1002	0,0056	10,843	0,3651	0,02	88,6753	100,3672
23 / 1 .	4,0082	0,0244	0	0,153	0,0139	63,665	0,2627	0,7484	31,4839	100,3596
16 / 1 .	2,8254	0,0259	0	0,137	0	45,0428	1,4211	0,215	51,1061	100,6894
26 / 1 .	63,3912	0,0026	0	0,627	0,0106	0,5521	1,2013	33,5577	0	99,3426
29 / 1 .	64,0368	0,0036	0,0036	0,5924	0	0,4443	0,2746	33,4856	0	98,8409
30 / 1 .	64,3023	0	0,0284	0,5093	0,0106	0,4996	0,1977	33,6896	0	99,2374
31 / 1 .	64,2615	0	0	0,4902	0	0,5321	0,2615	33,7585	0,0013	99,305
33 / 1 .	61,9565	0,0046	0,0045	0,5416	0,0189	0,7286	4,8199	30,8622	0,0062	98,9431

Tabelle 13: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 29. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Kalziumtitanat – 3O (türkis), Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Magnesium-Manganoxid – 1O (orange), Magnesium-Manganoxid – 1O (dunkelgrün), Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	Mg	Total
18 / 1 .	0,7609	0	0,0002	0,0087	0,0001	0,0290	1,9086	0,1379	0,0537	2,8991
19 / 1 .	0,7739	0	0	0,0105	0	0,0288	1,8820	0,1594	0,0345	2,8891
21 / 1 .	0,7696	0	0,0004	0,0175	0	0,0303	1,9064	0,1319	0,0413	2,8974
22 / 1 .	0,7530	0	0,0005	0,0047	0	0,0388	1,9468	0,1166	0,0451	2,9053
27 / 1 .	0,7775	0,0002	0	0,0086	0,0048	0,0331	1,8787	0,1557	0,0375	2,8962
32 / 1 .	0,8029	0,0003	0,0001	0,0072	0,0038	0,0380	1,8233	0,1874	0,0306	2,8935
15 / 1 .	0,9299	0,0026	0	0,5478	0	0,0212	0,5380	0,0659	0,0106	2,1160
17 / 1 .	0,9164	0,0031	0	0,5171	0,0002	0,0143	0,5884	0,0691	0,0093	2,1180
28 / 1 .	0,9318	0,0031	0	0,5422	0	0,0114	0,5472	0,0701	0,0067	2,1125
25 / 1 .	0,9247	0,0031	0,0004	0,4250	0,0003	0,0245	0,6567	0,0909	0,0288	2,1543
24 / 1 .	0,0034	0,0074	0,0004	0,0066	0,0002	0,0546	1,9844	0,0003	0,9399	2,9972
20 / 1 .	0,0016	0,0005	0,0003	0,0005	0,0001	0,0644	0,0030	0,0001	0,9271	0,9977
23 / 1 .	0,0400	0,0002	0	0,0011	0,0002	0,5021	0,0029	0,0070	0,4370	0,9904
16 / 1 .	0,0246	0,0002	0	0,0008	0	0,3100	0,0136	0,0017	0,6191	0,9701
26 / 1 .	1,9603	0,0001	0	0,0136	0,0006	0,0135	0,0409	0,9685	0	2,9974
29 / 1 .	1,9983	0,0001	0,0001	0,0130	0	0,0110	0,0094	0,9752	0	3,0070
30 / 1 .	1,9990	0	0,0007	0,0111	0,0006	0,0123	0,0068	0,9775	0	3,0080
31 / 1 .	1,9954	0	0	0,0107	0	0,0131	0,0089	0,9784	0,0001	3,0065
33 / 1 .	1,9225	0,0001	0,0001	0,0118	0,0010	0,0179	0,1645	0,8938	0,0003	3,0121

5.2.4.3 Linienprofile V2A

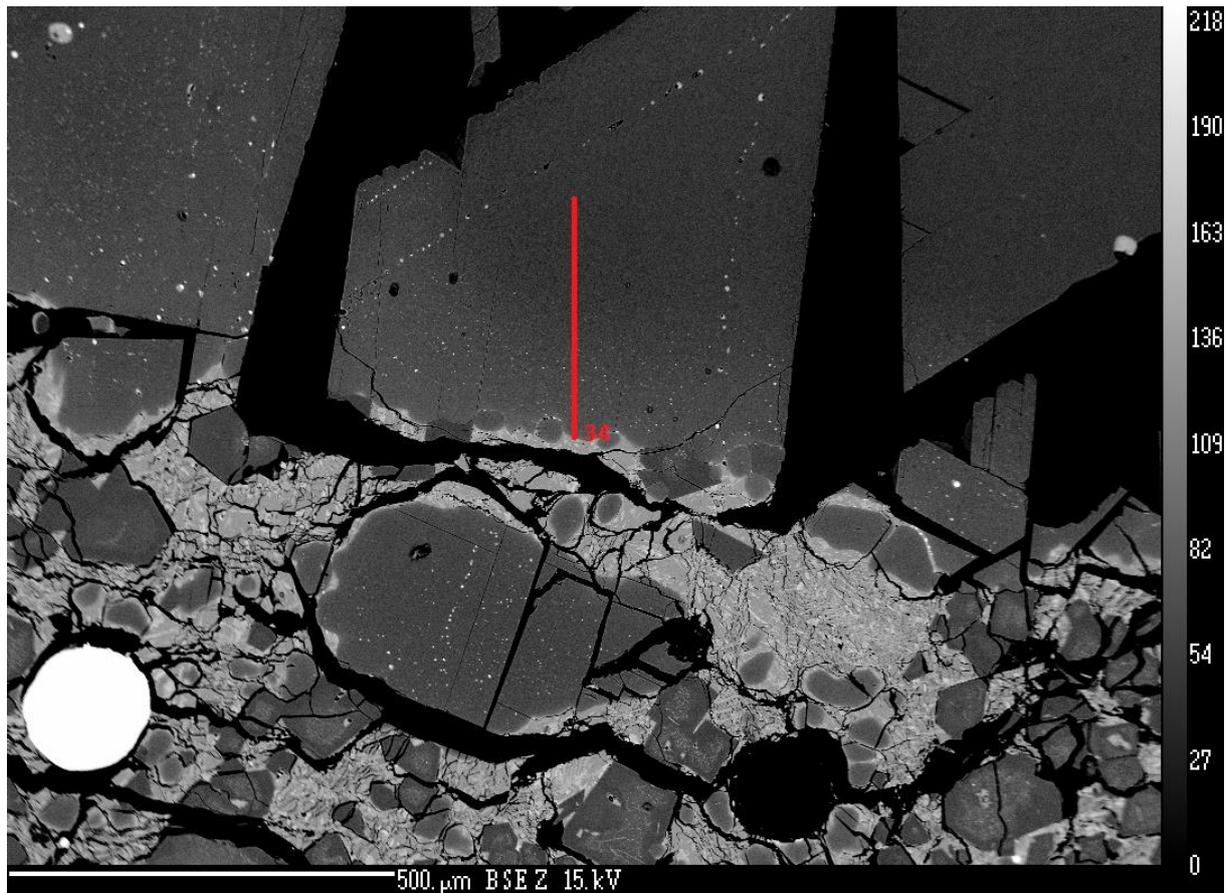


Abbildung 30: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V2A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 6).

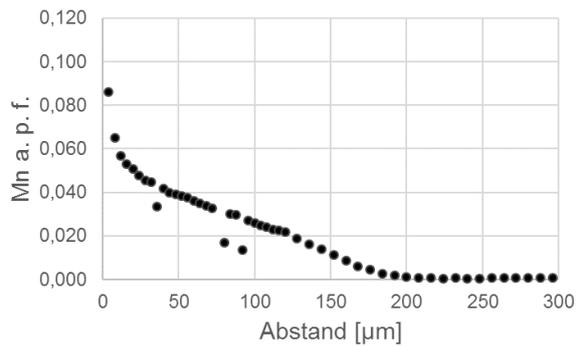
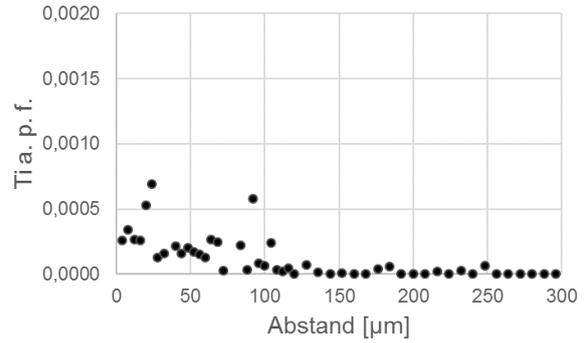
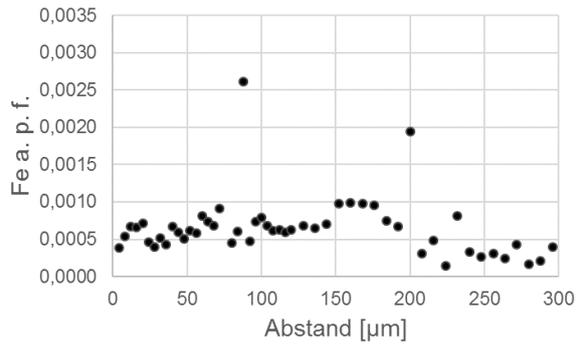
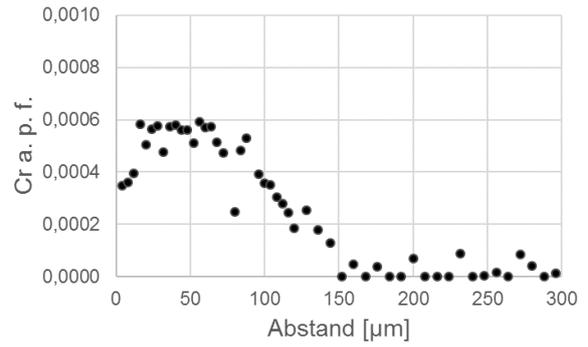
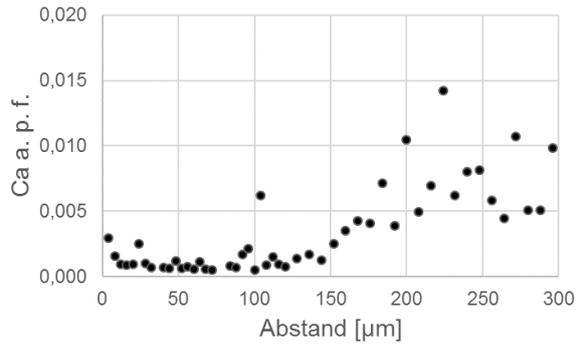


Diagramm 6: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

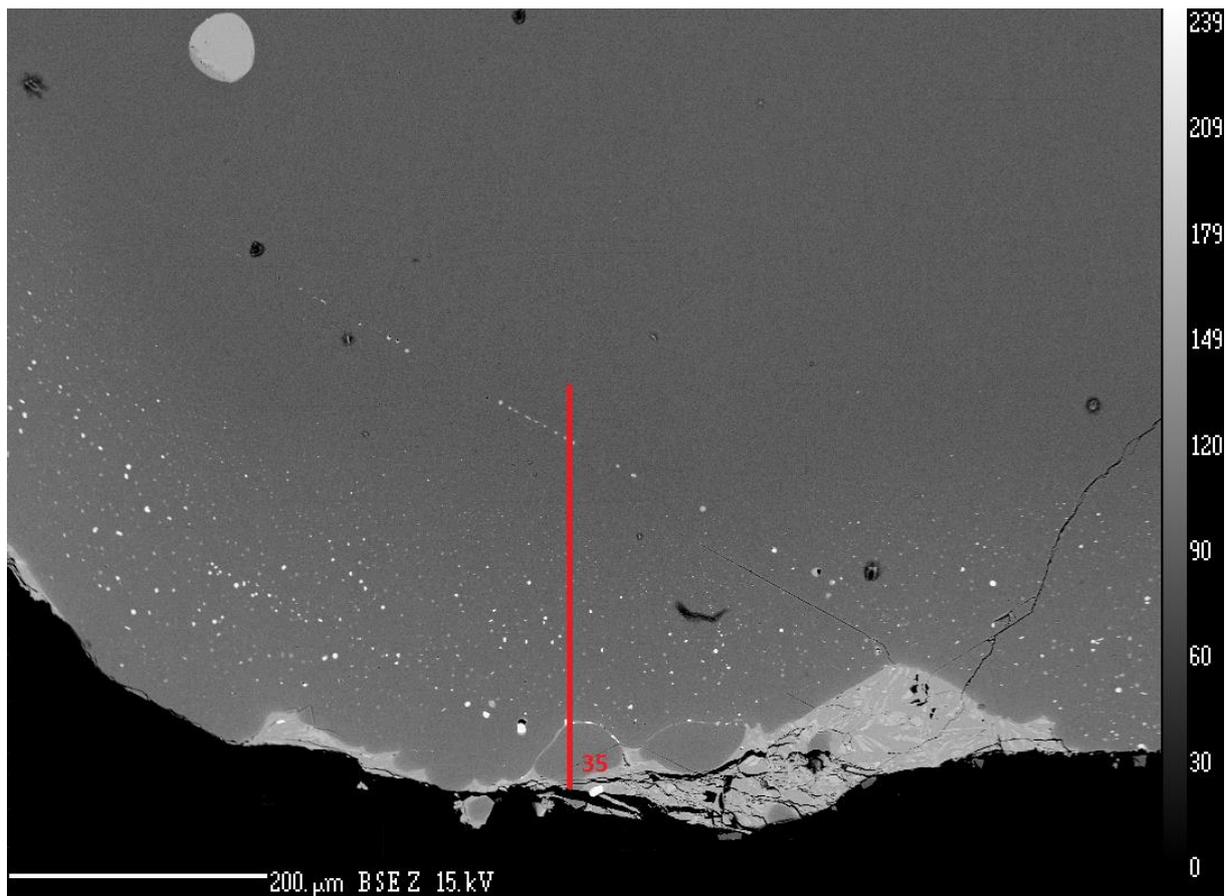


Abbildung 31: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V2A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 7).

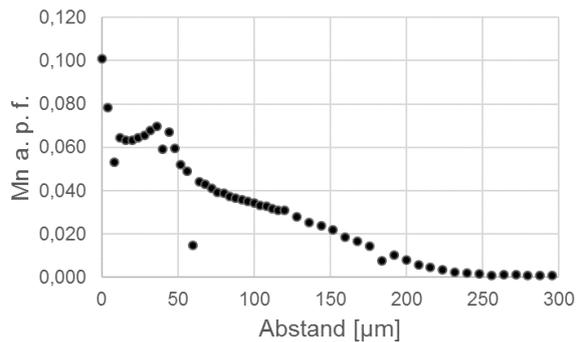
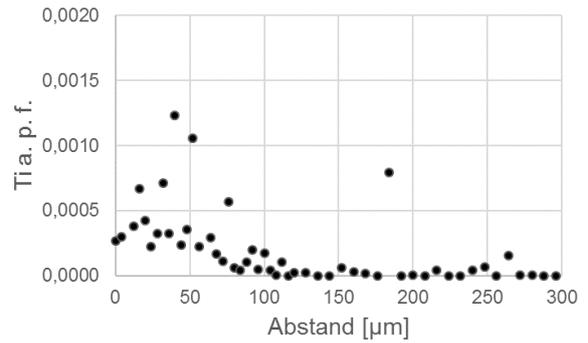
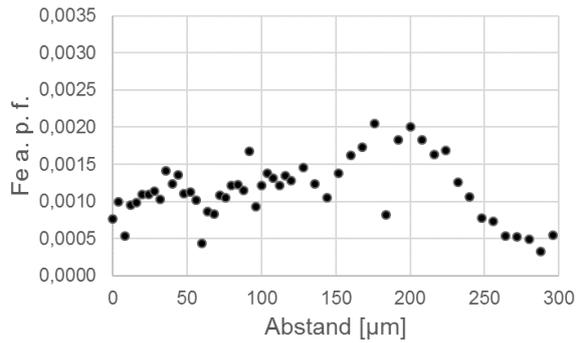
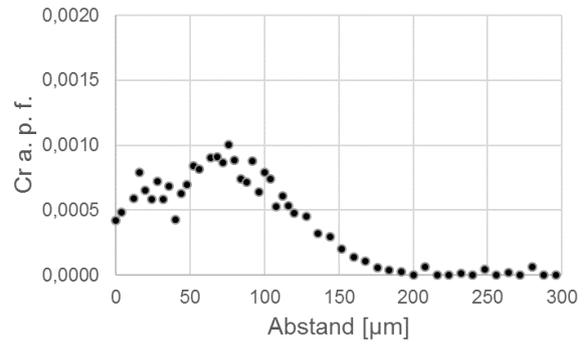
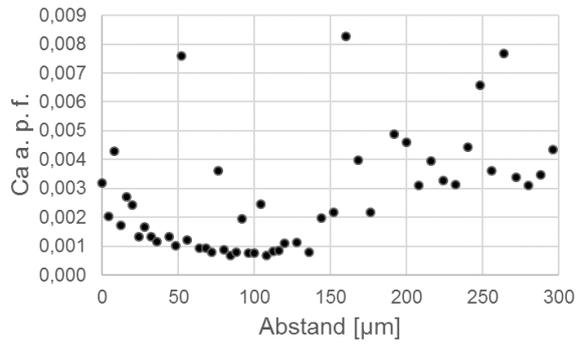


Diagramm 7: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.2.4.4 Linienprofile V2B

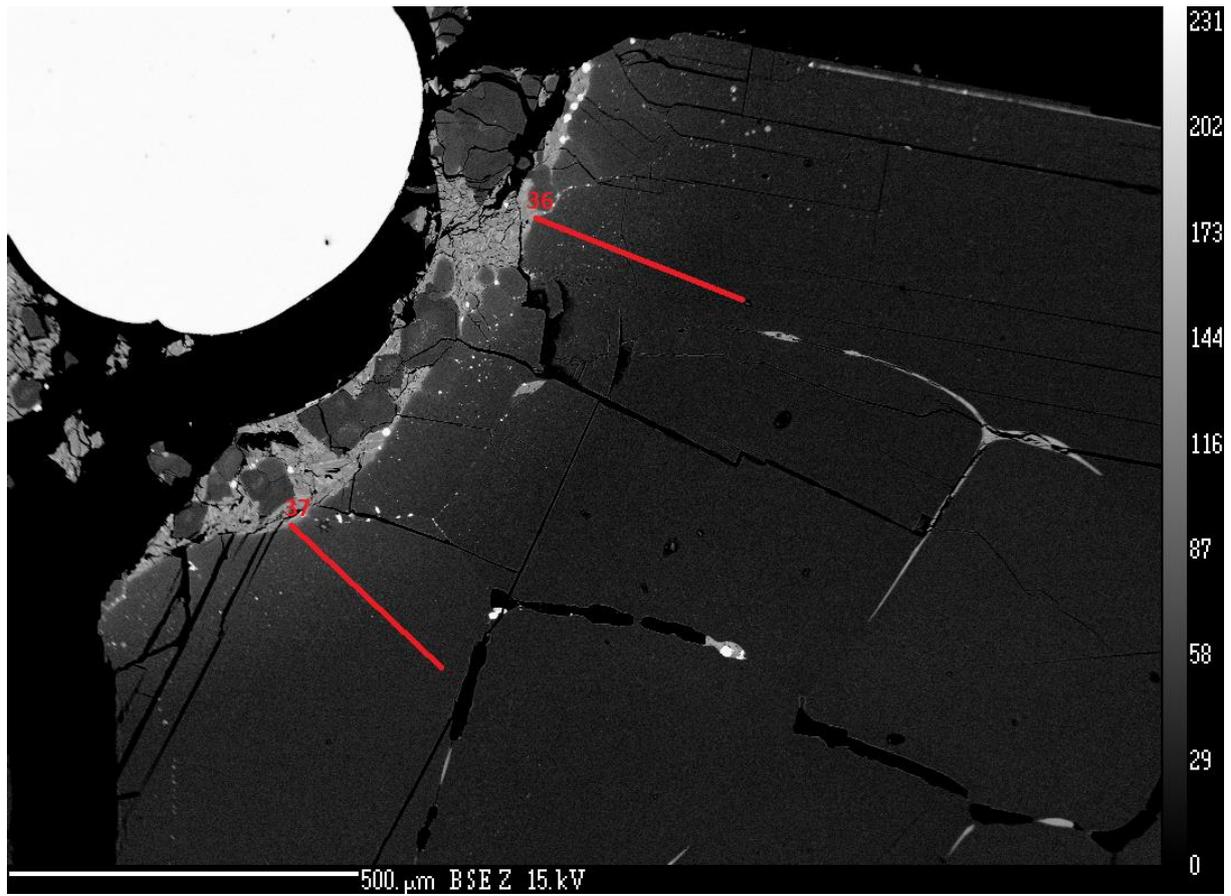


Abbildung 32: Die roten Linien zeigen zwei Linienprofile, welche im Periklas in der Probe V2B gemessen wurden. Die Messungen erfolgten von oben nach unten, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf den folgenden Seiten als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 8 u. Diagramm 9).

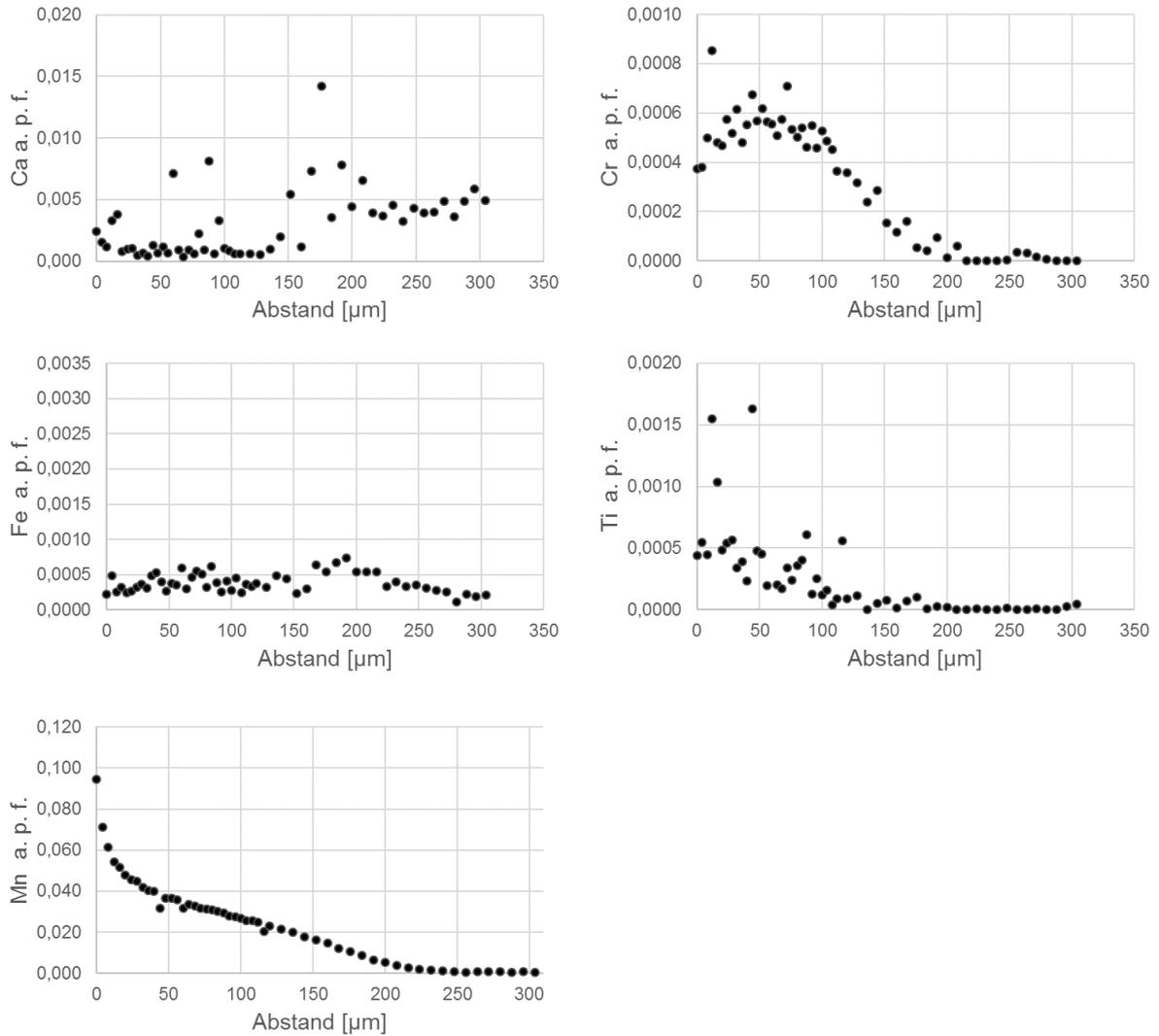


Diagramm 8: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

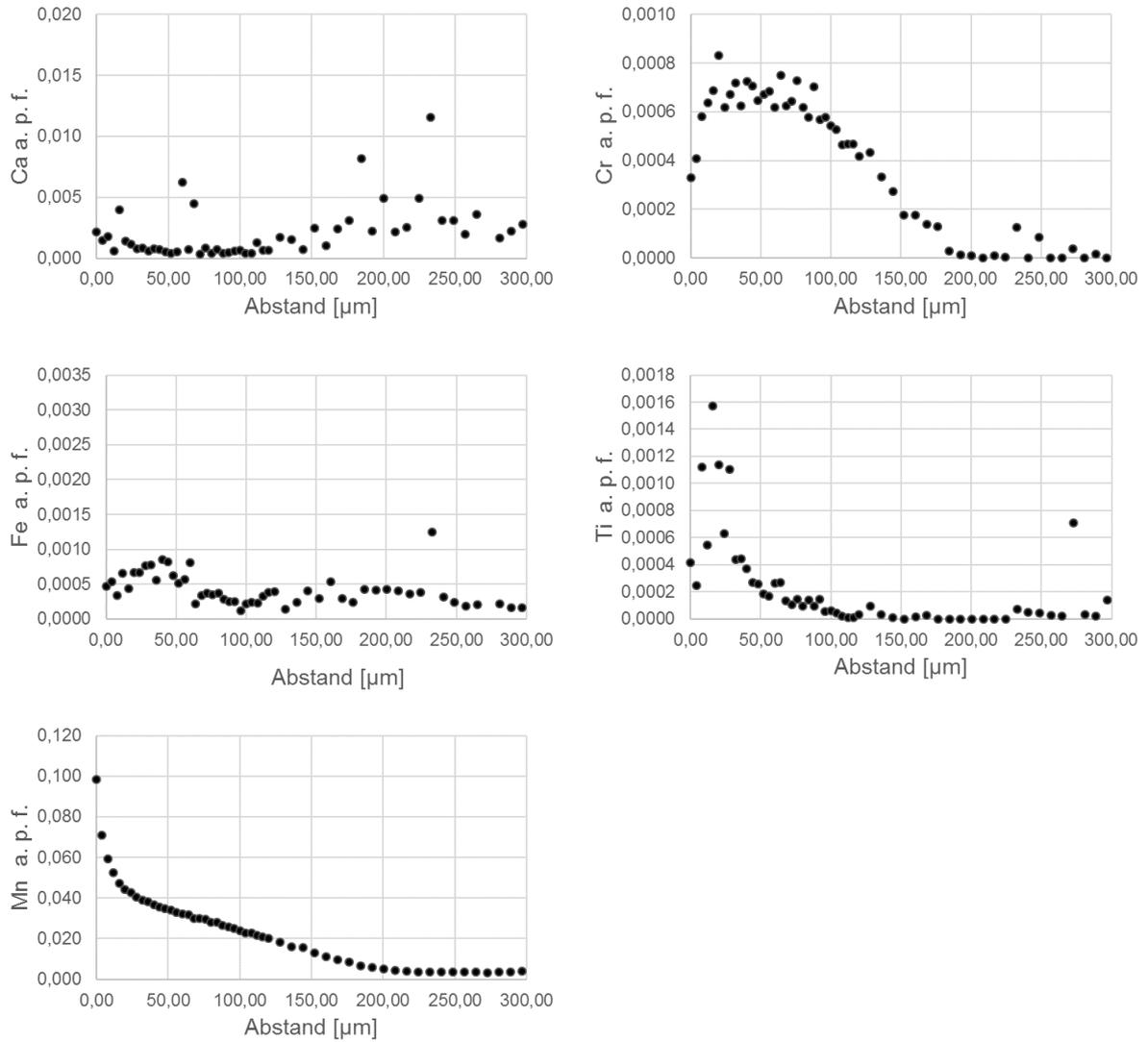


Diagramm 9: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in µm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.3 Probe V3

5.3.1 Ausgangsmaterial

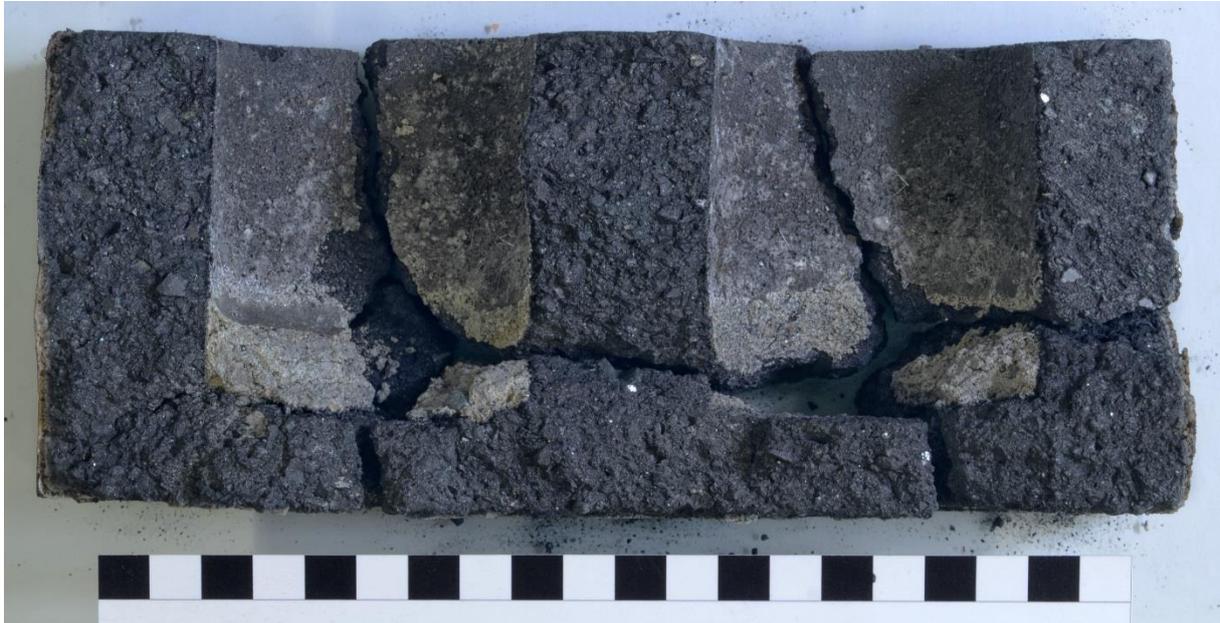


Abbildung 33: Probe V3 ist ein Low Quality Magnesia-Carbonstein Typ 0180 mit den Maßen 21x4,7x9cm, befüllt mit der finalen Schlackenzusammensetzung.

Die Probe V3 (Abb. 33) ist ein teergebundener Low Quality Magnesia-Carbonstein Typ 0180 mit hohem Bruchanteil. Die beiden zylinderförmigen Öffnungen wurden mit Schlackentyp 2 befüllt und im Konverter mit einer Aufheizrate von ca. $4,6^{\circ}\text{C}/\text{min}$ auf die Zieltemperatur 1650°C erhitzt. Diese Zieltemperatur wurde drei Stunden lang konstant gehalten, gefolgt von kontrolliertem Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Abkühlrate von ca. $4,6^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Dieses Verfahren führte zu einem Spannungsriss und in weiterer Folge zum Bruch in 6 Stücke. Dabei wurde ein Teil der, für die Messung relevanten, Kontaktzonen am Zylinderboden und den Zylinderseiten zerstört. Im Großteil des Zylinders A und der rechte untere Bereich des Zylinders B blieb die Kontaktzone, inklusive der porösen, hellgrauen Schlacke, erhalten. Sowohl die Schlacke im Zylinder A als auch im Zylinder B zeigt Metallkugeln mit Durchmessern zwischen 1mm und 5mm.

5.3.2 Polarisationsmikroskop

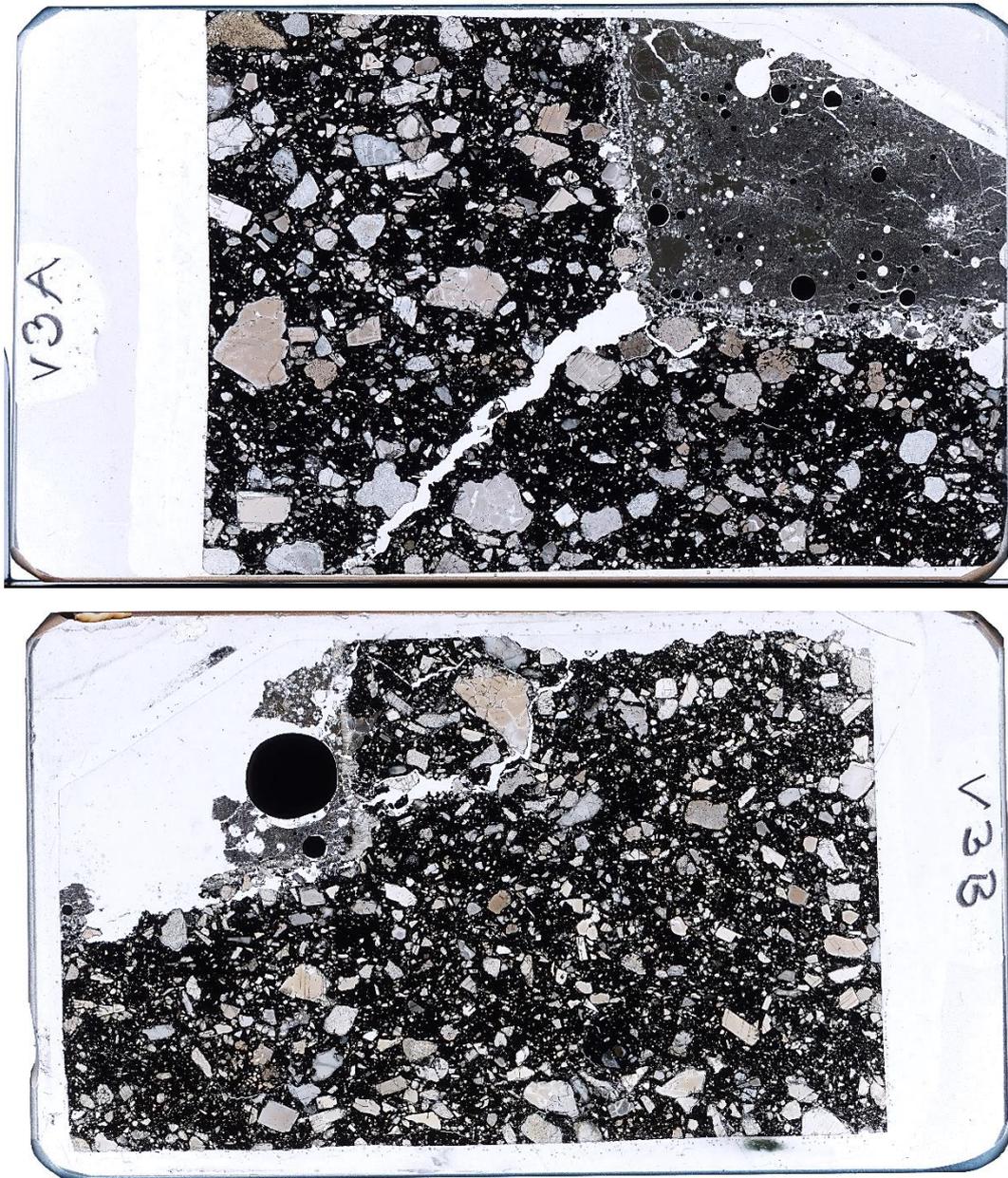


Abbildung 34: Übersichtsaufnahmen der Dünnschliffe von Probe V3 (Abb. 33) aus den Zylindern A und B (Abb.1). Die Aufnahme oben ist die Probe V3A und zeigt die Schlacke in der rechten oberen Ecke. Die Aufnahme unten ist die Probe V3B und zeigt die Schlacke in der linken oberen Ecke.

5.3.2.1 Dünnschliff V3A Kontaktzone

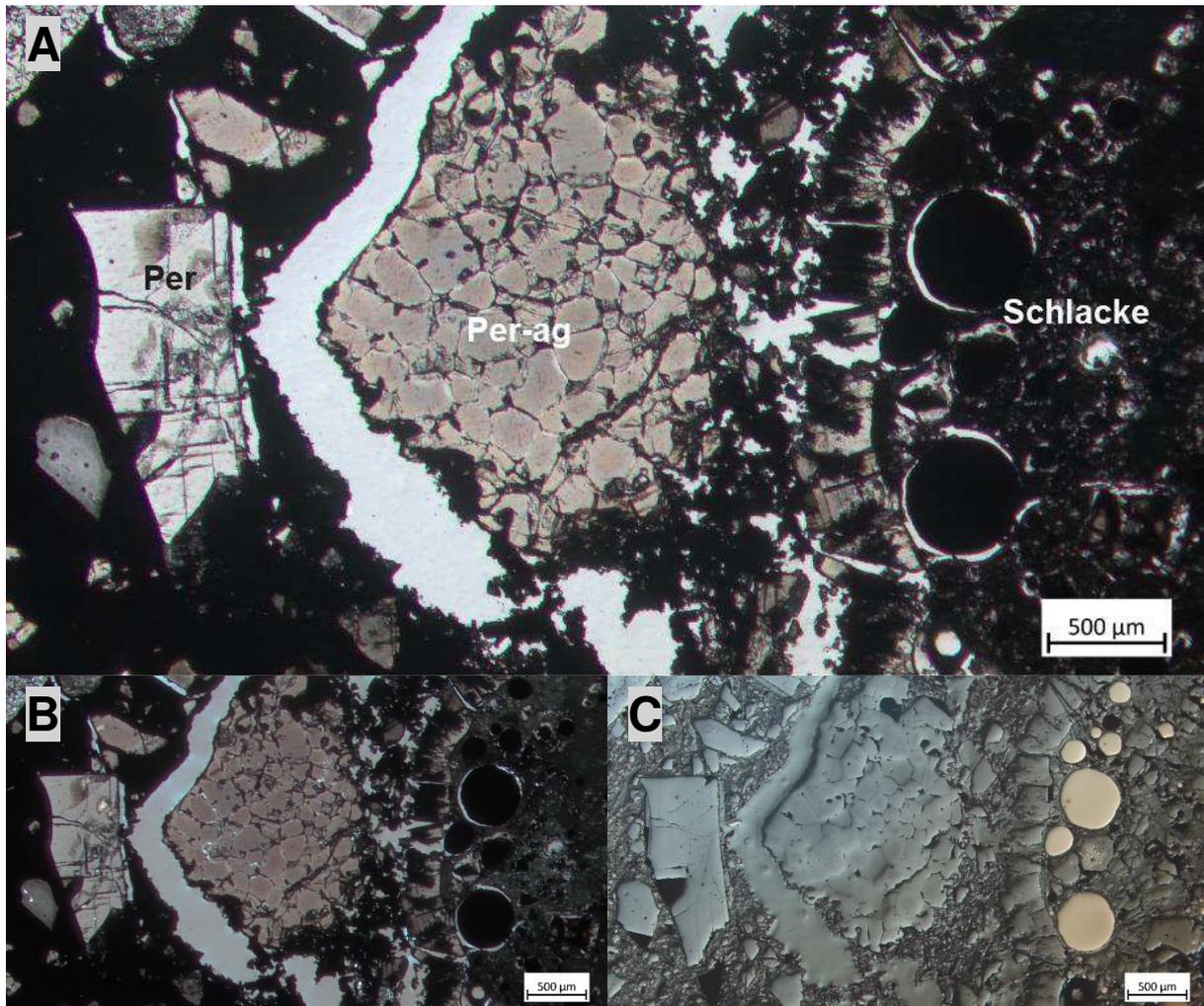


Abbildung 35: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (links) und Schlacke (rechts) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Das Periklasaggregat (Per-ag) vom Typ 1 in der Mitte der Abbildung hat sich während der Präparation vom Magnesia-Carbonstein gelöst. Auffällig sind die, im Auflicht weiß erscheinenden, Querschnitte der Eisenkugelchen in Abbildung 35C. Sie treten gehäuft entlang des Kontaktbereiches von Magnesia-Carbonstein und Schlacke auf.

Die *erste Abbildung* (35A) zeigt links den Magnesia-Carbonstein bestehend aus mehreren kleinen und einem 1,5mm großen, weiß bis hellgrauen Periklaskristall, umgeben von schwarzer, organischer Matrix. Auf der rechten Seite ist die sehr feinkörnige, dunkelgrau bis schwarze Schlacke. Am linken Rand der Schlacke sind einige dicht aneinander gereihte, hellbraune, kleine Periklaskörner, welche scheinbar zum Teil von dem organischen Anteil des Magnesia-Carbonsteins absorbiert wurden. Rechts davon befinden sich zwei große, schwarze Eisenkugelchen mit einem Durchmesser von ca. 500µm, besser erkennbar in Abbildung 35C. In der Mitte der Abbildung ist ein 2,5mm großes, hellbraunes bis hellgraues Periklasaggregat vom Aggregattyp 1, das sich während der Präparation vom Magnesia-Carbonstein gelöst hat. In der *Abbildung 35B*, aufgenommen mit gekreuzten Polarisatoren, erscheint die Schlacke grau bis braun und die weiterhin schwarzen Eisenkugelchen sind besser erkennbar. Deutlich zu sehen sind die, im Auflicht weiß erscheinenden, Eisenkugelchen in *Abbildung 35C*. Sie reflektieren das Licht und heben sich deutlich von der hellgrau erscheinenden Schlacke ab. Auffällig ist auch ihre Anordnung entlang des Kontaktbereiches von Magnesia-Carbonstein und Schlacke.

5.3.2.2 Dünnschliff V3A Magnesia-Carbonstein

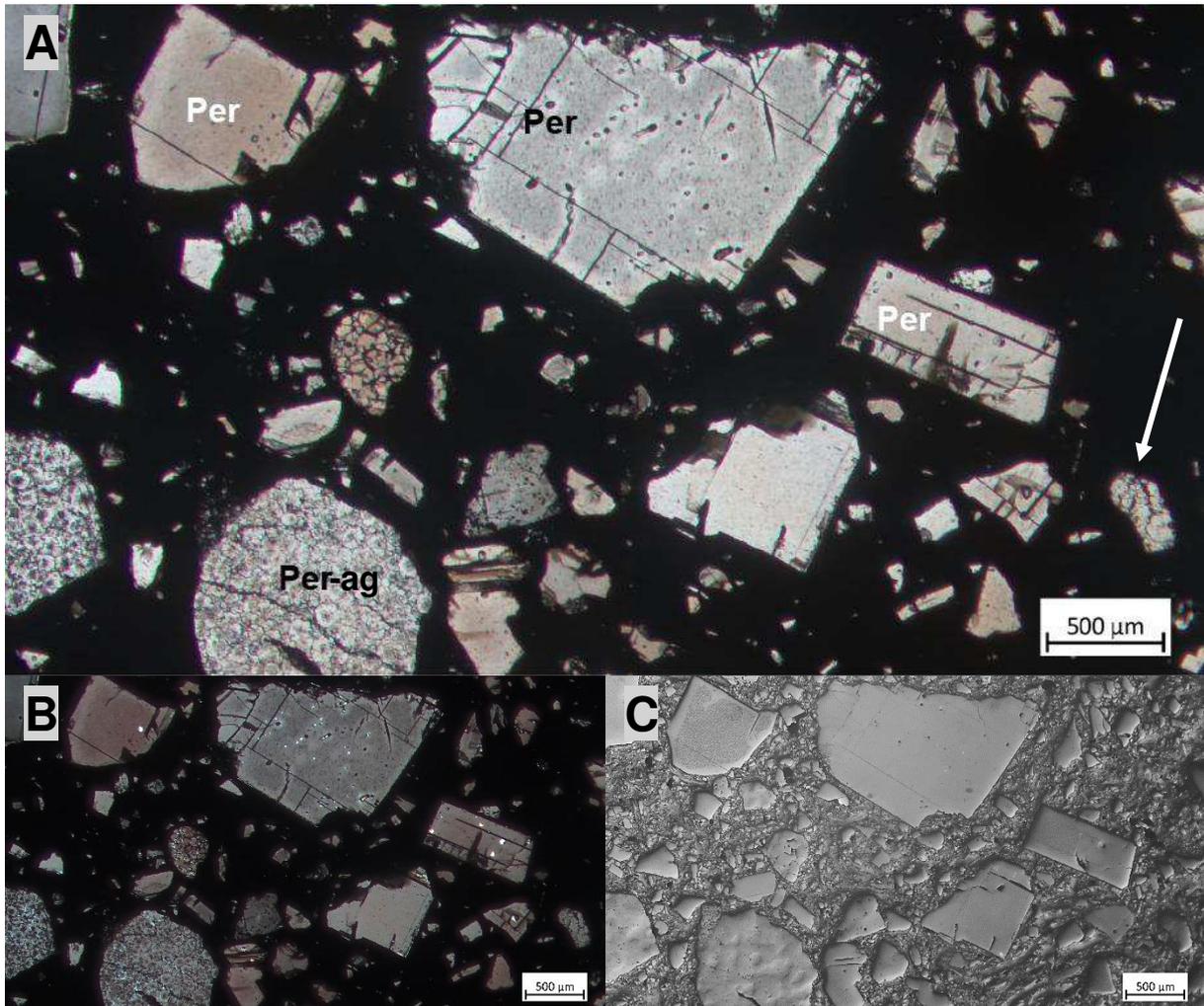


Abbildung 36: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (1), gekreuzten Polarisatoren (2) und Auflicht (3), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Zu sehen sind, ähnlich den Proben V1 und V2, sowohl idiomorphe Periklase als auch Periklasaggregate umgeben von organischer Matrix.

Abbildung 36A zeigt den Magnesia-Carbonstein der Probe V3A aufgenommen mit parallelen Polarisatoren. Er besteht aus vier größeren Periklaskörnern, vielen kleineren Periklaskörnern und vier Periklasaggregaten (Aggregattyp 1) umgeben von opaker, schwarzer Matrix. Die vier größeren Periklaskörner sind grau, braun oder weiß, zwischen 750µm und 1,75mm lang und zeigen deutliche Spaltbarkeit. Die kleineren Periklaskörner variieren farblich ebenfalls zwischen grau, braun und weiß und sind <375µm. Die Periklasaggregate bestehen aus einer Vielzahl von gerundeten, ca. 50µm großen Periklaskörnern zusammengesintert zu einem großen Korn. Drei der vier Sinteraggregate sind in der linken unteren Bildhälfte zu sehen (zwei weiß-gräulich, eines braun). Das Vierte ist weiß-gräulich, in der rechten unteren Bildhälfte und nur 375µm groß (siehe Abb. 36A, weißer Pfeil). *Bei gekreuzten Polarisatoren* (Abb. 36B) sind Zwischenräume und Löcher erkennbar durch ihr helles Aufleuchten. Im Vergleich zu Abbildung 23B sind die Aggregate dichter gepackt und das Leuchten der Zwischenräume deutlich geringer. *Abbildung 36C* zeigt den Magnesia-Carbonstein im Auflicht. Die Periklaskörner haben eine ebenmäßige, glatte Oberfläche im Gegensatz zur unregelmäßigen Oberfläche der Aggregate.

5.3.2.3 Dünnschliff V3B Kontaktzone

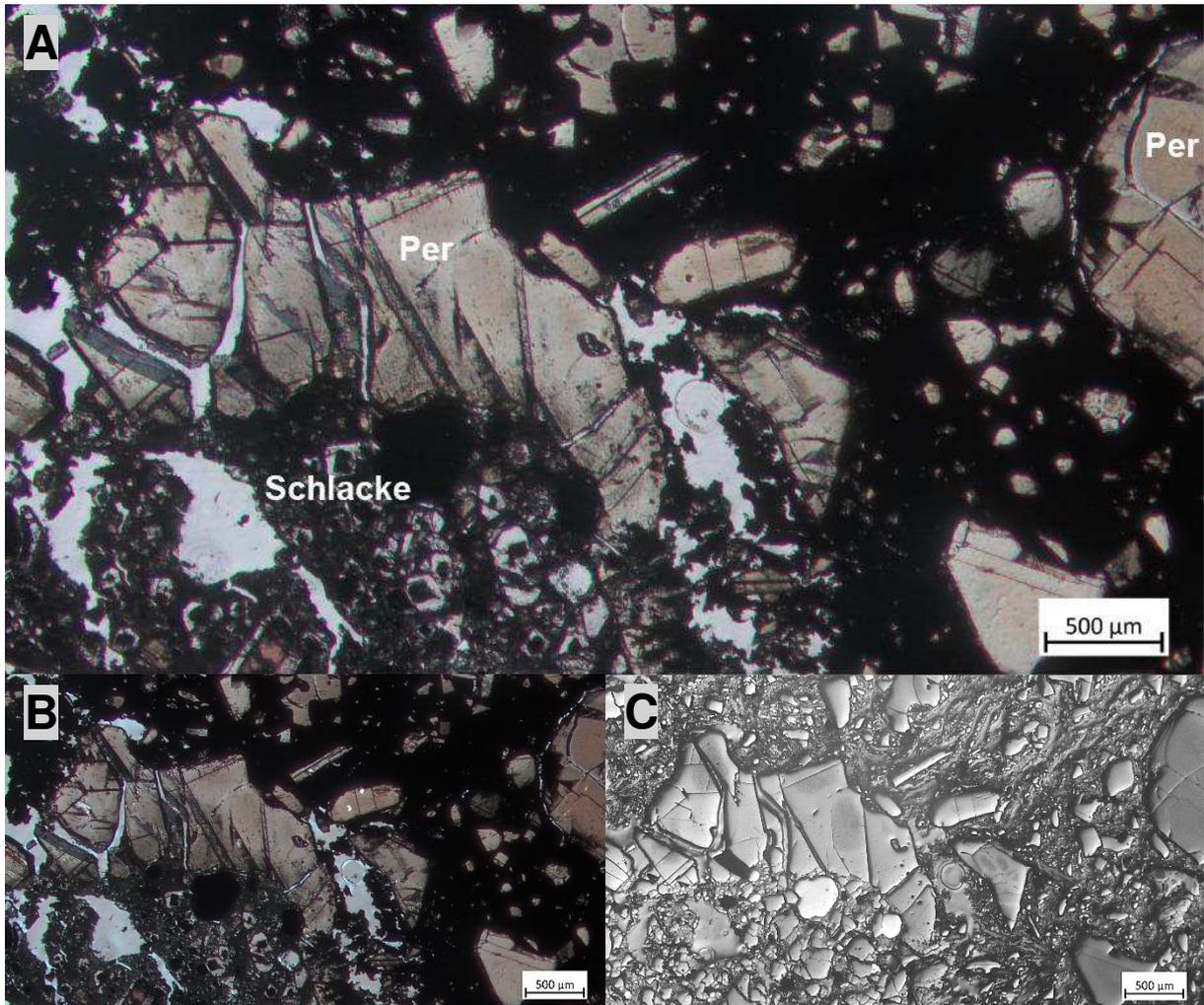


Abbildung 37: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (oben und rechts) und Schlacke (unten links) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Der Ausschnitt zeigt zu ca. drei Viertel den Magnesia-Carbonstein bestehend aus einem 3mm großen, zerbrochenen Periklas, einigen deutlich kleineren Periklaskörnern und organischer Matrix. Im Auflicht sind kaum weiß erscheinende Eisenansammlungen erkennbar.

Abbildung 37A zeigt einen ca. 3mm langen, in mehrere Teile zerbrochenen Periklas in der Kontaktzone von Schlacke und Magnesia-Carbonstein. Oberhalb und rechts vom bräunlich-grauen Periklas ist der Magnesia-Carbonstein bestehend aus Periklaskörnern unterschiedlicher Größe (25µm-1,5mm) und schwarzer, opaker Matrix zu sehen. Unterhalb ist die sehr feinkörnige, dunkelgrau bis schwarze Schlacke zu erkennen. Die darin enthaltenen runden, opaken Querschnitte der schwarzen Eisenkügelchen sind besser erkennbar bei parallelen Polarisatoren (Abb. 37B) und im Auflicht (Abb. 37C). Die weißen, unregelmäßigen Flächen links und rechts vom Periklas sind während der Präparation entstanden und enthalten kein Probenmaterial. In *Abbildung 37B* sind sie besser erkennbar. Durch ihre helle bläuliche Farbe heben sie sich deutlich vom dunklen Probenmaterial ab. Auch die schwarzen, runden Querschnitte der Eisenkügelchen sind in der, nun helleren grauen Schlacke, besser zu erkennen. In *Abbildung 37C* erscheinen die bis zu 400µm großen Eisenansammlungen hellgrau bis weiß. Im Auflicht wird die schlierenartige Struktur der Matrix im Magnesia-Carbonstein sichtbar und die glatte, ebenmäßige Oberfläche der Periklaskörner.

5.3.2.4 Dünnschliff V3B Magnesia-Carbonstein

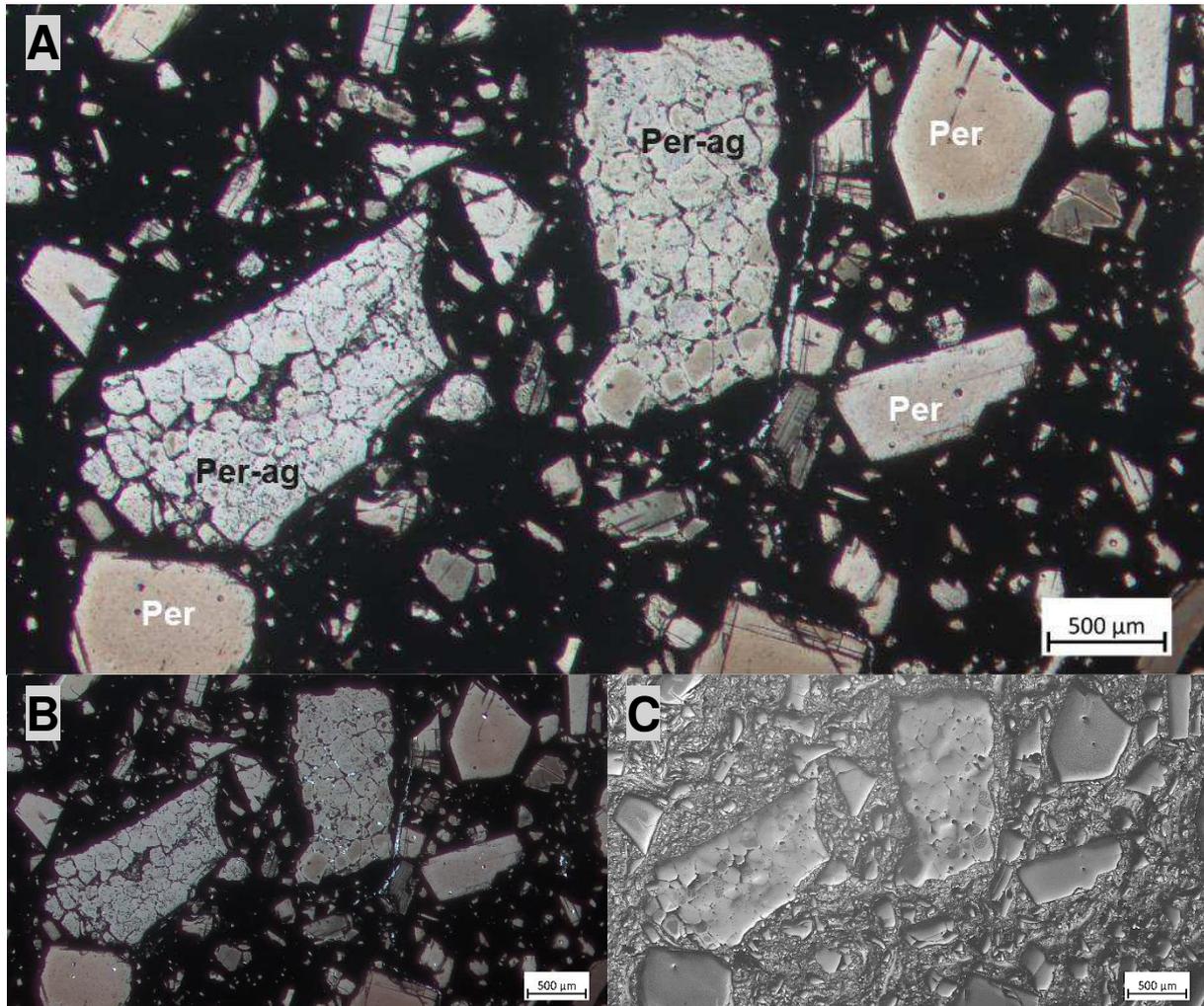


Abbildung 38: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Ähnlich Abbildung 36 sind im matrixgestützten Magnesia-Carbonstein wenige Periklasaggregate und viele unterschiedlich große Periklasbruchstücke umgeben von organischem Material.

Abbildung 38A zeigt zwei große, 1,5mm lange Periklasaggregate (Aggregattyp 1) und vier kleinere Periklaskörner (750µm) mit kaum sichtbarer Spaltbarkeit. Die Periklasaggregate bestehen aus vielen, zwischen 25µm und 250µm großen, zusammengesinterten, runden oder stark abgerundeten Körnern in den Farben Weiß und Hellgrau. Die beiden 750µm langen Periklaskörner am unteren Bildrand und der Periklas rechts oben in der Abbildung zeigen eine hellbraune Färbung. Der Vierte in der Mitte der rechten Bildhälfte ist weiß-gräulich. Die übrigen, deutlich kleineren Periklaskörner (<500µm) variieren farblich zwischen dunkelbraun, dunkelgrau und hellgrau. Alle Periklase sind in einem matrixgestützten Gefüge, umgeben von einer opaken, schwarzen Matrix. Auf *Abbildung 38B* sind bei dem großen Periklasaggregat in der Mitte vereinzelt die Zwischenräume in den gepressten Körnern zu sehen. Sie leuchten hell im Vergleich zum dunkelgrau/schwarzen Rest des Schliffes (vergleiche Abb. 23B). *Im Auflicht* (38C) werden die Unterschiede der Oberflächenstrukturen deutlich. Die Aggregate zeigen eine unregelmäßige Oberfläche, im Gegensatz zu den völlig ebenen Oberflächen der Periklaskörner.

5.3.3 Rasterelektronenmikroskop (REM)

5.3.3.1 BSE Aufnahmen V3A

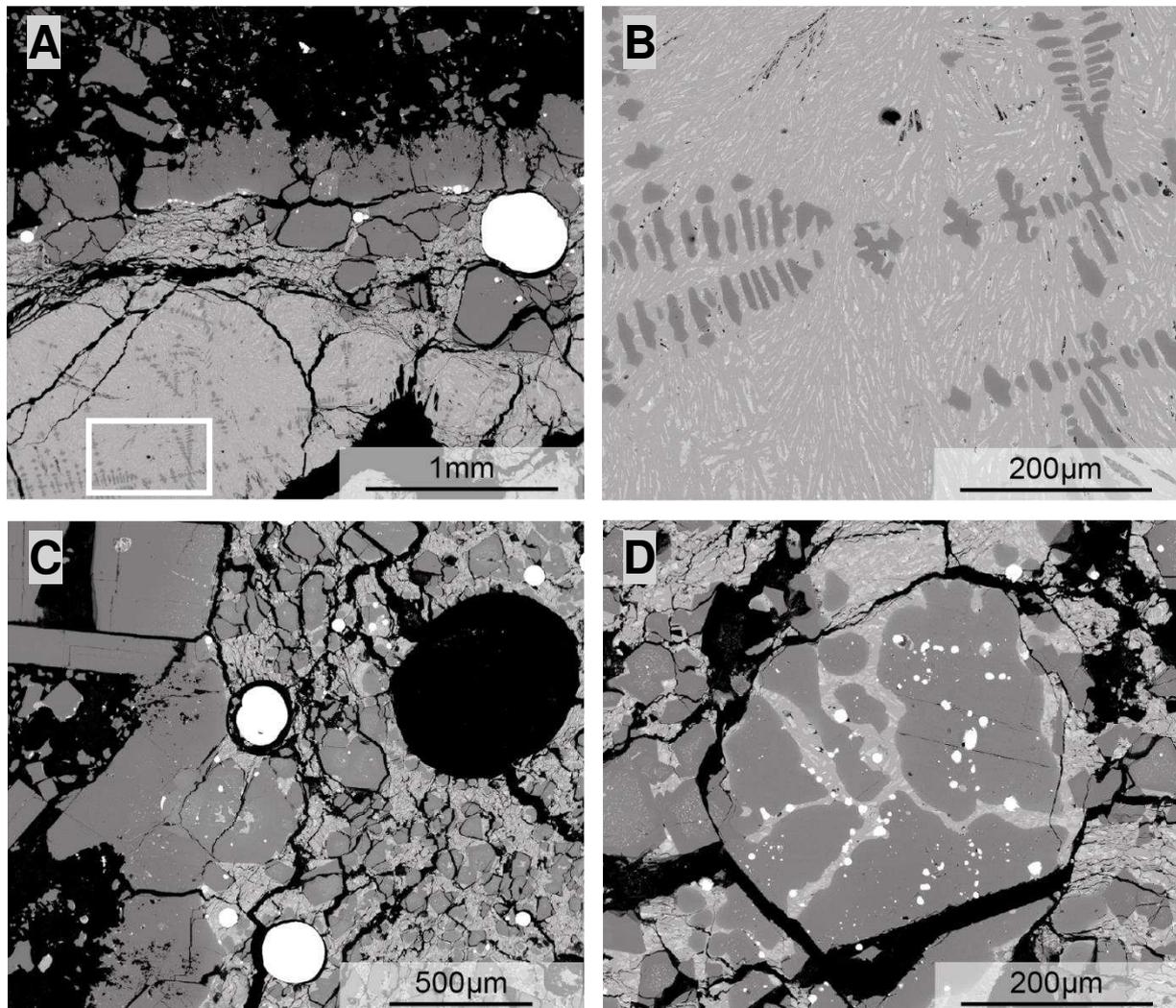


Abbildung 39: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke bzw. nur Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein in der oberen Bildhälfte, Schlacke in der unteren Bildhälfte, welche direkt am Kontakttrand brüchig und weiter entfernt vom Magnesia-Carbonstein sehr kompakt erscheint, für Details ist, mit weißem Rechteckrahmen, markierter Bereich vergrößert worden, (B) Detailaufnahme der Schlacke, entspricht markiertem Bereich in Abbildung 39A, hellgrau erscheinende, nadelartige Aggregate umgeben von einer mittelgrau erscheinenden Matrix, dunkelgrau erscheinende Phase zeigt dendritische Struktur, (C) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein in der linken Bildhälfte, Schlacke in rechten Bildhälfte zeigt brüchige Struktur, schwarz erscheinender Kreis ist kein Probenmaterial, (D) Detailaufnahme der Schlacke, großes Periklasrelik in der Mitte zeigt Anzeichen von Umwandlungsprozessen, vergleiche Abbildung 26D.

Die obere Hälfte der Abbildung 39A zeigt den Magnesia-Carbonstein bestehend aus im BSE Bild dunkelgrau erscheinenden, 250-500µm langen Periklaskörnern und schwarzer Matrix. In dem 250-750µm breiten Bereich direkt darunter sind einige abgerundete Bruchstücke (<375µm) umgeben von einer hell- bis mittelgrau erscheinenden Schlacke mit brüchiger Struktur zu erkennen. Die untere Bildhälfte von Abbildung 39A zeigt eine farblich ähnliche aber deutlich kompaktere Struktur, die nahezu frei von Rissen oder Brüchen ist. Für eine detailliertere Beschreibung wurde das, mit einem weißen Rechteckrahmen, markierte Areal vergrößert aufgenommen (siehe Abb. 39B). Der Großteil, der Eisenkügelchen, in dieser Probe, befindet sich entlang der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke. Ihre Durch-

messer sind $>50\mu\text{m}$ mit Ausnahme einer Eisenkugel rechts oben in der Abbildung. Ihr Querschnitt hat einen Durchmesser von ca. $500\mu\text{m}$.

Abbildung 39B ist eine Vergrößerung des, mit einem weißen Rechteckrahmen markierten, Bereiches in Abbildung 39A. Er zeigt eine sehr feinkörnige, kompakte Masse bestehend aus hellgrau erscheinenden, nadelartigen Aggregaten umgeben von einer mittelgrau erscheinenden Matrix. Zusätzlich dazu zeigt die Abbildung 39B längliche dunkelgrau erscheinende Körner mit einer Länge zwischen 25 und $100\mu\text{m}$. Sie sind regelmäßig angeordnet in Reihen, jeweils die längeren Kornseiten parallel zueinander. Im rechten Winkel dazu gibt es oft neue Stränge, welche sich noch weiter verzweigen können. Diese Form wird als dendritische Struktur bezeichnet.

Abbildung 39C zeigt eine Kontaktzone ähnlich denen von Probe V1 und Probe V2. Links ist der Magnesia-Carbonstein mit 400 - $830\mu\text{m}$ langen, im BSE Bild dunkelgrau erscheinenden Periklaskörnern umgeben von schwarz erscheinender Matrix. Rechts davon befindet sich die Schlacke bestehend aus dunkelgrau erscheinenden Spinellkörnern und Periklasrelikten ($L < 330\mu\text{m}$) und brüchiger, hell- bis mittelgrau erscheinender Matrix. Die weiß erscheinenden Kreise (Querschnitte der Eisenansammlungen) sind unregelmäßig verteilt und variieren sehr stark im Durchmesser. Die beiden größeren Kügelchen in der Mitte und in der Mitte unten sind ca. $230\mu\text{m}$ groß. Die kleineren haben einen Durchmesser von $<85\mu\text{m}$. Die schwarze, kreisförmige Fläche rechts oben im Bild entstand durch das Ausbrechen eines dieser Kügelchen. Elementares Eisen in Kugelform ist nur schwer zu präparieren.

Abbildung 39D wurde unabhängig von Abbildung 39C aufgenommen und zeigt ein vergrößertes Periklasrelikt in der Schlacke. Das $400\mu\text{m}$ große Bruchstück in der Mitte ist umgeben von weiteren deutlich kleineren, dunkelgrau erscheinenden Periklasrelikten und Spinellkörnern, von hell- bis mittelgrau erscheinender Schlacke und von Löchern (schwarz). Es zeigt große Ähnlichkeit mit dem Periklasrelikt der Probe V2 (siehe Abb. 26D). Auch hier ist eine stark angegriffene interne Struktur erkennbar, mit kleinen, weiß erscheinenden Ansammlungen von elementarem Eisen ($\leq 25\mu\text{m}$). Beides sind Anzeichen für einen Umwandlungsprozess.

5.3.3.2 BSE Aufnahmen V3B

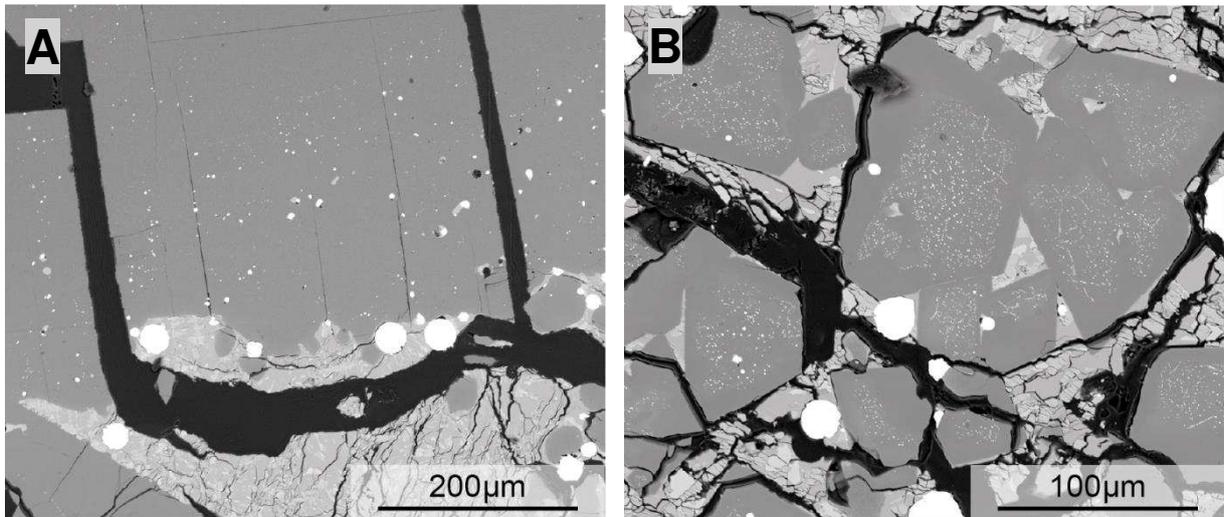


Abbildung 40: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke bzw. nur Schlacke: (A) Detailaufnahme, Periklas des Magnesia-Carbonsteins in der oberen Bildhälfte, Schlacke in der unteren Bildhälfte, Periklas wird am Kontaktrand kontinuierlich in andere Phasen umgewandelt, (B) Detailaufnahme der Schlacke zeigt Spinelle mit einschussfreien Rändern und Fe-reichen Präzipitaten im Inneren.

Der Periklas in Abbildung 40A ist Teil des Magnesia-Carbonsteins, welcher am unteren Ende mit der Schlacke in Berührung kommt. Bei dieser Vergrößerung sind deutlich die wellen- bis beulenartigen Ränder des dunkelgrau erscheinenden Periklas und die kontinuierliche Umwandlung in andere Phasen (hell- bis mittelgrau) erkennbar. Weiters hat sich elementares Eisen entlang dieser Zone angesammelt und 10 bis 30µm große, im BSE Bild weiß erscheinende Kügelchen gebildet (vergleiche Abbildung 11B).

Abbildung 40B ist eine vergrößerte Abbildung der Schlacke in der Probe V3B. Sie zeigt im BSE Bild dunkelgrau erscheinende, großteils eckige Spinellkörner, umgeben von hell- bis mittelgrau erscheinender Schlacke und schwarz erscheinenden Rissen (Löcher). Dazwischen befinden sich, unregelmäßig verteilt, die weiß erscheinenden Querschnitte von Eisenkügelchen (3-25µm). Auch hier ist wie in Abbildung 10D (Probe V1) und Abbildung 27B (Probe V2) ein Zonarbau in den Spinellkörnern erkennbar. Die Kernbereiche weisen zahlreiche sub-µm große Einschlüsse einer im BSE Bild hellgrau erscheinenden Phase auf, umgeben von einem 100 bis 150µm breiten, äußeren, praktisch einschussfreien Rand. Basierend auf chemischen Trends, die mittels EMS analysiert wurden, werden diese Einschlüsse als Fe-reiche Präzipitate interpretiert. Die Anordnung der Präzipitate, im Inneren des Spinells, scheint mit der äußeren Kornform zu korrelieren, was einen Zusammenhang zwischen dem Zonarbau und dem Eindringen der Schlacke nahelegt.

