

Aufbereitungstechnische Untersuchungen zum Trennverhalten von Rohmagnesiten im elektrischen Feld

Masterarbeit

zum Erwerb des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs



eingereicht am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung
der Montanuniversität Leoben

von

Lukas Maydl, B.Sc.

Betreuer (intern): Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Helmut Flachberger
Betreuer (extern): Dr. Rainer Werthmann

in Zusammenarbeit mit der STYROMAG GmbH

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume

Ort, Datum

Unterschrift

Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die diese Masterarbeit ermöglicht haben und mich bei ihrer Umsetzung unterstützt haben:

Zuallererst gilt mein Dank Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Helmut Flachberger, Durch die Mitwirkung an diesem Projekt war es mir möglich, meinen Horizont zu erweitern und die in Vorlesungen erworbenen theoretischen Kenntnisse zielgerichtet einzusetzen. Die zahlreichen Diskussionen und Gespräche haben mir sehr geholfen schwierige Fragen und Problemstellungen zu verstehen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. Rainer Werthmann von der STYROMAG GmbH für die gute Zusammenarbeit und die Hilfe bei den aufgetretenen Fragen. Ebenso möchte ich seinen Kollegen bei der STYROMAG GmbH danken, insbesondere Fr. Simone Engelschön, die in mühevoller Arbeit meine Proben analysiert haben und somit maßgeblich zu dem Ergebnis dieser Arbeit beigetragen haben.

Ein weiterer Dank gebührt meinen Kollegen in Labor und Technikum des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung, allen voran Herrn Thomas Geissler, für die tatkräftige Unterstützung und eine hervorragende Zusammenarbeit.

Schließlich möchte ich mich sehr herzlich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich während meines Studiums begleitet und zu jeder Zeit unterstützt haben.

Kurzfassung

Die Sortierung im elektrostatischen Feld ist ein Aufbereitungsprozess, welcher aufgrund der trockenen Betriebsweise und der Möglichkeit zur gezielten Beeinflussung einer Vielzahl an prozessrelevanten Parametern derzeit wieder in den Fokus der Rohstoffindustrie – insbesondere des Industriemineralsektors – rückt. Eine Besonderheit dieses Prozesses ist durch die Notwendigkeit der Kontrolle umgebungsrelevanter Parameter gegeben, wie z.B. dem Einstellen einer bestimmten Luftfeuchte und -temperatur, welche das Trennverhalten maßgeblich beeinflussen (können). Ebenso kann durch chemische Modifizierung der Körneroberfläche großer Einfluss auf das Aufladeverhalten und damit die Selektivität des Trennvorganges genommen werden.

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, die Einsatztauglichkeit der Elektroscheidung mittels Triboaufladung für die Aufbereitung von Rohmagnesiten österreichischer Provenienz zu prüfen. Insbesondere soll dabei der Frage nachgegangen werden, ob durch den Einsatz ausgewählter Reagenzien die Erzeugung qualitativ hochwertiger Magnesitkonzentrate möglich ist. Einerseits ist dazu die Abreicherung silikatischer Mineralkomponenten notwendig, andererseits gilt es auch, die in den Lagerstätten ebenfalls enthaltenen karbonatischen Begleitminerale Kalzit und Dolomit abzutrennen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden systematische Versuchsreihen mit mehreren Reagenzien durchgeführt und ihr Einfluss auf die Trennung von Magnesit von silikatischen Komponenten sowie von den karbonatischen Begleitmineralen Kalzit und Dolomit untersucht. Dabei wurden Rohmagnesite aus vier Lagerstätten der *STYROMAG GmbH* herangezogen. Eine dieser Lagerstätten – *Kaintaleck* - diente dabei als Ausgangsbasis für die weiterführenden Versuche mit Rohmagnesiten aus den anderen Lagerstätten. An ihr wurden Versuche mit allen Reagenzien, unterschiedlichen Dosiermengen, Dispergierarten, Konditionierarten und -dauern, Auflademöglichkeiten, Luftfeuchten sowie mit ein- und zweistufiger Prozessschaltung durchgeführt. Durch die in diesen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse an Rohmagnesit aus der Lagerstätte *Kaintaleck* wurde das Versuchsprogramm für die anderen Rohmagnesite aus den Lagerstätten *Hohentauern*, *Wald am Schoberpass* und *Angerer* angepasst. So wurden diese Versuchsreihen nunmehr zweistufig und mit einer verringerten Auswahl an Reagenzien durchgeführt. Dabei wurden in der ersten Stufe die silikatischen Komponenten ohne Einsatz von Reagenzien abgereichert. Die nunmehr an Silikaten weitgehend abgereicherte Zwischenfraktion wurde hierauf mit den Reagenzien konditioniert und erneut im elektrostatischen Feld getrennt.

Für die Darstellung des Aufbereitungserfolges in Form von Bilanztafeln wurden die hergestellten Proben im Labor der Firma *STYROMAG GmbH* analysiert. Die dabei erhaltenen Daten wurden mittels Grenzkurven der Selektivität im Sortierschaubild nach Steiner dargestellt.

Es konnte u.a. festgestellt werden, dass der sorgfältigen Durchführung systematischer Versuchsreihen zur Auffindung optimaler Betriebspunkte eine besondere Bedeutung zukommt, dass bei der Silikatabreicherung (im Vergleich zur Abtrennung der karbonatischen Begleitminerale) derzeit bessere Ergebnisse erzielt werden können und dass einige der getesteten Reagenzien zu einer Erhöhung der Selektivität beitragen.

Abstract

Sorting in an electrostatic field is a processing step, which attracts extractive industry's notice – especially the industrial minerals industry - because of its dry operational mode and the possibilities of specific interaction with multiple processing relevant parameters. Distinctiveness is given by the necessity of controlling the process environment, such as adjusting of a specific humidity and temperature, which (may) have great influence on the separation behaviour. To condition the grains' surface reagents can also have influence on the charging behaviour and subsequently on the separation sequence's selectivity.

Superordinate scope of this thesis is to investigate the efficiency of electrostatic sorting by triboelectric charging for processing magnesite ores of Austrian origin. A matter of particular interest is the possibility to obtain magnesite concentrates of high quality through the application of specific reagents. On the one hand a depletion of siliceous mineral components is important and it's also on the other hand essential to separate theoccurring carbonatic accompanying minerals calcite and dolomite.

In this thesis experiments were made with several reagents and their effect on the separation of magnesite from siliceous components as well as the carbonatic minerals calcite and dolomite was determined. Magnesite ores from four different deposits were investigated. All deposits are exploited of *STYROMAG GmbH*. The experimental run *Kaintaleck* was the basis for all further investigations. Within this run the influences of many parameters were investigated e.g. reagent type and its concentration, periods and possibilities of conditioning, charging devices, humidity and temperature and also with single- and two-stage process. With all those expertise of magnesite ores of the deposit *Kaintaleck* gained, further experimental runs were customised for the other deposits *Hohentauern*, *Wald am Schoberpass* and *Angerer*. Those runs were processed henceforth in two steps. In a first step, siliceous components were degraded in an unconditioned mode. In a second step, the remaining intermediate fraction was conditioned hereupon with selected reagents and separated in the electrostatic field again.

All samples were analysed in *STYROMAG GmbH's* company laboratory. The data gained were transferred into mineral processing balance tables and the results were shown in limit curves of selectivity according to Steiner in order to illustrate processing efforts.

Amongst other things determinations were made that an accurate procedure of systematic experimental runs is of particular importance in order to find ideal working units, that currently better results can be achieved in depleting siliceous minerals in comparison to carbonatic accompanying minerals and finally that some of the tested reagents contribute to an enhancement/ increase of selectivity.

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung	5
2 Zusammenfassung	7
3 Kausterproduktion der STYROMAG GmbH	12
3.1 Entstehung	12
3.2 Kausterproduktion	12
3.3 Kausterprodukte	13
4 Grundlagen der Elektroscheidung	16
4.1 Einführende theoretische Betrachtungen	16
4.1.1 Das Energiebändermodell	17
4.2 Arten der Aufladungsmöglichkeiten	20
4.2.1 Aufladung durch Kontaktpolarisation	20
4.2.2 Aufladung im Koronafeld	21
4.2.3 Triboelektrische Aufladung	22
4.2.3.1 Triboelektrische Aufladung zweier Metalle	24
4.2.3.2 Triboelektrische Aufladung zwischen einem Leiter und einem Halbleiter...	25
4.2.3.3 Triboelektrische Aufladung von Nicht- und Halbleitern	25
4.2.3.4 Einfluss von Luftfeuchtigkeit und Temperatur	25
4.2.3.5 Chemische Konditionierung	26
4.2.3.6 Triboelektrische Aufladevorrichtungen	26
4.3 Elektroscheider und deren Trennmodelle	26
4.3.1 Trennmodelle	27
4.3.2 Bauweisen der Elektroscheider	29
4.3.2.1 Walzenscheider	29
4.3.2.2 Freifallscheider	30
4.3.2.3 Bandscheider	31
4.4 Freifallscheider hamos EMS 500	32
5 Untersuchungen	34
5.1 Probenbeschreibung	34
5.2 Vorbereitende Schritte	35
5.2.1 Zerkleinerung	35
5.2.2 Siebung und Entstaubung	36
5.3 Konditionierung	36
5.3.1 Konditioniermittel	36
5.3.2 Konditionierarten	36
5.3.2.1 Mischmaschine	36
5.3.2.2 Rollenbock	36
5.3.2.3 Eirichmischer	37
5.4 Aufladung	37
5.4.1 Aufladeeinheiten des HAMOS EMS 500	37
5.4.2 Trommelaufladung	37
5.5 Elektroscheidung	37
5.6 Analyse mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (EDRFA)	43
6 Auswertung	44
6.1 Ermittlung der geeigneten Korngrößenklasse	44
6.2 Analysenergebnisse	45

6.3 Bilanzierung	45
6.4 Grenzkurven der Selektivität	46
7 Interpretation.....	50
7.1 Einfluss der Temperatur	50
7.2 Einfluss der relativen Luftfeuchte	51
7.3 Einfluss der Konditionierdauer	51
7.4 Einfluss der Konditionierart	52
7.5 Einfluss der Dispergierung.....	52
7.6 Einfluss der Konditioniermittel	52
7.7 Einfluss der Dosierung.....	55
7.8 Einfluss der Aufladeinheit	56
Literaturverzeichnis	57
Abbildungsverzeichnis	58
Tabellenverzeichnis.....	60

1 Aufgabenstellung

Die *STYROMAG GmbH* ist ein Spezialist in der Herstellung von kaustisch gebranntem Magnesit, auch als Kauster bezeichnet, der im Werk Oberdorf bei einer Temperatur von ca. 800 °C in einem Wirbelschichtofen und einem Etagenofen produziert wird. Der solcherart gebrannte Kauster liegt, anders als gesinterter Magnesit, in poröser Form vor und ist durch seine vergrößerte innere Oberfläche sehr reaktionsfähig. Das Rohgut für die Produktion der Kauster wird von der *STYROMAG GmbH* in vier betriebseigenen ober- und untertägigen Gewinnungsbetrieben abgebaut und in die Aufbereitungsanlage bzw. Hütte in Oberdorf transportiert.

Die abgebauten Rohmagnesite setzen sich aus dem Hauptmineral Magnesit (MgCO_3) und diversen Begleitmineralen wie Kalzit (CaCO_3), Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) und Talk ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) zusammen. Akzessorisch sind noch Chlorit und Leuchtenbergit (eine eisenarme Varietät des Klinochlor) enthalten. Die Zusammensetzung kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Lagerstätte erheblichen Schwankungen unterliegen.

Die Qualitätssteuerung erfolgt gegenwärtig in den Gewinnungsbetrieben durch selektiven Abbau bzw. durch eine kontrollierte Vereinigung der in überdachten Siloboxen zwischengelagerten Rohmagnesite zu einer vergleichmäßigten Aufgabe für die Aufbereitungsanlage.

Zur Erweiterung der Produktpalette erwägt die Geschäftsführung der *STYROMAG GmbH* nun die Ausweitung der bestehenden Aufbereitungsanlage. Angedacht ist die Implementierung eines Sortierschrittes zur Abreicherung von Begleitmineralen. Der Sortierschritt hat in trockener Betriebsweise zu erfolgen und darf auf die nachfolgenden Prozessschritte keinen Einfluss nehmen, so ist etwa eine Änderung des in den Öfen verarbeiteten Kornbandes 0,3/8 mm nicht zulässig.

Eine Möglichkeit zur selektiven Abtrennung könnten elektrostatische Sortierverfahren darstellen. Da es sich bei den auftretenden Mineralphasen allesamt um elektrische Nichtleiter handelt, rückte der elektrostatische Freifallscheider (zur Trennung von Mineralphasen nach Triboaufladung) in das Zentrum der Forschungsbemühungen. Dieser Sortierprozess bietet die Möglichkeit zur gezielten Beeinflussung einer Vielzahl an prozessrelevanten Parametern. Eine Besonderheit dieses Prozesses ist durch die Notwendigkeit der Kontrolle umgebungsrelevanter Parameter gegeben, wie z.B. dem Einstellen einer bestimmten Luftfeuchte und -temperatur, welche das Trennverhalten maßgeblich beeinflussen (können). Ebenso kann durch chemische Modifizierung der Körneroberfläche großer Einfluss auf das Aufladeverhalten und damit die Selektivität des Trennvorganges genommen werden.

Mit dem am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung verfügbaren Technikumsscheider vom Typ HAMOS EMS 500 sollte nun geprüft werden, ob und bei welchen prozessrelevanten Parametern es möglich ist, qualitätsmindernde Begleitminerale abzureichern. Um herauszufinden, welche Prozessbedingungen sich günstig auf das Trennverhalten auswirken bzw. welches Konditionierungsmittel sich für eine Verbesserung der Selektivität eignet, sollten systematische Versuchsreihen durchgeführt und die solcherart erzielten Ergebnisse (nach sorgfältiger Analyse der erhaltenen Trennprodukte im Labor der *STYROMAG GmbH*) in Form von Bilanztafeln sowie in Form

von Grenzkurven der Selektivität im Sortierschaubild nach Steiner einander vergleichend gegenüber gestellt werden.

2 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden systematische Versuchsreihen mit Rohmagnesiten der *STYROMAG GmbH* durchgeführt, um neben verschiedenen Prozessparametern auch den Einsatz von Reagenzien und deren Einfluss auf das Trennverhalten auszutesten. Dabei standen die Abreicherung silikatischer Mineralphasen bzw. der karbonatischen Begleitminerale im Zentrum der Forschungsaktivitäten.

In einem ersten Schritt wurden orientierende Versuche zur Ermittlung der aufbereitbaren oberen Korngrenze durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass Körner > 1 mm aus dem fallenden Körnerschwarm nicht mehr in ausreichendem Maße abgelenkt werden können. Daher wurde die obere Korngröße bei 1 mm festgelegt und die untere Korngrenze von der *STYROMAG GmbH* betrieblich bei 0,3 mm angesetzt. Alle Rohmagnesite wurden seitens *STYROMAG GmbH* im Korngrößenbereich < 8 mm in Big-bags angeliefert, die Probenvorbereitung erfolgte im Aufbereitungstechnikum des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung.

In weiterer Folge wurde ein erstes Versuchsprogramm für die Lagerstätte *Kaintaleck* festgelegt, da *Kaintaleck* im Gegensatz zu den anderen Lagerstätten der *STYROMAG GmbH* neben Dolomit auch Kalzit als karbonatisches Begleitmineral enthält. In dieser Versuchsreihe wurde jede der verwendeten Reagenzien zunächst mit drei Dosierungen untersucht. In weiterer Folge wurden die Einflüsse der nachfolgend aufgelisteten Prozessparameter auf das Trennverhalten getestet:

- relative Luftfeuchte
- Konditionierdauer
- Konditionierart
- Dispergierart
- Aufladeart

Zuletzt wurde in dieser Versuchsreihe der Frage nachgegangen, ob durch eine Nachreinigung des Zwischenproduktes oder durch eine vorgeschaltete unkonditionierte Silikat-Stufe, in der die Silikatträger lediglich durch den Temperatureinfluss weitgehend abgereichert werden, eine Ergebnisverbesserung erzielt werden kann. Durch die Erkenntnisse, die mit der Versuchsreihe *Kaintaleck* gewonnen werden konnten, wurde das Versuchsprogramm für die weiteren Lagerstätten festgelegt.

Für die Beurteilung der Reagenzien und der übrigen Parameter wurden aufbereitungstechnische Bilanztafeln erstellt und das Inhaltsausbringen an Wert- und Bergematerial in Sortierschaubildern nach Steiner graphisch dargestellt. Durch diese Möglichkeit der Darstellung ließ sich deutlicher erkennen, wie sich die Reagenzien und die Veränderung der Parameter auf die Selektivität auswirkten.

Tabelle 2-1: Aufbereitungstechnische Bilanztafel Versuch 48 (Kaintaleck mit Dosierung 1 und Reagenz 14)

Vers.-Nr.:	r _m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
48													
1 A-G	1,74	18,50	43,52	43,52	1,50	2,79	2,79	7,10	2,06	2,06	35,40	1,49	1,49
2 AB	25,61	1,40	48,36	91,88	1,00	27,36	30,15	7,10	30,24	32,30	39,90	24,74	26,24
3 AB	60,21	0,10	8,12	100,00	0,90	57,89	88,04	5,60	56,08	88,38	41,90	61,09	87,32
4 A	8,76	0,00	0,00	100,00	0,90	8,43	96,47	5,50	8,02	96,39	42,20	8,96	96,28
5 A-E	3,68	0,00	0,00	100,00	0,90	3,53	100,00	5,90	3,61	100,00	41,80	3,72	100,00
Σ	100,00	0,74	100,00		0,94	100,00		6,01	100,00		41,30	100,00	

Tabelle 2-2: Aufbereitungstechnische Bilanztafel Versuch 49 (Kaintaleck mit Dosierung 2 und Reagenz 14)

Vers.-Nr.:	r _m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
49													
1 A-G	1,85	21,70	50,19	50,19	1,80	3,56	3,56	6,80	2,16	2,16	34,40	1,54	1,54
2 AB	20,06	1,40	35,09	85,27	1,00	21,41	24,97	7,10	24,39	26,54	39,70	19,20	20,74
3 AB	58,94	0,20	14,73	100,00	0,90	56,63	81,60	5,60	56,53	83,07	42,00	59,71	80,45
4 A	13,33	0,00	0,00	100,00	0,90	12,81	94,41	5,10	11,64	94,72	42,30	13,60	94,05
5 A-E	5,82	0,00	0,00	100,00	0,90	5,59	100,00	5,30	5,28	100,00	42,40	5,95	100,00
Σ	100,00	0,80	100,00		0,94	100,00		5,84	100,00		41,46	100,00	

Tabelle 2-3: Aufbereitungstechnische Bilanztafel Versuch 50 (Kaintaleck Dosierung 3 und Reagenz 14)

Vers.-Nr.:	r _m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
50													
1 A-G	1,89	18,80	41,42	41,42	1,70	3,44	3,44	6,80	2,18	2,18	35,20	1,60	1,60
2 AB	17,93	1,50	31,33	72,75	1,00	19,21	22,66	7,60	23,15	25,33	39,50	17,08	18,68
3 AB	58,47	0,40	27,25	100,00	0,90	56,39	79,05	5,60	55,62	80,95	41,80	58,93	77,61
4 A	13,67	0,00	0,00	100,00	0,90	13,19	92,24	5,20	12,08	93,03	42,80	14,11	91,72
5 A-E	8,04	0,00	0,00	100,00	0,90	7,76	100,00	5,10	6,97	100,00	42,70	8,28	100,00
Σ	100,00	0,86	100,00		0,93	100,00		5,89	100,00		41,47	100,00	

Für die Beurteilung eines Reagenzes wurden zunächst die drei Bilanzen der Dosierungen auf Unterschiede hinsichtlich der Gehalte an Magnesium- und Calciumoxid verglichen. Im Falle der oben gezeigten Bilanzen der Versuche 48–50 (siehe Tabellen 2-1 bis 2-3) fällt auf, dass die Verteilung der Oxid-Gehalte mehr oder weniger regelmäßig ist und es somit zu keiner signifikanten Anreicherung eines der Karbonate kommt. Dadurch liegt der Schluss nahe, dass auch dieses Reagenz für eine mögliche selektive Karbonat-Trennung keinen Einfluss hat. Bei der weiteren Betrachtung der Silikatgehalte fällt allerdings auf, dass die Gehalte in den Fraktionen 3 bis 5 annähernd Null sind und sich die gesamten Silikaträger in den Fraktionen 1 und 2 anreichern. Im speziellen Fall von Versuch 48 können so bereits 91,88 % des Inhaltes an Silikaten abgereichert werden. Stellt man dieses Ergebnis jenem des unkonditionierten Versuches 2 (bei dem das Inhaltsausbringen an Silikaten bei 42,48 % liegt, siehe Anhang Seite 21) gegenüber, so liegt der Schluss nahe, dass dieses Reagenz neben dem Temperatureinfluss einen deutlichen Einfluss auf die Silikatabtrennung hat.

Je nachdem, wie die erzeugten und analysierten Fraktionen nun rechnerisch vereinigt werden, können unterschiedliche Betriebsfahrweisen bzw. damit erzielbare Konzentratqualitäten dargestellt werden. Abbildung 1-1 soll zeigen, wie die Fraktionen zusammengefasst werden können.

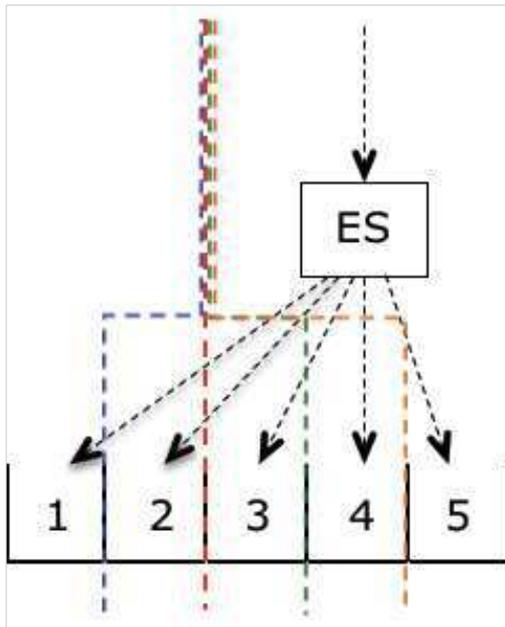


Abbildung 2-1: Schematische Darstellung für das Zusammenziehen der Fraktionen

Mit den Ergebnissen aus Versuch 48 und den in Abbildung 2-1 dargestellten Fraktionskombinationen wird in den Tabellen 2-4 bis 2-7 veranschaulicht, welche Silikatanteile die jeweiligen Konzentrate und Berge dieser Kornklasse in der gesamten Kornspanne 0,3/8 mm haben.

Tabelle 2-4: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus den Fraktionen 2-5 vereinigt worden ist (blau strichlierte Linie)

MW [mm]	m [%]	m [%]	r_{i, SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]
2/8	46,08	46,08	30,54	30,54
1/2	16,20	16,20	9,39	9,39
0,3/1-Konz.	19,73	19,39	17,05	9,63
0,3/1-Berge		0,34		7,42
<0,3	17,99	17,99	43,02	43,02
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabelle 2-5: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus den Fraktionen 3-5 vereinigt worden ist (rot strichlierte Linie)

MW [mm]	m [%]	m [%]	r_{i, SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]
2/8	46,08	46,08	30,54	30,54
1/2	16,20	16,20	9,39	9,39
0,3/1-Konz.	19,73	14,33	17,05	1,38
0,3/1-Berge	17,99	5,40	43,02	15,67
<0,3	17,99	17,99	43,02	43,02
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabelle 2-6: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus den Fraktionen 4-5 vereinigt worden ist (grün strichlierte Linie)

MW [mm]	m [%]	m [%]	r_{i, SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]
2/8	46,08	46,08	30,54	30,54
1/2	16,20	16,20	9,39	9,39
0,3/1-Konz.	19,73	2,45	17,05	0,00
0,3/1-Berge	17,99	17,28	43,02	17,05
<0,3	17,99	17,99	43,02	43,02
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabelle 2-7: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus der Fraktionen 5 besteht (orange strichlierte Linie)

MW [mm]	m [%]	m [%]	r_{i, SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]
2/8	46,08	46,08	30,54	30,54
1/2	16,20	16,20	9,39	9,39
0,3/1-Konz.	19,73	0,73	17,05	0,00
0,3/1-Berge	17,99	19,00	43,02	17,05
<0,3	17,99	17,99	43,02	43,02
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00

Für die Auswahl der weiter verwendeten Reagenzien wurden die Ergebnisse der Versuche 1-38 (siehe Bilanztafeln im Anhang auf den Seiten 21-32) miteinander verglichen. Da das Analysieren der Proben einen beachtlichen Zeitaufwand mit sich zieht, wurde in Absprache mit dem Industriepartner beschlossen, dass für die Versuchsreihen *Hohentauern*, *Wald am Schoberpass-A* und *Wald am Schoberpass-B* die Reagenzien 4, 7, 8, 9 und 10 verwendet werden und für die Versuchsreihen *Angerer-A* und *Angerer-B* Reagenz 10 zum Einsatz kommt.

Für die weiteren Versuchsreihen wurden in einem ersten Arbeitsschritt die Silikate abgereichert. Die entstandene Zwischenfraktion wurde mit einer von fünf ausgewählten Reagenzien konditioniert und dem Elektroscheider erneut aufgegeben. Für die

triboelektrische Aufladung des Rohgutes wurde eine aus Aluminium gefertigte Aufladeeinheit verwendet und die relative Luftfeuchte so gering wie möglich gehalten. Trotz zusätzlicher Luftentfeuchtung schwankte die relative Luftfeuchte zwischen 34 und 40 %. Das Rohgut wurde vor jeder der beiden Stufen über mehrere Stunden bei 150 °C vorgewärmt.

Durch diese Versuchsdurchführung konnten bei den Versuchsreihen *Hohentauern* etwa 52,32 % und bei *Wald am Schoberpass-A* etwa 52,77 % des Silikatinhaltes, bei *Wald am Schoberpass-B* etwa 36,39 %, *Angerer-A* 46,86 % und bei *Angerer-B* 41,9 % in den Fraktionen 1 und 2 abgereichert werden. Für die Schaffung eines möglichst silikatarmen Konzentrates können die Fraktionen I-IV der zweiten Stufe beliebig vereint und eventuell mit den Fraktionen 1 und 2 der ersten Stufe zusammen gefasst werden. Abbildung 2-2 zeigt mögliche Vereinigungsvarianten, deren Zahlenwerte in Tabelle 2-8 berechnet worden sind.