5.3.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)

5.3.4.1 Punktmessungen V3A

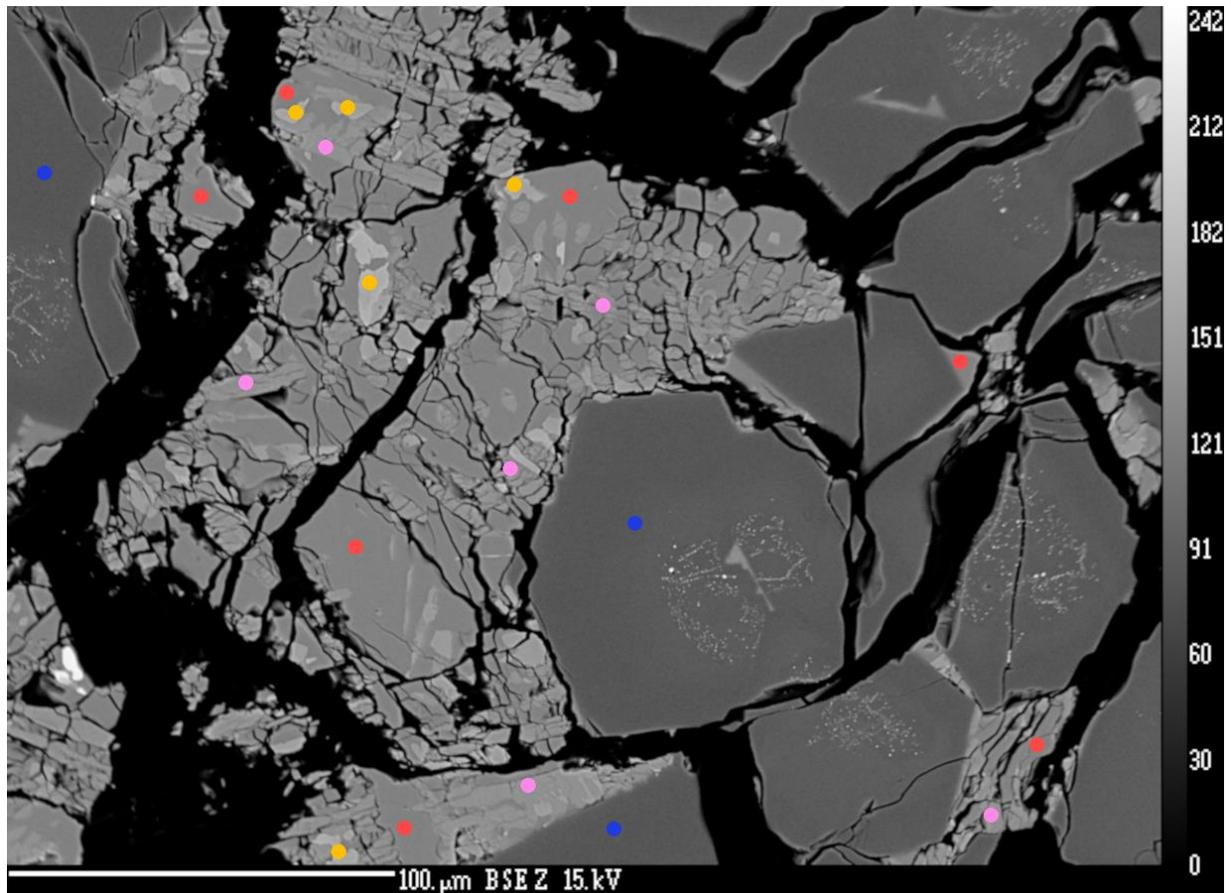


Abbildung 41: EMS Punktmessungen in der Probe V3A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 14) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 15) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Orange	Magnesium-Manganoxid	$(\text{Mg,Mn})\text{O}$, Mg- und Mn-Anteile zw. 42% u. 57%
Rot	Ca-Aluminat	$(\text{Ca}_{0,5}\text{Mg}_{0,02-0,06})(\text{Al}_{0,30-0,034},\text{Si}_{0,06-0,09})_2\text{O}_4$
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4

Tabelle 14: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 41. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, blau – Spinell, orange – Magnesium-Manganoxid, rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
3 / 1 .	39,6755	0,0105	0,006	0,3091	0,0006	2,153	45,7373	5,6034	0,0054	2,5662	96,0671
4 / 1 .	39,8469	0,0004	0,0288	0,3834	0,0632	1,9571	43,9747	7,132	0,0049	3,1483	96,5397
5 / 1 .	39,6319	0,0099	0,0328	0,2852	0,0002	2,2829	45,8265	5,758	0,0068	2,3819	96,2162
13 / 1 .	39,3363	0,0197	0,0069	0,3104	0,0048	2,5718	46,3016	5,0698	0,0057	2,3375	95,9644
18 / 1 .	39,8796	0,0084	0	0,3026	0,0016	1,9746	45,6188	6,6891	0,0025	2,8115	97,2886
23 / 1 .	39,6761	0,0287	0,0261	0,2576	0,0574	2,6718	45,6353	5,5014	0,025	2,632	96,5112
24 / 1 .	39,4459	0	0	0,265	0,0008	2,5318	46,8705	5,5263	0,0198	2,1936	96,8537
2 / 1 .	0,1037	0,2532	0,008	0,4077	0	1,8886	67,3462	0,0093	0,02	26,8084	96,8451
7 / 1 .	0,1038	0,7737	0,1952	0,3623	0,0022	2,0755	67,1386	0,0186	0,0015	26,3956	97,0668
16 / 1 .	0,0944	0,2753	0,0819	0,4467	0,0022	1,7637	67,9789	0,0184	0,0095	26,7909	97,4618
9 / 1 .	2,6769	0,0097	0	0,1788	0,0021	67,3477	0,2815	0,0523	0	29,8179	100,3669
11 / 1 .	2,1942	0,0142	0	0,1286	0,0022	56,6981	0,2777	0,1017	0,0177	40,9018	100,3361
17 / 1 .	2,0616	0,0068	0	0,1231	0,0032	61,1462	0,2564	0,0598	0	36,1124	99,7694
19 / 1 .	2,1633	0,032	0	0,3513	0	62,8173	0,3148	0,0523	0	33,7086	99,4396
25 / 1 .	2,23	0,0046	0	0,1161	0	60,7554	0,3131	0,0962	0	36,2942	99,8096
10 / 1 .	58,7465	0,0066	0,0169	0,5444	0,4331	0,8874	6,8409	29,5634	0,0053	0,2915	97,3359
15 / 1 .	62,0783	0,009	0,0285	2,5824	0,0012	0,4744	0,902	32,1578	0,0173	0,2123	98,4631
20 / 1 .	62,7447	0,0016	0,0307	0,5025	0,0102	0,5869	0,2338	33,3046	0,003	0,169	97,5869
21 / 1 .	63,4766	0,0037	0	0,6995	0,0405	0,4443	0,3536	33,2539	0,0025	0,1782	98,453
22 / 1 .	63,0549	0,0191	0,0366	0,683	0,0092	0,4679	0,312	33,3943	0	0,1572	98,1343
26 / 1 .	62,9634	0	0,0286	0,7902	0,0181	0,4066	0,355	32,9308	0,0192	0,1915	97,7034

Tabelle 15: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 41. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Spinell – 4O (blau), Magnesium-Manganoxid – 1O (orange), Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
3 / 1 .	1,2084	0,0002	0,0001	0,0066	0	0,0518	1,5323	0,1593	0,0001	0,1087	3,0677
4 / 1 .	1,2045	0	0,0007	0,0081	0,0033	0,0468	1,4622	0,2012	0,0001	0,1324	3,0594
5 / 1 .	1,2050	0,0002	0,0008	0,0061	0	0,0549	1,5326	0,1634	0,0002	0,1008	3,0639
13 / 1 .	1,2014	0,0004	0,0002	0,0067	0,0003	0,0621	1,5556	0,1445	0,0001	0,0993	3,0706
18 / 1 .	1,1945	0,0002	0	0,0064	0,0001	0,0468	1,5029	0,1870	0,0001	0,1172	3,0550
23 / 1 .	1,2062	0,0006	0,0006	0,0055	0,0031	0,0642	1,5260	0,1561	0,0006	0,1113	3,0742
24 / 1 .	1,1903	0	0	0,0056	0	0,0604	1,5557	0,1556	0,0005	0,0921	3,0602
2 / 1 .	0,0027	0,0050	0,0002	0,0076	0	0,0396	1,9633	0,0002	0,0004	0,9885	3,0075
7 / 1 .	0,0028	0,0151	0,0040	0,0067	0,0001	0,0435	1,9588	0,0005	0,0000	0,9741	3,0058
16 / 1 .	0,0025	0,0053	0,0017	0,0083	0,0001	0,0367	1,9680	0,0005	0,0002	0,9811	3,0043
9 / 1 .	0,0273	0,0001	0	0,0013	0	0,5420	0,0032	0,0005	0	0,4223	0,9966
11 / 1 .	0,0209	0,0001	0	0,0009	0	0,4277	0,0029	0,0009	0,0001	0,5430	0,9965
17 / 1 .	0,0203	0	0	0,0009	0,0001	0,4769	0,0028	0,0006	0	0,4957	0,9972
19 / 1 .	0,0217	0,0002	0	0,0025	0	0,4972	0,0035	0,0005	0	0,4696	0,9952
25 / 1 .	0,0219	0	0	0,0008	0	0,4726	0,0034	0,0009	0	0,4969	0,9966
10 / 1 .	1,8376	0,0002	0,0004	0,0120	0,0237	0,0219	0,2354	0,8631	0,0001	0,0127	3,0070
15 / 1 .	1,9406	0,0002	0,0007	0,0567	0,0001	0,0117	0,0310	0,9382	0,0004	0,0092	2,9888
20 / 1 .	1,9801	0	0,0008	0,0111	0,0006	0,0146	0,0081	0,9809	0,0001	0,0074	3,0037
21 / 1 .	1,9868	0,0001	0	0,0154	0,0022	0,0110	0,0122	0,9715	0,0001	0,0078	3,0069
22 / 1 .	1,9779	0,0004	0,0009	0,0150	0,0005	0,0116	0,0108	0,9777	0	0,0069	3,0017
26 / 1 .	1,9861	0	0,0007	0,0175	0,0010	0,0101	0,0123	0,9695	0,0005	0,0084	3,0061

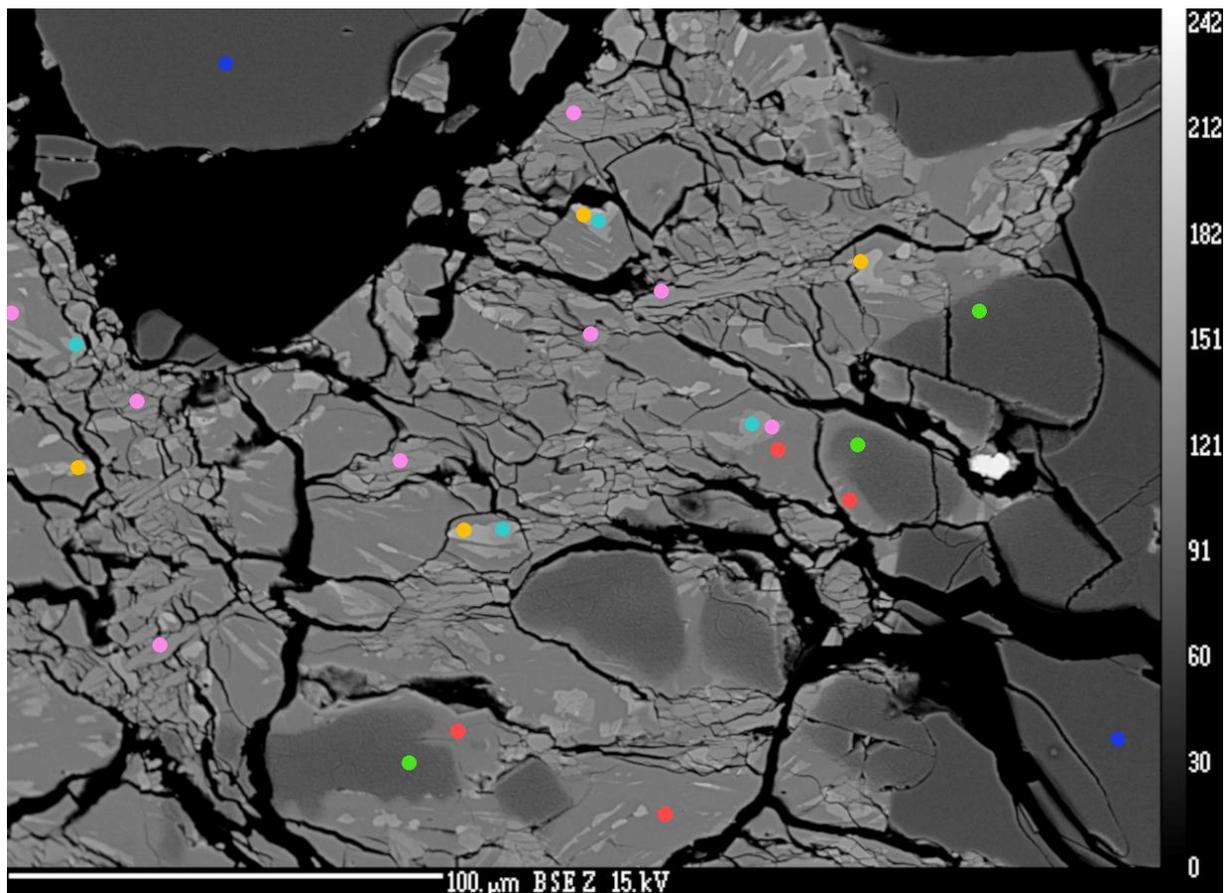


Abbildung 42: EMS Punktmessungen in der Probe V3A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 16) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 17) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Orange	Magnesium-Manganoxid	$(\text{Mg},\text{Mn})\text{O}$, Mg- und Mn-Anteile zw. 42% u. 57%
Rot	Ca-Aluminat	$(\text{Ca}_{0,5}\text{Mg}_{0,02-0,06})(\text{Al}_{0,30-0,034},\text{Si}_{0,06-0,09})_2\text{O}_4$
Türkis	Kalziumtitanat	CaTiO_3
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 16: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 42. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, türkis – Kalziumtitanat, blau – Spinell, grün – Periklas, orange – Magnesium-Manganoxid, rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
32 / 1 .	39,7096	0	0,0179	1,1658	0,001	1,5869	41,1875	11,9162	0	1,3131	96,898
33 / 1 .	39,5261	0,018	0,0078	0,5315	0,0034	2,0762	45,3871	6,2988	0,0177	3,3542	97,2207
34 / 1 .	39,9283	0	0,0259	0,5344	0	1,9965	45,1192	6,8686	0	2,513	96,986
50 / 1 .	39,3064	0	0,0102	0,8758	0,0022	1,692	43,8836	8,5104	0,0048	2,3242	96,6097
36 / 1 .	43,8751	0,0301	0,0311	32,8453	0,0002	1,3553	13,3145	3,6657	0	1,0176	96,1348
37 / 1 .	45,2077	0,0861	0,0098	32,6659	0,0048	1,392	13,2109	4,601	0	1,4357	98,6139
40 / 1 .	44,5692	0,0767	0,0133	34,8005	0,0051	1,5637	12,4255	3,8973	0	1,0953	98,4466
48 / 1 .	44,9434	0,0697	0	35,2047	0,0011	0,7069	11,7494	4,1761	0	1,0097	97,861
27 / 1 .	0,1104	0,3013	0,014	0,8228	0,0033	2,8903	66,3803	0,0255	0	24,8442	95,3922
31 / 1 .	0,0888	0,2644	0,0947	0,7133	0	2,2745	68,0555	0,0127	0	26,6374	98,1414
28 / 1 .	0,3108	0,0609	0,0239	0,1061	0,0017	10,7378	0,1808	0,038	0,01	87,4485	98,9186
29 / 1 .	0,498	0,0525	0,0223	0,1067	0,0083	15,2716	0,251	0,0532	0,0044	82,6513	98,9192
30 / 1 .	0,5206	0,0424	0	0,1158	0,0135	14,6947	0,2026	0,0553	0	83,8481	99,4931
35 / 1 .	2,7423	0,0115	0	0,2934	0	67,8652	0,3094	0,058	0,0085	28,6842	99,9725
39 / 1 .	2,4212	0,0378	0	0,2607	0,0029	65,5443	0,2546	0,0348	0	30,9674	99,5237
41 / 1 .	5,5416	0,0137	0	0,2031	0,0032	62,1626	0,2548	3,3197	0,0166	30,3999	101,9153
46 / 1 .	2,5067	0,0327	0	0,2149	0,0082	65,1009	0,3572	0,0791	0,002	30,9477	99,2493
38 / 1 .	62,957	0	0	0,7165	0,0013	0,7162	2,6427	31,262	0,0199	0,4144	98,7301
42 / 1 .	63,7203	0	0,0153	0,5348	0,0038	0,5947	0,1673	33,8882	0,0082	0,1637	99,0962
43 / 1 .	62,9067	0,0109	0,022	0,7218	0,0092	0,4602	0,2312	33,2288	0,0283	0,1954	97,8145
44 / 1 .	63,4044	0,0122	0	0,7502	0	0,738	0,3493	33,8546	0,0094	0,5092	99,6274
45 / 1 .	62,1755	0,0009	0,0181	0,5421	0,0019	0,483	0,5703	32,5515	0,0084	0,1604	96,5121
47 / 1 .	63,9911	0,0026	0,0236	0,5371	0,0034	0,4655	0,3358	33,9821	0,0268	0,2382	99,6062
49 / 1 .	62,7073	0	0	0,4995	0,0293	0,431	0,268	33,6252	0,0208	0,1709	97,752
51 / 1 .	63,9133	0	0,0161	0,6918	0,0242	0,4759	0,3231	33,704	0	0,1661	99,3146

Tabelle 17: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 42. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Kalziumtitanat – 3O (türkis), Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Magnesium-Manganoxid – 1O (orange), Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
32 / 1 .	1,1797	0	0,0004	0,0243	0,0001	0,0373	1,3459	0,3304	0	0,0543	2,9723
33 / 1 .	1,1862	0,0004	0,0002	0,0112	0,0002	0,0493	1,4982	0,1764	0,0004	0,1400	3,0625
34 / 1 .	1,2005	0	0,0006	0,0113	0	0,0475	1,4922	0,1927	0	0,1051	3,0499
50 / 1 .	1,1784	0	0,0002	0,0184	0,0001	0,0401	1,4472	0,2381	0,0001	0,0969	3,0197
36 / 1 .	1,0846	0,0005	0,0006	0,5701	0	0,0265	0,3620	0,0846	0	0,0350	2,1640
37 / 1 .	1,0878	0,0015	0,0002	0,5519	0,0002	0,0265	0,3497	0,1033	0	0,0481	2,1692
40 / 1 .	1,0776	0,0014	0,0003	0,5908	0,0002	0,0299	0,3305	0,0879	0	0,0368	2,1554
48 / 1 .	1,0908	0,0012	0	0,5999	0	0,0136	0,3137	0,0946	0	0,0341	2,1480
27 / 1 .	0,0030	0,0060	0,0003	0,0156	0,0002	0,0617	1,9729	0,0006	0	0,9340	2,9943
31 / 1 .	0,0023	0,0051	0,0019	0,0131	0	0,0471	1,9619	0,0003	0	0,9713	3,0031
28 / 1 .	0,0024	0,0003	0,0001	0,0006	0	0,0647	0,0015	0,0003	0,0001	0,9281	0,9981
29 / 1 .	0,0039	0,0003	0,0001	0,0006	0,0001	0,0941	0,0022	0,0004	0	0,8961	0,9978
30 / 1 .	0,0040	0,0002	0	0,0006	0,0002	0,0897	0,0017	0,0004	0	0,9011	0,9980
35 / 1 .	0,0282	0,0001	0	0,0021	0	0,5510	0,0035	0,0006	0,0001	0,4099	0,9954
39 / 1 .	0,0247	0,0003	0	0,0019	0,0001	0,5275	0,0029	0,0003	0	0,4387	0,9962
41 / 1 .	0,0533	0,0001	0	0,0014	0,0001	0,4728	0,0027	0,0298	0,0001	0,4070	0,9672
46 / 1 .	0,0255	0,0002	0	0,0015	0,0001	0,5245	0,0040	0,0008	0	0,4388	0,9956
38 / 1 .	1,9695	0	0	0,0157	0,0001	0,0177	0,0909	0,9128	0,0005	0,0180	3,0253
42 / 1 .	1,9799	0	0,0004	0,0117	0,0002	0,0146	0,0057	0,9827	0,0002	0,0071	3,0024
43 / 1 .	1,9803	0,0003	0,0005	0,0160	0,0005	0,0115	0,0080	0,9763	0,0007	0,0086	3,0026
44 / 1 .	1,9576	0,0003	0	0,0163	0	0,0180	0,0119	0,9756	0,0002	0,0219	3,0017
45 / 1 .	1,9852	0	0,0005	0,0122	0,0001	0,0122	0,0200	0,9700	0,0002	0,0071	3,0075
47 / 1 .	1,9764	0,0001	0,0006	0,0116	0,0002	0,0114	0,0114	0,9796	0,0007	0,0102	3,0021
49 / 1 .	1,9706	0	0	0,0110	0,0016	0,0107	0,0093	0,9862	0,0005	0,0075	2,9974
51 / 1 .	1,9819	0	0,0004	0,0151	0,0013	0,0117	0,0110	0,9755	0	0,0072	3,0040

5.3.4.2 Punktmessungen V3B

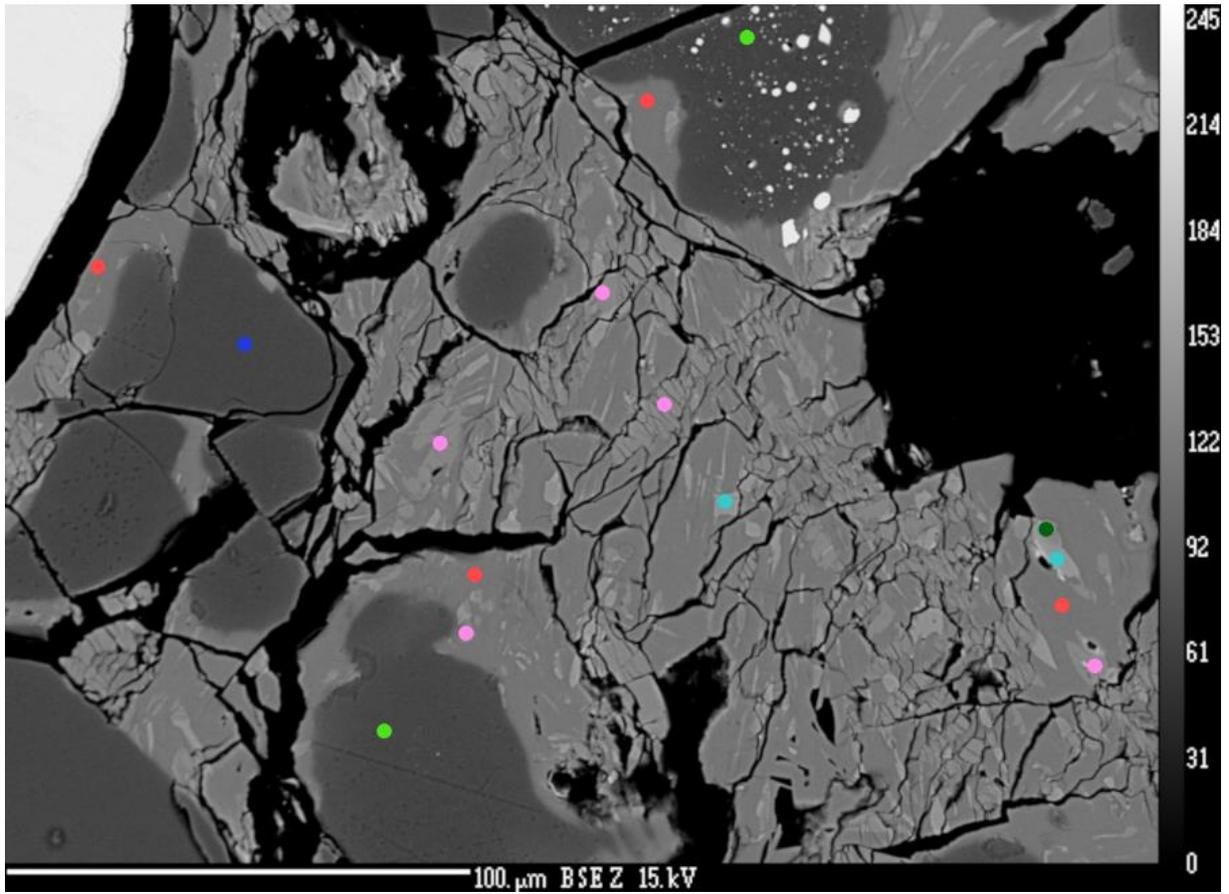


Abbildung 43: EMS Punktmessungen in der Probe V3B. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 18) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 19) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Ca-Aluminat	$(Ca_{0,5}Mg_{0,02-0,06})(Al_{0,30-0,034},Si_{0,06-0,09})_2O_4$
Dunkelgrün	Magnesium-Manganoxid	$(Mg,Mn)O$, Mn-Anteil zw. 31% u. 33%
Türkis	Kalziumtitanat	$CaTiO_3$
Blau	Spinell	$MgAl_2O_4$
Rosa	Larnit	Ca_2SiO_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 18: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 43. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: rot – Ca-Aluminat, türkis – Kalziumtitanat, blau – Spinell, grün – Periklas, dunkelgrün – Magnesium-Manganoxid, rosa – Larnit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
53 / 1 .	39,9766	0,0096	0,1543	1,0711	0,0029	1,1078	40,3534	12,4691	0,0021	1,7219	96,8687
55 / 1 .	39,8936	0,0041	0,032	0,5099	0	1,1664	44,5152	6,748	0,0149	3,4859	96,37
61 / 1 .	40,2697	0,0023	0,0146	1,0244	0,0025	0,6988	37,1246	16,3962	0,004	0,6546	96,1918
66 / 1 .	40,3101	0,0149	0,4053	0,3308	0,0237	1,394	43,2269	8,3432	0,0054	2,343	96,3972
56 / 1 .	42,6544	0,1002	0,0332	42,2789	0,0066	0,6556	9,2299	1,9218	0	0,4075	97,2881
58 / 1 .	44,2473	0,0528	0,0342	36,5356	0,0618	0,4445	11,8072	3,8539	0	0,9723	98,0098
52 / 1 .	0,1259	0,1384	0,0876	0,4118	0,0007	1,4132	67,697	0,0204	0	27,6692	97,5641
54 / 1 .	0,0889	0,0322	0,3086	0,0631	0,0071	5,3708	0,1329	0,0181	0,0066	94,6422	100,6705
64 / 1 .	0,1312	0,0399	0,0657	0,1303	0	6,0714	0,2165	0,0221	0	93,4555	100,1326
57 / 1 .	1,0174	0,0334	0	0,1081	0,006	43,7751	0,2554	0,0161	0,0042	54,7305	99,9463
59 / 1 .	59,7557	0,0006	0,0268	0,6458	0,0073	0,309	0,3002	32,3161	0,0121	0,1644	93,538
60 / 1 .	63,8046	0	0,0362	0,7278	0	0,3136	0,2905	33,7015	0,0282	0,2088	99,1113
62 / 1 .	63,0345	0,0001	0	0,5122	0,0218	0,4722	0,3695	33,5482	0,0193	0,2151	98,1931
65 / 1 .	62,3625	0,0006	0,0307	0,8978	0,0033	0,4561	2,5295	32,3558	0,02	0,2419	98,8984
63 / 1 .	57,0526	0	0,0431	0,4455	0,0446	1,0464	1,5599	30,2959	0,0346	5,7947	96,3172

Tabelle 19: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 43. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Ca-Aluminat – 4O (rot), Kalziumtitanat – 3O (türkis), Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Magnesium-Manganoxid – 1O (dunkelgrün), Larnit (rosa) – 4O.

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
53 / 1 .	1,1867	0,0002	0,0036	0,0223	0,0002	0,0260	1,3176	0,3455	0	0,0711	2,9732
55 / 1 .	1,2045	0,0001	0,0008	0,0108	0	0,0278	1,4784	0,1902	0,0004	0,1464	3,0593
61 / 1 .	1,1927	0,0001	0,0003	0,0213	0,0001	0,0164	1,2094	0,4532	0,0001	0,0270	2,9206
66 / 1 .	1,2177	0,0003	0,0096	0,0070	0,0013	0,0333	1,4363	0,2352	0,0001	0,0985	3,0392
56 / 1 .	1,0482	0,0018	0,0006	0,7295	0,0003	0,0127	0,2495	0,0441	0	0,0139	2,1007
58 / 1 .	1,0694	0,0009	0,0006	0,6200	0,0026	0,0085	0,3139	0,0869	0	0,0327	2,1356
52 / 1 .	0,0033	0,0027	0,0018	0,0076	0	0,0293	1,9560	0,0005	0	1,0113	3,0125
54 / 1 .	0,0007	0,0002	0,0018	0,0003	0,0001	0,0311	0,0011	0,0001	0	0,9636	0,9989
64 / 1 .	0,0010	0,0002	0,0004	0,0007	0	0,0354	0,0018	0,0002	0	0,9587	0,9982
57 / 1 .	0,0090	0,0002	0	0,0007	0,0001	0,3078	0,0025	0,0001	0	0,6773	0,9978
59 / 1 .	1,9590	0	0,0007	0,0149	0,0004	0,0080	0,0108	0,9888	0,0003	0,0075	2,9904
60 / 1 .	1,9809	0	0,0009	0,0159	0	0,0077	0,0099	0,9766	0,0007	0,0090	3,0016
62 / 1 .	1,9739	0	0	0,0113	0,0012	0,0117	0,0127	0,9805	0,0005	0,0094	3,0011
65 / 1 .	1,9343	0	0,0007	0,0196	0,0002	0,0112	0,0863	0,9367	0,0005	0,0104	2,9999
63 / 1 .	1,8130	0	0,0011	0,0099	0,0025	0,0263	0,0545	0,8986	0,0009	0,2562	3,0629

5.3.4.3 Linienprofile V3A

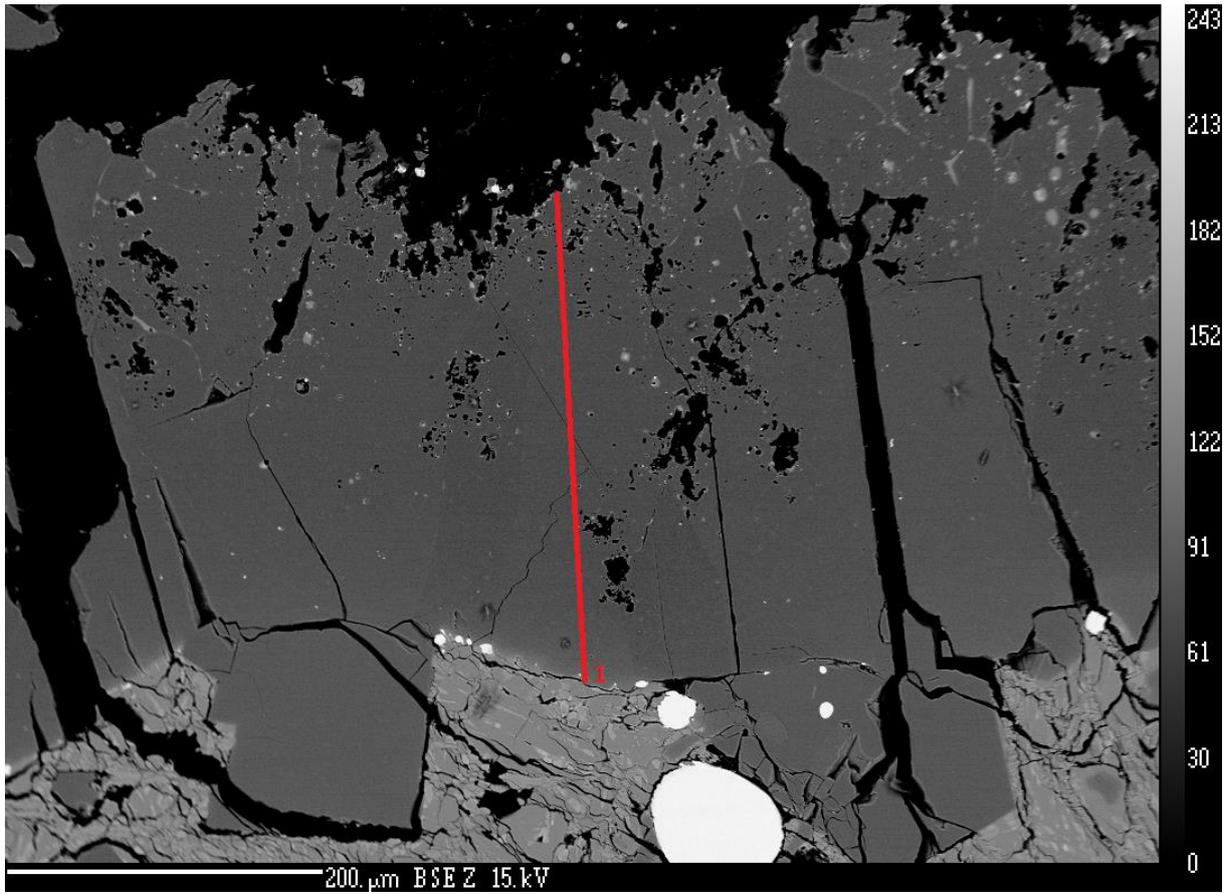


Abbildung 44: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V3A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 10).

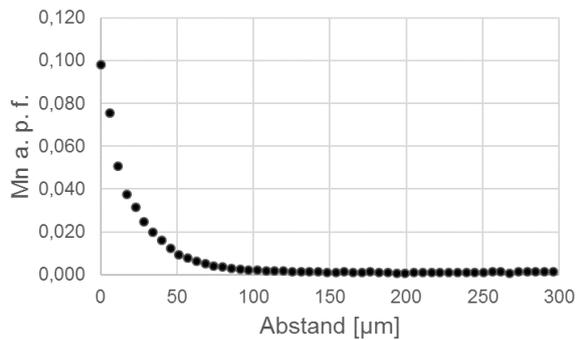
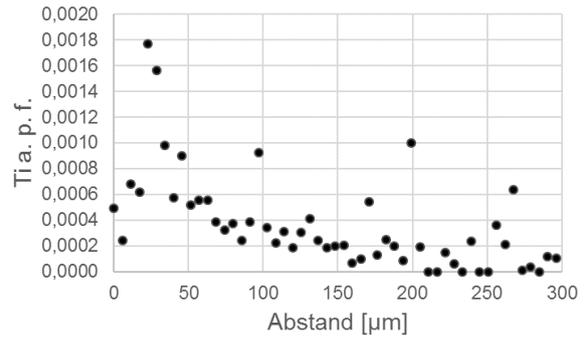
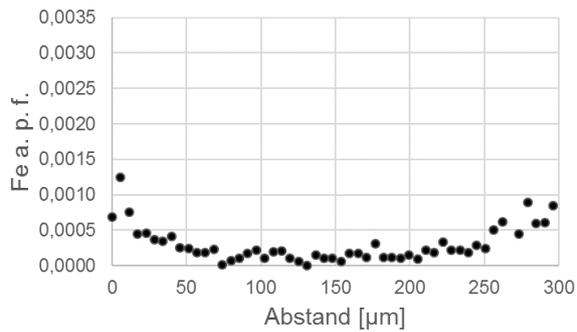
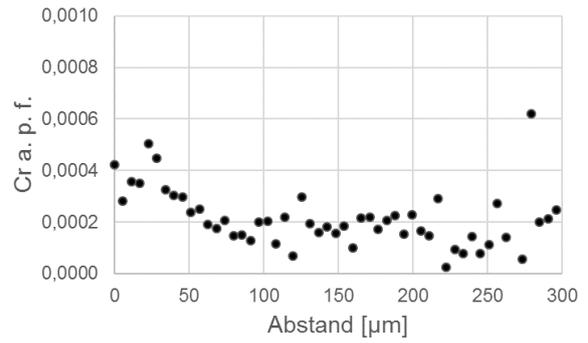
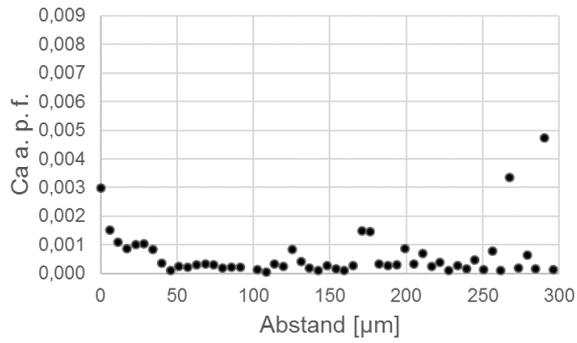


Diagramm 10: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

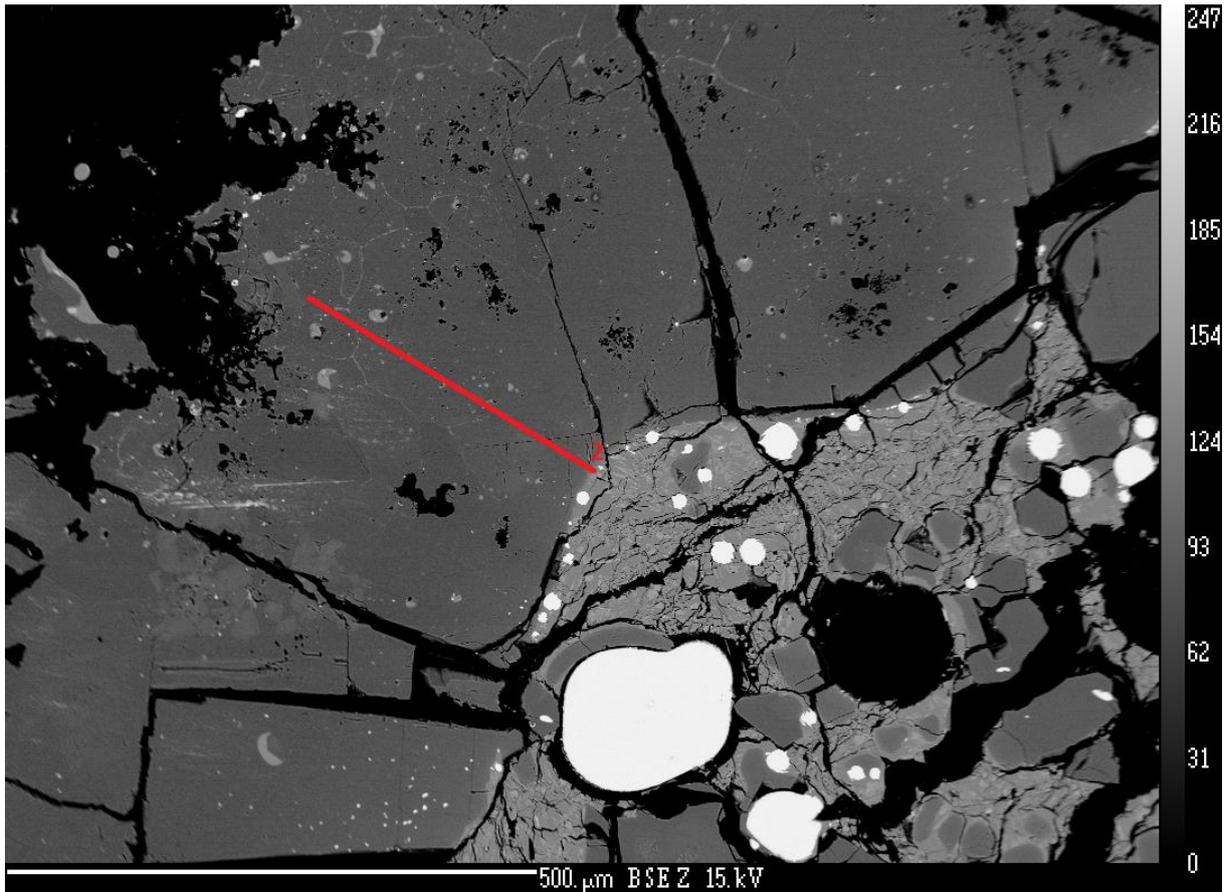


Abbildung 45: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V3A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 11).

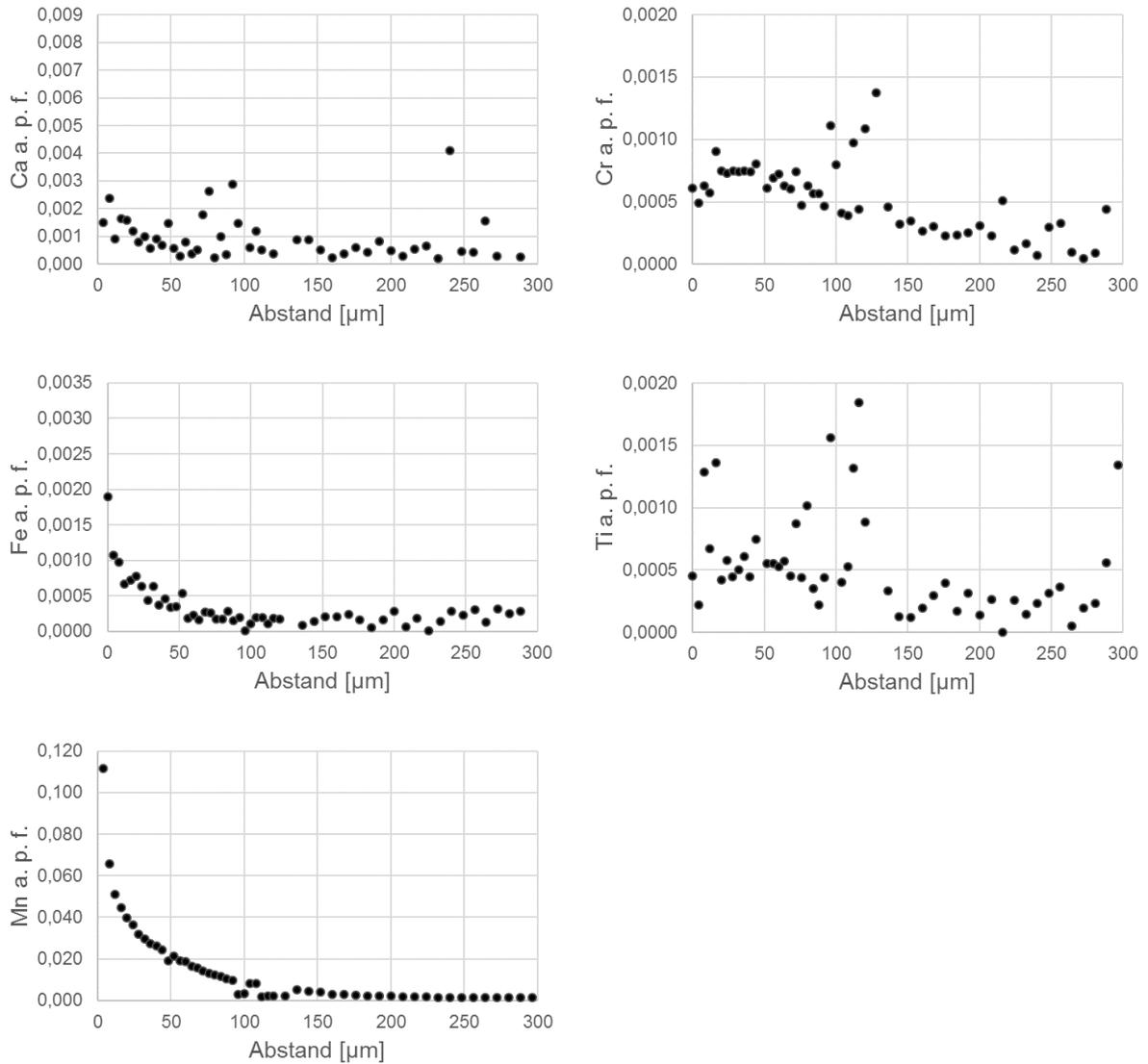


Diagramm 11: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

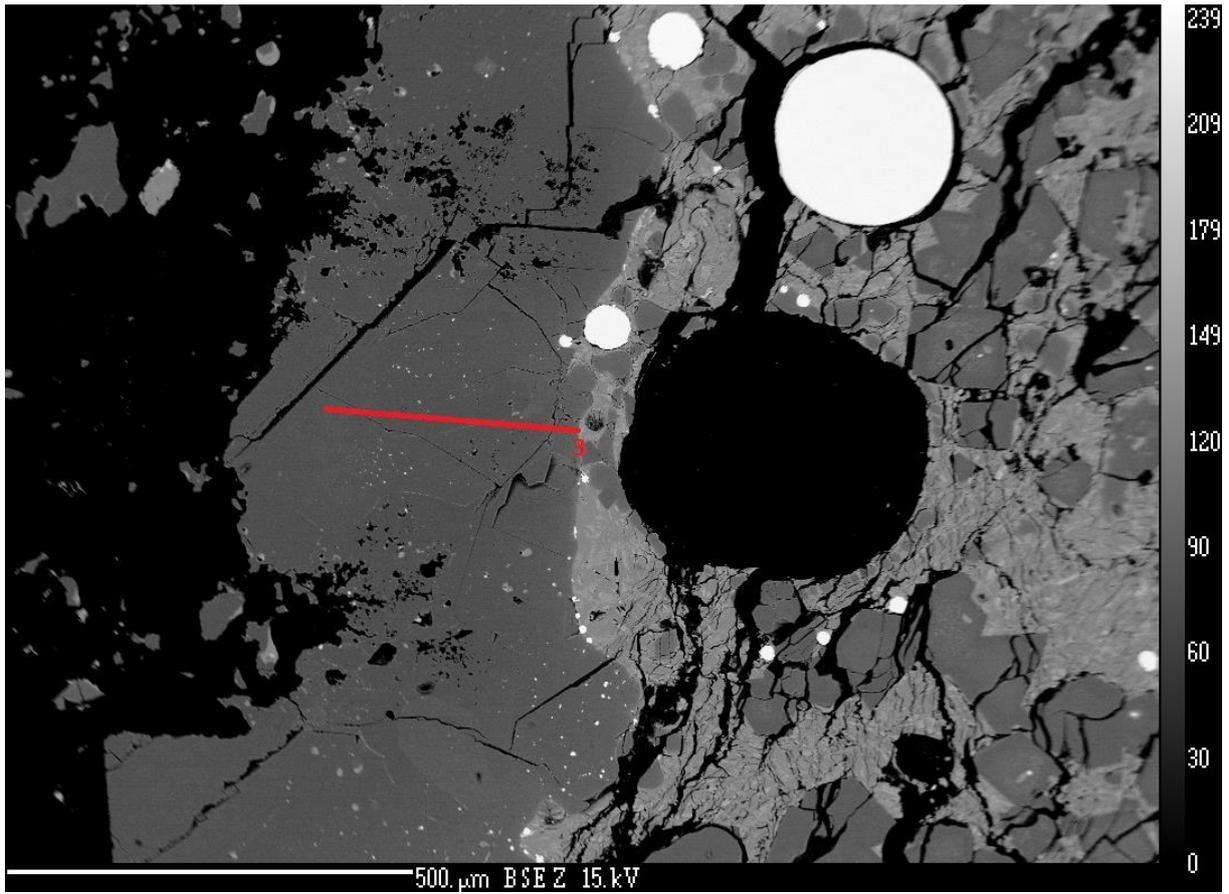


Abbildung 46: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V3A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von rechts nach links, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 12).

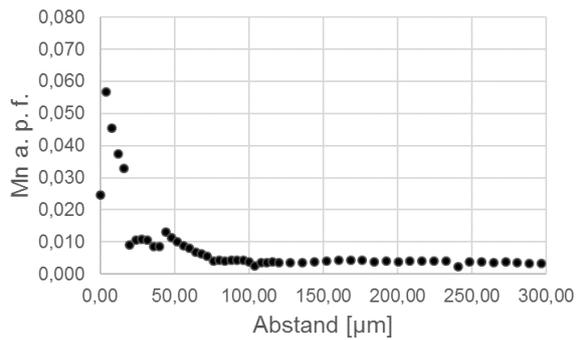
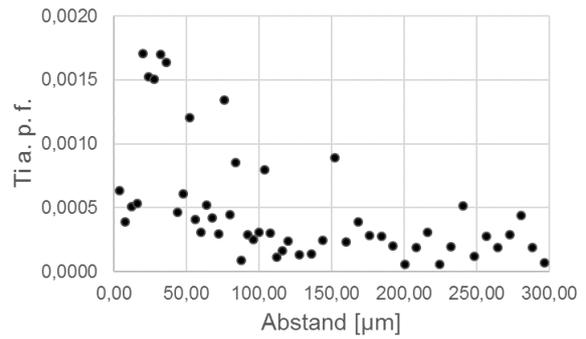
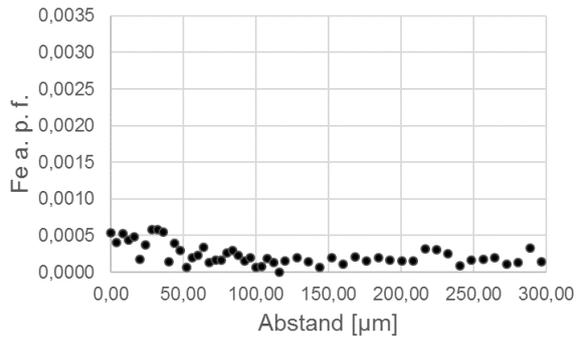
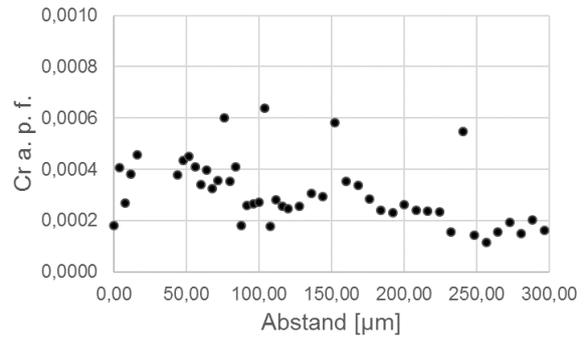
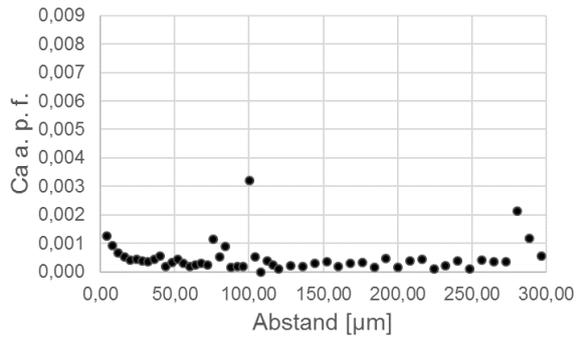


Diagramm 12: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.3.4.4 Linienprofile V3B

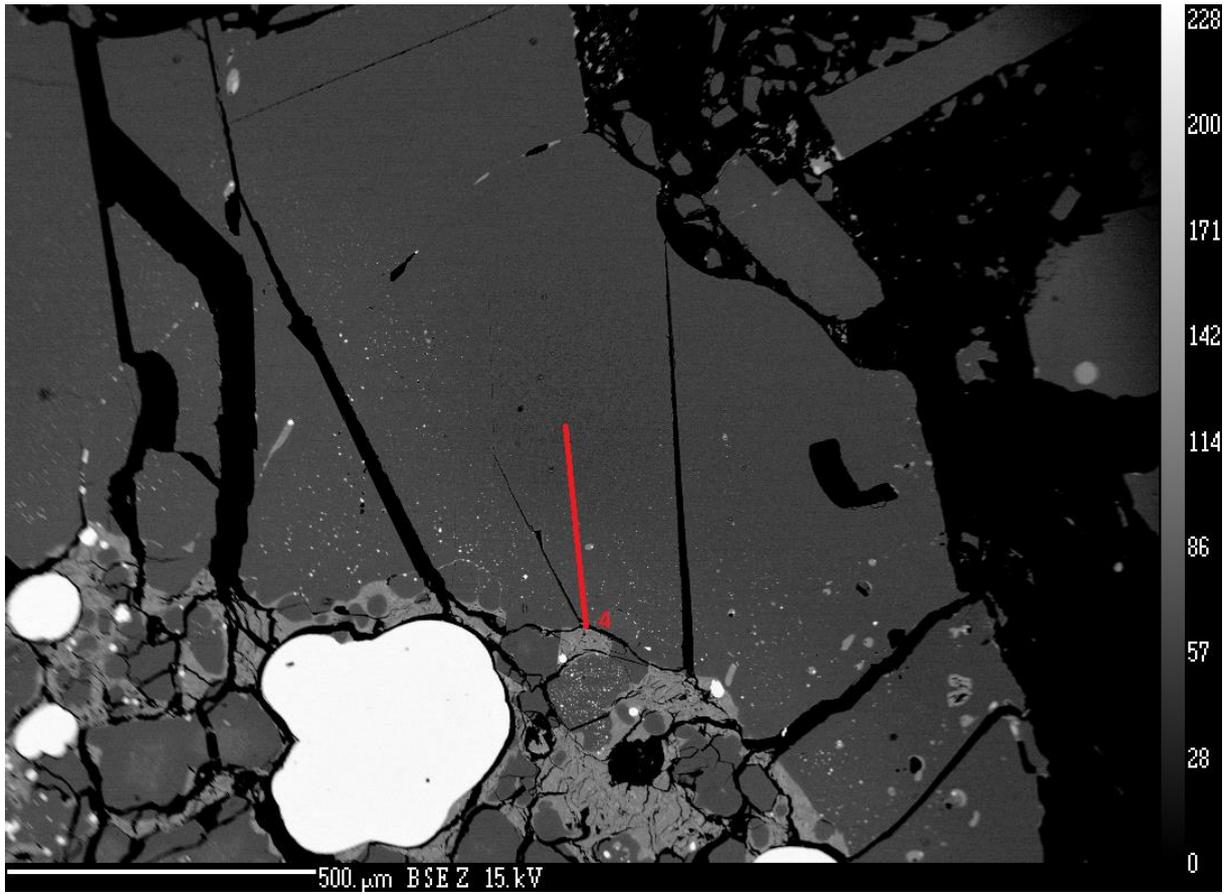


Abbildung 47: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V3B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 13).

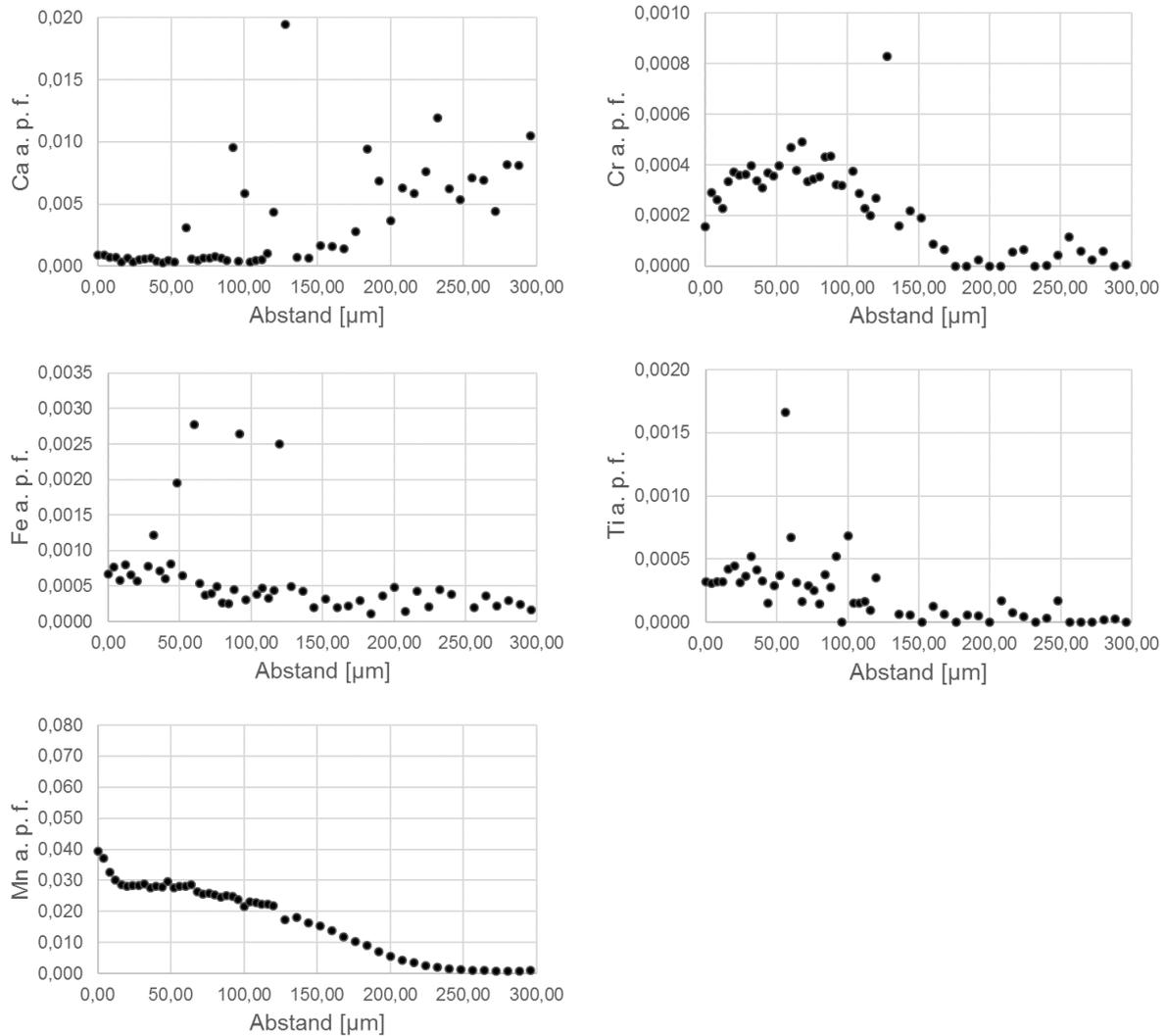


Diagramm 13: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

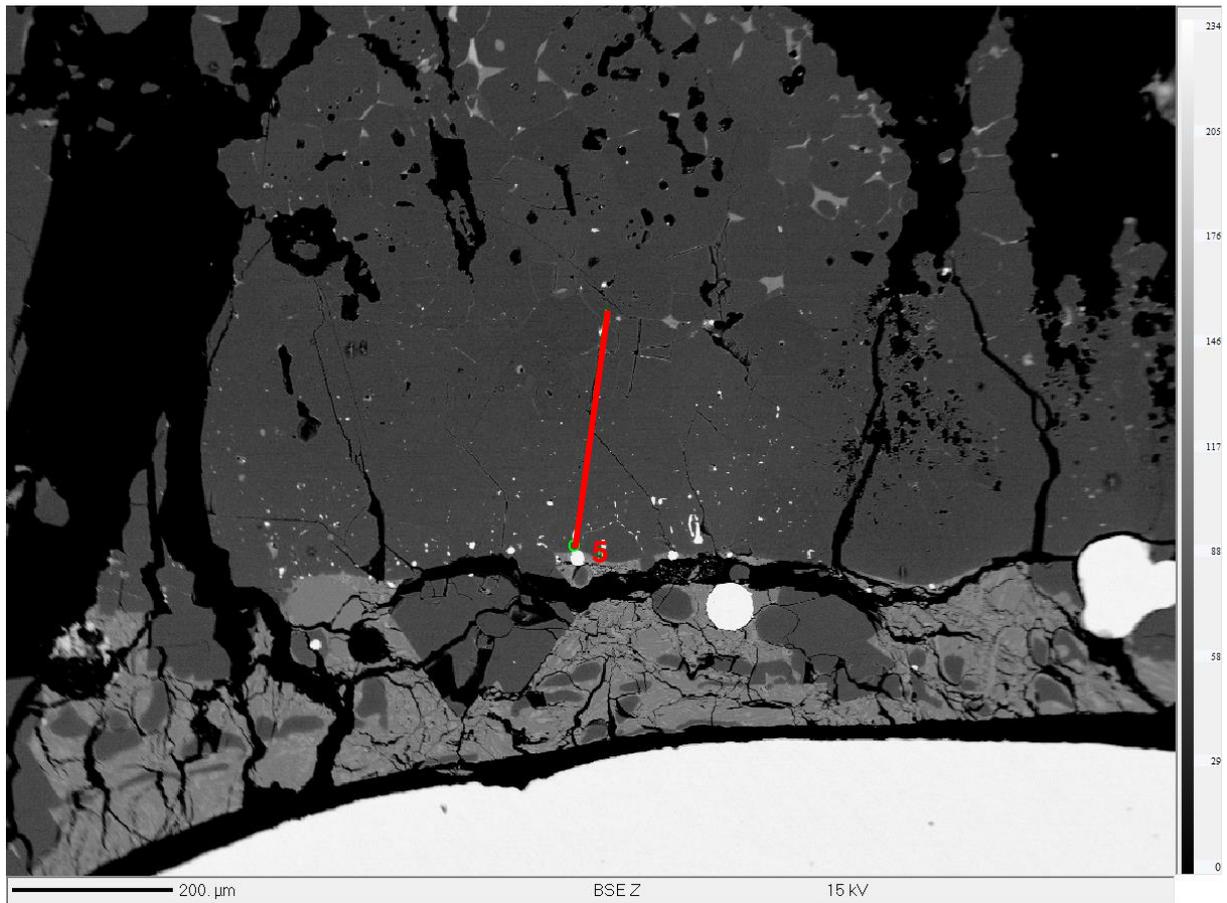


Abbildung 48: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V3B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 14).

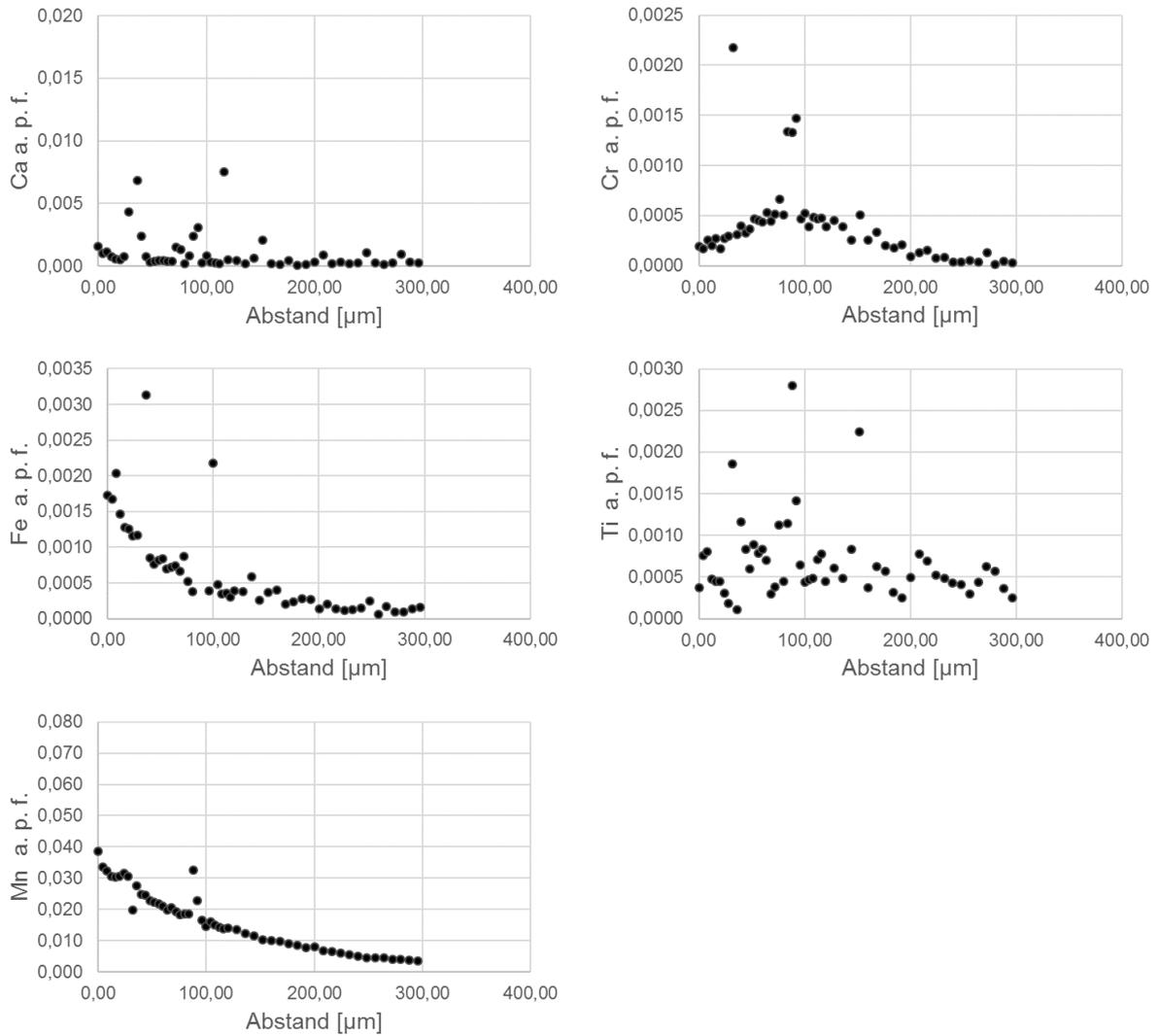


Diagramm 14: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

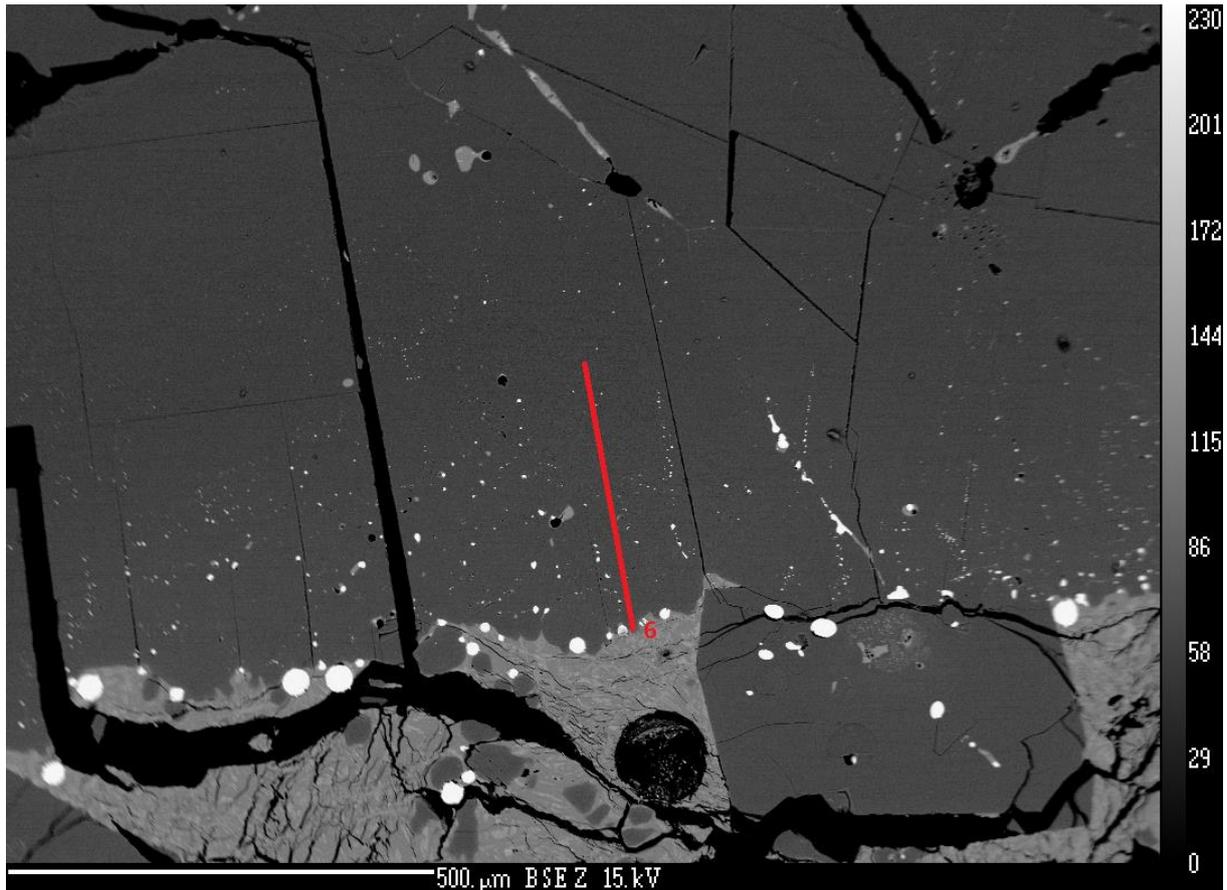


Abbildung 49: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V3B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Die Ergebnisse werden auf der folgenden Seite als Diagramme dargestellt (siehe Diagramm 15).

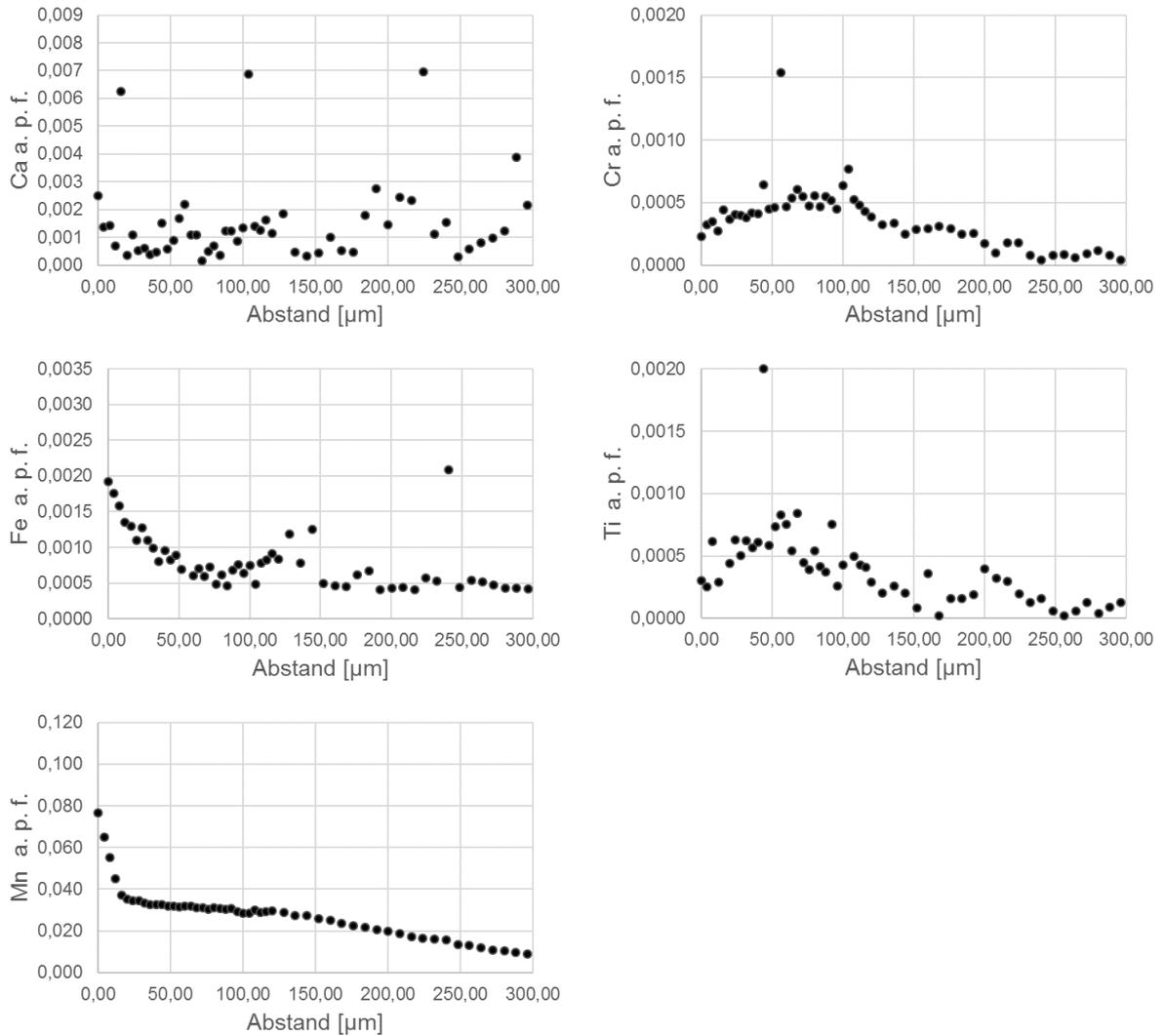


Diagramm 15: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe, Ti und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in µm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.4 Probe V4

5.4.1 Ausgangsmaterial



Abbildung 50: Probe V4 ist ein Low Quality Magnesia-Carbonstein Typ 0180 mit den Maßen 21x4,7x9cm, befüllt mit der mittleren Schlackenzusammensetzung.

Die Probe V4 (Abb. 50) ist ein teergebundener Low Quality Magnesia-Carbonstein Typ 0180 mit hohem Bruchanteil. Die beiden zylinderförmigen Öffnungen wurden mit Schlackentyp 1 befüllt und im Konverter mit einer Aufheizrate von ca. 4,6°C/min auf die Zieltemperatur 1650°C erhitzt. Diese Zieltemperatur wurde drei Stunden lang konstant gehalten, gefolgt von kontrolliertem Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Abkühlrate von ca. 4,6°C/min. Die Probe weist keinerlei Spannungsrisse oder ähnliche Beschädigungen auf. Sowohl im Zylinder A als auch im Zylinder B sind die Kontaktzonen inklusive der hellgrauen, kompakten Schlacke vollständig erhalten. Im Gegensatz zu Schlackentyp 2 ist Typ 1 deutlich härter und kompakter. Er weist keinerlei Metallkügelchen auf und zeigt einen metallischen Glanz an der Schmelzoberfläche.

5.4.2 Polarisationsmikroskop

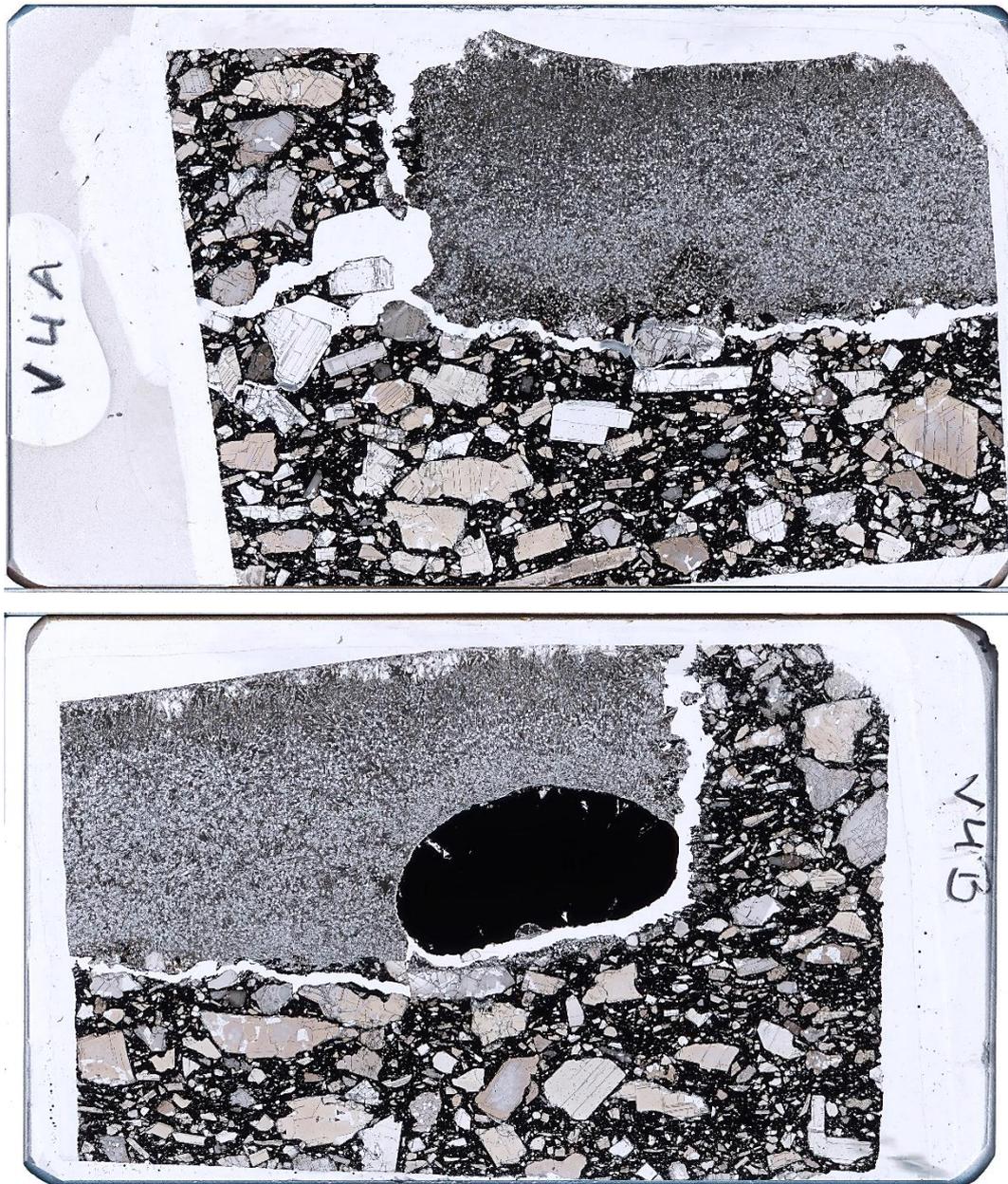


Abbildung 51: Übersichtsaufnahmen der Dünnschliffe von Probe V4 (Abb. 50) aus den Zylindern A und B (Abb.1). Die Aufnahme oben ist die Probe V4A und zeigt die Schlacke in der rechten oberen Ecke. Die Aufnahme unten ist die Probe V4B und zeigt die Schlacke in der linken oberen Ecke.

5.4.2.1 Dünnschliff V4A Kontaktzone

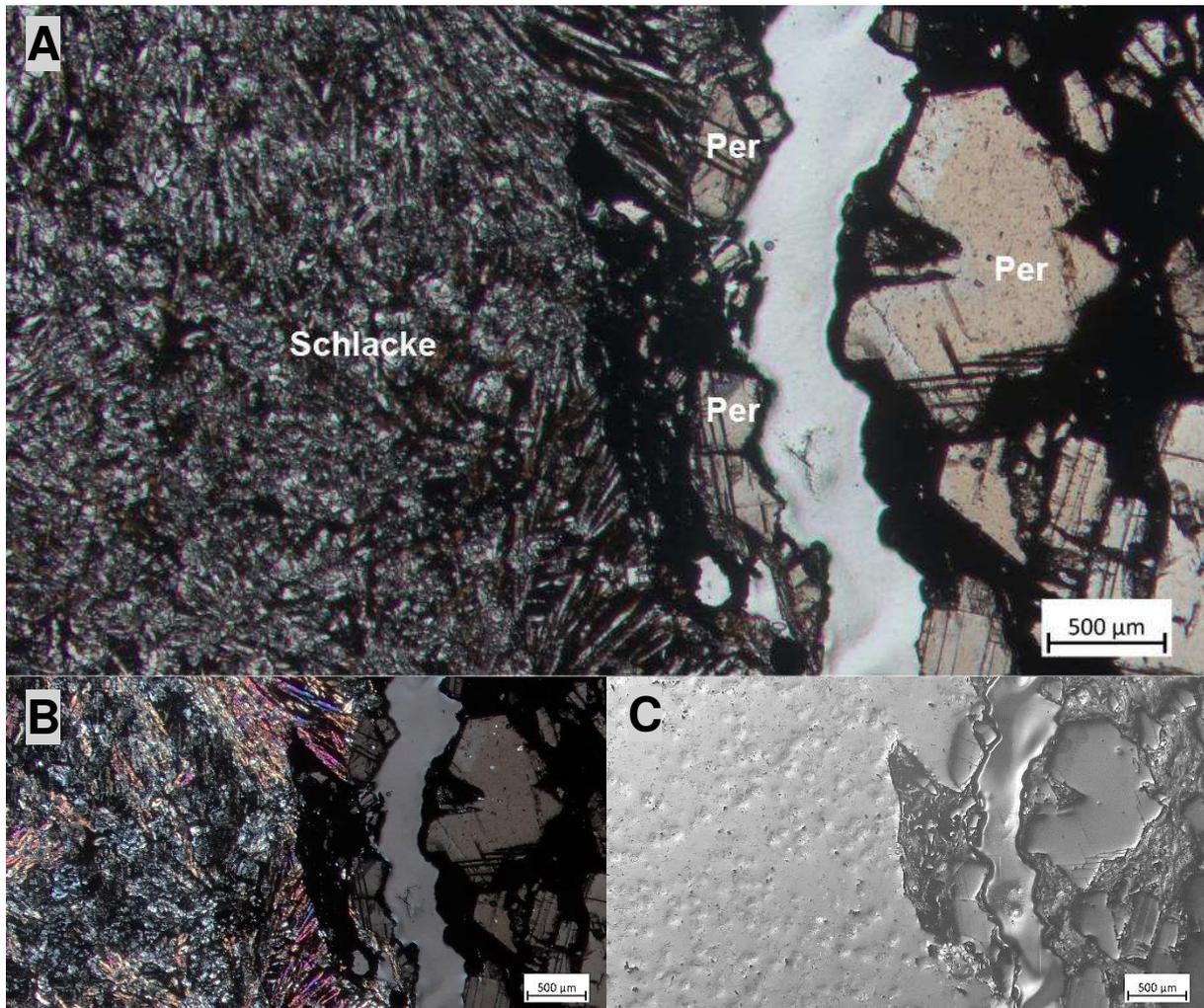


Abbildung 52: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (rechts) und Schlacke (links) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Der hier verwendete, kompaktere Schlackentyp 1 zeigt zum Teil eine nadelige Struktur, welche in Abbildung 52A und 52B erkennbar ist. Auffällig sind auch die durch Doppelbrechung entstandenen, verschiedenen Farben unter gekreuzten Polarisatoren deren Variation von orange bis rosa/violett und blau reicht.

Abbildung 52A zeigt die Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke bei parallelen Polarisatoren. Die sehr feinkörnige, dunkelgrau/braune bis schwarze Masse auf der linken Seite ist die Schlacke. Sie ist am rechten Rand mit einem Teil des Magnesia-Carbonsteins verschmolzen. Der Großteil des Magnesia-Carbonsteins, bestehend aus hellbraunen bis hellgrauen Periklaskörnern (150µm bis 690µm) umgeben von schwarzer Matrix, befindet sich am rechten Bildrand. Dazwischen ist ein 250-500µm breiter, hellgrauer bis weißer Streifen. Das ist ein Riss, der durch die Präparation entstanden ist. Im Riss ist nur der Probenträger aus Glas bzw. das Einbettungsmittel zu sehen. Bei Verwendung von *gekreuzten Polarisatoren* (Abb. 52B) zeigen die nadeligen Phasen der Schlacke orange, rosa, violett bis blaue Farbtöne. Dadurch heben sie sich deutlich vom Rest der Probe ab. Im Gegensatz zu *Abbildung 52C*, in der die nadeligen Phasen in der Schlacke kaum von den anderen zu unterscheiden sind. Die unebene Oberfläche der Schlacke besteht aus kleinen Hügelchen zwischen größeren, ebenen Flächen. Auf der rechten Seite sieht man die sehr gleichmäßigen Oberflächen der Periklaskörner umgeben von der schlierenartigen Struktur der Matrix.

5.4.2.2 Dünnschliff V4A Magnesia-Carbonstein

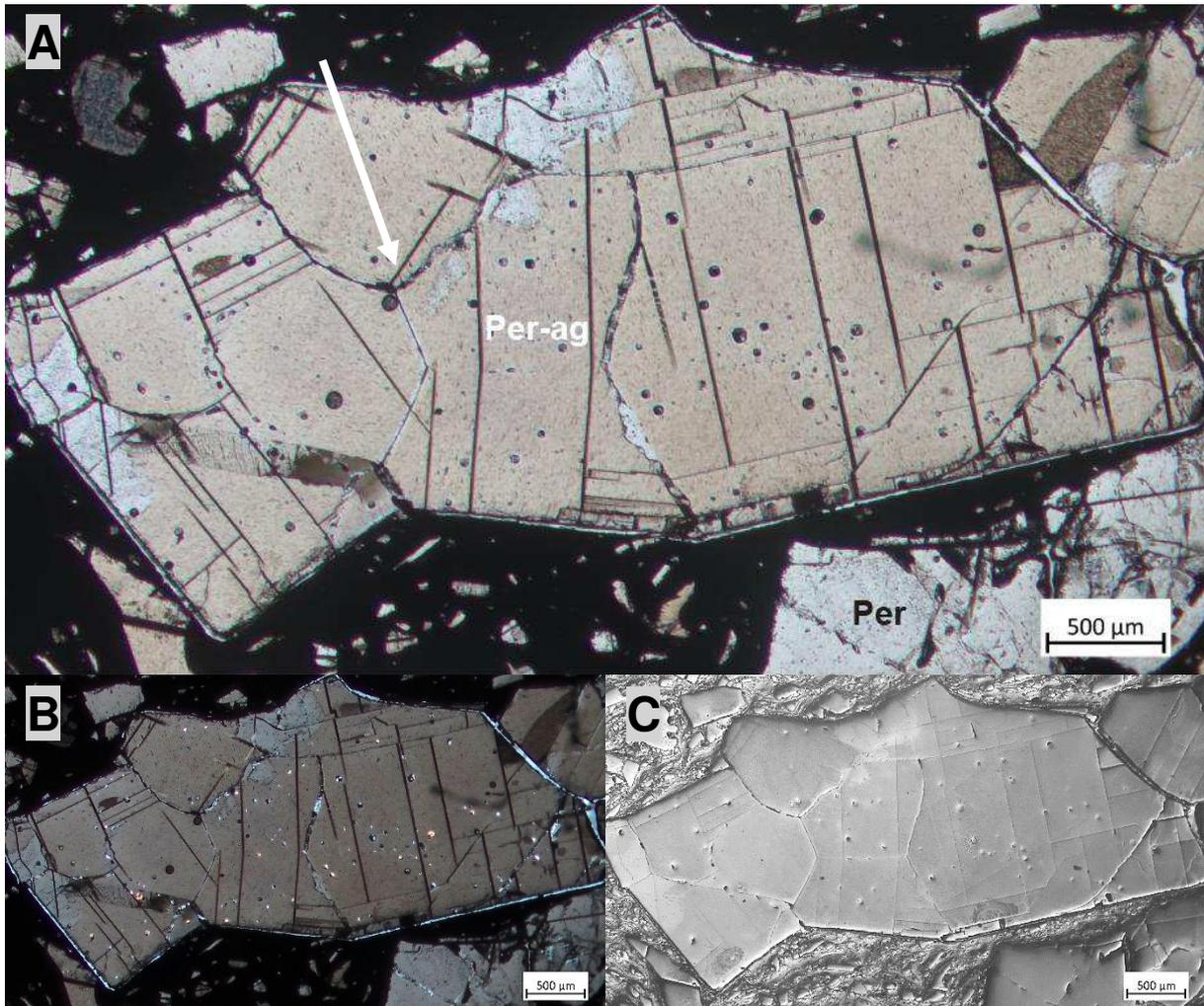


Abbildung 53: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Anhand dieses großen Periklasaggregats, in der Mitte aller Abbildungen, werden die Merkmale des Aggregattyps 2 erklärt. Er besteht aus wenigen, unregelmäßig geformten, zusammengesinterten Periklasbruchstücken, erkennbar an der unterschiedlichen Spaltbarkeit der einzelnen Bruchstücke und an der, durch einen weißen Pfeil markierten, gebogenen Linie. Runde, gebogene Strukturen sind Korngrenzen, keine Spaltflächen und daher Anzeichen für ein Aggregat.

In der rechten unteren Ecke der *Abbildung 53A* ist ein hellgrauer, stark deformierter Periklas mit einer Länge von mindestens 1,2mm zu sehen. Der Periklas im Zentrum der Abbildung ist 5mm lang, hellbraun bis hellgrau und besteht aus mehreren kleineren, idiomorphen Periklaskörnern. Er ist ein gutes Beispiel für den zweiten Periklasaggregattyp. Er wurde nicht aus einer Vielzahl von sehr kleinen, gerundeten Periklaskörnern, sondern aus wenigen annähernd idiomorphen, großen Periklasbruchstücken zusammengesintert. Vor allem gebogene Linien (siehe *Abb. 53A*, weißer Pfeil) im Inneren eines Periklas sind Hinweise darauf, dass er aus mehr als nur einem Korn besteht. Die übrigen Periklaskörner sind kleiner als 500µm und variieren in den Farben hellgrau, dunkelgrau und hellbraun. Alle Periklaskörner sind umgeben von einer schwarzen, opaken Matrix. Die ausgeprägte Spaltbarkeit des Periklas zeigt sich in den parallelen, feinen Linien, die sich durch die Körner ziehen. Diese feinen Linien sind auch in der Abbildung mit *gekreuzten Polarisatoren* (*Abb. 53B*) noch gut erkennbar. In der *Auflichtaufnahme* (*Abb. 53C*) sind sie zum Teil nur mehr angedeutet, dafür treten die Korngrenzen der einzelnen Periklaskörner deutlicher in Erscheinung. *Abbildung 53C* zeigt auch die glatte Oberfläche des Periklas und die schlierenartige Struktur der Matrix.

5.4.2.3 Dünnschliff V4B Kontaktzone

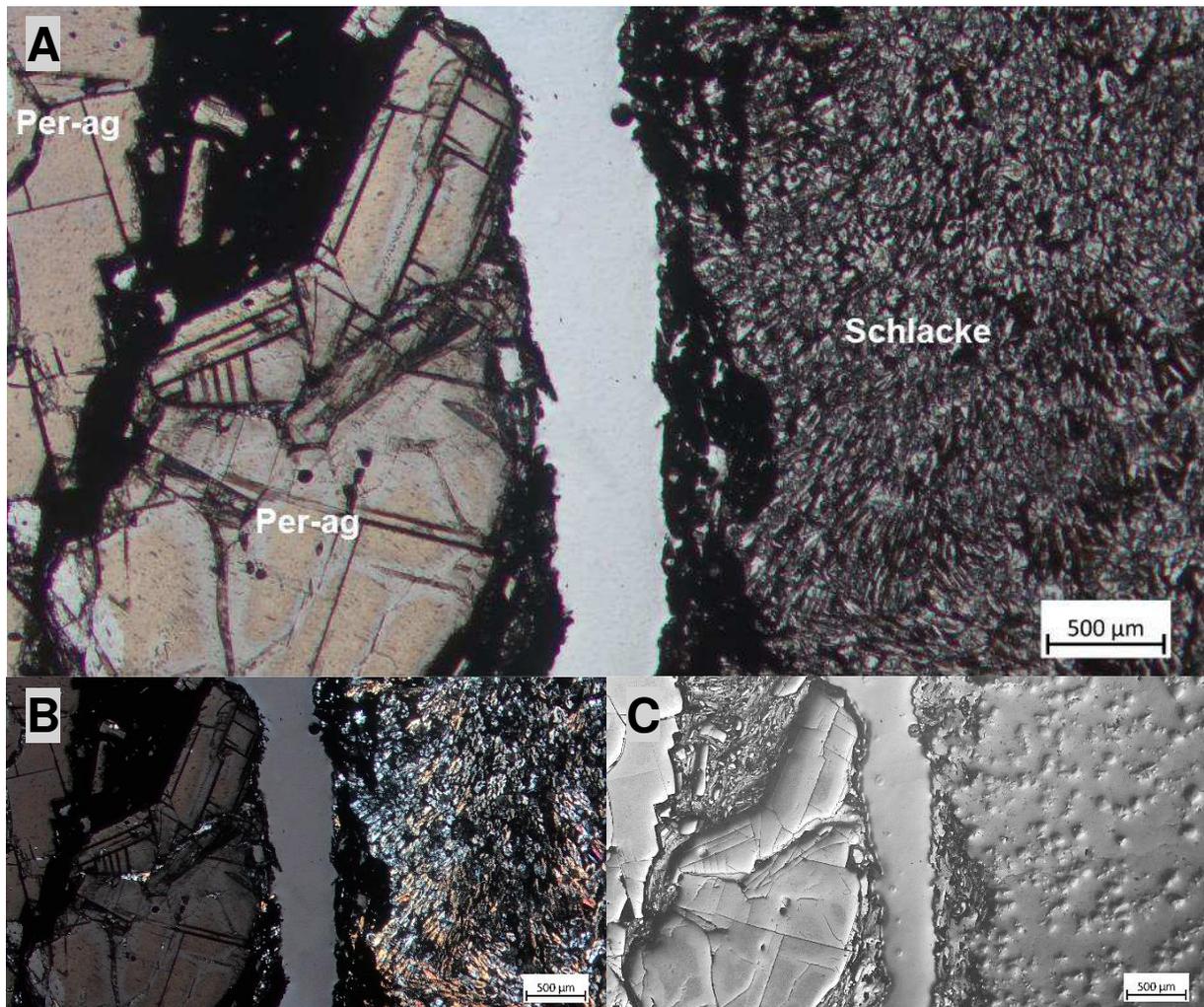


Abbildung 54: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein (links) und Schlacke (rechts) aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Die Abbildungen zeigen links den Magnesia-Carbonstein bestehend aus zwei großen Periklasaggregaten (Per-ag) umgeben von schwarzer Matrix, in der Mitte einen 375µm bis 750µm breiten Bereich ohne Probenmaterial und rechts die kompakte Schlacke mit nadeligen Strukturen. Ähnlich Abbildung 52 zeigt die Schlacke auch hier bei Verwendung von gekreuzten Polarisatoren eine Farbvariation von orange, rosa-violett bis blau.

Die linke Bildhälfte von *Abbildung 54A* zeigt den Magnesia-Carbonstein bestehend aus zwei großen, hellbraunen Periklasaggregaten ($>2,75\text{mm}$) und kleinen Periklasfragmenten umgeben von einer schwarzen, opaken Matrix. In der Mitte der Abbildung ist ein Riss als hellgrauer bis weißer Streifen, der zwischen $375\mu\text{m}$ und $750\mu\text{m}$ breit ist, erkennbar. Er enthält kein Probenmaterial und ist durch die Präparation entstanden. Bei diesem Riss ist auch ein Teil, des mit der Schlacke verschmolzenen Magnesia-Carbonsteins, abgebrochen, erkennbar an dem schwarzen, linken Rand der Schlacke, rechts in der Abbildung. Die Schlacke ist grau, braun bis schwarz, sehr feinkörnig und zeigt runde bis nadelige Phasen. Diese nadeligen Phasen sind besonders gut in *Abbildung 54B* unter gekreuzten Polarisatoren zu erkennen. Ihre Farbe variiert zwischen rosa und orange. Auch die restliche Schlacke leuchtet bläulich bis weiß und hebt sich deutlich von der schwarzen Matrix des Magnesia-Carbonsteins ab. Die Abbildung *im Auflicht* (Abb. 54C) zeigt die unebene Oberfläche der Schlacke bestehend aus kleinen Hügelchen zwischen größeren, ebenen Flächen. Im Gegensatz dazu stehen die ebenmäßigen Oberflächen des Periklas, auf der linken Seite und die schlierenartige Struktur, der ihn umgebenden Matrix.

5.4.2.4 Dünnschliff V4B Magnesia-Carbonstein

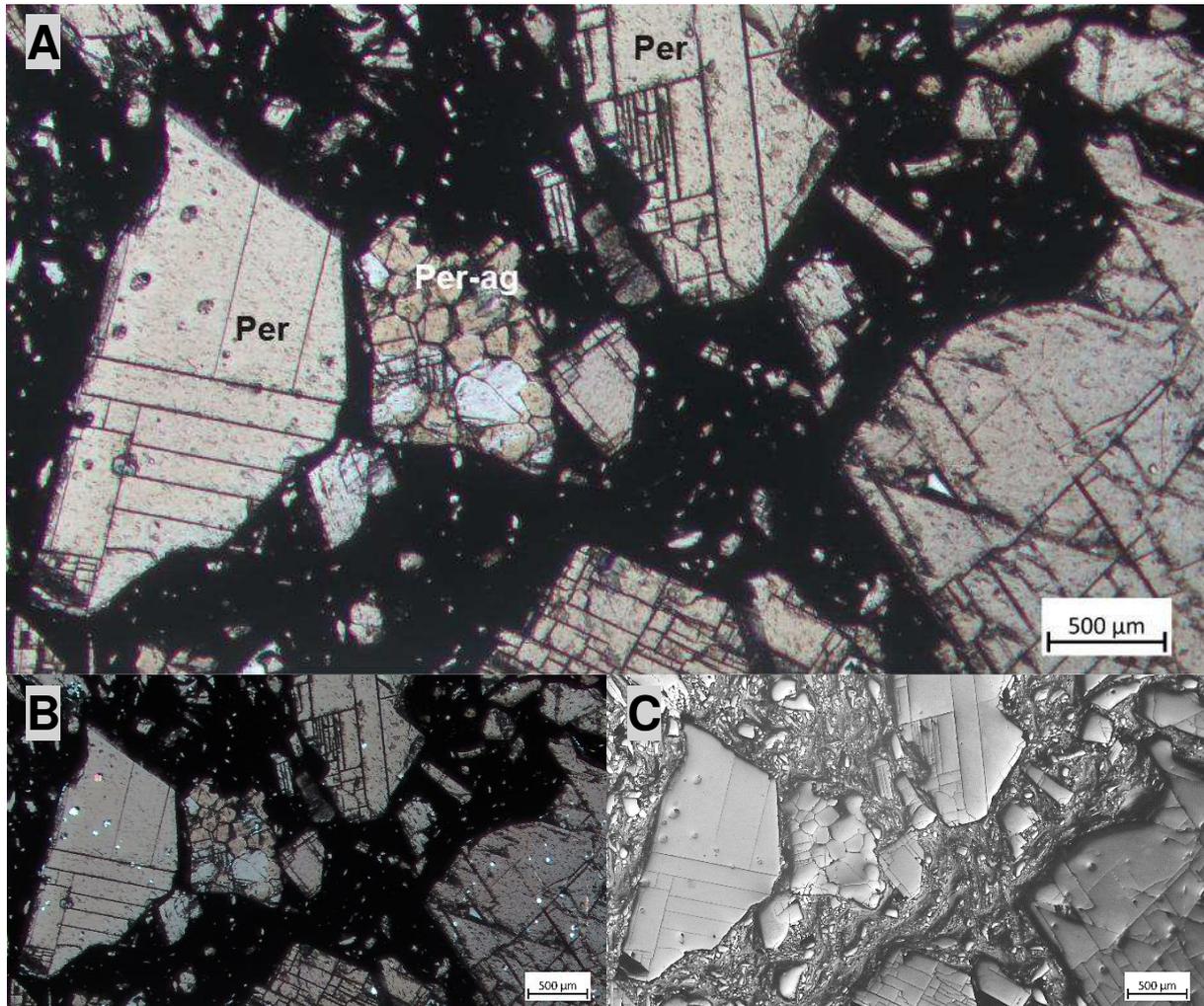


Abbildung 55: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Erkennbar ist der Unterschied zwischen idiomorphen Periklasbruchstücken (Per) und dem Periklasaggregat (Per-ag) in der Mitte der Abbildungen. Das Aggregat vom Typ 1 besteht aus vielen kleinen, annähernd gleich großen, gerundeten Periklaskörnern zusammengesintert zu einem großen Korn.

Abbildung 55A zeigt den Magnesia-Carbonstein der Probe V4B, aufgenommen mit parallelen Polarisatoren. Er besteht aus vier größeren Periklaskörnern, vielen kleinen Periklasfragmenten und einem Periklasaggregat, umgeben von opaker, schwarzer Matrix. Die vier größeren Periklaskörner sind hellbraun bis hellgrau, zwischen 1,1mm und 2mm lang und zeigen deutliche Spaltbarkeit. Die kleineren Periklaskörner sind <500µm und variieren farblich ebenfalls zwischen hellbraun und grau. Das Periklasaggregat in der Mitte (Aggregattyp 1), besteht aus mehreren gerundeten, 125µm bis 250µm großen Periklaskörnern zusammengesintert zu einem großen Korn. Die, bei gekreuzten Polarisatoren aufgenommene, *Abbildung 55B* unterscheidet sich kaum von der ersten Abbildung (55A). *Abbildung 55C* zeigt den Magnesia-Carbonstein im Auflicht. Drei der vier Periklaskörner haben eine ebene, glatte Oberfläche. Nur das Periklaskorn rechts unten ist etwas deformiert und weist einige Löcher auf. Weiters zeigt *Abbildung 55C* die leicht unebene Oberfläche des Aggregats und die schlierenartige Struktur der Matrix im Magnesia-Carbonstein.

5.4.3 Rasterelektronenmikroskop (REM)

5.4.3.1 BSE Aufnahmen V4A

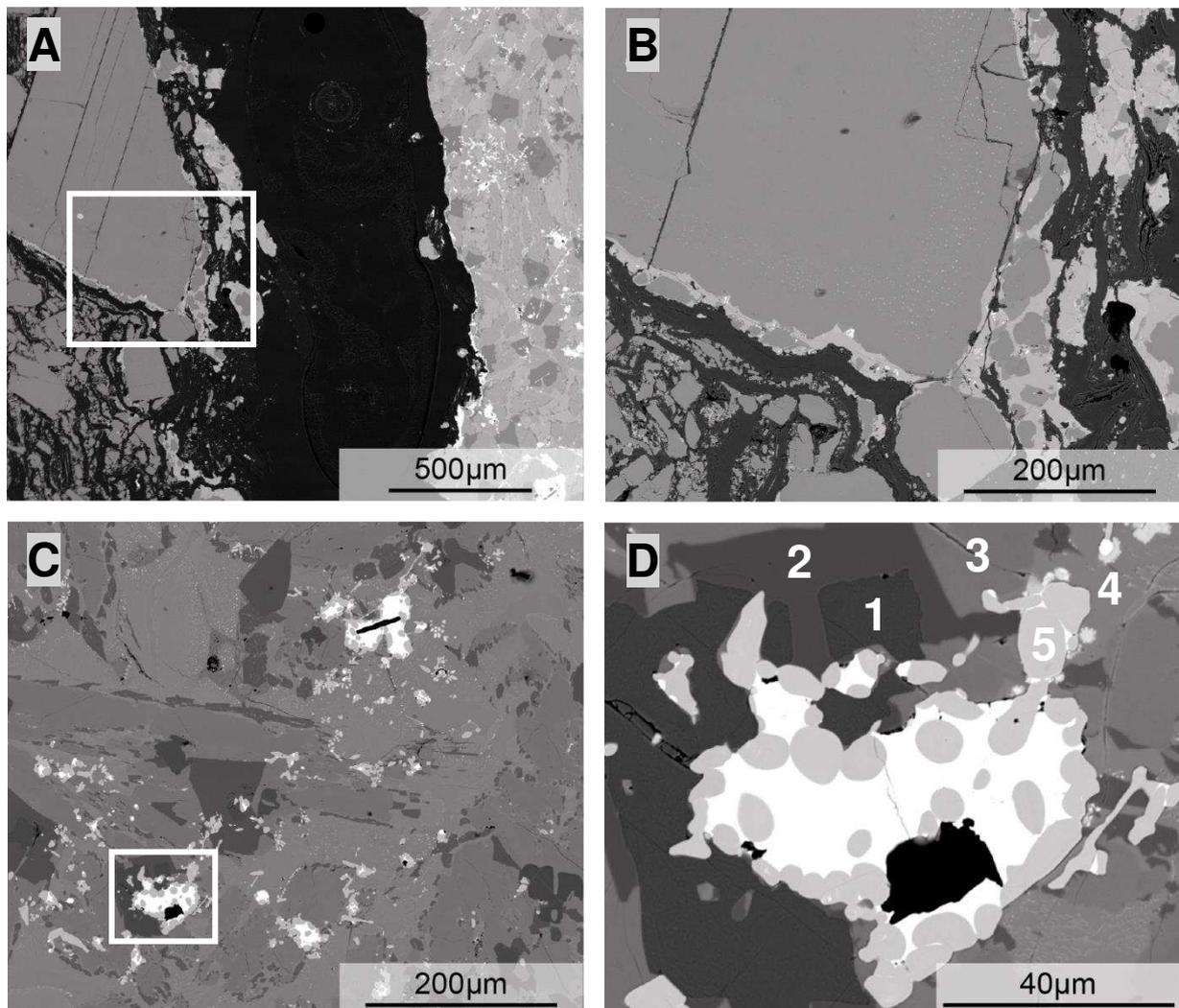


Abbildung 56: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke bzw. nur Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein am linken Bildrand, Schlacke am rechten Bildrand, schwarz erscheinender Bereich in der Mitte zeigt nur Probenträger aus Glas, Unterschiede zum Schlackentyp der Proben V1, V2 und V3 bereits hier erkennbar (für Details siehe Abb. 56C und 56D), der mit einem weißen Rechteckrahmen markierte Bereich wird vergrößert dargestellt in Abb. 56B, (B) Detailaufnahme entspricht dem in 56A markierten Bereich, Periklas zeigt leichte Anzeichen eines Umwandlungsprozesses, (C) Detailaufnahme der Schlacke, Schlackentyp 1 ist deutlich kompakter und bildet neben Periklas und Spinell andere Phasen als Typ 2, für weitere Details wird der mit einem weißen Rechteckrahmen markierte Bereich weiter vergrößert, (D) Detailaufnahme des markierten Bereiches in Abbildung 56C zeigt Periklas (1), Spinell (2), Monticellit (3), Melilit Mischkristalle (4) und Titan-Vanadium-Phase (5), die weiß erscheinende metallische Phase in der Mitte ist Mn- und Fe-reich.

Durch den deutlich härteren Schlackentyp 1 entsteht bei der Präparation ein Bruch zwischen Magnesia-Carbonstein und Schlacke. Abbildung 56A zeigt deshalb zu einem Drittel den Probenträger aus Glas (Mitte, erscheint schwarz). Auf der linken Seite ist der Magnesia-Carbonstein bestehend aus einem großen, idiomorphen Periklas (links oben, $L > 840\mu\text{m}$) und vielen deutlich kleineren, schlierenartig angeordneten Periklasbruchstücken (links unten) umgeben von schwarz erscheinender Matrix. Am rechten Rand sind noch Reste der, im BSE Bild, hell- bis mittelgrau erscheinenden Schlacke zu erkennen. Der überwiegende Teil der Schlacke ist in der Abbildung im rechten Drittel zu sehen. Im Gegensatz zu Schlackentyp 2 ist sie deutlich kompakter und weist kaum bis keine Brüche auf. Sie zeigt mehrere unregelmäßig

verteilte Phasen in verschiedenen Grautönen und weiß. Die EMS Analyse identifizierte folgende Phasen in der Schlacke: Monticellit, Forsterit, Spinell, Periklas, Melilit Mischkristall und drei metallische Phasen (für Details siehe Abb. 56C u. 56D).

Abbildung 56B zeigt den markierten Bereich in Abbildung 56A vergrößert. Die Ränder des, im BSE Bild, sehr dunkelgrau erscheinenden Periklas sind unregelmäßig und gerundet. Im Vergleich zu den Proben V1, V2 und V3 zeigt er aber deutlich weniger lobate und kuspate Kornränder. Weiters ist eine geordnete Ansammlung von zahlreichen sub- μm großen, weiß erscheinenden Einschlüssen erkennbar. Sie reichen vom Rand bis maximal 100 μm ins Korninnere.

Abbildung 56C zeigt die komplexe Zusammensetzung vom Schlackentyp 1 und dient der Differenzierung der einzelnen Phasen. Erkennbar sind eine, im BSE Bild, weiß erscheinende und verschiedene grau erscheinende Phasen: Periklas (sehr dunkelgrau), Spinell (dunkelgrau), Forsterit (mittelgrau), Monticellit (grau) und Melilit Mischkristall (helleres grau) und Titan-Vanadium Phase (hellgrau). Periklas und Spinell treten meist gemeinsam auf und sind schwer zu unterscheiden (siehe Abb. 56D). Die Phasen Monticellit und Melilit sind auch in dieser Abbildung (56C) gut zu unterscheiden und bilden die Hauptbestandteile der Schlacke. Die Phasen hellgrau und weiß treten ebenfalls gemeinsam auf. Die weiß erscheinende, eisenreiche Phase befindet sich in der Mitte und die hellgrau erscheinenden, gerundeten, kreisförmigen oder ovalen Körner bilden sich vorwiegend entlang des Randes. Vereinzelt können sich hellgraue Körner auch in der Mitte der weißen Phase bilden.

Abbildung 56D dient der Differenzierung zwischen den einzelnen Phasen. Dafür wird der in Abbildung 56C mit einem weißen Rechtecksrahmen markierte Bereich noch weiter vergrößert. Die 80 μm lange Phase mit der Nummer 1 ist Periklas. Die Phase Nummer 2 ist Spinell. Der Unterschied zwischen Monticellit (3) und den Melilit Mischkristallen (4) ist nur schwer zu erkennen. Abbildung 56D zeigt deutlich die Anordnung der hellgrau erscheinenden, kreisförmigen/ovalen Titan-Vanadium-Phase (5) entlang des Randes der weiß erscheinenden, Mn- und Fe-reichen Phase. Der 20 μm lange, schwarze Bereich in der weißen Phase ist ein Loch.

5.4.3.2 BSE Aufnahmen V4B

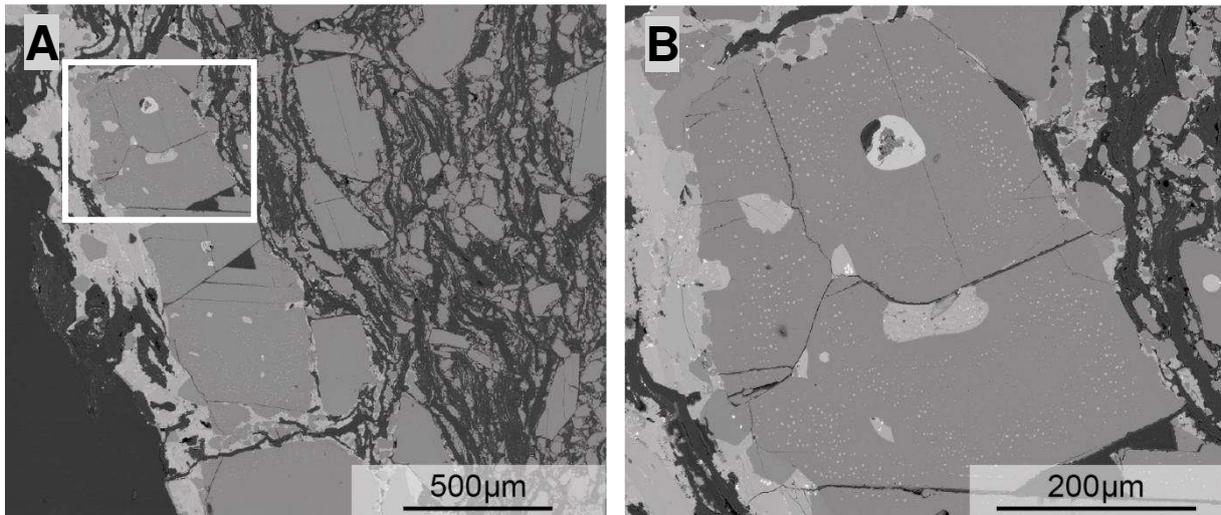


Abbildung 57: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein in der rechten Bildhälfte, in der linken Bildhälfte sind Periklase mit Resten der hellgrau erscheinenden Schlacke, schwarz erscheinender Bereich am linken Bildrand zeigt kein Probenmaterial, der weiße Rechtecksrahmen markiert den in Abbildung 57B dargestellten Bereich, (B) Detailaufnahme, Ausschnitt eingezeichnet in Abbildung 57A, Periklas weist sub- μm große Einschlüsse auf, unregelmäßige Kornränder und hellere Bereiche im Inneren sind Hinweise auf Umwandlungsprozesse.

Abbildung 57A zeigt rechts den Magnesia-Carbonstein bestehend aus unterschiedlich großen, im BSE Bild grau erscheinenden Periklaskörnern umgeben von einer schwarz erscheinenden, schlierenartigen Matrix. Die Länge der Körner in der Matrix ist kleiner als $125\mu\text{m}$ oder variiert zwischen $250\mu\text{m}$ und $490\mu\text{m}$. Die idiomorphen Periklaskörner, am Rand des Magnesia-Carbonsteins, sind dicht aneinandergereiht und bis zu $625\mu\text{m}$ lang. Sie sind zum Teil fast vollständig von der grau bis mittelgrau erscheinenden Schlacke umgeben und weisen Anzeichen einer chemischen Umwandlung auf. Die Kornränder auf der linken Seite sind unregelmäßig, zum Teil gerundet und weisen Einbuchtungen auf (siehe Abb. 57B).

Der, in Abbildung 57A, mit einem weißen Rechtecksrahmen markierte Bereich wird weiter vergrößert und entspricht der Abbildung 57B. In der Mitte der Abbildung 57B ist eines der Periklaskörner vom Rand des Magnesia-Carbonsteins vergrößert abgebildet. Die Kanten des Periklas sind unregelmäßig, gerundet und weisen Einbuchtungen auf. Die grauen bis mittelgrauen Flecken im Inneren deuten ebenfalls auf einen Umwandlungsprozess hin. Darüber hinaus zeigt dieser Periklas zahlreiche sub- μm große Einschlüsse einer im BSE Bild hellgrau erscheinenden Phase.

5.4.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)

5.4.4.1 Punktmessungen V4A

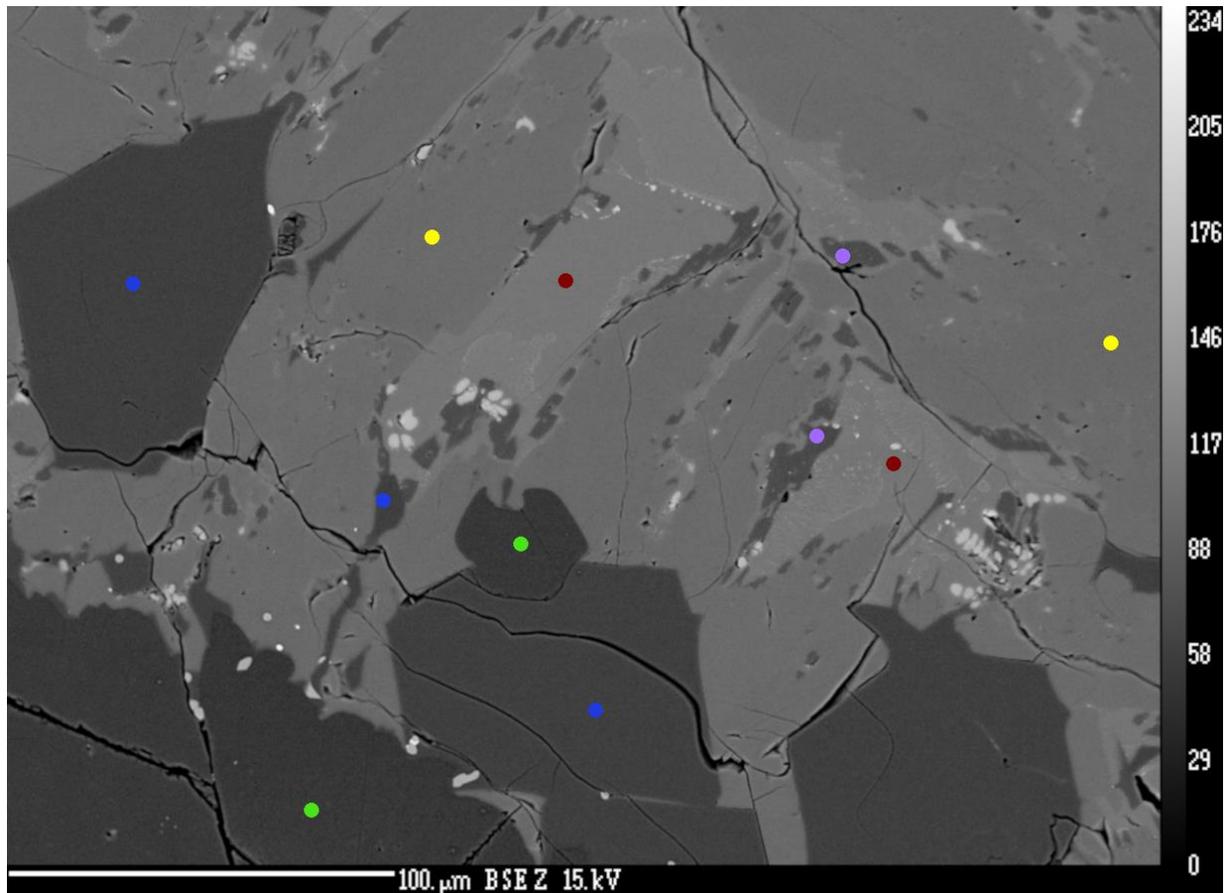


Abbildung 58: EMS Punktmessungen in der Probe V4A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 20) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 21) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Melilit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Gelb	Monticellit	CaMgSiO_4
Violett	Forsterit	Mg_2SiO_4
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 20: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 58. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: blau – Spinell, grün – Periklas, rot – Melilit, gelb – Monticellit und violett – Forsterit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
1 / 1 .	0,0375	0,0083	0,0012	0,0718	0	0,2201	67,8723	0,6704	0	28,3508	97,2325
3 / 1 .	0,0362	0	0,0178	0,0801	0,0022	0,2141	67,4179	0,6536	0,0139	28,4478	96,8837
10 / 1 .	0,2329	0,0073	0	0,0896	0,0009	0,3182	66,867	1,1972	0	28,8316	97,5448
2 / 1 .	0,1295	0,0315	0	5,5794	0	0,5603	8,8762	0,08	0,009	84,0371	99,303
4 / 1 .	0,1324	0,0001	0,0096	0,0715	0	0,4815	2,0653	0,0167	0,0045	97,0145	99,7962
6 / 1 .	40,6349	0	0	0,006	0,0277	0,1264	14,18	36,2091	0	7,652	98,836
11 / 1 .	40,4285	0	0,011	0	0,0398	0,161	15,1484	35,5314	0,0023	7,0729	98,3954
5 / 1 .	31,7308	0,0024	0	0	0,0015	0,5146	0,2656	38,6377	0	29,3807	100,5332
7 / 1 .	28,7973	0	0	0,028	0,0061	0,5538	0,189	39,0395	0,0047	31,8939	100,5123
8 / 1 .	3,8993	0	0	0,0306	0,0129	0,8892	0,2372	41,9675	0	54,1483	101,1852
9 / 1 .	2,9021	0	0,0051	0,0842	0,0188	0,7565	0,4603	42,0516	0	54,7307	101,0092

Tabelle 21: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 58. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Melilit – 7O (rot), Monticellit– 4O (gelb) und Forsterit – 4O(violett).

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
1 / 1 .	0,0010	0,0002	0	0,0013	0	0,0045	1,9518	0,0164	0	1,0312	3,0064
3 / 1 .	0,0010	0	0,0004	0,0015	0,0001	0,0044	1,9464	0,0160	0,0003	1,0389	3,0089
10 / 1 .	0,0061	0,0001	0	0,0016	0	0,0066	1,9192	0,0292	0	1,0467	3,0095
2 / 1 .	0,0009	0,0002	0	0,0279	0	0,0032	0,0697	0,0005	0,0001	0,8341	0,9365
4 / 1 .	0,0010	0	0,0001	0,0004	0	0,0027	0,0163	0,0001	0	0,9707	0,9913
6 / 1 .	1,9972	0	0	0,0002	0,0024	0,0049	0,7666	1,6610	0	0,5233	4,9555
11 / 1 .	1,9958	0	0,0004	0	0,0034	0,0063	0,8226	1,6371	0,0001	0,4858	4,9515
5 / 1 .	0,8718	0	0	0	0,0001	0,0112	0,0080	0,9908	0	1,1232	3,0051
7 / 1 .	0,7844	0	0	0,0005	0,0003	0,0119	0,0057	0,9925	0,0001	1,2087	3,0040
8 / 1 .	0,0983	0	0	0,0005	0,0006	0,0177	0,0066	0,9870	0	1,8985	3,0091
9 / 1 .	0,0730	0	0,0001	0,0015	0,0008	0,0150	0,0127	0,9870	0	1,9150	3,0052

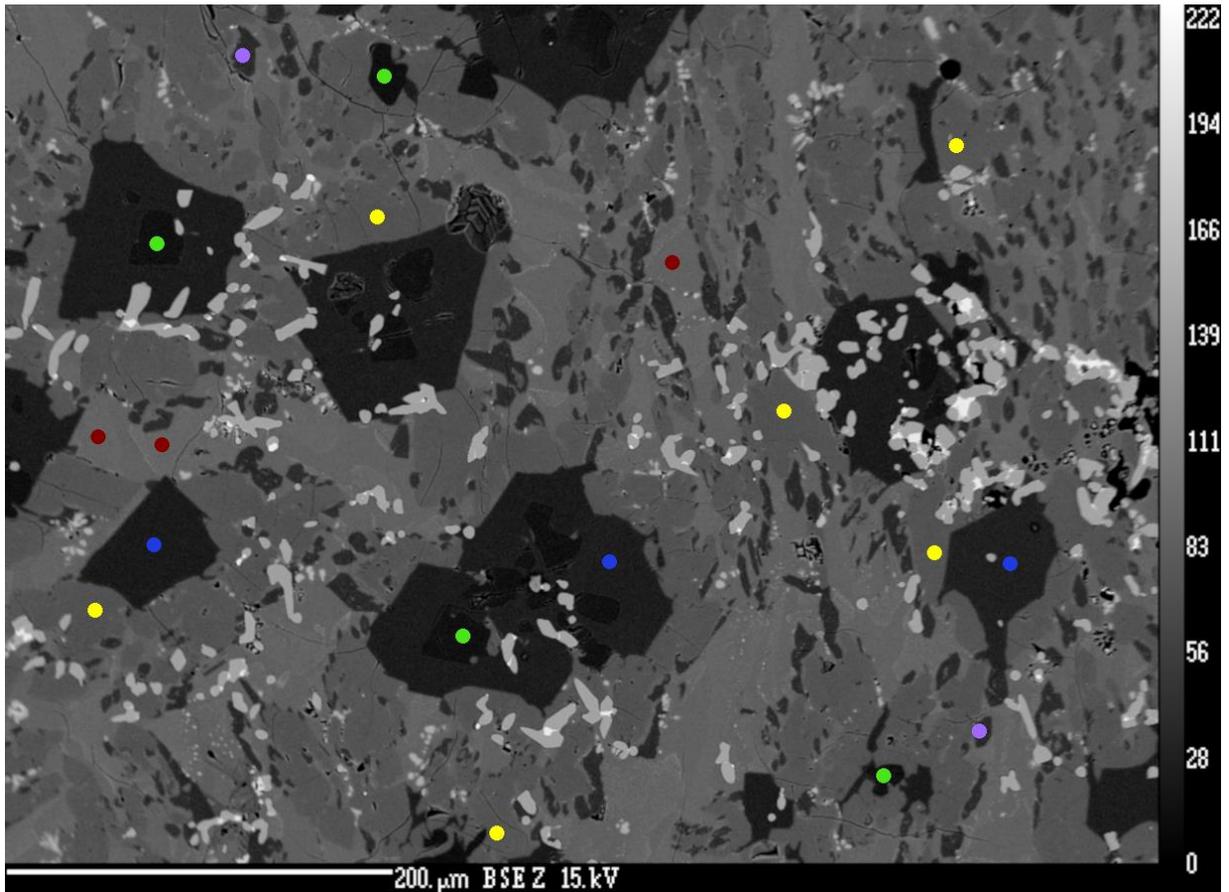


Abbildung 59: EMS Punktmessungen in der Probe V4A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 22) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 23) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Melilit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Gelb	Monticellit	CaMgSiO_4
Violett	Forsterit	Mg_2SiO_4
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 22: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 59. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: blau – Spinell, grün – Periklas, rot – Melilit, gelb – Monticellit und violett – Forsterit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
14 / 1 .	0,0408	0	0,0261	0,1694	0,0011	0,1871	67,2997	0,8072	0	28,9591	97,4904
15 / 1 .	0,0791	0,0202	0,0038	0,1603	0,0032	0,1705	68,6008	0,3956	0	28,4731	97,9065
16 / 1 .	0,058	0,0105	0	0,2187	0,0081	0,1475	68,8916	0,5295	0	28,5126	98,3766
17 / 1 .	0,1717	0,0072	0,0114	0,0219	0,0031	0,4621	0,2199	0,0562	0,0007	99,79	100,7442
18 / 1 .	0,0608	0,0066	0,0041	0,0959	0,0036	0,468	2,1832	0,0299	0	97,9133	100,7655
19 / 1 .	0,0465	0,0074	0,0196	0,0794	0,0009	0,4306	0,1783	0,0281	0	100,1567	100,9473
32 / 1 .	0,1609	0,0039	0	0,0131	0,0056	0,4808	0,247	0,0718	0,0163	98,728	99,7275
22 / 1 .	40,9003	0,0089	0,0087	0,0523	1,092	0,9756	13,4911	34,6129	0,0145	7,9428	99,0992
23 / 1 .	41,1087	0	0	0	1,3007	0,6734	12,6764	35,1971	0,0162	8,4173	99,3899
26 / 1 .	40,6698	0	0	0	0,0195	0,1502	13,3536	35,9892	0	8,4812	98,6636
21 / 1 .	31,2189	0	0	0,0914	0,003	0,4033	0,159	38,6294	0,0077	29,9938	100,5065
24 / 1 .	32,0116	0,0008	0,0156	0,0769	0,072	0,4427	0,1417	38,3481	0,0027	28,7952	99,9073
25 / 1 .	30,9462	0,0021	0,0091	0,2047	0,0062	0,3971	0,1584	38,7032	0	29,9665	100,3936
27 / 1 .	31,9142	0,0002	0,0118	0,0539	0,0106	0,3958	0,1162	38,7348	0,003	29,2192	100,4595
34 / 1 .	31,4986	0,003	0,0214	0,0827	0	0,4009	0,2386	38,5885	0	29,6968	100,5303
35 / 1 .	30,9553	0	0,0074	0,149	0,0002	0,3835	0,1645	38,6921	0,0085	29,8029	100,1633
20 / 1 .	4,3315	0,0017	0,0089	0,0906	0,0068	0,9398	0,2013	41,833	0,0115	53,5263	100,9514
33 / 1 .	4,6053	0,0095	0	0,0871	0,0099	0,7932	0,3911	41,8409	0	53,104	100,841

Tabelle 23: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 59. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Melilit – 7O (rot), Monticellit– 4O (gelb) und Forsterit – 4O(violett).

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
14 / 1 .	0,0011	0	0,0005	0,0031	0,0001	0,0039	1,9317	0,0197	0	1,0514	3,0114
15 / 1 .	0,0021	0,0004	0,0001	0,0029	0,0001	0,0035	1,9598	0,0096	0	1,0289	3,0074
16 / 1 .	0,0015	0,0002	0	0,0040	0,0004	0,0030	1,9577	0,0128	0	1,0249	3,0043
17 / 1 .	0,0012	0	0,0001	0,0001	0	0,0026	0,0017	0,0004	0	0,9924	0,9986
18 / 1 .	0,0004	0	0	0,0005	0	0,0026	0,0171	0,0002	0	0,9698	0,9908
19 / 1 .	0,0003	0	0,0001	0,0004	0	0,0024	0,0014	0,0002	0	0,9938	0,9987
32 / 1 .	0,0012	0	0	0,0001	0,0001	0,0027	0,0020	0,0005	0,0001	0,9917	0,9983
22 / 1 .	2,0216	0,0003	0,0003	0,0018	0,0944	0,0381	0,7335	1,5968	0,0006	0,5462	5,0337
23 / 1 .	2,0226	0	0	0	0,1119	0,0262	0,6860	1,6162	0,0006	0,5762	5,0398
26 / 1 .	2,0072	0	0	0	0,0017	0,0059	0,7249	1,6578	0	0,5824	4,9798
21 / 1 .	0,8566	0	0	0,0018	0,0001	0,0087	0,0048	0,9892	0,0002	1,1450	3,0064
24 / 1 .	0,8862	0	0,0003	0,0015	0,0035	0,0097	0,0043	0,9908	0,0001	1,1091	3,0055
25 / 1 .	0,8492	0	0,0002	0,0039	0,0003	0,0086	0,0048	0,9912	0	1,1441	3,0024
27 / 1 .	0,8774	0	0,0003	0,0010	0,0005	0,0086	0,0035	0,9940	0,0001	1,1177	3,0031
34 / 1 .	0,8648	0,0001	0,0005	0,0016	0	0,0087	0,0072	0,9888	0	1,1344	3,0060
35 / 1 .	0,8513	0	0,0002	0,0029	0	0,0083	0,0050	0,9931	0,0002	1,1403	3,0013
20 / 1 .	0,1096	0	0,0002	0,0016	0,0003	0,0188	0,0056	0,9876	0,0002	1,8838	3,0076
33 / 1 .	0,1166	0,0002	0	0,0015	0,0004	0,0159	0,0109	0,9885	0	1,8703	3,0044

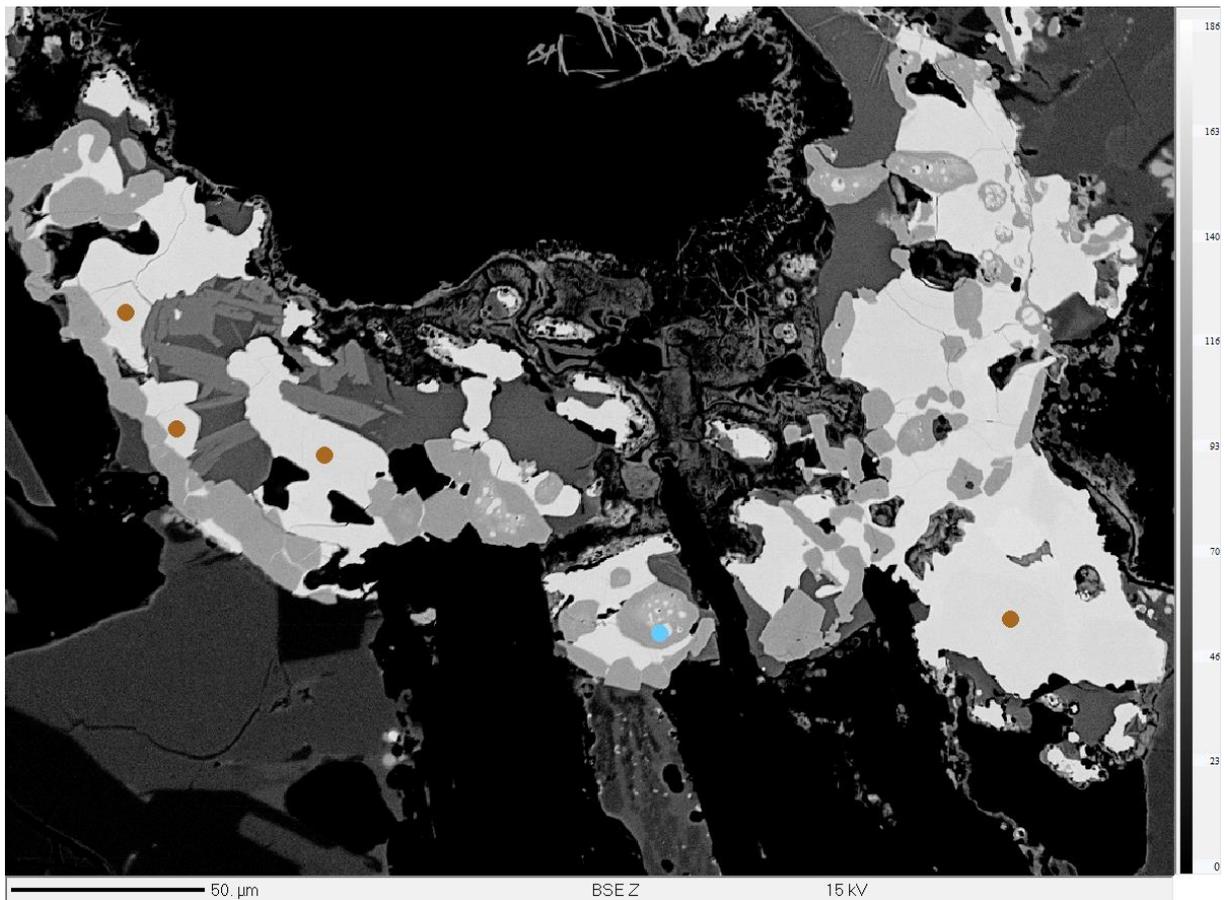


Abbildung 60 Metall: EMS Punktmessungen in der Probe V4A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Metall (Tabelle Metall 1) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Braun	intermet-Phase 2	43-48 Gew.% Fe, 27-29 Gew.% Mn, 10-14 Gew.% Cr, 3 Gew.% V
Hellblau	intermet-Phase 3	45 Gew.% Fe, 35 Gew.% Mn, 5 Gew.% Cr, 1,7 Gew.% V, 7 Gew.% Si

Tabelle Metall 1: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Metall zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 60 Metall

DataSet/Point	Al	Ti	V	Fe	Cr	Mo	Mn	Si	Total
4 / 1 .	0,0175	0,0078	3,4856	43,4144	13,7434	0,002	28,5322	0,0138	89,2167
5 / 1 .	0,009	0,2725	3,1876	48,1362	10,0988	0	26,8363	0,0016	88,533
6 / 1 .	0,011	0,5023	3,1569	44,3863	12,4952	0	28,2816	0,0173	88,8397
7 / 1 .	0,0144	0,4694	3,3898	45,6147	11,2827	0,0402	27,9856	0,0062	88,803
8 / 1 .	0	2,6703	1,6701	45,2241	5,3874	0	35,288	7,1899	97,4047

5.4.4.2 Punktmessungen V4B

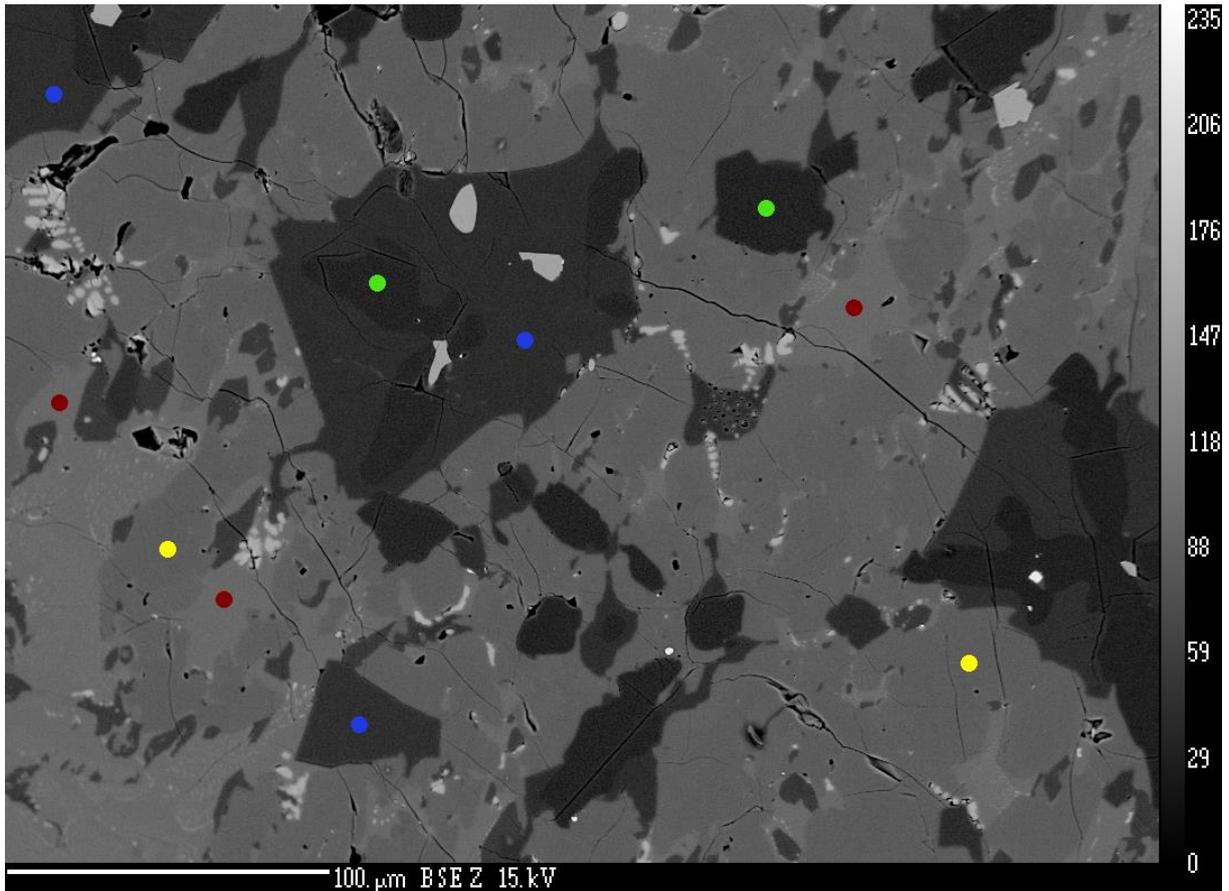


Abbildung 61: EMS Punktmessungen in der Probe V4B. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 24) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 25) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Meliit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Gelb	Monticellit	CaMgSiO_4
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 24: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 61. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: blau – Spinell, grün – Periklas, rot – Melilit und gelb – Monticellit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
36 / 1 .	0,0565	0	0,0121	0,1081	0	0,1056	69,2749	0,2569	0	28,1281	97,9421
37 / 1 .	0,0649	0,0196	0	0,1283	0,0049	0,1372	68,733	0,377	0	28,0593	97,5242
43 / 1 .	0,0908	0,0052	0,0055	0,1452	0	0,1377	68,3151	0,5389	0	28,79	98,0283
38 / 1 .	0,0248	0,0152	0	0,0515	0,0049	0,37	0,1914	0,0307	0,0004	99,0113	99,7002
42 / 1 .	0,1155	0	0,0008	0,0301	0,0033	0,3455	0,1757	0,0466	0,0072	98,8504	99,575
45 / 1 .	40,9316	0,0019	0,0147	0	0,0207	0,0899	16,3354	34,8481	0,0082	7,1537	99,4044
47 / 1 .	41,0138	0	0	0,0011	0,0259	0,0725	17,3912	33,5937	0,017	6,6175	98,7327
49 / 1 .	40,6637	0,0089	0	0	0,0163	0,1305	10,3123	37,4222	0,0105	9,8099	98,3744
48 / 1 .	30,8549	0	0,0067	0,0357	0,007	0,351	0,2392	38,5835	0	30,0353	100,1133
46 / 1 .	31,9737	0	0,0104	0,0083	0,0085	0,3035	0,1972	38,6931	0,0141	29,3268	100,5355

Tabelle 25: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 61. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Melilit – 7O (rot), Monticellit– 4O (gelb) und Forsterit – 4O(violett).

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
36 / 1 .	0,0015	0	0,0002	0,0020	0	0,0022	1,9764	0,0062	0	1,0151	3,0036
37 / 1 .	0,0017	0,0004	0	0,0023	0,0002	0,0028	1,9697	0,0092	0	1,0171	3,0034
43 / 1 .	0,0024	0,0001	0,0001	0,0026	0	0,0028	1,9494	0,0130	0	1,0391	3,0096
38 / 1 .	0,0002	0,0001	0	0,0003	0,0001	0,0021	0,0015	0,0002	0	0,9943	0,9987
42 / 1 .	0,0008	0	0	0,0002	0	0,0020	0,0014	0,0003	0	0,9940	0,9988
45 / 1 .	2,003	0	0,001	0	0,002	0,003	0,879	1,592	0	0,487	4,968
47 / 1 .	2,025	0	0	0	0,002	0,003	0,945	1,548	0,001	0,455	4,978
49 / 1 .	2,014	0	0	0	0,001	0,005	0,562	1,730	0	0,676	4,989
48 / 1 .	0,8488	0	0,0001	0,0007	0,0003	0,0076	0,0072	0,9906	0	1,1496	3,0051
46 / 1 .	0,8782	0	0,0002	0,0002	0,0004	0,0066	0,0060	0,9919	0,0003	1,1207	3,0045

5.4.4.3 Linienprofile V4A

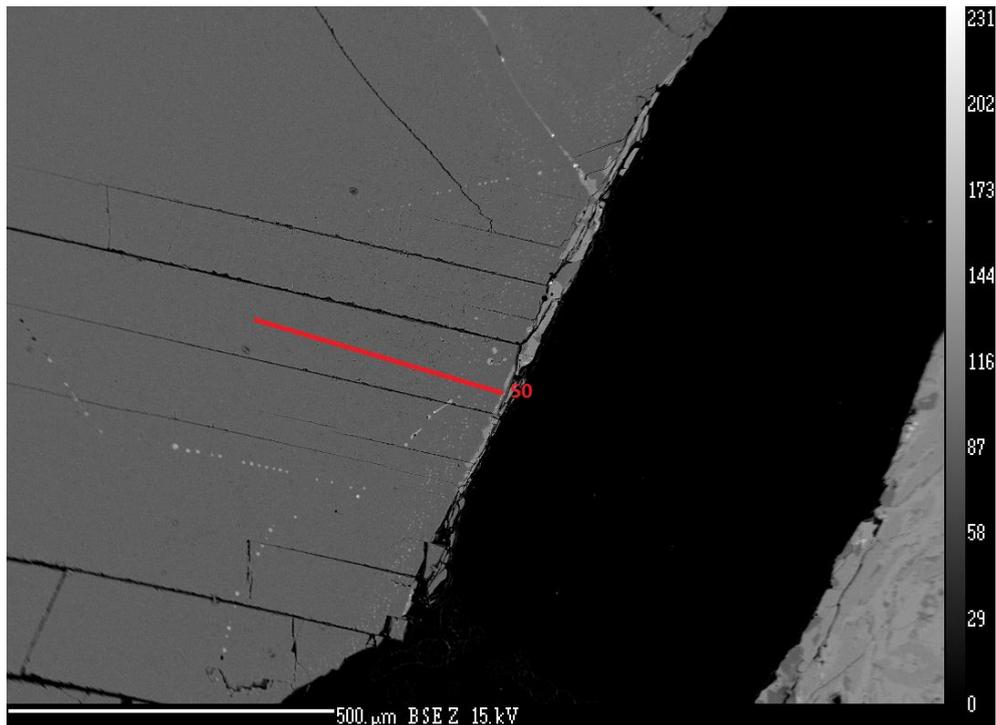


Abbildung 62: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V4A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von rechts nach links, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 16.

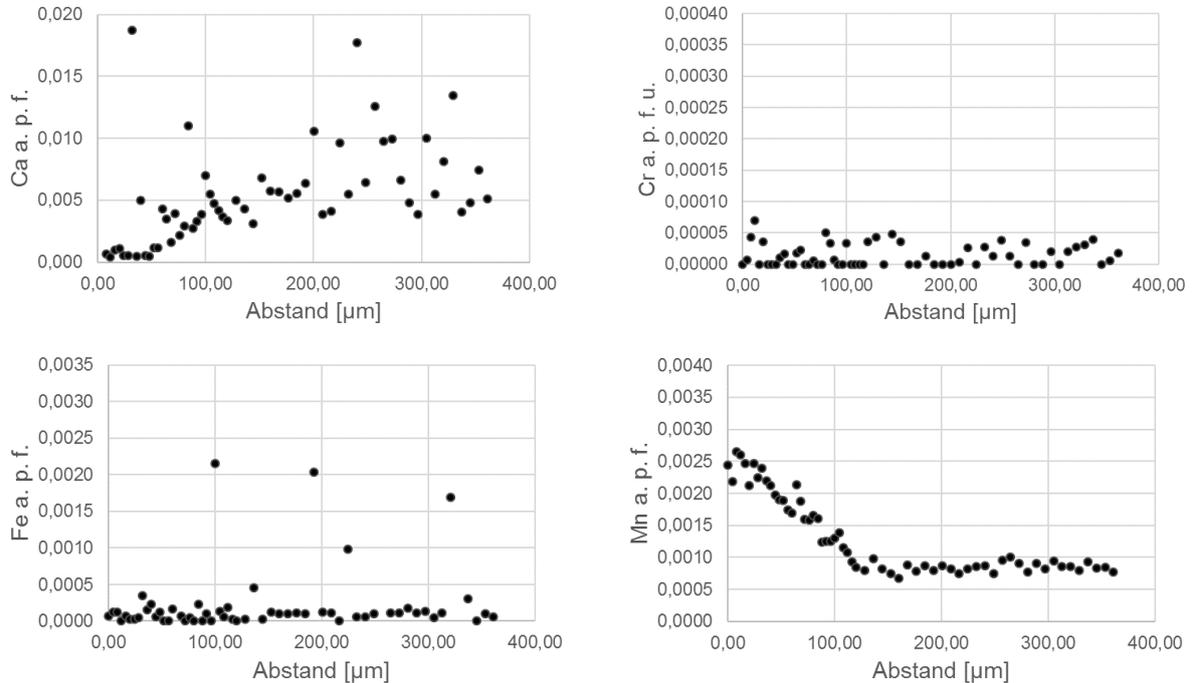


Diagramm 16: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

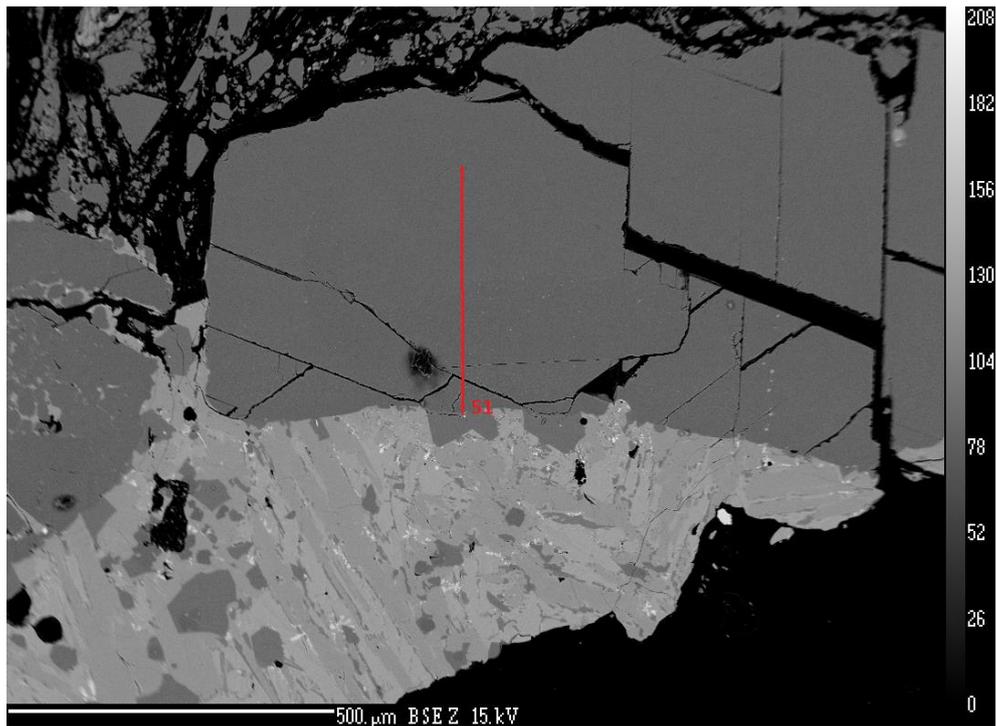


Abbildung 63: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V4A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 17.