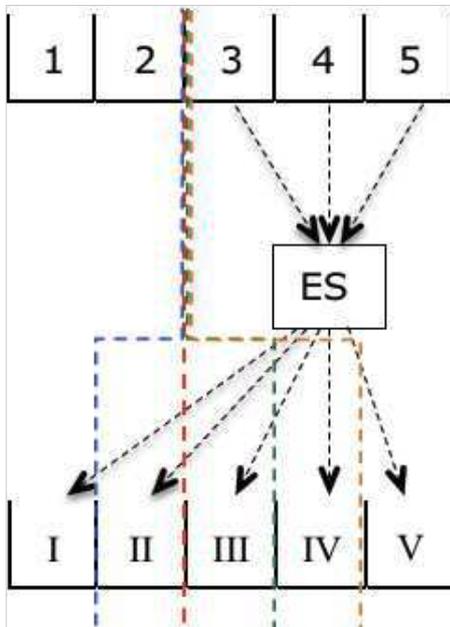


Abbildung 2-2: Möglichkeiten die Fraktionen 1 und 2 der ersten Stufe mit Fraktionen der zweiten Stufe zusammen zu fassen.

Tabelle 2-8: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zur Schaffung von Konzentraten basierend auf den Ergebnissen von Versuch 54 (*Hohentauern* mit Reagenz 9)

	r_m [%]	g_{SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]	r_m [%]	g_{SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]	r_m [%]	g_{SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]	r_m [%]	g_{SiO_2} [%]	r_{i, SiO_2} [%]
Konzentrat	68,90	2,91	40,69	58,34	2,71	32,11	14,32	2,44	7,08	6,74	2,70	3,69
Berge	31,10	9,39	59,31	41,66	8,02	67,89	85,68	5,34	92,92	93,26	5,08	96,31
Σ	100,00	4,92	100,00	100,00	4,92	100,00	100,00	4,92	100,00	100,00	4,92	100,00

3 Kausterproduktion der *STYROMAG GmbH*

3.1 Entstehung

Die *STYROMAG GmbH* (und ihre Rechtsvorgänger) ist die älteste industrielle Herstellerin von kaustisch gebranntem Magnesit. Seit 1906 wird in Oberdorf Magnesit industriell abgebaut und seit 1911 auch vor Ort in einem Schachtofen gebrannt. Zuvor war der Standort der Hütte in Kraubath bei Leoben.

Das 20. Jahrhundert sollte eine Vielzahl an Veränderungen mit sich bringen. Neben der Umwandlung der *Oberdorfer Magnesitwerke GesmbH* in die *Steirische Magnesitindustrie AG* (später *Veitscher Magnesitwerke AG*) wurden die Abbaue in Oberdorf kontinuierlich vergrößert und modernisiert. 1985 wurde der weltweit erste Wirbelschichtofen zur Herstellung von kaustisch gebranntem Magnesit errichtet und erfolgreich in Betrieb genommen. Seit damals stellt dieser Wirbelschichtofen das zentrale Aggregat zur Herstellung qualitativ hochwertiger Kausterprodukte am Standort Oberdorf dar.

1984 erfolgte die Ausgliederung aus der *Veitscher Magnesit AG* und die Eingliederung in die *Magindag AG*. Nach der Insolvenz der Firma *Magindag AG* wurde der Betrieb in Oberdorf von der neu gegründeten *Styromag - Styromagnesit Steirische Magnesitindustrie GmbH* übernommen. An der Übernahme war Dr. Ernst H. Stefan, heutiger Alleingesellschafter der *STYROMAG GmbH*, maßgeblich beteiligt, der in seiner damaligen Funktion als geschäftsführender Gesellschafter der *Duralit Österreich GesmbH* der wichtigste Kunde des Oberdorfer Werkes war.

Im Jahr 2011 wurde die Produktionsanlage um einen Etagenofen ergänzt, der die Produktionskapazität von kaustisch gebranntem Magnesit um 50 % erhöhte und zudem die Produktpalette des Betriebes um gekörnte bzw. granuliert Kauster erweiterte. Der Etagenofen ermöglicht eine kontrollierte Steuerung des Brennvorganges, wodurch auf Kundenanforderungen individuell eingegangen werden kann. [16]

3.2 Kausterproduktion

Die Rohmagnesite werden in ihren jeweiligen Bergbauen durch Bohren und Sprengen bergmännisch gewonnen und vor Ort mit Hilfe eines mobilen Backenbrechers kampagnenweise vorzerkleinert. Das so vorzerkleinerte Rohgut wird in das Werk in Oberdorf geliefert und in separaten Freilagern zwischengelagert.

Für die Produktion der Kauster wird der Rohmagnesit über einen Rohsteinbunker einer weiteren Zerkleinerungsstufe, ebenfalls einem Backenbrecher, aufgegeben. Das Zerkleinerungsprodukt wird über Fördersysteme einem Vortrockensilo aufgegeben, in welchem das Rohgut durch das Einblasen heißer Luft getrocknet wird. In weiterer Folge wird der Rohmagnesit nun über einen Schwingtrockner geführt. Die Staubfraktion wird dabei mit dem durch den Schwingtrockner geführten Heißluftstrom ausgetragen und in einem Zyklon wie auch einem Jet-Filter abgeschieden. Der getrocknete Rohmagnesit gelangt, vereinigt mit dem Grobgut des Zyklons, über Förderbänder und Becherwerke in die Siebanlage. Die heiße, von Schwebstoffen weitestgehend befreite Abluft wird zur Aufheizung der Frischluft für die zuvor erwähnte Vortrocknung verwendet. In der

Siebanlage werden die Korngrößenklassen $< 0,3$, $0,3/8$, sowie $8/50$ mm erzeugt. Die Fraktion ($8/50$ mm) wird über einen Magnetscheider geführt, um den Rohmagnesit von Metallen zu befreien. Danach wird diese Fraktion in einem Zentro-Hammerbrecher zerkleinert und abermals zur Siebanlage transportiert. Somit gelangen nur die Fraktionen $< 0,3$ und $0,3/8$ mm in die Weiterverarbeitung, die Zwischenlagerung erfolgt in Stahlsilos. Im Anschluss daran werden die Rohmagnesite aus den Silos abgezogen und über Trogförderer und Vorsilos dem Wirbelschichtofen aufgegeben. Hier findet die Kalzinierung bei etwa 800 °C statt. Über Nachkühler und verschiedene Zyklonstufen, die ebenfalls eine kühlende Funktion besitzen, werden die entstandenen Kauster über Förderbänder in die Produktsilos gefördert und können je nach Kundenanforderungen in unterschiedlicher Rezeptur zusammengestellt werden.

2015 wurden in den Bergbauen der *STYROMAG GmbH* 120.000 t Rohmagnesit gewonnen und in der Hütte in Oberdorf 27.000 t kaustisch gebrannter Magnesit hergestellt.

In den Abbildungen 3-1 und 3-2 (siehe Seite 14 und 15) ist das Anlagenschema der Aufbereitung und Verhüttung der *STYROMAG GmbH* grafisch dargestellt.

3.3 Kausterprodukte

Die Verwendung von kaustisch gebranntem Magnesit ist vielseitig. Die von der *STYROMAG GmbH* hergestellten Kauster finden u.a. Verwendung in/im/als:

- Schleifsteinen
- Industriefußböden
- Bremsbelägen
- Bergbauversatz und -sicherung
- Dünge- und Futtermittelindustrie
- Zellstoffherstellung
- Brandschutz
- Kläranlagen

Diese Produkte unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung und/oder ihren physikalischen Eigenschaften. Zusätzlich werden von der *STYROMAG GmbH* noch Rohsteine und Gulsenit (natürliche Silikate mit einer hohen Oberflächenaktivität) als eigenständige Produkte hergestellt.

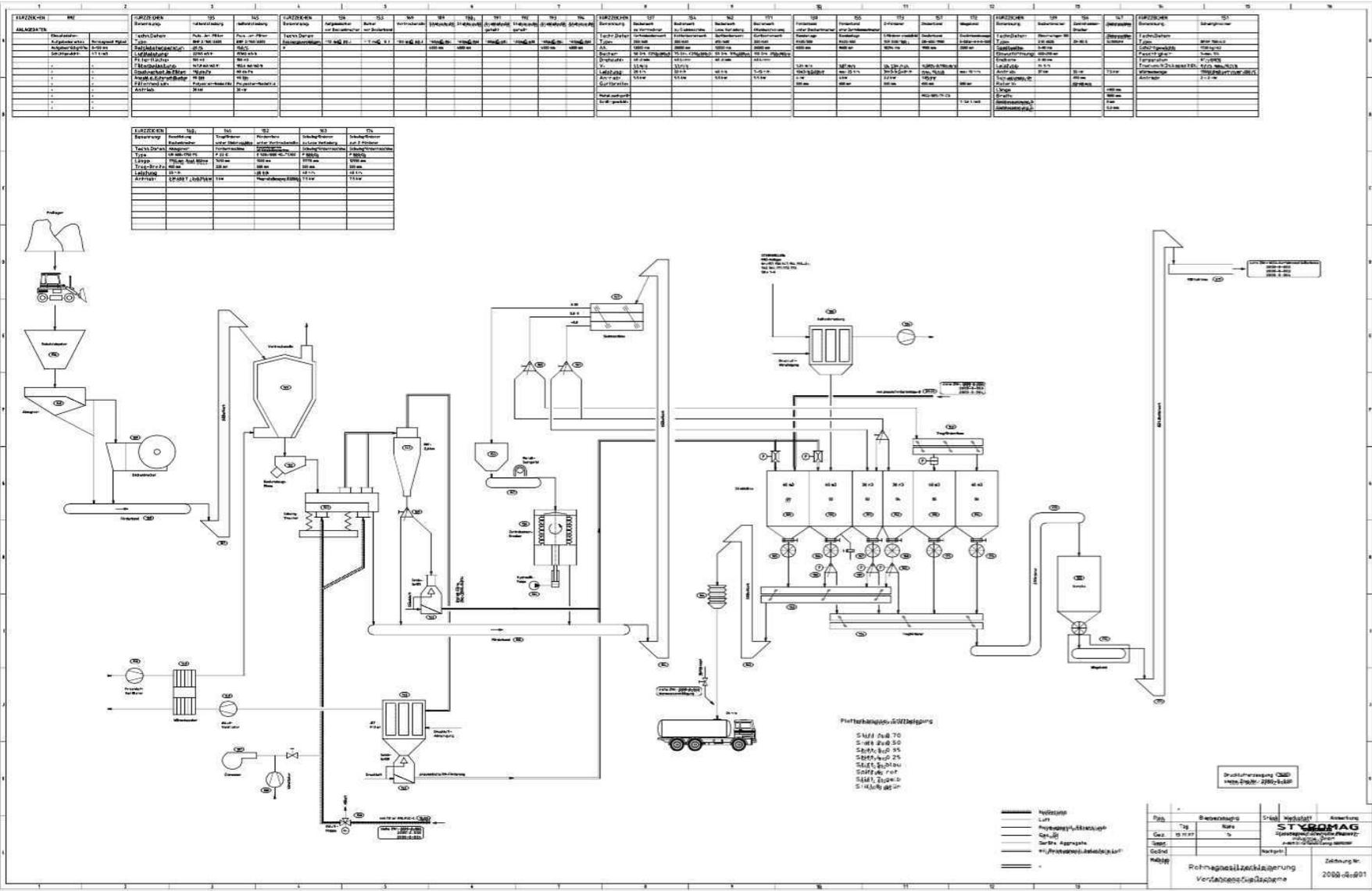


Abbildung 3-1: Anlagenschema der Aufbereitungsanlage der STYROMAG GmbH (Quelle: Fa. STYROMAG GmbH)

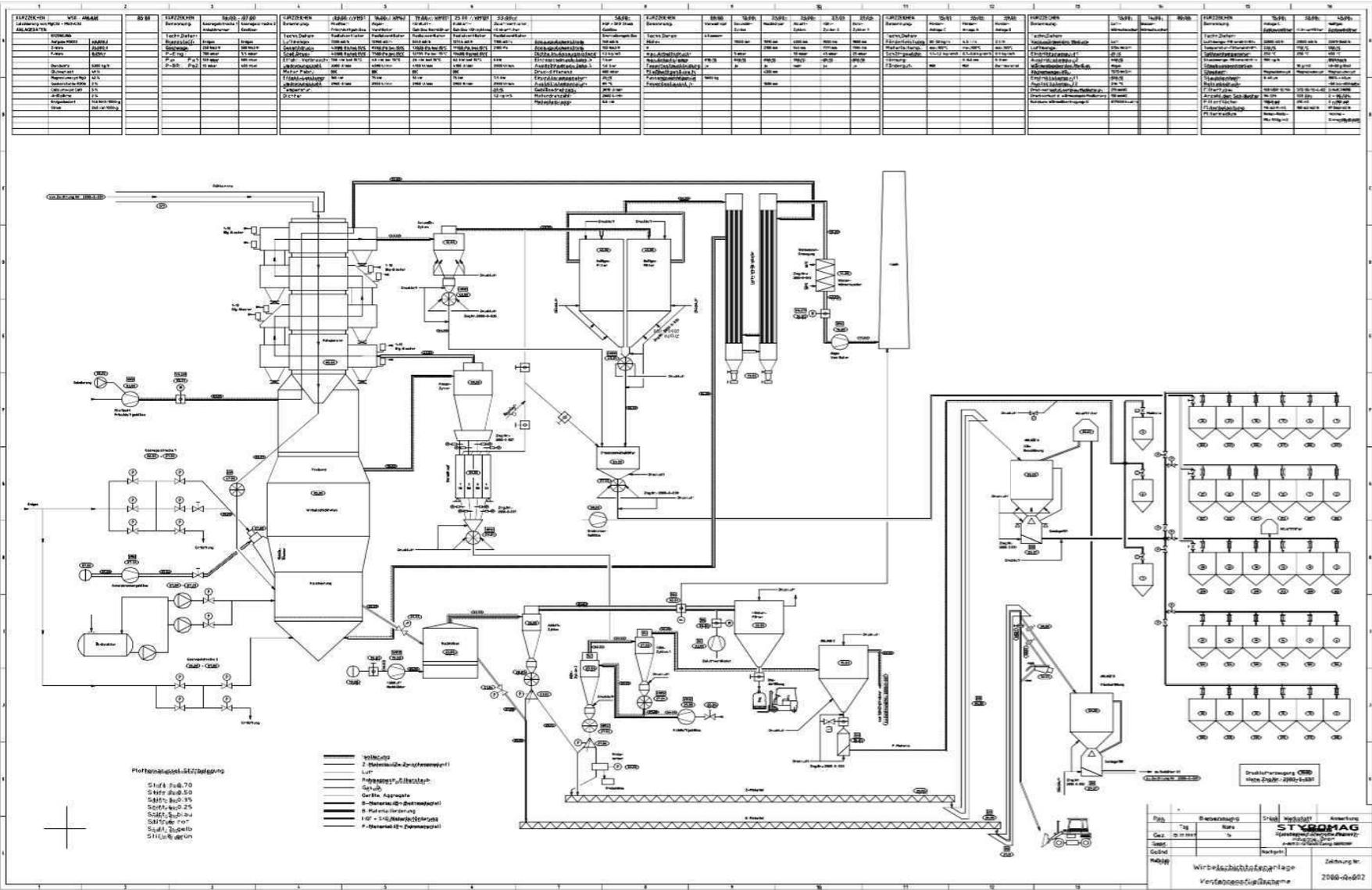


Abbildung 3-2: Anlagenschema der Verhüttung der STYROMAG GmbH (Quelle: Fa. STYROMAG GmbH)

4 Grundlagen der Elektroscheidung

Die Elektroscheidung ist ein grenzflächengesteuerter Sortierprozess, welcher Unterschiede in der Oberflächenleitfähigkeit (Leiter-/Nichtleiter-Trennung in Folge von Aufladung mittels Kontaktpolarisation oder im Koronafeld) bzw. im Aufladeverhalten (Nichtleiter-/Nichtleiter-Trennung nach erfolgter triboelektrischer Aufladung – gegenseitiges Aufladen der Körner bzw. Aufladung der Körner durch Wandkontakte) zur Trennung nutzt. Die Herausforderung bei der Elektroscheidung nach Triboaufladung liegt somit darin, auf den Oberflächen der zu trennenden Mineralphasen Ladungen unterschiedlicher Größe und entgegengesetzter Vorzeichen zu erzeugen, um diese anschließend in einem elektrischen Feld nach dem Prinzip der Ablenkung zu trennen. Im Falle der Kontaktpolarisation und der Aufladung im Koronafeld muss darauf geachtet werden, dass es sich bei dieser Form der Leitfähigkeit um eine Eigenschaft der Oberfläche handelt, die durch äußere Einflüsse (mechanische Einwirkung, Oberflächenreaktionen, Adsorption, u.a.) verändert werden können. [6]

4.1 Einführende theoretische Betrachtungen

Das Ziel der Elektroscheidung ist, wie bereits kurz zuvor erwähnt, Ladungen Q_p so auf Körnern zu erzeugen, dass ein elektrisches Feld in der Lage ist, stofflich unterschiedliche Körner selektiv zu trennen. Grundlage für die Beeinflussung in elektrischen Feldern bildet die Coulomb-Gleichung, die einen Zusammenhang zwischen den Ladungen q_1 und q_2 sowie der Entfernung der Punktladungen zu einander gibt. [6]

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{Glg. 1})$$

F_C Coulomb-Kraft [N]

ϵ_0 elektrische Feldkonstante [$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}$ Vm/As]

r Abstand der Punktladungen [m]

Für die Sortierung im elektrischen Feld sind zwei Fälle von besonderer Bedeutung (siehe Abbildung 4-1, Seite 17).

- Eine Punktladung q steht einer unendlich ausgedehnten ebenen Fläche, die auf jedem Flächenelement A die Ladung Q trägt, im Abstand L gegenüber. In diesem Fall beträgt die Kraft F_C :

$$F_C = \frac{1}{2\epsilon_0} * q \frac{Q}{A} \quad (\text{Glg. 2})$$

F_C ist somit unabhängig vom Abstand L .

- Eine Punktladung q befindet sich zwischen zwei ebenen Flächen, deren Ladungen gleich groß sind, allerdings entgegengesetzte Vorzeichen besitzen. Die eine Platte zieht die Punktladung senkrecht an, die andere Platte stößt sie mit gleich großer Kraft ab.

$$F_c = \frac{1}{\varepsilon_0} * q \frac{Q}{A} \quad (\text{Glg. 3})$$

Auch in diesem Fall ist die Kraft unabhängig von der Lage der Punktladung.

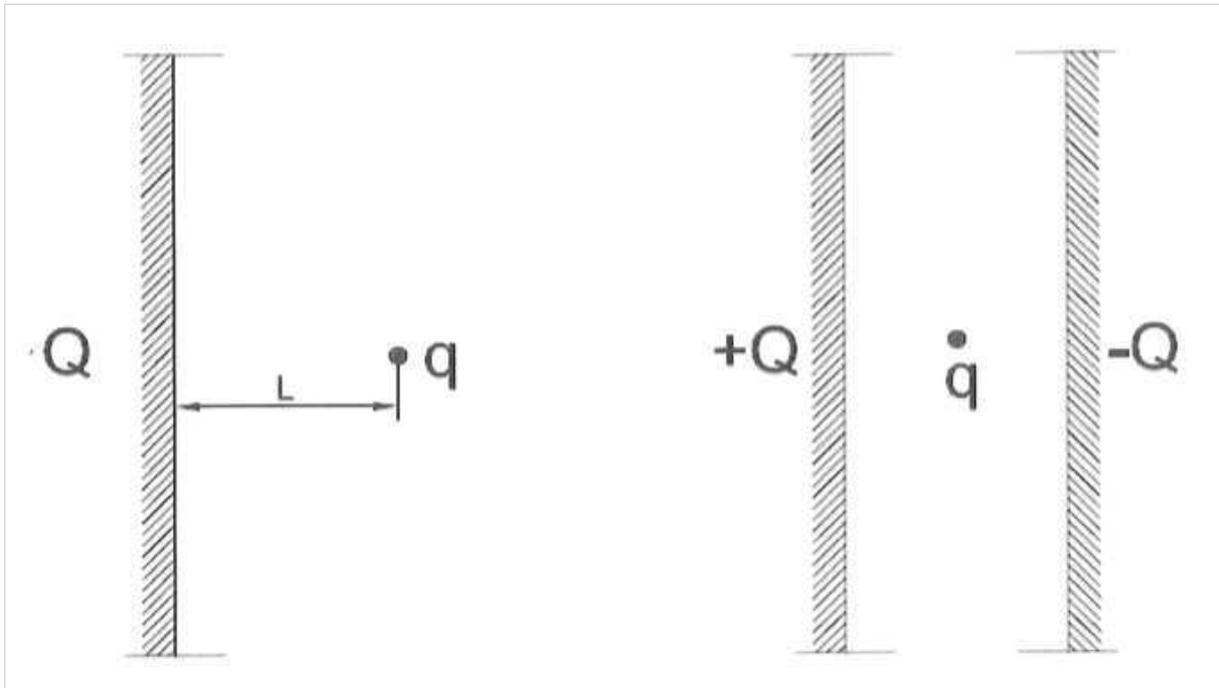


Abbildung 4-1: Punktladung q im Abstand L zu einer ausgedehnten elektrisch geladenen Platte (links) und zwischen zwei elektrisch geladenen Platten (rechts) [6]

4.1.1 Das Energiebändermodell

Unter dem Energiebändermodell versteht man ein quantenmechanisches Modell zur Beschreibung der Energiezustände von Elektronen. Darin gibt es Energiezustände, die so eng aneinander liegen, dass sie zu Bändern zusammengefasst werden. Wie breit diese Bänder sind hängt davon ab, wie stark die Elektronen an das Atom gebunden sind. Elektronen eines energetisch niedrigeren Niveaus sind stärker an ihr Atom gebunden und wechselwirken daher auch weniger mit Nachbaratomen. Dadurch entstehen schmale Energiebänder. [6][10]

Zur einfachen Veranschaulichung wird meist auf eine Darstellung mit Valenz- und Leitungsband zurückgegriffen (siehe Abbildung 4-2, Seite 18). Das Valenzband ist das höchste vollständig besetzte Energieband beim absoluten Nullpunkt (0 Kelvin). Seine Elektronen, die Valenzelektronen, tragen auch zu chemischen Bindungen bei und haben keinen Anteil an der elektrischen Leitfähigkeit. Das Leitungsband ist das nächsthöhere Energieband. Es ist nicht vollständig besetzt, wodurch sich seine Elektronen frei bewegen können und somit zur elektrischen Leitfähigkeit der Stoffe beitragen. [3][10]

Feste Stoffe werden je nach ihrer Leitfähigkeit in 3 Stoffgruppen unterteilt: Leiter, Halbleiter und Nichtleiter (Isolatoren).

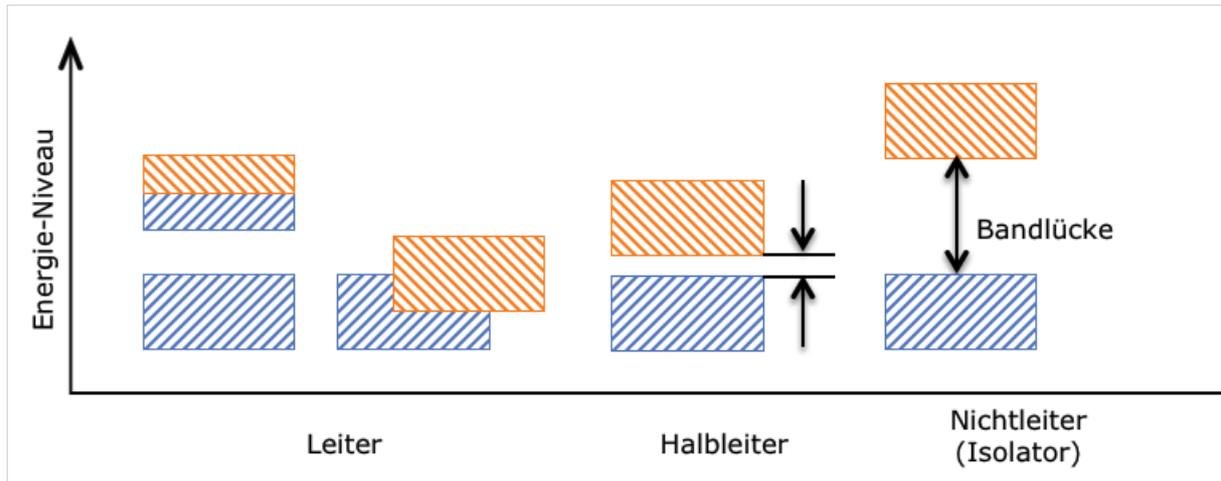


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung des Energiebändermodells mit Valenzband (blau) und Leitungsband (orange)

Metalle weisen eine sehr gute Leitfähigkeit auf. Das ist entweder darauf zurück zu führen, dass das oberste Energieniveau nur teilweise besetzt ist oder dass das Valenzband voll besetzt ist und sich mit dem nächsten Energieband überschneidet. [10]

Damit ein Elektron aus dem obersten Band austreten kann, muss eine Arbeit geleistet werden, die man als Elektronenaustrittsarbeit bezeichnet. Man erhält sie als Differenz von Fermi- und Vakuum-Niveau. Das Fermi-Niveau (E_F) ist das zur Fermi-Energie gehörige Energieniveau, welches gemäß der Fermi-Dirac-Statistik eine Besetzungswahrscheinlichkeit von 0,5 hat. Bei Metallen liegt das Fermi-Niveau innerhalb des höchsten, nur teilweise besetzten Energiebandes. Unter dem Vakuum-Niveau (E_V) versteht man die potentielle Energie, die ein Korn in einem Feld besitzt, das sich im Vakuum befindet. [10][16]

Halbleiter weisen eine schmale Energielücke (E_G) zwischen Valenz- und Leitungsband von etwa 1-2 eV auf. Bei der absoluten Null-Temperatur von 0 Kelvin ist die elektrische Leitfähigkeit von Halbleitern ebenfalls Null. Bei einem Temperaturanstieg ist es möglich, dass Elektronen diese Lücke überspringen können. Somit steigt bei zunehmender Temperatur die Leitfähigkeit von Eigenhalbleitern. Bei Eigenhalbleitern befindet sich das Fermi-Niveau ca. in der Mitte zwischen Valenz- und Leitungsband. Daneben gibt es noch n- und p-Halbleiter. In den n-Halbleitern sind Fremdatome eingebaut. Diese Fremdatome besitzen überschüssige und locker gebundene Bindungselektronen. Dadurch können sie als Elektronen-Donatoren dienen und somit das Fermi-Niveau in Richtung des Leitungsbandes verschieben. Die Fremdatome der p-Halbleiter weisen einen Mangel an Bindungselektronen auf, wodurch sie Elektronen aufnehmen können (Elektronen-Akzeptoren) und das Fermi-Niveau somit in Richtung des Valenzbandes verschieben. [3][10]

Nichtleiter oder Isolatoren haben eine breite energetische Lücke zwischen dem Valenz- und dem Leitungsband (~ 10 eV). Lediglich Elektronen mit sehr hoher Energie können diese Lücke überwinden. Ein äußeres elektrisches Feld bewirkt nur eine Polarisation. Diese vereinfachte Vorstellung gilt jedoch nur für reine Isolatoren. [10]

In nachfolgender Tabelle 4-1 sind die Energielücken verschiedener Materialien aufgelistet. Aus Tabelle 4-2 wird ersichtlich, dass es sich bei den in den Lagerstätten der *STYROMAG GmbH* enthaltenen Mineralen um elektrische Nichtleiter handelt.