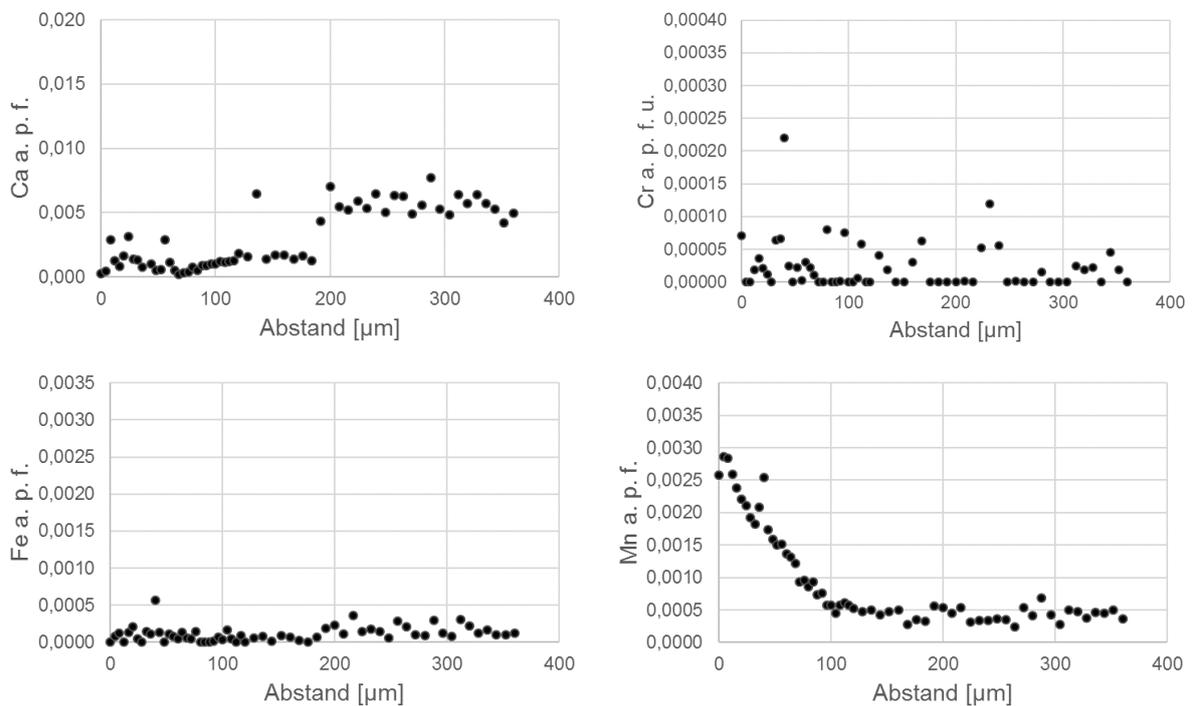


Diagramm 17: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in µm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.4.4.4 Linienprofile V4B

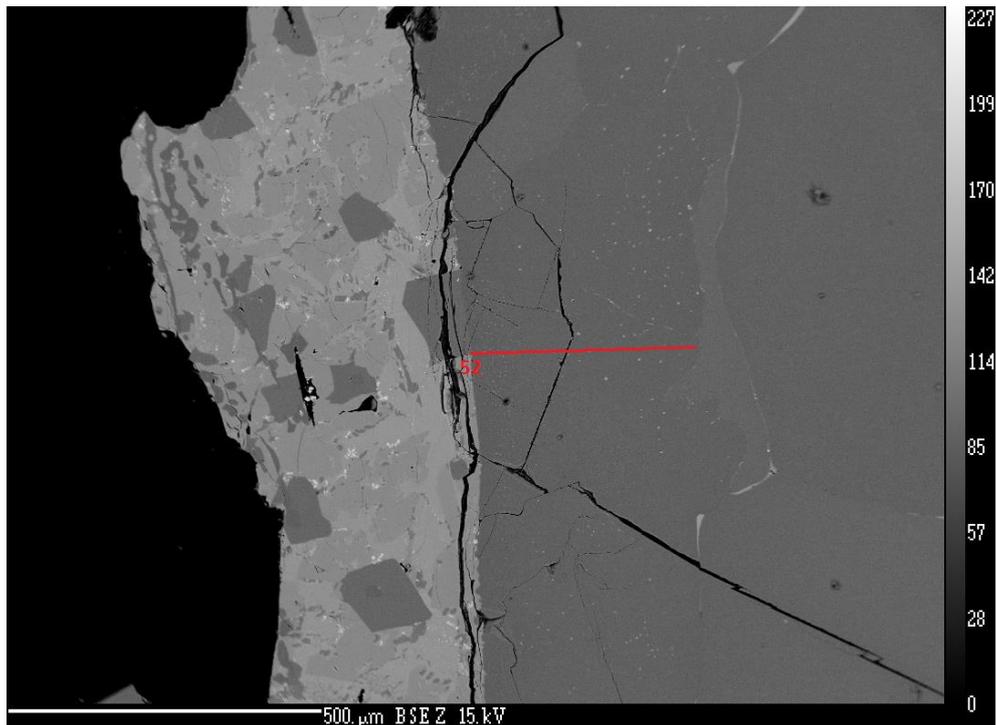


Abbildung 64: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V4B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von links nach rechts, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 18.

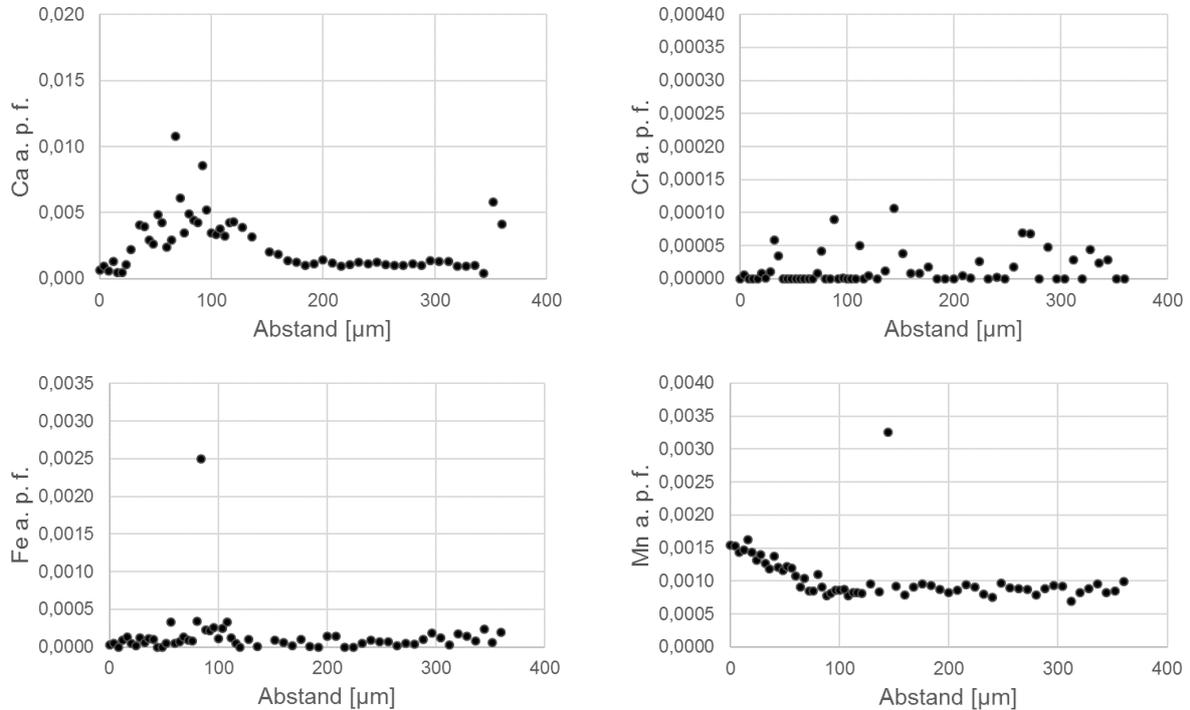


Diagramm 18: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in µm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

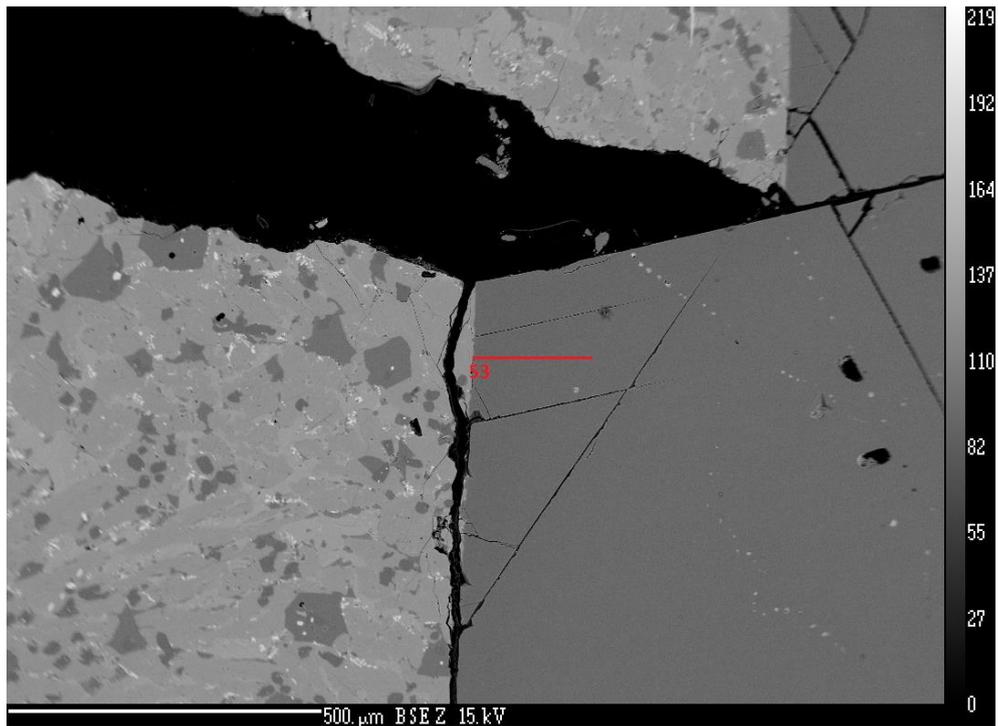


Abbildung 65: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V4B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von links nach rechts, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 19.

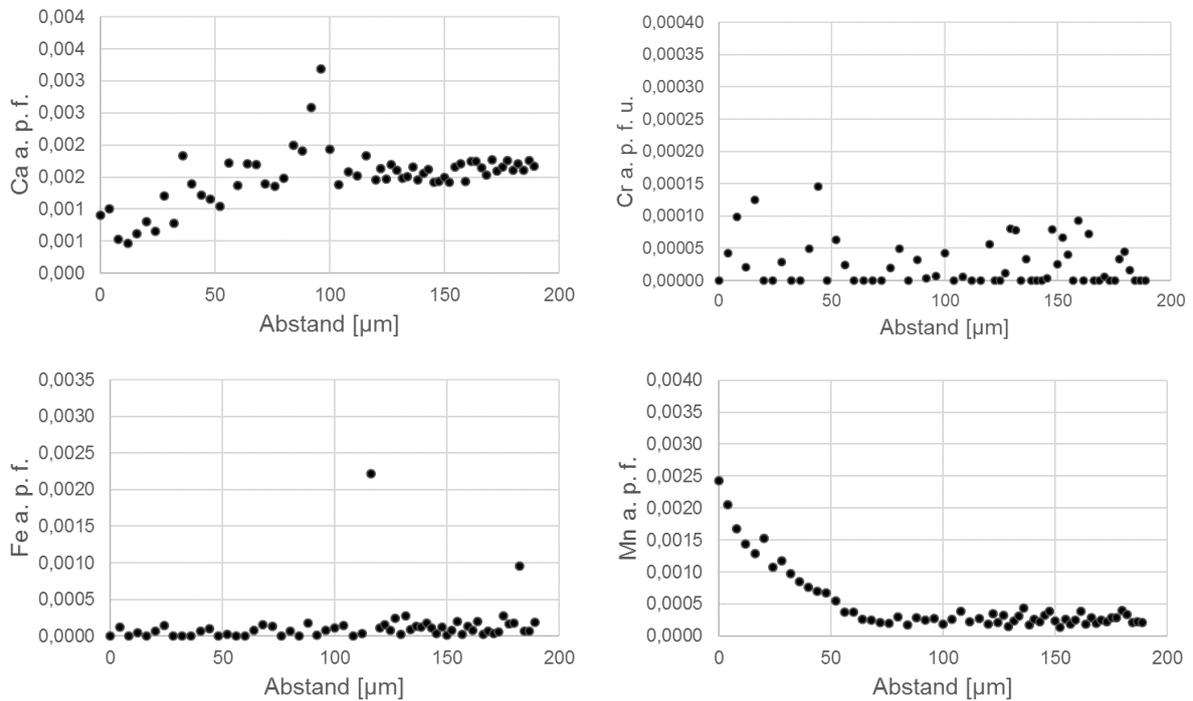


Diagramm 19: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in µm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.5 Probe V5

5.5.1 Ausgangsmaterial



Abbildung 66: Probe V5 ist ein High Quality Magnesia-Carbonstein Typ 1298 mit den Maßen 21x4,3x10cm, befüllt mit der mittleren Schlackenzusammensetzung.

Die Probe V5 (Abb. 66) ist ein High Quality Magnesia-Carbonstein Typ 1298 mit hohem Anteil an Schmelzmagnesit, ca. 11% Grafit und teergebunden. Die beiden zylinderförmigen Öffnungen wurden mit Schlackentyp 1 befüllt und im Konverter mit einer Aufheizrate von ca. 4,6°C/min auf die Zieltemperatur 1650°C erhitzt. Diese Zieltemperatur wurde drei Stunden lang konstant gehalten, gefolgt von kontrolliertem Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Abkühlrate von ca. 4,6°C/min. Die Probe weist keinerlei Spannungsrisse oder ähnliche Beschädigungen auf. Sowohl im Zylinder A als auch im Zylinder B sind die Kontaktzonen inklusive der hellgrauen, kompakten Schlacke vollständig erhalten. Im Gegensatz zu Schlackentyp 2 ist Typ 1 deutlich härter und kompakter. Beide Zylinder zeigen einen Metalltropfen im Querschnitt mit einem Durchmesser von 1-1,5cm und einen matten Metallglanz an der Schmelzoberfläche.

5.5.2 Polarisationsmikroskop

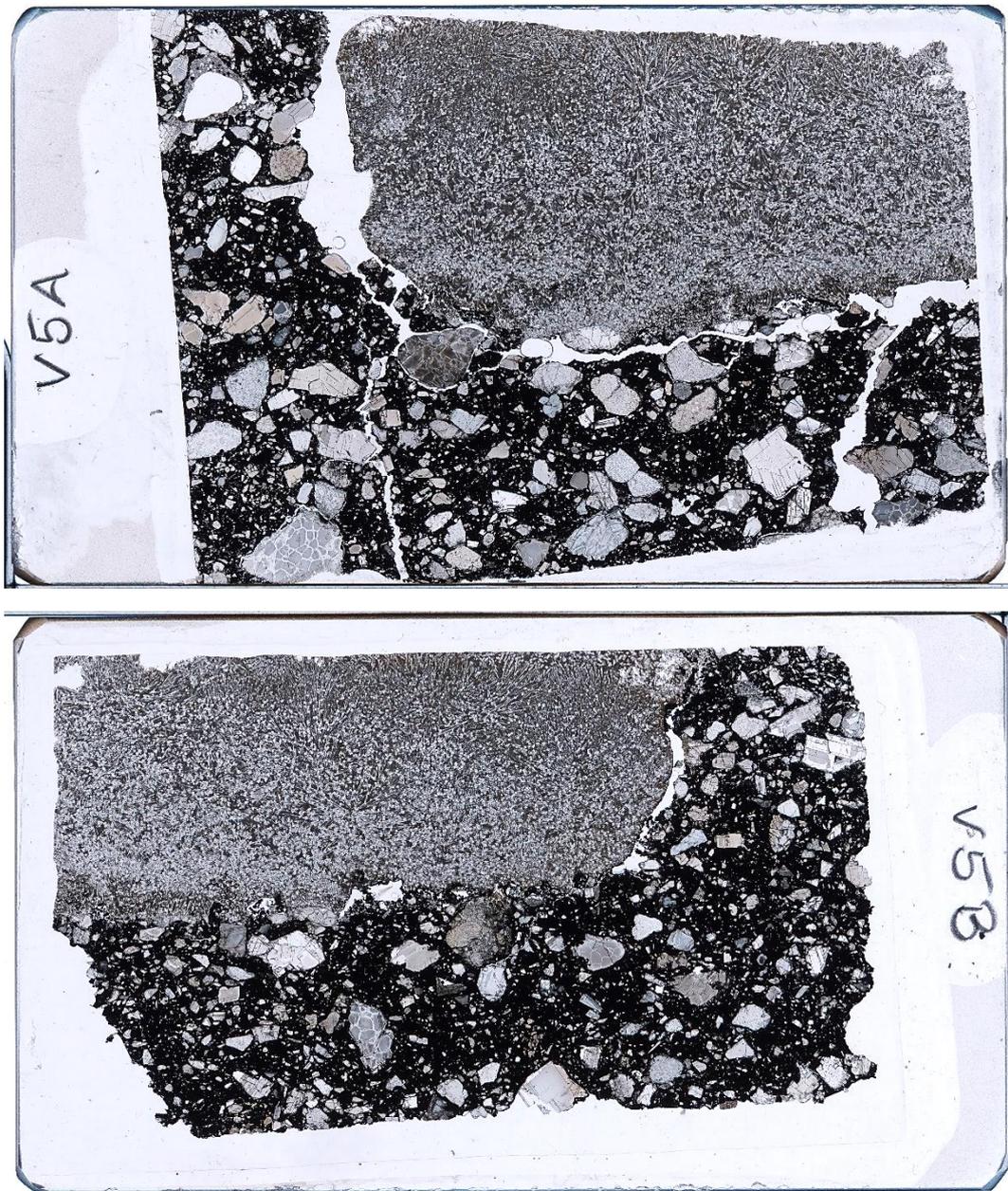


Abbildung 67: Übersichtsaufnahmen der Dünnschliffe von Probe V5 (Abb. 66) aus den Zylindern A und B (Abb.1). Die Aufnahme oben ist die Probe V5A und zeigt die Schlacke in der rechten oberen Ecke. Die Aufnahme unten ist die Probe V5B und zeigt die Schlacke in der linken oberen Ecke.

5.5.2.1 Dünnschliff V5A Kontaktzone

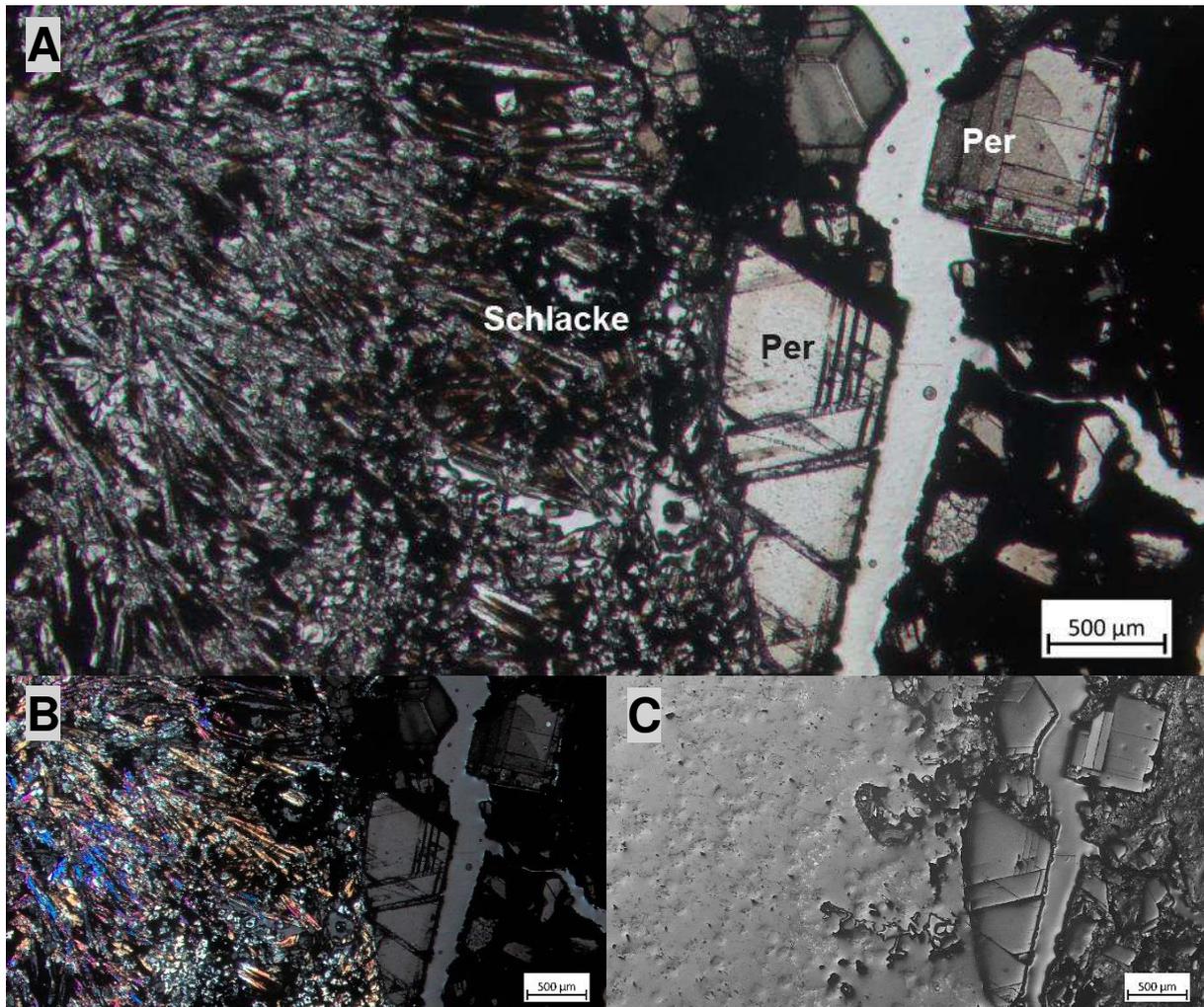


Abbildung 68: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Zu sehen sind links der kompakte Schlackentyp 1 mit zum Teil nadeliger Struktur und rechts der Magnesia-Carbonstein aus Periklas und organischer Matrix. Der 250-375µm breite, helle Streifen im Magnesia-Carbonstein zeigt nur den Probenträger aus Glas. Durch die Verwendung von gekreuzten Polarisatoren in Abbildung 68B erscheint die Schlacke orange, rosa-violett bis blau ähnlich Probe V4.

Abbildung 68A zeigt rechts den Magnesia-Carbonstein bestehend aus einem hellgrau-bräunlichen Periklas (750µm) und wenigen hellbraunen bis hellgrauen, idiomorphen Periklasfragmenten (<250µm), umgeben von einer schwarzen, opaken Matrix. Links davon befindet sich ein 250-375µm breiter Riss. Er enthält kein Probenmaterial und ist durch die Präparation entstanden. Bei diesem Riss hat sich auch ein Teil, des mit der Schlacke verschmolzenen Magnesia-Carbonsteins, gelöst. Erkennbar an dem schwarzen, rechten Rand der Schlacke, in der rechten Hälfte der Abbildung. Dieser schwarze Rand enthält ein 2mm langes, hellgraues bis weißes, idiomorphes Periklaskorn, mit deutlich erkennbarer Spaltbarkeit. Der idiomorphe, dunkelgraue Periklas am oberen Bildrand ist ca. 750µm lang. Die feinkörnige Schlacke auf der linken Bildhälfte variiert farblich zwischen weiß, grau, braun und schwarz. Sie zeigt sowohl kleine, runde als auch längere, nadelige Phasen. In Abbildung 68B färben sich die nadeligen Phasen blau-violett bis rosa und orange. Abgesehen davon gibt es keine weiteren signifikanten Unterschiede zwischen Abbildung 68A und 68B. Abbildung 68C dokumentiert die unregelmäßigen Oberflächenstrukturen der Schlacke. Die Periklase weisen eine ebene Oberfläche auf und sind umgeben von der schlierenartigen Struktur der Magnesia-Carbonsteinmatrix.

5.5.2.2 Dünnschliff V5A Magnesia-Carbonstein

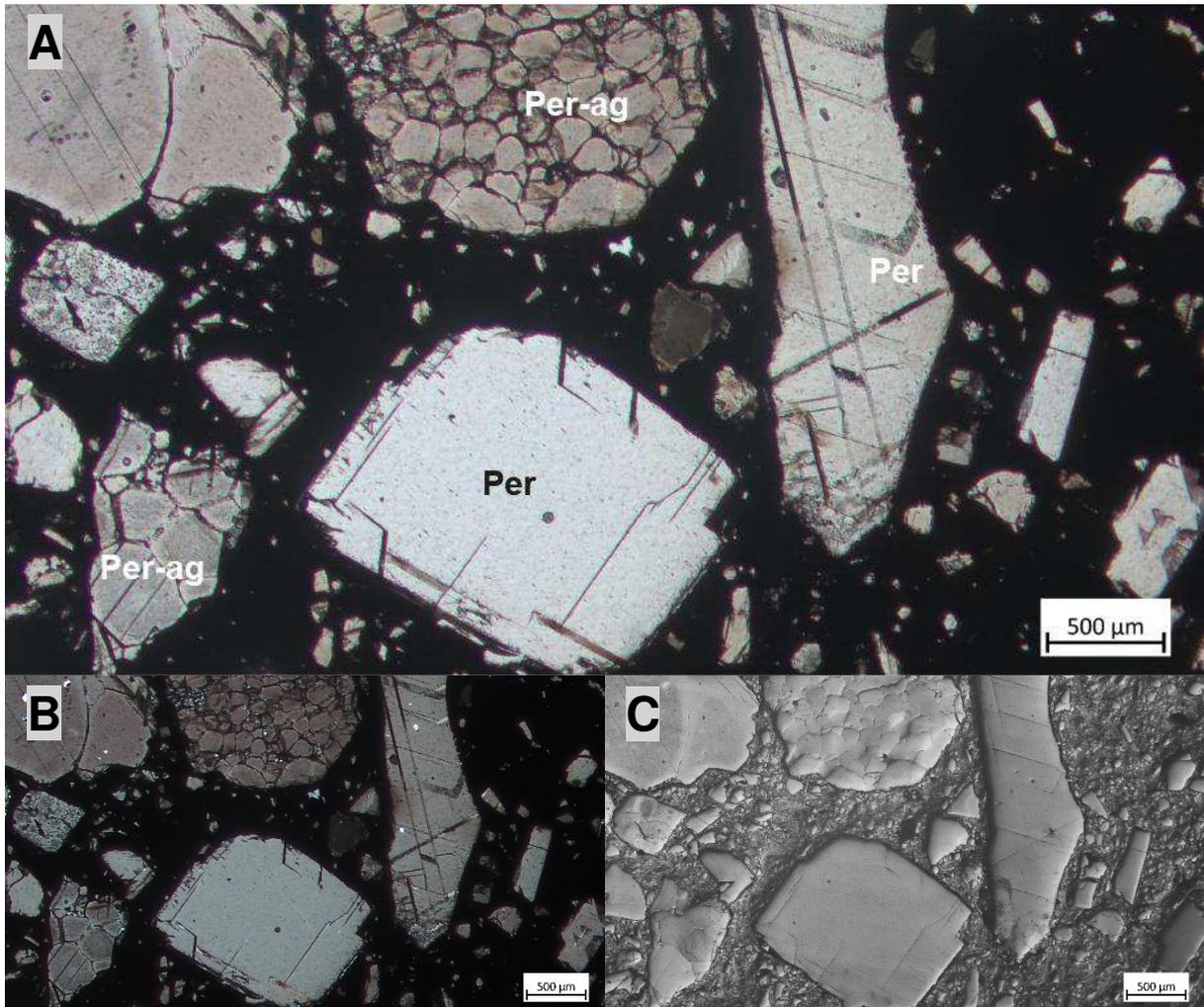


Abbildung 69: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Der Magnesia-Carbonstein besteht aus idiomorphem Periklas (Per), zwei verschiedenen Periklasaggregaten (Per-ag) umgeben von organischer Matrix. Die als „Per-ag“ markierten Periklasaggregate entsprechen dem Aggregattyp 1, bestehend aus vielen, annähernd gleich großen Periklaskörnern zusammengesintert zu einem großen Korn. Aggregattyp 2 ist nur andeutungsweise erkennbar anhand des Periklasaggregats in der linken oberen Ecke aller Abbildungen.

Abbildung 69A zeigt den Magnesia-Carbonstein im Durchlicht unter parallelen Polarisatoren. Er besteht aus zwei größeren Periklaskörnern, drei Periklasaggregaten und einigen kleinen Periklasbruchstücken ($<625\mu\text{m}$), umgeben von schwarzer, opaker Matrix. Die beiden hellgrauen-weißen Periklase sind 1,7mm bzw. 2,4mm lang. Die bräunlich-grauen Periklasaggregate, in der linken oberen Ecke (Aggregattyp 2) und am oberen Bildrand in der Mitte (Aggregattyp 1), sind 1,2mm lang bzw. 1,5mm breit. Zweiteres besteht aus einer Vielzahl an sehr kleinen, gerundeten, zusammengesinterten Periklaskörnern. Die Periklaskörner, des grauen Aggregats links unten und links oben, sind größer und weniger stark gerundet. *Abbildung 69B* wurde mit Durchlicht unter gekreuzten Polarisatoren aufgenommen und zeigt keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu *Abbildung 69A*. Für *Abbildung 69C* wurde Auflicht verwendet. Sie zeigt den Unterschied zwischen den gleichmäßigen Oberflächen der Periklaskörner und den eher unebenen Oberflächen der Periklasaggregate. Je größer die Anzahl der zusammengesinterten Körner ist, umso größer ist der Unterschied. In *Abbildung 69C* wird auch die schlierenartige Struktur der Magnesia-Carbonsteinmatrix deutlich.

5.5.2.3 Dünnschliff V5B Kontaktzone

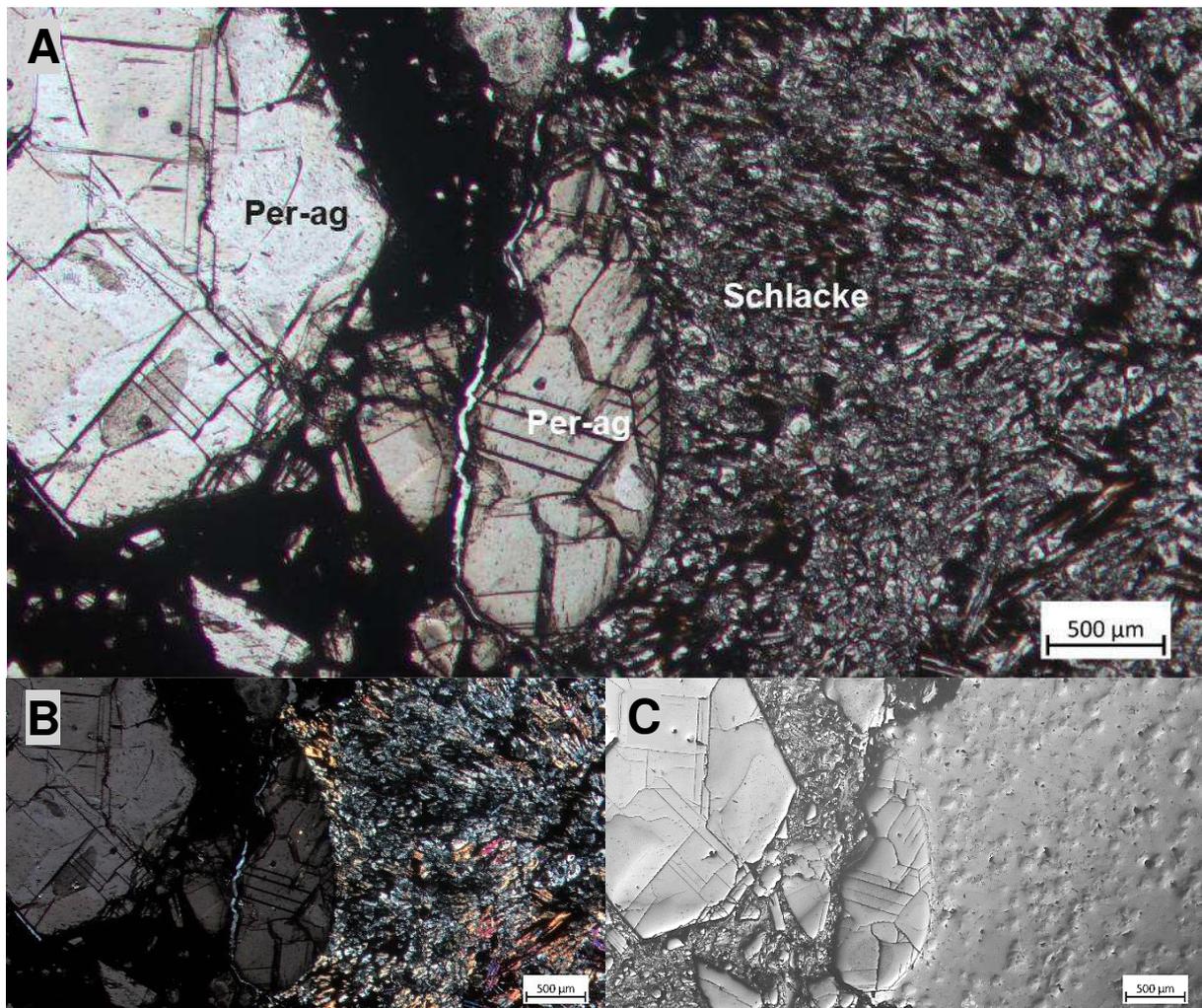


Abbildung 70: Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Die Abbildungen zeigen in der linken Bildhälfte zwei große Periklasaggregate (Per-ag) im Magnesia-Carbonstein und in der rechten Bildhälfte die kompakte Schlacke. Hier besonders auffällig, das insgesamt tropfenförmige Periklasaggregat in der Mitte. Der linke Kornrand ist sehr unregelmäßig während der rechte Kornrand einen perfekten, zur Schlacke hin konvexen, Kontakt bildet.

Abbildung 70A zeigt die Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke im Durchlicht bei parallelen Polarisatoren. Auf der linken Seite ist der Magnesia-Carbonstein bestehend aus zwei großen Periklasaggregaten, drei kleineren und einigen sehr kleinen Periklaskörnern, umgeben von opaker, schwarzer Matrix. Das hellgraue bis hellbraune Periklasaggregat (Aggregattyp 2) in der Mitte der Abbildung ist 1mm lang und tropfenförmig. Das hellgraue bis weiße Periklasaggregat (Aggregattyp 2) links oben in der Abbildung ist ebenfalls 1mm lang aber deutlich breiter. Die drei kleineren Periklaskörner sind zwischen 250µm und 500µm groß und variieren in den Farben grau, braun und weiß. Auf der rechten Seite der Abbildung ist die sehr feinkörnige grau, braun bis schwarze Schlacke zu sehen. Sie hat sowohl kleine, kugelige als auch längliche, nadelige Phasen ausgebildet. *Abbildung 70B* wurde mit gekreuzten Polarisatoren erstellt und zeigt die nadeligen Phasen in der Schlacke in den Farben Blau, Violett Rosa und Orange. Für *Abbildung 70C* wurde Auflicht verwendet. Es zeigt die unterschiedlichen Oberflächenstrukturen von Magnesia-Carbonstein und Schlacke. Die Oberfläche des Periklas ist ebenmäßig, im Gegensatz zu der leicht hügeligen Struktur der Schlacke.

5.5.2.4 Dünnschliff V5B Magnesia-Carbonstein

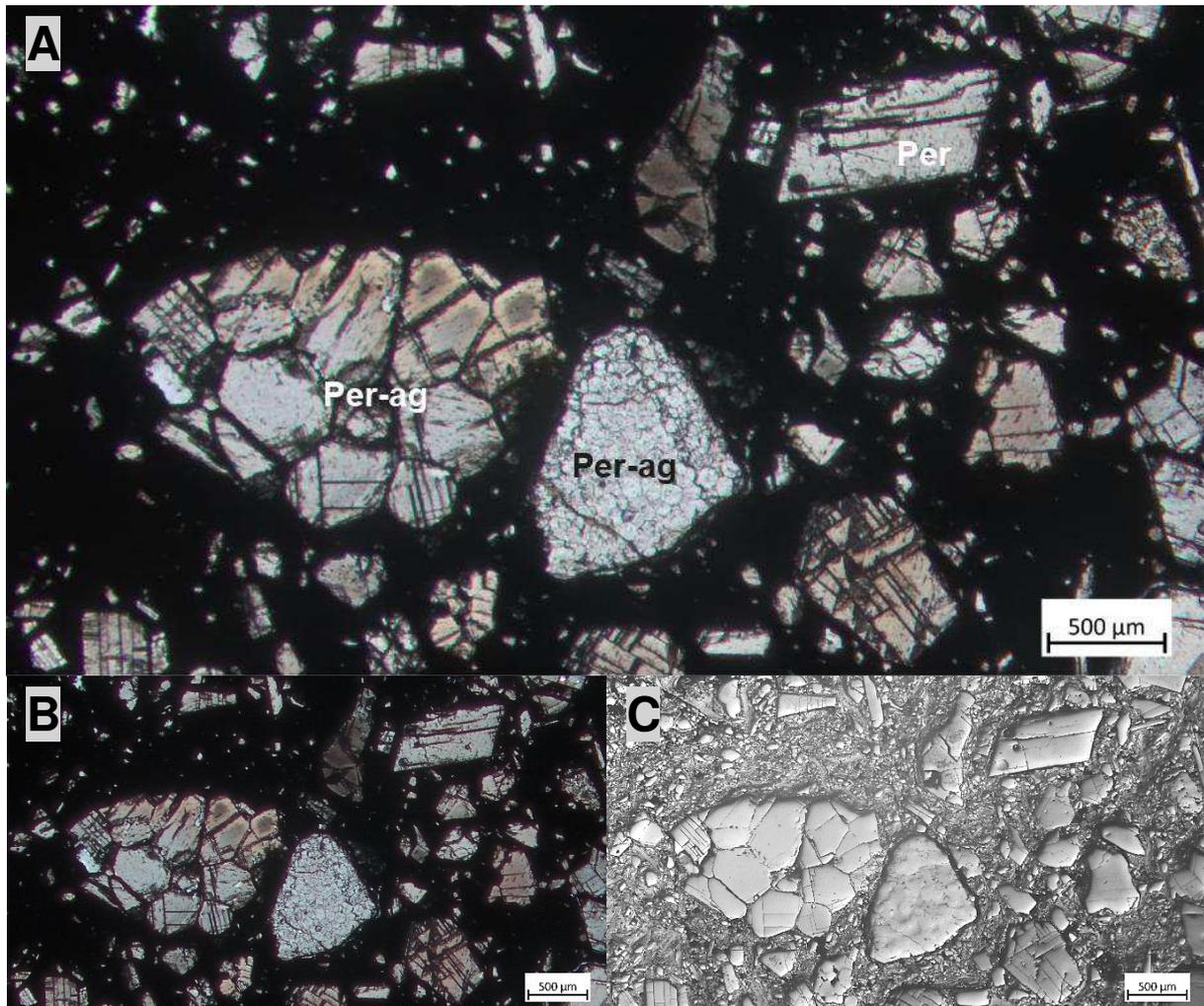


Abbildung 71: Magnesia-Carbonstein aufgenommen mit parallelen Polarisatoren (A), gekreuzten Polarisatoren (B) und Auflicht (C), die Bildausschnitte sind für A, B und C identisch. Erkennbar sind idiomorphe Periklasbruchstücke (Per) und zwei Periklasaggregattypen (Per-ag) umgeben von organischer Matrix.

Abbildung 71A zeigt den Magnesia-Carbonstein bestehend aus einem großen (1,75mm), einigen mittelgroßen (750-920µm) und vielen kleineren Periklaskörnern, umgeben von opaker, schwarzer Matrix. Der 1,75mm lange, hellgrau-hellbraune Periklas, in der linken Bildhälfte, ist ein Periklasaggregat. Er besteht aus ca. 13 einzelnen, zusammengesinterten Periklaskörnern (250-670µm), deren Spaltbarkeit zum Teil noch gut erkennbar ist. Daher entspricht er dem Aggregattyp 2, welcher sich durch Größe und Anzahl der Körner vom ersten Periklasaggregattyp unterscheidet. Dem Typ 1 entspricht das hellgraue Periklasaggregat in der Mitte der Abbildung. Es besteht aus einer Vielzahl von sehr kleinen zusammengesinterten Körnern (<75µm) ohne erkennbare Spaltbarkeit. Die übrigen Periklaskörner in der schwarzen Matrix variieren farblich zwischen hellgrau, hellbraun und dunkelbraun. *Abbildung 71B* (gekreuzte Polarisatoren) zeigt keine signifikanten Unterschiede zu *Abbildung 71A*. Für *Abbildung 71C* wurde Auflicht verwendet. Es hebt deutlich die Korngrenzen der einzelnen Periklaskörner im Periklasaggregattyp 2 hervor. Der Periklasaggregattyp, mit der Vielzahl an sehr kleinen Körnern, zeigt lediglich eine ungleichmäßige Oberfläche. Die Oberfläche der übrigen Periklase ist ebenmäßig und glatt. *Abbildung 71C* zeigt auch die, zum Teil schlierenartige, Struktur der Magnesia-Carbonsteinmatrix.

5.5.3 Rasterelektronenmikroskop (REM)

5.5.3.1 BSE Aufnahmen V5A

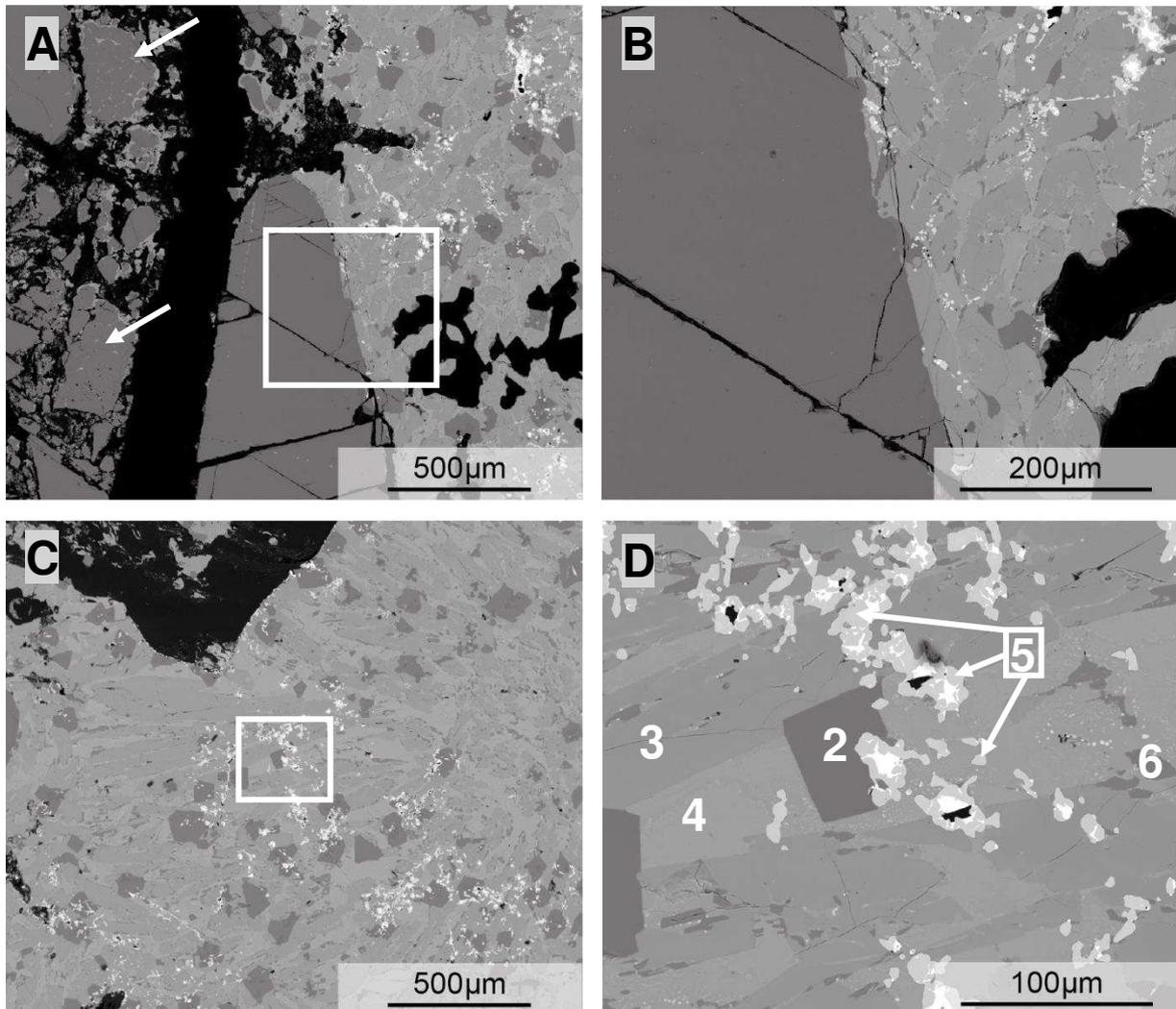


Abbildung 72: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke bzw. nur Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesia-Carbonstein in der linken Bildhälfte, zwei weiße Pfeile zeigen Periklasaggregate an, Schlacke in der rechten Bildhälfte, für mehr Details wird der mit weißem Rechteckrahmen markierte Bereich vergrößert, (B) Detailaufnahme des markierten Bereiches in Abbildung 72A, Periklas mit stark ausgeprägter Spaltbarkeit zeigt kaum Anzeichen einer Umwandlung im Vergleich zu den Proben V1, V2 und V3, (C) Übersichtsaufnahme der Schlacke, gleicher kompakter Schlackentyp wie Probe V4, für Details zu Phasen siehe vergrößerte Aufnahme des, mit einem weißen Rechteckrahmen, markierten Bereiches in Abbildung 72D, (D) Detailaufnahme der Schlacke markiert in Abbildung 72C, Phasenbezeichnung in Analogie zu Abbildung 56: Spinell (2), Monticellit (3), Melilit Mischkristalle (4) und Titan-Vanadium-Phase (5), Forsterit (6) und weiß erscheinende metallische Phase, Periklas (1) ist nicht abgebildet.

Abbildung 72A zeigt die Kontaktzone von Feuerfestmaterial und Schlacke stark vergrößert. Der linke Rand der Abbildung zeigt den Magnesia-Carbonstein bestehend aus im BSE Bild dunkelgrau erscheinenden Periklaskörnern, dunkelgrau erscheinenden Periklasaggregaten und schwarz erscheinender Matrix. Die Größe der Periklaskörner liegt bei weniger als $160\mu\text{m}$, mit Ausnahme von zwei größeren Körnern mit einer Länge von $330\mu\text{m}$ und $500\mu\text{m}$. Die beiden weißen Pfeile zeigen auf die zwei Periklasaggregate im Magnesia-Carbonstein. Sie bestehen aus mehreren sehr kleinen, gerundeten Periklaskörnern, gesintert zu einem großen Aggregat. Der Unterschied zu den größeren, idiomorphen Periklaskörnern zeigt sich beim Kontakt mit der Schlacke. Das Aggregat links oben in der Abbildung weist nicht nur am Rand Anzeichen

für einen Umwandlungsprozess auf, sondern auch im Inneren entlang der Korngrenzen. Im Gegensatz dazu zeigt der dunkelgrau erscheinende Periklas in der Mitte von Abbildung 72A keine optisch sichtbaren, chemischen Veränderungen im Inneren. Er ist ca. 670µm breit und 1mm lang, idiomorph und zeigt deutliche Spaltbarkeit. Der Einfluss der Schlacke ist, nur am oberen abgerundeten Ende und entlang der rechten äußeren Kante bis ca. zur Mitte des Periklas, erkennbar (siehe Abb. 72B). Auf der rechten Seite der Abbildung 72A ist die sehr kompakte Schlacke vom Typ 1. Sie zeigt Phasen in mehreren verschiedenen Grautönen und in Weiß. Die EMS Analyse identifizierte folgende Phasen in der Schlacke: Monticellit, Forsterit, Spinell, Periklas, Melilit Mischkristall und drei metallische Phasen. Die einzelnen Phasen sind besser zu erkennen in der Detailaufnahme der Schlacke in Abbildung 72C und 72D. Die schwarz erscheinenden Flecken in der Schlacke, sowie der ca. 250µm breite, schwarze Streifen rechts vom Magnesia-Carbonstein, sind Bereiche ohne Probenmaterial und deshalb schwarz.

Abbildung 72B zeigt den in Abbildung 72A, mit einem weißen Rechtecksrahmen, markierten Bereich der Probe weiter vergrößert. Zu sehen ist ein Teil der Kontaktzone von Periklas (links) und Schlacke (rechts). Die Kante des dunkelgrau erscheinenden Periklas ist unregelmäßig und leicht gebogen aber nur wenig eingebuchtet im Vergleich zu den Proben V1, V2 und V3. Durch EMS Analysen wurden die oben bereits genannten Phasen in der Schlacke identifiziert (für mehr Details siehe 72C und 72D). Die beiden schwarz erscheinenden Flecken rechts unten in der Abbildung sind Löcher und kein Schlackenmaterial.

Abbildung 72C ist eine Übersichtsaufnahme der, an den Magnesia-Carbonstein grenzenden, Schlacke. Sie zeigt die verschiedenen Phasen der Schlacke in den Farbtönen sehr dunkelgrau (Periklas), dunkelgrau (Spinell), mittelgrau (Forsterit), grau (Monticellit), helleres grau (Melilit Mischkristall), hellgrau (Titan-Vanadium Phase) und weiß (metallisch). Die Phasen grau und helleres grau bilden die Hauptbestandteile der Schlacke. Die unregelmäßig verteilten Phasen in weiß und hellgrau treten meist gemeinsam auf und sind nur bei stärkerer Vergrößerung unterscheidbar (siehe Abb. 72D). Die eckige, zum Teil dreieckige oder viereckige, Phase ist Spinell. Sie ist annähernd regelmäßig verteilt und zwischen 50µm und 100µm groß. Periklas tritt meist in Kombination mit Spinell auf und ist in dieser Abbildung kaum zu erkennen (<25µm). Der Bereich links oben enthält kein Probenmaterial und erscheint deshalb schwarz.

Eine noch stärkere Vergrößerung der Schlacke in Abbildung 72D ermöglicht eine eindeutige Unterscheidung der einzelnen Phasen. Der vergrößerte Bereich wird in Abbildung 72C mit einem weißen Quadrat markiert. Abbildung 72D zeigt die Phasen Spinell (2), Monticellit (3), Melilit Mischkristall (4), Titan-Vanadium-Phase (5), Forsterit (6) und weiß erscheinende metallische Phasen. Periklas ist in dieser Abbildung nicht abgebildet. Die Hauptbestandteile der Schlacke sind Monticellit und die Melilit-Mischkristalle. Sie erstrecken sich streifenartig über die ganze Abbildung. In der Mitte und am linken unteren Rand sind die beiden viereckigen Spinellkörner (L=63µm und L=75µm). Alle anderen deutlich kleineren Körner in diesem Farbton sind Forsterit und treten in verschiedensten Formen auf (<25µm). Die Titan-Vanadium-Phase und die weiß erscheinenden metallischen Phasen bilden sich meist gemeinsam. Ist die Ansammlung der weiß erscheinenden Phase größer als 25µm bildet sie den Kern und wird von kleineren, rundlichen Körnern der hellgrauen Phase umgeben. Alle schwarzen Flächen sind Löcher und somit keine Phase.

5.5.3.2 BSE Aufnahmen V5B

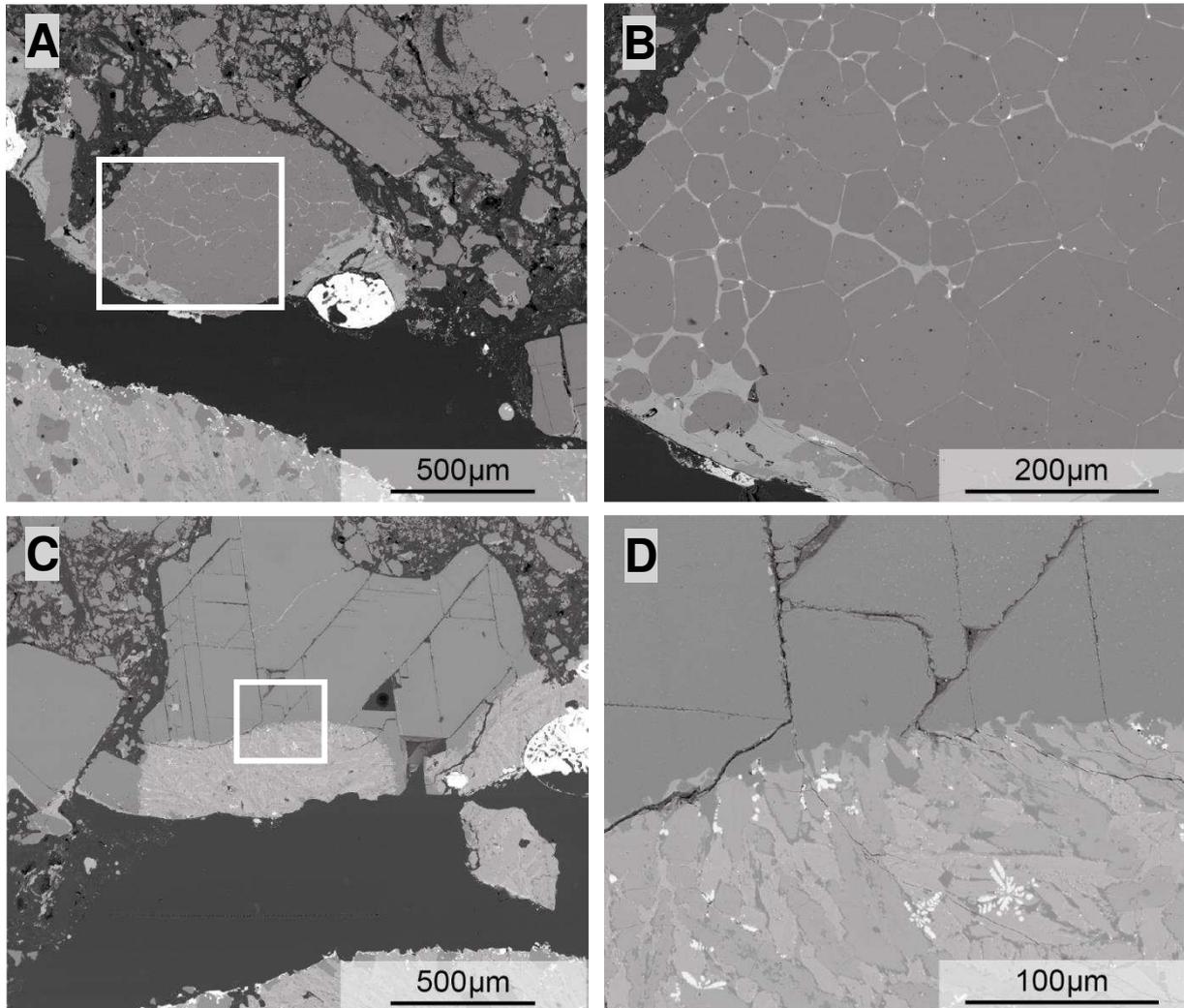


Abbildung 73: BSE Aufnahmen der Kontaktzone von Magnesite-Carbonstein und Schlacke: (A) Übersichtsaufnahme, Magnesite-Carbonstein in der oberen Bildhälfte, Schlacke in der unteren Bildhälfte, schwarz erscheinender Bereich dazwischen zeigt nur Probenträger aus Glas, für mehr Details wird, mit weißem Rechteckrahmen, markierter Bereich vergrößert dargestellt, (B) Detailaufnahme Periklasaggregat, Ausschnitt markiert in Abbildung 73A, hellgrau erscheinende Zwischenräume im Inneren des Aggregats sind Hinweise, dass anders als bei idiomorphem Periklas, die Umwandlung nicht nur am Rand sondern auch im Inneren stattfindet, (C) Übersichtsaufnahme, Magnesite-Carbonstein in der oberen Bildhälfte, Schlacke am unteren Bildrand, schwarz erscheinender Bereich dazwischen zeigt nur Probenträger aus Glas, dunkelgrau erscheinender Periklas mit ausgeprägter Spaltbarkeit wird am unteren und seitlichen Rand großflächig in andere Phasen umgewandelt, für mehr Details wird, mit weißem Rechteckrahmen, markierter Ausschnitt vergrößert, siehe Abbildung 73D, (D) Detailaufnahme, bei dieser Vergrößerung wird unregelmäßiger Kornrand sichtbar, deutlich erkennbar weiße, dendritisch angeordnete schwefelreiche Phase.

Abbildung 73A ist eine vergrößerte Abbildung der Kontaktzone von Magnesite-Carbonstein und Schlacke. Die obere Hälfte der Abbildung zeigt den Magnesite-Carbonstein bestehend aus, im BSE Bild dunkelgrau erscheinenden Periklaskörnern und einem dunkelgrau erscheinenden Periklasaggregat, umgeben von schwarz erscheinender Matrix. Die beiden größten der idiomorphen Periklaskörner sind zwischen $375\mu\text{m}$ und $500\mu\text{m}$ lang. Der Großteil ist deutlich kleiner und weniger als $250\mu\text{m}$ lang. Beachtenswert ist das $500\mu\text{m}$ lange Periklasaggregat, zusammengesintert aus vielen einzelnen, sehr kleinen, gerundeten Periklaskörnern. Es zeigt Anzeichen einer chemischen Umwandlung am Rand und auch im Inneren entlang der Korngrenzen (siehe Abb. 73B). Der schwarze bis zu $500\mu\text{m}$ breite Streifen in der unteren Hälfte der

Abbildung ist ein Riss, der kein Probenmaterial enthält. In der linken unteren Ecke ist ein kleiner Teil der kompakten Schlacke (Typ 1) zu sehen. Sie zeigt die Phasen Spinell, Periklas, Monticellit, Forsterit, Melilit, Titan-Vanadium-Phase und die weiß erscheinenden metallischen Phasen.

Für Abbildung 73B wird das in Abbildung 73A mit einem weißen Rechteckrahmen markierte Areal noch weiter vergrößert. Es zeigt das 500µm lange, sehr dunkelgrau erscheinende Periklasaggregat in der Kontaktzone. Durch die Vergrößerung wird die Struktur des, aus einzelnen Periklaskörnern zusammengesetzten, Aggregats deutlich sichtbar. Die, im BSE Bild, hellgrau erscheinenden Zwischenräume heben sich deutlich ab vom sehr dunkelgrau erscheinenden Periklas. Am linken unteren Rand werden die Zwischenräume immer größer und die Körner immer kleiner. Beides sind Anzeichen dafür, dass der Periklas, durch den Kontakt mit der Schlacke, langsam in andere Phasen umgewandelt wird. Im Gegensatz zu einem großen, idiomorphen Periklas findet diese Umwandlung nicht nur am Rand, sondern auch weiter im Inneren statt. Die hellgrauen, immer breiter werdenden Zwischenräume rund um die Periklaskörner zeigen das. Der schwarze Bereich links oben in der Abbildung ist die Matrix des Magnesia-Carbonsteins und der schwarze Bereich links und rechts unten zeigt kein Probenmaterial.

Abbildung 73C ist eine Vergrößerung der Kontaktzone von Magnesia-Carbonstein und Schlacke. Der obere Bereich zeigt den Magnesia-Carbonstein. Der ca. 500µm breite, schwarz erscheinende Bereich darunter ist ein Riss, welcher frei von Probenmaterial ist und der kleine Bereich am unteren Bildrand zeigt die kompakte Schlacke vom Typ 1. Der Magnesia-Carbonstein besteht aus, im BSE Bild, sehr dunkelgrau erscheinenden Periklaskörnern (<170µm) umgeben von schwarz erscheinender Matrix. Eine Ausnahme bilden der 500µm große Periklas am linken Bildrand und der 1,5mm lange, idiomorphe Periklas in der Mitte, mit deutlich erkennbarer Spaltbarkeit. Der Größere von beiden wurde sowohl am unteren Rand (ca. 1mm lang, 340µm breit) als auch am rechten Rand (ca. 670µm lang, 170µm breit) großflächig in andere Phasen umgewandelt (siehe Abb. 73D). Weniger deutlich ist die Umwandlung bei dem 500µm großen Periklas zu sehen. Die Schlacke am unteren Bildrand besteht aus den Phasen Spinell, Periklas, Monticellit, Forsterit, Melilit, einer Titan-Vanadium-Phase und weiß erscheinenden metallischen Phasen.

Abbildung 73D zeigt einen vergrößerten Ausschnitt vom 1,5mm langen, idiomorphen Periklas aus Abbildung 73C (weißes Quadrat). Bei dieser Vergrößerung ist der unregelmäßige Kornrand des, im BSE Bild dunkelgrau erscheinenden Periklas deutlich zu erkennen. Der Periklas und die Schlackenphasen fließen scheinbar in einander. Zu sehen sind die Phasen Periklas, Monticellit, Forsterit, Melilit und eine weiß erscheinende Phase. Die weiße Phase unterscheidet sich von der weißen Phase in Abbildung 72D. Sie besteht aus winzigen runden oder ovalen, aneinander gereihten, Tröpfchen meist sternförmig bis dendritisch angeordnet und enthält größere Mengen an Schwefel.

5.5.4 Elektronenstrahlmikrosonde (EMS)

5.5.4.1 Punktmessungen V5A

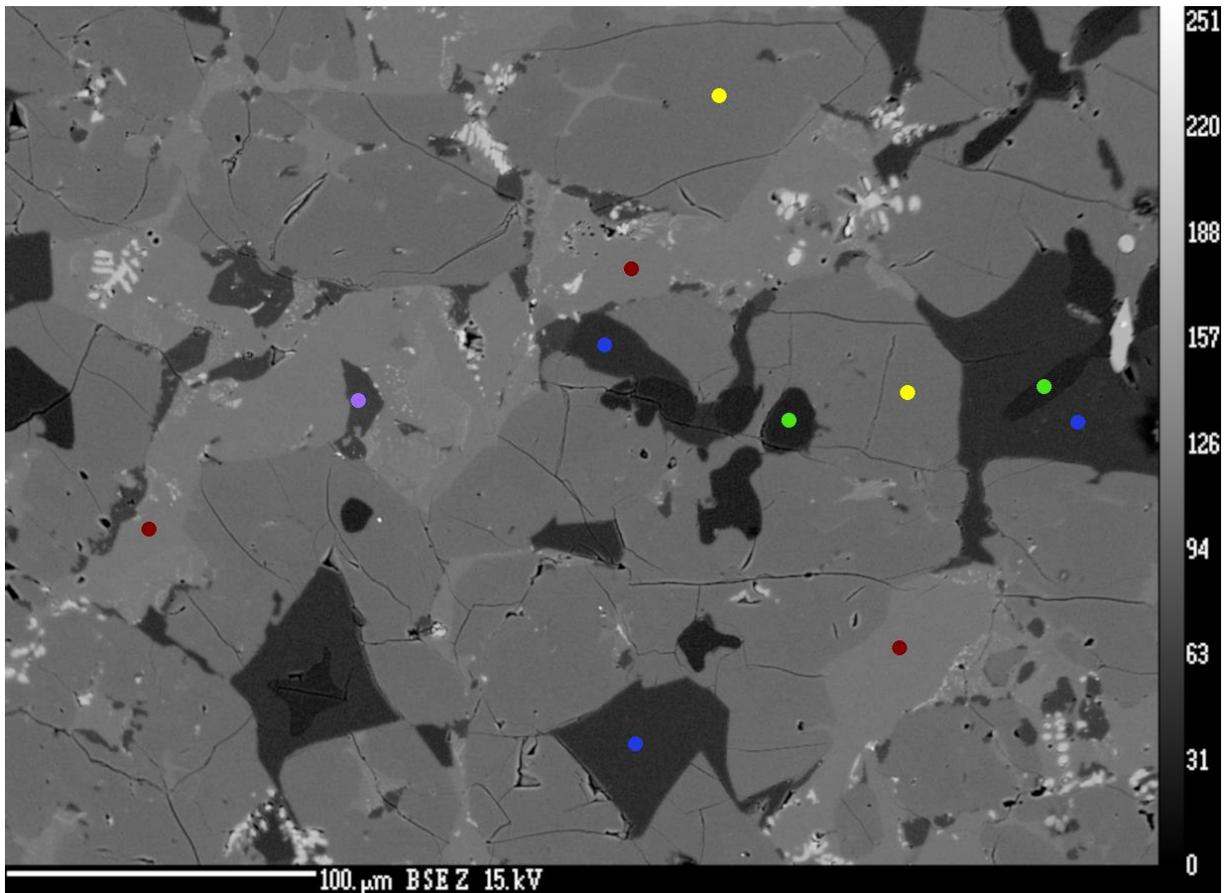


Abbildung 74: EMS Punktmessungen in der Probe V5A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 26) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 27) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Melilit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Gelb	Monticellit	CaMgSiO_4
Violett	Forsterit	Mg_2SiO_4
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 26: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 74. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: blau – Spinell, grün – Periklas, rot – Melilit, gelb – Monticellit und violett – Forsterit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
1 / 1 .	0,0762	0	0,0146	0,0989	0,0034	0,1069	68,8954	0,4282	0	28,7251	98,3489
3 / 1 .	0,0703	0,013	0	0,1264	0,0041	0,1153	68,854	0,4666	0	28,2636	97,9134
10 / 1 .	0,1301	0,0001	0	0,09	0,0045	0,2098	68,1021	0,7337	0	28,3476	97,618
4 / 1 .	0,0645	0	0,0004	0,0315	0	0,3097	0,1899	0,0335	0	99,2272	99,8567
5 / 1 .	0,1694	0	0	0,0129	0,0047	0,3417	0,2512	0,0621	0,0069	98,8282	99,6772
2 / 1 .	41,0206	0	0	0	0,0219	0,0961	18,1788	33,7446	0,0308	6,3048	99,3977
7 / 1 .	40,5958	0	0	0	0,0266	0,0959	19,0167	33,1232	0,0176	5,6251	98,5011
11 / 1 .	40,9022	0,0061	0	0,0002	0,0306	0,1126	17,7129	33,8625	0	6,1966	98,8238
6 / 1 .	32,028	0,0037	0	0,0048	0	0,2887	0,4034	38,4384	0,0068	29,1969	100,3706
8 / 1 .	31,6743	0,001	0	0,0296	0	0,2763	0,4364	38,5119	0	29,1852	100,1146
9 / 1 .	5,7962	0,0014	0	0,0712	0,0077	0,7183	1,0886	40,9958	0	51,7148	100,3939

Tabelle 27: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 74. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Melilit – 7O (rot), Monticellit– 4O (gelb) und Forsterit – 4O(violett).

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
1 / 1 .	0,0020	0	0,0003	0,0018	0,0002	0,0022	1,9588	0,0103	0	1,0330	3,0085
3 / 1 .	0,0018	0,0002	0	0,0023	0,0002	0,0024	1,9651	0,0113	0	1,0203	3,0037
10 / 1 .	0,0034	0	0	0,0016	0,0002	0,0043	1,9507	0,0178	0	1,0271	3,0052
4 / 1 .	0,0005	0	0	0,0002	0	0,0018	0,0015	0,0002	0	0,9947	0,9984
5 / 1 .	0,0012	0	0	0,0001	0,0001	0,0020	0,0020	0,0004	0	0,9927	0,9972
2 / 1 .	2,0087	0	0	0	0,0019	0,0037	0,9792	1,5422	0,0012	0,4296	4,9664
7 / 1 .	2,0042	0	0	0	0,0023	0,0037	1,0327	1,5263	0,0007	0,3864	4,9563
11 / 1 .	2,0148	0,0002	0	0	0,0026	0,0044	0,9597	1,5568	0	0,4247	4,9632
6 / 1 .	0,8816	0,0001	0	0,0001	0	0,0063	0,0122	0,9875	0,0001	1,1182	3,0061
8 / 1 .	0,8729	0	0	0,0006	0	0,0060	0,0132	0,9905	0	1,1190	3,0023
9 / 1 .	0,1479	0	0	0,0013	0,0003	0,0145	0,0306	0,9764	0	1,8361	3,0071

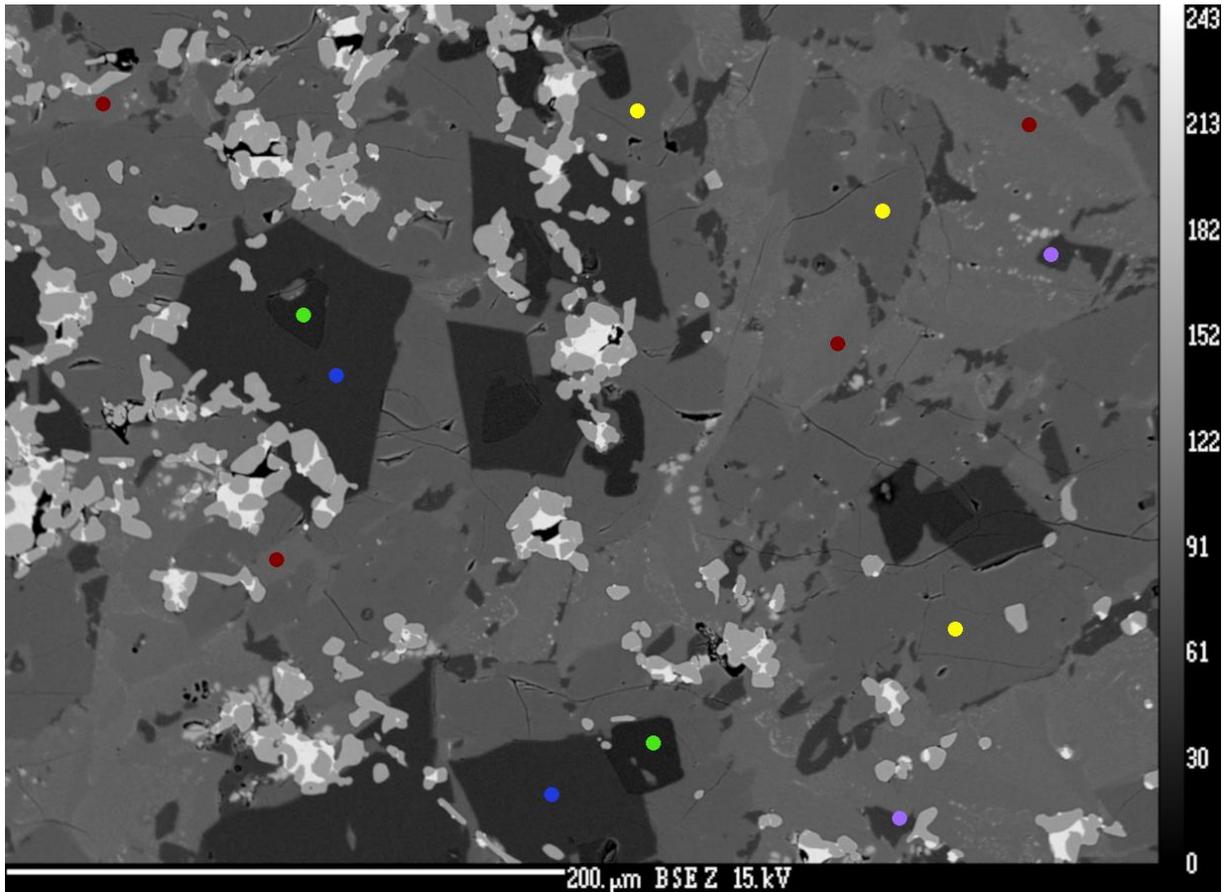


Abbildung 75: EMS Punktmessungen in der Probe V5A. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 28) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 29) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Meliit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Gelb	Monticellit	CaMgSiO_4
Violett	Forsterit	Mg_2SiO_4
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 28: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 75. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: blau – Spinell, grün – Periklas, rot – Melilit, gelb – Monticellit und violett – Forsterit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
16 / 1 .	0,023	0,0012	0,0559	0,2182	0	0,1303	68,3922	0,5787	0	28,3417	97,7412
18 / 1 .	0,0459	0,0132	0,0474	0,2669	0	0,1607	68,3489	0,5243	0,0051	28,3833	97,7958
17 / 1 .	0,0559	0,0024	0,0335	0,1648	0,0056	0,4068	0,1981	0,0212	0	98,6226	99,5111
19 / 1 .	0,128	0	0,0502	0,2503	0,0063	0,4301	0,4388	0,044	0,0123	98,1294	99,4894
23 / 1 .	40,4833	0,0024	0,0127	0,0584	0,0213	0,1118	16,2067	34,5038	0,0058	7,019	98,4251
24 / 1 .	40,7398	0	0,0356	0,1267	0,0182	0,0733	15,0103	35,0774	0	7,7058	98,787
31 / 1 .	40,7265	0	0,0249	0,0143	0,0307	0,111	16,3512	34,4326	0	6,9771	98,6684
32 / 1 .	40,7238	0,0093	0,0897	0,3974	0,0349	0,1256	16,4524	34,4353	0,0052	6,953	99,2267
22 / 1 .	31,5054	0	0,0216	0,0143	0,0002	0,3795	0,3965	38,4832	0,0081	29,0127	99,8214
27 / 1 .	31,654	0,0101	0,0262	0,1149	0,0045	0,3702	0,1804	38,5852	0	28,9438	99,8894
30 / 1 .	32,6524	0	0,0446	0,0814	0,0102	0,3887	0,155	38,5849	0,0129	28,1363	100,0664
20 / 1 .	4,2005	0	0,0442	0,1737	0,0079	0,6238	0,9099	41,5052	0	53,3679	100,8332
21 / 1 .	3,6246	0,0025	0	0,0327	0,5478	0,8161	0,4416	41,4237	0,0036	53,8339	100,7265

Tabelle 29: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 75. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Melilit – 7O (rot), Monticellit– 4O (gelb) und Forsterit – 4O(violett).

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
16 / 1 .	0,0006	0	0,0011	0,0040	0	0,0027	1,9561	0,0140	0	1,0253	3,0039
18 / 1 .	0,0012	0,0003	0,0010	0,0049	0	0,0033	1,9547	0,0127	0,0001	1,0267	3,0048
17 / 1 .	0,0004	0	0,0002	0,0008	0,0001	0,0023	0,0016	0,0001	0	0,9927	0,9978
19 / 1 .	0,0009	0	0,0003	0,0013	0,0001	0,0025	0,0035	0,0003	0,0001	0,9877	0,9957
23 / 1 .	2,0009	0,0001	0,0005	0,0020	0,0018	0,0044	0,8811	1,5917	0,0002	0,4827	4,9654
24 / 1 .	2,0083	0	0,0014	0,0044	0,0016	0,0029	0,8139	1,6139	0	0,5285	4,9748
31 / 1 .	2,0095	0	0,0010	0,0005	0,0026	0,0043	0,8875	1,5857	0	0,4790	4,9701
32 / 1 .	1,9986	0,0003	0,0034	0,0137	0,0030	0,0049	0,8882	1,5773	0,0002	0,4748	4,9644
22 / 1 .	0,8708	0	0,0005	0,0003	0	0,0083	0,0121	0,9928	0,0002	1,1158	3,0007
27 / 1 .	0,8748	0,0002	0,0006	0,0022	0,0002	0,0081	0,0055	0,9952	0	1,1129	2,9997
30 / 1 .	0,9034	0	0,0010	0,0016	0,0005	0,0085	0,0047	0,9963	0,0003	1,0831	2,9993
20 / 1 .	0,1062	0	0,0009	0,0031	0,0003	0,0125	0,0253	0,9794	0	1,8773	3,0049
21 / 1 .	0,0916	0	0	0,0006	0,0242	0,0163	0,0123	0,9773	0,0001	1,8934	3,0158

5.5.4.2 Punktmessungen V5B

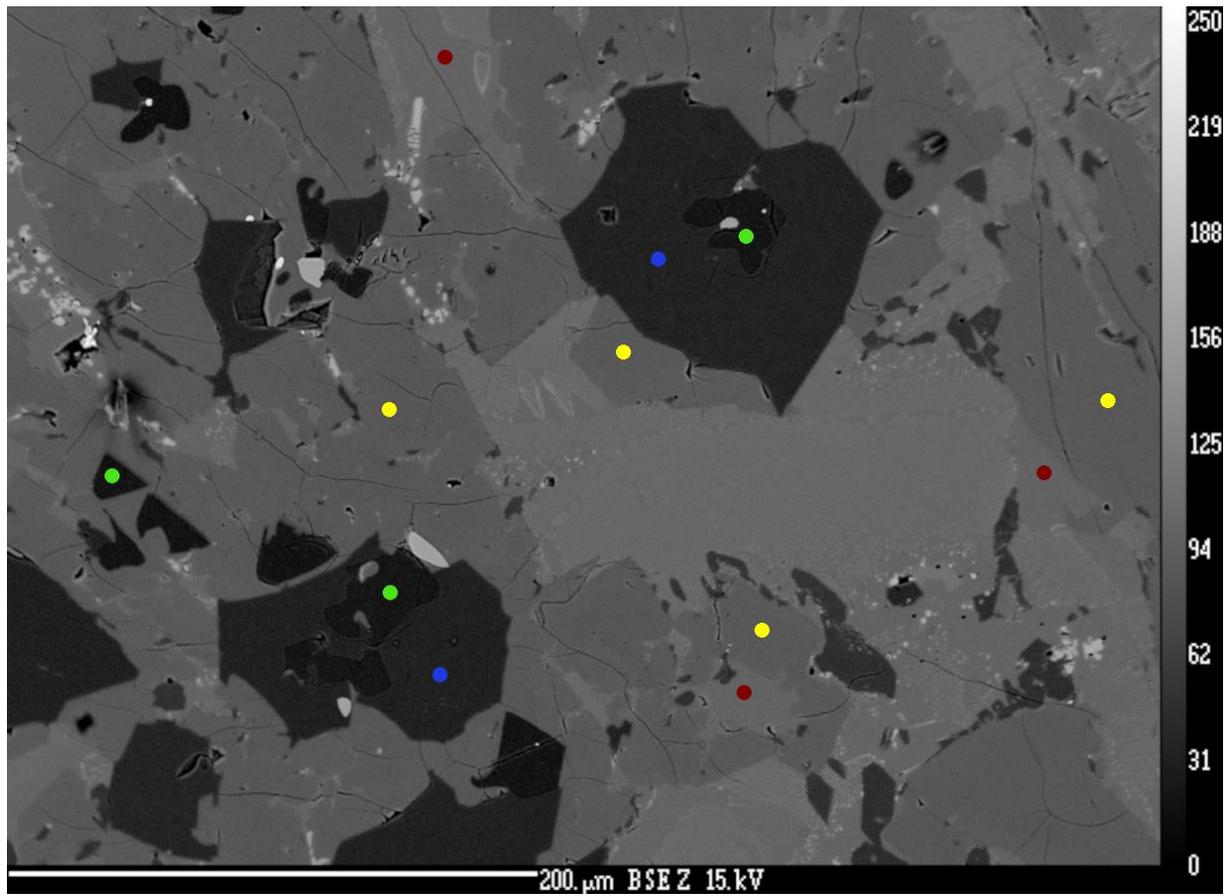


Abbildung 76: EMS Punktmessungen in der Probe V5B. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 30) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 31) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Meliit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Gelb	Monticellit	CaMgSiO_4
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 30: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 76. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: blau – Spinell, grün – Periklas, rot – Melilit und gelb – Monticellit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
34 / 1 .	0,062	0	0	0,0894	0,0018	0,117	68,833	0,5573	0	28,4465	98,1072
36 / 1 .	0,0418	0,0053	0	0,0937	0,0084	0,0938	68,4397	0,522	0,0004	28,0943	97,2995
35 / 1 .	0,0549	0,0128	0	0,064	0,009	0,3231	0,3309	0,0459	0	98,3219	99,1626
37 / 1 .	0,0981	0	0	0,089	0,0047	0,3101	0,4039	0,0606	0,013	98,5834	99,563
48 / 1 .	0,1447	0,0126	0,0254	0,0152	0,0059	0,3546	0,2593	0,1181	0	98,6847	99,6205
39 / 1 .	40,6833	0,0049	0,0199	0,0105	0,0283	0,0739	16,336	34,4141	0,0125	7,1115	98,6948
41 / 1 .	40,0355	0,0061	0,0192	0,0197	0,0231	0,0911	14,8964	34,4279	0,0126	8,7047	98,2362
42 / 1 .	40,9728	0	0,0142	0,0277	0,0297	0,0735	16,8568	33,9638	0,0177	7,0164	98,9726
38 / 1 .	31,473	0,0032	0,0125	0	0,0004	0,2976	0,2373	38,6221	0	29,5952	100,2414
40 / 1 .	32,6485	0	0,0162	0	0,0017	0,2931	0,2959	38,5899	0,0173	28,4519	100,3145
43 / 1 .	32,2624	0,0053	0	0	0,0175	0,2833	0,2298	38,3716	0	29,002	100,1719
47 / 1 .	32,5512	0,0044	0	0,0129	0,0073	0,2634	0,1579	38,3352	0,0131	28,5995	99,9448

Tabelle 31: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 76. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Melilit – 7O (rot) und Monticellit– 4O (gelb).

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
34 / 1 .	0,0016	0	0	0,0016	0,0001	0,0024	1,9606	0,0135	0	1,0249	3,0046
36 / 1 .	0,0011	0,0001	0	0,0017	0,0004	0,0019	1,9649	0,0127	0	1,0202	3,0031
35 / 1 .	0,0004	0,0001	0	0,0003	0,0001	0,0019	0,0026	0,0003	0	0,9923	0,9976
37 / 1 .	0,0007	0	0	0,0005	0,0001	0,0018	0,0032	0,0004	0,0001	0,9907	0,9967
48 / 1 .	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0020	0,0021	0,0008	0	0,9918	0,9970
39 / 1 .	2,0064	0,0002	0,0008	0,0004	0,0024	0,0029	0,8862	1,5840	0,0005	0,4880	4,9717
41 / 1 .	1,9851	0,0002	0,0007	0,0007	0,0020	0,0036	0,8125	1,5932	0,0005	0,6005	4,9990
42 / 1 .	2,0178	0	0,0005	0,0010	0,0026	0,0029	0,9131	1,5611	0,0007	0,4808	4,9804
38 / 1 .	0,8659	0,0001	0,0003	0	0	0,0065	0,0072	0,9918	0	1,1329	3,0046
40 / 1 .	0,9004	0	0,0003	0	0,0001	0,0064	0,0090	0,9933	0,0004	1,0918	3,0016
43 / 1 .	0,8907	0,0001	0	0	0,0008	0,0062	0,0070	0,9888	0	1,1141	3,0077
47 / 1 .	0,9015	0,0001	0	0,0003	0,0004	0,0058	0,0048	0,9909	0,0003	1,1020	3,0060

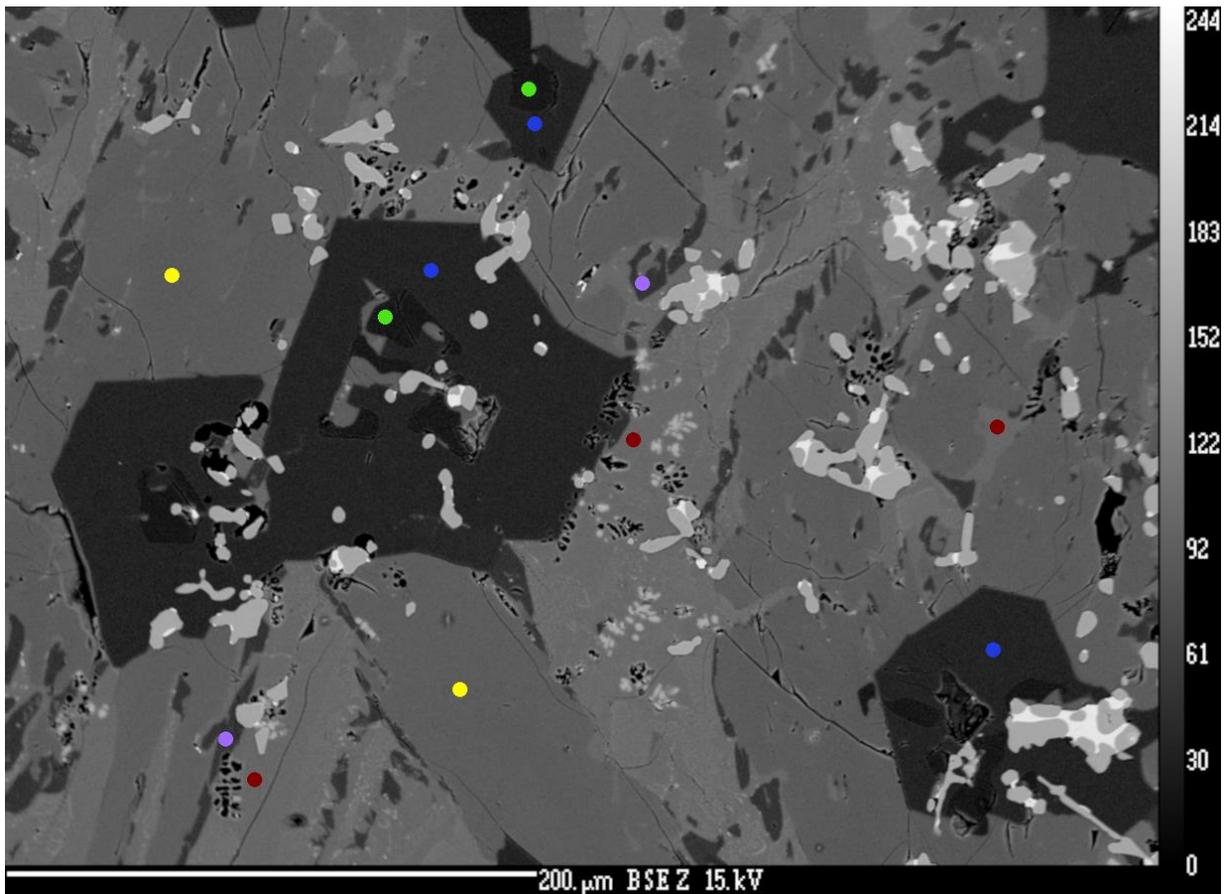


Abbildung 77: EMS Punktmessungen in der Probe V5B. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Oxide (Tabelle 32) und in Atomen pro Formeleinheit (Tabelle 33) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Rot	Melilit	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Gelb	Monticellit	CaMgSiO_4
Violett	Forsterit	Mg_2SiO_4
Blau	Spinell	MgAl_2O_4
Grün	Periklas	MgO

Tabelle 32: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Oxide zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 77. Die Farben können folgenden Phasen zugeordnet werden: blau – Spinell, grün – Periklas, rot – Melilit, gelb – Monticellit und violett – Forsterit.

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
53 / 1 .	0,0502	0,0136	0,0219	0,1382	0	0,16	67,821	0,4493	0,0016	28,0808	96,7365
55 / 1 .	0,1127	0,0123	0	0,107	0,0056	0,1836	67,334	0,723	0	28,521	96,9993
67 / 1 .	0,0438	0	0,032	0,1537	0,0009	0,1671	67,4554	0,6658	0,0172	28,6826	97,2186
54 / 1 .	0,0615	0,0182	0,016	0,1171	0,0036	0,417	0,2326	0,041	0	98,9377	99,8447
56 / 1 .	0,1101	0	0,0126	0,0164	0,0067	0,4285	0,2197	0,0236	0	99,641	100,4585
59 / 1 .	40,7265	0,0126	0	0,0478	0,0285	0,0935	17,1179	33,6029	0	6,7196	98,3494
60 / 1 .	40,8552	0	0	0,0423	0,0137	0,1023	18,7154	32,7886	0	6,037	98,5545
61 / 1 .	40,6315	0	0,0299	0,0588	0,0444	0,1943	9,9944	38,3188	0,0087	9,5275	98,8084
57 / 1 .	32,5791	0	0	0	0,0028	0,3132	0,1499	38,6147	0	28,213	99,8727
58 / 1 .	30,795	0,0166	0	0	0,0013	0,3405	0,1846	38,798	0,0066	30,1245	100,2671
62 / 1 .	5,4711	0,0064	0,0042	0,1621	0,0074	0,7714	0,5067	41,5439	0	51,574	100,0473
63 / 1 .	5,6943	0,0179	0,0106	0,1083	0,0055	0,6487	0,6315	41,743	0	52,3014	101,1612

Tabelle 33: Chemische Zusammensetzungen in Atomen pro Formeleinheit zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 77. Bei der Berechnung von a.p.f. wurde auf die folgende Anzahl an Sauerstoffen normiert: Spinell – 4O (blau), Periklas – 1O (grün), Melilit – 7O (rot), Monticellit– 4O (gelb) und Forsterit – 4O(violett).

DataSet/Point	Ca	Cr	Fe	Ti	S	Mn	Al	Si	P	Mg	Total
53 / 1 .	0,0013	0,0003	0,0004	0,0025	0	0,0033	1,9604	0,0110	0	1,0267	3,0061
55 / 1 .	0,0030	0,0002	0	0,0020	0,0003	0,0038	1,9419	0,0177	0	1,0404	3,0093
67 / 1 .	0,0011	0	0,0007	0,0028	0,0000	0,0035	1,9411	0,0163	0,0004	1,0440	3,0098
54 / 1 .	0,0004	0,0001	0,0001	0,0006	0	0,0024	0,0018	0,0003	0	0,9924	0,9977
56 / 1 .	0,0008	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0024	0,0017	0,0002	0	0,9936	0,9981
59 / 1 .	2,0183	0,0005	0	0,0017	0,0025	0,0037	0,9331	1,5543	0	0,4633	4,9773
60 / 1 .	2,0211	0	0	0,0015	0,0012	0,0040	1,0184	1,5139	0	0,4155	4,9755
61 / 1 .	1,9993	0	0,0011	0,0020	0,0038	0,0076	0,5409	1,7598	0,0003	0,6523	4,9672
57 / 1 .	0,9024	0	0	0	0,0001	0,0069	0,0046	0,9982	0	1,0873	2,9995
58 / 1 .	0,8452	0,0003	0	0	0,0001	0,0074	0,0056	0,9939	0,0001	1,1504	3,0030
62 / 1 .	0,1399	0,0001	0,0001	0,0029	0,0003	0,0156	0,0142	0,9912	0	1,8344	2,9987
63 / 1 .	0,1440	0,0003	0,0002	0,0019	0,0002	0,0130	0,0176	0,9855	0	1,8408	3,0036

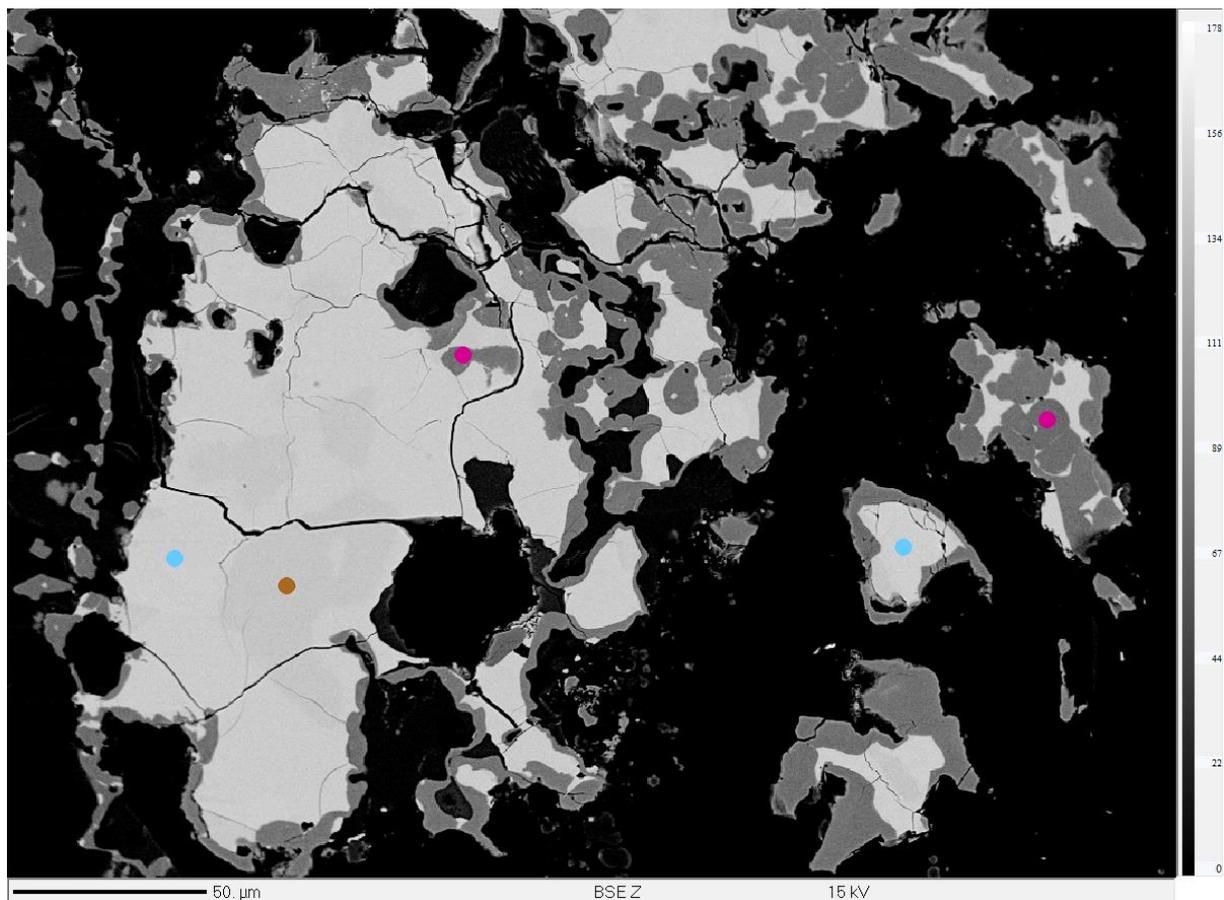


Abbildung 78 Metall: EMS Punktmessungen in der Probe V5B. Die Farben der eingezeichneten Messpunkte, können jeweils einer Phase zugeordnet werden. Sämtliche Messergebnisse dieser Phasen sind in Gew.% Metall (Tabelle Metall 2) aufgelistet.

Farbe	Bezeichnung	ideale Summenformel
Magenta	intermet-Phase 1	61-64 Gew.% Ti und 10-11 Gew.% V
Braun	intermet-Phase 2	33 Gew.% Fe, 35 Gew.% Mn, 17 Gew.% Cr, 4 Gew.% V
Hellblau	intermet-Phase 3	49-51 Gew.% Fe, 32-33 Gew.% Mn, 4 Gew.% Cr, 0,8-1 Gew.% V, 7 Gew.% Si

Tabelle Metall 2: Chemische Zusammensetzungen in Gew.% Metall zu den eingezeichneten Punkten in Abbildung 78 Metall

DataSet/Point	Al	Ti	V	Fe	Cr	Mo	Mn	Si	Total
9 / 1 .	0,0274	0,03	3,9452	32,8478	17,4174	0,0188	34,5895	0,0001	88,8761
10 / 1 .	0,0073	0,08	0,8418	50,9294	3,9182	0,0195	31,9177	6,6127	94,3266
11 / 1 .	0,0105	0,7189	1,0064	49,0202	4,0544	0	32,5682	6,7644	94,1431
12 / 1 .	0,0194	64,0178	9,6421	0,5027	0,9203	0	0,4402	0,0213	75,5638
13 / 1 .	0,0008	60,9596	11,4069	1,2017	0,9073	0	0,6828	0,0192	75,1783

5.5.4.3 Linienprofile V5A

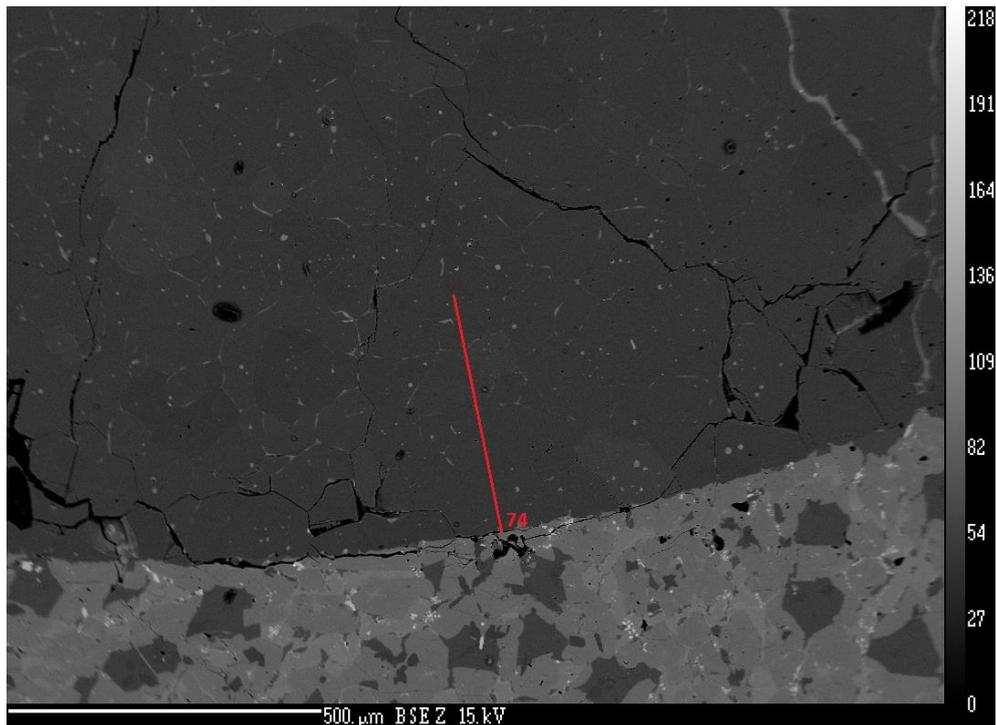


Abbildung 79: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V5A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 20.

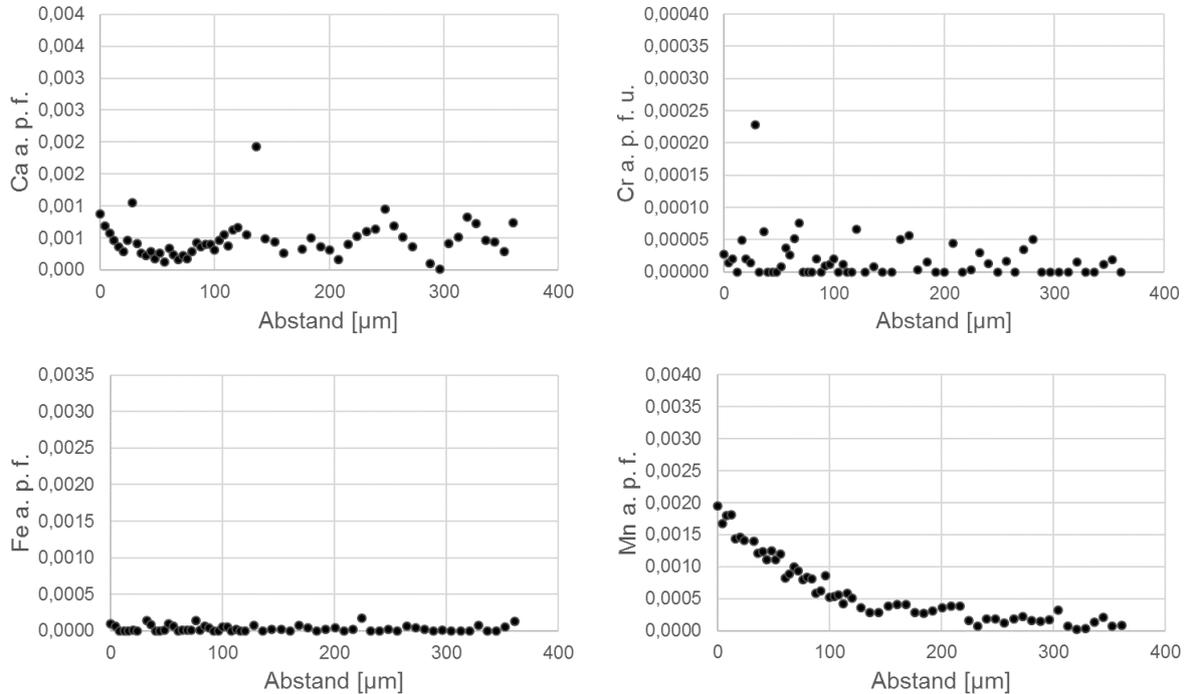


Diagramm 20: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

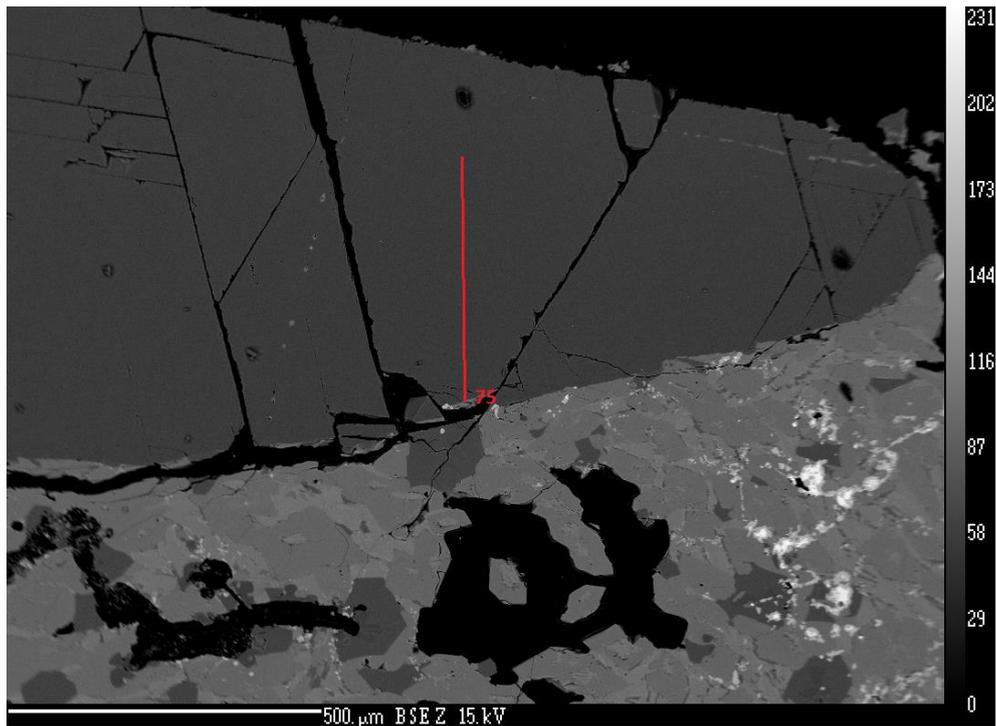


Abbildung 80: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V5A gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von unten nach oben, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 21.

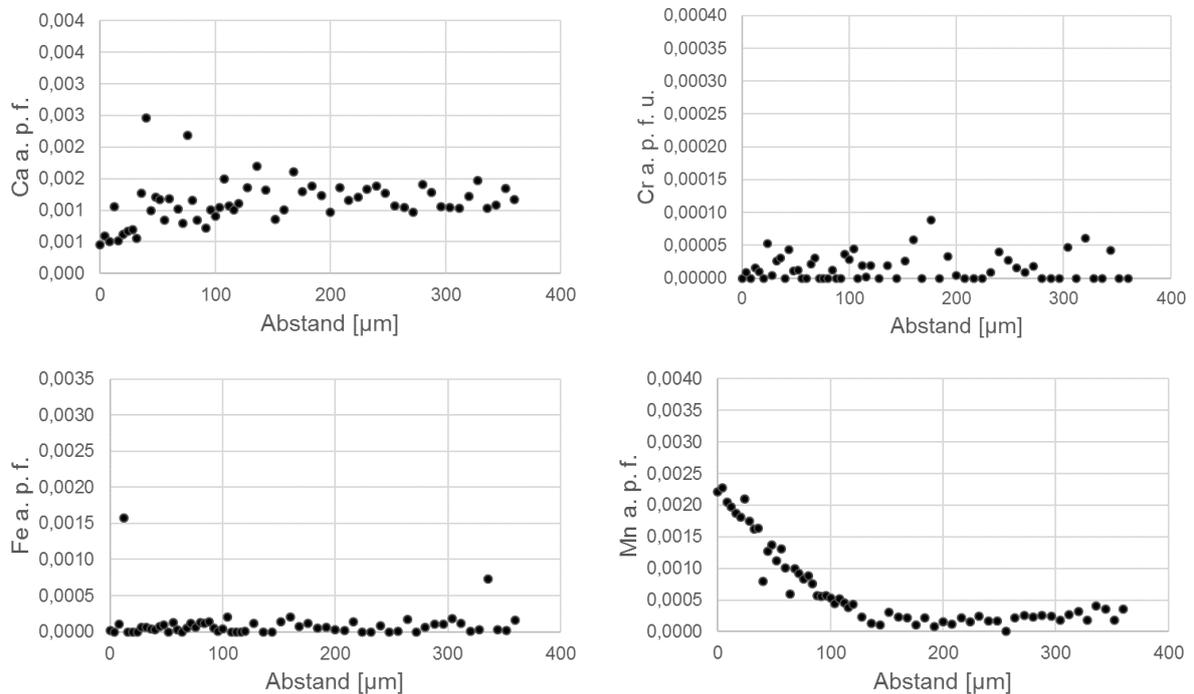


Diagramm 21: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.5.4.4 Linienprofile V5B

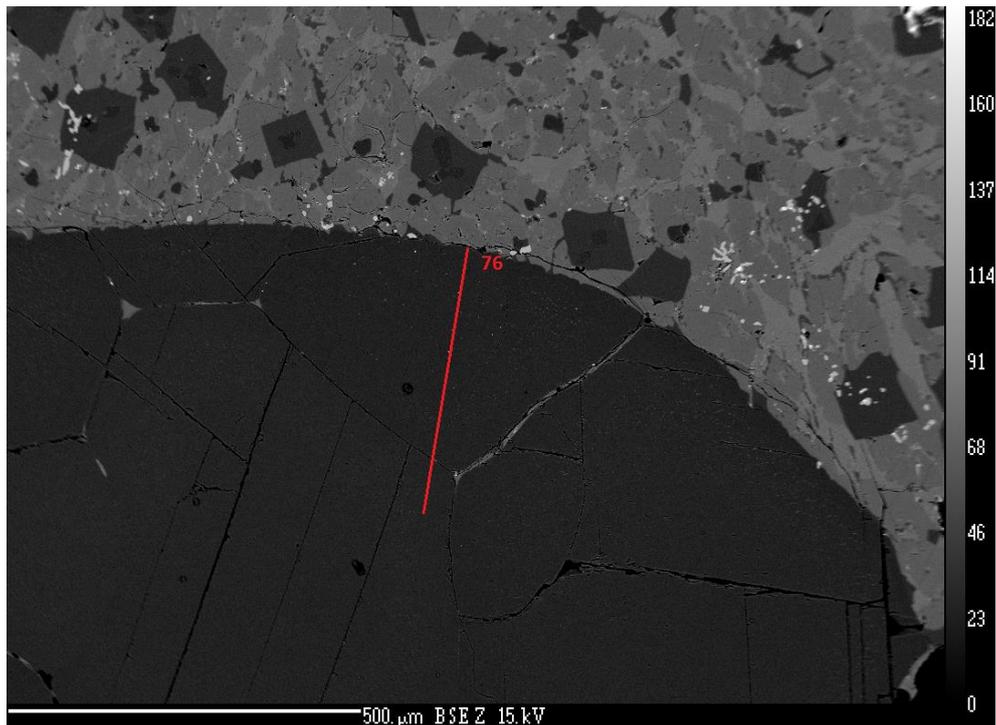


Abbildung 81: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V5B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von oben nach unten, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 22.

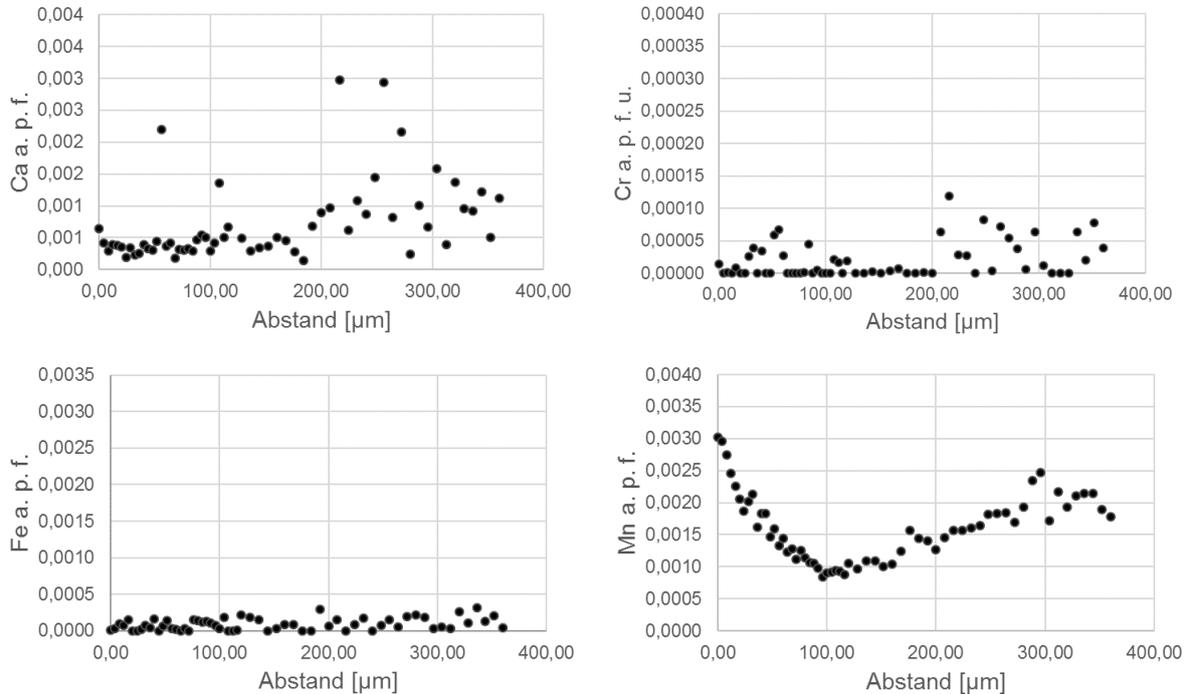


Diagramm 22: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in μm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO , Cr_2O_3 , FeO , TiO_2 , P_2O_5 , S, MnO , Al_2O_3 , SiO_2 und MgO . Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

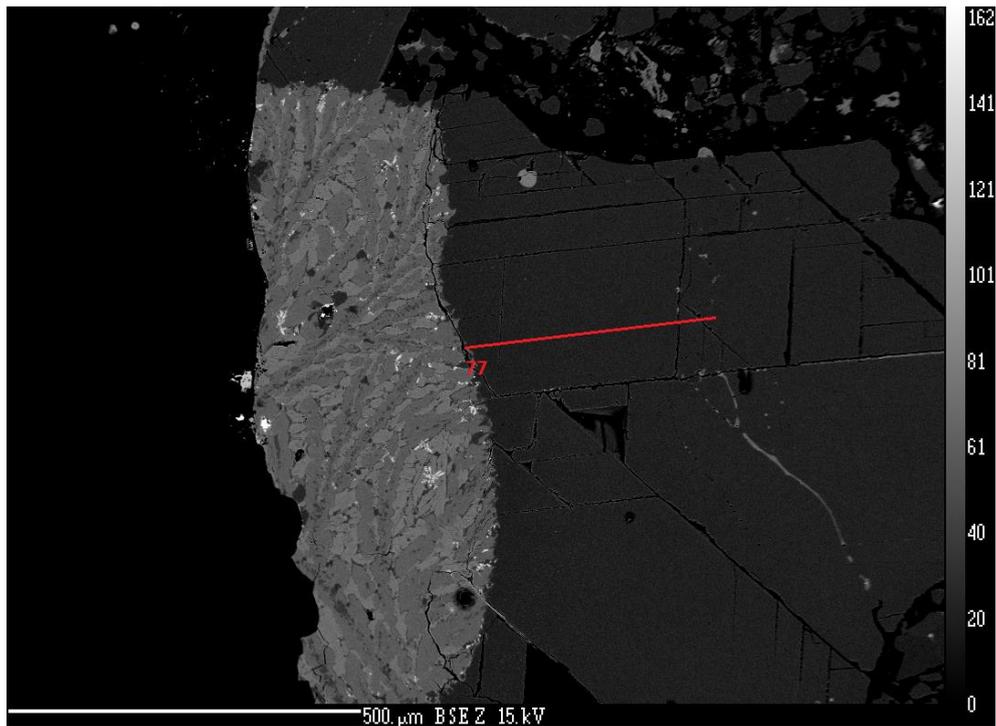


Abbildung 82: Die rote Linie zeigt das Linienprofil, welches im Periklas in der Probe V5B gemessen wurde. Die Messungen erfolgten von links nach rechts, beginnend am Kontakt zur Schlacke bis ins Innere des Periklas. Für die Messergebnisse siehe unten Diagramm 23.

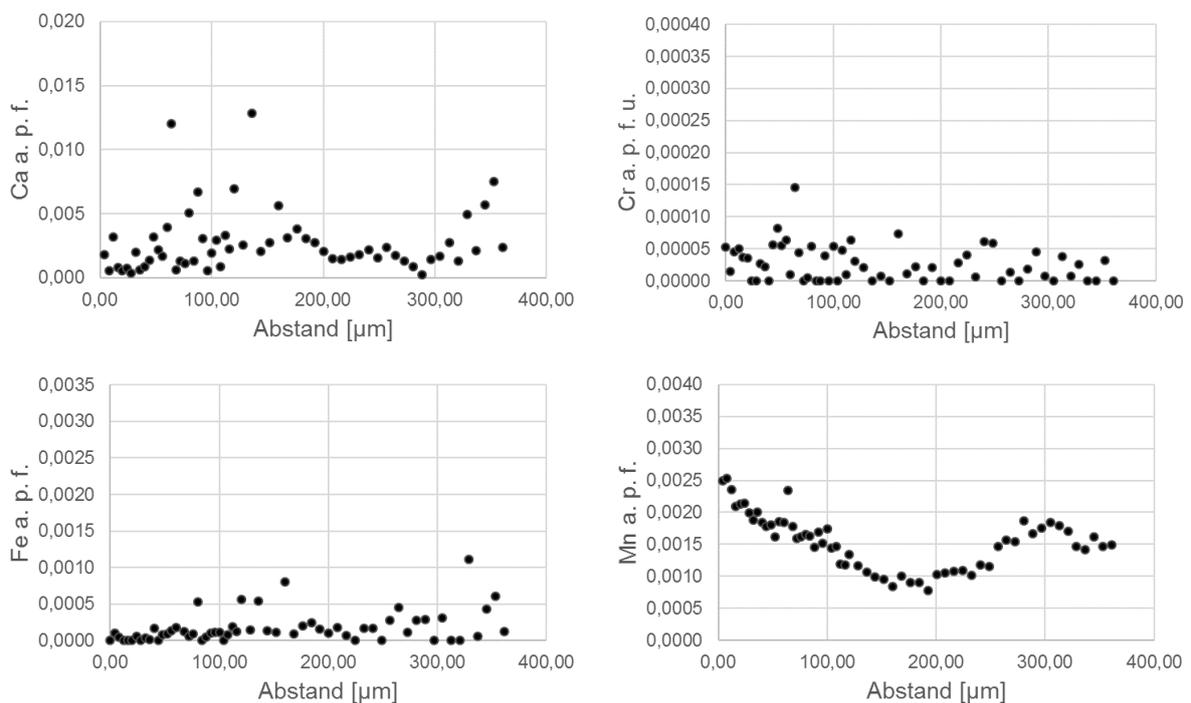


Diagramm 23: Die signifikantesten Ergebnisse der EMS Linienprofile lieferten die Elemente Ca, Cr, Fe und Mn. Die Ergebnisse werden als Diagramme dargestellt. An der X-Achse sind die Abstände der Messpunkte in µm aufgetragen und an der Y-Achse die Konzentrationen, des jeweiligen Elements, in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) normiert auf einen Sauerstoff. Gemessen wurden die Konzentrationen von CaO, Cr₂O₃, FeO, TiO₂, P₂O₅, S, MnO, Al₂O₃, SiO₂ und MgO. Die Messergebnisse aller Proben werden im Kapitel 6.3 „Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke“ zusammengefasst und analysiert.

5.6 Chemische Zusammensetzung der Phasen

5.6.1 Mineralchemische Diagramme (Mg,Mn)-Oxid

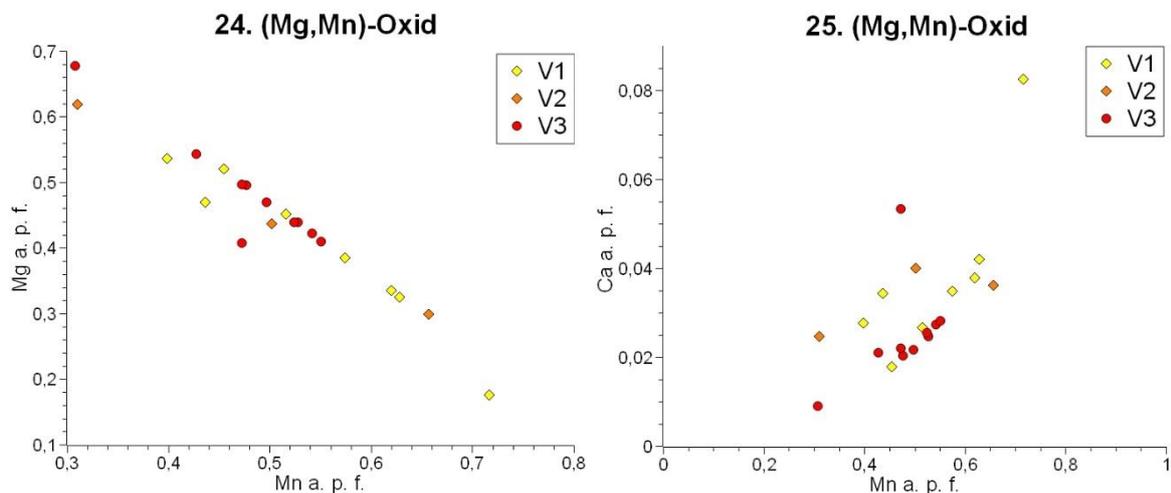


Diagramm 24 & 25: Die Magnesium-reicheren Mg-Mn-Oxide und die Mangan-reicheren Mn-Mg-Oxide einer Probe werden zusammengefasst unter der Bezeichnung (Mg,Mn)-Oxide. Beide Diagramme zeigen die unterschiedlichen Zusammensetzungen der Phase (Mg,Mn)-Oxid in den Proben V1, V2 und V3. Die Datenpunkte können anhand ihrer Farbe einer bestimmten Probe zugeordnet werden. Für die Proben V1 und V2 wurde der High Quality Magnesia-Carbonstein verwendet, deshalb sind die Datensymbole rautenförmig. Die Datenpunkte des Low Quality Magnesia-Carbonsteins, der Probe V3, sind kreisförmig. Alle Konzentrationen sind in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) angegeben normiert auf einen Sauerstoff. Das Diagramm links zeigt die Verteilung der Mn- und Mg-Konzentrationen und das Diagramm rechts die Verteilung der Mangan- und Ca-Konzentrationen in den (Mg,Mn)-Oxiden.

Die Diagramme 24 und 25 zeigen die Zusammensetzungen der, nach Analyse der EMS Punktmessungen, als Mg-Mn- und Mn-Mg-Oxide bezeichnete Phasen. Die Messergebnisse der Magnesium-reicheren Mg-Mn-Oxide und der Mangan-reicheren Mn-Mg-Oxide werden zusammengefasst und als (Mg,Mn)-Oxid bezeichnet. Sie sind meist nur ca. 10µm groß und bilden, gemeinsam mit den Phasen Larnit, Kalziumtitanat und Ca-Aluminat die Matrix der Schlacke. (Mg,Mn)-Oxide kommen nur in den Proben V1, V2 und V3, für die die finale Schlackenzusammensetzung verwendet wurde, vor. Für die Proben V1 und V2 wurde der High Quality Magnesia-Carbonstein verwendet und für die Probe V3 der Low Quality Magnesia-Carbonstein. Die Versuche V1 und V2 unterscheiden sich nur durch eine Differenz von 50°C bei der Maximaltemperatur.

In Diagramm „24. (Mg,Mn)-Oxid“ werden nur die Konzentrationen der Hauptkomponenten Magnesium und Mangan dargestellt. Der über einen breiten Konzentrationsbereich lineare Trend zeigt die gute Mischbarkeit zwischen dem Mg- und dem Mn-Endglied der Mischungsreihe. Zudem ist die gegenseitige Substitution von Mg und Mn der wichtigste Mechanismus für die Zusammensetzungsvariation. Es sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zusammensetzungen der (Mg,Mn)-Oxide der drei Proben erkennbar. Es gibt lediglich schwache Häufungen bei unterschiedlichen Mischverhältnissen.

Die Probe V1, gelb markiert, zeigt ein Mischverhältnis von $(\text{Mg}_{0,18-0,54}, \text{Mn}_{0,40-0,72})\text{O}$.
 Die Probe V2, orange markiert, zeigt ein Mischverhältnis von $(\text{Mg}_{0,30-0,62}, \text{Mn}_{0,31-0,66})\text{O}$.
 Die Probe V3, rot markiert, zeigt ein Mischverhältnis von $(\text{Mg}_{0,41-0,68}, \text{Mn}_{0,31-0,55})\text{O}$.

Die Probe V1 bildet meist relativ Mn-reiche (Mg,Mn)-Oxide. Von der Probe V2 gibt es nur drei Messergebnisse der Phase (Mg,Mn)-Oxid. Diese variieren stark zwischen Mg-reich, Mn-reich und einem annähernd ausgeglichenen Verhältnis. Die Phase (Mg,Mn)-Oxid in der Probe V3 scheint bevorzugt Oxide mit ähnlich großen Anteilen von Magnesium und Mangan zu bilden, seltener mehr Magnesium als Mangan. Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass alle drei Proben sowohl Mn-reiche als auch Mg-reiche (Mg,Mn)-Oxide gebildet haben. Die Probe V3 scheint einen enger gefassten Variationsbereich als die beiden anderen Proben zu haben. Allerdings muss beachtet werden, dass von den (Mg,Mn)-Oxiden der Probe V2 nur drei Messergebnisse vorliegen, daher ist deren Aussagekraft geringer als die der anderen beiden Proben.

Das zweite Diagramm „25. (Mg,Mn)-Oxid“ zeigt die Konzentration von Mangan und Kalzium in den (Mg,Mn)-Oxiden. Die Ca-Konzentration ist sehr niedrig im Vergleich zu den Konzentrationen der beiden Hauptkomponenten Magnesium und Mangan. Ein deutlicher linearer Trend wie in Diagramm 24 ist nicht erkennbar. Die breit gestreuten Datenpunkte zeigen nur andeutungsweise eine positive Korrelation der Ca- und Mn-Konzentrationen. Auch eine Gruppierung der Datenpunkte nach Proben ist nicht erkennbar. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den (Mg,Mn)-Oxiden von V1, V2 und V3.

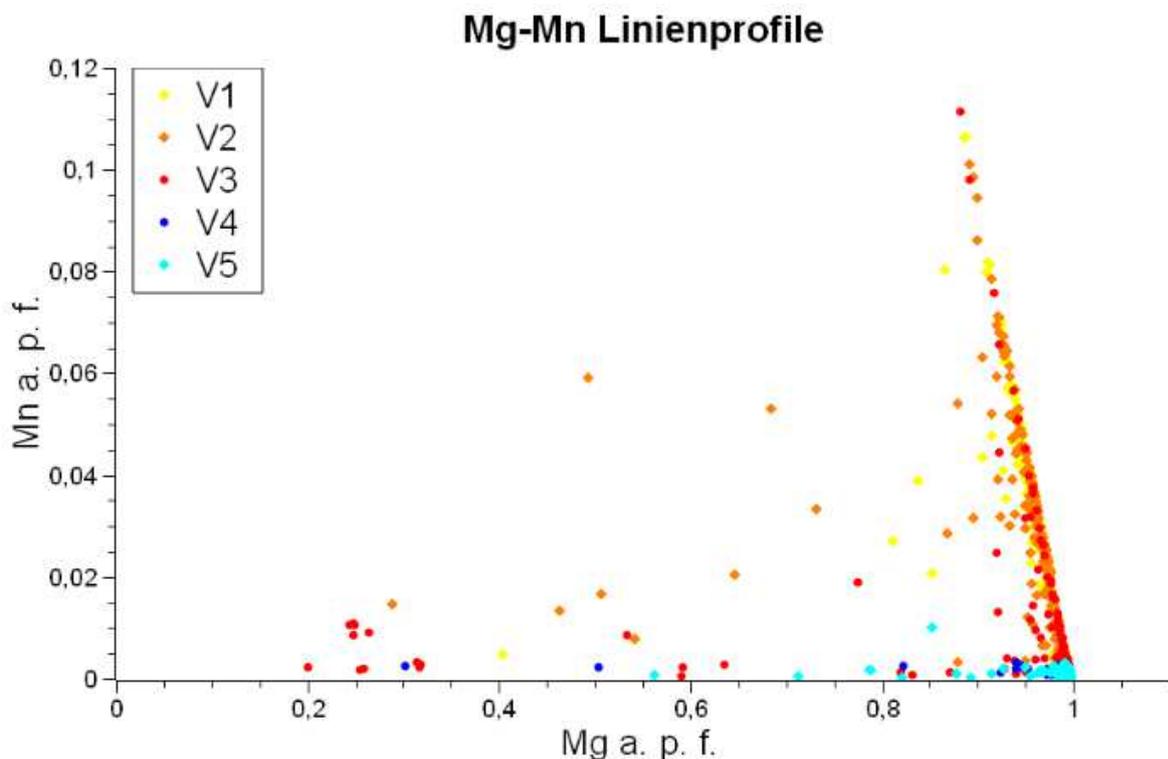


Diagramm 26: Dargestellt ist die Korrelation zwischen Mn- und Mg-Konzentrationen in den Periklasen der Magnesia-Carbonsteine. Gemessen wurde entlang von Profilen vom Kontakt mit der Schlacke bis ins Innere der Periklase. Alle Konzentrationen sind in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) angegeben normiert auf einen Sauerstoff. In den Periklasen der Proben V1, V2 und V3 erreicht der Mn-Gehalt am Kontakt zur Schlacke 0.12 a.p.f., d.h. es sind 12% der Kationenpositionen mit Mn besetzt. Für die Proben V1, V2 und V3 wurde die finale Schlacken-zusammensetzung verwendet. Die Periklase der Proben V4 und V5 zeigen vergleichsweise geringe Mn-Gehalte von zumeist weniger als 0.01 a.p.f. Für diese Proben wurde die mittlere Schlacken-zusammensetzung verwendet. Die beiden Magnesia-Carbonsteine können durch die Symbole unterschieden werden. Die Messungen von Periklasen aus dem High Quality Magnesia-Carbonstein sind rautenförmig und jene von Periklasen des Low Quality Magnesia-Carbonstein kreisförmig. Für weitere Details siehe Diagramm 27 & 28.

Im Diagramm 26 sind die Ergebnisse der Linienprofilmessungen an Periklasen der Feuerfeststeine mit Schlackenkontakt dargestellt. Der ursprünglich im Feuerfeststein verwendete Periklas ist nahezu rein und hat die Summenformel MgO . Die systematische Zunahme des Mn-Gehaltes entlang der Messprofile zum Kontakt mit der Schlacke hin zeigt, dass der Periklas in signifikanten Mengen Mangan einbaut. Der Mangangehalt fällt vom Kontakt mit der Schlacke ins Innere der Periklaskörner kontinuierlich ab (siehe z.B. das Linienprofil V1B in Kapitel 5.1.4.4, Diagramm 4), was auf eine sukzessive Eindiffusion des Mn aus der Schlacke in das Innere des prä-existenten Periklas hinweist. Die negative Korrelation zwischen Mn und Mg im Diagramm 26 zeigt, dass Mn hauptsächlich das Mg bis zu einem Mangananteil von 0,12 a.p.f. substituiert. Deutlich erkennbar ist hier der Unterschied zwischen den beiden Schlackentypen. Für die Proben V1, V2 und V3, in den Farben gelb, orange und rot, wurde der finale Schlackentyp verwendet. Nur die Periklase aus diesen Proben zeigen hohe Mn-Konzentrationen. Im Gegensatz dazu weisen die Periklase der Proben V4 und V5 vergleichsweise geringe Mn-Konzentrationen auf. Für diese beiden Proben, in den Farben türkis und blau, wurde der mittlere Schlackentyp verwendet. Die Mangankonzentration liegt hier bei weniger als 0,01 a.p.f.. Die Qualität des Magnesia-Carbonsteins hat hingegen keinen merklichen Einfluss auf die Mn-Gehalte der Periklase. Eine detailliertere Beschreibung folgt in den Diagrammen 27 und 28.

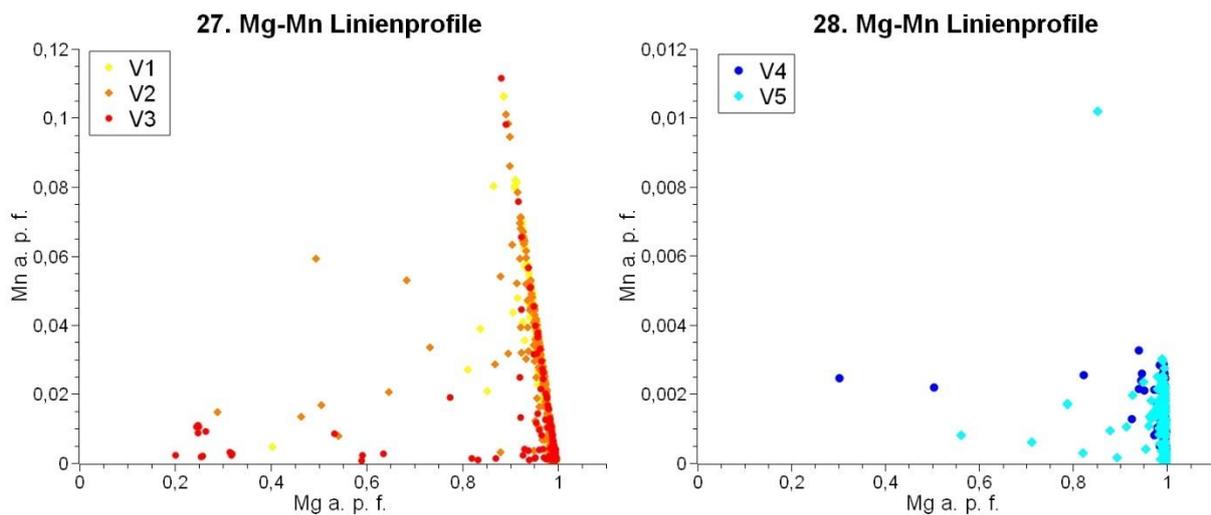


Diagramm 27 & 28: Für eine bessere Übersicht werden die Messwerte aus Diagramm 26 aufgeteilt. Die Linienprofile der Proben V1, V2 und V3 wurden in Diagramm 27 dargestellt und die Linienprofile der Proben V4 und V5 in Diagramm 28. Bei den Proben V1, V2 und V3 wurde die finale Schlackenzusammensetzung verwendet, bei den Proben V4 und V5 die mittlere Schlackenzusammensetzung. Farben und Symbole sind deckungsgleich mit Diagramm 26. Alle Konzentrationen sind in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) angegeben normiert auf einen Sauerstoff. Die Periklase in Diagramm 27 zeigen einen Austausch von Magnesium gegen Mangan in einem Umfang von bis zu 12%. Im Gegensatz dazu wird in die Periklase der Proben V4 und V5, dargestellt im Diagramm 28, kaum Mangan eingebaut. Die Mangankonzentration beträgt weniger als 0,01 Atome pro Formeleinheit, d.h. weniger als 1% der Kationenpositionen ist mit Mangan besetzt.

In den Diagrammen 27 und 28 sind die Messdaten aus Diagramm 26 getrennt dargestellt. Das Diagramm 27 zeigt die Zusammensetzungen der Periklase der drei Proben mit finale Schlackentyp V1, V2 und V3. Das Diagramm 28 zeigt die Zusammensetzungen der Periklase der beiden Proben V4 und V5 bei denen der mittlere Schlackentyp verwendet wurde. Durch die Aufteilung auf zwei Diagramme werden die Unterschiede in den Mn-Konzentrationen besonders deutlich. Während der Mangananteil in Diagramm 27 bis zu 0,12 a.p.f. erreicht, beträgt der maximale Manganwert in Diagramm 28 nur 0,01 a.p.f.. In beiden Fällen besteht eine klare negative Korrelation zwischen Mg und Mn. Deshalb kann angenommen werden,

dass bei allen Proben ein Austausch von Mangan und Magnesium zwischen Schlacke und Magnesia-Carbonstein stattfindet. Das Ausmaß des Mn-Einbaus in den Periklas hängt allerdings stark von der Wahl der Schlacke ab. Im Gegensatz dazu scheint die Wahl des Magnesia-Carbonsteins keinen signifikanten Einfluss auf die Mangankonzentration im Periklas zu haben. Im Diagramm 27 sind die beiden Proben V1 und V2 (High Quality Magnesia-Carbonsteine) rautenförmig in den Farben Gelb und Orange dargestellt. Die Probe V3, ein Low Quality Magnesia-Carbonstein, wird durch rote Kreise dargestellt. Alle drei Proben zeigen einen sehr ähnlichen abfallenden Trend beginnend bei höheren Manganteilen zwischen 10 und 12% bis hin zum „reinen“ Periklas (MgO) mit verschwindend kleinen Mn-Konzentrationen. Die Proben V4 und V5 im Diagramm 28, dargestellt als dunkelblaue Kreise und türkise Rauten, zeigen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

5.6.2 Mineralchemische Diagramme Ca-Aluminat

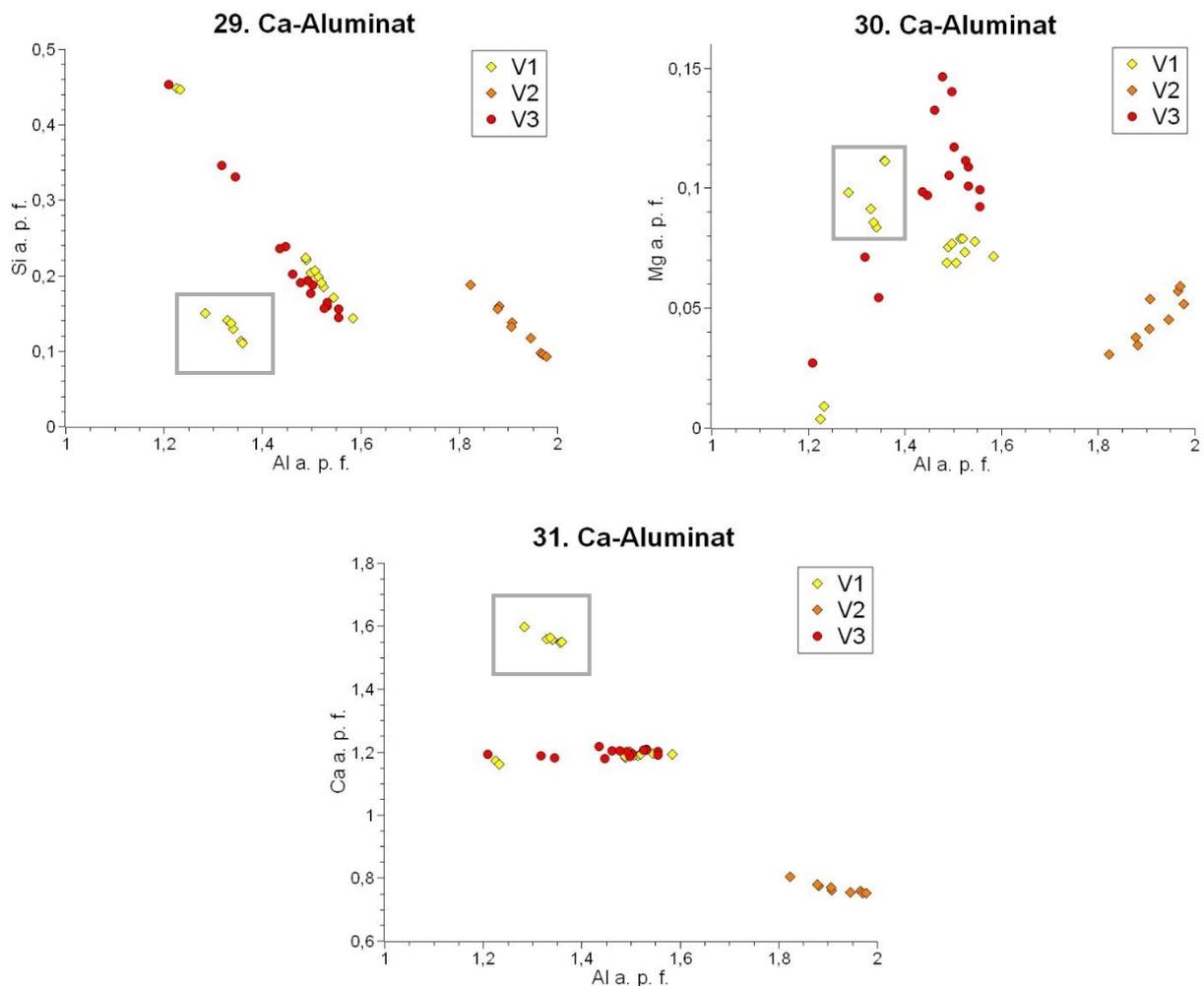


Diagramm 29, 30 & 31: Dargestellt sind die Messergebnisse aller, als Ca-Aluminat bezeichneten, Phasen. Es wurde jeweils eines der neben Aluminium in nennenswerter Konzentration vorhandenen Kationen gegen die Konzentration von Aluminium aufgetragen. Alle Konzentrationen sind in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) angegeben normiert auf vier Sauerstoffe. Diagramm 29 zeigt Aluminium und Silizium, Diagramm 30 Aluminium und Magnesium und Diagramm 31 Aluminium und Kalzium. Alle Ca-Aluminate einer Probe sind in derselben Farbe dargestellt: V1 ist gelb, V2 orange und V3 rot. Die High Quality Magnesia-Carbonstein Proben haben ein rautenförmiges Symbol, die Symbole des Low Quality Magnesia-Carbonsteins sind kreisförmig.

In den Diagrammen 29, 30, 31 sind die Konzentrationen von Silizium, Magnesium und Kalzium gegen die Konzentration von Aluminium in den als Ca-Aluminat bezeichneten Phasen aufgetragen. Die Ca-Aluminate kommen nur in den Proben V1, V2 und V3 vor. Für diese Proben wurde der finale Schlackentyp verwendet. Im Diagramm 29 ist die Konzentration von Silizium, im Diagramm 30 ist die Konzentration von Magnesium und im Diagramm 31 ist die Konzentration von Kalzium gegen die Al-Konzentration aufgetragen. Alle Ca-Aluminate einer Probe sind in derselben Farbe dargestellt: V1 ist gelb, V2 orange und V3 rot.

Das erste Diagramm (29) zeigt bereits, dass die Zusammensetzung der Ca-Aluminate leicht variiert. Erkennbar sind drei Gruppen von Datenpunkten, welche alle eine negative Korrelation von Silizium und Aluminium zeigen. Weiters wird deutlich, dass alle Ca-Aluminate aus Probe V2, abgebildet am rechten Rand des Diagramms, eine eigene Gruppe bilden. Im Gegensatz dazu weisen die Ca-Aluminate der Proben V1 und V3 ähnliche Zusammensetzungen auf, mit der Ausnahme von sechs Messwerten. Diese sechs Messwerte der Probe V1, markiert mit einem grauen Rechtecksrahmen, sind Silizium- und Aluminium-ärmer als die anderen Phasen.

Diagramm 30 zeigt die, im Vergleich zu den Si-Konzentrationen in Diagramm 29, deutlich geringeren Mg-Konzentrationen in den Ca-Aluminaten. Eine Korrelation der Messwerte ist in diesem Diagramm nicht erkennbar und die Gruppierung der Messwerte ist weniger deutlich. Nur die Ca-Aluminate der Probe V2, dargestellt am rechten Rand des Diagramms in orange, bilden auch hier eine eindeutig abgegrenzte Gruppe. Die in Diagramm 29 mit einem grauen Rechtecksrahmen markierten Messwerte sind auch in Diagramm 30 markiert. Der Vergleich zeigt, bezogen auf die Mg-Konzentration dieser sechs Punkte sind sie denen der Probe V3 ähnlicher als im ersten Diagramm. Im Gegensatz dazu ist die zweite Hälfte der Ca-Aluminate der Probe V1 (gelb) nicht mehr nahezu deckungsgleich mit denen der Probe V3 (siehe Diagramm 29).

Das Diagramm (31) mit den beiden Hauptkomponenten Kalzium und Aluminium zeigt dieselben drei Gruppierungen wie das Silizium-Aluminium Diagramm (29). Die mittels Rechtecksrahmen markierten Messwerte der Probe V1 haben eine signifikant höhere Ca-Konzentration von 1,5-1,6 Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) und grenzen sich damit deutlich von den anderen Ca-Aluminaten ab. Die restlichen Ca-Aluminate der Probe V1 bilden, ähnlich dem Diagramm 29, eine Gruppe mit den Ca-Aluminaten der Probe V3. Die Ca-Aluminate der Probe V2 bilden wie in den beiden Diagrammen zuvor eine eigene, von den anderen Messwerten deutlich unterscheidbare, Gruppe. Eine Korrelation zwischen Ca- und Al-Konzentration in den Ca-Aluminaten ist bei keiner Probe erkennbar.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass die Ca-Aluminate der Proben V1, V2 und V3 chemisch nicht vollständig identisch sind. Vor allem die Ca-Aluminate der Probe V2 unterscheiden sich deutlich von denen der anderen beiden Proben. Grob können drei Gruppen unterschieden werden, welche sich vor allem in der Si- und Ca-Konzentration unterscheiden. Korrelationen zwischen Magnesium- und Al-Konzentration und Ca- und Al-Konzentration konnten keine festgestellt werden. Nur Silizium und Aluminium zeigen eine negative Korrelation. Ein Zusammenhang zwischen der Ca-Aluminat-Zusammensetzung und der Wahl des Magnesia-Carbonsteins ist nicht erkennbar. Im Gegenteil, einige Datenpunkte der High Quality Probe V1 bilden eine Gruppe mit den Datenpunkten der Low Quality Probe V3, während die andere High Quality Probe V2 eine eigenständige Gruppe bildet.