Tabelle 4-1: Auswahl an verschiedenen Materialien und deren Energielücken bei 30 °C [12]

	Material	Symbol	Bandlücke [eV]	Elektronenaustrittsarbeit [eV]
Leiter	Aluminium	Al	0	4,3
	Gold	Au	0	5,5
	Kupfer	Cu	0	5,1
	Eisen	Fe	0	4,8
	Wolfram	W	0	5,2
	Graphit	C	0	5,0
Nichtleiter	Diamant	C	5,5	4,8
	Silicium	Si	1,1	4,6
	Galliumnitrid	GaN	3,4	6,9
	Kupferoxid	Cu ₂ O	2,1	5,0
	Quarz	SiO ₂	6,8	4,4-4,8
	Calcit	CaCO ₃	5,0	4,2-4,4
	Feldspat	(K,Na,Ca)AlSi ₃ O ₈	7,7	4,5-4,7
	Wollastonit	CaSiCO ₃	5,5	4,4
	Aluminiumoxid	Al ₂ O ₃	6,3	4,3

Tabelle 4-2: Eigenschaften einer Auswahl an Mineralen nach Fürstenu [12]

Mineral	Composition	Specific Gravity	Electrostatic Response	
			Conductive	Nonconductive
Anhydrite	CaSO ₄	3.0		x
Calcite	CaCO ₃	2,7		x
Chalcopyrite	CuFeS ₂	4.1-4.3	x	
Diamond (natural)	C	3.5		x
Diamond (synthetic)	C	3.5		x
Dolomite	CaMg(CO ₃) ₂	1.8-2.9		x
Feldspar group	(K,Na,Ca,...) _x (Al ₂ Si) ₃ O ₈	2.6-2.8		x
Graphite	C	2.1-2.2	x	
Halite	NaCl	2.5	(2)	← x
Hematite	Fe ₂ O ₃	5.2	x	
Magnesite	MgCO ₃	3.0		x
Magnetite	Fe ₃ O ₄	5.2	x	
Quartz	SiO ₂	2.7		(3)
Siderite	FeCO ₃	3.9	(2)	← x
Talc	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	2.7-2.8		x
Zircon	ZrSiO ₄	4.7		x

4.2 Arten der Aufladungsmöglichkeiten

4.2.1 Aufladung durch Kontaktpolarisation

Die Aufladung durch Kontaktpolarisation lässt sich in nachstehender Abbildung 4-3 veranschaulichen. Ein leitendes und ein nichtleitendes Korn liegen auf einer metallischen Platte, die geerdet ist, und sind dem elektrischen Feld der gegenüberliegenden Elektrode ausgesetzt. Ein idealer Leiter würde umgehend das Potential der geerdeten Platte annehmen, er würde seine Elektronen bei einer negativen Gegenelektrode durch Influenz abgeben und sich dadurch positiv aufladen. Der ideale Nichtleiter würde hingegen nur polarisiert werden und nur scheinbare Oberflächenladungen tragen. Beide kommen jedoch nicht vor. Reale Körner mit begrenzter Leitfähigkeit erfahren eine Aufladung Q_p , deren Größe eine zeitabhängige Funktion ist:

$$Q_p = C_p U \left[1 - e^{\left(-\frac{t}{R_p C_p} \right)} \right] \quad (\text{Glg. 4})$$

C_p Kapazität der Körner [F]

R_p Gesamtwiderstand der Körner [Ω]

U Potentialdifferenz zwischen den Elektroden [V]

Die Aufladung schlecht leitender Körner dauert relativ lange. Der Gesamtwiderstand R_p setzt sich aus Oberflächenwiderstand, innerem Widerstand und dem Kontaktwiderstand zusammen. Bei abnehmender Korngröße wird ersterer Widerstand immer größer, ist dadurch von großer Bedeutung und bestimmt generell den Widerstand schlecht leitender Körner. R_p wird von Faktoren wie der Temperatur, der Adsorptions- und anderer Oberflächenschichten (dadurch auch von der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft), der Feldstärke und bei Halbleitern auch von der Richtung des elektrischen Feldes beeinflusst. Somit kann man durch gezielte Vorbehandlung Einfluss auf die Trennbedingungen nehmen. Anzumerken ist diesbezüglich noch, dass durch gegenseitige Beeinflussung der Körner die Aufladung auf technischen Scheidern verkompliziert wird. [6][7]

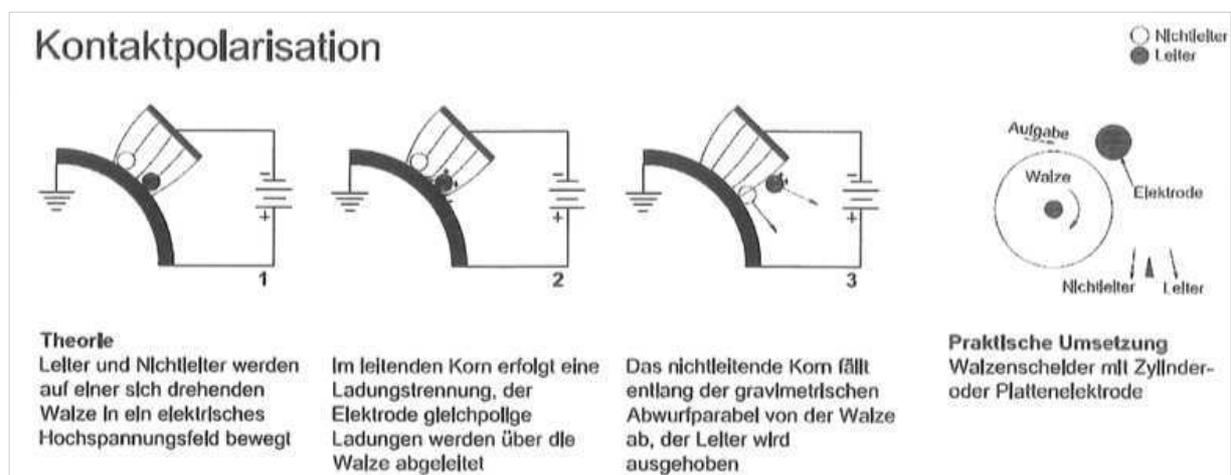


Abbildung 4-3: Ablauf der Kontaktpolarisation [3]

4.2.2 Aufladung im Koronafeld

Körner, die sich in ein Koronafeld bewegen, werden einem kräftigen Ionenstrom ausgesetzt und werden zunächst gleichsinnig aufgeladen, unabhängig von ihren stofflichen oder elektrischen Eigenschaften (siehe Abbildung 4-4).

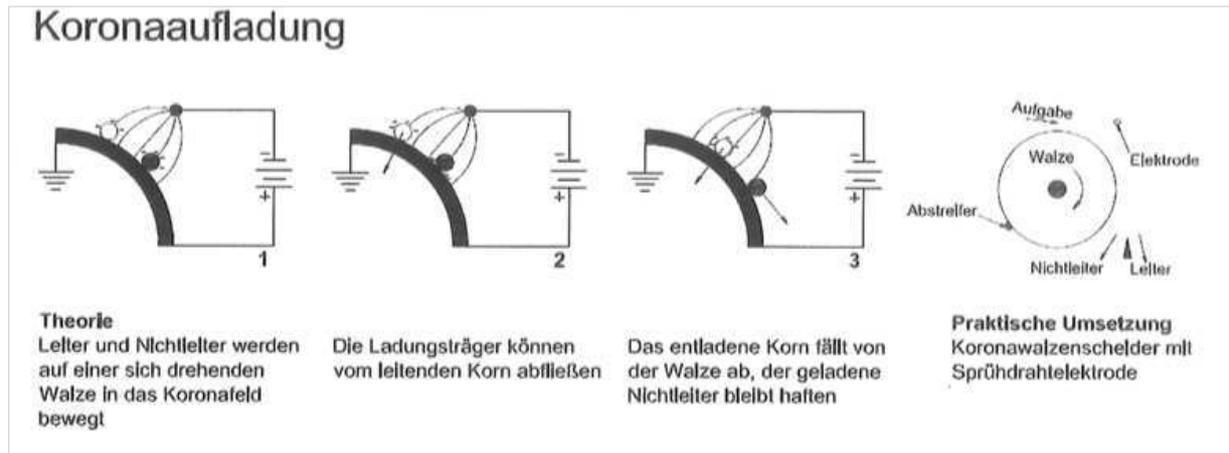


Abbildung 4-4: Ablauf der Koronaaufladung [3]

Die Maximalladung Q_{max} , die Körner, die keinen Kontakt mit einer Elektrode haben, erreichen können, lässt sich durch eine von Pauthenier beschriebene Formel angeben:

$$Q_{max} = 4\pi\epsilon_0 a^2 k E \quad (\text{Glg. 5})$$

- a Radius des elektrisch äquivalenten Rotationsellipsoides
- k Auflade-Parameter, der von der Kornform c/a des Rotationsellipsoides und von der relativen Dielektrizitätskonstanten abhängt. Er wird für Leiter ($\epsilon_r = \infty$) und Nichtleiter ($\epsilon_r = 5$) mit den Kornformen „abgeplättet bis länglich (5)“, „kugelig (1)“ und „blättchenförmig (0)“ in nachstehender Tabelle 4-3 angegeben:

Tabelle 4-3: Auflade-Parameter für die Berechnung der maximalen Ladung Q_{max} im Koronafeld [6][7]

c/a	$\epsilon_r = \infty$	$\epsilon_r = 5$
5	36,2	27,15
1	3,01	2,15
0	0,666	0,532

Durch Anwachsen der Abstoßungskräfte können sich keine weiteren Ionen anlagern. Nach obiger Gleichung ist die maximale Aufladung für einen Leiter größer als für einen Nichtleiter und für einen gestreckten Ellipsoid größer als für eine Kugel und noch größer als für ein blättchenförmiges Korn. [6][7]

Liegen die Körner auf einer Gegenelektrode, ergeben sich andere Umstände. Ein idealer Nichtleiter befände sich trotz mechanischen Kontaktes nicht im elektrischen Kontakt mit der Gegenelektrode. Er könnte somit die Maximalladung von Glg. 5 aufnehmen. Auf der anderen Seite könnte ein idealer Leiter auf der geerdeten Gegenelektrode keine Aufladung erfahren, da er die durch den Ionenstrom aufgenommene Ladungsmenge sofort wieder abgeben würde. Um für reale Körner, die sich im Gleichgewichtszustand befinden, eine mehr oder weniger große Aufladung zu erwarten, beschrieben Barthelemy und Mora in folgender Gleichung deren formellen Zusammenhang:

$$\frac{Q}{Q_{max}} = 1 + \frac{K_i}{B_p} - \sqrt{\left(1 + \frac{K_i}{B_p}\right)^2 - 1} \quad (\text{Glg. 6})$$

K_i Parameter, der vom Koronafeld abhängt

B_p Entladungskonstante des Kornes

Das Verhältnis von K_i/B_p besitzt eine Größenordnung von $10^{14}/R_p$, wodurch für einen Leiter $10^{14}/R_p \rightarrow \infty$, sowie $Q/Q_{max} \rightarrow 0$. Man kann also davon ausgehen, dass sich der Gleichgewichtszustand unabhängig davon, ob es sich um ein leitendes oder nicht leitendes Korn handelt, in sehr kurzer Zeit einstellt. [6]

Für die Elektroscheidung ist ebenfalls von Interesse, wie sich ein im Koronafeld befindliches Korn, welches auch in Kontakt mit einer geerdeten Gegenelektrode steht, in das elektrostatische Feld bewegt. Mit dem Eintritt in das elektrostatische Feld ist die Ladungszufuhr durch den Ionenstrom beendet. Ein idealer Nichtleiter würde die aufgenommene Ladung behalten. Den praktisch leitenden Körnern wird hingegen eine Ladung gleicher Polarität wie die der Kontakt-Elektrode zugeführt. Schließlich kann sogar eine Ladungsumkehr eintreten, nachdem die von der Elektrode aufgenommene Ladung gleich der im Koronafeld erhaltenen geworden ist. Nach der Ladungsumkehr erfährt das Korn eine Aufladung gleichen Vorzeichens wie die Elektrode, deren Maximalwert durch das Oberflächenpotential der Platte bestimmt ist. [6]

Wichtig ist, dass Koronascheider größere Aufladungen erzielen als Elektroscheider, die nach dem Prinzip der Kontaktpolarisation aufladen. Dadurch ergeben sich auch größere elektrische Kräfte und somit auch allgemein ihr Vorteil gegenüber elektrostatischen Scheidern. [6]

4.2.3 Triboelektrische Aufladung

Ladungen mit entgegengesetztem Vorzeichen können auch durch Triboaufladung (siehe Abbildung 4-5, Seite 23) erreicht werden, wenn Elektronenübergänge bei Kontakten auftreten. Durch Reibung der Kontaktpartner aneinander wird das Ziel verfolgt, die Anzahl an Kontaktstellen im Laufe des Aufladungsprozesses zu vervielfachen und eventuell die Kontaktintensität zu verstärken. Dies geschieht durch die gegenseitigen Kontakte der zu trennenden Körner, zum Beispiel in Trommelscheidern oder Windsichtern, aber auch durch Kontakt mit einem dritten, meistens metallischen, Kontaktpartner (Elektrisator), der selbst am Trennprozess nicht beteiligt ist (z.B.: Vibrorinnen, oder Aeorzyklone). Dabei sind beide Phänomene an der Aufladung beteiligt,

allerdings mit unterschiedlichen Anteilen. Bei der Triboaufladung für einen konkreten Anwendungsfall ist anzumerken, dass durch Oberflächenzustände die Energiestruktur der Oberfläche von der in ihrem Inneren abweichen kann. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, die Aufladung durch eine selektive Veränderung dieser Oberflächenzustände – z.B. durch Adsorptionsschichten, Wärmebehandlung, Bestrahlung, mechanische Einwirkungen, chemische Konditionierung u. a. zu beeinflussen, zu optimieren und gegebenenfalls zu steuern. Bekannt und industriell eingesetzt ist die Verwendung von aromatischen oder aliphatischen Monocarbonsäuren bei der Kalisalzaufbereitung, oder die Wärmebehandlung zur Trennung von Quarz und Feldspat. [6][7]

Bei der Triboaufladung lassen sich ausreichend hohe Ladungsunterschiede erreichen, wenn sich die Austrittsarbeiten der Kontaktpartner hinreichend unterscheiden und ein Ladungsrückfluss im Gut vor der eigentlichen Trennung weitgehend eingeschränkt ist. Die Austrittsarbeit hängt von der Korngröße ab, sie steigt bei abnehmender Korngröße. Das könnte ein Grund dafür sein, dass feinere Körner eines polydispersen Guts nach einer Triboaufladung geringere Ladungsdichten als gröbere aufweisen. Ebenso kann es in höheren Energiesystemen bei feinsten Körnern zu einer elektrostatischen Agglomeration kommen, was eine Aufladung bzw. eine ordentliche Trennung erschwert. [7]

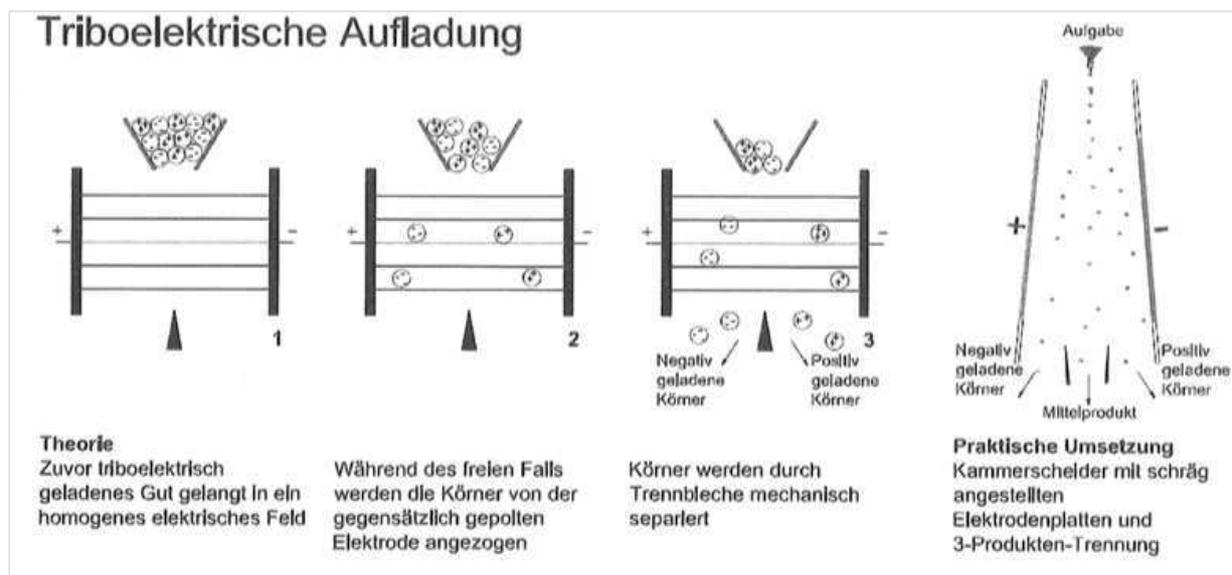


Abbildung 4-5: Ablauf der triboelektrischen Aufladung [3]

Bei hydrophilen Körnern spielt die relative Luftfeuchte der Umgebung für den Ladungsrückfluss eine wichtige Rolle, da die Leitfähigkeit der Wasser-Adsorptionsschicht an den Kontaktstellen den Ladungsabbau bedingt. Wenn die relative Luftfeuchte unter 30 % liegt, können gute Ergebnisse erzielt werden. Die besten Ergebnisse werden in absolut trockener Luft erreicht. Die Feuchteabhängigkeit der Aufladung wird deutlich verringert, wenn zumindest einer der Kontaktpartner hydrophobe Eigenschaften besitzt (z.B.: Anthrazit), oder wenn durch grenzflächenaktive Stoffe vormals hydrophile Oberflächen hydrophobiert wurden. Man muss somit mit einer komplexeren Wirkung von Adsorptionsschichten rechnen (Schaffung von Oberflächenzuständen und Verminderung der Oberflächenleitfähigkeit). [6][7]

Prinzipiell wird zwischen drei Fällen im Bereich der triboelektrischen Aufladung unterschieden:

- Kontakt zweier elektrischer Leiter (Metalle)
- Kontakt eines Leiters mit einem Nicht- oder Halbleiter
- Kontakt zwischen zwei Nicht- oder Halbleitern

4.2.3.1 Triboelektrische Aufladung zweier Metalle

Wenn sich zwei Metalloberflächen berühren, befinden sie sich im thermodynamischen Gleichgewicht. Das bedeutet, dass sich ihre Fermi-Niveaus, die bei Metallen zur gleichen Zeit die obersten mit Elektronen besetzten Energieniveaus darstellen, ausgleichen (siehe Abbildung 4-6). [10]

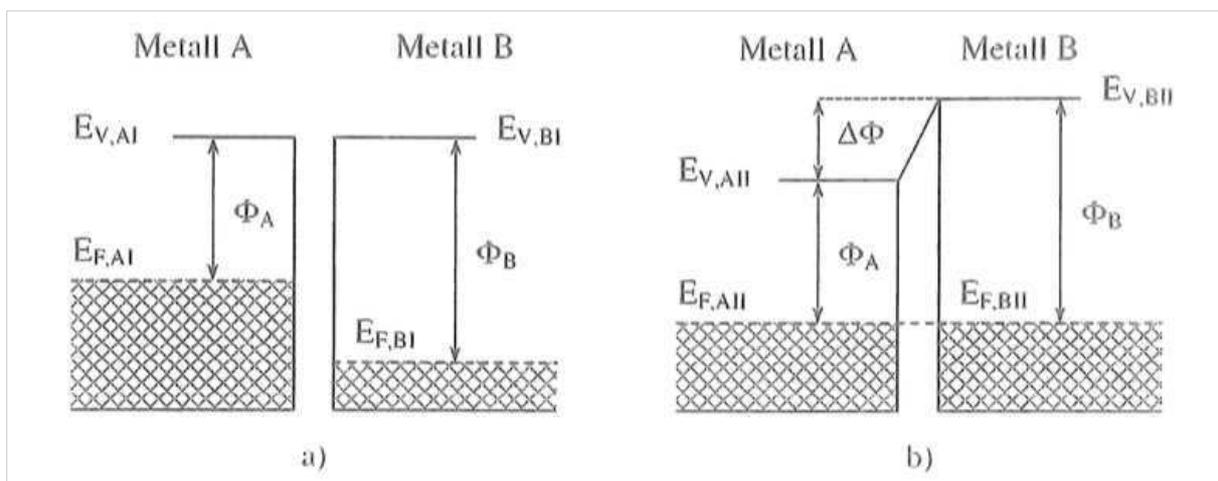


Abbildung 4-6: Aufladung zweier Metalle, die Fermi-Niveaus (E_F) werden durch das thermodynamische Gleichgewicht ausgeglichen und Vakuum-Niveau (E_V) [10]

Dabei entsteht ein Kontaktpotential nach der Formel:

$$U_K = \frac{\phi_A - \phi_B}{e} = \frac{\Delta\phi}{e} \quad (\text{Glg. 7})$$

Die überfließende Ladung lässt sich wie folgt berechnen:

$$Q = U_K * C \quad (\text{Glg. 8})$$

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{s} \quad (\text{Glg. 9})$$

$$Q = U_K * \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{s} \quad (\text{Glg. 10})$$

ϵ_r Permittivitätszahl [As/Vm]

ϵ_0 elektrische Feldkonstante [As/Vm]

A Kontaktfläche [m²]

s Abstand zwischen den Flächen [m]

Werden die beiden Metalloberflächen wieder getrennt, fließen die Ladungsträger auf Grund ihrer hohen Leitfähigkeit beinahe wieder vollständig zurück und es verbleibt keine merkliche Aufladung auf den Oberflächen, d.h. Metalle laden einander nicht gegenseitig auf. [10]

4.2.3.2 Triboelektrische Aufladung zwischen einem Leiter und einem Halbleiter

Hier kommt es ebenfalls zu einem Ausgleich der Fermi-Niveaus. Dabei fließen aber die Elektronen von dem Kontaktpartner mit der geringeren Elektronenaustrittsarbeit zu dem mit der größeren Elektronenaustrittsarbeit. [10]

4.2.3.3 Triboelektrische Aufladung von Nicht- und Halbleitern

Die Besetzungswahrscheinlichkeit eines idealen Isolators beträgt Null. Somit können ideale Isolatoren beim Kontakt mit einem Leiter oder einem anderen idealen Isolator keine Elektronen aufnehmen und auch keine abgeben. Somit ist eine triboelektrische Aufladung idealer Isolatoren theoretisch nicht möglich. Tatsächlich findet eine messbare Aufladung statt, die dadurch begründet werden kann, dass Störstellen Ladungsakzeptor- bzw. Ladungsdonatorniveaus ausbilden.

Beim Kontakt zweier Halbleiter mit unterschiedlichen Fermi-Niveaus kommt es in beiden Kontaktpartnern zu Bandverbiegungen, wobei sich der Kontaktpartner mit der geringeren Elektronenaustrittsarbeit positiv und der andere negativ auflädt. [10]

4.2.3.4 Einfluss von Luftfeuchtigkeit und Temperatur

Temperatur und Luftfeuchte sind direkt miteinander verbunden und somit kann man durch Steuerung der einen Einflussgröße die andere verändern. Bekannt ist, dass bei niedriger Luftfeuchte bessere Ergebnisse erzielt werden können. Am einfachsten lässt sich eine niedrige Luftfeuchte einstellen, indem die Temperatur erhöht wird. Alternativ kann die Luft auch entfeuchtet werden, was allerdings höhere Kosten verursacht. [8]

Zu viel Wasser behindert, wie im Fall von Kalirohsalz, die triboelektrische Aufladung, da die Körnerschichten unter den Wasserschichten der Sole liegen und somit einen Korn-Korn-Kontakt behindern. Das Rohgut muss folglich erst ausreichend getrocknet werden, um eine Aufladung möglich zu machen. Ebenso kann die Abwesenheit von Wasser das Trennergebnis negativ beeinflussen. So ist für eine selektive triboelektrische Aufladung von Kalisalzen die Adsorption von Wasser auf Alkalimetallchlorid- und Magnesiumsulfatoberflächen entscheidend. [8]

4.2.3.5 Chemische Konditionierung

Die Beschaffenheit der Kornoberfläche kann das Trennergebnis ebenfalls beeinflussen. So können Verunreinigungen der Oberfläche das Ergebnis vermindern. Andererseits kann das Aufziehen eines Reagenzienfilms eine Aufladung von Mineralen oder Polymeren, die sich kaum selektiv oder nicht aufladen lassen, erst ermöglichen und somit zu einer Trennung der Komponenten führen. Das Zusammenspiel von Luftfeuchte und Reagenzien und ihre Auswirkungen auf eine triboelektrische Aufladung sind äußerst komplex. Viele Untersuchungen wurden in diesen Bereichen bereits unternommen, ein Verständnis über die tatsächlichen Verhältnismäßigkeiten konnte jedoch noch nicht eindeutig festgestellt werden. Bisher ist bekannt, dass sich z.B. für eine qualitativ hochwertige Trennung von Kieserit und Steinsalz eine Kombination aus drei Reagenzien als günstig erweist. [8]

4.2.3.6 Triboelektrische Aufladevorrichtungen

Um eine triboelektrische Aufladung zu ermöglichen, gibt es eine mannigfaltige Auswahl an Möglichkeiten. Die meisten Aufladesysteme basieren entweder auf Vibration, Trommeln oder Mischen, Zyklonen, Fließbetten, oder einfach indem ein Körnerstrom über eine geneigte Fläche geleitet wird. Im Falle des triboelektrischen Bandscheiders (siehe Abbildung 4-12 auf Seite 31) erfolgt die Aufladung im Scheider selber und benötigt somit keine separate Aufladeeinheit. [8]

Auch die Aufladung hängt wieder von Faktoren ab, die das Ergebnis maßgeblich beeinflussen. Neben der Zeit, die den Körnern gegeben wird, um sich gegenseitig aufzuladen, hängt die Aufladung auch von der Art der Kornbewegung ab. Die Körner in der Aufladevorrichtung können springen, rutschen, reiben oder rollen. [8]

Auch eine Verschaltung mehrerer Aufladevorrichtungen kann eine sinnvolle Maßnahme für eine optimale Aufladung darstellen.