Entgegen aller Erwartungen sind die Fe-Konzentrationen in diesen Phasen sehr gering bis nicht nachweisbar, weshalb auf die Darstellung verzichtet wird. Sie unterscheiden sich damit deutlich von den, für Eisensinterprozesse typischen, sogenannten Kalzium-Aluminium-silicoferriten (eng. SFCA) (Koryttseva et al., 2017). Auch Al-reichere SFCA Phasen (Mežibrický

et al., 2019) und Si-reichere SFCA Phasen (Zöll et al., 2018) unterscheiden sich chemisch deutlich von den hier gemessenen Ca-Aluminaten. Eine eindeutige Zuordnung dieser Kalzium-Aluminium Phasen erfordert weitere Messungen und ist deshalb im Rahmen dieser Masterarbeit nicht möglich. Sie wird grob als Ca-Aluminat eingeordnet und ohne Summenformel angegeben.

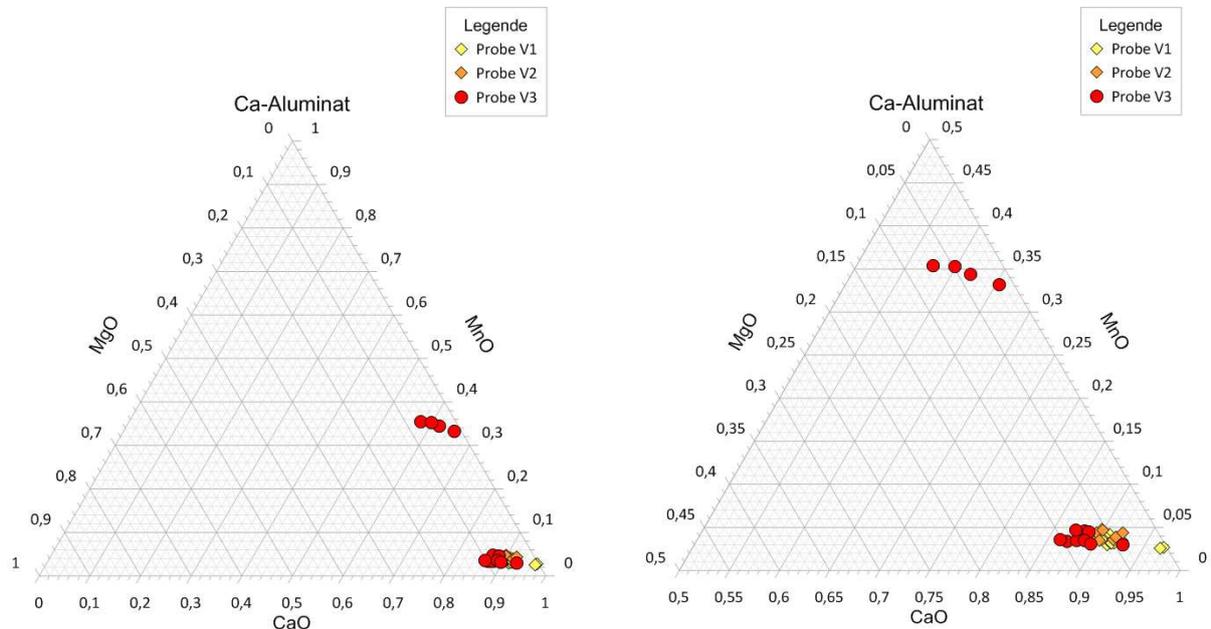


Diagramm 32a und 32b: Beide Diagramme zeigen die relativen Anteile von MgO, MnO und CaO aller Ca-Aluminate. Die Datenpunkte können anhand ihrer Farbe einer bestimmten Probe zugeordnet werden. Die Form der Datenpunkte zeigt den Typ des Magnesia-Carbonsteins an. Rautenförmige Datenpunkte sind High Quality Magnesia-Carbonstein Proben und kreisförmige Datenpunkte sind Low Quality Magnesia-Carbonstein Proben. Das Diagramm 32a zeigt eine Konzentration der Datenpunkte im CaO-reichen Bereich des Diagramms. Diagramm 32b zeigt diesen Ausschnitt von 50%-100% CaO vergrößert.

Die Diagramme 32a und 32b zeigen die relativen Anteile von MgO, MnO und CaO in den Ca-Aluminaten. Die Einfärbung und die Auswahl der Formen der Datenpunkte erfolgte analog zu den vorhergehenden Ca-Aluminat Diagrammen Nummer 29, 30 und 31. Diagramm 32a zeigt, dass der relative Anteil von MgO und MnO sehr gering ist im Vergleich zum CaO Anteil. Eine Ausnahme bilden vier Datenpunkte der Probe V3, welche zwar kaum MgO aber merklich MnO enthalten. Um mögliche kleinere Unterschiede zwischen den restlichen, CaO-reichen, Ca-Aluminaten sichtbar zu machen wird der Bereich von 50%-100% CaO vergrößert. Dieser Bereich ist dargestellt in Diagramm 32b. Die vier Datenpunkte der Probe V3 bilden eine eigene Gruppe bei einem relativen Anteil von MnO zwischen 33% und 43%. Die übrigen Datenpunkte bilden, abgesehen von ein paar wenigen Punkten der Probe V1, weiterhin eine Gruppe. Es sind keine Gruppierungen nach Proben oder Feuerfeststeinmaterial erkennbar.

5.6.3 Mineralchemische Diagramme Spinell

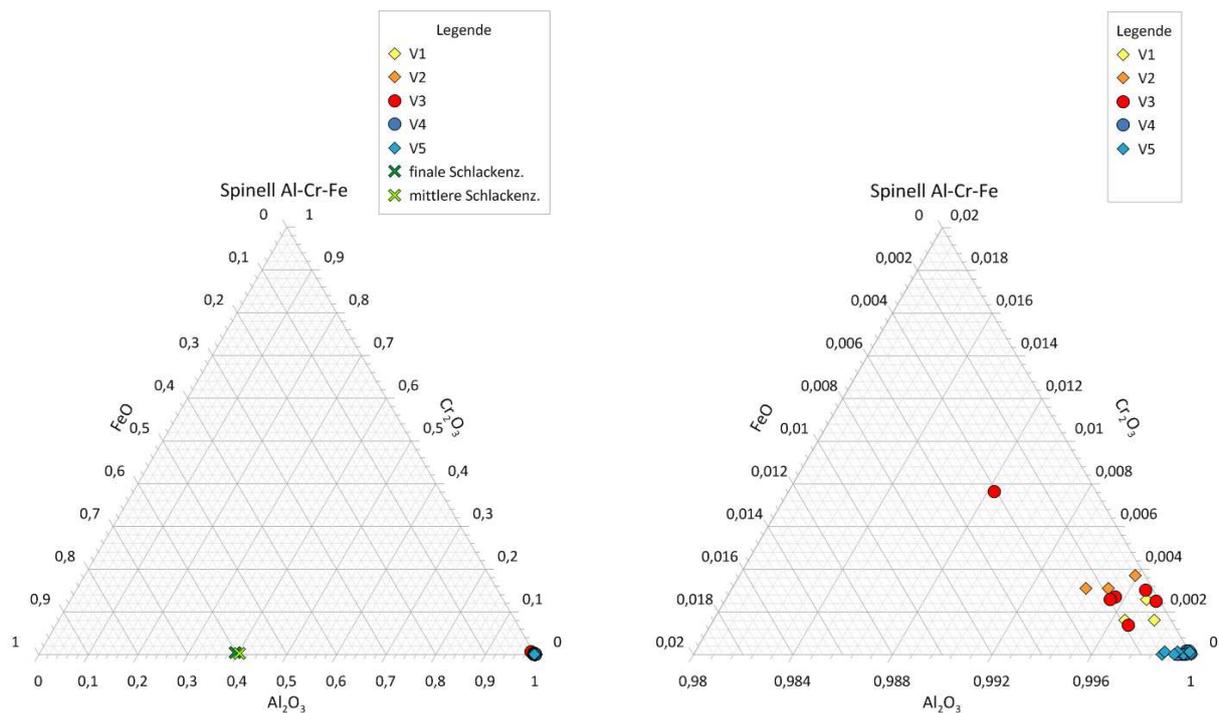


Diagramm 33a und 33b: Beide Diagramme zeigen die relativen Anteile von Al_2O_3 , Cr_2O_3 und FeO in Spinell. Alle Spinelle einer Probe sind in derselben Farbe dargestellt. Bei den Proben V1, V2 und V3 wurde die finale Schlackenzusammensetzung, bei den Proben V4 und V5 wurde die mittlere Schlackenzusammensetzung verwendet. Zusätzlich wird unterschieden zwischen High Quality Magnesia-Carbonstein (rautenförmiges Symbol) und Low Quality Magnesia-Carbonstein (kreisförmiges Symbol). Das erste Diagramm 33a zeigt die Messergebnisse der Spinelle und als Vergleich auch die beiden Schlackenzusammensetzungen, dargestellt als grüne Kreuze. Das zweite Diagramm 33b ist ein vergrößerter Ausschnitt des Bereiches von 98%-100% Al_2O_3 , im rechten unteren Eck von Diagramm 33a. Die Schlackenzusammensetzungen können hier nicht mehr abgebildet werden, aber dafür sind äußerst geringe Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Spinelle erkennbar.

In den Dreiecksdiagrammen 33a und 33b werden die relativen Anteile der drei Komponenten Al_2O_3 , Cr_2O_3 und FeO dargestellt. Um mögliche systematische Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Spinell-Phasen erkennen zu können kann jeder Farbe eines Datenpunktes eine bestimmte Probe zugeordnet werden. Zusätzlich wird, durch die Wahl des Symbols, unterschieden zwischen High Quality Magnesia-Carbonstein (rautenförmig) und Low Quality Magnesia-Carbonstein (kreisförmig). Das Diagramm 33a zeigt deutlich, dass bei einem Vergleich von Al_2O_3 , Cr_2O_3 und FeO , die Anteile von Cr_2O_3 und FeO verschwindend gering sind im Vergleich zu den Al_2O_3 Anteilen. Diese starke Konzentration der dargestellten Spinelle in der rechten unteren Ecke des Diagramms ist zu dicht, um Unterschiede erkennen zu können. Dargestellt sind auch die Anteile von Al_2O_3 , Cr_2O_3 und FeO in den beiden Schlackentypen als grüne Kreuzsymbole. Für Diagramm 33b ist der Bereich zwischen 98%-100% Al_2O_3 , im rechten unteren Eck von Diagramm 33a, vergrößert worden. Dieser Ausschnitt zeigt eine Gruppierung der Spinelle nach Schlackentyp, das heißt Probe V1, V2 und V3 bilden eine Gruppe und die Proben V4 und V5. Allerdings bewegt sich der Unterschied im Promille-Bereich. Ein Zusammenhang zwischen der Wahl des Magnesia-Carbonsteins und der chemischen Zusammensetzung der Spinelle kann nicht festgestellt werden.

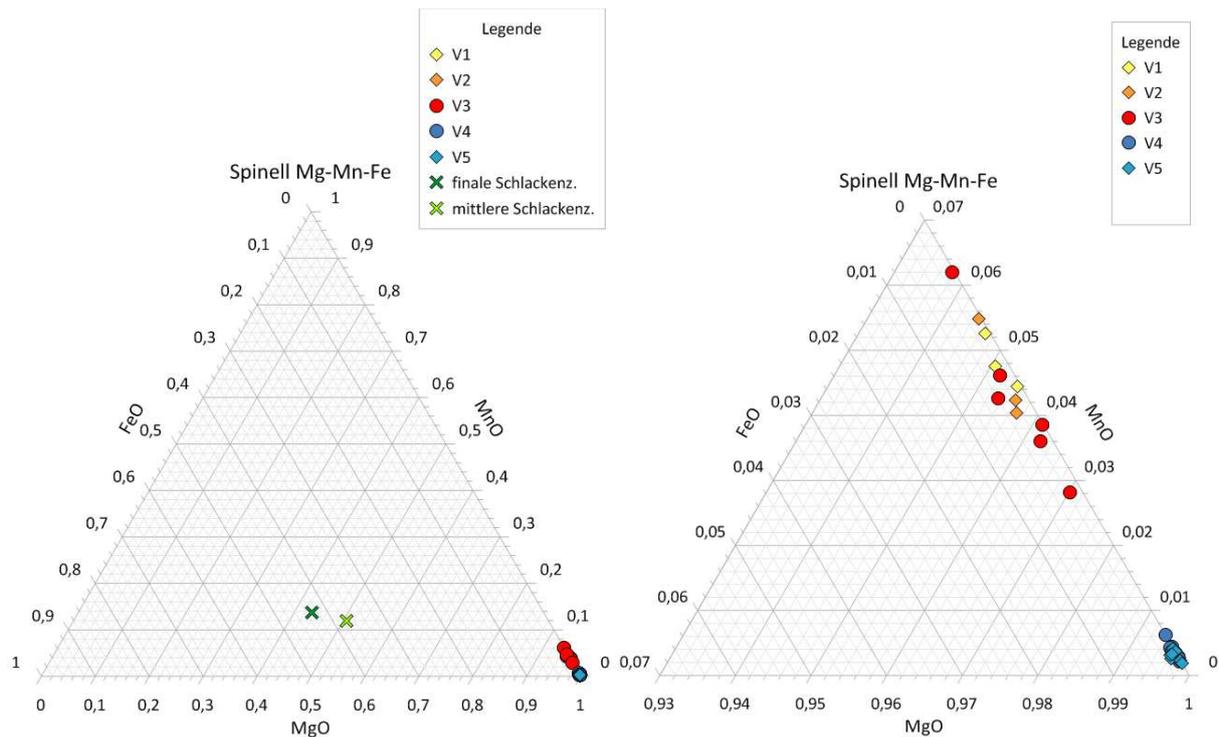


Diagramm 34a und 34b: Beide Diagramme zeigen die relativen Anteile von MgO, MnO und FeO in Spinell. Das Diagramm 34b ist ein vergrößerter Ausschnitt der rechten unteren Ecke von Diagramm 34a. Alle Spinelle einer Probe sind in derselben Farbe dargestellt. Die Proben V1, V2 und V3 enthalten die finale Schlackenzusammensetzung, die Proben V4 und V5 die mittlere Schlackenzusammensetzung. Die beiden Schlackenzusammensetzungen sind als grüne Kreuze im Diagramm 34a abgebildet. Zusätzlich wird unterschieden zwischen High Quality Magnesia-Carbonstein (rautenförmiges Symbol) und Low Quality Magnesia-Carbonstein (kreisförmiges Symbol). Das zweite Diagramm 34b ist ein vergrößerter Ausschnitt des Bereiches von 93%-100% MgO, in der rechten unteren Ecke von Diagramm 34a. Die in Diagramm 34a angedeutete Gruppierung der Messergebnisse nach Schlackentyp ist in Diagramm 34b deutlich zu erkennen. Der Anteil von MgO in den Spinellen der Probe V1, V2 und V3 liegt bei 93%-97% und der MgO-Anteil der Probe V4 und V5 bei >99%.

Neben den Komponenten Al_2O_3 , Cr_2O_3 und FeO (siehe vorherige Seite) sind auch die Komponenten MgO, MnO und FeO der Phase Spinell in ternären Diagrammen dargestellt. Die Vorgehensweise entspricht derselben wie bei den vorherigen Diagrammen 33a und 33b. Das erste Diagramm 34a gibt einen Überblick und enthält auch die beiden chemischen Zusammensetzungen der beiden Schlackentypen (grüne Kreuzsymbole). Das zweite Diagramm 34b ist eine vergrößerte Darstellung der rechten unteren Ecke von Diagramm 34a und zeigt nur die Zusammensetzung der Spinelle. Durch diese Vergrößerung wird die, in Diagramm 34a nur angedeutete, Gruppierung der Spinell-Phasen deutlich sichtbar. Alle Spinelle aus Proben mit finale Schlackentyp (V1, V2, und V3) bilden eine Gruppe mit einem MgO-Anteil von 93%-97%. Alle Spinelle aus Proben mit mittlerem Schlackentyp (V4 und V5) bilden die zweite Gruppe mit einem MgO-Anteil von >99%. In beiden Gruppen sind jeweils High Quality (rautenförmiges Symbol) und Low Quality Magnesia-Carbonsteine (kreisförmiges Symbol). Deshalb kann kein Zusammenhang zwischen der Wahl des Magnesia-Carbonsteins und der chemischen Zusammensetzung der Spinelle festgestellt werden.

5.6.4 Mineralchemische Diagramme Monticellit, Forsterit, Larnit

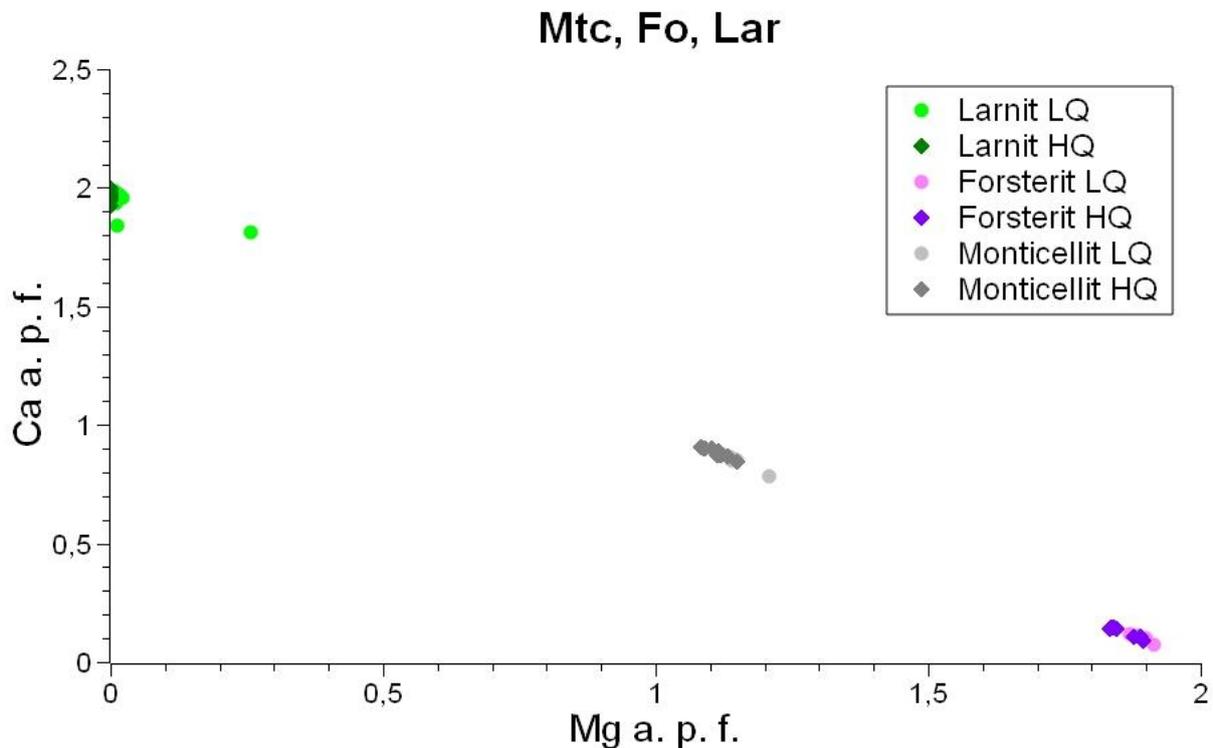


Diagramm 35: Abgebildet sind die Phasen Larnit, Forsterit und Monticellit in den Farben grün, violett und grau. Alle Konzentrationen sind in Atomen pro Formeleinheit (a.p.f.) angegeben normiert auf vier Sauerstoffe. Die Phase Larnit konnte in den Proben V1, V2 und V3 identifiziert werden. Die beiden anderen Phasen, Forsterit und Monticellit, sind nur in den Proben V4 und V5 vorhanden. Die Darstellung in unterschiedlichen Farbtönen und die Wahl zweier verschiedener Symbole ermöglicht eine Unterscheidung von High Quality (rautenförmiges Symbol) und Low Quality Magnesia-Carbonsteinen (kreisförmiges Symbol).

Die Phasen Forsterit (Mg_2SiO_4) und Monticellit ($CaMgSiO_4$) treten gemeinsam in den Proben V4 und V5 auf. Das reine Ca-Gegenstück Larnit (Ca_2SiO_4) kann nur in den Proben V1, V2 und V3 nachgewiesen werden. Die Verteilung von Monticellit in Richtung Forsterit weist auf einen Einbau von Magnesium in nennenswerten Konzentrationen hin. Umgekehrt zeigt auch Forsterit eine Verteilung in Richtung Monticellit durch vermehrten Einbau von Kalzium. Beides ist naheliegend da beide Phasen auf den Schenkeln eines Monticellit-Forsterit-Solvus liegen. Die chemische Zusammensetzung von Larnit variiert kaum und liegt relativ konstant bei 2 a.p.f. Kalzium und 0 a.p.f. Magnesium. Die Unterscheidung von High Quality- und Low Quality Magnesia-Carbonsteinen durch Farbe und Symbol zeigt, dass dieser keinen signifikanten Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Phasen hat.

6. Diskussion

Ziel dieser Masterarbeit ist die Analyse des chemischen Zusammenspiels von Magnesia-Carbonstein und Schlacke. Analysiert wurden zwei Typen Feuerfeststein und zwei Schlacken mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung erhitzt auf Betriebstemperaturen (Tabelle 3). Anhand der Ergebnisse kann gezeigt werden, dass diverse chemische Prozesse neben mechanischer Abrasion und thermischer Belastung einen signifikanten Einfluss auf die Stabilität des Magnesia-Carbonsteins haben.

6.1 Korrosionsstrukturen am Kontakt zwischen Schlacke und Feuerfeststein

Der Magnesia-Carbonstein zeigt unterschiedliche Anzeichen für Auflösungsprozesse. Während bei den Periklasen der Proben V1, V2 und V3 im Kontaktbereich deutliche lobat - kuspate Strukturen erkennbar sind, ist der Kornrand der Periklase in Probe V4 und V5, bei gleicher Vergrößerung, kaum gegliedert bis fein gezackt. Erkennbar ist auch das bevorzugte Eindringen der Schlacke entlang von Bruchflächen und Korngrenzen, besonders deutlich sichtbar bei den polykristallinen Periklasaggregaten. Hinzu kommt eine chemische Alteration durch Aufnahme von Mangan und Abgabe von Kalzium an die Schlacke. Eine detaillierte Beschreibung der Korrosionsstrukturen, gegliedert nach Schlackentyp, folgt in den Kapiteln 6.1.1 und 6.1.2.

Allgemein kann festgestellt werden, dass Art und Intensität der Korrosion, des Magnesia-Carbonsteins, stark von der chemischen Zusammensetzung der Schlacke abhängig sind. Die Wahl des Magnesia-Carbonsteins hat dabei keinen bis einen sehr geringen Einfluss. Daher muss in Bezug auf die Korrosionserscheinungen der Feuerfeststeine vor allem zwischen den beiden verwendeten Schlackentypen: Schlackentyp 1 (mittlere Zusammensetzung) und Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung) unterschieden werden. Die beiden Schlackentypen unterscheiden sich erheblich in ihrer chemischen Zusammensetzung. Die Schlacke vom Typ 1 (mittlere Zusammensetzung) hat mit 33,20 Gew.% SiO_2 deutlich höhere SiO_2 Gehalte als die Schlacke vom Typ 2 (finale Zusammensetzung) mit 7,92 Gew.% SiO_2 und deutlich geringere FeO und Al_2O_3 Gehalte, Typ 1: 11,5 Gew.% FeO , Typ 2: 23,0 Gew.% FeO , Typ 1: 11,1 Gew.% Al_2O_3 , Typ 2: 21,3 Gew.% Al_2O_3 . Dies wirkt sich auf die aus der Schmelze kristallisierten Phasen und auf die Wechselwirkung zwischen Schmelze und Feuerfeststein aus.

6.1.1 Korrosion durch Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung V1, V2 u. V3)

Die Desintegration der Magnesia-Carbonsteine durch die Schlacke mit finaler Zusammensetzung manifestiert sich unter anderem im Vorkommen von reliktschen, aus dem Magnesia-Carbonstein stammenden Periklasfragmenten in der Schlacke. Die Ränder der Periklaskristalle der Proben V1, V2 und V3 zeigen am Kontakt mit der Schlacke lobat - kuspate Strukturen mit runden, zur Schlacke hin konvexen Loben und spitzen, in den Periklas hinein gerichteten Kuspnen. Das Eindringen mehrerer benachbarter keilförmiger Korrosionsbereiche (Kuspnen) in den Periklas führt schließlich zur Abtrennung von Periklasfragmenten und zur Desintegration des Magnesia-Carbonsteins (Abb. 11B). Die mehrere 10er- μm großen, abgetrennten Periklasfragmente zeigen zur Schmelze hin konvex gerundete Formen (Abb. 11B, 42, 43). Dies deutet auf eine relativ langsame, transportkontrollierte Auflösung der Periklase hin und lässt eine schnelle, durch Grenzflächenreaktion kontrollierte Auflösung als unwahr-

scheinlich erscheinen. Mitunter zeigen die in Auflösung begriffenen Periklase ansatzweise eine Facettierung (Abb. 29), was auf eine relativ langsame Auflösung nahe am lokalen Gleichgewicht hindeutet.

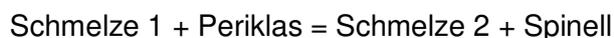
Periklas hat eine vollkommene Spaltbarkeit nach (001) und eine gute Spaltbarkeit nach (111). Die Periklase der Magnesia-Carbonsteine weisen in der Regel die entsprechenden Spaltrisse auf. Die Spaltrisse und auch Bruchflächen dürften mitunter bevorzugte Wegigkeiten für das Eindringen von Schmelze geboten haben (Abb. 39D). In den polykristallinen Periklasaggregaten dringt die Schmelze bevorzugt an den Korngrenzen ein (Abb. 48). Es ist davon auszugehen, dass damit eine gegenüber monokristallinen Periklaskörnern erhöhte Korrosionsrate einhergeht (Guo. et al., 2007, Huang et al., 2015).

6.1.2 Korrosion durch Schlackentyp 1 (mittlere Zusammensetzung V4 u. V5)

Die Grenzflächen zwischen den in Auflösung begriffenen Periklasen und der Schlacke mit mittlerer Zusammensetzung sind auf der 100er- μm Skala weniger gegliedert als das an den Kontakten zur Schlacke der finalen Zusammensetzung der Fall ist (Abb. 57). Die Korrosionsfront ist über größere Bereiche relativ flach allerdings gibt es lokale Korrosionsstrukturen auf der Skala von wenigen μm bis zu 10er- μm .

Lokal dringt die Schmelze fingerartig in den Periklas ein und löst ihn dabei auf. Dadurch entstehen Korrosionsbuchten oder fingerartige Korrosionsstrukturen im 10er- μm Bereich, die nun vorwiegend mit Monticellit, der aus der Schmelze auskristallisiert ist, verfüllt sind. An anderen Stellen wird der Periklas an einer scharfen aber im 10er- μm Bereich extrem gezackten Reaktionsfront durch die Schlacke, die jetzt als eine Assoziation aus Spinell, Periklas, Monticellit, Forsterit, Melilit, Titan-Vanadium-Phase und metallischen Phasen vorliegt, ersetzt (Abb. 73D). Diese Geometrie deutet auf eine Auflösung des Periklases weiter weg vom lokalen Gleichgewicht hin, als das im Kontakt mit der Schlacke finaler Zusammensetzung der Fall ist.

Ein typisches Phänomen der Wechselwirkung zwischen der Schlacke mit mittlerer Zusammensetzung und dem Feuerfeststein ist die Bildung von bis zu ca. 100 μm großen, hypidiomorphen Spinellkörnern direkt an der Reaktionsfront. Mitunter bleiben in den Spinellen kleine Relikte von Periklas erhalten. Bei Fortschreiten der Reaktionsfront bleiben die Spinelle in der Schlackenmatrix isoliert zurück (Abb. 63 u. 64). Demnach wird einerseits der Periklas durch Reaktion mit der Schlacke aufgelöst (verbraucht), und andererseits geht aus der Reaktion Spinell hervor. Die Reaktion kann vereinfacht wie folgt geschrieben werden:



Aus der petrographischen Beobachtung geht hervor, dass direkt an der Reaktionsfront volumenmäßig deutlich weniger Spinell gebildet als Periklas verbraucht wird. Zudem ist in Spinell pro Volumeneinheit deutlich weniger Mg enthalten als im Periklas. Das bedeutet, dass an der Reaktionsfront jedenfalls MgO freigesetzt wird. Dabei ist MgO nicht als physikalisch reale Spezies sondern lediglich als chemische Komponente zu verstehen. In Spinell ist zudem Al^{3+} als dreiwertiges Kation enthalten. Die Komponente Al_2O_3 kann nicht aus dem Feuerfeststein kommen, sondern wird der Schmelze entnommen. Demnach wird der Schmelze an diesem Kontakt Al_2O_3 entzogen und MgO zugeführt. An anderen Stellen dringt die Schlacke entlang der Korngrenzen von polykristallinem Periklas ein (Abb. 73B). Dieses Phänomen gilt für beide Schlackentypen und dürfte zu einer beschleunigten Korrosion der Feuerfeststeine beitragen (Guo. et al., 2007, Huang et al., 2015).

6.2 Herkunft der neu gebildeten Phasen

6.2.1 Neu gebildete Phasen bei Schlackentyp 1 (mittlere Zusammensetzung)

In der Schlacke mit mittlerer Zusammensetzung (Proben V4, V5) konnten folgende Hauptphasen identifiziert werden:

Phase	mikrostrukturelle Position	Volumenanteil	ideale Summenformel
Monticellit	Matrix	35 Vol.%	CaMgSiO_4
Melilit	Matrix	35 Vol.%	$\text{Ca}_2\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}(\text{Al}_x\text{Si}_{2-x})\text{O}_7$
Forsterit	Matrix - späte Bildung	5 Vol.%	Mg_2SiO_4
Periklas	reliktisch aus Feuerfeststein	10 Vol.%	MgO
Spinell	Säume um Periklasrelikte	10 Vol.%	MgAl_2O_4
Metall	dispers in Matrix verteilt	5 Vol.%	

intermet-Phase 1: 61-64 Gew.% Ti und ca. 11 Gew.% V

intermet-Phase 2: 43-48 Gew.% Fe, 26-29 Gew.% Mn, 10-14 Gew.% Cr, 3-4 Gew.% V

intermet-Phase 3: 45-51 Gew.% Fe, 32-35 Gew.% Mn, 4-5 Gew.% Cr, 0,8-1,6 Gew.% V, 7 Gew.% Si

Monticellit und Melilit sind mit ca. je 35 Vol.% die Hauptphasen der Schlacke vom Typ 1 (mittlere Zusammensetzung, relativ reich an SiO_2 und relativ arm an FeO und Al_2O_3) und bilden die Matrix. Nach dem petrographischen Befund scheint Monticellit als erste der beiden Phasen auskristallisiert zu sein. Erst in einem späteren Stadium dürfte Monticellit durch die Assoziation Melilit + Forsterit ersetzt worden sein (Abb. 58). Dabei überwiegt volumenmäßig der Melilit, Forsterit bildet ein Kopräzipitat, das zu geringeren Anteilen und bevorzugt in den Randzonen von Melilit vorkommt. Die Reaktion, die zum Ersatz von Monticellit durch Melilit + Forsterit führt, könnte vereinfacht geschrieben werden als:



Melilit enthält Al_2O_3 als eine Hauptkomponente (durchschnittlich ca. 15 Gew.% Al_2O_3), demnach muss neben Monticellit eine andere Phase, die als Aluminiumquelle dienen kann, an der Reaktion beteiligt sein. Zudem liegen Melilit und Forsterit etwa im modalen Verhältnis 5/1 bis 10/1 vor. In dieser Assoziation ergibt sich für die Melilit + Forsterit Assoziation insgesamt ein molares CaO/MgO Verhältnis von ca. 3 bis 4, das jedenfalls deutlich höher als das tatsächliche molare CaO/MgO Verhältnis von Monticellit, das zwischen 0,65 und 0,83 liegt, ist. Demnach muss an der Reaktion auch eine Phase beteiligt sein, die als Quelle für CaO dienen kann. Die einzig mögliche Quelle für die Aluminium- und die Kalziumkomponente ist die Schmelze, was durch das Subskript „liq“ für liquide Phase bei den Komponenten Al_2O_3 und CaO ausgedrückt wird.

Die zeitliche Abfolge Monticellit \rightarrow Melilit + Forsterit lässt sich damit erklären, dass die Schmelze durch die Kristallisation von Monticellit, der praktisch kein Aluminium enthält und mit einem tatsächlichen molaren Verhältnis $\text{Ca/Mg} = 0,65-0,83$ im Vergleich zur Schmelze, die ein molares Ca/Mg Verhältnis ca. 3,5 aufweist, relativ Ca-arm ist, sukzessive an Aluminium und

Kalzium angereichert wird. Durch diesen Vorgang wird die Zusammensetzung der Schmelze in Richtung zur Sättigung in Bezug auf Melilit verschoben. Sobald die Melilit Sättigung erreicht bzw. in ausreichendem Maß überschritten ist, setzt die oben genannte Reaktion ein. Zudem trägt die Auflösung des Periklases aus dem Feuerfeststein zur Verschiebung des CaO/MgO Verhältnisses in der Restschmelze zugunsten von MgO bei.

Periklas stammt aus dem Magnesia-Carbonstein und liegt nur reliktsch in der Schlacke vor. Aus der Reaktion von Periklas mit der Schlacke haben sich Spinellsäume um den Periklas gebildet. Die intermetallischen Phasen sind vergleichsweise feinkörnig und dispers in der Matrix verteilt.

6.2.2 Neu gebildete Phasen bei Schlackentyp 2 (finale Zusammensetzung)

In der Schlacke mit finaler Zusammensetzung (Proben V1, V2, V3) konnten folgende Hauptphasen identifiziert werden:

Phase	mikrostrukturelle Position	Volumenanteil	ideale Summenformel
Periklas	reliktsch aus Feuerfeststein	25 Vol.%	MgO
Spinell	Körner, Bildung aus Periklas	25 Vol.%	MgAl ₂ O ₄
Larnit	Matrix	10 Vol.%	Ca ₂ SiO ₄
Ca-Titanat	Matrix	5 Vol.%	CaTiO ₃
(Mg,Mn)-Oxid	Matrix	5 Vol.%	(Mg,Mn)O
Ca-Aluminat	Matrix	30 Vol.%	(Ca _{0,5} Mg _{0,02-0,06})(Al _{0,30-0,034} ,Si _{0,06-0,09}) ₂ O ₄
Metallkugeln			88-90 Gew.% Fe, 6-8 Gew.% Mn

Die Schlacke vom Typ 2 besteht zu ca. 50 Vol% aus den Matrixphasen und zu 50 Vol% aus Periklas und Spinell. Die Hauptbestandteile der Matrixphasen sind die Ca-Aluminate (ca. 60 Vol% der Matrix), neben Larnit (ca. 20 Vol% der Matrix), Magnesium-Manganoxide und Kalziumtitanat (gemeinsam ca. 20 Vol% der Matrix).

Die Phasenassoziationen der Schlacken korrelieren mit den chemischen Zusammensetzungen der Schlacken (Tabellen 1 u. 2). Im Vergleich zur Schlacke vom Typ 1 (Proben V4 u. V5) enthält die Schlacke vom Typ 2 (Proben V1, V2, V3) deutlich mehr Eisen, Magnesium, Mangan, Aluminium und Chrom und deutlich weniger Silizium und etwas weniger Kalzium. In den Proben V1, V2, V3 (Schlacke vom Typ 2) bilden Ca-Aluminat und Spinell die Hauptphasen in der Matrix. Dadurch ist Aluminium weitestgehend gebunden. Magnesium und Mangan bilden ein gemischtes Mg-Mn-Oxid, und das wenige Silizium wird für die Bildung von Larnit, der einzigen Silikatphase in dieser Schlacke, verbraucht. Das Eisen wird weitestgehend reduziert und liegt in Form von Metallkugeln vor. In den Proben V4, V5 (Schlacke vom Typ 1) steht wesentlich mehr Silizium für die Bildung von Ca- und Mg-reichen Silikaten wie Melilit, Monticellit und Forsterit zur Verfügung. Aluminium ist in Form von Spinell gebunden und im Melilit enthalten. Das Eisen wird zur metallischen Form reduziert. Allerdings ist Eisen in der Schlacke vom Typ 1 in relativ geringer Konzentration vorhanden, und es werden neben dem Eisen auch andere Elemente wie Mangan, Chrom und Silizium reduziert und in drei unterschiedliche Fe-basierte intermetallische Phasen eingebaut.

6.3 Chemische Alteration der Feuerfeststeine am Kontakt mit der Schlacke

Zusätzlich zur durch Korrosion durch die Schlacke geprägten Morphologie, zeigen die Periklase der Magnesia-Carbonsteine eine chemische Alteration in einem 100 bis 300µm breiten Bereich entlang des Kontaktes zur Schlacke. Besonders deutlich ist dieser Effekt für Mangan. Im Inneren der Periklaskristalle liegt die Mn-Konzentration unter der Nachweisgrenze der EMS, gegen den Kontakt mit der Schlacke steigt die Mn-Konzentration sukzessive bis auf Werte von 0,1 Atome pro Formeleinheit (a.p.f.) bezogen auf eine auf ein Sauerstoffatom normierte Summenformel. Die graduelle Zunahme der Mn-Konzentration von innen nach außen resultiert aus der Eindiffusion von Mangan aus der Schlacke in den Periklas. Die erhöhten Mn-Konzentrationen im Periklas am Kontakt zur Schlacke entsprechen einer Summenformel von $(Mg_{0,9}Mn_{0,1})O$ und einem Ersatz von 10% (in atomaren Einheiten) des Magnesiums im Periklas durch Mangan. Es ist davon auszugehen, dass damit eine merkliche Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Periklas einhergeht. Insbesondere kann die Schmelztemperatur herabgesetzt und Verformung durch kristallplastisches Kriechen begünstigt werden. Es ist anzumerken, dass dieser Effekt nur bei Verwendung von Schlackentyp 2 (V1, V2, V3) stark ausgeprägt ist. Bei Verwendung der Schlacke vom Typ 1 liegt ein qualitativ ähnlicher, aber in Bezug auf die absoluten Konzentrationen um einen Faktor 10 bis 50 geringerer Anstieg der Mn-Konzentration im Periklas vor.

Dieser Unterschied ist weitaus größer als dies unter Annahme einer einfachen Proportionalität aus den sich um einen Faktor 2 unterscheidenden MnO-Gehalten der beiden Schlackentypen (Typ 1: 3,64 Gew.% MnO, Typ 2: 7,24 Gew.% MnO) zu erwarten wäre. Die überproportionale Abnahme des Mn-Gehaltes von den Periklasen im Kontakt mit Schlacke vom Typ 2 zu den Periklasen im Kontakt mit Schlacke vom Typ 1 lässt sich wie folgt erklären. Die Bildung der Metallkugeln in den Proben mit Schlacke des Typs 2 (V1, V2, V3) ist auf die Reduktion des in der Schlacke enthaltenen Eisens zurückzuführen. Das Eisen liegt in der Schlacke zunächst in oxydischer Form gelöst vor. Im Kontakt mit dem Magnesia-Carbonstein wirkt das organische Bindemittel im Feuerfeststein als Reduktionsmittel nach der vereinfacht geschriebenen Reaktion:



Bei der Interaktion des Magnesia-Carbonsteins mit der Schlacke des Typs 2 (V1, V2, V3) wird das Reduktionsmittel im Zuge der Reduktion des Eisens weitgehend verbraucht, und es kommt zur Bildung von entsprechend großen Mengen metallischen Eisens. Andere Elemente, wie Chrom und Mangan, die in der Schlacke ebenfalls in oxydischer Form vorliegen, werden nicht oder nur untergeordnet reduziert. Die Metallkugeln sind entsprechend Fe-reich mit einem Eisengehalt von 88-90 Gew.% Fe und relativ arm an Mn, Cr, und V mit einem Mangangehalt von 6-8 Gew.% Mn und Gehalten von ca. 0,6 Gew.% Chrom und ca. 0,2 Gew.% Vanadium.

Die Schlacke vom Typ 1 (V4, V5) enthält deutlich weniger Eisen, das im Kontakt mit dem Magnesia-Carbonstein ebenfalls reduziert wird. Allerdings wird dabei das als Reduktionsmittel fungierende, organische Bindemittel aus dem Feuerfeststein nicht zur Gänze verbraucht und es bleibt Kapazität für die verstärkte Reduktion von Mangan, Chrom und Vanadium. Diese Elemente werden in den Proben V4, V5 entsprechend reduziert und in deutlich höheren Konzentrationen in die intermetallischen Phasen eingebaut (43-51 Gew.% Eisen, 27-35 Gew.% Mangan, 4-17 Gew.% Chrom und 1-4 Gew.% Vanadium).

Generell sind diese Elemente gegenüber Mangan in sehr geringen Konzentrationen vorhanden, es zeigen sich aber doch über die Proben V1, V2 und V3 (Schlackentyp 2) hinweg

konsistente Trends. Die Periklase haben Ca-arme Randbereiche und Ca-reichere interne Bereiche, was auf eine Extraktion von Ca aus dem Periklas durch die Schlacke hinweist. Titan zeigt einen umgekehrten Trend, der Periklas scheint im Randbereich Titan aus der Schlacke aufzunehmen. Die Chromgehalte zeigen ein Maximum in einer Tiefe von ca. 50µm unterhalb des Kontaktes zwischen Periklas und Schlacke und fallen zum Kontakt hin steil und ins Korninnere flacher ab. Die Eisengehalte (nicht gezeigt) sind weitgehend konstant niedrig. Die chemische Alteration der Periklase der Proben V4, V5 (Schlackentyp 1) sind ähnlich allerdings ist die Konzentration von Chrom im Periklas deutlich niedriger als in den Proben V1, V2, V3, was auf die verstärkte Reduktion von Chrom und bevorzugten Einbau in die intermetallischen Phasen zurückzuführen ist.

Laut Produktdatenblatt enthält der Low Quality Magnesia-Carbonstein 0,8 Gew.% Fe_2O_3 , im Gegensatz zum High Quality Magnesia-Carbonstein mit 0,2 Gew.% Fe_2O_3 . Dieser Unterschied konnte in den Linienprofilen der Periklaskörner nicht nachgewiesen werden. Lediglich bei Verwendung der relativ Fe-armen Schlacke vom Typ 1 könnte die erhöhte Verfügbarkeit von Eisen bei Resorption des Low-Quality Magnesia-Carbonsteins (Probe V4) gegenüber der Resorption des High Quality Magnesia-Carbonsteins (Probe V5) an den etwas höheren Fe-Gehalten und entsprechend niedrigen Gehalten von Mangan, Chrom und Vanadium der intermetallischen Phasen zu erkennen sein. Aufgrund der geringen chemischen Variation der intermetallischen Phasen konnte dieser subtile Effekt aber nicht eindeutig nachgewiesen werden.

6.4 Mechanismen der Korrosion des Feuerfeststeins

Im Kontakt mit der Schlacke wird der Magnesia-Carbonstein korrodiert, indem Schlacke aktiv in die Periklaseinzelkristalle und entlang von Korngrenzen in polykristalline Periklasaggregate eindringt, was zur sukzessiven Desintegration des Magnesia-Carbonsteins führt. Die isolierten reliktschen Periklasfragmente reagieren mit der Schlacke unter Bildung von Spinell. Die Matrixphasen der Schlacken sind bei niedriger Basizität der Schlacke hauptsächlich silikatisch, bei höherer Basizität dominieren Oxyde und Aluminate. An der Resorptionsfront kommt es durch Reaktion der Schlacke mit dem organischen Binder der Magnesia-Carbonsteine zur Reduktion von Eisen und zur Bildung von eisenreichen Metallaggregaten. Insbesondere in der eisenärmeren Schlacke vom Typ 1, wird zusätzlich Mangan, Chrom und Vanadium in nennenswertem Ausmaß reduziert und in intermetallische Phasen eingebaut. Die Periklase der Magnesia-Carbonsteine erfahren in einer 100µm bis 300µm breiten Zone an der Grenze zur Schlacke eine signifikante Erhöhung ihres Mangangehaltes durch die Eindiffusion von Mangan aus der Schlacke, was vermutlich zu einer Erniedrigung des Schmelzpunktes und einer erhöhten plastischen Verformbarkeit führt.

7. Conclusio

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden die Wechselwirkungen zwischen Magnesia-Carbon (MgO-C) Feuerfeststeinen und oxidischen Schlacken mit Zusammensetzungen im System $\text{FeO/Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2\text{-MgO-MnO-P}_2\text{O}_5\text{-S-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$, wie sie in der Eisenverhüttung typisch sind, unter Betriebsbedingungen untersucht. Dazu wurden quaderförmige Feuerfeststeine mit je zwei vertikalen, zylindrischen Blindbohrungen mit einem Durchmesser von 5,5cm versehen, die im unteren Bereich mit Schlacke verfüllt wurden. Die Anordnung wurde auf 1600°C bzw. 1650°C erhitzt und für drei Stunden auf dieser Temperatur gehalten bevor sie langsam abgekühlt wurde. In den Experimenten wurden zwei Schlackentypen, eine relativ basische, $\text{FeO/Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ -reiche und SiO_2 -arme Schlacke und eine weniger basische, $\text{FeO/Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ -arme und SiO_2 -reiche Schlacke mit zwei Qualitäten von Feuerfestziegeln aus teergebundenen Körnungen aus Periklas (MgO), die sich im FeO-Gehalt geringfügig unterscheiden (Low Quality: 0,8 Gew.% Fe_2O_3 , High Quality: 0,2 Gew.% Fe_2O_3), kombiniert.

Es konnte gezeigt werden, dass die chemischen Wechselwirkungen zwischen Schlacke und Feuerfestmaterial die Stabilität und in weiterer Folge die Lebensdauer der Feuerfeststeine stark beeinflussen. Dabei ergaben sich große Unterschiede im Korrosionsverhalten der Feuerfeststeine in Abhängigkeit davon, ob sie im Kontakt mit der relativ basischen oder mit der weniger basischen Schlacke stehen. Im Gegensatz dazu hat die Qualität des Feuerfeststeins nur geringen Einfluss auf das Korrosionsverhalten. Die aus den Korrosionsexperimenten gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden zusammengefasst.

Abhängig von der Schlackenzusammensetzung kommt es zur Ausbildung verschiedener Korrosionsstrukturen am Kontakt des Magnesia-Carbonsteins mit der Schlacke. Der stärker basische Schlackentyp bildet lobat/kuspaten Strukturen aus. Das Eindringen der Schlacke entlang der kuspäten Strukturen in den Periklas führt zur Abtrennung von mehreren 10er- μm großen Periklasfragmenten, welche daraufhin in der Schlacke Anzeichen einer relativ langsamen, transportkontrollierten Auflösung zeigen. Die Resorptionsfront am Kontakt mit dem weniger basischen Schlackentyp ist bei Betrachtung mit identischem Maßstab deutlich weniger strukturiert. Bei genauerer Betrachtung zeigt der Periklas kleinere, stark gezackte Strukturen. Diese Geometrie deutet auf eine Auflösung weiter weg vom lokalen Gleichgewicht hin. Charakteristisch für die weniger basische Schlackenzusammensetzung ist auch die Bildung von bis zu ca. 100 μm großen, hypidiomorphen Spinellkörnern am Kontakt zwischen Schlacke und Magnesia-Carbonstein, welche nach Fortschreiten der Reaktionsfront in der Schlackenmatrix isoliert zurückbleiben.

Unabhängig vom Schlackentyp ist häufig ein bevorzugtes Eindringen der Schlacke entlang von Spaltrissen und Bruchflächen in den großen monokristallinen Periklaskristallen und entlang von Korngrenzen in polykristallinen Periklaskörnern erkennbar. Dies deutet darauf hin, dass die Korrosionsbeständigkeit durch einen hohen Anteil an polykristallinen Periklasaggregaten im Magnesia-Carbonstein negativ beeinflusst wird.

Bei Verwendung des weniger basischen Schlackentyps kommt es in der Schlacke vermehrt zur Bildung von Silikatphasen. In der auskristallisierten Schlacke können Monticellit, Melilit, Forsterit, Periklas, Spinell und drei intermetallische Phasen nachgewiesen werden. Wird der stärker basische Schlackentyp verwendet, dann dominieren Oxyde und Aluminate. In der Schlacke bilden sich dann vor allem Periklas, Spinell, Kalziumtitanat, Mg-Mn-Oxide, Mn-Mg-Oxide und Ca-Aluminat. In diesem Fall ist Larnit die einzige Silikatphase. Zudem scheidet sich metallisches Eisen in Form von sphärischen Aggregaten aus der Schlacke ab.

Es zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Mn- und FeO/Fe₂O₃-Gehalte der Schlacke auf die chemische Alteration der Periklase in den Magnesia-Carbonsteinen. Durch Reaktion der Schlacke mit dem, im Magnesia-Carbonstein enthaltenen, organischen Bindemittel kommt es am Kontakt mit der Schlacke zur Reduktion des, in der Schlacke enthaltenen, Eisenoxids. Bei Verwendung der basischen, eisenreichen Schlacke wird bei der Reduktion des Eisens die gesamte Reduktionskapazität des organischen Bindemittels verbraucht und es werden neben FeO/Fe₂O₃ keine weiteren Metalloxide reduziert. Im Gegensatz dazu wird bei Verwendung der weniger basischen, vergleichsweise eisenarmen Schlacke nicht die gesamte Reduktionskapazität des organischen Bindemittels durch die Fe-Reduktion verbraucht und es kommt zusätzlich zur Reduktion von Chrom-, Mangan- und Vanadium-Oxid. Bei Verwendung des basischen eisenreichen Schlackentyps wird demnach Mangan nicht reduziert und es verbleibt in oxidischer Form in relativ hoher Konzentration in der Schlacke gelöst. Dadurch kommt es bei den Periklasen im Kontakt mit der Schlacke zum Einbau von Mangan im Ausmaß von bis zu ca. 10 Gew.% MnO in den Periklasen. Bei einem Fremdelementanteil in dieser Größenordnung ist eine signifikante Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Periklases zu erwarten. Insbesondere kann die Schmelztemperatur herabgesetzt und die Verformung durch kristallplastisches Kriechen begünstigt werden.

Basierend auf den chemischen Analysen mit der Elektronenstrahlmikrosonde konnte kein Zusammenhang zwischen den chemischen Zusammensetzungen von (Mg,Mn)-Oxid, Ca-Aluminat, Spinell, Monticellit, Forsterit und Larnit und der Wahl des Magnesia-Carbonsteins festgestellt werden. Auch optisch weisen die Magnesia-Carbonsteine keine signifikanten Unterschiede beispielsweise in Bezug auf das Verhältnis von polykristallinen Periklasaggregaten und monokristallinen Periklaskörnern auf. Es besteht die Möglichkeit, dass bei Verwendung der weniger basischen, Fe-ärmeren Schlacke die Unterschiede der Fe₂O₃-Gehalte der Feuerfeststeine eine geringfügige Auswirkung auf die Eisen-, Chrom-, Mangan-, und Vanadium-Konzentrationen der intermetallischen Phasen in der Schlacke haben. Aufgrund der geringen chemischen Variation der intermetallischen Phasen konnte dieser subtile Effekt aber nicht eindeutig nachgewiesen werden. Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass bei diesen Versuchsanordnungen die Wahl des Magnesia-Carbonsteins keinen signifikanten Einfluss auf die Korrosionsprozesse hat.

8. Bibliografie

- Bauch J. & Rosenkranz R. (2017), „Physikalische Werkstoffdiagnostik, Ein Kompendium wichtiger Analytikmethoden für Ingenieure und Physiker“, Springer Vieweg, S. 2-3 u. 6-7
- Ganesh I., Bhattacharjee S., Saha B.P., Johnson R., Rajeshwari K., Sengupta R., Ramana Rao M.V. & Mahajan Y.R. (2002), „An efficient $MgAl_2O_4$ spinel additive for improved slag erosion and penetration resistance of high- Al_2O_3 and MgO–C refractories“, *Ceramics International* Ausgabe 28, Nr. 3, S. 245-253,
- Goto K. & Lee W.E. (1995), „The ‘Direct Bond’ in Magnesia Chromite and Magnesia Spinel Refractories“, *Journal of the American Ceramic Society* Ausgabe 78, Nr. 7, S.1753-1760
- Guo M., Parada S., Jones P.T., Van Dyck J., Boydens E., Durinck D., Blanpain B. & Wollants P. (2007), „Degradation mechanisms of magnesia-carbon refractories by high-alumina stainless steel slags under vacuum“, *Ceramics International* Ausgabe 33, Nr. 6, S. 1007-1018
- Guo M., Parada S., Smets S., Jones P.T., Van Dyck J., Blanpain B. & Wollants P. (2004), „Laboratory study of the interaction mechanisms between magnesia-chromite refractories and Al_2O_3 -rich VOD slags“, *The South African Institute of Mining and Metallurgy, VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts*, S. 327-336
- Huang F., Liu C., Maruoka N. & Kitamura S.-Y. (2015), „Dissolution behaviour of MgO based refractories in $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ slag“, *Ironmaking & Steelmaking* Ausgabe 42, Nr.7, S. 553-560
- Jansson S., Brabie V. & Jönsson P. (2005), „Corrosion mechanism and kinetic behaviour of MgO–C refractory material in contact with $CaO-Al_2O_3-SiO_2-MgO$ slag“, *Scandinavian Journal of Metallurgy* Ausgabe 34, S. 283–292
- Korgul P., Wilson D.R. & Lee W.E. (1997), „Microstructural Analysis of Corroded Alumina-Spinel Castable Refractories“, *Journal of the European Ceramic Society* Ausgabe 17, S. 77-84
- Korytseva A., Webster N.A.S., Pownceby M.I., Navrotsky A. (2017), „Thermodynamic stability of SFCA (silico-ferrite of calcium and aluminum) and SFCA-I phases“, *Journal of the American Ceramic Society* Ausgabe 100, Nr. 8, S. 3646-3651
- Liu Q.-C., Chen D.-F., Xu Y. & Newkirk J.W. (2002), „Corrosion resistance of MgO–C refractory to smelting reduction slag containing titania“, *British Corrosion Journal* Ausgabe 37, Nr. 3, S. 231-234
- Luz A.P., Leite F.C., Brito M.A.M. & Pandolfelli V.C. (2013), „Slag conditioning effects on MgO–C refractory corrosion performance“, *Ceramics International* Ausgabe 39, Nummer 7, S. 7507-7515
- Mežibrický R., Csanádi T., Habler G., Fröhlichová M., Dusza J. & Abart R. (2019), „Synthesis and Mechanical Testing of Calcium Aluminosilicoferrite Crystals with High Alumina Content“, *MDPI Journals, Metals* Ausgabe 9, Nr. 906, S.1-15
- Raith M.M., Raase P. & Reinhardt J. (2011), „Leitfaden zur Dünnschliffmikroskopie“, e-book
- Reed S.J.B. (2015), „Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology“, Cambridge University Press

Sarpoolaky H., Zhang S., Argent B.B & Lee W.E. (2001), „Influence of Grain Phase on Slag Corrosion of Low-Cement Castable Refractories”, Journal of the American Ceramic Society Ausgabe 84, Nr. 2, S. 426-434

Um H., Lee K., Choi J. & Chung Y. (2012), „Corrosion Behavior of MgO–C Refractory in Ferromanganese Slags”, The Iron and Steel Institute of Japan (ISIS) International Ausgabe 52, Nr. 1, S. 62-67

Van Ende M.-A., Guo M., Jones P.T., Blanpain B. & Wollants P. (2009), „Degradation of MgO–C refractories by MnO-rich stainless steel slags”, Ceramics International Ausgabe 35, S. 2203–2212

voestalpine Stahl GmbH (2013), „Produktdatenblatt Magnesia-Carbonstein 0180“

voestalpine Stahl GmbH (2013), „Produktdatenblatt Magnesia-Carbonstein 1298“

Zöll K., Benisek A., Dachs E., Kahlenberg V., Saxer A., Tropper P. & de Villiers J. (2018), „Stability and calorimetric studies of silico-ferrites of calcium aluminum and magnesium“, Journal of the American Ceramic Society Ausgabe 101, Nr. 9, S. 4193-4202

Abbildung 2: offizielle Firmenwebsite „<http://www.fei.co.jp/HTMLPage.htm>“

9. Appendix

9.1 Probenliste

Probenbezeichnung	Magnesia-Carbonstein	Schlackentyp	angefertigte Dünnschliffe
V1	Typ 1298	Typ 2	V1A, V1B
V2	Typ 1298	Typ 2	V2A, V2B
V3	Typ 0180	Typ 2	V3A, V3B
V4	Typ 0180	Typ 1	V4A, V4B
V5	Typ 1298	Typ 1	V5A, V5B

9.2 Messergebnisse der Linienprofile

Alle in den folgenden Tabellen aufgelisteten Messergebnisse, in den Kapiteln 9.1.1 bis 9.1.23, sind in Gewichtsprozent angegeben.

9.2.1 Messergebnisse Probe V1A Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
62 / 1 .	40,4186	0,0049	0,2511	0,7034	0	0,0023	1,7356	45,8257	8,1331	1,8378	98,9125
62 / 2 .	30,6318	0,0179	0,2099	0,2687	0	0,0114	4,2888	38,4391	5,2346	21,1469	100,249
62 / 3 .	0,2967	0,0713	0,1231	0,0671	0	0,0049	17,5632	0,1783	0,015	83,2772	101,5969
62 / 4 .	0,2533	0,0755	0,1454	0,081	0	0,0012	13,4605	0,5006	0,0292	87,0022	101,5489
62 / 5 .	0,1664	0,0898	0,1144	0,11	0	0,0045	10,8107	0,198	0,0289	89,5357	101,0584
62 / 6 .	0,1537	0,0757	0,1064	0,0929	0	0,0016	9,3669	0,1293	0,0321	91,1848	101,1436
62 / 7 .	0,1479	0,0835	0,1398	0,1406	0,0083	0	8,6891	0,1788	0,0516	90,9942	100,4338
62 / 8 .	0,3701	0,0918	0,1061	0,2764	0	0	8,0916	0,4131	0,0298	91,963	101,342
62 / 9 .	0,1677	0,0885	0,0716	0,2023	0,0023	0,0107	7,9988	1,0291	0,0266	91,399	100,9966
62 / 10 .	0,1049	0,1002	0,1129	0,0843	0,0124	0,0021	7,6156	0,1104	0,0224	92,4554	100,6205
62 / 11 .	0,2357	0,108	0,0877	0,0929	0	0,0033	7,4841	0,2284	0,0418	92,6498	100,9317
62 / 12 .	0,1121	0,1135	0,0995	0,1292	0	0,0004	7,307	0,2915	0,0333	92,4599	100,5463
62 / 13 .	0,1218	0,1238	0,1066	0,0888	0,0149	0	7,2958	0,3764	0,0207	92,6268	100,7758
62 / 14 .	0,0897	0,1028	0,0847	0,0817	0	0	7,205	0,2492	0,0366	93,1209	100,9706
62 / 15 .	0,1063	0,1161	0,0907	0,0933	0,0113	0,0025	7,0262	2,3283	0,0258	90,6969	100,4971
62 / 16 .	0,0538	0,1087	0,0847	0,0723	0	0	6,885	0,1436	0,0176	93,7427	101,1083

9.2.2 Messergebnisse Probe V1A Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
63 / 1 .	39,0027	0,0082	0,046	0,8797	0	0,1705	2,17	45,2361	7,3198	2,421	97,2541
63 / 2 .	1,3867	0,0597	0,0344	0,132	0	0,002	13,5914	2,9607	0,4049	83,223	101,7949
63 / 3 .	0,2031	0,0844	0,0198	0,0442	0	0,0004	13,6371	0,1649	0,0168	86,9194	101,0902
63 / 4 .	0,1735	0,0696	0,0247	0,0541	0	0,011	11,8294	0,1336	0,0154	88,94	101,2514
63 / 5 .	0,1897	0,0921	0,0588	0,0808	0	0	9,8161	0,7239	0,0281	90,7673	101,7569
63 / 6 .	0,0865	0,0771	0,0504	0,0515	0	0	8,4101	0,0886	0,0285	92,2456	101,0383
63 / 7 .	0,2627	0,144	0,0441	0,2955	0	0,0124	7,5865	3,7337	0,026	89,7692	101,874
63 / 8 .	0,158	0,0966	0,0504	0,1097	0	0,0033	6,5624	0,41	0,0204	93,5649	100,9757
63 / 9 .	0,0537	0,0908	0,0537	0,0758	0,001	0	6,0666	0,1208	0,0283	94,3913	100,882
63 / 10 .	0,7726	0,2543	0,0429	1,7893	0,0125	0	4,9083	11,8521	0,0047	84,0638	103,7006
63 / 11 .	0,0598	0,102	0,044	0,0993	0	0,0008	5,2789	0,1306	0,0178	95,1735	100,9068
63 / 12 .	0,0803	0,0976	0,0367	0,0848	0,0025	0,012	4,9455	0,2528	0,0186	95,0198	100,5507
63 / 13 .	0,099	0,1082	0,0295	0,2226	0	0	4,6574	0,4472	0,0159	95,446	101,0258
63 / 14 .	0,0646	0,1049	0,0254	0,1265	0,0003	0,0075	4,5482	0,2623	0,0312	95,8886	101,0595
63 / 15 .	0,0475	0,0938	0,0323	0,1077	0,0017	0	4,1992	0,1637	0,0105	95,6609	100,3174
63 / 16 .	0,0725	0,0912	0,0537	0,1346	0	0	4,1143	0,1156	0,0297	96,2901	100,9017

9.2.3 Messergebnisse Probe V1A Linienprofil 3

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
64 / 1 .	0,2099	0,077	0,2198	0,0556		0	11,7379	0,2098	0,0363	89,1557	101,7021
65 / 1 .	0,139	0,0831	0,1567	0,0443		0	9,7739	0,2116	0,0166	90,376	100,801
66 / 1 .	0,1052	0,0732	0,1379	0,0717		0	8,9049	0,2734	0,0109	91,6007	101,178
67 / 1 .	0,1109	0,0978	0,1178	0,076		0	8,0856	0,1245	0,03	91,7514	100,3939
68 / 1 .	0,0963	0,0837	0,116	0,0494		0,0144	7,6815	0,1448	0	92,6547	100,8408
69 / 1 .	0,3171	0,093	0,072	0,0456		0	7,5598	0,4634	0,0012	92,6199	101,1719
70 / 1 .	0,1121	0,1219	0,0668	0,0931		0	7,2357	0,45	0,0272	92,4161	100,5228
71 / 1 .	0,0735	0,1059	0,0938	0,102		0	7,0252	0,0738	0,0059	93,6002	101,0804
72 / 1 .	0,0658	0,1057	0,0993	0,0383		0,0031	6,9195	0,2373	0,0181	93,2143	100,7015
73 / 1 .	0,301	0,1124	0,087	0,0899		0	6,7655	0,6066	0,0177	92,3768	100,3569
74 / 1 .	0,0818	0,0982	0,0824	0,0679		0,0138	6,5743	0,1776	0,0166	93,8241	100,9366
75 / 1 .	0,1578	0,1389	0,1044	0,2844		0	6,2671	0,5844	0,0136	93,1835	100,7342
76 / 1 .	0,0722	0,1175	0,076	0,0444		0,0044	6,1237	0,1974	0,0128	94,3916	101,04
77 / 1 .	0,052	0,115	0,0594	0,0394		0,0025	6,0746	0,0998	0,0278	94,0663	100,5368
78 / 1 .	0,1392	0,1002	0,0588	0,0918		0,0031	5,8443	0,2331	0,0268	94,097	100,5943
79 / 1 .	0,0848	0,0919	0,0378	0,0513		0,0063	5,9158	0,3657	0,0338	94,6979	101,2852
80 / 1 .	0,0819	0,1063	0,0912	0,026		0,0006	5,6627	0,3144	0,0088	94,9577	101,2495
81 / 1 .	0,0717	0,0881	0,0321	0,0259		0	5,4652	0,1597	0,0143	95,0691	100,9263
82 / 1 .	0,0654	0,0841	0,0718	0,0186		0	5,2289	0,1346	0,0025	94,8862	100,4921
83 / 1 .	0,1965	0,1316	0,0254	0,0419		0,012	5,161	1,2773	0,0016	94,1771	101,0244
84 / 1 .	0,0749	0,0941	0,0562	0,0212		0,0069	4,9899	0,1447	0,0317	94,7895	100,2092
85 / 1 .	0,2261	0,0824	0,106	0,0214		0	4,8104	0,4803	0,0155	94,7766	100,5188
86 / 1 .	0,7773	0,0751	0,063	0,0749		0	4,6635	0,7476	0,0064	94,3583	100,7661
87 / 1 .	0,0656	0,0887	0,0473	0,0185		0	4,4312	0,1888	0,0094	96,1621	101,0116
88 / 1 .	0,1195	0,0836	0,0667	0,0081		0,0006	4,2521	0,2738	0,0027	96,3398	101,147
89 / 1 .	0,076	0,0638	0,0365	0,0101		0	4,0646	0,1384	0,0014	96,5222	100,913
90 / 1 .	0,6309	0,0662	0,0212	0,0225		0	3,9634	1,2461	0,0055	94,9041	100,8599
91 / 1 .	0,1933	0,0643	0,1	0,0086		0,0107	3,8284	0,3955	0,023	96,0809	100,7046
92 / 1 .	0,0979	0,0602	0,0406	0,0074		0	3,4989	0,4532	0,0146	96,4281	100,601
93 / 1 .	0,2628	0,0597	0,0693	0,0115		0,0082	3,364	0,5474	0,0187	96,4696	100,8113
94 / 1 .	0,6093	0,0548	0,1708	0,0157		0,0107	3,2138	0,9171	0,0142	95,293	100,2994
95 / 1 .	0,1564	0,0538	0,0197	0,0083		0,0095	2,7206	0,2065	0,0091	97,5786	100,7625
96 / 1 .	0,3871	0,0608	0,0487	0		0,0082	2,3884	0,2151	0,0174	97,6937	100,8194
97 / 1 .	0,1862	0,0327	0,0431	0		0	1,97	0,1991	0,0116	98,2741	100,7169
98 / 1 .	0,5177	0,0166	0,0408	0,003		0,0051	1,5183	0,2712	0,0079	98,3035	100,684
99 / 1 .	0,4337	0,0125	0,0469	0,001		0,0127	1,1928	0,2831	0	98,6796	100,6624
100 / 1 .	1,0539	0,0006	0,058	0,0049		0,0038	0,85	0,7728	0,0148	98,3932	101,152
101 / 1 .	1,0646	0	0,0383	0,0022		0,0013	0,5971	0,7871	0,0142	98,3481	100,8528
102 / 1 .	0,6488	0	0,0429	0,0008		0,0064	0,3699	0,2513	0,0316	99,4111	100,7627
103 / 1 .	0,6711	0	0,0778	0		0,0096	0,207	0,1408	0,0173	99,0772	100,2008
104 / 1 .	1,2175	0	0,0062	0,0095		0	0,1358	0,819	0,0065	100,6748	102,8694
105 / 1 .	0,915	0,0013	0,0379	0		0	0,1159	0,102	0,0071	101,0704	102,2497
106 / 1 .	0,7378	0,003	0,0313	0		0	0,0947	0,0512	0,0018	99,8794	100,7993
107 / 1 .	0,6733	0	0,0304	0,004		0	0,0652	0,0636	0	98,8166	99,6531
108 / 1 .	0,572	0	0,0355	0,0017		0,0038	0,0743	0,024	0,0063	99,8109	100,5287
109 / 1 .	0,6155	0,0071	0,0443	0,0065		0	0,0798	0,0173	0,0092	100,2709	101,0506
110 / 1 .	0,7301	0	0,0112	0,0083		0,0115	0,0803	0,0447	0,0046	100,0489	100,9397
111 / 1 .	0,5936	0	0,0042	0		0,0127	0,0699	0,0539	0,0256	99,9965	100,7564
112 / 1 .	0,5707	0	0,0183	0		0	0,0528	0,0184	0	100,696	101,3562
113 / 1 .	0,5688	0	0,0265	0		0	0,0712	0,0212	0	100,79	101,4779
114 / 1 .	0,5224	0,0062	0,0171	0		0,0159	0,0941	0	0,0074	98,5928	99,256
115 / 1 .	0,525	0	0,0465	0,0101		0	0,0677	0,0318	0,0367	99,9863	100,704
116 / 1 .	0,377	0	0,0349	0,0051		0,0057	0,0877	0,0406	0,0231	100,2693	100,8435

9.2.4 Messergebnisse Probe V1B Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
56 / 1 .	39,002	0,0135	0,2506	1,236	0	0,0031	1,6354	37,1922	16,619	3,3115	99,2633
56 / 2 .	0,1957	0,0606	0,1386	0,0939	0	0,0049	10,4329	0,1486	0,0338	88,8134	99,9223
56 / 3 .	0,1601	0,0563	0,128	0,0841	0,01	0,0008	9,791	0,3153	0,0411	89,9531	100,5397
56 / 4 .	0,1204	0,0701	0,1199	0,0963	0	0	9,4513	0,2631	0,0615	89,8962	100,0788
56 / 5 .	0,1034	0,0615	0,0864	0,1096	0,0075	0	9,0232	0,1334	0,0258	90,7689	100,3196
56 / 6 .	0,0793	0,0628	0,1319	0,1127	0	0,007	8,8927	0,247	0,0663	90,2696	99,8693
56 / 7 .	0,1026	0,0665	0,0759	0,1389	0,0002	0	8,3457	0,2254	0,0533	90,6454	99,6538
56 / 8 .	0,3403	0,1157	0,0968	0,2163	0,0058	0	8,1687	2,4528	0,0625	88,8054	100,2643
56 / 9 .	0,0441	0,0898	0,1002	0,1004	0	0,0062	7,5268	0,1381	0,051	91,5561	99,6127
56 / 10 .	0,1643	0,0913	0,0836	0,1854	0,0045	0,0025	7,4799	0,3094	0,0175	92,2595	100,5978
56 / 11 .	0,1342	0,0973	0,0514	0,4097	0	0	7,2335	0,7945	0,0161	91,6874	100,4241
56 / 12 .	0,0537	0,0843	0,0961	0,0941	0,0092	0	7,0635	0,1015	0,0449	93,119	100,6664
56 / 13 .	0,0572	0,0756	0,0545	0,1344	0	0,0037	6,795	0,095	0,0336	92,8353	100,0844
56 / 14 .	0,1227	0,0903	0,0498	0,1695	0,0059	0,0004	6,5797	0,1603	0,0571	92,5433	99,779
56 / 15 .	0,1335	0,1115	0,0643	0,1907	0,0055	0,0021	6,2645	0,3935	0,0487	92,3849	99,5992
56 / 16 .	0,3354	0,1302	0,0707	0,1519	0	0,0041	6,171	2,3583	0,0661	91,9423	101,23
57 / 1 .	0,0667	0,1054	0,0445	0,1385	0	0	6,0831	0,2071	0,0298	93,7671	100,4422
57 / 2 .	0,2161	0,118	0,0284	0,0948	0	0,0005	5,8247	1,0413	0,0342	93,4337	100,7917
57 / 3 .	0,0592	0,1044	0,0688	0,4257	0	0,0043	5,5331	0,4034	0,0219	94,2401	100,8609
57 / 4 .	0,084	0,1011	0,015	0,1141	0	0	5,2664	0,1445	0,0309	94,7952	100,5512
57 / 5 .	0,0594	0,0866	0,0494	0,165	0	0	4,9681	0,1329	0,0142	94,8637	100,3393
57 / 6 .	0,0526	0,1075	0,0429	0,0869	0	0,0016	4,7334	0,3252	0,0074	95,4814	100,8389
57 / 7 .	0,151	0,1213	0,0307	0,1699	0	0,0022	4,621	0,6339	0,0281	94,8999	100,6579
57 / 8 .	0,0931	0,101	0,0148	0,1546	0	0,0011	4,3884	0,5617	0,0204	94,9749	100,3099
58 / 1 .	0,0448	0,102	0,0306	0,1018	0	0,0032	4,1564	0,1618	0,0277	94,3908	99,0192
58 / 2 .	0,0748	0,1148	0,0125	0,0666	0	0	4,0549	0,2357	0,0148	95,7771	100,3513
58 / 3 .	0,0448	0,096	0,0369	0,12	0	0,0165	3,7814	0,1407	0,0037	96,4145	100,6544
58 / 4 .	0,3658	0,3096	0,0171	0,4927	0	0	3,7233	10,0161	0,0194	86,5709	101,5149
58 / 5 .	0,0663	0,0848	0,0207	0,0928	0	0	3,4995	0,339	0,0115	96,5118	100,6264
58 / 6 .	0,1055	0,1014	0,0385	0,1991	0	0	3,3575	0,4124	0,0236	97,1031	101,3411
58 / 7 .	0,2945	0,1056	0,0085	0,1063	0	0,0088	3,2119	0,6763	0,0131	95,6049	100,03
58 / 8 .	0,0947	0,0891	0,0328	0,1085	0	0	3,0638	0,153	0	97,2346	100,7764
59 / 1 .	0,1024	0,0766	0,0233	0,0828	0	0	2,6619	0,2005	0,0067	97,4475	100,6018
59 / 2 .	0,1014	0,0603	0,0305	0,0736	0	0	2,3701	0,3095	0,0049	96,7203	99,6706
59 / 3 .	0,0491	0,0548	0,0006	0,0696	0	0	2,0468	0,1281	0,0047	97,7059	100,0597
59 / 4 .	0,0306	0,0548	0,0139	0,1055	0	0,0087	1,7685	0,1964	0	98,9567	101,1351
59 / 5 .	0,1018	0,1384	0,0185	0,3341	0	0	0,9242	55,1008	0,0079	45,0439	101,6695
59 / 6 .	0,0516	0,0401	0,0051	0,0806	0	0,0049	1,2116	0,5725	0	98,6482	100,6145
59 / 7 .	0,0166	0,0424	0,0124	0,0907	0	0	1,009	0,1487	0,0018	99,9222	101,2438
59 / 8 .	0,0594	0,022	0,0312	0,0933	0	0,0122	0,8624	0,4212	0,0093	99,6089	101,1199
59 / 9 .	0,0189	0,0336	0,0238	0,0639	0	0,0077	0,7079	0,0687	0,0024	99,8567	100,7837
59 / 10 .	0,0224	0,0266	0,0386	0,0785	0	0,0022	0,6518	0,1081	0,0108	100,1479	101,087
60 / 1 .	0,0576	0,0119	0,0613	0,0606	0	0	0,4861	0,5773	0,0268	99,1282	100,4099
60 / 2 .	0,0379	0,013	0,0059	0,0603	0	0,0072	0,4097	0,3239	0,0133	100,8644	101,7355
60 / 3 .	0,0008	0,0101	0,0013	0,049	0	0,0094	0,3525	0,2024	0,0024	100,7537	101,3815
60 / 4 .	0,0123	0,0014	0,0114	0,0339	0	0,0105	0,3177	0,1943	0,0093	100,2764	100,8673
60 / 5 .	0,0111	0,0187	0,0279	0,0231	0	0,0072	0,3012	0,1107	0	100,0869	100,5868

9.2.5 Messergebnisse Probe V1B Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	P2O5	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
61 / 1 .	4,0274	1,4786	101,3409	0,1375	0,671	0,0033	17,8686	5,765	2,4632	0	133,7554
61 / 2 .	0,2269	0,0569	0,4257	0,0835	0	0,0004	17,2485	0,1256	0,0262	81,716	99,9096
61 / 3 .	0,1905	0,0876	0,2013	0,0785	0	0	13,6534	0,2589	0,0275	86,2046	100,7023
61 / 4 .	0,1473	0,0756	0,2356	0,0806	0	0,0053	11,3885	0,1263	0,041	88,6224	100,7226
61 / 5 .	0,225	0,0914	0,2807	0,137	0,0002	0,0053	10,4284	0,2132	0,0529	88,2101	99,6442
61 / 6 .	0,0989	0,0738	0,2072	0,0665	0,0016	0,0021	9,5678	0,1593	0,0441	90,4075	100,6287
61 / 7 .	0,1057	0,0807	0,1642	0,0687	0	0	8,8869	0,1449	0,0553	91,6356	101,1419
61 / 8 .	0,1043	0,0722	0,1357	0,0771	0	0,0095	8,4812	0,181	0,0599	90,5875	99,7083
61 / 9 .	0,0978	0,0736	0,1163	0,0876	0,0069	0,0041	8,118	0,1221	0,0536	90,909	99,5891
61 / 10 .	0,1037	0,084	0,1471	0,1375	0,001	0,0074	7,7401	0,3762	0,0474	91,6422	100,2866
61 / 11 .	0,0846	0,0807	0,1447	0,0891	0,0016	0	7,6454	0,1814	0,0605	91,9668	100,2549
61 / 12 .	0,1361	0,0955	0,1304	0,137	0	0,0071	7,4503	0,2875	0,0573	92,3594	100,6605
61 / 13 .	0,1938	0,1323	0,3437	0,2391	0,0219	0	6,871	9,8097	0,0486	83,8431	101,5032
61 / 14 .	0,0667	0,0668	0,1289	0,1117	0,0086	0,0079	6,7623	0,2253	0,044	93,7289	101,1513
61 / 15 .	0,0826	0,076	0,1591	0,1017	0,0052	0,0025	6,7057	0,1103	0,0497	93,5191	100,8118
61 / 16 .	0,083	0,0719	0,1066	0,1527	0,0102	0	6,4534	0,2227	0,035	93,3369	100,4723

9.2.6 Messergebnisse Probe V2A Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
34 / 1 .	43,5533	0	0,0316	0,3918	0	2,0895	40,5077	10,0451	2,0126	98,6315
34 / 2 .	0,3957	0,0628	0,0649	0,0493	0	14,4872	0,8438	0,0009	85,9035	101,808
34 / 3 .	0,2077	0,0658	0,0917	0,0653	0,0013	11,0561	0,2383	0,0066	89,5491	101,2817
34 / 4 .	0,1268	0,0726	0,116	0,0519	0	9,724	0,1405	0,0107	91,3588	101,6014
34 / 5 .	0,1237	0,1074	0,1142	0,0509	0,0025	9,1114	0,1184	0,0041	92,1338	101,7664
34 / 6 .	0,1315	0,0936	0,1255	0,1035	0,0006	8,8108	0,4711	0,0093	92,432	102,1778
34 / 7 .	0,3442	0,1042	0,0799	0,1336	0,0025	8,2362	0,5138	0,0173	91,9141	101,3458
34 / 8 .	0,1341	0,1062	0,0694	0,0254	0	7,8283	0,1223	0,0155	92,8452	101,1465
34 / 9 .	0,0979	0,0881	0,091	0,0305	0	7,7014	0,2059	0,014	93,2125	101,4412
34 / 10 .	11,8027	0,1083	0,0771	0,8842	0,0086	5,8949	11,7708	0,0036	73,2506	103,8007
34 / 11 .	0,0924	0,1081	0,117	0,0421	0,0025	7,2582	0,1414	0	94,1122	101,8741
34 / 12 .	0,0881	0,104	0,1046	0,0308	0,0057	6,9139	0,1602	0,024	93,7279	101,1592
34 / 13 .	0,166	0,1055	0,0908	0,0404	0	6,9008	3,014	0,0082	92,0075	102,3333
34 / 14 .	0,087	0,0946	0,1076	0,0332	0	6,6179	0,1321	0,0246	94,2422	101,3392
34 / 15 .	0,0993	0,11	0,1014	0,0304	0	6,5269	0,1855	0	94,3481	101,4016
34 / 16 .	0,0793	0,1066	0,143	0,0253	0	6,2739	0,1419	0,0184	95,0126	101,801
34 / 17 .	0,1529	0,1067	0,1285	0,0517	0,0076	6,1043	0,4737	0,0047	94,3137	101,3438
34 / 18 .	0,075	0,0964	0,12	0,049	0	5,8799	0,1197	0,0079	95,4484	101,7963
34 / 19 .	0,0687	0,0884	0,1619	0,0054	0	5,7173	0,1308	0,0192	95,5538	101,7455
34 / 20 .	2,7439	0,1731	6,8914	0,9329	0,0056	4,8069	2,5248	0,0086	83,0409	101,1279
34 / 21 .	20,0614	0,0487	0,0851	0,8347	0	3,092	29,2192	0,0094	53,0527	106,4032
34 / 22 .	0,1103	0,0897	0,1071	0,0434	0,0032	5,2471	0,4046	0	94,9706	100,976
34 / 23 .	0,0924	0,0988	0,46	0,0063	0	5,177	0,3079	0	95,113	101,2554
34 / 24 .	0,2649	0,5005	0,0968	0,1302	0	2,6793	49,4861	0,0199	52,7254	105,9031
34 / 25 .	0,2912	0,073	0,1302	0,0162	0,0019	4,6902	0,3732	0,0061	95,2148	100,7967
34 / 26 .	0,0712	0,0671	0,1396	0,0126	0,0013	4,5739	0,1647	0,0057	96,5446	101,5808
34 / 27 .	0,8672	0,0661	0,1215	0,0476	0,0107	4,3626	1,0408	0,01	95,653	102,1794
34 / 28 .	0,1229	0,0569	0,1093	0,0064	0,0088	4,2541	0,2341	0,0127	96,7656	101,5709
34 / 29 .	0,2102	0,0519	0,1114	0,004	0,0044	4,0007	0,4406	0,0038	96,0303	100,8574
34 / 30 .	0,1341	0,0463	0,1068	0,0096	0,0209	3,9673	0,1975	0,0141	97,3581	101,8547
34 / 31 .	0,1015	0,0349	0,1121	0	0	3,8089	0,2588	0,0054	97,0778	101,3995
34 / 32 .	0,1944	0,0479	0,1214	0,0148	0	3,3006	0,231	0,008	97,6653	101,5833
34 / 33 .	0,2389	0,0338	0,1173	0,0033	0,0032	2,8991	0,6533	0	98,1039	102,0529
34 / 34 .	0,1766	0,0243	0,126	0	0,0044	2,4312	0,2489	0	98,1503	101,1619
34 / 35 .	0,3497	0	0,1748	0,0016	0	1,9785	0,3271	0,0063	98,5962	101,4343
34 / 36 .	0,4944	0,0088	0,1784	0	0,0101	1,5453	0,2358	0,0027	99,3569	101,8325
34 / 37 .	0,5955	0	0,1757	0	0,0051	1,0804	0,3564	0	99,1348	101,3479
34 / 38 .	0,5696	0,0071	0,1717	0,0085	0,0057	0,8061	0,2124	0,0026	99,5156	101,2992
34 / 39 .	1,0042	0	0,134	0,0124	0,0114	0,4935	0,6262	0,0059	98,8682	101,1557
34 / 40 .	0,5465	0	0,1198	0	0,0152	0,317	0,0759	0,0028	100,0195	101,0967
34 / 41 .	1,4646	0,013	0,3484	0	0,0019	0,1893	0,1248	0,0042	99,324	101,4701
34 / 42 .	0,6979	0	0,0552	0	0,0101	0,1461	0,0869	0,0148	100,3231	101,3342
34 / 43 .	0,9787	0	0,0874	0,0041	0	0,1163	0,2922	0,0041	100,0172	101,5
34 / 44 .	2,0039	0	0,0267	0	0	0,0952	0,0934	0	99,4832	101,7024
34 / 45 .	0,8756	0,0166	0,1459	0,0055	0	0,1164	0,1264	0,0138	100,0117	101,3119
34 / 46 .	1,127	0,0002	0,0588	0	0	0,0656	0,0847	0	99,8662	101,2025
34 / 47 .	1,1433	0,0006	0,0467	0,0137	0,0063	0,0906	0,0798	0,0109	99,9315	101,3235
34 / 48 .	0,8199	0,0029	0,056	0	0,0076	0,1195	0,0595	0,0133	99,8853	100,9641
34 / 49 .	0,6226	0	0,0443	0,0006	0,0032	0,1037	0,0421	0,0034	100,0428	100,8626
34 / 50 .	1,5047	0,0159	0,0765	0	0,0013	0,1363	0,0535	0,0077	99,4002	101,1962
34 / 51 .	0,708	0,0077	0,0289	0	0,0108	0,1112	0,0458	0	99,8267	100,7392
34 / 52 .	0,7098	0	0,0374	0	0	0,1146	0,1801	0	99,9308	100,9728
34 / 53 .	1,3907	0,0026	0,0722	0	0,0083	0,1171	0,0689	0,0077	100,6824	102,3499

9.2.7 Messergebnisse Probe V2A Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
35 / 1 .	0,4177	0,0742	0,1287	0,0495	0,0117	16,7196	0,1794	0,0248	83,7587	101,3643
35 / 2 .	0,2702	0,0868	0,1677	0,0563	0,005	13,1246	0,1609	0,0243	86,8547	100,7504
35 / 3 .	0,618	0,5163	0,098	0,7219	0,005	9,6434	21,4971	0,0361	70,6065	103,7422
35 / 4 .	0,2308	0,1066	0,1624	0,0729	0,0081	10,897	0,3605	0,0104	89,0641	100,9129
35 / 5 .	0,3668	0,1454	0,1699	0,1286	0	10,8173	2,1335	0,0127	88,0496	101,8237
35 / 6 .	0,3248	0,1187	0,1872	0,0812	0,0012	10,7061	0,2628	0,0097	89,0685	100,7601
35 / 7 .	0,1781	0,1062	0,187	0,0426	0,0112	10,8909	0,1308	0	89,5182	101,0651
35 / 8 .	0,2218	0,1301	0,194	0,0613	0,0093	11,0229	0,1828	0,0249	88,397	100,244
35 / 9 .	0,1778	0,1056	0,1752	0,1357	0,0298	11,503	0,3655	0,0178	88,6862	101,1966
35 / 10 .	0,1563	0,1239	0,2425	0,062	0	11,7938	0,4726	0,011	88,6805	101,5425
35 / 11 .	19,1981	0,0827	0,228	0,2529	0,0012	10,7566	20,4108	5,7929	51,0112	107,7343
35 / 12 .	0,1794	0,1139	0,2333	0,0449	0,0068	11,3553	0,1445	0,0361	89,0973	101,2115
35 / 13 .	0,1375	0,128	0,1914	0,0686	0,0068	10,1442	0,2501	0,0053	90,6162	101,5483
35 / 14 .	1,0133	0,1517	0,1918	0,2002	0,0162	8,7907	1,7216	0,0273	87,6313	99,7441
35 / 15 .	0,1654	0,1499	0,1763	0,0426	0,0125	8,3938	0,1949	0,0109	92,1556	101,3017
35 / 16 .	8,7666	1,101	0,081	1,3463	0,0019	2,6888	53,589	0,0093	29,821	97,4049
35 / 17 .	0,1275	0,1652	0,1496	0,056	0,0081	7,5664	0,1137	0,0201	92,272	100,4787
35 / 18 .	0,1274	0,1671	0,1439	0,0321	0,0012	7,3611	0,1786	0,0048	92,6209	100,637
35 / 19 .	0,1092	0,1589	0,1873	0,0207	0	7,0464	0,1009	0,0101	92,747	100,3805
35 / 20 .	0,4878	0,1848	0,1823	0,109	0	6,7213	1,4046	0,0069	91,1286	100,2252
35 / 21 .	0,1187	0,1633	0,2123	0,0121	0,015	6,668	0,1858	0,006	93,4793	100,8604
35 / 22 .	0,0933	0,138	0,2158	0,0083	0	6,4896	0,1162	0,0153	94,4148	101,4914
35 / 23 .	0,1097	0,1329	0,2022	0,0201	0,0069	6,3589	0,1731	0	94,2569	101,2608
35 / 24 .	0,2667	0,1617	0,2919	0,039	0,0081	6,1643	0,4599	0,0059	93,3707	100,7682
35 / 25 .	0,1067	0,1194	0,1632	0,0089	0,0056	6,0541	0,1559	0,0002	94,4991	101,1132
35 / 26 .	0,105	0,1471	0,2149	0,0343	0,005	5,9537	1,0919	0,0152	93,9293	101,4964
35 / 27 .	0,338	0,1376	0,2406	0,0078	0,0138	5,7803	0,5946	0,0143	93,7663	100,8932
35 / 28 .	0,0919	0,098	0,2302	0,0007	0	5,6554	0,157	0,0098	94,4532	100,6961
35 / 29 .	0,1125	0,1123	0,2125	0,0207	0,0031	5,4846	0,193	0,0098	94,5689	100,7175
35 / 30 .	0,1177	0,099	0,2346	0	0,0188	5,3491	0,2547	0,0038	94,5324	100,6101
35 / 31 .	0,1512	0,0891	0,2257	0,0049	0	5,3578	0,3783	0,013	94,9322	101,1522
35 / 32 .	0,1572	0,084	0,257	0,0047	0	4,9074	0,2594	0,0061	95,5942	101,2698
35 / 33 .	0,1097	0,0605	0,2177	0	0,0057	4,4016	0,1095	0	96,3378	101,2426
35 / 34 .	0,273	0,0551	0,1835	0	0,0094	4,1369	0,2738	0	95,5188	100,4506
35 / 35 .	0,3011	0,038	0,2433	0,012	0,0063	3,819	0,4237	0,0041	96,2042	101,0516
35 / 36 .	1,1466	0,0259	0,2872	0,0059	0	3,2916	1,2657	0	95,3783	101,4012
35 / 37 .	0,5474	0,0199	0,3042	0,0029	0,0063	2,895	0,7216	0	95,8407	100,3381
35 / 38 .	0,301	0,0111	0,3643	0	0,0044	2,5101	0,349	0	97,447	100,9871
35 / 39 .	21,8294	0,0079	0,1543	0,1669	0	1,4574	26,7184	0,0116	57,2467	107,5927
35 / 40 .	0,6756	0,0049	0,3231	0	0,0095	1,7862	0,5827	0,0064	96,9356	100,3239
35 / 41 .	0,6398	0	0,3567	0,0012	0,0057	1,3952	0,4025	0,0207	97,9144	100,7362
35 / 42 .	0,4284	0,0119	0,3236	0	0	1,0369	0,1566	0	98,1644	100,1218
35 / 43 .	0,5511	0	0,2917	0,0078	0,0032	0,8184	0,3121	0,0059	98,6348	100,6249
35 / 44 .	0,4576	0	0,2997	0	0,007	0,6233	0,1199	0,0048	98,9409	100,4532
35 / 45 .	0,4405	0,0027	0,2266	0	0,014	0,4451	0,1234	0,0056	99,894	101,1519
35 / 46 .	0,6194	0	0,1904	0,0078	0	0,3342	0,1805	0	99,5408	100,873
35 / 47 .	0,9233	0,0082	0,1384	0,0128	0	0,2811	0,4717	0,0184	99,2224	101,0763
35 / 48 .	0,5056	0,0001	0,1318	0	0,0127	0,1907	0,0889	0	99,7433	100,673
35 / 49 .	1,0715	0,0036	0,0965	0,0312	0	0,2133	0,3059	0,0089	98,9724	100,7034
35 / 50 .	0,4732	0,0001	0,0929	0,0002	0,0063	0,2041	0,08	0	99,3579	100,2147
35 / 51 .	0,4363	0,0118	0,0875	0,0012	0,0013	0,172	0,0682	0,012	100,1586	100,949
35 / 52 .	0,484	0	0,0586	0	0,0013	0,1699	0,1215	0,0148	99,6329	100,4829
35 / 53 .	0,6092	0,0005	0,0972	0	0,0146	0,1512	0,1396	0,001	99,6898	100,7031

9.2.8 Messergebnisse Probe V2B Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
36 / 1 .	0,3142	0,0659	0,0377	0,0816	0	15,6158	0,1289	0,006	84,4363	100,6864
36 / 2 .	0,2014	0,068	0,0817	0,102	0,0043	11,8805	0,2472	0,0132	87,4016	100
36 / 3 .	0,1536	0,09	0,0439	0,0852	0,0025	10,3816	0,1381	0,0163	89,5812	100,4924
36 / 4 .	0,4552	0,1586	0,0559	0,3021	0,0006	9,3849	4,8124	0,0117	86,6021	101,7833
36 / 5 .	0,5091	0,0873	0,0424	0,1975	0	8,7954	0,6612	0,0369	90,1082	100,4379
36 / 6 .	0,1035	0,0852	0,0465	0,0927	0	8,1825	0,2139	0,0122	91,7183	100,4548
36 / 7 .	0,1301	0,1052	0,055	0,104	0	7,8201	0,3994	0,0246	91,8732	100,5115
36 / 8 .	0,1386	0,0947	0,0629	0,1085	0	7,6886	0,774	0,0179	91,537	100,4223
36 / 9 .	0,0676	0,1126	0,0534	0,0657	0	7,1115	0,1932	0,017	92,4389	100,0599
36 / 10 .	0,091	0,0881	0,0839	0,0743	0	6,8849	0,2291	0,0327	92,6419	100,1259
36 / 11 .	0,0579	0,1013	0,0924	0,0451	0	6,8464	0,1364	0,0088	93,1973	100,4855
36 / 12 .	0,1769	0,1237	0,0689	0,314	0,0101	5,4279	5,4992	0,012	87,1761	98,8087
36 / 13 .	0,092	0,1053	0,0465	0,0931	0,005	6,3184	0,1042	0,0224	94,0784	100,8653
36 / 14 .	0,162	0,1139	0,0655	0,0877	0,0025	6,2799	0,2207	0,0138	93,7673	100,7132
36 / 15 .	0,0893	0,1049	0,0615	0,0375	0	6,2014	0,1702	0,0035	94,3001	100,9684
36 / 16 .	0,9704	0,1023	0,1038	0,447	0,007	5,4682	2,5492	0,0291	90,0763	99,7532
36 / 17 .	0,1281	0,0938	0,053	0,0394	0,0038	5,7603	0,365	0,02	93,7639	100,2273
36 / 18 .	0,0482	0,1061	0,0806	0,0332	0,0051	5,699	0,1851	0	94,5616	100,7188
36 / 19 .	0,123	0,1309	0,0959	0,0653	0,0076	5,4618	0,6826	0,0234	93,6161	100,2066
36 / 20 .	0,0855	0,0987	0,0884	0,0462	0,0095	5,4266	0,2423	0,0085	94,672	100,6778
36 / 21 .	0,3037	0,0931	0,0565	0,0693	0	5,3401	0,2218	0	94,626	100,7105
36 / 22 .	0,1219	0,0998	0,1088	0,0777	0	5,1945	0,3707	0,0056	94,4389	100,4179
36 / 23 .	1,1023	0,085	0,0679	0,1173	0,0057	5,0836	0,7983	0,003	92,8141	100,0771
36 / 24 .	0,0856	0,1023	0,0449	0,0245	0,0114	4,8374	0,1606	0	95,5487	100,8153
36 / 25 .	0,4499	0,0851	0,071	0,0491	0	4,7906	0,6451	0	94,3723	100,4632
36 / 26 .	0,1414	0,0975	0,0475	0,0236	0,0025	4,6085	0,7575	0,0017	94,288	99,9683
36 / 27 .	0,116	0,0907	0,0789	0,0302	0,0026	4,4957	0,3523	0,0132	95,538	100,7177
36 / 28 .	0,0846	0,0836	0,0428	0,0072	0	4,4189	0,1561	0	95,5769	100,37
36 / 29 .	0,0861	0,068	0,0646	0,0169	0,0077	4,3165	0,2794	0,0119	95,9713	100,8223
36 / 30 .	3,484	0,3981	0,0619	0,1168	0,0045	3,8107	27,1687	0,0201	68,2779	103,3426
36 / 31 .	0,0797	0,0669	0,0666	0,0178	0,0064	4,037	0,1304	0,0051	96,119	100,5289
36 / 32 .	0,0771	0,0588	0,0567	0,0224	0,0019	3,7294	0,1632	0,0036	95,9976	100,1107
36 / 33 .	0,1377	0,0437	0,0837	0	0,0103	3,4147	0,2186	0,011	95,1542	99,0738
36 / 34 .	0,2761	0,0534	0,077	0,0104	0,0032	3,1183	0,4222	0	96,3941	100,3547
36 / 35 .	0,7426	0,0286	0,0405	0,0144	0,0026	2,8503	1,3329	0,0241	94,8758	99,9118
36 / 36 .	0,1626	0,0217	0,053	0,0024	0,0045	2,5582	0,3496	0,0218	97,1908	100,3647
36 / 37 .	1,0129	0,0305	0,1142	0,0138	0	2,1393	2,2136	0,0199	95,1015	100,6457
36 / 38 .	1,9488	0,0098	0,0947	0,0198	0,0013	1,8206	1,3333	0,0135	94,4677	99,7095
36 / 39 .	0,4925	0,0076	0,1186	0,0014	0,0051	1,5097	0,4552	0,0084	97,8003	100,3988
36 / 40 .	1,089	0,0181	0,1323	0,0047	0,0096	1,1753	1,4075	0	96,6516	100,4881
36 / 41 .	0,62	0,0028	0,0972	0,0043	0	0,9632	0,5358	0,0148	98,4803	100,7184
36 / 42 .	0,9171	0,0114	0,0969	0	0	0,7082	0,6739	0,0292	98,1811	100,6178
36 / 43 .	0,5464	0	0,0969	0	0,0103	0,509	0,222	0,0054	99,2975	100,6873
36 / 44 .	0,5103	0	0,0597	0,001	0,0064	0,3613	0,1384	0	99,1646	100,2417
36 / 45 .	0,6347	0	0,071	0	0,0013	0,2645	0,1877	0,0016	99,324	100,4849
36 / 46 .	0,4533	0	0,0583	0,0006	0,0058	0,1965	0,0626	0,0043	99,5211	100,3025
36 / 47 .	0,6034	0,0008	0,0639	0,0025	0	0,1536	0,089	0,0061	99,7473	100,6666
36 / 48 .	0,5436	0,0067	0,0543	0	0,0096	0,1192	0,0624	0,0018	99,0909	99,8884
36 / 49 .	0,5581	0,0063	0,0498	0,0005	0	0,1233	0,0611	0,0164	99,5733	100,3888
36 / 50 .	0,6732	0,0031	0,0451	0,0011	0,007	0,1446	0,218	0,017	99,0928	100,2019
36 / 51 .	0,5074	0,0011	0,0211	0	0	0,1328	0,0457	0,0033	99,9121	100,6236
36 / 52 .	0,6797	0	0,0404	0,0006	0	0,1076	0,1282	0	99,332	100,2885
36 / 53 .	0,8249	0	0,0348	0,0055	0,0032	0,1522	0,2269	0,0063	99,8809	101,1347
36 / 54 .	0,6828	0,0004	0,0384	0,0083	0,0045	0,1192	0,0931	0,0174	98,9406	99,9047

9.2.9 Messergebnisse Probe V2B Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	MgO	Total
37 / 1 .	0,2784	0,0581	0,0784	0,0771	0,0105	16,1555	0,1611	0,0159	83,5006	100,3355
37 / 2 .	0,1963	0,0728	0,0908	0,046	0	11,8446	0,2775	0,0128	87,4456	99,9863
37 / 3 .	0,2358	0,1055	0,0575	0,2139	0,0069	10,0498	1,2649	0,0192	88,5455	100,4989
37 / 4 .	0,0795	0,116	0,1131	0,1045	0	8,937	0,2574	0,029	90,9514	100,5879
37 / 5 .	0,5372	0,1265	0,0751	0,3036	0,0088	8,1087	0,5811	0,0276	91,3633	101,1318
37 / 6 .	0,191	0,1523	0,1154	0,2194	0	7,5614	0,7804	0	91,4974	100,5173
37 / 7 .	0,1538	0,1127	0,1143	0,1209	0,0031	7,2968	0,193	0,0162	92,0233	100,0341
37 / 8 .	0,1068	0,1226	0,1316	0,2115	0,0031	6,9259	0,4653	0,0031	91,9702	99,9402
37 / 9 .	0,1107	0,1318	0,134	0,0841	0	6,7075	0,1861	0,0189	93,0402	100,4132
37 / 10 .	0,0841	0,115	0,0963	0,0855	0	6,5826	0,1194	0	93,2875	100,3704
37 / 11 .	0,1041	0,1335	0,1489	0,0718	0	6,3075	0,1576	0,0085	93,6255	100,5574
37 / 12 .	0,1006	0,1302	0,1436	0,0526	0,0069	6,15	0,2433	0,0057	93,8655	100,6984
37 / 13 .	0,0751	0,1193	0,1098	0,0506	0	6,033	0,1048	0,0084	94,2946	100,7956
37 / 14 .	0,0587	0,1237	0,089	0,0352	0,0019	5,8492	0,1163	0,0087	93,8359	100,1186
37 / 15 .	0,075	0,1267	0,0984	0,0323	0,0088	5,7102	0,1746	0,0098	94,3758	100,6116
37 / 16 .	0,8549	0,115	0,1416	0,051	0	5,6228	1,7142	0	92,5806	101,0801
37 / 17 .	0,0981	0,1382	0,038	0,0524	0	5,4948	0,229	0,0007	94,2585	100,3097
37 / 18 .	0,6222	0,1172	0,0605	0,0265	0	5,2777	2,5781	0,018	93,0039	101,704
37 / 19 .	0,0509	0,1192	0,0658	0,0209	0	5,1549	0,138	0,0091	94,9848	100,5437
37 / 20 .	0,1149	0,134	0,0601	0,0279	0,0038	5,0968	0,2291	0,0056	94,3754	100,0475
37 / 21 .	0,0579	0,1151	0,0643	0,0189	0	4,8892	0,1679	0	95,3774	100,6908
37 / 22 .	0,101	0,1073	0,0501	0,0272	0,0013	4,8726	0,1703	0,0148	95,3492	100,6937
37 / 23 .	0,0568	0,1315	0,0442	0,0184	0	4,6593	0,1397	0,0135	96,3077	101,3711
37 / 24 .	0,0654	0,1056	0,0446	0,0286	0,0094	4,4733	0,1623	0	95,7561	100,6454
37 / 25 .	0,0806	0,1072	0,0206	0,011	0	4,334	0,124	0,009	95,7433	100,4298
37 / 26 .	0,091	0,101	0,038	0,0114	0	4,1542	0,1418	0,0034	96,1091	100,6498
37 / 27 .	0,053	0,0981	0,0429	0,0082	0,0057	3,9846	0,1034	0,0149	96,3388	100,6496
37 / 28 .	0,0563	0,0866	0,0403	0,0045	0	3,96	0,1384	0,0071	96,3911	100,6842
37 / 29 .	0,178	0,0871	0,0572	0,0018	0,0013	3,7793	0,5068	0,0091	95,8387	100,4591
37 / 30 .	0,0917	0,0873	0,0679	0,0022	0,0063	3,6378	0,0898	0	96,5598	100,5428
37 / 31 .	0,0902	0,0783	0,0698	0,0067	0,0075	3,5377	0,1642	0,0031	96,7444	100,702
37 / 32 .	0,2424	0,0813	0,0242	0,0186	0	3,1801	0,3468	0,0071	97,0705	100,971
37 / 33 .	0,2115	0,0624	0,043	0,0058	0,0025	2,8376	0,5119	0,0075	97,0142	100,6965
37 / 34 .	0,1023	0,0514	0,0719	0,0018	0	2,708	0,1631	0,0049	97,4153	100,5188
37 / 35 .	0,3429	0,0332	0,0515	0	0,0157	2,3104	0,6625	0	97,2259	100,6422
37 / 36 .	0,1381	0,0324	0,0926	0,0031	0	1,9523	0,1704	0,0167	96,4617	98,8672
37 / 37 .	0,3342	0,0257	0,0515	0,0056	0	1,6716	0,3693	0	97,417	99,8749
37 / 38 .	0,4318	0,0244	0,0432	0	0,0006	1,4683	0,2739	0,0094	98,2125	100,4642
37 / 39 .	1,1488	0,0058	0,0761	0	0	1,1687	1,086	0	97,9014	101,387
37 / 40 .	0,3106	0,0026	0,0743	0	0	1,0605	0,1953	0,0081	99,1061	100,7574
37 / 41 .	0,6931	0,0017	0,0772	0	0	0,8998	0,4181	0,0023	99,4197	101,5118
37 / 42 .	0,3022	0	0,0724	0	0	0,7984	0,103	0,0003	98,8642	100,1406
37 / 43 .	0,3566	0,0021	0,0636	0	0,0069	0,7169	0,0908	0,0051	99,737	100,9791
37 / 44 .	0,6879	0,0005	0,0678	0	0,0013	0,6572	0,4418	0	98,9798	100,8363
37 / 45 .	1,633	0,0242	0,2251	0,0139	0	0,6225	2,8979	0,0172	96,3702	101,8041
37 / 46 .	0,4368	0	0,0569	0,0095	0	0,639	0,2386	0,0184	100,0008	101,3999
37 / 47 .	0,4346	0,0164	0,0422	0,0081	0	0,6186	0,3239	0,0062	99,278	100,7279
37 / 48 .	0,2792	0	0,0326	0,0053	0	0,6174	0,1123	0	99,937	100,9839
37 / 49 .	0,5025	0	0,0363	0,0039	0	0,6166	0,3817	0	98,9025	100,4434
37 / 50 .	6,2446	0,007	0,7746	0,141	0	0,5624	5,7146	0,004	88,4228	101,871
37 / 51 .	0,2338	0	0,0385	0,0064	0,0025	0,6595	0,1829	0	100,2605	101,3842
37 / 52 .	0,3069	0,003	0,0287	0,0041	0	0,6291	0,3661	0,0133	99,2367	100,588
37 / 53 .	0,3921	0	0,0294	0,0271	0,005	0,6942	0,5307	0,0069	98,8252	100,5107

9.2.10 Messergebnisse Probe V3A Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
1 / 1 .	0,3909	0,075	0,1157	0,092	0,0043	16,258	0,3684	0,0885	0	83,9241	101,317
1 / 2 .	0,1991	0,0505	0,2093	0,0447	0	12,6015	0,299	0	0,0056	86,752	100,1617
1 / 3 .	0,1448	0,0643	0,1293	0,1283	0,0013	8,536	0,3154	0,0035	0	89,9122	99,235
1 / 4 .	0,117	0,064	0,077	0,1188	0	6,4277	0,1404	0,021	0	92,6212	99,5871
1 / 5 .	0,1346	0,0921	0,0787	0,3394	0,0064	5,3803	0,9985	0,0051	0,0148	91,9555	99,0054
1 / 6 .	0,1421	0,0832	0,0649	0,3045	0,0046	4,2895	4,1109	0,0188	0	90,5187	99,5374
1 / 7 .	0,113	0,0599	0,0604	0,1901	0,0031	3,4517	0,2718	0,0168	0	95,2649	99,4318
1 / 8 .	0,0501	0,0561	0,0711	0,1118	0,0029	2,7498	0,1348	0,0024	0	96,0569	99,2358
1 / 9 .	0,0159	0,0555	0,0439	0,1756	0	2,152	0,1346	0,0122	0	97,1053	99,6951
1 / 10 .	0,0347	0,044	0,0418	0,101	0	1,6134	0,1587	0,0201	0	97,1986	99,2123
1 / 11 .	0,0309	0,0469	0,0321	0,1084	0	1,3394	0,1895	0,034	0	97,7365	99,5178
1 / 12 .	0,0437	0,0358	0,0331	0,1088	0	1,0817	0,1338	0,0218	0	97,6783	99,137
1 / 13 .	0,0446	0,0329	0,0403	0,0752	0,0049	0,899	0,1592	0,0129	0,0082	98,219	99,4962
1 / 14 .	0,0435	0,0384	0,0022	0,0627	0	0,7239	0,2168	0,0058	0,0074	98,0021	99,1029
1 / 15 .	0,0248	0,0275	0,013	0,0735	0	0,6302	0,1737	0,0141	0	98,5485	99,5054
1 / 16 .	0,0296	0,028	0,0179	0,0469	0	0,4977	0,1178	0,0324	0	98,505	99,2753
1 / 17 .	0,0305	0,0238	0,0296	0,0758	0,0013	0,4719	0,2252	0,0151	0,0136	98,4961	99,3832
1 / 18 .	3,1595	0,0372	0,0379	0,1799	0,0363	0,3689	0,8106	2,5005	0,0652	90,8943	98,0903
1 / 19 .	0,017	0,0381	0,0174	0,0679	0,0011	0,3693	0,3214	0,023	0	98,7968	99,6521
1 / 20 .	0,0087	0,0214	0,0349	0,0432	0,0023	0,3273	0,1401	0,0302	0	98,7524	99,3606
1 / 21 .	0,0466	0,0408	0,0363	0,0604	0	0,3314	1,2185	0,0108	0	97,2156	98,9603
1 / 22 .	0,0353	0,0127	0,0192	0,0361	0	0,2881	0,1195	0,0206	0,0032	98,3763	98,9109
1 / 23 .	0,1174	0,0566	0,0096	0,0613	0	0,2756	2,2157	0,0321	0,0135	97,892	100,6739
1 / 24 .	0,0588	0,0356	0,0003	0,0796	0,004	0,2739	3,6725	0,0326	0	93,3246	97,4819
1 / 25 .	0,0252	0,0296	0,026	0,0472	0,0007	0,2544	0,3331	0,0263	0,0081	98,5144	99,2649
1 / 26 .	0,0145	0,0342	0,0189	0,0369	0,0058	0,238	0,1249	0,0148	0,002	98,6789	99,1688
1 / 27 .	0,0385	0,0291	0,0186	0,0384	0,0002	0,2092	0,1365	0,0206	0	98,7457	99,237
1 / 28 .	0,021	0,0341	0,0109	0,0399	0,0016	0,2021	0,127	0,0253	0,0206	98,295	98,7774
1 / 29 .	0,0137	0,0187	0,0307	0,0128	0	0,2246	0,1123	0,0083	0	99,2592	99,6801
1 / 30 .	0,0392	0,0409	0,0305	0,0187	0	0,1937	0,9034	0,0307	0	98,5708	99,828
1 / 31 .	0,2032	0,0408	0,0211	0,1067	0	0,1741	4,673	0,0103	0	92,9285	98,1578
1 / 32 .	0,2081	0,0332	0,0559	0,0263	0	0,2338	3,846	0,0566	0,0053	96,5763	101,0415
1 / 33 .	0,0472	0,0388	0,0195	0,0496	0	0,1872	0,2068	0,0094	0,0081	99,4379	100,0045
1 / 34 .	0,0396	0,0425	0,0195	0,0389	0	0,1882	0,2025	0,0014	0,001	99,0715	99,605
1 / 35 .	0,0431	0,0288	0,0194	0,0163	0,0011	0,1506	0,1323	0,0243	0	99,2858	99,7019
1 / 36 .	0,1236	0,045	0,0278	0,2063	0,0043	0,1603	14,3151	0,021	0	86,4038	101,3072
1 / 37 .	0,0451	0,0314	0,0159	0,0376	0,0016	0,1579	0,6615	0,0333	0,0073	98,4762	99,4677
1 / 38 .	0,0953	0,0276	0,0382	0	0	0,1691	0,93	0,0312	0	98,0978	99,3891
1 / 39 .	0,0332	0,0539	0,0325	0	0,004	0,1748	0,1338	0,0151	0,0059	98,2263	98,6796
1 / 40 .	0,0559	0,0045	0,0601	0,0294	0,0029	0,1802	1,1196	0,019	0	98,2777	99,7492
1 / 41 .	0,0152	0,0178	0,0395	0,0114	0	0,1702	0,173	0,0153	0,0078	99,7732	100,2234
1 / 42 .	0,0382	0,0143	0,0387	0	0	0,1586	0,3233	0,0262	0	98,3668	98,9661
1 / 43 .	0,0212	0,0271	0,0323	0,0466	0,0018	0,1755	0,1162	0,0301	0,0176	99,0339	99,5022
1 / 44 .	0,065	0,0146	0,0506	0	0,0148	0,1763	1,6736	0,1234	0,0258	96,2408	98,3849
1 / 45 .	0,0174	0,0208	0,0417	0	0	0,1847	0,1528	0,0839	0	98,6177	99,119
1 / 46 .	0,1095	0,0506	0,0891	0,0707	0	0,2453	0,5845	0,0754	0,0008	97,4334	98,6592
1 / 47 .	0,0159	0,0262	0,1099	0,0414	0,0009	0,2349	0,3643	0,0113	0	98,5059	99,3109
1 / 48 .	0,5695	0,5461	83,1507	0,1543	0,0366	0,1351	0,47	0,9626	0,4066	72,2686	158,7002
1 / 49 .	0,0285	0,0106	0,0781	0,0022	0,0069	0,2508	0,4471	0,0362	0,0011	98,6028	99,4643
1 / 50 .	0,0888	0,1168	0,1595	0,0072	0	0,2763	0,3741	0,1854	0,0188	98,7037	99,9306
1 / 51 .	0,0222	0,0379	0,1058	0	0	0,262	0,0735	0,0149	0	99,4149	99,9314
1 / 52 .	0,6456	0,0391	0,1055	0,0219	0,0099	0,2541	0,5051	0,3318	0,049	95,9886	97,9507
1 / 53 .	0,017	0,0468	0,1501	0,0208	0,0025	0,2887	0,0902	0,0258	0	99,2734	99,9153

9.2.11 Messergebnisse Probe V3A Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
2/1.	7,4722	0,1106	0,3251	0,0866	0,013	31,1461	7,9764	1,181	0	61,9229	110,2339
2/2.	0,193	0,0854	0,1766	0,0407	0,0004	18,1675	0,1728	0,0307	0,0024	81,6338	100,5032
2/3.	0,3072	0,1092	0,1611	0,2362	0,0172	10,6785	0,3689	0,0037	0,0043	85,3678	97,2539
2/4.	0,1216	0,1037	0,1145	0,1277	0,0027	8,6104	0,1234	0,0188	0	90,5071	99,7297
2/5.	0,2181	0,1623	0,1223	0,2568	0,0126	7,456	2,0504	0,0468	0	87,7393	98,0649
2/6.	0,2114	0,1346	0,1337	0,0796	0,0171	6,7125	0,1577	0,0231	0,0142	91,3135	98,7973
2/7.	0,1581	0,1309	0,1084	0,1089	0,0069	6,1307	0,1235	0,0398	0	91,4208	98,228
2/8.	0,107	0,138	0,0763	0,0864	0,0071	5,4622	0,7123	0,0401	0,0103	93,1678	99,8077
2/9.	0,1316	0,135	0,1086	0,0957	0,0051	4,9962	0,0943	0,0202	0,0218	93,0032	98,6117
2/10.	0,0769	0,1362	0,0646	0,1168	0,008	4,6384	0,2125	0,0235	0,0075	93,3719	98,6563
2/11.	0,1248	0,1352	0,0804	0,0855	0,0036	4,466	0,15	0,0054	0,0224	93,9587	99,032
2/12.	0,0928	0,1477	0,059	0,1446	0,0038	4,175	0,1969	0,0241	0	94,7997	99,6437
2/13.	0,1882	0,3798	0,0574	0,4507	0	3,0837	15,197	0,0192	0,0129	71,2053	90,5942
2/14.	0,0744	0,1086	0,0909	0,1036	0,006	3,5458	0,2557	0,6087	0	90,8893	95,683
2/15.	0,0382	0,1273	0,0326	0,1061	0,01	3,2942	0,1402	0,0191	0,0034	95,0356	98,8068
2/16.	0,1085	0,1327	0,0394	0,1022	0,0036	3,2229	0,0994	0,0311	0	95,0893	98,8291
2/17.	0,0517	0,1156	0,0286	0,1111	0	2,8668	0,1878	0,0054	0	95,6373	99,0043
2/18.	0,0695	0,1121	0,0485	0,0883	0,0042	2,7274	0,1244	0	0	96,4183	99,5928
2/19.	0,2463	0,1379	0,047	0,1704	0	2,4834	1,9057	0,0104	0,0004	94,6659	99,6675
2/20.	0,3716	0,0906	0,032	0,0885	0,0074	2,3758	5,2555	0,0185	0	93,9582	102,1981
2/21.	0,0337	0,117	0,0299	0,1995	0	2,1813	0,8772	0,0086	0,0042	96,3095	99,7608
2/22.	0,1406	0,1074	0,0518	0,0708	0	2,0461	2,6176	0,0029	0,002	96,4113	101,4505
2/23.	0,048	0,1048	0,0268	0,043	0,0016	1,8039	0,1474	0	0,0097	96,7299	98,9149
2/24.	0,4019	0,0878	0,0341	0,0875	0	1,6883	1,6727	0,3918	0,0014	95,9097	100,2751
2/25.	0,2279	0,2344	0,001	0,3451	0,0294	0,5413	63,1118	0,1498	0	35,6002	100,241
2/26.	25,8145	0,1744	0,0225	1,0749	0,3998	0,6608	31,555	16,3517	0	36,4169	112,4705
2/27.	0,0832	0,0764	0,0347	0,0785	0,0005	1,4277	0,1152	0,0463	0,0029	98,0586	99,9241
2/28.	0,1639	0,0729	0,034	0,1034	0,0034	1,4003	1,9089	0,0319	0	95,6679	99,3865
2/29.	0,0797	0,2011	0,021	0,2858	0	0,3574	68,268	0,0403	0	27,9561	97,2093
2/30.	31,0036	0,0801	0,0324	0,3511	0,006	0,3974	11,0524	22,0935	0,01	30,5379	95,5644
2/31.	0,0582	0,2232	0,0349	0,1908	0	0,3939	67,6691	0,0326	0	28,1821	96,7848
2/32.	42,6697	0,2537	1,821	1,9759	1,2182	0,3992	14,6153	19,8825	0,1005	19,6497	102,5857
2/33.	0,1216	0,0861	0,0163	0,065	0,0065	0,9277	0,3718	0,0332	0	98,1348	99,7632
2/34.	0,122	0,0606	0,0247	0,0245	0,0011	0,7613	0,9417	0,0181	0	98,4724	100,4265
2/35.	0,0702	0,0642	0,0363	0,0234	0,0011	0,6752	0,1284	0,0094	0	97,5061	98,5145
2/36.	0,0327	0,0497	0,0362	0,0389	0,0027	0,5281	0,1253	0,028	0	99,0989	99,9406
2/37.	0,0501	0,0564	0,0418	0,0587	0,0027	0,5241	0,154	0	0,018	98,6084	99,5142
2/38.	0,084	0,042	0,0287	0,078	0,0029	0,4225	0,3812	0,0151	0	98,2792	99,3336
2/39.	0,0578	0,043	0,0094	0,0331	0,0007	0,3987	0,2449	0,0215	0	95,9584	96,7676
2/40.	0,1127	0,0463	0,0289	0,0617	0,0036	0,3882	0,1349	0,0162	0,0264	97,6846	98,5036
2/41.	0,0662	0,058	0,0498	0,0268	0,0009	0,3881	0,1123	0,0184	0,0383	98,0701	98,8288
2/42.	0,0394	0,041	0,0108	0,0499	0,0011	0,2985	0,1143	0,0219	0,3688	94,511	95,4568
2/43.	0,0768	0,095	0,0334	0	0,0056	0,3339	0,1219	0,0556	0,0474	98,4508	99,2207
2/44.	0,091	0,0218	0,0017	0,0507	0	0,283	0,3831	0,0355	0,1832	97,4984	98,5484
2/45.	0,0265	0,03	0,024	0,0285	0	0,2595	0,1564	0	0,0267	97,1752	97,7269
2/46.	0,5668	0,0136	0,0513	0,0463	0,0081	0,2731	0,4395	0,3155	0	97,9141	99,6284
2/47.	0,0633	0,0554	0,041	0,0614	0,0027	0,2462	0,1349	0,0133	0,0006	98,7326	99,3514
2/48.	0,0545	0,0584	0,0517	0,0671	0,0004	0,2216	0,9488	0,0298	0,2041	91,9546	93,5911
2/49.	0,2183	0,018	0,0226	0,0098	0,0466	0,2479	0,2643	0,1459	0,042	99,0172	100,0327
2/50.	0,0408	0,0092	0,0562	0,0391	0	0,2343	0,1197	0,0274	0,0068	99,6032	100,1369
2/51.	7,6858	0,0179	0,0451	0,0475	0,0024	0,2375	0,2798	5,3721	0	89,2891	102,9772
2/52.	0,0351	0,0838	0,0511	0,111	0	0,2278	0,0928	0,004	0	100,0657	100,6712
2/53.	1,7918	2,5411	15,8301	0,284	0,0157	0,2408	3,5101	1,1771	0,596	87,3891	113,3758

9.2.12 Messergebnisse Probe V3A Linienprofil 3

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
3 / 1 .	22,412	0,0284	0,0802	1,8238	0,0076	3,6049	24,8734	4,9386	0,0163	27,3628	85,1478
3 / 2 .	0,1694	0,0737	0,0697	0,1205	0,0038	9,5711	0,1739	0,0173	0,0007	90,0781	100,2782
3 / 3 .	0,1231	0,0482	0,0894	0,0738	0	7,6197	0,1268	0,0262	0	90,767	98,8742
3 / 4 .	0,0906	0,0701	0,0754	0,0982	0,0004	6,3828	0,1417	0,0204	0,0113	93,0958	99,9867
3 / 5 .	0,0735	0,0842	0,0839	0,104	0,0036	5,6796	0,1793	0,008	0,0128	94,0227	100,2517
3 / 6 .	0,0621	0,3376	0,0333	0,3675	0,0023	1,7368	65,9777	0,0363	0	28,7296	97,2832
3 / 7 .	0,0667	0,6979	0,0729	0,3268	0	2,014	66,7289	0,0307	0	26,9695	96,9073
3 / 8 .	0,0574	0,9505	0,1116	0,3239	0	2,0924	66,7894	0,027	0,0032	26,8875	97,2429
3 / 9 .	0,0547	0,8019	0,1109	0,3606	0	1,9873	66,2169	0,0187	0,004	26,0776	95,6326
3 / 10 .	0,067	0,6352	0,1068	0,3526	0,0038	1,6528	67,2487	0,0212	0	26,9587	97,0469
3 / 11 .	0,068	0,2817	0,0232	0,4205	0,0076	1,3503	33,9691	0,0482	0,0141	47,7733	83,956
3 / 12 .	0,0253	0,0693	0,0677	0,0894	0	2,2255	0,133	0,0124	0	95,6053	98,2279
3 / 13 .	0,0447	0,0812	0,0517	0,1201	0	1,9612	0,2418	0,0089	0,0032	97,3894	99,9023
3 / 14 .	0,0616	0,0843	0,0111	0,2373	0,0011	1,7792	0,6748	0,0046	0	97,0891	99,9432
3 / 15 .	0,0433	0,0766	0,0341	0,08	0	1,5514	0,1968	0,0339	0	97,8841	99,9002
3 / 16 .	0,0271	0,0633	0,0406	0,0609	0	1,3995	0,1153	0,0211	0,0138	97,6637	99,4053
3 / 17 .	0,0327	0,0747	0,0604	0,1035	0	1,1826	0,1609	0,0234	0	98,5625	100,2007
3 / 18 .	0,0409	0,0607	0,0228	0,0826	0	1,1222	0,156	0,0216	0,0167	98,2635	99,787
3 / 19 .	0,0326	0,0667	0,0288	0,0588	0	0,9595	0,2351	0,0239	0,0218	98,5057	99,9328
3 / 20 .	0,158	0,1108	0,0281	0,2607	0	0,7108	4,9706	0,0252	0	91,1237	97,388
3 / 21 .	0,0738	0,0658	0,0457	0,0871	0,0043	0,7543	0,3271	0,0895	0,0086	97,854	99,3101
3 / 22 .	0,1248	0,0771	0,0532	0,1686	0,0007	0,7205	1,9117	0,0055	0,0099	96,5395	99,6114
3 / 23 .	0,0217	0,0341	0,0408	0,0182	0,0027	0,7505	0,1122	0,0371	0,0027	98,8055	99,8255
3 / 24 .	0,0279	0,0482	0,0269	0,0567	0	0,7332	0,3614	0,0216	0,0023	97,8304	99,1087
3 / 25 .	0,0279	0,0496	0,0347	0,0492	0,0011	0,7346	0,1367	0	0	98,5741	99,608
3 / 26 .	0,438	0,0505	0,0112	0,06	0,0369	0,6706	2,2885	0,3127	0	94,1574	98,0258
3 / 27 .	0,0812	0,1293	0,0138	0,1694	0,0027	0,5043	32,5259	0,052	0	68,3393	101,818
3 / 28 .	0	0,0333	0,0331	0,0596	0	0,6392	0,1407	0,0119	0	98,7068	99,6246
3 / 29 .	0,0529	0,0528	0,0238	0,0227	0	0,6137	0,1177	0,0013	0	99,0027	99,8877
3 / 30 .	0,0335	0,0476	0	0,032	0	0,6566	0,1557	0,0028	0	98,3889	99,3171
3 / 31 .	0,0131	0,0464	0,0274	0,0476	0,0025	0,6185	0,1441	0,022	0	99,0328	99,9545
3 / 32 .	0,0315	0,048	0,0354	0,026	0,0004	0,6395	0,556	0,0074	0,0125	98,3287	99,6856
3 / 33 .	0,0254	0,0575	0,0252	0,028	0	0,6309	0,1997	0,007	0	98,5962	99,5701
3 / 34 .	0,0408	0,0553	0,011	0,0483	0,0045	0,6878	0,1839	0,0149	0	98,5583	99,6047
3 / 35 .	0,0484	0,1084	0,0355	0,175	0,0013	0,7099	0,1695	0,0062	0	97,8172	99,0713
3 / 36 .	0,0268	0,0659	0,02	0,0458	0	0,748	0,1171	0,0198	0,0008	98,6034	99,6475
3 / 37 .	0,0416	0,0637	0,037	0,0777	0	0,7802	0,3106	0,0215	0,0119	98,9439	100,2882
3 / 38 .	0,0453	0,0534	0,0265	0,0557	0,0027	0,7446	0,2697	0	0	98,6824	99,8804
3 / 39 .	0,0227	0,0454	0,0349	0,0543	0	0,6741	0,1254	0,0211	0	99,2053	100,1832
3 / 40 .	0,0643	0,0433	0,0288	0,0403	0,0052	0,7165	0,4185	0,0101	0,0245	98,4397	99,7914
3 / 41 .	0,0239	0,0492	0,0275	0,0113	0	0,6873	0,0956	0,0141	0	99,2036	100,1124
3 / 42 .	0,0532	0,0449	0,0273	0,0374	0,0045	0,7128	0,2396	0	0,0153	98,4208	99,5557
3 / 43 .	0,0633	0,0448	0,0557	0,0615	0,0081	0,7044	0,5302	0,0405	0	98,7413	100,2498
3 / 44 .	0,0169	0,0445	0,0547	0,0114	0,0029	0,7211	0,1376	0,0514	0,0194	100,3598	101,4197
3 / 45 .	0,0308	0,0292	0,0457	0,0393	0,0002	0,7064	0,1972	0,0113	0,0037	99,0183	100,0821
3 / 46 .	0,0571	0,108	0,0161	0,1069	0	0,4282	35,4833	0,0599	0	61,8701	98,1296
3 / 47 .	0,0149	0,0269	0,029	0,0236	0	0,6732	0,1598	0,0101	0,0014	99,4327	100,3717
3 / 48 .	0,0568	0,0215	0,0317	0,0551	0,0061	0,6795	0,301	0,0256	0	99,1371	100,3142
3 / 49 .	0,0514	0,0292	0,0342	0,0368	0	0,627	0,1392	0,0387	0	98,7234	99,68
3 / 50 .	0,0479	0,0354	0,0191	0,0562	0,0052	0,6572	0,2257	0,0246	0,0094	96,6642	97,7448
3 / 51 .	0,2937	0,0283	0,0233	0,0867	0	0,6239	4,5393	0,017	0,0004	93,2561	98,8687
3 / 52 .	0,1634	0,0382	0,0589	0,037	0	0,571	0,2072	0,0202	0,0172	98,7463	99,8594
3 / 53 .	0,0787	0,0307	0,0249	0,0135	0	0,5828	0,1597	0,0097	0	99,7241	100,6242

9.2.13 Messergebnisse Probe V3B Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
4 / 1 .	0,1238	0,0291	0,1181	0,0629	0,002	6,8352	0,1722	0,0182	0	93,9235	101,285
4 / 2 .	0,1248	0,0537	0,135	0,0599	0,0026	6,4268	0,1205	0,0048	0,0141	94,1871	101,1293
4 / 3 .	0,1014	0,0485	0,1016	0,0622	0,0051	5,6896	0,1267	0,0109	0	95,0832	101,2293
4 / 4 .	0,0951	0,0429	0,1419	0,0634	0	5,2709	0,135	0	0	95,9593	101,7085
4 / 5 .	0,0497	0,062	0,1154	0,0824	0	4,9755	0,1439	0	0,0076	95,3031	100,7395
4 / 6 .	0,09	0,0694	0,1008	0,0872	0	4,895	0,2535	0,0052	0	95,4411	100,9421
4 / 7 .	0,0444	0,0661	1,4417	0,0605	0	4,9028	0,1206	0	0	93,9614	100,5977
4 / 8 .	0,0751	0,0675	0,1368	0,0719	0	4,9177	0,3527	0,0124	0	95,3567	100,9908
4 / 9 .	0,0811	0,0739	0,2142	0,1016	0	5,0117	0,1294	0,0122	0	95,3075	100,9316
4 / 10 .	0,091	0,0628	0,126	0,0806	0,0002	4,8084	0,1979	0	0,0044	95,4149	100,7862
4 / 11 .	0,0594	0,0572	0,1061	0,0644	0,0056	4,8702	0,1768	0,0028	0,0043	95,311	100,6578
4 / 12 .	0,0422	0,0681	0,1426	0,0297	0	4,7933	0,1018	0	0,0041	95,064	100,2458
4 / 13 .	0,0578	0,0637	0,3296	0,0545	0,0027	4,9318	0,1448	0,0128	0,0117	91,3164	96,9258
4 / 14 .	0,0491	0,0738	0,1142	0,0729	0	4,8002	0,084	0,014	0	95,6246	100,8329
4 / 15 .	9,8853	1,5267	64,4351	0,3909	0,0174	5,8592	4,8991	0,0371	0	64,7782	151,8292
4 / 16 .	0,4053	0,0826	0,4613	0,1245	0,0007	4,6148	1,3227	0,0033	0	88,3026	95,3177
4 / 17 .	0,0805	0,0702	0,095	0,0614	0	4,9847	0,1545	0,0132	0	95,4082	100,8676
4 / 18 .	0,0621	0,0915	0,0655	0,0324	0	4,5894	0,2259	0,0118	0,006	95,8003	100,8847
4 / 19 .	0,0872	0,0616	0,0693	0,0557	0	4,4331	0,2716	0,0013	0,0079	94,9917	99,9794
4 / 20 .	0,093	0,0641	0,087	0,0489	0,0022	4,4906	0,313	0,0036	0,0066	95,7266	100,8357
4 / 21 .	0,1057	0,0657	0,0466	0,0281	0,0076	4,396	0,214	0,0097	0	95,9383	100,8117
4 / 22 .	0,0885	0,0804	0,0438	0,0736	0	4,2897	0,2779	0,0153	0,0165	95,6313	100,517
4 / 23 .	0,0602	0,0808	0,0785	0,0538	0	4,3432	0,3284	0,0039	0	95,5672	100,516
4 / 24 .	1,3193	0,0603	0,4691	0,1026	0,0049	4,3442	1,3026	0,0048	0	93,9915	101,5993
4 / 25 .	0,0581	0,059	0,0547	0	0	4,1511	0,1484	0,0233	0,0261	95,7593	100,28
4 / 26 .	0,8283	0,2863	4,2881	0,1383	0	3,8757	6,7191	0,0293	0,0027	87,992	104,1597
4 / 27 .	0,0486	0,0699	0,0681	0,0301	0	4,0069	0,1477	0,0124	0	96,1666	100,5503
4 / 28 .	0,0634	0,0534	0,0842	0,0292	0,0016	3,9941	0,0933	0,0116	0,0178	96,5267	100,8751
4 / 29 .	0,0719	0,0424	0,0573	0,0323	0,0035	3,8962	0,2067	0,0066	0	96,3456	100,6626
4 / 30 .	0,1452	0,0371	0,0763	0,0181	0	3,8845	0,1644	0,0095	0	95,9709	100,306
4 / 31 .	0,6004	0,0499	0,4409	0,0689	0,0093	3,8191	0,4306	0,0301	0	95,6149	101,0642
4 / 32 .	2,3779	0,1375	0,0769	0,7539	0,004	2,6942	9,633	0,0029	0,0181	72,3667	88,065
4 / 33 .	0,1026	0,0299	0,076	0,0126	0,0042	3,1661	0,1797	0,0107	0	96,831	100,4129
4 / 34 .	0,0881	0,0411	0,0354	0,0107	0,0082	2,8518	0,2489	0,0098	0	97,2055	100,4996
4 / 35 .	0,2296	0,0357	0,0557	0	0	2,6643	0,4194	0,0115	0	97,0403	100,4566
4 / 36 .	0,2197	0,016	0,0346	0,0245	0	2,3996	0,3468	0,0114	0,0031	97,2146	100,2702
4 / 37 .	0,1982	0,0123	0,0382	0,0125	0,0011	2,0636	0,2057	0	0,0008	97,8586	100,391
4 / 38 .	0,3888	0	0,0533	0	0,0002	1,8095	0,3525	0	0,0016	97,7787	100,3847
4 / 39 .	1,3073	0	0,0185	0,0109	0,0077	1,5659	0,4083	0	0	97,0157	100,3344
4 / 40 .	0,9434	0,0042	0,0632	0,0097	0,0058	1,2127	0,5971	0,0217	0	96,5757	99,4335
4 / 41 .	0,5064	0	0,085	0	0,0058	0,9751	0,5658	0,0077	0	97,8153	99,9611
4 / 42 .	0,8719	0	0,0246	0,034	0,0071	0,7438	0,0876	0,0186	0	98,6767	100,4643
4 / 43 .	0,8111	0,0103	0,0759	0,0149	0,0089	0,6277	0,0939	0,0285	0	98,0307	99,7018
4 / 44 .	1,0643	0,0123	0,0372	0,0085	0,002	0,4624	0,1223	0,0053	0	99,3465	101,0609
4 / 45 .	1,6617	0	0,0812	0	0,0077	0,3672	0,2367	0	0,0012	98,4351	100,7909
4 / 46 .	0,8646	0,0003	0,0675	0,0059	0,0031	0,2685	0,0861	0,015	0	98,4843	99,7954
4 / 47 .	0,7455	0,008	1,4041	0,0342	0	0,2302	0,2109	0,0018	0	98,0309	100,6657
4 / 48 .	0,9942	0,0214	0,035	0	0,0018	0,1937	0,1212	0,0144	0,0096	99,1422	100,5335
4 / 49 .	0,9349	0,0106	0,0631	0	0,0131	0,1883	0,0941	0,0116	0	95,7204	97,036
4 / 50 .	0,6168	0,0046	0,0398	0	0	0,1608	0,0579	0,0337	0	99,2574	100,171
4 / 51 .	1,1574	0,0109	0,0537	0,004	0,0062	0,1453	0,0545	0,003	0,0083	100,5951	102,0385
4 / 52 .	1,1277	0	0,043	0,0049	0	0,1519	0,0173	0,0118	0	99,2224	100,5791
4 / 53 .	1,4455	0,001	0,0298	0	0,0109	0,1705	0,0657	0,0136	0	97,8208	99,5578

9.2.14 Messergebnisse Probe V3B Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
5 / 1 .	0,215	0,0355	0,3046	0,0727	0,0044	6,6935	0,1676	0,0243	0,0022	94,3897	101,9095
5 / 2 .	0,141	0,0313	0,2933	0,1472	0,0004	5,8166	0,3138	0,005	0,0072	93,9283	100,6842
5 / 3 .	0,1533	0,0478	0,3547	0,1568	0,0053	5,5467	0,4343	0,0182	0,0027	93,598	100,3178
5 / 4 .	0,1033	0,0373	0,2587	0,0929	0	5,3127	0,1622	0,0103	0,0026	95,1866	101,1666
5 / 5 .	0,082	0,0512	0,2259	0,0875	0,0016	5,2658	0,2351	0,0115	0,0188	95,3448	101,3241
5 / 6 .	0,0667	0,0316	0,22	0,0876	0	5,2706	0,2108	0	0,0136	94,7005	100,6013
5 / 7 .	0,1064	0,0505	0,2037	0,0604	0	5,476	0,1795	0,0092	0,0194	94,7415	100,8466
5 / 8 .	0,5933	0,0546	0,205	0,0357	0	5,2966	0,4106	0,178	0	94,0952	100,8691
5 / 9 .	18,937	0,5042	29,9938	0,4528	0,0664	4,2739	18,1007	8,2308	0,0005	56,6251	137,1852
5 / 10 .	0,9404	0,0581	0,5505	0,0209	0,017	4,8006	0,7765	0,1927	0	93,5876	100,9443
5 / 11 .	0,3372	0,0769	0,1556	0,2362	0,0015	4,4617	4,1514	0,0271	0	94,3322	103,7799
5 / 12 .	0,1005	0,0613	0,1339	0,1623	0,0104	4,2331	0,7677	0,0147	0	94,7349	100,2187
5 / 13 .	0,0441	0,0684	0,1439	0,1183	0,0011	3,9677	0,4777	0,0077	0,0003	96,1829	101,0122
5 / 14 .	0,0494	0,0864	0,1456	0,1713	0,0068	3,8231	0,4116	0,0087	0,0094	94,5186	99,231
5 / 15 .	0,0616	0,0842	0,1211	0,1521	0,0024	3,7796	0,201	0,012	0,0121	95,3558	99,782
5 / 16 .	0,0612	0,0814	0,1275	0,1639	0	3,6767	0,2393	0,0144	0	96,2887	100,6531
5 / 17 .	0,0557	0,0994	0,1302	0,1367	0,0009	3,4431	0,1277	0,005	0,0137	96,3014	100,3137
5 / 18 .	0,0528	0,0829	0,1167	0,0582	0,0044	3,5404	0,0808	0	0,0027	96,0288	99,9677
5 / 19 .	0,2102	0,0959	0,1548	0,0761	0,0097	3,3995	0,3779	0,039	0,0046	96,6509	101,0187
5 / 20 .	0,1793	0,125	0,0921	0,2214	0,0053	3,2183	1,2459	0,0204	0	95,5536	100,6613
5 / 21 .	0,0278	0,095	0,0673	0,0881	0,004	3,2383	0,078	0,018	0,0008	96,6716	100,2889
5 / 22 .	0,1146	0,2461	1,2618	0,2213	0	3,1936	0,0922	0,013	0,01	94,5266	99,6792
5 / 23 .	0,1659	0,1261	0,5009	0,2786	0,0092	2,8871	0,1466	0,3695	0,0195	47,1703	51,6736
5 / 24 .	0,2433	0,1563	2,0212	0,158	0,022	2,2714	0,344	0,8271	0,0174	51,9329	57,9936
5 / 25 .	0,0368	0,0877	0,0682	0,1262	0	2,8695	0,18	0,0104	0,0015	97,0082	100,3886
5 / 26 .	0,1086	0,0935	0,3702	0,0831	0,0061	2,4531	0,3642	0,2167	0	92,6003	96,2958
5 / 27 .	0,0453	0,0731	0,084	0,092	0,0013	2,7802	0,1964	0,0098	0,0156	96,897	100,1946
5 / 28 .	0,0339	0,0911	0,0605	0,0968	0,0009	2,6277	0,2854	0	0	97,5959	100,7924
5 / 29 .	0,0259	0,0871	0,0631	0,1393	0	2,4807	0,5822	0,0058	0,0005	96,6828	100,0674
5 / 30 .	1,0574	0,09	0,0541	0,1555	0,0145	2,4668	4,3388	0,4472	0	92,665	101,2893
5 / 31 .	0,0688	0,0726	0,0696	0,0883	0,0071	2,4579	0,5503	0,0127	0	97,406	100,7333
5 / 32 .	0,0634	0,0839	0,0675	0,1189	0	2,3659	0,1185	0	0	96,9816	99,7998
5 / 33 .	0,027	0,0721	0,1039	0,0964	0	2,1439	0,2055	0,0192	0	97,5251	100,1931
5 / 34 .	0,0846	0,0482	0,0453	0,164	0	1,9917	0,2444	0,0124	0,0059	97,0341	99,6305
5 / 35 .	0,2941	0,0959	0,0664	0,4476	0	1,8336	4,6476	0,0066	0,0041	93,3393	100,7353
5 / 36 .	0,0238	0,0472	0,0707	0,0722	0,0004	1,7586	0,0793	0,0088	0,0077	97,3878	99,4565
5 / 37 .	0,0151	0,0619	0,036	0,124	0,0059	1,6935	0,3175	0,0053	0	97,7865	100,0458
5 / 38 .	0,0594	0,0379	0,0425	0,1123	0,0026	1,5721	1,2186	0,0129	0	97,455	100,5134
5 / 39 .	0,0068	0,0338	0,0495	0,0624	0	1,4777	0,1454	0,0004	0	98,7971	100,573
5 / 40 .	0,0223	0,0388	0,0471	0,0494	0	1,3781	0,1289	0,032	0	98,5008	100,1974
5 / 41 .	0,0431	0,0172	0,0239	0,0984	0,0059	1,3885	0,1722	0,0027	0	98,7486	100,5006
5 / 42 .	0,1227	0,0249	0,0377	0,1589	0,0035	1,2417	3,9032	0,0163	0	97,3789	102,8878
5 / 43 .	0,0308	0,0297	0,0245	0,1373	0	1,1345	0,2323	0,0084	0,0057	99,1049	100,7081
5 / 44 .	0,0418	0,0145	0,021	0,1037	0	1,0547	0,2681	0,0187	0,0106	98,799	100,3321
5 / 45 .	0,0246	0,0159	0,0223	0,0963	0,0024	0,954	0,16	0	0	98,5584	99,834
5 / 46 .	0,0354	0,0065	0,0267	0,0831	0	0,8819	0,2309	0	0	97,6148	98,8794
5 / 47 .	0,1456	0,0063	0,0445	0,0808	0,0061	0,8067	0,5285	0,0232	0,0031	98,3483	99,9932
5 / 48 .	0,0367	0,0094	0,0108	0,0587	0,0004	0,764	0,1393	0,0032	0,0114	97,5867	98,6207
5 / 49 .	0,0186	0,0076	0,0295	0,0861	0	0,7694	0,1191	0,0049	0	98,6829	99,7181
5 / 50 .	0,0344	0,0247	0,0157	0,1226	0	0,6799	0,4112	0	0,0009	97,0984	98,3879
5 / 51 .	0,1348	0,0019	0,0176	0,112	0	0,687	2,7742	0,0222	0,0088	95,7025	99,4609
5 / 52 .	0,0481	0,0082	0,024	0,0717	0	0,6474	0,9049	0,0032	0,0085	96,9639	98,6798
5 / 53 .	0,0329	0,0059	0,0285	0,0496	0,0046	0,6245	0,2664	0,0099	0	99,3709	100,3933