4.3 Elektroscheider und deren Trennmodelle

In den letzten Jahrzehnten wurde eine größere Anzahl an Scheidern entwickelt, von denen allerdings nur wenige Grundbauarten in der Praxis Anwendung gefunden haben. In jüngerer Zeit wurde daran geforscht, Durchsatzraten zu erhöhen, die zu sortierenden Korngrößenspannen zu verbreitern, durch geeignete Vorbehandlungen die Trennschärfe zu verbessern und weitere Anwendungsgebiete zu erschließen. [6]

Elektroscheider werden am zweckmäßigsten nach der Art der zum Einsatz gelangenden Auflademechanismen untergliedert in:

- Scheider für die Trennung nach Kontaktpolarisation
- Koronascheider und
- Scheider für die Trennung nach Triboaufladung

Eine weitere Unterteilung erfolgt nach konstruktiven Gesichtspunkten (z.B.: Walzenscheider, Kammerscheider, etc.)

4.3.1 Trennmodelle

Die Trennung in Elektroscheidern erfolgt vorwiegend nach dem Prinzip der Ablenksortierung. Das bedeutet, dass das elektrische Feld quer zur Förderrichtung des aufgeladenen Aufgabegutes wirkt und diese somit aus dem Aufgabestrom auslenkt. Wichtige Bauarten sind für diese Art der Sortierung die Walzen- und Kammerscheider. Die Trennmodelle sollen im Folgenden kurz an einem elektrostatischen Walzenscheider, einem Korona-Walzenscheider und einem elektrostatischen Kammerscheider erläutert werden. [6][7]

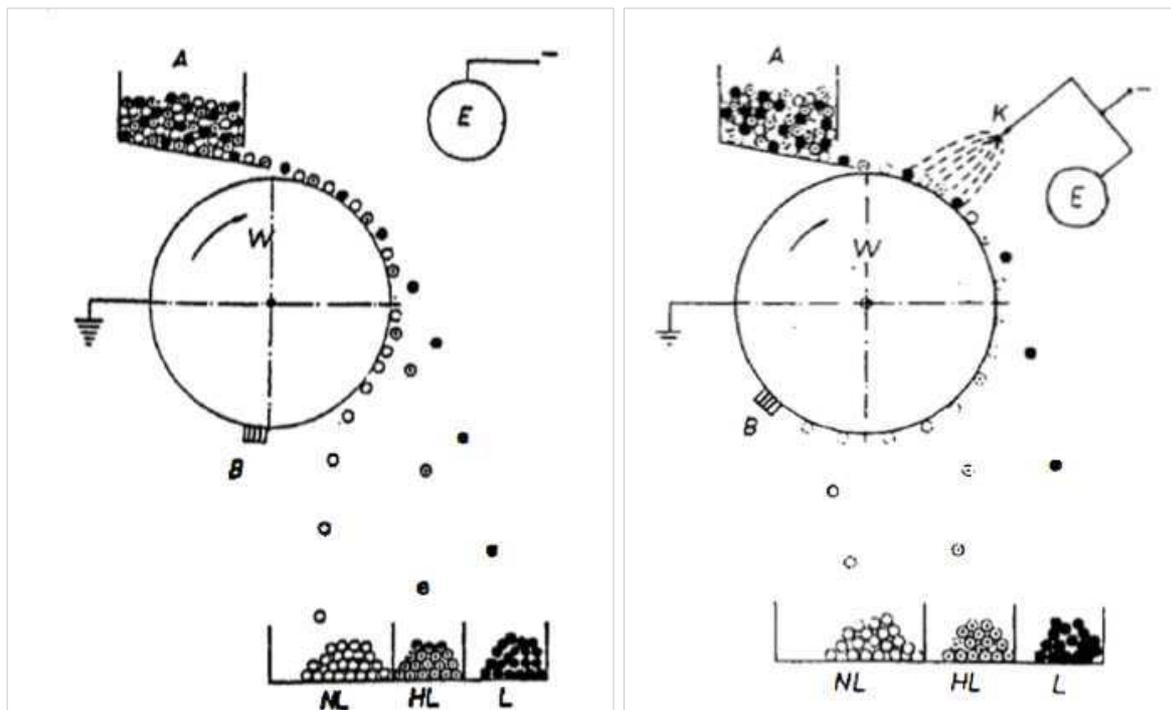


Abbildung 4-7: Elektrostatischer Walzenscheider mit Aufladung durch Kontaktpolarisation (links) und Koronaaufladung (rechts); A Aufgabe; W geerdete Walzenelektrode; E Gegenelektrode; B Bürste; L Leiter; HL Halbleiter; NL Nichtleiter [6]

Im linken Teil der Abbildung 4-7 erfolgt die Aufladung am elektrostatischen Walzenscheider mittels Kontaktpolarisation. Das Rohgut gelangt aus der Aufgabevorrichtung auf die geerdete Metallwalze und wird dadurch in das elektrostatische Feld bewegt, das zwischen Walze und Gegenelektrode ausgebildet ist. Die Polarität der Gegenelektrode kann positiv oder negativ sein. Verantwortlich für eine Auslenkung aus dem Gutstrom sind die quer zu ihm wirkenden Kräfte F_E (resultierende

elektrische Kraft), F_Z (Zentrifugalkraft) und der radiale Anteil von F_G (Schwerkraft). Für F_E ist die Coulomb-Kraft F_C maßgebend, da sie, je nach Ladungsvorzeichen, radial nach innen oder außen gerichtet ist. [6][7]

Der rechte Teil der Abbildung 4-7 zeigt das Trennmodell eines Corona-Walzenscheiders. In diesem Fall werden die Körner im Wirkungsbereich der Koronaelektrode gleichsinnig negativ aufgeladen. Für die aufgenommene Ladung gilt die Gleichgewichtsbedingung gemäß Glg. 6. Wenn sich die Körner aus dem Ionenstrom heraus bewegen, bleiben sie vorübergehend noch in mechanischem Kontakt mit der Walze. Lediglich leitende und halbleitende Körner befinden sich noch zusätzlich in elektrischem Kontakt, wodurch es zum Ladungsaustausch kommt. Dadurch verlieren sie die im Koronafeld aufgenommene Ladung und können sogar umgeladen werden. Daraus folgen die dargestellten Bewegungsverhältnisse der drei Produkte. [6][7]

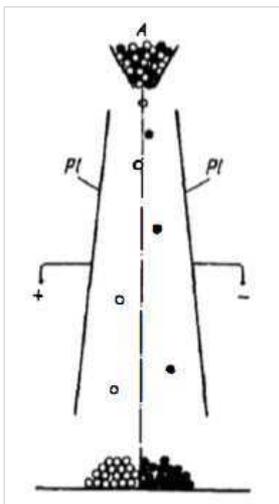


Abbildung 4-8: Trennmodell für einen elektrostativen Kammerscheider [6]

Das letzte Trennmodell eines Elektrostativen Kammerscheiders ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Die Körner werden positiv oder negativ aufgeladen und durch eine Aufgabevorrichtung in den Prozessraum eingebracht. Der Trennraum ist durch die zwei Plattenelektroden, die Ladungen unterschiedlicher Polarität haben können, begrenzt. Die Kornbewegung erfolgt vertikal unter dem Einfluss der Schwerkraft F_G , der Widerstandskomponente F_{W_y} und der Trägheitskomponente F_{T_y} , sowie in horizontaler Richtung unter der Coulomb-Kraft F_C , der Widerstandskomponente F_{W_x} und der Trägheitskomponente F_{T_x} . Negativ geladene Körner werden auf die eine Seite, positiv geladene Körner auf die andere Seite ausgelenkt. Für eine ausreichend gute Trennschärfe müssen Kornladung, Feldstärke und der Fallweg genügend groß sein. Bei dieser Art von Scheidern überlagert sich ein Klassiereffekt nur innerhalb der Kornbänder beiderseits der Mittelachse. [6][7]

Grundsätzlich soll noch angemerkt werden, dass ein einstufiger Prozess allgemein nur einen mäßigen Trennerfolg aufweist, außer das zu trennende Gut unterscheidet sich in hohen Leitfähigkeitsunterschieden (Trennung von Leitern und Nichtleitern). Das ist eine Folge davon, dass sich trotz sorgfältiger Arbeitsweise nicht annähernd gleichwertige Bedingungen für alle Körner verwirklichen lassen. Deshalb sind Elektrosortierprozesse vorwiegend mehrstufige Verfahren. [6][7]

4.3.2 Bauweisen der Elektroscheider

4.3.2.1 Walzenscheider

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl an Elektroscheidern entwickelt, von denen die Walzenscheider allerdings am häufigsten zum Einsatz kommen. Sie werden zum Beispiel bei der Aufbereitung von Mineralsanden, Eisenerzen, hochreiner Eisenkonzentrate (Superkonzentrate) und Elektroschrott eingesetzt. Zur Körneraufladung werden fast ausschließlich Corona-Elektroden eingesetzt. Die Aufladung durch Kontaktpolarisation ist lediglich auf Sonderfälle beschränkt. [8]

Um einen Walzenscheider optimal auslegen zu können, müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Leitfähigkeit der Kornoberfläche
- Dielektrizitätskonstante
- Korngröße
- Kornform
- Walzenumdrehung
- Stärke des elektrischen Feldes

Die Walzen der Walzenscheider sind gewöhnlich aus Metall. Durch Erhöhung der angelegten Spannung kann die Trenngüte verbessert werden. Dabei kann das elektrische Feld allerdings zusammenbrechen, was durch nicht leitende Beschichtungen verhindert werden kann. Die Corona-Elektroden können als Fäden, Nadeln oder Käbme ausgebildet sein. Beide Elektroden besitzen für gewöhnlich die gleiche, meistens negative, Polarität. Häufig ist die Elektrode direkt auf den zu trennenden Gutstrom gerichtet. Durch eine Aneinanderreihung mehrerer Elektroden können die Produkte weiter aufgefächert werden. Abbildung 4-9 zeigt dies am Beispiel einer Trennung von Kupfer und PVC. Diese Anordnung kann auch durch eine Walze mit elliptischem Querschnittsprofil ersetzt werden, wodurch der gleiche Effekt erzielt werden kann. [8]

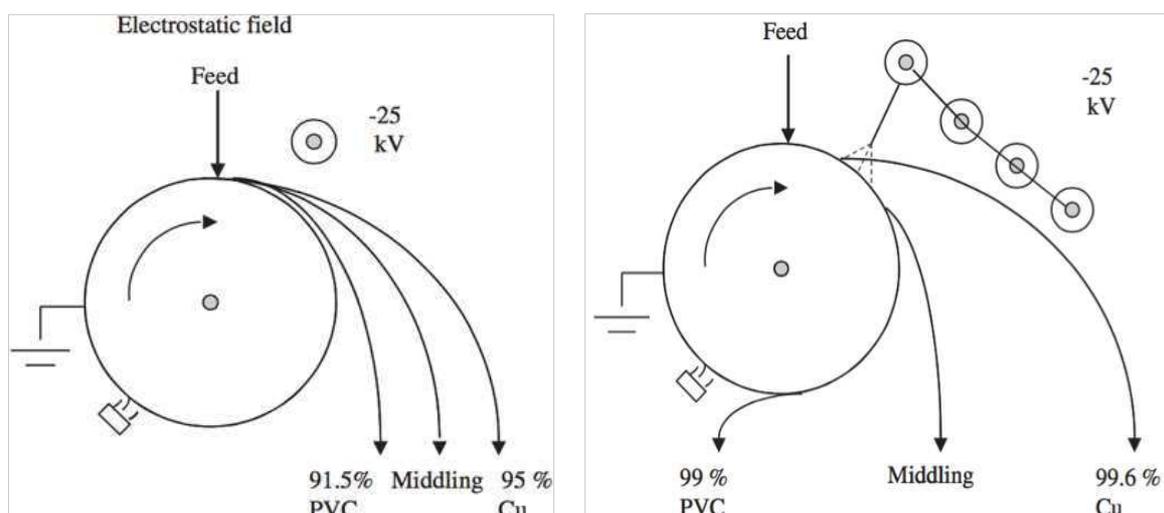


Abbildung 4-9: Korona-Walzenscheider [8]

Alternativ kann das Rohgut auch über eine Platte rutschen (siehe Abbildung 4-10). Dabei gibt es keine beweglichen Teile, wodurch es zu weniger Wartungsaufwänden und Stillständen kommt. Diese Form der Walzenscheider wurde ursprünglich für die Aufbereitung von Zirkon-Konzentraten entwickelt. [8]

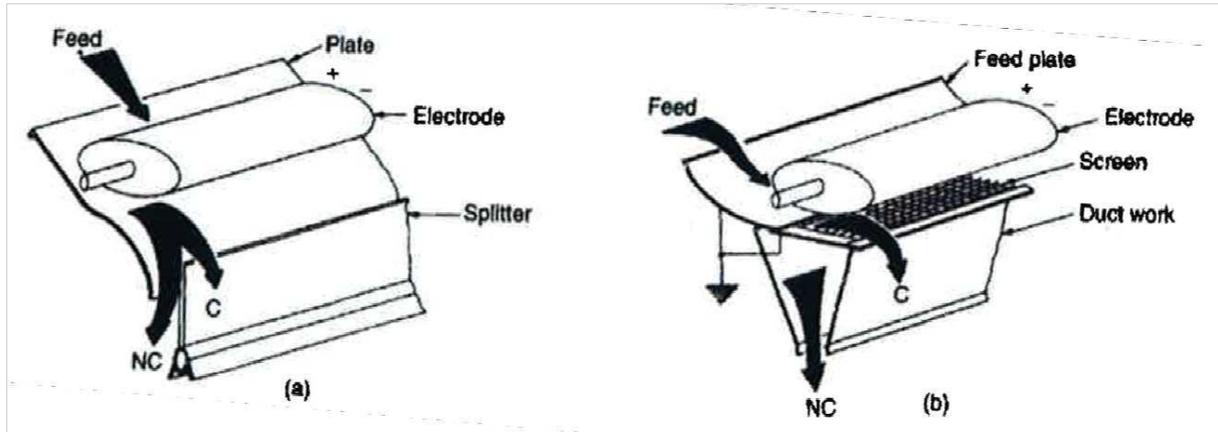


Abbildung 4-10: Plattenscheider, ausgeführt mit Rennblech (a) und Siebeinlage (b) [6]

4.3.2.2 Freifallscheider

Freifallscheider werden nach ausreichender triboelektrischer Aufladung eingesetzt. Die durchgesetzten Körner können Korngrößen von 0,1 mm bis zu einigen mm betragen, abhängig von ihrer Dichte. Dabei fallen die geladenen Körner zwischen zwei Elektroden durch, die das elektrische Feld aufspannen. [8]

Ein großes Problem bei dieser Bauweise sind einerseits große Korngrößen und andererseits die Anlagerung von Staub an den Elektroden, wodurch die elektrische Feldstärke verringert wird. Somit können diese Freifallscheider nur bei entstaubtem Rohgut oder granuliertem Plastik eingesetzt werden. Die Kali und Salz AG entwickelte für dieses Problem einen Röhrenkammerscheider (siehe Abbildung 4-11). Bei dieser Bauart sind die Elektroden als drehende Röhren ausgebildet, die durch Bürsten kontinuierlich gereinigt werden. [8]

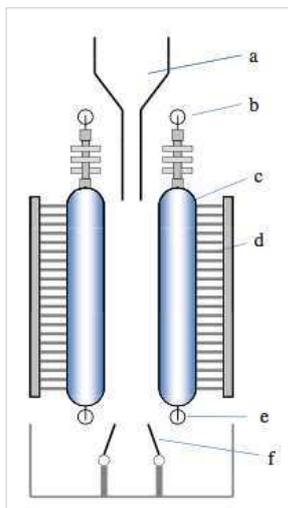


Abbildung 4-11: Röhren-Kammerscheider der Kali und Salz AG; (a) Aufgabetrichter, (b) oberes Lager, (c) Elektrode, (d) Bürste, (e) unteres Lager, (f) Splitter [8]

Die in [8] beschriebenen Freifallscheider-Batterien können bis zu 10 m breit sein. Durchsätze von 30 t Salz und pro Stunde und Meter Elektrodenbreite können somit erreicht werden. Dabei haben die Elektroden einen Abstand von 250 mm, eine Feldstärke von etwa 4-5 kV/cm und eine angelegte Spannung von 100-125 kV bei einer Stromstärke < 1 mA.

Ein Vorteil der Freifallscheider ist die Flexibilität in der Geometrie. Die Winkel der Elektroden können je nach Bedarf beliebig variiert werden, um das zu trennende Gut weiter aufzufächern. [8]

4.3.2.3 Bandscheider

Bandscheider bestehen aus einem dünnen, perforierten Gummigurt. Die eng zusammengeführten und schnell gegensinnig laufenden Gurtteile bilden einen Prozessraum, in dem die Körner triboelektrisch aufgeladen werden. Der Unterschied zu herkömmlichen Elektroscheidern liegt in der Systematik, dass bei Bandscheidern die triboelektrische Aufladung und die Elektroscheidung in einem gemeinsamen Prozess durchgeführt werden. Es wird dadurch die Möglichkeit geboten, Rohgut mit einer Korngröße $< 100 \mu\text{m}$ bei hohen Durchsatzraten zu trennen. [8]

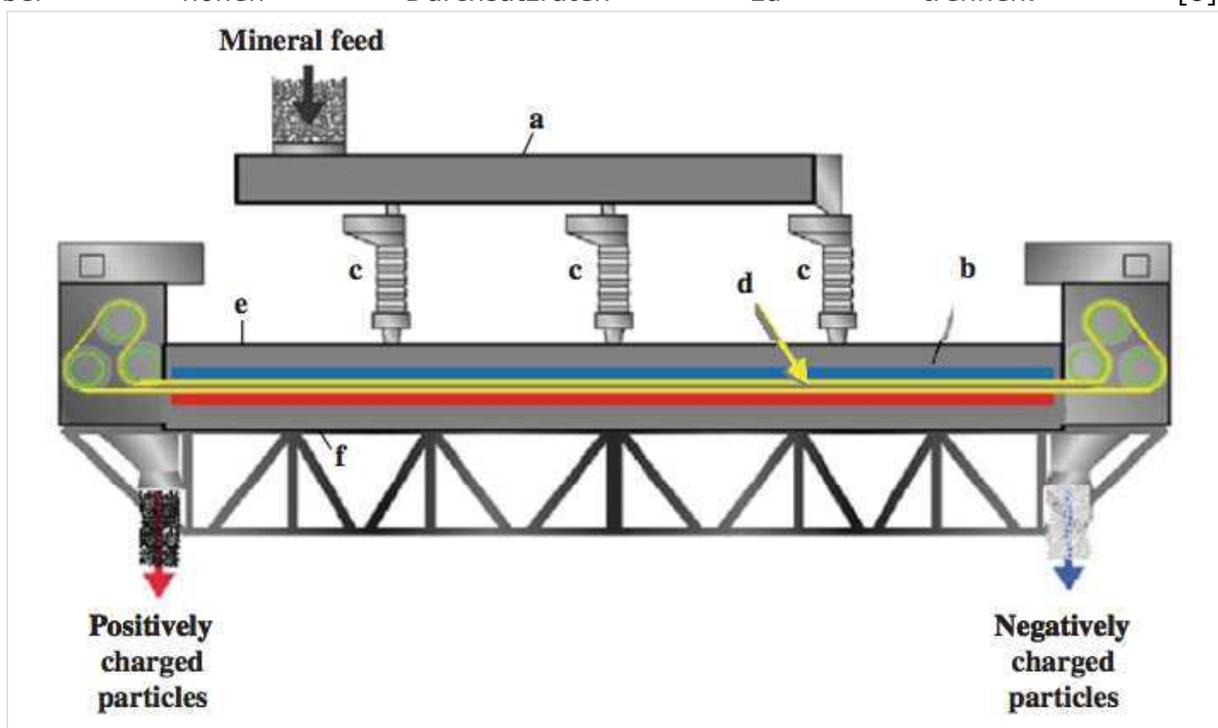


Abbildung 4-12: Prinzipskizze eines STET Bandscheiders; (a) Aufgabeverteiler, (b) Abstand der Elektroden < 5 cm, (c) Aufgabeeinlass, (d) Gurt, (e) negativl Elektrode (blau), (f) positive Elektrode (rot) [8]

Abbildung 4-12 zeigt einen STET (ST Equipment and Technology LLC) Bandscheider. Durch einen oder mehrere Einlässe gelangt das zu trennende Rohgut in den Trennraum. Dabei passiert es den Gummigurt, der aus einem nicht leitenden, perforierten Kunststoff besteht (für eine Detailansicht siehe Abbildung 4-13, Seite 32). Durch die schnelle Führung des Gurtes (bis zu 20 m/s) werden die Körner intensiv bewegt und laden sich triboelektrisch auf. Die negativ geladenen Körner werden zur unten positionierten, positiven Elektrode gezogen, während die positiv geladenen Körner zur oben gelagerten,

negativen Elektrode wandern. Durch ein Gurt-Trum werden die Körner von den Elektroden abgestreift und zu den Austrägen gefördert. [8]

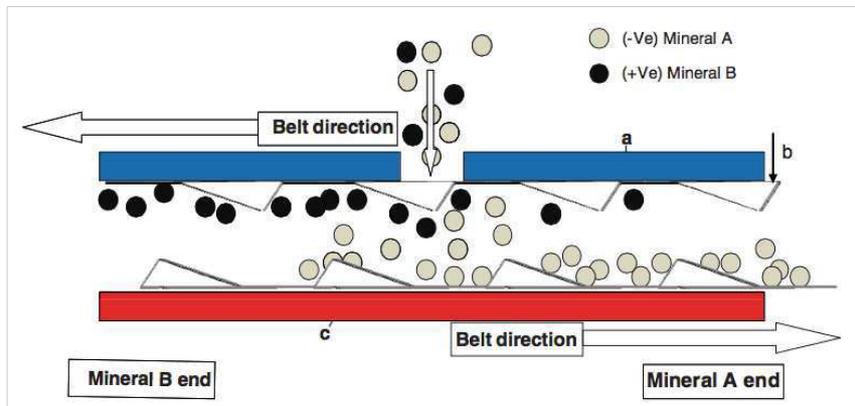


Abbildung 4-13: Detailansicht der Gurtlücke des STET Bandscheiders [8]

Vorteile sind bei dieser Bauart die hohe Anzahl an Körnern zwischen den Elektroden und der rasante Materialfluss, wodurch es zu vielen Kornkollisionen und zur optimalen Aufladung durch den gesamten Trennraum kommt. Durch das kontinuierliche Aufladen der Körner ist eine vorgeschaltete Aufladeeinheit nicht mehr notwendig. [3][8]

4.4 Freifallscheider hamos EMS 500

Beim in einer Klimakammer im Aufbereitungstechnikum des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung situierten Technikums-Freifallscheider hamos EMS 500 wird das zu trennende Rohgutgemisch von oben einem Aufgabetrichter aufgegeben. Über eine Vibrorinne wird das Rohgut gleichmäßig in eine exzentrisch bewegte Aufladeeinheit geleitet, wo die triboelektrische Aufladung erfolgt. Die Aufladeeinheiten bestehen aus Aluminium und können mit Tefloneinlagen modifiziert werden. Durch Zuschaltung eines Heizelementes, das unter- oder oberhalb der Aufladeeinheit eingebaut werden kann, wird einer Abkühlung der Aufgabe entgegengewirkt. Im Anschluss daran werden die Körner mittig über eine Aufgaberutsche in den Prozessraum eindispersiert. Die aufgeladenen Körner werden im freien Fall zu den Elektroden mit einer wirksamen Elektrodenbreite von bis zu 80 cm mit gegensinnig angelegter Spannung gezogen. Durch Stellung der Splitter kann die Trennung des aufgefächerten Körnerschwarmes in üblicherweise drei Trennprodukte erfolgen. Abbildung 4-14 auf Seite 32 zeigt den Prozessraum eines hamos EMS 500. Durch die Hebel hinter den Elektroden kann deren Geometrie verändert werden.

Über die Steuereinrichtung des Elektroscheiders können diverse Einstellungen wie Vibrationsintensität, Stärke der Hochspannung usw. reguliert werden.

Als geeignete Vorbehandlungsmaßnahmen sollte das Rohgut zerkleinert und gesiebt werden, um geeignete Korngrößenklassen zu schaffen, da zu große Körner senkrecht durchfallen und von den Elektroden keine oder nur eine sehr geringe Ablenkung erfahren würden. Ebenso sollte das Probenmaterial getrocknet und entstaubt werden. Durch Vortemperierung lassen sich z.B. Quarz und Feldspat besser trennen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Versuche ohne Splitter gefahren, allerdings wurden die Körner in 17 Bechern mit je 5 cm Breite aufgefangen. Zur Reduktion des Analysenaufwandes wurden die in den 17 Bechern aufgefangenen Teilproben zu Sammelproben – in der Regel waren es fünf – zusammengefasst. Die Sammelproben wurden zur Ermittlung der Massenverteilung gewogen, verpackt und zur Analyse in das Labor der *STYROMAG GmbH* gesendet, wo die Ermittlung der Gehalte an SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO und MgO sowie der Glühverlust erfolgte.



Abbildung 4-14: Blick in den Trennraum des hamos EMS 500 [8]

5 Untersuchungen

5.1 Probenbeschreibung

Die *STYROMAG GmbH* hat zur Zeit vier Abbaugelände in Verhieb. In Oberdorf befinden sich drei Abbaue, wovon einer untertägig (*Angerer*) und einer obertägig (*Kaintaleck*) ist. Die anderen Bergbaue (*Wald am Schoberpass* und *Hohentauern*) werden ebenfalls obertägig betrieben.

Die Magnesit-Lagerstätten der *STYROMAG GmbH* gehören dem „Typus Veitsch“ an. Dabei handelt es sich um paläozoisch gebundene Spatmagnesite. Die Industriemineralien, die innerhalb der Veitscher Decke der Grauwackenzone gefunden werden, sind Magnesit (Typus Veitsch), der an karbonatische Gesteine gebunden ist, und Talk. Charakteristisch für den Magnesit- (Talk-)bezirk Veitscher Decke sind:

- die Bindung an marine Karbonatgesteine (Kalk und Dolomit)
- lager-, linsen- bis stockförmige Lagerstättenformen
- grobkristalliner hellgrauer bis gelbgrauer Magnesit, häufig auch Pinolith und Bändermagnesit
- Dolomitsäume umgeben häufig die Magnesitkörper [14]

Durch Abbildung 5-1 sieht man, wie sich die Proben der einzelnen Lagerstätten der *STYROMAG GmbH* bereits in ihrem farblichen Erscheinungsbild unterscheiden.



Abbildung 5-1: Probenmaterial der Lagerstätten Kaintaleck (a), Hohentauern (b), Wald am Schoberpass-A (c), Wald am Schoberpass-B (d), Angerer-A (e) und Angerer-B (f)

Die Verteilung der Gehalte in den einzelnen Kornklassen der Lagerstätte *Kaintaleck* ist in Tabelle 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1: Verteilung der silikatischen und karbonatischen Gehalte und Inhalte in der Kornspanne 0/8 mm

MW [mm]	m [%]	g_{SiO_2} [%]	r_{i,SiO_2} [%]	g_{CaO} [%]	$r_{i,CaO}$ [%]	g_{MgO} [%]	$r_{i,MgO}$ [%]
8/2	46,08	2,30	30,54	7,90	50,95	38,92	45,87
2/1	16,20	2,01	9,39	6,08	13,78	40,76	16,89
1/0,3	19,73	3,00	17,05	6,3	17,4	40,19	20,28
<0,3	17,99	8,30	43,02	7,10	17,88	36,87	16,96
Σ	100,00	3,47	100,00	7,15	100,00	39,10	100,00

5.2 Vorbereitende Schritte

5.2.1 Zerkleinerung

Die angelieferten Proben der einzelnen Lagerstätten der *STYROMAG GmbH* wurden bereits vor Ort mittels Backenbrecher auf die Körnung < 8 mm zerkleinert.

Die Herstellung der aufzubereitenden Korngrößenspanne 0,3/1 mm erfolgte durch Siebung mit einer im Aufbereitungstechnikum des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung vorhandenen Taumelsiebmaschine von Allgaier Typ ATS 600/2. Die Fraktion > 1 mm wurde zwischengelagert und im Bedarfsfalle mit einer ebenfalls im Aufbereitungstechnikum vorhandenen Vertikalmühle der Firma Cemtec Typ VRM2 (siehe Abbildung 5-2) nachzerkleinert und erneut gesiebt, um die erforderliche Korngrößenklasse zu erhalten.



Abbildung 5-2: Blick in den Mahlraum der Vertikalmühle VRM2 der Firma Cemtec im Aufbereitungstechnikum des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung

5.2.2 Siebung und Entstaubung

Wie zuvor erwähnt wurde der Rohmagnesit mit der Körnung < 8 mm angeliefert. Da die untere Korngrenze betrieblich mit 0,3 mm festgelegt und die obere Korngrenze durch Tastversuche bei 1 mm angesetzt wurde, musste das Rohgut zuerst abgesiebt werden. Die notwendige Siebung wurde mit einem ebenfalls im Aufbereitungstechnikum des Lehrstuhls vorhandene Allgaier- durchgeführt. Zuvor wurde das Rohgut für mehrere Stunden in einem Trockenschrank bei 105 °C getrocknet und erneut abgesiebt..

5.3 Konditionierung

Die Auswahl der Konditioniermittel erfolgte auf Basis einer Literaturrecherche. Nachfolgend sind jene Chemikalien aufgelistet und beschrieben, die Eingang in die Versuchsreihen gefunden haben.

5.3.1 Konditioniermittel

Im Rahmen dieser Versuchsreihen wurde der Einfluss von vierzehn Reagenzien auf das Trennverhalten mit drei unterschiedlichen Dosierungen untersucht. Die wasserlöslichen Reagenzien wurden in 100-150 ml Wasser, die anderen in 100–250 ml Ethanol (96 %) auf einem Magnetrührer vermischt und zur Konditionierung mit der Probenmasse in der Konditioniervorrichtung eingebracht.

5.3.2 Konditionierarten

Neben der Wahl der Dispergierung und des richtigen Reagenzes ist auch die Wahl eines geeigneten Konditioniervorganges von großer Bedeutung. Sie gewährleistet abhängig von der Dauer des Vorganges, ob sich das Reagenz vollständig auf die Körneroberflächen aufziehen lässt. Häufig kommen in Aufbereitungsanlagen Fließbettrockner zum Einsatz. Dabei wird das Rohgut nicht nur getrocknet oder aufgeheizt, sondern kann durch bauliche Erweiterung zur gleichen Zeit durch Besprühen mit den Reagenzien konditioniert werden. Da das Aufbereitungstechnikum der Montanuniversität keinen Fließbettrockner besitzt, mussten Alternativen, die nachführend erläutert sind, herangezogen werden.

5.3.2.1 Mischmaschine

Hierbei wurde die Probe einem gewöhnlichen Baustellen-Betonmischer aufgegeben, das angerührte Konditioniermittel zugegeben und 30 Minuten vermischt. Der Vorteil der Mischmaschine war, dass man in einem Schritt die gesamte Probenmasse für jeden Versuch aufgeben konnte. Für die nachfolgenden Untersuchungen wurde die Mischmaschine zum Konditionieren aller Proben verwendet.

5.3.2.2 Rollenbock

Bei dieser Art der Konditionierung wurde die Probe in einem kleinen Fass auf einen Rollenbock gelegt und in der festgelegten Dauer von 30 Minuten bei 75 U/min^{-1} gleichmäßig.

Der Nachteil bei dieser Möglichkeit lag in der Baugeometrie und somit bei der Größe des Konditionierfasses. Da das Fass nicht die gesamte Probenmasse beinhalten konnte,

musste die Aufgabemasse geteilt und die dadurch entstandenen Teilproben separat konditioniert werden. Dadurch verdoppelte sich die Dauer des Konditioniervorganges.

5.3.2.3 Eirichmischer

Die Probe wurde dem Behälter eines Eirich-Intensivmischers aufgegeben und das Konditioniermittel durch eine Öffnung im Deckel zugegeben. Die Umdrehungen des Wirbelwerkzeuges wurden dabei auf etwa 450 U/min^{-1} eingestellt, während sich der Mischbehälter selber mit 45 U/min^{-1} drehte. Die Konditionierdauer war die gleiche wie bei den zuvor beschriebenen Konditioniermethoden.

Auch bei dieser Konditionierart war das Fassungsvermögen des Mischbehälters ein Nachteil. Die Probenmenge musste dadurch in drei Chargen konditioniert werden.

5.4 Aufladung

5.4.1 Aufladeeinheiten des HAMOS EMS 500

Die zwei Aufladeeinheiten des Freifallscheiders werden vom Hersteller aus Aluminium gefertigt. Durch den exzentrischen Antrieb und die dadurch schwingende Bewegung der Aufladeeinheiten sollen sich die Körner durch den gegenseitigen Kontakt und den Kontakt mit den Aluminiumwänden triboelektrisch aufladen. Durch das Einfügen von Tefloneinlagen soll geprüft werden, ob damit eine Änderung im Aufladeverhalten der Körner einhergeht. Zusätzlich wird durch Heizkacheln, die ober- und unterhalb der Aufladeeinheiten montiert sind, eine Abkühlung des vorgeheizten Rohgutes verhindert. Im Rahmen der Untersuchungen wurden diese zwei Auflademöglichkeiten miteinander verglichen und diesen noch eine weitere Möglichkeit der Aufladung gegenübergestellt.

5.4.2 Trommelaufladung

Diese Aufladeeinheit wird separat betrieben. Das Rohgut wird dabei über einen Trichter einer sich drehenden Trommel mit Tefloneinlagen aufgegeben. In dieser Trommel werden die Körner durch eingeschweißte Stege immer wieder empor gehoben. Die Körner beanspruchen einander reibend und schlagartig durch die Kataraktwirkung der Trommelbewegung. Dadurch und durch den Körner-Wand Kontakt werden die Körner triboelektrisch aufgeladen. Der Austrag der Trommel wird über eine Vibrorinne der Aufgaberutsche aufgegeben. Ein Nachteil bei dieser Art der Aufladung ist die weitere Beheizung des Rohgutes. Für den Versuch in der Parameterstudie wurde das Metallgehäuse der Trommel mit einem Heizgebläse beheizt.

5.5 Elektroscheidung

Für die Elektroscheidung ist eine geeignete Vorbereitung notwendig. Neben der richtigen Korngrößenverteilung sollten die Proben möglichst entstaubt und für eine genügende Abreicherung der Silikate auf 150 °C vorgeheizt sein.

Als Elektroscheider kam ein, wie in Kapitel 4.4. beschrieben, Freifallscheider zum Einsatz. Die Elektroden sind dabei so positioniert, dass die Oberkanten den geringsten und die Unterkanten den größten Abstand zu einander haben. Die übrigen Einstellungen sind in nachfolgender Tabelle 5-2 angeführt.

Tabelle 5-2: Parametereinstellungen des Freifallscheiders für die Versuchsreihen

Spannung	+70 [kV] -70 [kV]
Ladeinheit	100 [%]
Vibrator	100 [%]
Umdrehungen	50 [Hz]
Heizung	150 [°C]

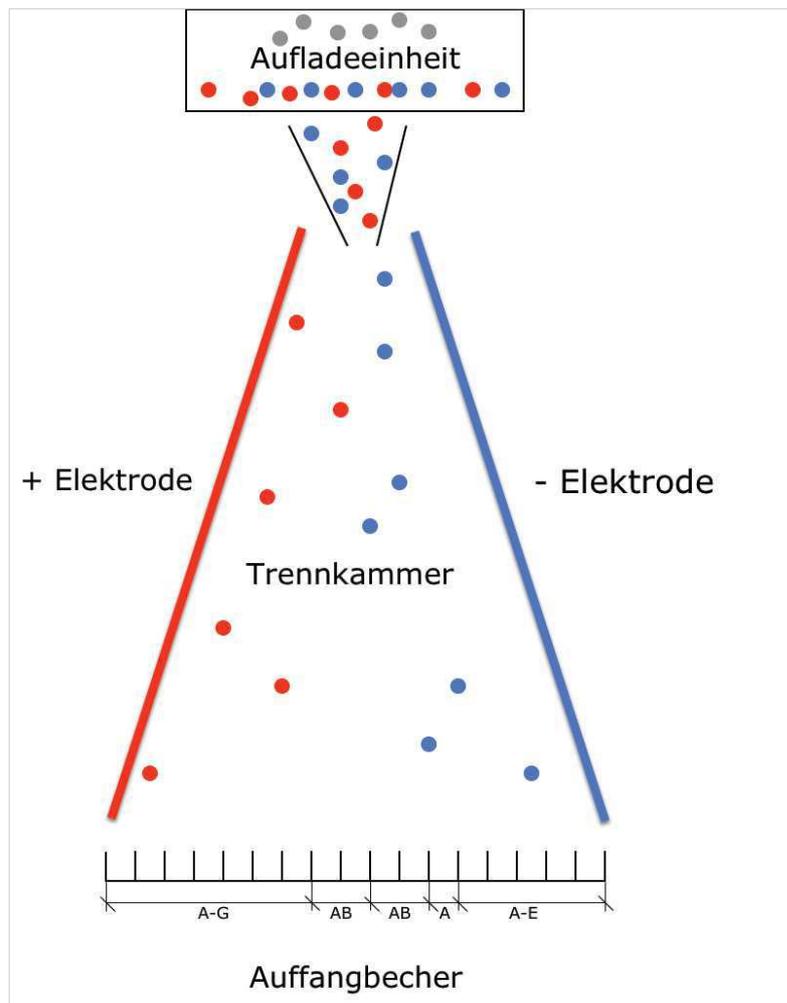


Abbildung 5-3: Schematische Darstellung eines Freifallscheiders mit 17 Bechern zum Auffangen der Körner

Die Lagerstätte *Kaintaleck* (KE) wurde zur Auslotung diverser Prozessparameter herangezogen, da sie im Gegensatz zu den anderen Lagerstätten auch Kalzit als Calcium-Träger beinhaltet. Mit ihr wurden folgende Einflussgrößen untersucht:

- Reagenz
- Dosierungsmenge
- Konditionierart
- Dispergierungsmöglichkeit
- Konditionierdauer

- Aufladungsmöglichkeit
- Einfluss der relativen Luftfeuchte
- ein- und zweistufige Versuchsdurchführung

Für die Versuchsreihe KE wurde das Rohgut, nachdem es konditioniert und aufgeheizt war, dem Elektroscheider aufgegeben. Nach der Trennung wurden die 17 Auffangbecher (siehe Abbildung 5-10, Seite 42), jeder Becher ist 5 cm breit, zu Fraktionen zusammengefasst und Teilproben davon zur Analyse ins Labor der *STYROMAG GmbH* geschickt (der Ablauf der Versuchsreihe *Kaintaleck* ist in Abbildung 5-11 schematisch dargestellt). Die Zusammenfassung der Becherinhalte erfolgte dabei auf Basis von Erkenntnissen aus orientierenden Vorversuchen, wodurch sich folgende Fraktionen von links (positive Elektrode) nach rechts (negative Elektrode) ergaben:

- Fraktion 1: Becher 1-7
- Fraktion 2: Becher 8 und 9
- Fraktion 3: Becher 10 und 11
- Fraktion 4: Becher 12
- Fraktion 5: Becher 13-17

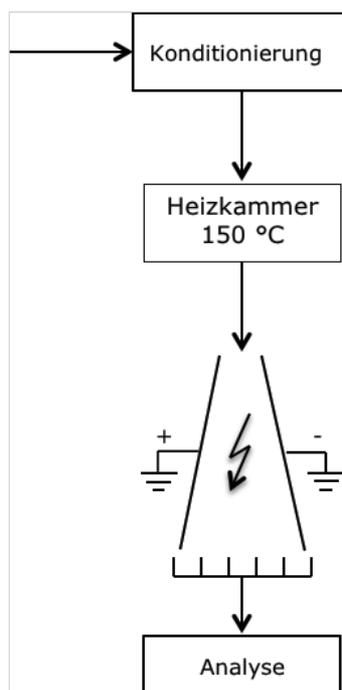


Abbildung 5-4: Schematische Darstellung einer einstufigen Versuchsdurchführung der Versuchsreihe *Kaintaleck* (KE)

Anhand der Erkenntnisse, die aus diesen Versuchen gezogen werden konnten (siehe Kapitel 7.1–7.8), wurde die weitere Versuchsdurchführung für die übrigen Lagerstätten aufgestellt.

Somit wurden die Versuchsreihen *Hohentauern* (HT), *Wald am Schoberpass* (WA-A und WA-B) und *Angerer* (ANG-A und ANG-B) zweistufig durchgeführt. Dabei wurde das Rohgut als Vorbereitung für die erste Stufe auf 150 °C über mehrere Stunden vorgeheizt und anschließend im Elektroscheider getrennt. Die Fraktionen 1 und 2 (die silkatreicheren Fraktionen) wurden abgezogen, die Fraktionen 3 bis 5 (die silkatärmeren Fraktionen)

wurden zu einer Zwischenfraktion vereinigt und mit einem Reagenz – von den zuvor getesteten wurden 5 ausgewählt – konditioniert. Nach der Konditionierung wurde die Probe erneut über mehrere Stunden bei 150 °C aufgeheizt und als zweite Stufe dem Elektroscheider aufgegeben. Die dabei entstandenen 5 Fraktionen - die Fraktionen der zweiten Stufe werden zur Unterscheidung mit den römischen Ziffern I-V bezeichnet - werden zusammen mit den 2 Fraktionen der ersten Stufe im Labor der *STYROMAG GmbH* auf ihre Gehalte analysiert. Abbildung 5-12 zeigt auf Seite 41 den Ablauf der in zwei Stufen durchgeführten Versuchsreihen.

Die Tabelle 5-3 auf Seiten 42 zeigt, welche Parametereinstellungen bei den verschiedenen Versuchen vorgenommen worden sind. Dabei handelt es sich um die Wahl des Reagenzes, der Dosierung, der Aufladeeinheit und der Vorheiz-Temperatur, sowie welche Raumtemperatur und welche relative Luftfeuchte während des Versuches vorherrschte.

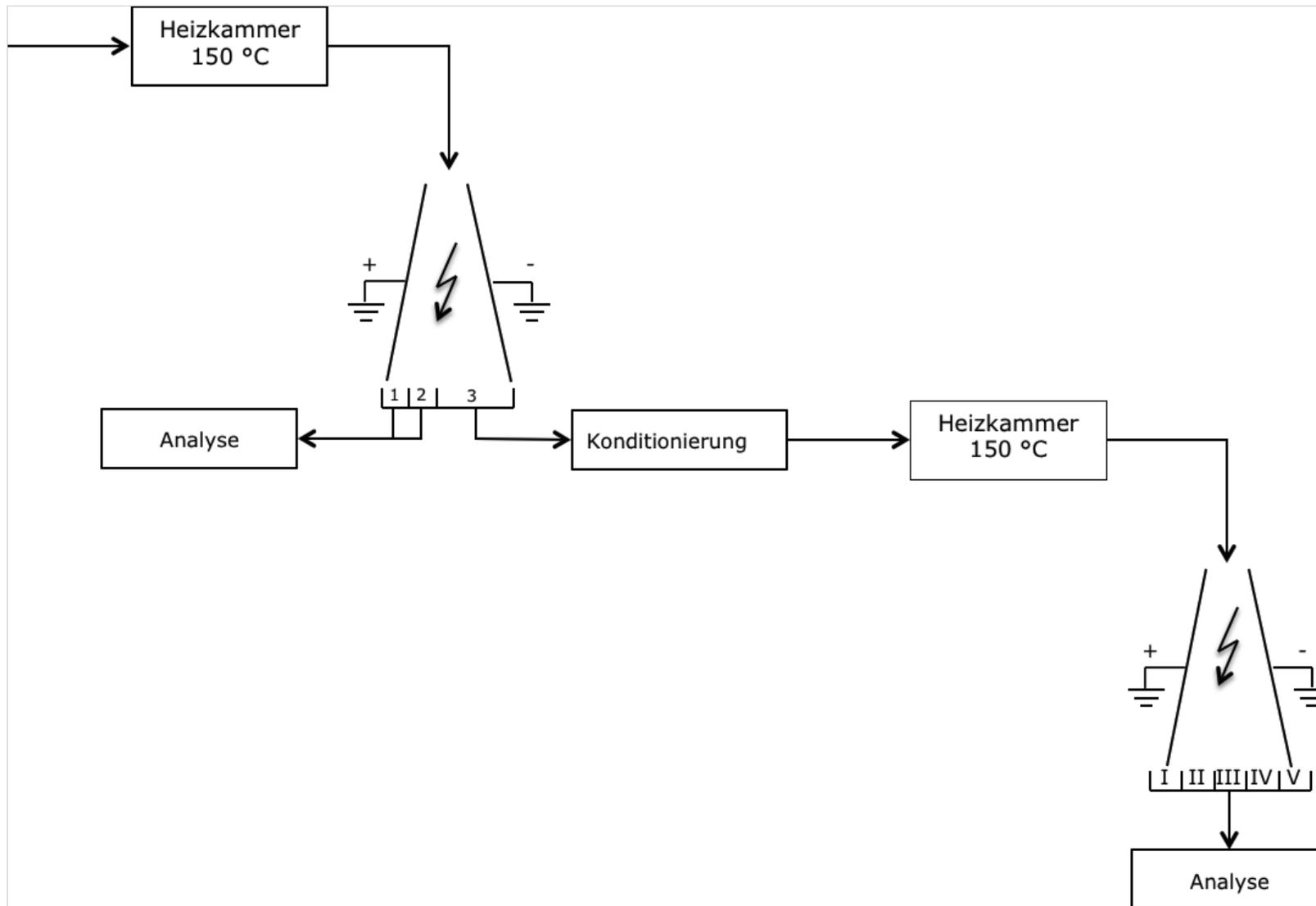


Abbildung 5-5: Schematische Darstellung einer zweistufigen Versuchsdurchführung der Versuchsreihen Hohentauern (HT), Wald am Schoberpass (WA-A und WA-B) und Angerer (ANG-A und ANG-B)

Tabelle 5-3: Versuchsliste inklusive verschiedener Parameter

Versuchs-reihe	Vers.-Nr.	Reagenz	Dosierung	Auflade-einheit	Vorheiz-T [°C]	Kondionier-art	1. Stufe		2. Stufe	
							Raum-T [°C]	rel. Luftfeuchte [%]	Raum-T [°C]	rel. Luftfeuchte [%]
Kaintaleck	1	keine	-	Aluminium	25	-	23,5	39,0	-	-
	2		-	Aluminium	150	-	22,5	40,0	-	-
	12		-	Teflon	150	-	23,5	42,3	-	-
	13	1	1	Teflon	150	Mischmaschine	23,9	38,0	-	-
	14		2	Teflon	150	Mischmaschine	23,2	34,7	-	-
	4		3	Aluminium	150	Rollenbock	23,5	40,0	-	-
	5	2	3	Aluminium	150	Mischmaschine	25,8	40,0	-	-
	15		1	Aluminium	150	Mischmaschine	22,5	34,6	-	-
	16		2	Aluminium	150	Mischmaschine	24,2	35,2	-	-
	6	3	2	Aluminium	150	Rollenbock	24,0	43,5	-	-
	7		3	Aluminium	150	Mischmaschine	23,9	44,1	-	-
	17		1	Aluminium	150	Mischmaschine	24,9	36,4	-	-
	18	3	2	Aluminium	150	Mischmaschine	25,0	44,1	-	-
	8		3	Aluminium	150	Rollenbock	25,0	39,3	-	-
	9-1		1	Teflon	150	Mischmaschine	22,2	37,0	-	-
	19	4	1	Aluminium	150	Mischmaschine	24,9	37,9	-	-
	20		2	Aluminium	150	Mischmaschine	22,3	38,5	-	-
	10		3	Aluminium	150	Rollenbock	22,8	41,0	-	-
	11	5	3	Aluminium	150	Mischmaschine	23,5	42,3	-	-
	21		1	Teflon	150	Mischmaschine	24,3	32,7	-	-
	22		2	Teflon	150	Mischmaschine	22,4	36,3	-	-
	23	6	3	Teflon	150	Mischmaschine	22,9	36,6	-	-
	24		1	Teflon	150	Mischmaschine	23,5	37,8	-	-
	25		2	Teflon	150	Mischmaschine	24,2	39,3	-	-
	26	7	3	Teflon	150	Mischmaschine	23,0	39,2	-	-
	27		1	Teflon	150	Mischmaschine	24,8	37,5	-	-
	28		2	Teflon	150	Mischmaschine	23,6	41,0	-	-
	29	8	3	Teflon	150	Mischmaschine	23,3	43,9	-	-
	30		1	Teflon	150	Mischmaschine	25,2	42,6	-	-
	31		1	Teflon	150	Mischmaschine	25,0	38,7	22,5	23,0
	31-1	8	1	Teflon	150	Mischmaschine	22,5	36,0	-	-
	31-2		1	Aluminium	150	Mischmaschine	22,7	38,0	-	-
	31-3		1	Trommel	150	Mischmaschine	22,8	41,0	-	-
	31-4		1	Teflon	150	Mischmaschine	23,5	36,0	-	-
	31-5		1	Teflon	150	Mischmaschine	23,1	57,2	-	-
	31-6		1	Teflon	150	Mischmaschine	22,6	43,0	-	-
	32	9	2	Teflon	150	Mischmaschine	22,9	41,3	-	-
	33-1		1	Teflon	150	Mischmaschine	23,3	38,0	-	-
	34		2	Teflon	150	Mischmaschine	22,4	41,0	-	-
	35	10	3	Teflon	150	Mischmaschine	22,6	41,0	-	-
	36		1	Teflon	150	Mischmaschine	22,6	35,0	-	-
	37		2	Teflon	150	Mischmaschine	22,7	36,0	-	-
	38	11	3	Teflon	150	Mischmaschine	23,2	35,0	-	-
	39		1	Teflon	150	Mischmaschine	22,8	44,0	-	-
	40		2	Teflon	150	Mischmaschine	22,6	44,0	-	-
	41	12	3	Teflon	150	Mischmaschine	22,7	44,0	-	-
	42		1	Teflon	150	Mischmaschine	22,6	43,0	-	-
	43		2	Teflon	150	Mischmaschine	22,9	43,0	-	-
	44	13	3	Teflon	150	Mischmaschine	22,9	43,0	-	-
	45		1	Teflon	150	Mischmaschine	22,5	42,0	-	-
46	2		Teflon	150	Mischmaschine	22,7	43,0	-	-	
47	14	3	Teflon	150	Mischmaschine	22,8	43,0	-	-	
48		1	Teflon	150	Mischmaschine	22,8	43,0	-	-	
49		2	Teflon	150	Mischmaschine	22,6	43,0	-	-	
50	Gemisch	3	Teflon	150	Mischmaschine	22,8	43,0	-	-	
3		1	Aluminium	150	Rollenbock	21,7	48,0	-	-	
51		unkonditioniert	-	Aluminium	150	Mischmaschine	23,0	33,1	-	-
Hohentauern	52	4	3	Aluminium	150	Mischmaschine	23,2	34,0	23,3	38,0
	53	7	3	Aluminium	150	Mischmaschine	23,6	35,4	24,3	36,3
	54	9	2	Aluminium	150	Mischmaschine	23,7	36,5	23,7	38,1
	55	8	2	Aluminium	150	Mischmaschine	24,0	36,7	24,2	36,6
	56	10	2	Aluminium	150	Mischmaschine	24,2	37,6	23,7	37,9
	57	9	2	Aluminium	150	Mischmaschine	24,7	35,1	-	-
	58		2	Aluminium	150	Eirich-Mischer	25,5	24,5	-	-
	59		2	Aluminium	150	Eirich-Mischer	25,9	34,9	-	-
	60	10	2	Aluminium	150	Mischmaschine	25,5	36,1	-	-
	61		2	Aluminium	150	Eirich-Mischer	25,8	35,7	-	-
62	2		Aluminium	150	Eirich-Mischer	26,2	37,0	-	-	
Wald am Schoberpass - A	63	unkonditioniert	-	Aluminium	150	Mischmaschine	22,7	35,6	-	-
	64	4	3	Aluminium	150	Mischmaschine	23,4	36,2	23,2	41,5
	65	7	3	Aluminium	150	Mischmaschine	23,8	36,7	23,2	36,6
	66	9	2	Aluminium	150	Mischmaschine	25,4	34,7	24,1	39,1
	67	8	2	Aluminium	150	Mischmaschine	24,0	38,0	23,8	39,4
68	10	2	Aluminium	150	Mischmaschine	23,5	39,5	24,5	38,6	
Wald am Schoberpass - B	69	unkonditioniert	3	Aluminium	150	Mischmaschine	24,8	36,7	-	-
	70	4	3	Aluminium	150	Mischmaschine	24,8	36,7	24,2	37,6
	71	7	2	Aluminium	150	Mischmaschine	24,0	38,4	24,0	39,0
	72	9	2	Aluminium	150	Mischmaschine	25,4	36,4	24,2	39,5
	73	8	2	Aluminium	150	Mischmaschine	23,7	40,1	23,8	40,5
74	10	2	Aluminium	150	Mischmaschine	25,0	37,7	23,9	41,1	
Angerer-A	75	unkonditioniert	-	Aluminium	150	Mischmaschine	26,5	32,5	-	-
	76	10	2	Aluminium	150	Mischmaschine	23,9	37,4	23,8	36,5
Angerer-B	77	unkonditioniert	-	Aluminium	150	Mischmaschine	23,3	35,2	-	-
	78	10	2	Aluminium	150	Mischmaschine	24,0	35,1	24,4	36,2

5.6 Analyse mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (EDRFA)

Die Röntgenfluoreszenzanalyse ist eine gängige Methode zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der elementaren Zusammensetzung von Proben. Die Proben müssen für dieses Verfahren nicht aufgeschlossen werden und werden dabei auch nicht zerstört.