9.2.15 Messergebnisse Probe V3B Linienprofil 3

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
6 / 1 .	0,333	0,041	0,3262	0,0569	0,0072	12,8568	0,1433	0,0417	0	87,2069	101,0131
6 / 2 .	0,1834	0,0584	0,3006	0,0476	0	10,9344	0,2115	0,0147	0	88,9719	100,7225
6 / 3 .	0,1926	0,0645	0,2737	0,1184	0,0027	9,4787	0,5178	0,0144	0,0011	90,7517	101,4156
6 / 4 .	0,0936	0,0504	0,2351	0,0563	0,0047	7,7874	0,1197	0,0201	0,0026	93,1524	101,5224
6 / 5 .	0,8378	0,0803	0,2231	0,8592	0,0002	6,3235	2,596	0,1393	0	87,8037	98,8632
6 / 6 .	0,0482	0,0675	0,1923	0,0858	0,0004	6,058	0,0891	0,0003	0	93,9705	100,5122
6 / 7 .	0,1489	0,0747	0,2214	0,121	0	5,904	0,1908	0,0133	0	93,4488	100,123
6 / 8 .	0,0725	0,0724	0,188	0,0962	0,0113	5,8396	0,1274	0,0319	0	92,6745	99,1138
6 / 9 .	0,0829	0,0695	0,17	0,1191	0,0021	5,7134	0,2232	0,0032	0,0041	92,8422	99,2297
6 / 10 .	0,0526	0,078	0,1411	0,1103	0	5,684	0,1543	0,0321	0	94,6689	100,9212
6 / 11 .	0,0642	0,0755	0,1664	0,1187	0	5,5948	0,2482	0,0017	0,0072	93,9317	100,2085
6 / 12 .	0,2068	0,1188	0,1432	0,3872	0,0034	5,5944	0,6266	0,0131	0,0038	93,0715	100,1687
6 / 13 .	0,0797	0,0832	0,1557	0,1134	0	5,4739	0,208	0	0,0015	94,3133	100,4287
6 / 14 .	0,124	0,0857	0,1219	0,1436	0,0017	5,5308	0,3733	0,0198	0,0097	94,6124	101,0229
6 / 15 .	0,2244	0,2774	4,0022	0,1573	0,004	5,2936	4,6035	0,021	0,0077	84,3934	98,9844
6 / 16 .	0,2983	0,0867	0,1051	0,1469	0	5,5007	2,2297	0,0162	0,0011	91,6803	100,065
6 / 17 .	0,1484	0,099	0,1228	0,1047	0,0027	5,5116	0,2141	0,0185	0,0162	94,2886	100,5266
6 / 18 .	0,147	0,1107	0,1038	0,1625	0,0029	5,3616	0,4848	0,0261	0,0021	93,1853	99,5869
6 / 19 .	0,0219	0,1005	0,1269	0,0864	0,0009	5,324	0,1261	0,0164	0,0128	94,0314	99,8474
6 / 20 .	0,0667	0,0874	0,0852	0,0763	0,0022	5,2686	0,1204	0,0026	0	94,6637	100,3732
6 / 21 .	0,0941	0,1028	0,1075	0,1047	0,0011	5,3567	0,3115	0,0087	0,005	94,4557	100,5476
6 / 22 .	0,0482	0,0856	0,0797	0,0803	0,0022	5,2666	0,5292	0,0121	0	93,2788	99,3827
6 / 23 .	0,1684	0,1016	0,1195	0,0728	0,0013	5,2518	0,1576	0,0203	0,0203	94,7893	100,7029
6 / 24 .	0,1671	0,0951	0,1308	0,1453	0,0071	5,3017	0,4206	0,0131	0,0041	93,4362	99,721
6 / 25 .	0,1162	0,0832	0,1118	0,0506	0	5,0672	0,1633	0,0091	0,0081	94,593	100,2024
6 / 26 .	0,185	0,1193	0,1319	0,0843	0,0026	5,0137	3,79	0	0,0108	91,641	100,9785
6 / 27 .	0,9469	0,1433	0,0864	0,4079	0,0007	4,9547	2,6418	0,0005	0	91,8892	101,0714
6 / 28 .	0,1915	0,0977	0,1365	0,0968	0,0057	5,2194	0,4115	0,0044	0	94,4624	100,6259
6 / 29 .	0,1707	0,0885	0,1428	0,0831	0,0009	4,9822	0,3731	0,0018	0	94,1736	100,0167
6 / 30 .	0,2198	0,0792	0,157	0,0787	0	4,9764	0,2768	0	0,0193	93,3579	99,1651
6 / 31 .	0,1572	0,0716	0,1459	0,0568	0	5,1084	0,1909	0	0	94,2967	100,0276
6 / 32 .	0,2513	0,0596	0,2078	0,0389	0	5,0117	0,3239	0,0144	0,0112	94,512	100,4308
6 / 33 .	0,0638	0,0619	0,1354	0,0507	0,0092	4,7056	0,2063	0,0126	0,0063	94,7953	100,047
6 / 34 .	0,0444	0,0467	0,2198	0,0401	0,0004	4,7486	0,2982	0,0027	0	95,4091	100,8101
6 / 35 .	0,0609	0,0534	0,0868	0,0161	0	4,457	0,1479	0,014	0	95,3637	100,1997
6 / 36 .	0,1382	0,0541	0,0807	0,0693	0	4,3505	0,2552	0,0016	0,0094	95,1628	100,1218
6 / 37 .	0,0723	0,058	0,079	0,0043	0	4,1177	0,2064	0,0263	0	96,0137	100,5777
6 / 38 .	0,065	0,0539	0,1077	0,0307	0,0024	3,8813	0,0823	0,0047	0	95,7928	100,0208
6 / 39 .	0,2463	0,0466	0,1173	0,0311	0,007	3,7975	3,0296	0,0241	0	92,516	99,8154
6 / 40 .	0,3779	0,0472	0,0725	0,0375	0,006	3,6154	0,4934	0,0128	0	95,9401	100,6028
6 / 41 .	0,1977	0,0326	0,075	0,0771	0,004	3,4146	0,4227	0,0126	0,0124	95,2143	99,4631
6 / 42 .	0,3367	0,0183	0,0765	0,0623	0,0038	3,2459	0,5084	0,0157	0,0121	95,7879	100,0675
6 / 43 .	0,3196	0,0339	0,0716	0,0584	0,0049	3,0126	0,4715	0	0,0071	96,1353	100,1149
6 / 44 .	0,9566	0,0333	0,101	0,0378	0,0022	2,8715	1,1295	0,0055	0,0044	94,9433	100,085
6 / 45 .	0,1522	0,0149	0,0934	0,0245	0,0009	2,7914	0,1796	0,0047	0,019	96,8482	100,1289
6 / 46 .	0,2141	0,0081	0,3709	0,0313	0	2,7531	0,4348	0,0012	0	97,0796	100,8932
6 / 47 .	0,0421	0,0155	0,0771	0,0111	0	2,3805	0,1154	0,0028	0	97,8549	100,4993
6 / 48 .	0,081	0,0156	0,0962	0,0038	0	2,2746	0,1285	0,032	0	97,7162	100,348
6 / 49 .	0,1127	0,0115	0,0918	0,0114	0	2,1279	0,1802	0,0204	0	98,1648	100,7208
6 / 50 .	0,1366	0,0173	0,0842	0,0247	0	1,9324	0,5517	0	0	97,6375	100,3844
6 / 51 .	0,1703	0,0216	0,0756	0,0082	0,0022	1,8356	0,4931	0,0088	0	97,2562	99,8716
6 / 52 .	0,5296	0,0153	0,076	0,0178	0	1,7011	2,5601	0,0196	0,0068	93,794	98,7204
6 / 53 .	0,3009	0,0076	0,0749	0,0249	0	1,5881	0,5719	0,0316	0	97,5489	100,1489

9.2.16 Messergebnisse Probe V4A Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
50 / 1 .	31,7642	0	0,0122	0,0088	0,008	0,4085	0,1837	31,9523	0	28,6876	93,0252
50 / 2 .	6,5979	0,0011	0,0199	0,0531	0,0004	0,3492	21,7594	10,7049	0,0132	45,8352	85,3342
50 / 3 .	0,0952	0,0081	0,0214	0,0541	0,0022	0,4627	0,1935	0,0292	0,0186	98,3288	99,2138
50 / 4 .	0,0602	0,0129	0	0,0187	0	0,4532	0,1968	0,0346	0,0023	98,3444	99,1233
50 / 5 .	0,1338	0	0,0114	0,0296	0	0,4282	0,2223	0,0203	0,0092	98,1597	99,0145
50 / 6 .	0,1564	0,0067	0,0054	0,0386	0	0,3754	1,3496	0,0178	0	98,2125	100,1624
50 / 7 .	0,0706	0	0,0047	0,0476	0,0022	0,4302	0,0631	0,0071	0	98,7757	99,4012
50 / 8 .	0,0762	0	0,0092	0,0545	0	0,3967	0,095	0,0267	0	99,923	100,5813
50 / 9 .	2,4333	0	0,0579	0,1783	0	0,3932	2,4016	0,0339	0,0073	88,2388	93,7443
50 / 10 .	0,0683	0,0019	0,027	0,0421	0,0053	0,3833	0,1153	0,0179	0	98,8895	99,5506
50 / 11 .	0,6709	0,003	0,0393	0,0732	0,0046	0,3611	1,5307	0,0444	0,0171	93,9753	96,7195
50 / 12 .	0,0735	0	0,011	0	0,0011	0,3459	0,1354	0,0026	0	98,8853	99,4549
50 / 13 .	0,0659	0	0,0219	0,0094	0,0124	0,3341	0,1277	0,0272	0,0204	99,2097	99,8288
50 / 14 .	0,1647	0,0033	0	0,0492	0,0002	0,3299	0,3125	0,0068	0	98,3736	99,2403
50 / 15 .	0,1624	0,0043	0	0,0203	0,0107	0,3031	0,579	0,0165	0,0067	97,8034	98,9063
50 / 16 .	0,604	0	0,0301	0,017	0	0,2981	1,2547	0,0047	0	98,2046	100,4133
50 / 17 .	0,5077	0	2,0465	0,0084	0,0068	0,3937	3,7652	0,0067	0,0033	88,5455	105,2837
50 / 18 .	0,2207	0,0011	0,0116	0	0	0,3277	0,1764	0,0032	0,0231	98,8762	99,64
50 / 19 .	0,5419	0	0	0,0131	0,0049	0,2797	0,3272	0,0224	0,0181	98,3619	99,5692
50 / 20 .	0,3042	0	0,0081	0,001	0,0018	0,2779	0,1812	0,0204	0	99,0711	99,8657
50 / 21 .	0,396	0,0092	0	0,0092	0	0,2846	0,2597	0,0036	0,0263	96,7945	97,783
50 / 22 .	1,4417	0,0059	0,0381	0,0236	0,0057	0,2662	0,3051	0,0191	0	92,399	94,5044
50 / 23 .	0,3821	0,0013	0,0014	0,0032	0,0026	0,2169	0,1435	0,0174	0,0015	99,1476	99,9177
50 / 24 .	0,457	0	0,019	0	0	0,2201	0,1616	0,0199	0,011	99,4965	100,3852
50 / 25 .	0,5298	0	0	0,012	0,0018	0,219	0,197	0,0321	0,0039	98,4131	99,4087
50 / 26 .	0,9536	0,0062	0,3767	0,011	0	0,2232	0,5598	0,0173	0	96,236	98,3838
50 / 27 .	0,7561	0	0,0243	0	0,0057	0,2407	0,2028	0,033	0,0069	97,8163	99,0858
50 / 28 .	0,6571	0	0,01	0	0,004	0,2021	0,1186	0,0242	0	99,0949	100,111
50 / 29 .	0,5756	0	0,0328	0	0,0022	0,1874	0,1128	0,0252	0	98,5434	99,4795
50 / 30 .	0,511	0	0,005	0	0,002	0,1643	0,0927	0,004	0,0134	99,2862	100,0787
50 / 31 .	0,4665	0,0067	0	0,0164	0,0033	0,1484	0,0631	0,0136	0	99,0747	99,7927
50 / 32 .	0,6956	0,0081	0,0052	0,0212	0,0024	0,1386	0,1207	0,0368	0,0045	98,7699	99,803
50 / 33 .	0,6006	0	0,0814	0	0,0009	0,1713	0,2167	0,0052	0	99,0055	100,0816
50 / 34 .	0,436	0,009	0,0044	0	0,0004	0,1449	0,0641	0,0089	0	99,3561	100,0238
50 / 35 .	0,9407	0,0068	0,0216	0	0	0,1302	0,1132	0,0209	0,0054	98,15	99,3888
50 / 36 .	0,7975	0	0,0173	0	0,0002	0,1175	0,0439	0	0	99,0653	100,0418
50 / 37 .	0,789	0	0,0173	0,022	0	0,1555	0,0338	0,0047	0,0134	99,0056	100,0413
50 / 38 .	0,7178	0,0024	0,0195	0,0124	0,0044	0,1385	0,305	0,0027	0	99,0737	100,2765
50 / 39 .	0,7733	0	0,0177	0	0	0,1519	0,0497	0,014	0,0031	98,7931	99,8028
50 / 40 .	0,8878	0	0,3625	0,0059	0	0,1388	0,1123	0,0249	0	98,6632	100,1955
50 / 41 .	1,4701	0	0,0216	0	0,0055	0,1521	0,0286	0,0245	0	98,4713	100,1738
50 / 42 .	0,5361	0,0007	0,0206	0	0	0,1441	0,0355	0,0252	0	99,3991	100,1613
50 / 43 .	0,5626	0,0049	0	0,0146	0	0,1301	0,01	0,0205	0	98,4927	99,2354
50 / 44 .	1,3456	0	0,1757	0	0	0,146	0,0243	0,0219	0	99,3485	101,0621
50 / 45 .	0,757	0,0052	0,0109	0	0	0,1497	0,0243	0,0229	0,0096	98,7057	99,6854
50 / 46 .	2,4472	0,0024	0,0106	0,0004	0	0,1516	0,038	0,0043	0	97,4627	100,1172
50 / 47 .	0,895	0,0073	0,0177	0,0111	0	0,1313	0,0235	0,0128	0,0075	98,8156	99,9218
50 / 48 .	1,7654	0,0025	0,8949	0	0	0,1687	0,0286	0,0015	0	98,8712	101,7329
50 / 49 .	1,3429	0	0,0202	0	0,0053	0,1748	0,0833	0,0402	0,007	97,6581	99,3318
50 / 50 .	1,3774	0,0064	0,019	0,0015	0	0,1584	0,0334	0,0005	0,0074	98,3014	99,9054
50 / 51 .	0,9099	0	0,031	0,0068	0,004	0,1355	0,0225	0,0337	0	98,2359	99,3794
50 / 52 .	0,6715	0	0,0209	0,0299	0	0,16	0,0088	0,0314	0,0053	99,6523	100,5802
50 / 53 .	0,5361	0,0037	0,0238	0,0073	0,0033	0,1436	0,0288	0,0075	0,0081	99,0564	99,8186
50 / 54 .	1,37	0	0,0086	0,0115	0	0,164	0,0448	0,0241	0,0123	97,358	98,9933
50 / 55 .	0,7487	0,0037	0,0187	0,0179	0,0064	0,1471	0,0432	0,0105	0,0038	97,2187	98,2187
50 / 56 .	1,1393	0,0053	0,3036	0,0005	0,0214	0,1512	0,0285	0,0082	0,0163	99,5764	101,2508
50 / 57 .	1,8783	0,0058	2,0452	0	0	0,1405	0,0409	0,0338	0,0058	97,6725	101,8227
50 / 58 .	0,5617	0,0073	0,0547	0,0194	0	0,1632	0,0274	0,0184	0	98,714	99,566
50 / 59 .	0,6696	0	0	0	0	0,1455	0,0422	0,0393	0	99,2587	100,1554
50 / 60 .	1,0401	0,001	0,0186	0,0012	0,0091	0,1484	0,0355	0,0149	0	99,433	100,7017
50 / 61 .	0,7031	0,0034	0,0095	0	0	0,1343	0,0288	0,0103	0,0163	98,2249	99,1307

9.2.17 Messergebnisse Probe V4A Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
51 / 1 .	0,0339	0,0135	0,0011	0,0342	0	0,456	0,4548	0,0184	0	99,6751	100,687
51 / 2 .	0,0677	0	0,0141	0,08	0,0038	0,5038	0,1445	0,0381	0,014	99,2652	100,1313
51 / 3 .	0,3996	0	0,0213	0,0584	0	0,4986	0,6622	0,0621	0,0019	98,4398	100,1439
51 / 4 .	0,1697	0,0034	0,0005	0,1851	0,0071	0,4302	3,7206	0,0293	0,005	89,4595	94,0104
51 / 5 .	0,1208	0,0068	0,0244	0,0375	0	0,4212	0,6276	0,0346	0	99,3647	100,6374
51 / 6 .	0,226	0,004	0,037	0,0306	0,0062	0,3915	0,4964	0,0342	0	99,3734	100,5993
51 / 7 .	0,4259	0,0021	0,0079	0,0721	0,0179	0,3606	3,4638	0	0	92,5741	96,9245
51 / 8 .	0,1947	0	0	0,0329	0,002	0,3376	0,2731	0,0202	0	98,9843	99,8449
51 / 9 .	0,1869	0,0121	0,0258	0,0227	0	0,3236	0,3807	0,0171	0,0008	99,758	100,7277
51 / 10 .	0,094	0,0114	0,017	0,0112	0,0299	0,3329	0,1457	0,0525	0	90,0368	90,7315
51 / 11 .	8,1896	0,0241	0,0584	0,0409	1,3734	0,2599	3,2154	0,2749	0	47,6914	61,1279
51 / 12 .	0,1426	0,0047	0,0237	0,0266	0,0263	0,3061	0,2033	0,0076	0	99,1719	99,9128
51 / 13 .	0,0684	0	0	0,0186	0	0,2798	0,1109	0,0118	0	99,6869	100,1764
51 / 14 .	0,0824	0,0042	0,0187	0,033	0	0,2632	0,1258	0,022	0	99,33	99,8793
51 / 15 .	0,4089	0,0005	0,013	0,0067	0,0103	0,268	0,4742	0,0005	0	99,5059	100,6879
51 / 16 .	0,1564	0,0058	0,0087	0,0016	0	0,2394	0,4339	0,0266	0	99,0621	99,9345
51 / 17 .	0,0698	0,0043	0,0234	0,0127	0,0049	0,2338	0,1249	0,0157	0,0141	100,4524	100,9559
51 / 18 .	0,0295	0,0021	0,0093	0,0027	0,0217	0,215	0,2682	0,0089	0	99,486	100,0433
51 / 19 .	0,0428	0	0,0074	0,0069	0,0117	0,1633	0,3008	0,0086	0,012	99,5131	100,0667
51 / 20 .	0,056	0	0,0248	0	0,004	0,1677	0,3037	0,056	0,0089	98,7567	99,3778
51 / 21 .	0,1077	0,015	0	0,0147	0	0,1504	0,304	0,0265	0,0054	98,7746	99,3984
51 / 22 .	0,0751	0	0	0,0227	0,013	0,1634	0,3982	0,024	0,0099	99,3863	100,0927
51 / 23 .	0,1205	0	0	0,0145	0,041	0,1305	0,1896	0,0017	0,0034	99,7311	100,2323
51 / 24 .	0,1233	0,0003	0,0024	0,0032	0,0079	0,1337	0,2487	0,0109	0,0058	99,4315	99,9677
51 / 25 .	0,1418	0,0143	0,0123	0,0148	0,0053	0,102	0,3249	0	0,0025	99,9386	100,5565
51 / 26 .	0,1452	0	0,0064	0,0209	0,0163	0,1013	0,1883	0,0519	0,0006	99,0061	99,537
51 / 27 .	0,171	0	0,0286	0	0,0123	0,0802	0,3215	0,0162	0,0066	99,612	100,2484
51 / 28 .	0,1577	0,0012	0,0083	0	0,002	0,1011	0,161	0,0182	0	99,002	99,4516
51 / 29 .	0,1701	0,0111	0,0008	0,012	0,0081	0,1075	0,1596	0	0,0008	100,0635	100,5335
51 / 30 .	0,1809	0	0,0152	0,0314	0,0035	0,1021	0,1529	0,0244	0	99,6775	100,188
51 / 31 .	0,2559	0	0	0,008	0,0046	0,0926	0,2857	0,0228	0	100,053	100,7227
51 / 32 .	0,2171	0,0077	0,0105	0,0121	0	0,0836	0,1325	0,0156	0	98,7907	99,2698
51 / 33 .	0,891	0,0035	0,0141	0	0,0315	0,0872	0,1062	0,4693	0,0091	97,5427	99,1546
51 / 34 .	0,1932	0	0,0031	0,0146	0,0028	0,075	0,082	0,0236	0	98,7361	99,1306
51 / 35 .	0,2415	0	0,0162	0	0	0,0832	0,0809	0,0251	0	99,8094	100,2562
51 / 36 .	0,2349	0,0057	0,0129	0	0,0011	0,0887	0,0441	0	0,0058	99,4983	99,8916
51 / 37 .	0,1966	0,0118	0,005	0,0288	0,0039	0,0481	0,0724	0,0026	0	99,7221	100,0914
51 / 38 .	0,228	0	0	0	0,0028	0,061	0,042	0,0124	0,0186	99,5341	99,899
51 / 39 .	0,1742	0	0,0114	0,0098	0	0,0583	0,0165	0,02	0	100,2188	100,5091
51 / 40 .	0,6016	0	0,0339	0	0,0046	0,0993	0,0277	0,0234	0,0019	99,501	100,2933
51 / 41 .	0,9743	0	0,0408	0,0138	0,0009	0,0939	0,043	0,0151	0	98,5644	99,7463
51 / 42 .	0,7525	0,0003	0,0198	0	0,0002	0,0776	0,0049	0,0155	0,012	98,5672	99,45
51 / 43 .	0,7208	0	0,0642	0,012	0,0007	0,0951	0,0282	0,0109	0,0173	99,0654	100,0146
51 / 44 .	0,8146	0,0099	0,0256	0,0122	0,0026	0,0551	0,0369	0,032	0,0014	98,7475	99,7378
51 / 45 .	0,7411	0,0225	0,0305	0	0	0,0595	0,0216	0,0144	0	99,1946	100,0842
51 / 46 .	0,8982	0,0105	0,0255	0	0,0013	0,0599	0,0216	0,0269	0	98,9215	99,9654
51 / 47 .	0,6935	0	0,01	0,0085	0,0036	0,0627	0,035	0,0282	0,0159	98,4639	99,3212
51 / 48 .	0,8734	0,0003	0,0509	0	0	0,0606	0,0393	0,0222	0	98,4374	99,4841
51 / 49 .	0,8694	0	0,0363	0	0	0,0409	0,0144	0,0218	0	98,2929	99,2758
51 / 50 .	0,6777	0	0,0186	0,0103	0,0015	0,093	0,0328	0,016	0,0059	98,8021	99,6581
51 / 51 .	0,7749	0,0028	0,0149	0	0,0113	0,0731	0	0,0099	0,0074	98,5602	99,4545
51 / 52 .	1,0678	0	0,0528	0,0032	0	0,1199	0,0311	0,0145	0,0101	98,4642	99,7635
51 / 53 .	0,7358	0	0,0216	0	0,006	0,0743	0,0168	0,0099	0,0029	98,9714	99,8387
51 / 54 .	0,6704	0	0,0144	0,0077	0	0,0476	0,0266	0,0068	0	98,8361	99,6095
51 / 55 .	0,8822	0,0046	0,0547	0	0,0064	0,0882	0,0401	0,0249	0,0154	98,3043	99,4208
51 / 56 .	0,788	0,0035	0,0385	0	0,009	0,0833	0,0334	0,0231	0,0065	98,1024	99,0875
51 / 57 .	0,8921	0,0042	0,0221	0,0093	0	0,0666	0,0454	0,0147	0	99,0768	100,1312
51 / 58 .	0,786	0	0,0287	0	0	0,0798	0,0356	0,0148	0	98,5799	99,5247
51 / 59 .	0,729	0,0086	0,0169	0,0052	0,0026	0,0799	0,026	0,032	0	99,0621	99,9623
51 / 60 .	0,5821	0,0035	0,0181	0	0,0015	0,0872	0,0348	0,0104	0,013	98,374	99,1247
51 / 61 .	0,6882	0	0,0211	0	0,0083	0,0643	0,0291	0,0165	0	98,442	99,2695

9.2.18 Messergebnisse Probe V4B Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
52 / 1 .	0,0958	0	0,0049	0,0359	0,0112	0,2763	0,2281	0,037	0	100,8223	101,5115
52 / 2 .	0,1347	0,0011	0,0085	0,0175	0,0077	0,2711	0,1596	0,0022	0,0081	100,3204	100,9308
52 / 3 .	0,0823	0	0	0,0486	0,0009	0,2552	0,3877	0,0285	0	99,9639	100,7671
52 / 4 .	0,1859	0	0,0165	0,0652	0,0075	0,2639	1,1432	0,0096	0	99,8042	101,4961
52 / 5 .	0,0662	0	0,023	0,0385	0,0033	0,2881	0,1324	0,0384	0,0094	100,0771	100,6764
52 / 6 .	0,0686	0,0016	0,0084	0,0278	0	0,2563	0,0819	0,0101	0,0088	100,8237	101,2872
52 / 7 .	0,1472	0,0003	0,003	0,0184	0,0022	0,2325	0,1921	0,0108	0	99,8853	100,4917
52 / 8 .	0,3054	0,0021	0,021	0,046	0,007	0,2483	0,2508	0,0254	0	99,7379	100,644
52 / 9 .	3,9698	0,0111	0,0112	0,0508	0	0,2242	3,8404	0,0089	0	92,6986	100,8149
52 / 10 .	0,5705	0,0066	0,0197	0,0453	0,0072	0,2095	0,7395	0	0,0012	98,8645	100,4641
52 / 11 .	0,5496	0	0,0176	0,0193	0,0002	0,2412	0,4664	0,0051	0,0128	98,943	100,2552
52 / 12 .	0,4104	0	0	0,0238	0	0,2122	0,6451	0,0109	0,0052	98,9063	100,2139
52 / 13 .	0,3668	0	0	0,0004	0,0068	0,2037	0,314	0,0037	0	99,1912	100,0868
52 / 14 .	0,6756	0	0,0076	0,0014	0,0004	0,2156	0,4473	0,0105	0	98,8347	100,1932
52 / 15 .	0,5901	0	0,0581	0	0	0,209	0,3055	0,0125	0,0122	98,3232	99,5106
52 / 16 .	0,3341	0	0,008	0	0	0,1887	0,0957	0,0122	0	99,523	100,1618
52 / 17 .	0,4066	0	0,0114	0,0019	0	0,1585	0,1099	0,0231	0	99,2151	99,9265
52 / 18 .	1,4829	0	0,024	0,0095	0	0,1805	0,7083	0,0048	0	97,0405	99,4507
52 / 19 .	0,8523	0,0016	0,0164	0	0,0126	0,1494	0,4083	0	0,0061	98,6605	100,1073
52 / 20 .	0,4814	0,008	0,0142	0	0,0109	0,1502	0,0827	0,0329	0	99,5503	100,3308
52 / 21 .	0,6869	0	0,0614	0	0,0176	0,1941	0,5357	0,0124	0	99,0538	100,5619
52 / 22 .	0,6213	0	0,446	0	0	0,1598	0,2242	0,0133	0,0152	99,1215	100,6013
52 / 23 .	0,5863	0,0168	0,0403	0,0022	0,0053	0,1368	0,094	0,001	0	99,0789	99,9615
52 / 24 .	1,1953	0	0,0388	0,0098	0	0,1447	0,0932	0,0187	0	99,4305	100,931
52 / 25 .	0,7185	0,0001	0,0451	0,0253	0	0,1518	0,1706	0,0162	0	98,8104	99,9381
52 / 26 .	0,4867	0	0,0195	0,0094	0,0022	0,151	0,0412	0,0176	0,011	99,4366	100,1752
52 / 27 .	0,4629	0	0,0432	0,0193	0	0,1518	0,0639	0,0144	0,0009	98,8939	99,6504
52 / 28 .	0,527	0	0,0597	0,0226	0,004	0,1364	0,1168	0,015	0	99,388	100,2696
52 / 29 .	0,4457	0,0095	0,0212	0,0038	0	0,1446	0,0481	0,0286	0	98,6956	99,397
52 / 30 .	0,5903	0	0,0092	0	0,0058	0,1445	0,0378	0,0222	0,0041	99,6178	100,4316
52 / 31 .	0,5981	0,0009	0	0,0041	0	0,1409	0,0478	0,0151	0	98,6206	99,4275
52 / 32 .	0,5428	0	0,0168	0,0096	0,0047	0,1681	0,1167	0,0242	0	98,8879	99,7708
52 / 33 .	0,4387	0,0021	0,001	0	0	0,1462	0,0569	0,0246	0,0021	98,3956	99,0672
52 / 34 .	0,7491	0,0029	0,4238	0,0153	0,3582	0,0827	0	0,0109	0,0117	13,5782	15,2327
52 / 35 .	0,2824	0,0072	0,0157	0	0,0033	0,1606	0,088	0,0132	0,0001	99,3399	99,9104
52 / 36 .	0,2561	0,0015	0,01	0,0288	0	0,1385	0,0825	0,0081	0	99,765	100,2906
52 / 37 .	0,1928	0,0015	0,0032	0,0008	0,0093	0,1589	0,0765	0	0,0023	99,3344	99,7797
52 / 38 .	0,1735	0,0033	0,0179	0,0071	0	0,167	0,0816	0,0173	0	99,4051	99,8729
52 / 39 .	0,1366	0	0,0008	0,0007	0,0117	0,1629	0,0753	0,025	0,0074	99,0643	99,4849
52 / 40 .	0,1532	0	0	0	0,0089	0,1524	0,0937	0,0091	0	99,2245	99,6419
52 / 41 .	0,2033	0	0,0244	0,0053	0,0141	0,1443	0,0593	0,0087	0	99,6305	100,0899
52 / 42 .	0,1643	0,0009	0,0257	0,0024	0,0077	0,1502	0,0793	0,015	0,0012	99,2987	99,7454
52 / 43 .	0,1331	0,0001	0	0	0,0115	0,1649	0,0651	0,0024	0,003	98,9549	99,3351
52 / 44 .	0,147	0,0049	0	0,0263	0	0,1588	0,0976	0,0191	0,0197	99,5911	100,0645
52 / 45 .	0,1743	0	0,0086	0,0264	0,006	0,1397	0,0822	0,0127	0,0056	98,4423	98,8978
52 / 46 .	0,1559	0,0005	0,0164	0,0183	0	0,1325	0,1149	0,0175	0	98,9349	99,3909
52 / 47 .	0,1758	0	0,0125	0	0	0,1689	0,0767	0,0092	0	99,0141	99,4573
52 / 48 .	0,1485	0,0034	0,012	0	0	0,1555	0,1027	0,02	0,0172	98,6376	99,0967
52 / 49 .	0,1425	0,013	0,0035	0,0013	0,0018	0,1553	0,0711	0,0099	0	99,1653	99,5637
52 / 50 .	0,142	0,0127	0,0086	0,0066	0,0141	0,1524	0,084	0,0227	0,0116	99,1187	99,5734
52 / 51 .	0,1593	0	0,0065	0	0,0165	0,1383	0,0941	0,0174	0,0076	98,7673	99,207
52 / 52 .	0,1395	0,0089	0,017	0	0,0013	0,1552	0,1499	0,0088	0	99,2765	99,7572
52 / 53 .	0,1926	0	0,0328	0,0232	0,0123	0,1626	0,1143	0,0245	0	98,5674	99,1298
52 / 54 .	0,1856	0	0,0223	0,0132	0,0107	0,162	0,1121	0,007	0,0021	99,0327	99,5478
52 / 55 .	0,1824	0,0054	0,0053	0,0079	0,0105	0,1218	0,1311	0,0013	0	98,8182	99,2839
52 / 56 .	0,1353	0	0,0309	0,037	0,014	0,1455	0,1283	0,0188	0	99,4331	99,9431
52 / 57 .	0,1339	0,0082	0,0246	0,0034	0,0024	0,1536	0,1446	0,0255	0	98,8	99,2962
52 / 58 .	0,1402	0,0045	0,0143	0,0265	0,009	0,1688	0,1181	0,0143	0,0193	99,5697	100,0847
52 / 59 .	0,0559	0,0053	0,0415	0,0194	0	0,1442	0,1101	0,0159	0	98,8798	99,2722
52 / 60 .	0,7977	0	0,0106	0,0244	0	0,1461	0,0663	0,6015	0	96,7581	98,4047
52 / 61 .	0,5756	0	0,0352	0,0174	0,0103	0,1729	0,0448	0,0209	0,0001	98,9073	99,7845

9.2.19 Messergebnisse Probe V4B Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
53 / 1 .	0,1277	0	0	0	0,0146	0,4341	0,1786	0,0526	0	101,1459	101,9537
53 / 2 .	0,1428	0,0081	0,0215	0,0305	0,0164	0,3664	0,5654	0,0756	0	100,3386	101,5654
53 / 3 .	0,0741	0,0189	0	0,0378	0	0,3003	0,104	0,0238	0,0023	101,0161	101,5772
53 / 4 .	0,0661	0,004	0,0091	0,0506	0,0102	0,2551	0,2013	0,013	0	100,4796	101,0892
53 / 5 .	0,0871	0,0239	0	0,0492	0	0,2292	0,1533	0,0189	0	100,8898	101,4513
53 / 6 .	0,1124	0	0,0128	0,0257	0,0106	0,2716	0,2105	0,0039	0	100,403	101,0506
53 / 7 .	0,0931	0	0,0266	0,0586	0	0,1922	0,757	0,0008	0	100,1716	101,2998
53 / 8 .	0,1678	0,0054	0	0,0233	0	0,2084	0,2447	0,0315	0,0065	99,7603	100,4479
53 / 9 .	0,1091	0	0	0,0002	0,0002	0,1746	0,1745	0,01	0,0018	100,7164	101,1868
53 / 10 .	0,255	0	0	0,0369	0,0311	0,1487	1,6825	0,0105	0,0139	97,4608	99,6393
53 / 11 .	0,1948	0,0093	0,0122	0,0068	0,0101	0,1341	0,4627	0,0217	0,007	99,8047	100,6633
53 / 12 .	0,1705	0,0276	0,0176	0	0,0108	0,1249	0,3738	0,0241	0,0217	99,9914	100,7624
53 / 13 .	0,1623	0	0	0,0109	0,0068	0,1201	0,3097	0,0121	0	100,0659	100,688
53 / 14 .	0,1457	0,0119	0,0049	0	0,0149	0,0974	0,2967	0,0217	0,0076	99,8901	100,491
53 / 15 .	0,241	0,0046	0,0006	0,0258	0,0092	0,0656	0,3359	0,0081	0,0118	100,0651	100,7677
53 / 16 .	0,1903	0	0,0012	0	0,0202	0,0647	0,3046	0,002	0,0022	99,4752	100,0604
53 / 17 .	0,2385	0	0,0149	0,0356	0,0138	0,0467	0,2948	0,0199	0	99,8717	100,5359
53 / 18 .	0,2368	0	0,0288	0	0	0,0433	0,1933	0,0145	0,0049	100,0175	100,5394
53 / 19 .	0,194	0	0,0233	0	0,0039	0,0379	0,1729	0,0137	0,0003	99,937	100,3831
53 / 20 .	0,1895	0,0036	0,0008	0	0	0,0357	0,145	0	0,0094	100,025	100,409
53 / 21 .	0,2079	0,0093	0,0124	0,0061	0,0068	0,0535	0,1541	0,0208	0	100,3625	100,8335
53 / 22 .	0,2755	0	0	0	0,0133	0,0304	0,1295	0,0241	0,0019	98,8124	99,2869
53 / 23 .	0,2668	0,006	0,0321	0,0316	0	0,051	0,038	0,0315	0	99,942	100,3989
53 / 24 .	0,358	0,0007	0,0016	0	0,025	0,0445	0,0499	0,0161	0	99,2628	99,7585
53 / 25 .	0,4443	0,0014	0,0141	0,0377	0,0314	0,0475	0,05	0,0277	0,0005	99,5501	100,2049
53 / 26 .	0,2685	0,008	0,0204	0	0,0139	0,0333	0,0404	0,0244	0	99,4424	99,8513
53 / 27 .	0,1936	0	0,0268	0	0,0134	0,0454	0,0126	0,0136	0	100,4313	100,7368
53 / 28 .	0,2186	0,001	0	0	0	0,0685	0,0151	0,0184	0,0099	99,2599	99,5914
53 / 29 .	0,212	0	0,0065	0,0125	0	0,0399	0,0078	0,0211	0	100,2507	100,5507
53 / 30 .	0,2552	0	0,3948	0	0	0,0471	0,0223	0,0299	0,0033	99,431	100,1835
53 / 31 .	0,2019	0,0106	0,0205	0,0012	0,0207	0,0335	0,0048	0,0021	0,0078	99,7236	100,0267
53 / 32 .	0,2263	0	0,0275	0,0049	0,0268	0,0615	0,0352	0,0235	0	99,509	99,9147
53 / 33 .	0,2052	0	0,0134	0	0,0113	0,0363	0,0189	0,0056	0,012	100,0372	100,34
53 / 34 .	0,2354	0,0022	0,0436	0,0022	0,0187	0,0566	0	0,0198	0	99,61	99,9885
53 / 35 .	0,2243	0,0151	0,0048	0	0,0067	0,0265	0	0,0239	0,0002	99,8536	100,1552
53 / 36 .	0,2063	0,0148	0,0486	0,0101	0	0,0407	0	0,0126	0,0243	99,9415	100,299
53 / 37 .	0,2093	0	0,0165	0	0	0,055	0	0,0372	0,0012	99,3581	99,6774
53 / 38 .	0,2289	0,0063	0,0229	0,0152	0	0,0767	0	0,0376	0	99,0334	99,421
53 / 39 .	0,202	0	0,0226	0,0235	0,0252	0,0299	0	0,0299	0,0066	99,4767	99,8164
53 / 40 .	0,2174	0	0,0323	0,0184	0,0102	0,0453	0,0035	0,0237	0,0055	99,6617	100,0179
53 / 41 .	0,2258	0	0,0205	0	0,0069	0,0399	0,0283	0,0076	0	99,8109	100,14
53 / 42 .	0,1976	0,0007	0,0059	0,0092	0,0232	0,0562	0,0243	0,0208	0	99,5413	99,8791
53 / 43 .	0,199	0,0149	0,021	0,0025	0	0,0684	0,0175	0,0075	0	99,4692	99,8
53 / 44 .	0,2077	0,0047	0,0023	0	0	0,0423	0,0244	0,0209	0,0037	99,3178	99,6239
53 / 45 .	0,1969	0,0125	0,0142	0	0,0087	0,0238	0,0201	0,0418	0	99,8602	100,1782
53 / 46 .	0,2308	0,0075	0,0346	0,0025	0	0,0468	0,028	0,0281	0,0046	99,4872	99,8701
53 / 47 .	0,2378	0	0,0043	0,011	0	0,0322	0,0213	0,0483	0,0051	99,6358	99,9957
53 / 48 .	0,1985	0,0175	0,0245	0,0086	0,0196	0,0425	0,0233	0,0293	0	99,1679	99,5317
53 / 49 .	0,2426	0	0,0139	0,0134	0	0,0675	0	0,0286	0,0015	99,9629	100,3304
53 / 50 .	0,2425	0,0135	0,0355	0	0	0,0318	0,0371	0,0225	0	99,1927	99,5757
53 / 51 .	0,2287	0	0,0049	0	0,0038	0,0514	0	0,0353	0	99,7729	100,0971
53 / 52 .	0,2142	0	0,0116	0	0	0,0339	0,0146	0,0442	0	99,7964	100,1149
53 / 53 .	0,2474	0,0012	0,0058	0,0218	0,0044	0,0431	0,0168	0,0312	0,0056	100,0383	100,4156
53 / 54 .	0,2213	0	0,0095	0	0,0136	0,0398	0	0,0304	0,0042	99,0922	99,4109
53 / 55 .	0,2318	0	0,0486	0,0083	0	0,0508	0,0045	0,0427	0	99,8403	100,227
53 / 56 .	0,2446	0,0062	0,0303	0,0148	0	0,0503	0,0206	0,0209	0	99,8863	100,274
53 / 57 .	0,2241	0,0084	0,0321	0	0	0,0696	0,0135	0,0433	0,0131	99,7783	100,1824
53 / 58 .	0,2381	0,0031	0,1706	0	0	0,0601	0	0,0186	0,0072	100,0887	100,5864
53 / 59 .	0,2241	0	0,012	0,0105	0	0,0367	0,0074	0,0328	0	99,8318	100,1553
53 / 60 .	0,2448	0	0,0125	0,0231	0,0037	0,0401	0,0078	0,0233	0,0082	99,6138	99,9775
53 / 61 .	0,2323	0	0,0337	0	0	0,0377	0,0109	0,0389	0,0111	99,8071	100,1717

9.2.20 Messergebnisse Probe V5A Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
74 / 1 .	0,123	0,0053	0,0171	0,0119	0	0,347	0,1586	0,0499	0	100,2814	100,9942
74 / 2 .	0,0955	0,0027	0,011	0	0	0,2949	0,1878	0,0244	0,0026	99,7641	100,383
74 / 3 .	0,0821	0,0039	0,0001	0,019	0,0138	0,3245	2,671	0,0132	0	98,8645	101,9922
74 / 4 .	0,0644	0	0,0002	0,032	0,0066	0,32	0,1422	0,0001	0	99,8474	100,4129
74 / 5 .	0,051	0,0093	0	0,0214	0,0151	0,2537	0,1443	0,0107	0,0093	100,0746	100,5895
74 / 6 .	0,0407	0,0037	0,0009	0,0382	0,0075	0,2566	0,1509	0,0084	0,0027	99,7157	100,2252
74 / 7 .	0,064	0,0027	0	0,0324	0,0142	0,2507	0,4843	0,0047	0	99,9006	100,7536
74 / 8 .	0,1537	0,0453	0,9092	0,0996	0	1,8849	9,2545	1,2399	0,7844	89,556	103,9275
74 / 9 .	0,0581	0	0,0243	0,0418	0,002	0,2467	0,5888	0,0174	0,0099	99,1792	100,1682
74 / 10 .	0,0365	0,0118	0,015	0,0112	0,0032	0,2134	0,3136	0	0,0053	99,3957	100,0056
74 / 11 .	0,0314	0	0	0,0208	0,0018	0,2191	0,0997	0	0,0078	100,0804	100,4611
74 / 12 .	0,0395	0	0	0	0	0,1955	0,2355	0,0267	0	99,9071	100,4044
74 / 13 .	0,0237	0	0,0019	0,0348	0	0,2206	0,5226	0,0099	0,0059	99,5584	100,3778
74 / 14 .	0,036	0,0016	0,0167	0,0202	0,0059	0,1958	0,1066	0,0019	0,0098	100,0338	100,4282
74 / 15 .	0,0171	0,0069	0,012	0,0267	0	0,2115	0,1088	0,0123	0	99,8767	100,272
74 / 16 .	0,0474	0,005	0	0,0152	0	0,1448	0,1486	0,0222	0,0055	99,7007	100,0895
74 / 17 .	0,0333	0,0098	0,0018	0,0234	0,0052	0,1569	0,1888	0,0061	0,0059	100,5562	100,9873
74 / 18 .	0,0218	0,0143	0,0023	0,005	0,0043	0,1768	0,1092	0,0171	0,0036	100,0098	100,3642
74 / 19 .	0,0312	0	0,002	0,0106	0,0063	0,1669	0,668	0,0299	0	100,1935	101,1084
74 / 20 .	0,0239	0	0,0255	0,0349	0,0005	0,1401	0,2869	0,0242	0,0052	99,4218	99,963
74 / 21 .	0,0401	0	0,0018	0,0304	0,002	0,1462	0,3639	0,0063	0	99,7339	100,3248
74 / 22 .	0,0595	0,0038	0,0104	0,0389	0,0025	0,1431	0,3187	0,0122	0,0066	99,4423	100,0379
74 / 23 .	0,0509	0	0,007	0,0161	0,0016	0,1027	0,1858	0,0091	0,0198	100,0707	100,4637
74 / 24 .	0,0553	0,0018	0	0,0044	0,0018	0,1077	0,1719	0,0064	0	99,0499	99,3992
74 / 25 .	0,0553	0,0021	0	0,029	0,0059	0,1511	0,1821	0,0113	0	100,2282	100,6649
74 / 26 .	0,0438	0,0038	0,0093	0,0325	0,0043	0,0922	0,1477	0,0088	0,0153	99,2453	99,6029
74 / 27 .	0,0645	0	0,0084	0,0124	0,0009	0,0925	0,3781	0,001	0	99,0481	99,606
74 / 28 .	0,077	0,0023	0	0,0022	0,0043	0,0967	0,4037	0,0101	0	98,8602	99,4564
74 / 29 .	0,0516	0	0,0044	0	0,0056	0,0734	0,2779	0	0,0131	99,5322	99,9583
74 / 30 .	0,0879	0	0	0,0054	0,0041	0,1033	0,5158	0,0024	0	99,3136	100,0326
74 / 31 .	0,0919	0,0125	0	0,0092	0	0,0899	0,4729	0,0057	0,0022	99,4763	100,1606
74 / 32 .	0,0766	0	0,0129	0,0007	0,0043	0,0625	0,2498	0,0139	0,0048	99,0006	99,4261
74 / 33 .	0,282	0,0015	0	0,0579	0,0045	0,052	15,5606	0,0026	0,0185	86,4552	102,4349
74 / 34 .	0,067	0	0,0027	0,0164	0,0027	0,0496	0,4557	0,0012	0,0133	99,2917	99,9002
74 / 35 .	0,0612	0	0,0034	0	0,0205	0,0674	0,4041	0	0	99,2272	99,7839
74 / 36 .	0,0362	0,0095	0	0	0,0072	0,0712	0,2507	0,0041	0	99,3426	99,7215
74 / 37 .	2,3599	0,0107	0,0135	0,0256	0,0121	0,0708	0,2794	1,8061	0	95,4562	100,0344
74 / 38 .	0,0442	0,0006	0,0069	0,0086	0,0135	0,0488	0,2853	0	0	99,1598	99,5677
74 / 39 .	0,0699	0,0029	0	0	0,0169	0,047	0,2127	0,0093	0,0079	99,3259	99,6924
74 / 40 .	0,0499	0	0,0026	0,0175	0	0,0542	0,3624	0,014	0	99,5339	100,0344
74 / 41 .	0,0435	0	0,0066	0,0211	0,0016	0,0636	0,9611	0	0	98,1647	99,2623
74 / 42 .	0,0217	0,0083	0,0001	0,0055	0,0025	0,0667	0,3504	0,0025	0,0099	98,8127	99,2801
74 / 43 .	0,0555	0	0,0039	0	0,0133	0,0682	0,3831	0	0	99,4615	99,9854
74 / 44 .	0,0733	0,0005	0,0306	0	0	0,0285	0,4824	0,0046	0	98,7088	99,3288
74 / 45 .	0,0831	0,0057	0	0,0122	0,0092	0,0111	0,1776	0,0034	0	99,2059	99,5083
74 / 46 .	0,0888	0,0025	0	0,0164	0	0,0319	0,1528	0,0039	0	99,4448	99,7412
74 / 47 .	0,133	0	0,0039	0,0174	0	0,0314	0,1849	0,0033	0,0199	99,9834	100,3773
74 / 48 .	0,0954	0,0032	0	0	0,0085	0,0202	0,1755	0,014	0,0145	99,1639	99,4952
74 / 49 .	0,0706	0	0,0112	0	0,0205	0,0328	0,2651	0	0,0006	99,5122	99,9129
74 / 50 .	0,0492	0,0064	0,0079	0	0	0,0392	0,2229	0,0175	0,008	98,7016	99,0526
74 / 51 .	3,7946	0,0094	0,0031	0,0095	0,0418	0,0282	0,2837	5,4849	0,0152	87,807	97,4773
74 / 52 .	0,0129	0	0	0,0081	0	0,0247	0,1887	0	0	99,5199	99,7544
74 / 53 .	0,001	0	0,0016	0,0044	0,009	0,0308	0,2975	0,0046	0,0049	99,4413	99,7951
74 / 54 .	0,0568	0	0	0,0063	0	0,0564	0,2942	0,0094	0	98,827	99,2502
74 / 55 .	0,0721	0	0	0	0,002	0,0111	0,2166	0,0156	0	99,5853	99,9027
74 / 56 .	0,115	0,0028	0	0,0304	0,0016	0,0026	0,2571	0,0124	0	99,0145	99,4363
74 / 57 .	0,1003	0	0,0128	0	0,0018	0,0051	0,411	0,0065	0,0046	98,32	98,8621
74 / 58 .	0,0637	0	0,0002	0	0,0031	0,0237	0,208	0,0111	0	98,6778	98,9878
74 / 59 .	0,0607	0,0022	0	0	0	0,0351	0,2358	0,0107	0,0073	98,7761	99,1279
74 / 60 .	0,0395	0,0036	0,0092	0,0173	0,0007	0,0131	0,1386	0	0	99,0791	99,3011
74 / 61 .	0,1025	0	0,0225	0	0,0005	0,0152	0,1641	0,12	0,0164	98,5168	98,9578

9.2.21 Messergebnisse Probe V5A Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
75 / 1 .	0,0635	0	0,0039	0,0713	0,0014	0,3918	0,1588	0,0355	0,0069	100,2198	100,9529
75 / 2 .	0,0839	0,0017	0	0,035	0,0025	0,4027	0,8146	0,0151	0	99,3918	100,7472
75 / 3 .	0,0717	0	0,0191	0,0309	0	0,3634	0,4925	0,0171	0,0186	100,0761	101,0893
75 / 4 .	0,1525	0,0031	0,2933	0,0934	0	0,3614	5,7783	0,2071	0,0109	96,5692	103,4694
75 / 5 .	0,0717	0,0019	0	0,0286	0,0043	0,3296	0,2492	0,0076	0,0008	99,5322	100,2259
75 / 6 .	0,0866	0	0	0,0311	0,0011	0,3208	0,2201	0,0126	0	99,8041	100,4765
75 / 7 .	0,0935	0,0099	0	0,0303	0	0,3707	0,8748	0,0066	0,0054	99,0992	100,4903
75 / 8 .	0,0963	0,0007	0,0109	0,049	0	0,3079	0,1908	0,0195	0	99,8902	100,5653
75 / 9 .	0,0772	0,0049	0,0114	0,0474	0	0,287	0,1296	0,0078	0	99,6998	100,2652
75 / 10 .	0,1767	0,0058	0,007	0,0397	0,0027	0,2865	1,1276	0,0009	0	97,8822	99,5292
75 / 11 .	0,3831	0	0,0059	0,0962	0,0043	0,1565	41,0105	0,0062	0,009	62,9101	104,5818
75 / 12 .	0,1396	0,0083	0,0138	0,0325	0,0048	0,2274	2,6849	0,0107	0,0001	97,826	100,9481
75 / 13 .	0,1674	0,0022	0,0162	0,033	0,0059	0,2409	0,3297	0	0,0085	99,4371	100,241
75 / 14 .	0,1628	0,0024	0	0,0276	0	0,198	0,2727	0,0003	0,0008	99,6133	100,2779
75 / 15 .	0,1184	0	0,0233	0,0101	0,0018	0,2302	0,3772	0	0,0197	99,4441	100,2248
75 / 16 .	0,1659	0	0,0061	0,0318	0,0153	0,1783	1,2314	0,0047	0	98,6108	100,2442
75 / 17 .	1,0545	0,0044	0	0,0644	0,0107	0,1134	25,4109	0,0131	0	76,889	103,5604
75 / 18 .	0,1435	0,0058	0,0086	0,0199	0,0134	0,1769	0,2691	0	0	100,0445	100,6817
75 / 19 .	0,1099	0	0,0215	0,0194	0,0011	0,1614	0,3501	0	0,0011	99,0219	99,6864
75 / 20 .	0,3024	0	0,0115	0,0219	0,0091	0,1452	1,1857	0,0107	0	97,8438	99,5303
75 / 21 .	0,1601	0	0,0233	0	0,0086	0,154	0,1948	0,0061	0	99,1448	99,6918
75 / 22 .	0,117	0,0023	0,0206	0,0022	0,0166	0,1334	0,2105	0,0192	0,0025	99,4227	99,9469
75 / 23 .	0,6368	0	0,0236	0,0247	0,0039	0,0979	0,8523	0,0081	0,0122	96,4488	98,1084
75 / 24 .	0,0996	0	0,009	0	0,0005	0,0973	0,1618	0,0136	0	99,6488	100,0306
75 / 25 .	0,1395	0,0069	0,0021	0	0,0032	0,1006	0,178	0,011	0,0022	99,1475	99,5908
75 / 26 .	0,1269	0,0054	0,0067	0,0151	0,0007	0,0931	0,7876	0,0055	0,0013	99,19	100,2322
75 / 27 .	0,1428	0,0083	0,0361	0	0,0029	0,0772	0,5774	0	0	97,9165	98,7612
75 / 28 .	0,2075	0	0,0002	0,0007	0	0,0917	0,4513	0,0005	0	99,3326	100,0846
75 / 29 .	0,1486	0,0037	0	0,0035	0,0018	0,0802	0,225	0,0104	0	98,9934	99,4667
75 / 30 .	0,1394	0,0004	0	0,0149	0,0014	0,0662	0,4113	0,0009	0	99,2694	99,9038
75 / 31 .	0,153	0,0035	0,0017	0	0,0039	0,0759	0,1418	0,0039	0,0079	99,1994	99,5909
75 / 32 .	0,1869	0	0,0197	0	0,002	0,0409	0,142	0,0092	0,0012	98,7563	99,1582
75 / 33 .	0,2348	0,0035	0	0,0084	0,0122	0,0226	0,5473	0,0006	0	98,8765	99,7059
75 / 34 .	0,1847	0	0	0	0,0025	0,0195	1,0384	0,0155	0	99,0528	100,3133
75 / 35 .	0,1192	0,0048	0,0237	0	0	0,0526	0,1317	0,0059	0,0014	99,2506	99,5899
75 / 36 .	0,1401	0,011	0,037	0	0,0115	0,0408	0,2152	0,0071	0	99,5089	99,9715
75 / 37 .	0,2221	0	0,0132	0,0142	0	0,0384	0,2125	0,0109	0,0085	99,0307	99,5505
75 / 38 .	0,1794	0,0166	0,0216	0,0131	0,0054	0,0185	0,0883	0,0099	0,004	99,4047	99,7616
75 / 39 .	0,1917	0	0,0095	0	0,002	0,039	0,0987	0,0112	0,0071	99,4966	99,8559
75 / 40 .	0,1712	0,0063	0,0105	0,017	0	0,0144	0,0995	0,0101	0	99,5643	99,8934
75 / 41 .	0,1339	0,0008	0,0044	0	0,0023	0,0273	0,0615	0,0128	0	99,3324	99,5754
75 / 42 .	0,1884	0	0,0024	0	0,0052	0,0198	0,1044	0	0	99,4887	99,809
75 / 43 .	0,1597	0	0,0254	0	0,0036	0,0387	0,0615	0	0,01	99,2938	99,5929
75 / 44 .	0,1664	0	0	0	0	0,0274	0,103	0,0216	0,0181	99,0888	99,4254
75 / 45 .	0,185	0,0017	0	0	0	0,0429	0,0897	0,0066	0	99,1862	99,5122
75 / 46 .	0,1923	0,0075	0,0142	0	0,0007	0,03	0,0769	0	0,0038	99,5456	99,871
75 / 47 .	0,176	0,0052	0	0	0,0032	0,0304	0,0816	0,0103	0	99,1561	99,4628
75 / 48 .	0,1492	0,0029	0,0017	0	0,002	0,0002	0,1001	0,0332	0,0112	99,5338	99,8343
75 / 49 .	0,1449	0,0017	0,0297	0	0,0038	0,038	0,071	0,0086	0	99,3744	99,6722
75 / 50 .	0,1349	0,0033	0	0	0,0045	0,0442	0,0711	0	0,0157	99,3982	99,672
75 / 51 .	0,1943	0	0,0115	0	0	0,0399	0,2143	0,0089	0	98,9364	99,4053
75 / 52 .	0,1775	0	0,0194	0	0	0,044	0,0797	0	0	99,6203	99,9411
75 / 53 .	0,1466	0	0,0186	0	0,0023	0,0431	0,0989	0,002	0,0038	99,9594	100,2748
75 / 54 .	0,1452	0,0087	0,0326	0	0	0,0324	0,0986	0,0222	0,0008	99,0495	99,3902
75 / 55 .	0,1429	0	0,0204	0	0	0,0461	0,1018	0,0079	0	99,1962	99,5154
75 / 56 .	0,1697	0,0113	0,0012	0	0	0,0563	0,065	0	0,0125	99,2153	99,5314
75 / 57 .	0,2036	0	0,006	0,0061	0,0016	0,0322	0,1149	0,0059	0	98,8073	99,1775
75 / 58 .	0,1419	0	0,1282	0,008	0,0005	0,0698	0,0761	0,0282	0,0064	98,484	98,9431
75 / 59 .	0,15	0,0078	0,0052	0	0	0,0625	0,1105	0	0,0116	98,7874	99,135
75 / 60 .	0,1881	0	0,004	0,0096	0,0007	0,0317	0,6643	0,0041	0	99,0771	99,9796
75 / 61 .	0,1621	0	0,0295	0,0339	0,0047	0,062	0,1862	0,0182	0,061	99,2819	99,8394

9.2.22 Messergebnisse Probe V5B Linienprofil 1

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
76 / 1 .	0,0883	0,0027	0,0011	0,0235	0,0009	0,5262	0,4356	0,0423	0,013	98,1385	99,272
76 / 2 .	0,0571	0	0,0048	0,0442	0,0056	0,5126	0,3856	0,0361	0	97,7314	98,7774
76 / 3 .	0,0398	0,0002	0,0172	0,0028	0,0032	0,4772	0,1983	0,0507	0,0138	98,0966	98,8999
76 / 4 .	0,0541	0	0,0137	0,0419	0,0002	0,4295	0,3479	0,0132	0	98,6585	99,559
76 / 5 .	0,0527	0,0016	0,0273	0,0261	0,0054	0,3951	0,1941	0,0097	0	98,7881	99,5002
76 / 6 .	0,048	0	0	0,0229	0,0007	0,3577	0,1505	0,02	0,0028	98,3553	98,9579
76 / 7 .	0,026	0	0	0,006	0,0056	0,3281	0,2847	0,0087	0,014	98,955	99,6282
76 / 8 .	0,0468	0,005	0,0037	0,0291	0	0,3543	0,1563	0,0182	0,0046	99,0077	99,6258
76 / 9 .	0,0325	0,0073	0,0134	0,0262	0,0137	0,3739	0,1374	0,0185	0,0142	98,9115	99,5487
76 / 10 .	0,0345	0	0,0069	0,0296	0,0014	0,281	0,4039	0,033	0,0063	98,2961	99,0927
76 / 11 .	0,0542	0,0064	0,0278	0,0258	0,0117	0,3211	0,2947	0,0286	0	99,1046	99,8748
76 / 12 .	0,0456	0	0	0	0,0007	0,3196	0,1323	0,0181	0	98,4731	98,9895
76 / 13 .	0,0423	0	0,0113	0,0348	0,011	0,2587	0,0967	0,0163	0	99,6078	100,0789
76 / 14 .	0,0604	0,0111	0,0253	0,0059	0,0052	0,2794	0,3271	0,0365	0,0044	98,7442	99,4994
76 / 15 .	0,3069	0,0128	0,0062	0,0287	0,0038	0,2352	2,6554	0,1494	0	96,6176	100,0162
76 / 16 .	0,0503	0,0051	0,0035	0,0161	0	0,2517	0,1801	0,0444	0,0022	98,9056	99,459
76 / 17 .	0,0577	0	0	0	0,0196	0,2161	0,1177	0,014	0	99,191	99,6161
76 / 18 .	0,025	0	0,0055	0,0114	0,009	0,2227	0,1108	0,0138	0	98,9074	99,3057
76 / 19 .	0,0441	0	0	0,0055	0,0095	0,1962	0,8975	0,0061	0,0015	98,344	99,5044
76 / 20 .	0,0416	0	0,0269	0,0188	0	0,2196	0,1272	0,0088	0	99,0556	99,4986
76 / 21 .	0,0464	0,0004	0,0251	0,0021	0,0016	0,2011	0,1154	0,0194	0	99,4256	99,837
76 / 22 .	0,0414	0,0085	0,0207	0,0053	0,0045	0,1883	0,2771	0,0104	0,01	99,2484	99,8147
76 / 23 .	0,0639	0	0,0237	0	0,0061	0,1839	0,1232	0,0185	0,0073	99,1174	99,5441
76 / 24 .	0,0753	0,0009	0,0193	0,0162	0,0065	0,1699	0,2196	0,0028	0,0066	98,7641	99,2813
76 / 25 .	0,0711	0	0,0133	0,0008	0	0,1491	0,18	0,0071	0,0057	99,8224	100,2496
76 / 26 .	0,0401	0	0,0049	0,0325	0,0067	0,1581	0,2212	0,0181	0,0051	99,2924	99,7791
76 / 27 .	0,0573	0	0,032	0,0032	0,0004	0,1619	0,351	0,0073	0,007	99,5319	100,1522
76 / 28 .	0,1926	0,0041	0	0,0028	0	0,168	10,0804	0,1062	0,011	89,3012	99,8663
76 / 29 .	0,0707	0,0032	0	0,0227	0,0083	0,1626	0,2879	0,0071	0,0008	99,3918	99,9552
76 / 30 .	0,0915	0	0,0015	0,0167	0,004	0,1526	0,3276	0,0126	0,014	98,7291	99,3496
76 / 31 .	1,7264	0,0038	0,04	0,0211	0,0574	0,1896	2,2304	3,5189	0,0121	93,8928	101,6925
76 / 32 .	0,0674	0	0,0322	0,0198	0,007	0,1689	0,305	0,0177	0,0107	98,5643	99,1929
76 / 33 .	0,0404	0	0,0264	0,0122	0	0,191	0,6448	0,0069	0,0009	98,5038	99,4264
76 / 34 .	0,0476	0,0005	0	0,0092	0	0,1905	0,5263	0	0,0055	98,7007	99,4802
76 / 35 .	0,0507	0	0,0063	0,0026	0,0092	0,1774	0,5786	0,0023	0,0121	99,2057	100,0449
76 / 36 .	0,0705	0,0008	0,0153	0,0322	0,0009	0,1813	0,3089	0,0207	0	98,8094	99,4399
76 / 37 .	0,0625	0,0014	0,0149	0,0187	0,0088	0,2192	0,3644	0,0189	0	99,3908	100,0995
76 / 38 .	0,0382	0	0	0	0	0,2744	0,502	0,0228	0,0018	98,679	99,5182
76 / 39 .	0,02	0	0	0	0,0036	0,2552	0,4281	0,0181	0	99,3804	100,1056
76 / 40 .	0,0935	0,0002	0,0515	0,0201	0,004	0,247	0,8472	0,0146	0	98,1863	99,4645
76 / 41 .	0,1244	0	0,0116	0,019	0,0058	0,2214	0,2586	0,001	0,0054	98,9933	99,6406
76 / 42 .	0,1343	0,0121	0,0261	0,0321	0	0,2567	0,6142	0,0029	0	99,0156	100,094
76 / 43 .	0,413	0,0224	0	0,039	0,0016	0,2761	0,5181	0,0086	0	98,7893	100,0682
76 / 44 .	0,0848	0,0053	0,0144	0,0017	0,0007	0,273	0,1191	0,0133	0,0135	98,8518	99,3777
76 / 45 .	0,1504	0,0051	0,0313	0	0,0137	0,2832	0,3089	0,0207	0	99,3294	100,1429
76 / 46 .	0,1206	0	0	0,0201	0	0,2882	0,2727	0,0242	0,0175	99,0646	99,8079
76 / 47 .	0,2011	0,0156	0,0131	0,0212	0,0013	0,32	0,2124	0,0027	0	99,4896	100,2771
76 / 48 .	0,4089	0,0008	0,0269	0,0415	0,0002	0,322	0,2655	0,0051	0	99,0366	100,1075
76 / 49 .	0,1134	0,0135	0,0089	0,0313	0,0171	0,3246	0,779	0,0104	0,009	98,6227	99,9298
76 / 50 .	0,3229	0,0111	0,0373	0,0761	0,009	0,3199	18,7505	0,0152	0,0025	84,8147	104,3591
76 / 51 .	0,0335	0,0072	0,0384	0,0434	0,0126	0,3421	0,3716	0,0083	0,014	99,5759	100,447
76 / 52 .	0,1395	0,0013	0,0317	0,0265	0,0022	0,4117	0,1858	0,0744	0,0145	99,0355	99,9232
76 / 53 .	0,0852	0,011	0,005	0,0355	0,0146	0,3996	0,1989	0,1176	0,0006	91,2637	92,1318
76 / 54 .	0,2363	0,0025	0,0093	0,0987	0	0,3248	18,9019	0,0294	0,0068	84,7701	104,3799
76 / 55 .	0,0539	0	0,0053	0,0648	0,0101	0,3822	0,096	0,0133	0	99,4336	100,0592
76 / 56 .	0,1899	0	0,0472	0,0543	0	0,3393	0,3914	0,0361	0,0032	98,7799	99,8412
76 / 57 .	0,1323	0	0,0199	0,0356	0,0058	0,3704	0,2822	0,0216	0	99,081	99,9489
76 / 58 .	0,1277	0,0119	0,0549	0,0415	0,0027	0,376	0,7123	0	0	98,1817	99,5088
76 / 59 .	0,1688	0,0039	0,0225	0,0291	0,007	0,3758	1,4274	0,0017	0,0011	97,7066	99,7439
76 / 60 .	0,0698	0,0146	0,0365	0,026	0	0,3309	0,2446	0,0144	0	98,6916	99,4284
76 / 61 .	0,1562	0,0074	0,0077	0,0628	0,0052	0,3131	1,3583	0,0147	0,0144	97,8692	99,8089

9.2.23 Messergebnisse Probe V5B Linienprofil 2

DataSet/Point	CaO	Cr2O3	FeO	TiO2	S	MnO	Al2O3	SiO2	P2O5	MgO	Total
77 / 1 .	3,2234	0,0098	0	0,0055	0,0049	0,8984	4,5501	4,8646	0,0132	84,9972	98,5673
77 / 2 .	0,2571	0,0027	0,0188	0,0193	0,0157	0,4466	1,0622	0,2161	0	99,4752	101,5138
77 / 3 .	0,0732	0,0086	0,0087	0,0175	0,0029	0,4456	0,4346	0,024	0	99,2335	100,2485
77 / 4 .	0,4438	0,0096	0	0,0306	0,0099	0,4174	0,2925	0,0287	0	99,7133	100,9458
77 / 5 .	0,11	0,0069	0	0,0224	0,0052	0,3703	0,1319	0,0137	0	99,8586	100,5189
77 / 6 .	0,0759	0,0066	0	0,0197	0,0041	0,3772	0,3725	0,0151	0,002	99,6398	100,5128
77 / 7 .	0,0999	0	0,0112	0,0433	0	0,3773	0,2242	0,0171	0	99,4193	100,1924
77 / 8 .	0,0547	0	0,001	0	0,0104	0,351	0,3935	0,007	0,0007	99,5913	100,4094
77 / 9 .	0,2742	0,0051	0,0062	0,0399	0	0,3301	0,8258	0,0343	0,0117	98,3858	99,9132
77 / 10 .	0,0868	0,0042	0,0028	0,0363	0,0016	0,3473	0,242	0,0128	0,0035	98,0631	98,8005
77 / 11 .	0,1196	0	0,0302	0,047	0,0011	0,326	0,5488	0,0118	0,0192	99,7153	100,819
77 / 12 .	0,1926	0,0106	0	0,0126	0,0182	0,312	0,2554	0,0151	0,0056	99,0246	99,8468
77 / 13 .	0,4338	0,0152	0,0134	0,0154	0,0002	0,3139	0,7394	0,017	0,0151	97,2195	98,7829
77 / 14 .	0,3047	0,0104	0,0157	0,0461	0,0047	0,2841	0,64	0,0064	0	98,9068	100,2189
77 / 15 .	0,2295	0,0118	0,0242	0,0278	0	0,3232	0,2791	0,0251	0	98,1118	99,0325
77 / 16 .	0,5455	0,0019	0,0316	0,0635	0,0032	0,3252	0,7741	0,0075	0	98,5514	100,3038
77 / 17 .	1,6864	0,0277	0,6837	0,0544	0,0048	0,4167	2,5982	0,023	0,0071	96,0292	101,5312
77 / 18 .	0,0904	0,0083	0,0219	0	0,0011	0,3135	0,114	0,0292	0	99,7473	100,3257
77 / 19 .	0,1833	0	0,0103	0,0676	0	0,2799	0,2363	0,0361	0,0103	99,1001	99,9238
77 / 20 .	0,1569	0,001	0,017	0,028	0,0025	0,2839	0,3829	0,0153	0	99,0623	99,9498
77 / 21 .	0,7028	0,0102	0,0941	0,0099	0,0027	0,2893	1,0478	0,0119	0,0159	97,4381	99,6227
77 / 22 .	0,18	0	0	0,0346	0,0143	0,2869	0,3257	0,0185	0,0007	99,2167	100,0775
77 / 23 .	0,9349	0	0,0089	0,0409	0,0038	0,2568	1,7794	0,0053	0,0087	97,084	100,1229
77 / 24 .	0,4229	0,0073	0,0191	0,017	0,0104	0,296	0,8224	0	0	98,185	99,7802
77 / 25 .	0,0802	0	0,0204	0,0116	0	0,2658	0,1506	0,0145	0,0095	99,4656	100,0182
77 / 26 .	0,2734	0,0103	0,0198	0,007	0,0059	0,3073	0,5299	0,0027	0,0042	99,3456	100,5062
77 / 27 .	0,4097	0	0	0,0055	0	0,2539	0,5278	0,0105	0,0073	98,6103	99,8251
77 / 28 .	0,1198	0,009	0,0139	0,029	0,0124	0,2572	0,2199	0,0167	0,0079	99,3098	99,9957
77 / 29 .	0,4631	0,0019	0,0351	0	0	0,2099	0,55	0,008	0,021	99,1661	100,4551
77 / 30 .	0,3173	0,0121	0,0231	0,0294	0,009	0,2081	0,2859	0,01	0,0069	99,4278	100,3297
77 / 31 .	0,97	0,0059	0,1013	0,0308	0,0014	0,2383	1,2806	0,0122	0	98,2395	100,88
77 / 32 .	0,3621	0,004	0,026	0	0	0,2059	0,4694	0,0102	0	99,7065	100,7841
77 / 33 .	1,7783	0	0,0953	0,0433	0,0027	0,1872	1,9575	0,0108	0	95,7264	99,8015
77 / 34 .	0,2895	0,0013	0,0242	0,0129	0,0045	0,1746	0,1973	0,0259	0,0126	99,7728	100,5157
77 / 35 .	0,3782	0	0,0199	0	0,0005	0,168	0,1692	0,0109	0	98,996	99,7427
77 / 36 .	0,7832	0,0139	0,1434	0,0098	0,0124	0,1489	0,3525	0,0273	0,0053	98,9738	100,4705
77 / 37 .	0,4345	0,0021	0,0163	0,0221	0	0,1768	0,1876	0,0186	0	98,9208	99,7788
77 / 38 .	0,527	0,0041	0,0357	0	0,011	0,1579	0,2589	0,0087	0,0149	99,2718	100,2901
77 / 39 .	0,4282	0	0,0439	0,0029	0	0,1592	0,1466	0,009	0	99,3994	100,1894
77 / 40 .	0,3836	0,0039	0,0287	0	0,0036	0,1363	0,1774	0,0088	0	99,8242	100,5666
77 / 41 .	0,2813	0	0,0188	0,0093	0,0011	0,1795	0,1253	0,0002	0	98,7352	99,3507
77 / 42 .	0,2042	0	0,0319	0	0,0029	0,1842	0,1119	0,0064	0	98,7196	99,2612
77 / 43 .	0,1922	0,0051	0,0128	0,0091	0,0065	0,1855	0,0407	0	0	97,3774	97,8293
77 / 44 .	0,2252	0,0076	0	0,0106	0,0124	0,1927	0,1263	0,0244	0,0068	99,904	100,5101
77 / 45 .	0,2555	0,0012	0,0293	0	0	0,1779	0,201	0,0304	0,013	99,2965	100,0047
77 / 46 .	0,2992	0,0116	0,0302	0,0081	0,013	0,2065	0,1499	0,0198	0	99,2498	99,9881
77 / 47 .	0,2149	0,0111	0,0009	0,0079	0,0038	0,203	0,0944	0,0196	0	99,3139	99,8696
77 / 48 .	0,3323	0	0,049	0,0019	0,0029	0,2577	0,1768	0,0153	0,0079	98,9069	99,7507
77 / 49 .	0,2466	0,0026	0,0815	0	0	0,2761	0,2887	0	0,0005	99,1546	100,0506
77 / 50 .	0,1844	0	0,0202	0	0,0067	0,2711	0,2973	0,0128	0	99,1482	99,9407
77 / 51 .	0,123	0,0034	0,0489	0,0127	0,0013	0,3265	0,2554	0,0148	0	98,8671	99,6531
77 / 52 .	0,0376	0,0085	0,0517	0	0,0195	0,2921	0,1732	0,0362	0	98,9748	99,5936
77 / 53 .	0,1946	0,0013	0	0,0493	0	0,3082	0,6946	0,0104	0,0155	98,3345	99,6086
77 / 54 .	0,2354	0	0,0554	0,0001	0,0007	0,3253	0,327	0,0141	0	99,2358	100,1939
77 / 55 .	0,3784	0,007	0,0001	0	0,0043	0,3108	0,4712	0,0083	0	97,5559	98,7361
77 / 56 .	0,1676	0,0012	0	0,0047	0	0,2824	0,1341	0,0016	0,0176	93,3885	93,9978
77 / 57 .	0,6896	0,0048	0,1999	0,048	0,0093	0,2589	1,0847	0,0169	0,0022	98,3873	100,7015
77 / 58 .	0,2959	0	0,0097	0,0079	0,0111	0,2492	0,2143	0	0,0092	99,0051	99,8023
77 / 59 .	0,7982	0	0,0776	0,0138	0	0,2852	1,1004	0	0	98,1258	100,4009
77 / 60 .	1,0468	0,0061	0,1087	0,0173	0,0059	0,2579	1,7375	0,0088	0,0018	97,0811	100,2718
77 / 61 .	0,3294	0	0,0215	0	0	0,2602	0,1271	0,0137	0	98,2194	98,9713