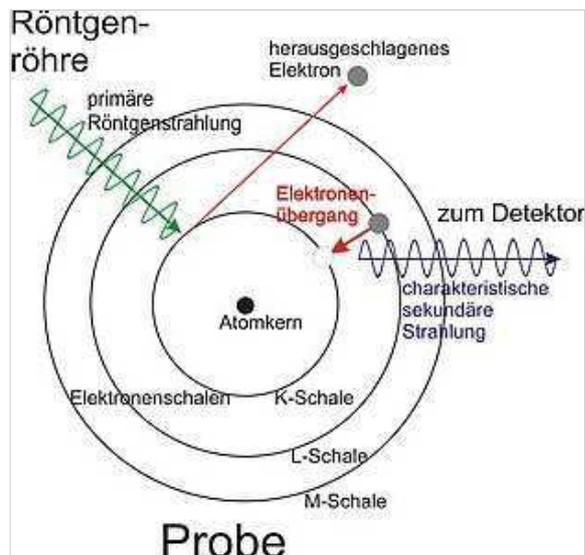


Abbildung 5-6: Atomkern und Emission von Elektronenstrahlung zur Messung mittels EDRFA [15]

Bei der EDRFA wird die Probe mit einem Röntgenstrahl angeregt (siehe Abbildung 5-13). Dabei werden Elektronen aus den Schalen nahe am Atomkern herausgeschlagen und energiereichere Elektronen aus den äußeren Schalen können somit näher an den Kern wandern. Um diesen energiewärmeren Zustand einnehmen zu können wird Energie emittiert, die in Form von elementspezifischer Fluoreszenzstrahlung abgegeben wird. Diese wird durch einen energiedispersiven Detektor aufgenommen.

6 Auswertung

6.1 Ermittlung der geeigneten Korngrößenklasse

Zur Ermittlung der geeigneten Korngrößenklasse wurde von einer Rückstellprobe, aus einem früheren Projekt mit der *STYROMAG GmbH*, mit einer Korngröße 0–2 mm eine Teilmenge entnommen und dem Freifallscheider aufgegeben. Die zusammengefassten Becher wurden gesiebt und in die Korngrößenklassen 1/2, 0,63/1, 0,3/0,63 und < 0,3 mm eingeteilt. Dabei zeigte sich, dass die Fraktion 1/2 vorwiegend senkrecht durchfällt und somit für die Versuchsreihe zu groß ist. In weiterer Folge wurde der Versuch wiederholt und die Fraktionen 1,63/2 und 1/1,63 eingeführt, um eine obere Korngröße definieren zu können. Die Körner dieser Fraktionen fielen ebenfalls hauptsächlich senkrecht durch den Prozessraum, wodurch für die Versuchsreihen eine obere Korngröße von 1 mm angesetzt wurde. Abbildung 6-1 zeigt wie sich die Kornklassen nach erfolgter Sortierung im elektrischen Feld verteilen (Becher 5 befindet sich (annähernd) unter der Aufgabevorrichtung in den Prozessraum). Die untere Korngröße wurde auf 0,3 mm festgelegt, da die *STYROMAG GmbH* ihren Wirbelschichtofen mit einer Körnung 0,3/0,8 mm beschickt. Die Körnung < 0,3 mm wird als Staub aus dem Prozess geschleust.

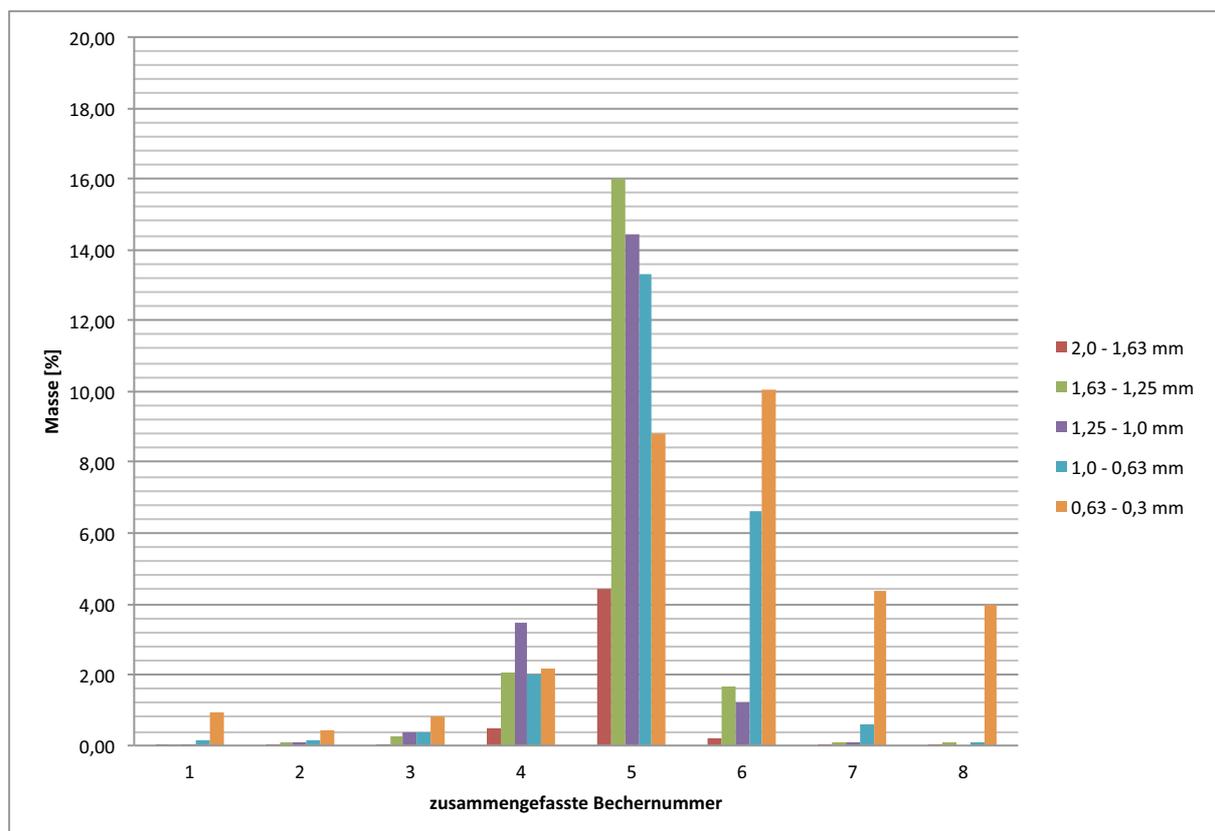


Abbildung 6-1: Korngrößenverteilung in Folge einer Elektroscheidung

Das angelieferte Rohgut hatte eine Körnung 0-8 mm und wurde mit einem Taumelsieb bei 2, 1 und 0,3 mm abgesiebt. Die Fraktion 1/2 wurde vorerst aufgehoben, um in möglichen, weiterführenden Versuchen die obere Korngröße hinauf zu setzen. Ebenso

stand die Fraktion 2/8 mm zum Nachbrechen zur Verfügung, um weitere Versuchsmengen herzustellen. Von der Körnung < 0,3 mm wurden Rückstellproben gezogen und der Rest verworfen.

6.2 Analyseergebnisse

Das Labor der *STYROMAG GmbH* bestimmt den Glühverlust, den unlöslichen Säurerückstand (HCl) und die Gehalte an Silikaten, Fe_2O_3 , CaO und MgO. Dabei erfolgt die Bestimmung des salzsäureunlöslichen Rückstandes nasschemisch gemäß ÖNORM EN 14016-2. Zur Vorbereitung für die Analysen wird die eingeschickte Probe in einer Scheibenschwingmühle fünf Minuten gemahlen. Voraussetzung dafür ist, dass die Probe ausreichend getrocknet ist. Im Anschluss daran wird eine Teilmenge davon zur Bestimmung des Glühverlustes herangezogen. Die weitere Teilmenge wird zu einer Tablette gepresst und mittels EDRFA auf ihre Elemente analysiert und durch ein Computerprogramm auf die genannten Gehalte berechnet.

6.3 Bilanzierung

Grundlage für die Evaluierung und die weitere Interpretation der Ergebnisse bilden aufbereitungstechnische Bilanzen. In den Spalten stehen dabei von links nach rechts die erhaltenen Fraktionen mit ihrer Massenverteilung (r_m). Danach folgen die Blöcke mit den von der *STYROMAG GmbH* ermittelten Gehalten der Silikate, Eisenanteile, sowie Calcium- und Magnesiumoxid und deren zugehörigem Inhaltsausbringen (r_i). Die Berechnungen unterliegen den Gesetzen der Massen- und Inhaltserhaltung. Die Berechnung des jeweiligen Inhaltsausbringens erfolgt nach der Formel

$$r_{i,j} = \frac{r_{m,j} * g_{i,j}}{g_{i,A}} \quad (\text{Glg. 11})$$

In den Zeilen sind die entstandenen Fraktionen ausgewiesen. Die Buchstaben entsprechen der Anzahl zusammengefasster Becher (z.B.: A-G \triangleq 7 Bechern). Die Zusammenfassung der Becher, wie sie auch in Tabelle 6-1 angeführt ist, wurde durchgehend bei allen Versuchen ab der Versuchsnummer 13 verwendet.

Tabelle 6-1: *Aufbereitungstechnische Bilanztafel des Versuches 37 (einstufige Versuchsreihe Kaintaleck mit Reagenz 10)*

Vers.-Nr.:	SiO_2				Fe_2O_3			CaO			MgO		
	r_m [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]
37													
1 A-G	2,52	11,50	29,81	29,81	1,10	2,99	2,99	4,40	1,62	1,62	39,80	2,49	2,49
2 AB	24,44	1,50	37,65	67,47	1,00	26,29	29,28	5,70	20,27	21,88	41,20	24,94	27,42
3 AB	60,93	0,50	31,29	98,76	0,90	58,99	88,28	7,00	62,05	83,93	40,40	60,96	88,38
4 A	8,84	0,10	0,91	99,66	0,90	8,56	96,84	8,80	11,32	95,25	39,10	8,56	96,94
5 A-E	3,27	0,10	0,34	100,00	0,90	3,16	100,00	10,00	4,75	100,00	37,80	3,06	100,00
Σ	100,00	0,97	100,00		0,93	100,00		6,87	100,00		40,38	100,00	

Im Falle der zweistufigen Versuchsreihen *Hohentauern*, *Wald am Schoberpass A und B* und *Angerer A und B* wurde die Fraktion 3 der ersten Stufe durch die Konditionierung und anschließende Sortierung im Freifallscheider in fünf Fraktionen aufgefächert, wodurch die Fraktionen I-V entstanden. Die Massenverteilungen der 2. Stufe wurden prozentuell auf die Aufgabemasse bezogen, um eine einheitliche Bilanz schaffen zu können (siehe Tabelle 6-2, Seite 50).

Tabelle 6-2: Aufbereitungstechnische Bilanztafel des Versuches 56 (zweistufige Versuchsreihe Hohentauern mit Reagenz 10)

Vers.-Nr.:	56		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO			
	r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ n [%]	g [%]	r _i [%]	Σ n [%]	g [%]	r _i [%]	Σ n [%]	g [%]	r _i [%]	Σ n [%]	
1	-	5,33	5,33	19,10	21,14	21,14	1,70	4,45	4,45	5,50	5,62	5,62	37,20	4,85	4,85
2	-	15,94	15,94	7,00	23,20	44,34	1,90	14,88	19,33	5,70	17,43	23,05	39,30	15,35	20,20
3	I		3,12	11,60	7,51	51,85	2,00	3,06	22,39	5,60	3,35	26,39	39,00	2,98	23,17
	II		8,13	5,60	9,47	61,31	2,00	7,99	30,38	5,50	8,58	34,97	39,80	7,93	31,10
	III	78,73	50,52	2,90	30,45	91,76	2,10	52,12	82,50	5,00	48,45	83,42	41,70	51,59	82,69
	IV		8,98	2,10	3,92	95,68	2,10	9,26	91,76	5,00	8,61	92,03	41,70	9,17	91,86
	V		7,99	2,60	4,32	100,00	2,10	8,24	100,00	5,20	7,97	100,00	41,60	8,14	100,00
Σ	100,00	100,00	4,81	100,00			2,04	100,00		5,21	100,00	40,83	100,00		

6.4 Grenzkurven der Selektivität

Als Selektivität wird das Maß bezeichnet, mit dem Elemente oder Merkmalsklassen vom Austrag in ein Produkt tendieren. Je höher die Selektivität, desto besser die Güte der Trennung. Sie ist also für die Feststellung der Trennqualität von großer Bedeutung. Die Beurteilung kann entweder auf Gehalten, Ausbringenswerten oder Kombinationen aus beiden beruhen. [2][13]

Grenzkurven der Selektivität (siehe Abbildung 6-2) erhält man durch Darstellung des Trennerfolges in einem Gehalt-Ausbringen-Diagramm. Durch schrittweises Ändern der Einflussgrößen verschiebt sich diese Kurve nach oben oder unten. Dadurch kann festgehalten werden, ob sich eine Veränderung eines Parameters positiv oder negativ auf den Trennerfolg auswirkt. Je weiter die Kurve nach oben verschoben wird, umso mehr wurde die Trenngüte verbessert.

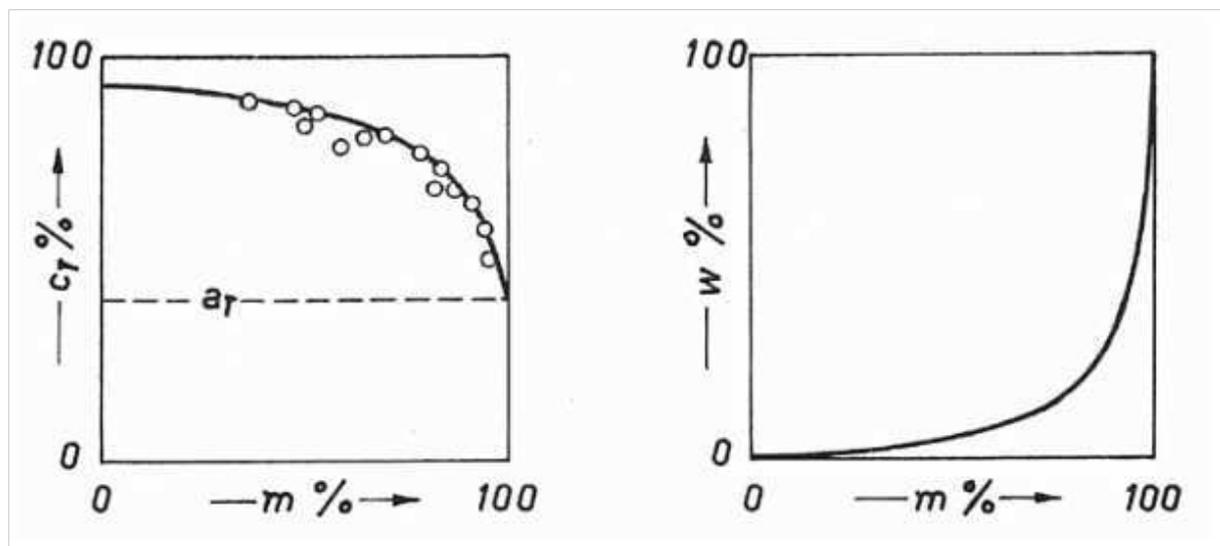


Abbildung 6-2: Schematische Darstellung einer Grenzkurve der Selektivität [2]

Durch Auswertung eigener und der in der Literatur angegebenen Versuchsreihen stellte Steiner fest, dass sich die Grenzkurven der Selektivität Kurven der nachfolgenden Funktion annähern:

$$m = \frac{w}{100 - \kappa(100 - w)} * 100\% \quad (\text{Glg. 12})$$

- m Wertmineralausbringen im Konzentrat [%]
- w Bergeverbleib im Konzentrat [%]
- κ Wert, der die Selektivität kennzeichnet

Eine ideale Trennung erzielt man bei $\kappa=1$, während bei $\kappa=0$ keine Trennung erfolgt. Diese Kurven können durch Transformation linearisiert werden. Durch die Transformation in

$$x^* = \ln \frac{x}{1-x} \quad (\text{Glg. 13})$$

$$y^* = \ln \frac{y}{1-y} \quad (\text{Glg. 14})$$

erhält man parallele Linien (siehe Abbildung 6-3 und 6-4, Seite 52 und 53). Punkte ohne Trennerfolg liegen immer noch auf der Diagonale durch die Eckpunkte, da $\kappa=0$. Das so aufgespannte Netz wird als κ -Netz bezeichnet. [2][13]

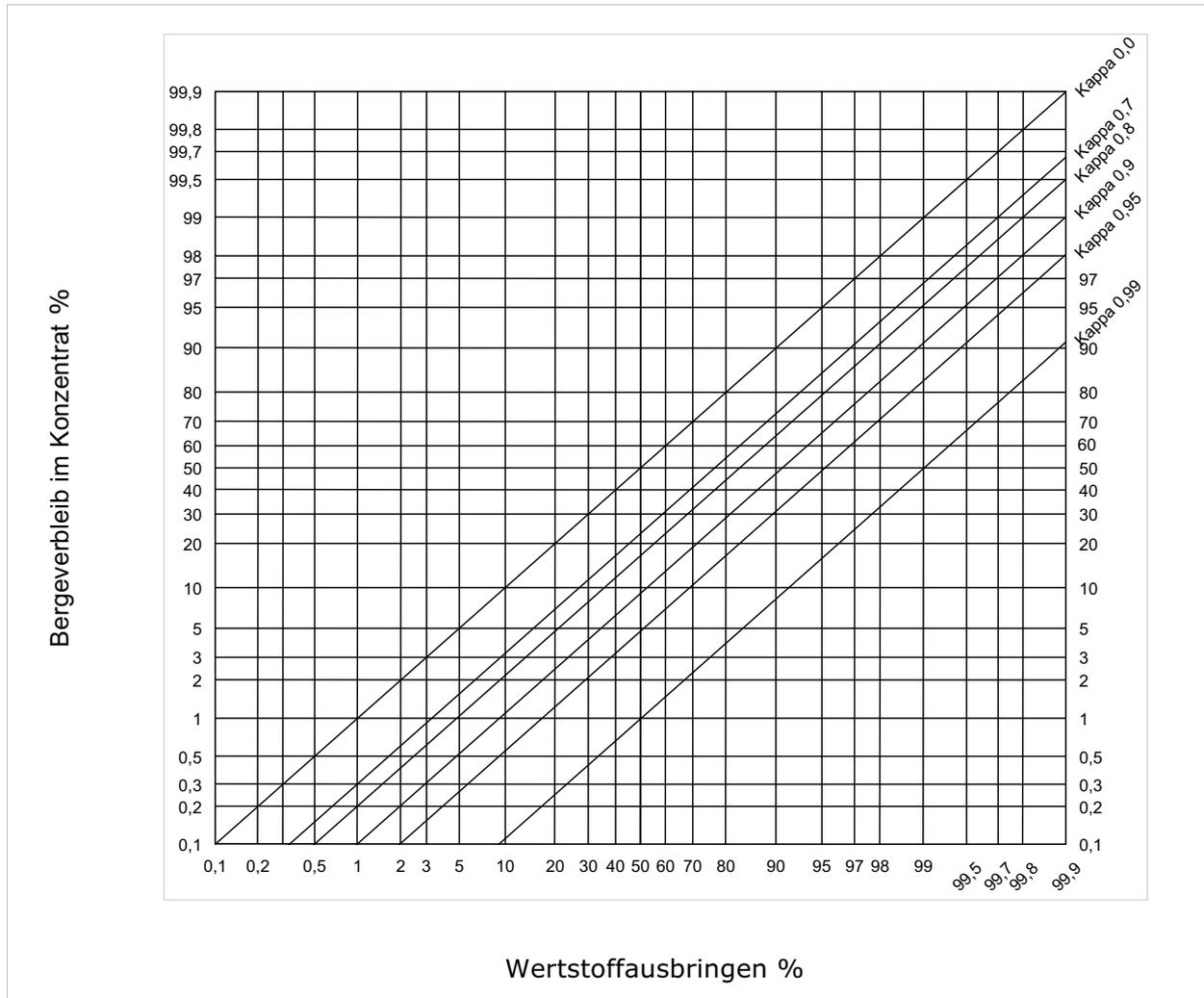


Abbildung 6-3: Sortierschaubild nach Steiner

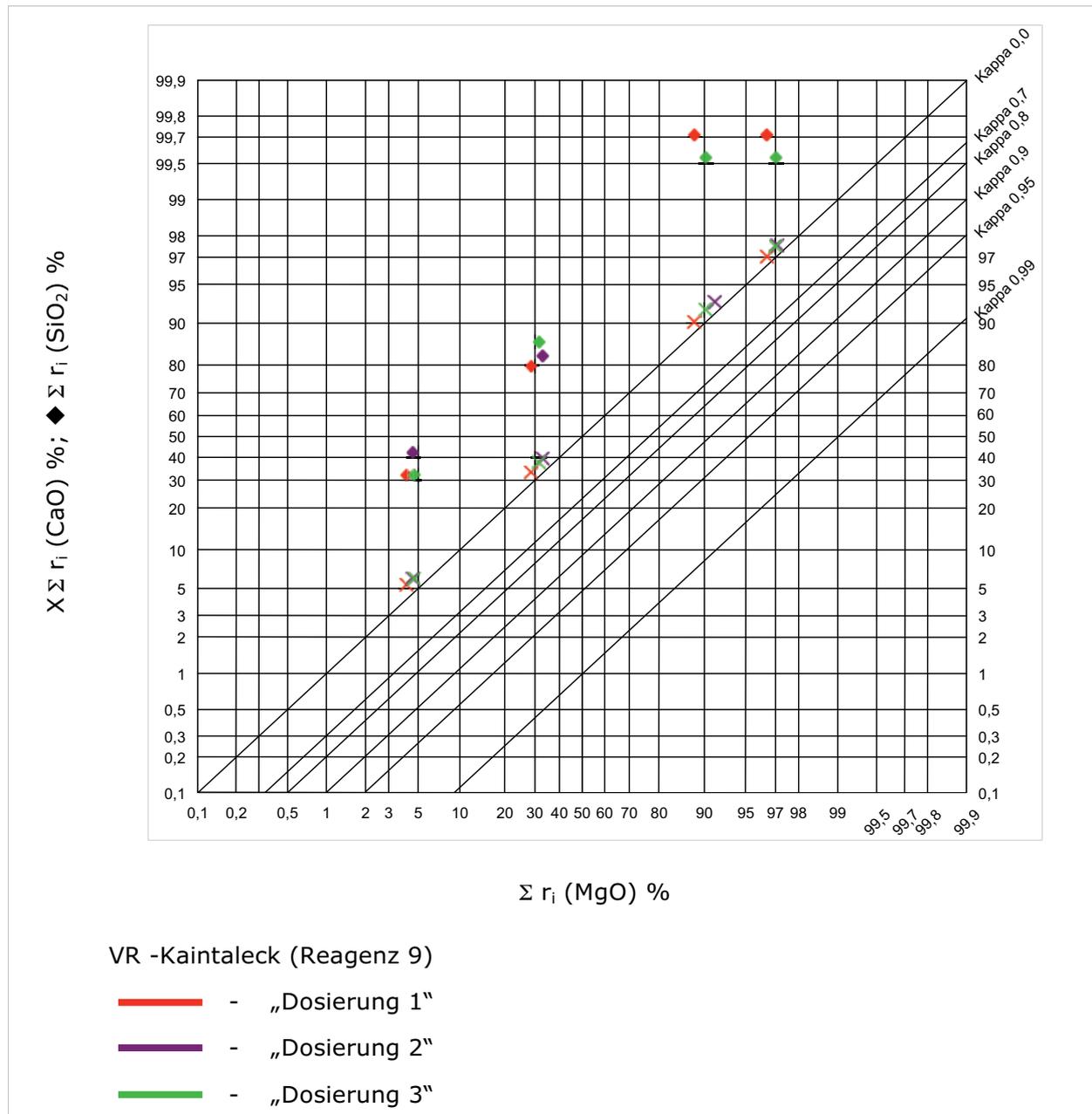


Abbildung 6-4: Sortierschaubild nach Steiner (Versuchsreihe Kaintaleck mit Reagenz 9; Versuche 34-36)

7 Interpretation

Ziel dieser Arbeit war es festzustellen, ob eine chemische Konditionierung einen Einfluss auf den Trennerfolg bei der Abreicherung der silikatischen Begleitkomponenten bzw. der karbonatischen Begleitminerale Dolomit und Kalzit aus den Rohmagnesiten der *STYROMAG GmbH* hat. Während einige Reagenzien keinen Einfluss auf die Trennergebnisse hatten, konnte mit immerhin neun Reagenzien eine deutliche Abreicherung der Silikatträger erzielt werden. Bei sechs Reagenzien konnte bereits in den Fraktionen 1 und 2 der ersten Stufe eine Abreicherung von 70-90 % des Silikatinhaltes erreicht werden. Das Ziel, auch die karbonatischen Begleitminerale abzutrennen, konnte allerdings nicht erreicht werden. Zwar ließen auch hier einige Reagenzien auf eine selektive Trennwirkung hoffen, so konnte bei Versuch 38 der CaO-Gehalt von 6,8 % in der Aufgabe auf immerhin 12,7 % in der Fraktion 5 angehoben werden, wohingegen der CaO-Gehalt in der Fraktion 1 auf 3,9 % gesenkt wurde (siehe Anhang, Seite 32). Bei Betrachtung der Ergebnisse im Kappa-Netz (siehe Anhang, Seite 49) fällt allerdings auf, dass alle Punkte des CaO-Ausbringens annähernd bei einem $\kappa=0$ liegen.

In welcher Weise die anderen Parameter einen Einfluss auf die Trennwirkung nahmen, ist in den nachfolgenden Unterpunkten erläutert.

7.1 Einfluss der Temperatur

Dass eine hohe Vorheiz-Temperatur einen positiven Einfluss auf die Trenngüte bei Silikaten ausübt, ist schon länger bekannt. Auch während dieser Versuchsreihen wurde der Rohmagnesit bei 150 °C vorgewärmt, bevor er im Freifallscheider geschieden wurde. Beim Vergleich der Versuche 1 (Raumtemperatur) und 2 (vorgeheizt bei 150 °C) fällt auf, dass sich auch in diesem Fall die Silikate durch diese Temperaturerhöhung eher an der positiven Elektrode anreichern. So war der Silikat-Gehalt bei Versuch 2 in der Fraktion 1 fünfmal höher (24,5 %) als der bei Raumtemperatur (4,54 %), wie aus den nachfolgend ausgewiesenen Bilanztafeln gemäß der Tabellen 7-1 und 7-2 eindrucksvoll hervorgeht. Für eine Trennung von CaO und MgO hat der Temperaturunterschied allerdings keinen signifikanten Einfluss gezeigt.

Tabelle 7-1: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 1 (Raumtemperatur)

Vers.-Nr.:	1	r_m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]
1 A-G		16,89	4,54	29,01	29,01	1,15	17,32	17,32	6,85	18,41	18,41	39,11	16,37	16,37
2 AB		12,13	2,80	12,85	41,87	1,10	11,91	29,23	6,20	11,97	30,38	40,30	12,11	28,48
3 AB		31,11	1,80	21,20	63,06	1,10	30,54	59,77	5,90	29,21	59,59	41,10	31,68	60,15
4 AB		19,27	1,90	13,86	76,92	1,10	18,92	78,69	6,00	18,41	78,00	40,90	19,53	79,69
5 A-D		20,60	2,96	23,08	100,00	1,16	21,31	100,00	6,71	22,00	100,00	39,79	20,31	100,00
Σ		100,00	2,64	100,00		1,12	100,00		6,28	100,00		40,36	100,00	

Tabelle 7-2: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 2 (150 °C)

Vers.-Nr.:	2	r_m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]
1 A-G		3,16	24,50	26,61	26,61	1,00	2,86	2,86	5,80	2,91	2,91	33,30	2,61	2,61
2 AB		6,99	6,60	15,87	42,48	1,20	7,60	10,46	7,20	8,01	10,92	38,20	6,63	9,23
3 AB		51,94	2,35	42,03	84,51	1,10	51,76	62,22	6,34	52,39	63,32	40,45	52,13	61,37
4 A		21,52	1,30	9,62	94,13	1,10	21,45	83,67	6,00	20,55	83,87	41,10	21,95	83,31
5 A-E		16,39	1,04	5,87	100,00	1,10	16,33	100,00	6,19	16,13	100,00	41,04	16,69	100,00
Σ		100,00	2,91	100,00		1,10	100,00		6,28	100,00		40,30	100,00	

7.2 Einfluss der relativen Luftfeuchte

Wie zuvor in Kapitel 4.2.3.4 erwähnt, ist eine niedrige relative Luftfeuchte von Vorteil. Dieser Umstand spiegelte sich auch in den Ergebnissen der Versuche 31 (normale Raumbedingungen – Klimakammer aktiv, ohne Luftentfeuchter; siehe Tabelle 7-4), 31-4 (möglichst geringe relative Luftfeuchte – Klimakammer und Luftentfeuchter in Betrieb; siehe Tabelle 7-3) und 31-5 (hohe relative Luftfeuchte – Klimakammer und Luftentfeuchter außer Betrieb; siehe Tabelle 7-5) wieder. Durch das Einstellen einer niedrigen relativen Luftfeuchte war es möglich, in den Fraktionen 1 und 2 70,89 % des Silikatinhaltes auszubringen. Im Vergleich dazu konnten unter normalen Raumbedingungen lediglich 44,61 % ausgebracht werden. Obwohl die Versuche in einem abgeschlossenen Raum mit zusätzlicher Luftentfeuchtung durchgeführt wurden, konnte keine relative Luftfeuchte unter etwa 35 % erreicht werden. Die Gehalte der übrigen Fraktionen wiesen bei der niedrigen relativen Luftfeuchte keinen oder kaum mehr Silikate auf.

Tabelle 7-3: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-4 (niedrige relative Luftfeuchte)

Vers.-Nr.:	31-4	r_m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]
1 A-G		1,81	13,10	37,82	37,82	1,30	2,36	2,36	6,80	2,11	2,11	37,40	1,64	1,64
2 AB		12,93	1,60	33,07	70,89	1,10	14,31	16,68	6,90	15,33	17,44	39,70	12,49	14,13
3 AB		60,70	0,30	29,11	100,00	1,00	61,08	77,75	5,70	59,45	76,89	41,10	60,70	74,83
4 A		20,84	0,00	0,00	100,00	0,90	18,87	96,63	5,40	19,33	96,22	42,20	21,40	96,23
5 A-E		3,73	0,00	0,00	100,00	0,90	3,37	100,00	5,90	3,78	100,00	41,60	3,77	100,00
Σ		100,00	0,63	100,00		0,99	100,00		5,82	100,00		41,10	100,00	

Tabelle 7-4: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31 (normale Raumbedingungen)

Vers.-Nr.:	31	r_m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]
1 A-G		10,40	8,90	29,95	29,95	1,10	10,28	10,28	6,00	10,08	10,08	39,70	10,25	10,25
2 AB		13,34	3,40	14,67	44,61	1,10	13,18	23,46	6,00	12,92	23,00	40,20	13,30	23,55
3 AB		51,96	2,20	36,98	81,59	1,10	51,35	74,81	6,00	50,36	73,36	40,70	52,48	76,03
4 A		17,76	2,10	12,06	93,65	1,10	17,55	92,36	6,60	18,93	92,29	40,10	17,67	93,70
5 A-E		6,54	3,00	6,35	100,00	1,30	7,64	100,00	7,30	7,71	100,00	38,80	6,30	100,00
Σ		100,00	3,09	100,00		1,11	100,00		6,19	100,00		40,30	100,00	

Tabelle 7-5: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-5 (hohe relative Luftfeuchte)

Vers.-Nr.:	31-5	r_m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]	g [%]	r_i [%]	Σr_i [%]
1 A-G		1,21	17,20	39,13	39,13	1,30	1,72	1,72	7,30	1,51	1,51	35,50	1,04	1,04
2 AB		11,21	1,60	33,60	72,73	1,00	12,24	13,96	7,20	13,71	15,21	39,20	10,62	11,67
3 AB		62,13	0,20	23,27	96,00	0,90	61,04	75,00	5,80	61,18	76,39	41,60	62,47	74,13
4 A		21,33	0,10	4,00	100,00	0,90	20,96	95,96	5,40	19,56	95,95	42,10	21,70	95,84
5 A-E		4,11	0,00	0,00	100,00	0,90	4,04	100,00	5,80	4,05	100,00	41,90	4,16	100,00
Σ		100,00	0,53	100,00		0,92	100,00		5,89	100,00		41,38	100,00	

7.3 Einfluss der Konditionierdauer

Eine ausreichend lange Konditionierdauer soll gewährleisten, dass sich das Reagenz vollständig auf allen Körneroberflächen aufzieht. Auch der Langzeitversuch (Versuch 31-6; siehe Tabelle 7-6, Seite 56) wies deutliche Unterschiede in den Ausbringens-Ergebnissen im Vergleich zur 30-minütigen Konditionierdauer (Versuch 31, siehe ebenfalls vorangestellte Tabelle 7-4) auf. Das Inhaltsausbringen der Silikate war mit 84,01 % (gemäß Tabelle 7-6) annähernd doppelt so hoch wie beim Versuch mit verkürzter Konditionierdauer mit 44,61 % (Tabelle 7-4). Somit kann geschlussfolgert werden, dass eine lange Konditionierung zu einer Verbesserung der Abreicherung der Silikate beiträgt.

Tabelle 7-6: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-6 (10-stündige Konditionierung)

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	31-6	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]
1 A-G	4,55	8,00	53,66	53,66	1,30	5,83	5,83	8,10	6,34	6,34	37,30	4,10	4,10
2 AB	20,59	1,00	30,35	84,01	1,10	22,34	28,18	7,70	27,26	33,60	39,40	19,59	23,69
3 AB	54,23	0,20	15,99	100,00	1,00	53,50	81,68	5,40	50,36	83,96	41,90	54,88	78,57
4 A	13,16	0,00	0,00	100,00	0,90	11,69	93,37	4,70	10,64	94,60	42,90	13,64	92,21
5 A-E	7,47	0,00	0,00	100,00	0,90	6,63	100,00	4,20	5,40	100,00	43,20	7,79	100,00
Σ	100,00	0,68	100,00		1,01	100,00		5,81	100,00		41,40	100,00	

7.4 Einfluss der Konditionierart

Da eine lange Konditionierdauer für eine gleichmäßige Verteilung des Reagenzes von Vorteil ist, lag der Schluss nahe, dass sich der Eirich-Mischer für die Konditionierung besser eignen würde. Durch die schnellere Rotation des Rührwerkes und einer zusätzlichen Drehung des Mischbehälters sollte in kürzerer Zeit eine ähnliche Durchmischung hergestellt werden können. Für die Untersuchung dieses Parameters wurden Versuche mit Reagenz 9 (Versuche 57-59) und Reagenz 10 (Versuche 60-62) durchgeführt. Werden die Sortierschaubilder dieser Versuche miteinander verglichen (siehe Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2, Seite 58 und 59), so fällt auf, dass im Falle des Reagenzes 9 die Messwerte der Mischmaschine deutlich über jenen des Eirich-Mischers liegen. Bei Reagenz 10 ist dieser Unterschied nicht mehr so deutlich ausgeprägt.

Ein weiterer Vorteil der Mischmaschine lag auch in dem Fassungsvermögen, wodurch die gesamte Probenmenge in einem Arbeitsgang konditioniert werden konnte.

7.5 Einfluss der Dispergierung

Auf Grund der Ergebnisse macht es keinen merklichen Unterschied, ob die Reagenzienlösung langsam eingetroppt oder eingesprüht wird. Die Messwerte dieser Versuche liegen entweder auf der gleichen κ -Linie oder sind (annähernd) ident. Von der einfachen Überlegung her ist allerdings die Besprühung vorzuziehen, um den Reagenzienfilm möglichst gleichmäßig wie auch rasch auf alle Körner aufziehen zu können. In den Abbildungen 7-1 und 7-2 (siehe Seite 58 und 59) werden die selektiven Einflüsse der Konditionierart und der Dispergierung deutlich.

7.6 Einfluss der Konditioniermittel

Die Temperatur hat, wie bereits erwähnt, einen großen Einfluss auf das Trennverhalten. Durch den Einsatz gewisser Reagenzien konnte dies noch verstärkt werden. Dabei muss allerdings differenziert werden, welches Trennverhalten dabei verbessert wird. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Versuchsreihe KE für eine Beurteilung des Trennverhaltens herangezogen, da in den übrigen Versuchsreihen zuerst eine silikatabreichernde Stufe durchgeführt worden ist.

Beim Betrachten der Sortierschaubilder nach Steiner fällt auf, dass die Punkte der Karbonat-Trennung vorwiegend, mit ein paar Ausnahmen, auf der Diagonale ($\kappa=0$) liegen. Jene Reagenzien, die eine Verschiebung dieser Diagonalen bewirkten, haben einen Einfluss auf eine Trennung der karbonatischen Minerale. Dieser Einfluss ist aber so gering, dass er wirtschaftlich kaum von Bedeutung sein kann. Der Grund dafür dürfte im sein, dass Karbonate im untersuchten Korngrößenbereich noch in überwiegend verwachsener Form vorliegen, was bei nachträglich durchgeführten

Verwachsungsuntersuchungen festgestellt wurde. Im Rahmen wurden aufbereitungstechnische Untersuchungen im Aufbereitungslabor in Form einer Schwimm-Sink-Analyse an den Kornklassen 1/2 mm und 200/315 μm der Lagerstätte *Kaintaleck* durchgeführt. Dabei wurde eine Natriumpolywolframat-Lösung mit einer eingestellten Dichte von $2,95 \text{ g/cm}^3$ (die Dichte von Dolomit liegt bei $2,85 \text{ g/cm}^3$, jene von Magnesit bei $3,05 \text{ g/cm}^3$) als Schwerelösung verwendet. Dabei ergaben sich für die Kornklasse 1/2 mm etwa 42 Massen-% und für die Kornklasse 200/315 μm etwa 34 Massen-% in den erzeugten Schwimmgutfraktionen, die aus den zugehörigen Bilanzen rückgerechneten Dolomitgehalte aber bei etwa 22 Massen-% liegen. Diese Ergebnisse lassen den Schluss nahe, dass in der Kornklasse 200/315 μm (und somit auch in weiterer Folge in den gröberen Kornklassen) erhebliche Verwachsungen vorliegen, wodurch keine selektive Trennung der Karbonate erfolgen kann.

Wird nun das Trennverhalten der Silikatträger betrachtet, so fällt auf, dass fast alle Punkte oberhalb der $\kappa=0$ Linie liegen. Zum einen ist dieses Ergebnis auf die Temperatureinwirkung der Vorwärmung zurückzuführen und zum anderen auf den Einsatz der Reagenzien. Durch einige der Reagenzien (Versuche 34-50, siehe Anhang Seiten 31-35) konnten bereits etwa 80 % des Silikatinhaltes in den Fraktionen 1 und 2 ausgebracht werden, wobei durchschnittlich 26 % an Magnesiumoxid verloren gingen. Durch den Einsatz des Reagenzes 14 (Versuch 48) konnte das Inhaltsausbringen an Silikaten sogar auf 91,88 % erhöht werden. In diesem Fall würde der Verlust an Magnesiumoxid 26,24 % betragen.

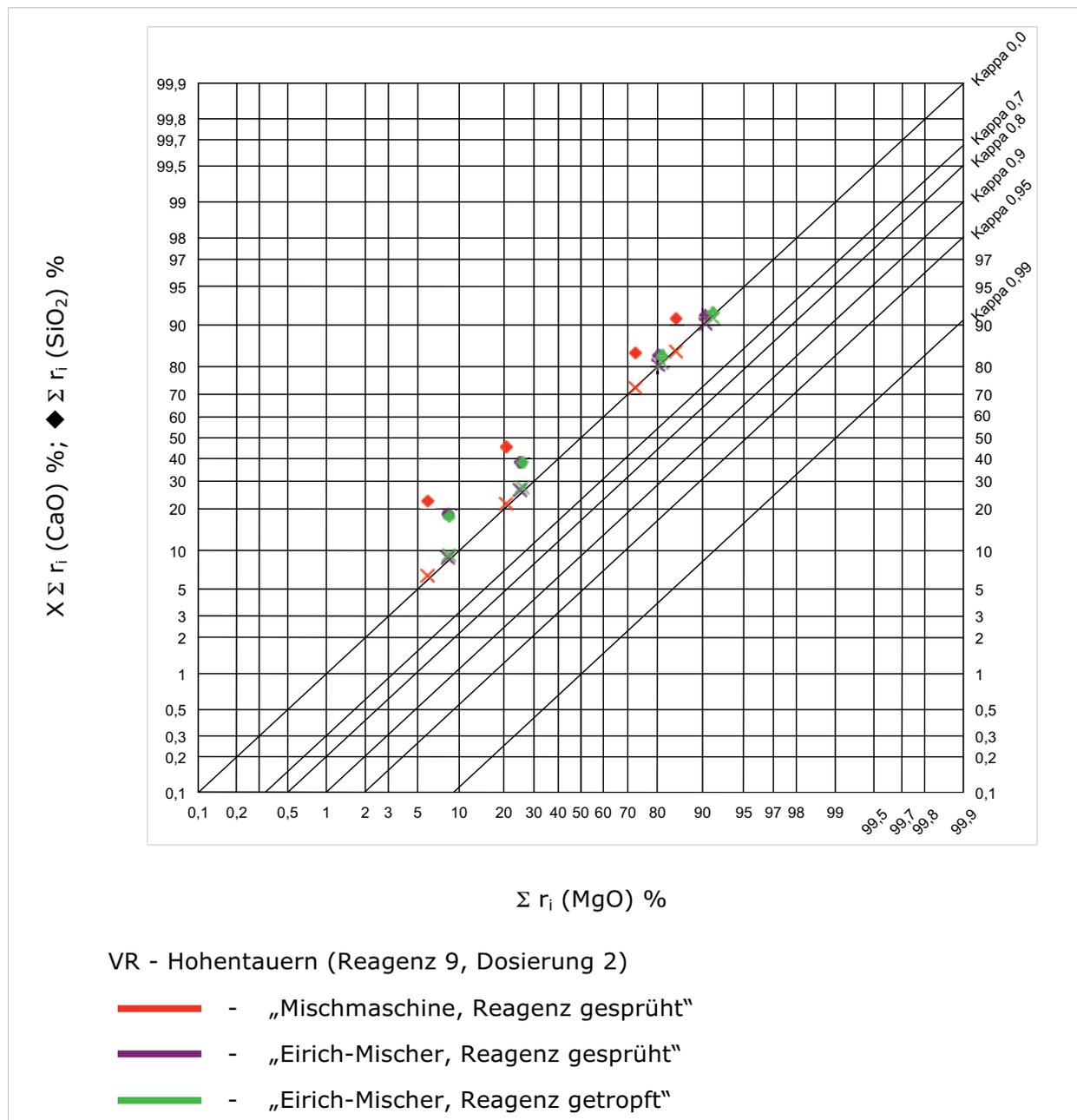


Abbildung 7-1: Sortierschaubild nach Steiner zur Darstellung der Einflüsse der Konditionier- und Dispergierart (Versuche 57-59)

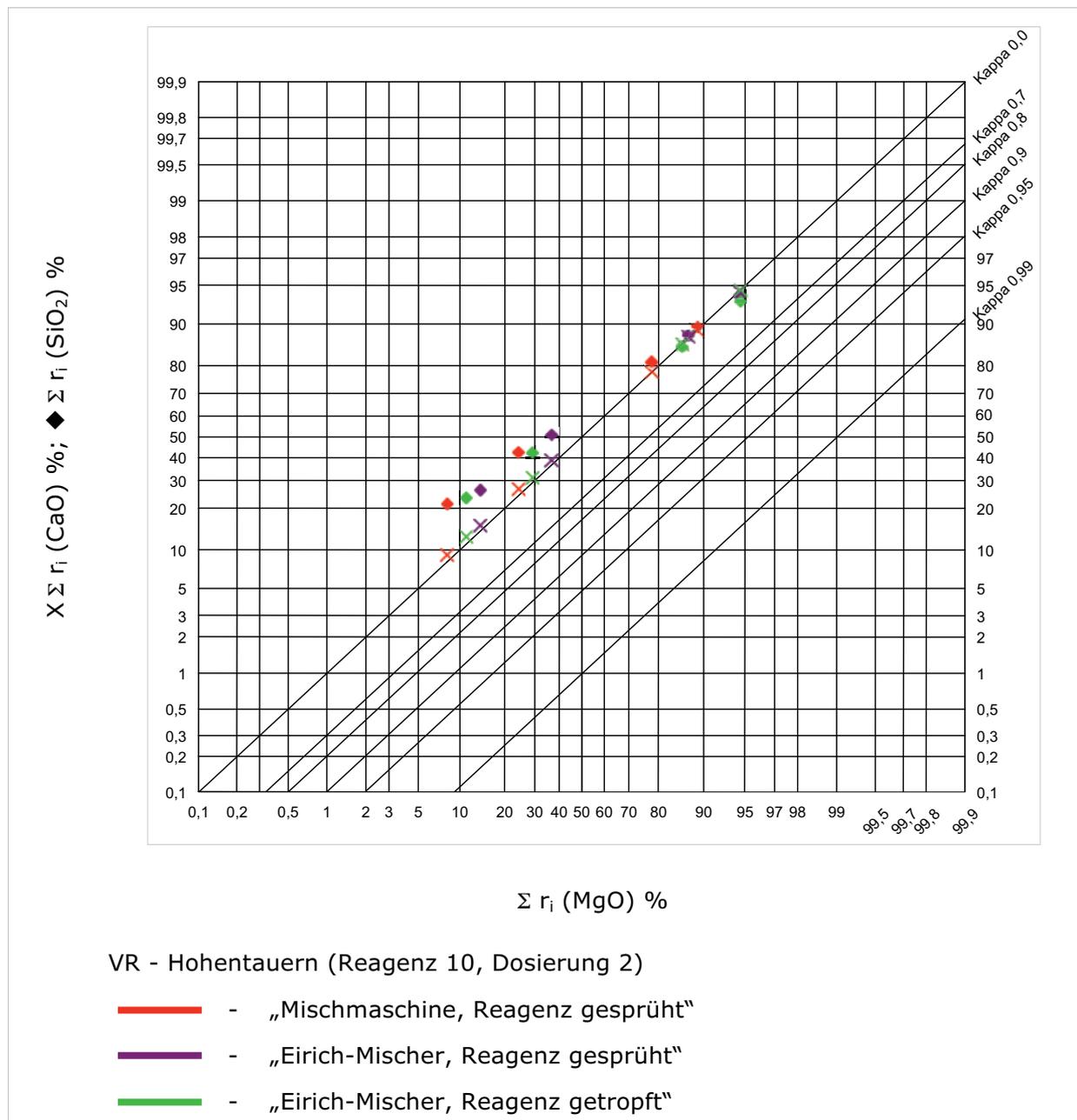


Abbildung 7-2: Sortierschaubild nach Steiner zur Darstellung der Einflüsse der Konditionier- und Dispergierart (Versuche 60-62)

7.7 Einfluss der Dosierung

Wie im vorherigen Punkt erwähnt, kann mit gewissen Reagenzien eine Abreicherung der Silikate verbessert werden. Eine einheitliche Aussage zu treffen, welche Dosierung vorteilhaft ist, ist abhängig von dem jeweiligen Reagenz. Für die weiterführenden Versuche wurden jedoch Dosierung 1 und Dosierung 2 verwendet.

7.8 Einfluss der Aufladeeinheit

Zur Aufladung wurden zwei aus Aluminium gefertigte Aufladeeinheiten, einmal mit und einmal ohne Tefloneinlagen, verwendet, die im Lieferumfang des hamos EMS 500 enthalten waren. Als eine weitere Möglichkeit konnten die Proben in einer Trommel mit Tefloneinlagen triboelektrisch aufgeladen werden. Beim Vergleich der Bilanzen (siehe Tabellen 7-7 bis 7-9) stellt man fest, dass die Silikat-Gehalte in den Fraktionen 3-5 bei der Aluminium- und Trommel-Aufladeeinheit annähernd Null sind. Durch die Trommel-Aufladeeinheit können sogar 83,27 % des Silikatinhaltes in den Fraktionen 1 und 2 ausgebracht werden. Bei der aus Aluminium gefertigten Aufladeeinheit beträgt das Inhaltsausbringen an Silikaten lediglich 60 %. Während bei der Aluminium- und der Trommelaufladeeinheit die Silikate in den Fraktionen 2-5 so gut wie abgereichert waren, waren bei der Teflon-Aufladeeinheit noch deutliche Anteile der silikatischen Komponenten in diesen Fraktionen vorhanden.

Ein Problem stellt allerdings das Fehlen einer kontinuierlichen Beheizung des Rohgutes während des langwierigen Aufladevorganges mit der Trommel-Aufladeeinheit dar. Aus diesem Grund ist die einfache Aluminiumbauweise gegenüber der mit Teflon modifizierten Alternative vorzuziehen.

Tabelle 7-7: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31 (Teflon-Aufladeeinheit)

Vers.-Nr.:	31	r _m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G		10,40	8,90	29,95	29,95	1,10	10,28	10,28	6,00	10,08	10,08	39,70	10,25	10,25
2 AB		13,34	3,40	14,67	44,61	1,10	13,18	23,46	6,00	12,92	23,00	40,20	13,30	23,55
3 AB		51,96	2,20	36,98	81,59	1,10	51,35	74,81	6,00	50,36	73,36	40,70	52,48	76,03
4 A		17,76	2,10	12,06	93,65	1,10	17,55	92,36	6,60	18,93	92,29	40,10	17,67	93,70
5 A-E		6,54	3,00	6,35	100,00	1,30	7,64	100,00	7,30	7,71	100,00	38,80	6,30	100,00
Σ		100,00	3,09	100,00		1,11	100,00		6,19	100,00		40,30	100,00	

Tabelle 7-8: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-2 (Aluminium-Aufladeeinheit)

Vers.-Nr.:	31-2	r _m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G		2,41	11,90	30,34	30,34	1,10	2,88	2,88	7,40	2,61	2,61	37,10	2,23	2,23
2 AB		14,74	1,90	29,64	59,98	1,00	16,03	18,91	7,60	16,42	19,03	38,90	14,28	16,50
3 AB		59,03	0,60	37,50	97,48	0,90	57,78	76,68	6,90	59,72	78,76	40,20	59,10	75,60
4 A		19,44	0,10	2,06	99,54	0,90	19,02	95,70	6,10	17,38	96,14	41,10	19,89	95,50
5 A-E		4,39	0,10	0,46	100,00	0,90	4,30	100,00	6,00	3,86	100,00	41,20	4,50	100,00
Σ		100,00	0,94	100,00		0,92	100,00		6,82	100,00		40,15	100,00	

Tabelle 7-9: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-3 (Trommel-Aufladeeinheit)

Vers.-Nr.:	31-3	r _m [%]	SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
			g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G		2,12	15,40	36,52	36,52	1,10	2,34	2,34	7,00	2,45	2,45	36,70	1,89	1,89
2 AB		9,73	4,30	46,75	83,27	1,20	11,70	14,04	7,10	11,39	13,84	39,60	9,35	11,24
3 AB		64,70	0,20	14,45	97,72	1,00	64,82	78,87	5,80	61,86	75,70	41,60	65,29	76,53
4 A		16,64	0,00	0,00	97,72	0,90	15,00	93,87	6,00	16,45	92,15	41,60	16,79	93,32
5 A-E		6,80	0,30	2,28	100,00	0,90	6,13	100,00	7,00	7,85	100,00	40,50	6,68	100,00
Σ		100,00	0,90	100,00		1,00	100,00		6,07	100,00		41,23	100,00	

Literaturverzeichnis

- [1] Steiner, H.J.: Untersuchungen zur selektiven Flotation von Magnesit und Dolomit; in Aufbereitung in Österreich II – 75 Jahre Prof. Hans Jörg Steiner
- [2] Steiner, H.J.: Grenzkurven der Selektivität – ein Beitrag zur Auswertung von Flotationsversuchen; in Aufbereitung in Österreich II – 75 Jahre Prof. Hans Jörg Steiner
- [3] Oberrauner, A.: Nutzung der Elektroscheidung zur trockenen Aufbereitung von fein- und feinstdispersen Körnerschwärmen; Dissertation, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, 2012
- [4] Reisinger, M.: Monitoring process parameters affecting the triboelectric Separation of Industrial Minerals; Diplomarbeit, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung 2007
- [5] Stadtschnitzer, A.: Beschaffung von Basisdaten zur Auslegung einer Aufbereitungsanlage für eine chinesische Magnesitlagerstätte; Diplomarbeit, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, 2006
- [6] Schubert, H.: Aufbereitung fester Stoffe, Bd. II, 4. Aufl. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1996
- [7] Schubert, H.: Handbuch der mechanischen Verfahrenstechnik; WILEY-VCH Verlag GmbH und Co. KGaA, 2003
- [8] Dötterl, M., Wachsmuth, U., Waldmann L., Flachberger, H., Mirkowska M., Brands, L., Beier, P.-M., Stahl I.: Electrostatic Separation; in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry; 2016
- [9] Römpf Chemie Lexikon (1989-1992), 6 Bde., hg. v. Falbe, J., 9., erw. u. Neubearb. Aufl., Stuttgart
- [10] Németh, E.: Triboelektrische Aufladung von Kunststoffen; in: Freiburger Forschungshefte, Herausgegeben vom Rektor der TU Bergakademie Freiberg, 2004
- [11] Manouchehri, H.-R.: Triboelectric Charge Characteristics and Electrical Separation of Industrial Minerals; Doctoral Thesis Luleå University of Technology, 2000
- [12] Mirkowska, M.: Vorlesungsbehef zu Theorie der Aufbereitungsprozesse, Montanuniversität Leoben, 2015
- [13] Öfner, W.: Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der aufbereitungstechnischen Merkmalsklassenanalyse zur Charakterisierung feinkörniger Reststoffe der Eisen- und Stahlproduktion als Grundlage eines verbesserten Wiedereinsatzes; Dissertation, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung 2013
- [14] Ebner, F., Prochaska W.: Die Magnesitlagerstätte Sunk/ Hohentauern und ihr geologischer Rahmen; in Joannea Geologie und Paläontologie 3, Seiten 63-103 (2001)
- [15] <https://www.th-nuernberg.de/seitenbaum/fakultaeten/werkstofftechnik/dienstleistungen/analytik/roentgenfluoreszenz-xrf/page.html> (21.9.2016)
- [16] http://universal_lexikon.deacademic.com/237517/Fermi-Niveau (21.9.2016)
- [17] <http://www.styromag.at/de/über-uns/firmengeschichte/> (21.9.2016)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Schematische Darstellung für das Zusammenziehen der Fraktionen	9
Abbildung 2-2:	Möglichkeiten die Fraktionen 1 und 2 der ersten Stufe mit Fraktionen der zweiten Stufe zusammen zu fassen.	11
Abbildung 3-1:	Anlagenschema der Aufbereitungsanlage der STYROMAG GmbH (Quelle: Fa. STYROMAG GmbH)	14
Abbildung 3-2:	Anlagenschema der Verhüttung der STYROMAG GmbH (Quelle: Fa. STYROMAG GmbH)	15
Abbildung 4-1:	Punktladung q im Abstand L zu einer ausgedehnten elektrisch geladenen Platte (links) und zwischen zwei elektrisch geladenen Platten (rechts) [6]	17
Abbildung 4-2:	Schematische Darstellung des Energiebändermodells mit Valenzband (blau) und Leitungsband (orange)	18
Abbildung 4-3:	Ablauf der Kontaktpolarisation [3]	20
Abbildung 4-4:	Ablauf der Koronaaufladung [3]	21
Abbildung 4-5:	Ablauf der triboelektrischen Aufladung [3]	23
Abbildung 4-6:	Aufladung zweier Metalle, die Fermi-Niveaus (E_F) werden durch das thermodynamische Gleichgewicht ausgeglichen und Vakuum-Niveau (E_V) [10]	24
Abbildung 4-7:	Elektrostatischer Walzenscheider mit Aufladung durch Kontaktpolarisation (links) und Koronaaufladung (rechts); A Aufgabe; W geerdete Walzenelektrode; E Gegenelektrode; B Bürste; L Leiter; HL Halbleiter; NL Nichtleiter [6]	27
Abbildung 4-8:	Trennmodell für einen elektrostatischen Kammerscheider [6]	28
Abbildung 4-9:	Korona-Walzenscheider [8]	29
Abbildung 4-10:	Plattenscheider, ausgeführt mit Rennblech (a) und Siebeinlage (b) [6]	30
Abbildung 4-11:	Röhren-Kammerscheider der Kali und Salz AG; (a) Aufgabetrichter, (b) oberes Lager, (c) Elektrode, (d) Bürste, (e) unteres Lager, (f) Splitter [8]	30
Abbildung 4-12:	Prinzipskizze eines STET Bandscheiders; (a) Aufgabeverteiler, (b) Abstand der Elektroden < 5 cm, (c) Aufgabeeinlass, (d) Gurt, (e) negativl Elektrode (blau), (f) positive Elektrode (rot) [8]	31
Abbildung 4-13:	Detailansicht der Gurtlücke des STET Bandscheiders [8]	32
Abbildung 4-14:	Blick in den Trennraum des hamos EMS 500 [8]	33
Abbildung 5-1:	Probenmaterial der Lagerstätten Kaintaleck (a), Hohentauern (b), Wald am Schoberpass-A (c), Wald am Schoberpass-B (d), Angerer-A (e) und Angerer-B (f)	34
Abbildung 5-2:	Blick in den Mahlraum der Vertikalmühle VRM2 der Firma Cemtec im Aufbereitungstechnikum des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung	35

Abbildung 5-10:	Schematische Darstellung eines Freifallscheiders mit 17 Bechern zum Auffangen der Körner	38
Abbildung 5-11:	Schematische Darstellung einer einstufigen Versuchsdurchführung der Versuchsreihe Kaintaleck (KE)	39
Abbildung 5-12:	Schematische Darstellung einer zweistufigen Versuchsdurchführung der Versuchsreihen Hohentauern (HT), Wald am Schoberpass (WA-A und WA-B) und Angerer (ANG-A und ANG-B)	41
Abbildung 5-13:	Atomkern und Emission von Elektronenstrahlung zur Messung mittels EDRFA [15]	43
Abbildung 6-1:	Korngrößenverteilung in Folge einer Elektroscheidung	44
Abbildung 6-2:	Schematische Darstellung einer Grenzkurve der Selektivität [2]	46
Abbildung 6-3:	Sortierschaubild nach Steiner	48
Abbildung 6-4:	Sortierschaubild nach Steiner (Versuchsreihe Kaintaleck mit Reagenz 9; Versuche 34-36)	49
Abbildung 7-1:	Sortierschaubild nach Steiner zur Darstellung der Einflüsse der Konditionier- und Dispergierart (Versuche 57-59)	54
Abbildung 7-2:	Sortierschaubild nach Steiner zur Darstellung der Einflüsse der Konditionier- und Dispergierart (Versuche 60-62)	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Aufbereitungstechnische Bilanztafel Versuch 48 (Kaintaleck mit Dosierung 1 und Reagenz 14)	8
Tabelle 2-2: Aufbereitungstechnische Bilanztafel Versuch 49 (Kaintaleck mit Dosierung 2 und Reagenz 14)	8
Tabelle 2-3: Aufbereitungstechnische Bilanztafel Versuch 50 (Kaintaleck Dosierung 3 und Reagenz 14)	8
Tabelle 2-4: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus den Fraktionen 2-5 vereinigt worden ist (blau strichlierte Linie)	9
Tabelle 2-5: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus den Fraktionen 3-5 vereinigt worden ist (rot strichlierte Linie)	10
Tabelle 2-6: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus den Fraktionen 4-5 vereinigt worden ist (grün strichlierte Linie).....	10
Tabelle 2-7: Verteilung der Silikate in den jeweiligen Kornklassen, wobei das Konzentrat der Kornklasse 0,3/1 mm aus der Fraktionen 5 besteht (orange strichlierte Linie).....	10
Tabelle 2-8: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zur Schaffung von Konzentraten basierend auf den Ergebnissen von Versuch 54 (Hohentauern mit Reagenz 9)	11
Tabelle 4-1: Auswahl an verschiedenen Materialien und deren Energielücken bei 30 °C [12].....	19
Tabelle 4-2: Eigenschaften einer Auswahl an Mineralen nach Fürstenau [12].....	19
Tabelle 4-3: Auflade-Parameter für die Berechnung der maximalen Ladung Q_{\max} im Koronafeld [6][7]	21
Tabelle 5-1: Verteilung der silikatischen und karbonatischen Gehalte und Inhalte in der Kornspanne 0/8 mm	35
Tabelle 5-2: Parametereinstellungen des Freifallscheiders für die Versuchsreihen.....	38
Tabelle 5-3: Versuchsliste inklusive verschiedener Parameter.....	42
Tabelle 6-1: Aufbereitungstechnische Bilanztafel des Versuches 37 (einstufige Versuchsreihe Kaintaleck mit Reagenz 10)	45
Tabelle 6-2: Aufbereitungstechnische Bilanztafel des Versuches 56 (zweistufige Versuchsreihe Hohentauern mit Reagenz 10)	46
Tabelle 7-1: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 1 (Raumtemperatur).....	50
Tabelle 7-2: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 2 (150 °C)	50
Tabelle 7-3: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-4 (niedrige relative Luftfeuchte).....	51
Tabelle 7-4: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31 (normale Raumbedingungen)	51

Tabelle 7-5: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-5 (hohe relative Luftfeuchte).....	51
Tabelle 7-6: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-6 (10-stündige Konditionierung)	52
Tabelle 7-7: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31 (Teflon-Aufladeeinheit) 56	
Tabelle 7-8: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-2 (Aluminium-Aufladeeinheit).....	56
Tabelle 7-9: Aufbereitungstechnische Bilanztafel zu Versuch 31-3 (Trommel-Aufladeeinheit).....	56

Anhangverzeichnis

Gesamtübersicht	2
Analysenergebnisse	3
Versuchsreihe - Kaintaleck	3
Versuchsreihe - Hohentauern	14
Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-A	16
Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-B	18
Versuchsreihe – Angerer-A.....	19
Versuchsreihe – Angerer-B.....	19
Aufbereitungstechnische Bilanztafeln	20
Versuchsreihe Kaintaleck	20
Versuchsreihe – Hohentauern	35
Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-A	38
Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-B	40
Versuchsreihe – Angerer-A.....	42
Versuchsreihe – Angerer-B.....	43
Sortierschaubilder nach Steiner	44

Gesamtübersicht

Versuchs-reihe	Vers.-Nr.	Reagenz	Dosierung [g/t]	Auflade-einheit	Vorheiz-T [°C]	Kondionier-art	1. Stufe		2. Stufe	
							Raum-T [°C]	rel. Luftfeuchte [%]	Raum-T [°C]	rel. Luftfeuchte [%]
Kaintaleck	1	keine	-	1	25	-	23,5	39,0	-	-
	2		-	1	150	-	22,5	40,0	-	-
	12	-	2	2	150	-	23,5	42,3	-	-
	13	-	1	2	150	1	23,9	38,0	-	-
	14	1	2	2	150	1	23,2	34,7	-	-
	4		3	1	150	2	23,5	40,0	-	-
	5		1	1	150	1	25,8	40,0	-	-
	15	-	1	1	150	1	22,5	34,6	-	-
	16	2	2	1	150	1	24,2	35,2	-	-
	6		1	1	150	2	24,0	43,5	-	-
	7		3	1	150	1	23,9	44,1	-	-
	17	-	1	1	150	1	24,9	36,4	-	-
	18	3	2	1	150	1	24,9	36,4	-	-
	8		1	1	150	2	25,0	44,1	-	-
	9		3	1	150	1	25,0	39,3	-	-
	9-1	-	2	2	150	1	22,2	37,0	-	-
	19	-	1	1	150	1	24,9	37,9	-	-
	20	4	2	1	150	1	22,3	38,5	-	-
	10		3	1	150	2	22,8	41,0	-	-
	11		1	1	150	1	22,5	42,3	-	-
	21	-	1	2	150	1	24,3	32,7	-	-
	22	5	2	2	150	1	22,4	36,3	-	-
	23		3	2	150	1	22,9	36,6	-	-
	24	6	1	2	150	1	23,5	37,8	-	-
	25		2	2	150	1	24,2	39,3	-	-
	26		3	2	150	1	23,0	39,2	-	-
	27	-	1	2	150	1	24,8	37,5	-	-
	28	7	2	2	150	1	23,6	41,0	-	-
	29		3	2	150	1	23,3	43,9	-	-
	30		1	2	150	1	25,2	42,6	-	-
	31	-	1	2	150	1	25,0	38,7	-	-
	31-1	-	1	2	150	1	22,5	36,0	22,5	23,0
	31-2	8	1	1	150	1	22,7	38,0	-	-
	31-3		1	3	150	1	22,8	41,0	-	-
	31-4		1	2	150	1	23,5	36,0	-	-
	31-5		1	2	150	1	23,1	57,2	-	-
	31-6		1	2	150	1	22,6	43,0	-	-
	32		2	2	150	1	22,9	41,3	-	-
	33-1	9	1	2	150	1	23,3	38,0	-	-
	34		2	2	150	1	22,4	41,0	-	-
	35		3	2	150	1	22,6	41,0	-	-
	36	-	1	2	150	1	22,6	35,0	-	-
	37	10	2	2	150	1	22,7	36,0	-	-
	38		3	2	150	1	23,2	35,0	-	-
	39	-	1	2	150	1	22,8	44,0	-	-
	40	11	2	2	150	1	22,6	44,0	-	-
	41		3	2	150	1	22,7	44,0	-	-
	42	-	1	2	150	1	22,6	43,0	-	-
	43	12	2	2	150	1	22,9	43,0	-	-
	44		3	2	150	1	22,9	43,0	-	-
45	-	1	2	150	1	22,5	42,0	-	-	
46	13	2	2	150	1	22,7	43,0	-	-	
47		3	2	150	1	22,8	43,0	-	-	
48	-	1	2	150	1	22,8	43,0	-	-	
49	14	2	2	150	1	22,6	43,0	-	-	
50		3	2	150	1	22,8	43,0	-	-	
3	Gemisch	-	1	150	2	21,7	48,0	-	-	
Hohen-tauern	51	unkonditioniert	-	1	150	1	23,0	33,1	-	-
	52	4	3	1	150	1	23,2	34,0	23,3	38,0
	53	7	3	1	150	1	23,6	35,4	24,3	36,3
	54	9	2	1	150	1	23,7	36,5	23,7	38,1
	55	8	2	1	150	1	24,0	36,7	24,2	36,6
	56	10	2	1	150	1	24,2	37,6	23,7	37,9
	57	-	2	1	150	1	24,7	35,1	-	-
	58	9	2	1	150	3	25,5	24,5	-	-
	59		2	1	150	3	25,9	34,9	-	-
	60	-	2	1	150	1	25,5	36,1	-	-
61	10	1	1	150	3	25,8	35,7	-	-	
62		2	1	150	3	26,2	37,0	-	-	
Wald am Schoberpass - A	63	unkonditioniert	-	1	150	1	22,7	35,6	-	-
	64	4	3	1	150	1	23,4	36,2	23,2	41,5
	65	7	3	1	150	1	23,8	36,7	23,2	36,6
	66	9	2	1	150	1	25,4	34,7	24,1	39,1
	67	8	2	1	150	1	24,0	38,0	23,8	39,4
68	10	2	1	150	1	23,5	39,5	24,5	38,6	
Wald am Schoberpass - B	69	unkonditioniert	3	1	150	1	24,8	36,7	-	-
	70	4	3	1	150	1	24,8	36,7	24,2	37,6
	71	7	2	1	150	1	24,0	38,4	24,0	39,0
	72	9	2	1	150	1	25,4	36,4	24,2	39,5
	73	8	2	1	150	1	23,7	40,1	23,8	40,5
	74	10	2	1	150	1	25,0	37,7	23,9	41,1
Angerer-A	75	unkonditioniert	-	1	150	1	26,5	32,5	-	-
76	10	2	1	150	1	23,9	37,4	23,8	36,5	
Angerer-B	77	unkonditioniert	-	1	150	1	23,3	35,2	-	-
	78	10	2	1	150	1	24,0	35,1	24,4	36,2

Analysenergebnisse

Versuchsreihe - Kaintaleck

Versuchsnr.: 1	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	KE (6)	KE (7)	KE (8)	
Probenmenge	231,2	121,6	171,2	169,2	190	211,4	185,8	180	g
Glv	45,3	46,0	46,9	47,5	48,6	48,4	47,4	47,2	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	5,1	4,5	3,7	2,8	1,8	1,9	2,9	3,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	%
CaO(RFA)	7,2	6,7	6,4	6,2	5,9	6,0	6,3	7,0	%
MgO(rechn.)	38,5	39,2	40,0	40,3	41,1	40,9	40,2	39,5	%
Summe/10	9,7	9,8	9,8	9,8	9,9	9,8	9,8	9,8	

Vers.-Nr.: 2	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	KE (6)	KE (7)	
Probenmenge	106,8	126,8	186,8	213,2	135,6	161,8	134,6	g
Glv	32,1	44,2	47,1	48,5	48,9	49,2	49,2	%
HCl Unlösliches	36,7	/	/	/	/	/	/	/
SiO ₂ (RFA)	24,5	6,6	3,2	1,9	1,3	1,1	0,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	%
CaO(RFA)	5,8	7,2	6,6	6,2	6,0	6,1	6,4	%
MgO(rechn.)	33,3	38,2	39,8	40,8	41,1	41,1	40,9	%
Summe/10	9,7	9,7	9,8	9,9	9,8	9,9	9,9	

Vers.-Nr.: 3	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	KE (6)	KE (7)	
Probenmenge	162	210,1	167,4	193	196,2	173,6	131,5	g
Glv	32,9	45,3	48,1	48,5	48,9	49,0	48,6	%
HCl Unlösliches	33,4	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	22,3	4,7	2,3	1,9	1,6	1,5	1,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,6	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	%
CaO(RFA)	6,5	7,1	6,2	6,0	6,1	6,3	6,4	%
MgO(rechn.)	35,1	38,4	40,6	40,9	41,1	41,0	40,7	%
Summe/10	9,8	9,7	9,8	9,8	9,9	9,9	9,9	

Vers.-Nr.: 4	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	288,7	305,7	495,8	258,1	345,9	g
Glv	43,0	47,1	48,6	49,1	48,4	%
HCl Unlösliches	13,2	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,8	2,5	1,5	1,4	2,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	%
CaO(RFA)	7,1	6,5	5,8	5,9	6,1	%
MgO(rechn.)	38,1	39,5	41,0	41,3	40,8	%
Summe/10	9,8	9,7	9,8	9,9	9,9	

Vers.-Nr.: 5	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	293	518,1	353,4	298,7	275,2	g
Glv	43,4	46,3	48,1	47,2	44,5	%
HCl Unlösliches	13,4	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,9	3,9	2,3	3,1	5,7	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,0	1,1	1,2	1,8	%
CaO(RFA)	6,6	6,5	6,2	6,5	6,7	%
MgO(rechn.)	38,9	39,4	40,6	39,9	38,4	%
Summe/10	9,9	9,7	9,8	9,8	9,7	

Vers.-Nr.: 6	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	382,2	330,1	560,2	329,9	367,5	g
Glv	43,6	46,9	48,1	48,7	48,1	%
HCl Unlösliches	14,0	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,3	3,2	2,3	1,6	2,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	%
CaO(RFA)	5,9	5,9	6,1	6,4	7,1	%
MgO(rechn.)	39,7	40,2	40,7	40,7	39,9	%
Summe/10	10,0	9,7	9,8	9,9	9,8	

Vers.-Nr.: 7	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	377,1	378,6	522,7	282,4	258,1	g
Glv	41,9	46,9	48,5	48,3	47,0	%
HCl Unlösliches	17,0	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	11,4	3,7	1,9	1,7	2,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,0	1,1	1,0	1,2	1,5	%
CaO(RFA)	5,9	6,0	6,3	7,3	7,7	%
MgO(rechn.)	39,1	40,2	40,7	39,7	38,8	%
Summe/10	9,9	9,8	9,8	9,8	9,8	

Vers.-Nr.: 8	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	370,8	412	585,1	383,5	427,9	g
Glv	36,9	45,3	48,8	49,5	49,3	%
HCl Unlösliches	25,2	8,2	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	16,8	5,5	1,6	0,5	1,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	6,6	6,7	6,2	5,9	6,1	%
MgO(rechn.)	34,3	38,1	40,9	41,4	41,3	%
Summe/10	9,6	9,7	9,9	9,8	9,9	

Vers.-Nr.: 9	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	383,8	457,7	653,3	462,6	406,8	g
Glv	37,5	46,9	49,2	49,4	49,7	%
HCl Unlösliches	25,1	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	16,7	3,4	1,4	1,1	0,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	6,7	6,7	6,1	6,5	6,1	%
MgO(rechn.)	36,8	39,6	41,2	41,0	41,4	%
Summe/10	9,9	9,8	9,9	9,9	9,9	

Vers.-Nr.: 9-1	KE (I)	KE (I)	KE (II)	KE (III)	KE (IV)	KE (V)	
Probenmenge	98,7	295	290,6	335,8	241	292,3	g
Glv	34,4	39,4	47,4	49,1	50,1	50,2	%
HCl Unlösliches	28,0	18,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,7	12,2	1,6	0,3	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,5	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	10,1	10,4	10,0	6,7	5,1	4,4	%
MgO(rechn.)	32,4	33,9	37,0	40,3	42,2	42,8	%
Summe	97,1	97,1	97,0	97,3	98,2	98,3	

Vers.-Nr.: 10	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	411,3	417,2	436,5	442,1	430,1	g
Glv	43,2	46,5	48,4	48,9	49,0	%
HCl Unlösliches	14,1	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,4	3,6	0,9	0,9	0,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,2	1,0	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	5,8	6,2	6,5	6,5	6,4	%
MgO(rechn.)	39,4	39,7	40,0	40,5	40,7	%
Summe/10	9,9	9,7	9,7	9,8	9,8	

Vers.-Nr.: 11	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	464,9	511,6	589,5	475,3	505,5	g
Glv	42,3	46,9	48,4	49,0	49,1	%
HCl Unlösliches	15,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	10,5	3,3	1,5	0,9	0,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	5,9	6,4	6,4	6,3	6,2	%
MgO(rechn.)	39,1	39,8	40,4	40,7	40,9	%
Summe/10	9,9	9,7	9,8	9,8	9,8	

Vers.-Nr.: 12	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	166,1	195,6	381,2	146,9	150,1	g
Glv	37,7	45,4	48,2	49,0	49,0	%
HCl Unlösliches	25,4	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	17,0	4,8	2,0	1,1	1,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	%
CaO(RFA)	6,3	6,9	6,2	6,0	6,4	%
MgO(rechn.)	37,4	38,7	40,6	41,0	40,8	%
Summe/10	9,9	9,7	9,8	9,8	9,8	

Vers.-Nr.: 13	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	312	270,1	326,3	380	342	g
Glv	44,4	47,4	48,4	48,0	46,8	%
HCl Unlösliches	12,0	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,0	3,2	2,1	2,1	2,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	%
CaO(RFA)	5,8	5,9	6,2	7,4	7,9	%
MgO(rechn.)	40,0	40,6	40,7	39,5	38,4	%
Summe	99,2	98,2	98,6	98,2	97,3	

Vers.-Nr.: 14	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	254,2	428	333,6	343,5	227,1	g
Glv	43,6	46,8	48,4	49,1	48,3	%
HCl Unlösliches	13,2	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,8	3,5	1,9	1,2	1,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	%
CaO(RFA)	6,3	6,4	6,1	6,1	6,2	%
MgO(rechn.)	39,2	39,8	40,8	41,1	40,7	%
Summe	99,0	97,6	98,3	98,6	98,2	

Vers.-Nr.: 15	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	296,5	423,4	323,7	411,2	496,2	g
Glv	43,8	46,7	48,5	48,9	48,3	%
HCl Unlösliches	12,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,5	3,7	1,7	0,9	1,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	%
CaO(RFA)	6,0	6,2	6,1	6,5	7,0	%
MgO(rechn.)	39,5	39,9	40,8	40,5	39,9	%
Summe	98,9	97,6	98,2	97,8	97,9	

Vers.-Nr.: 16	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	
Probenmenge	352	399,5	321,3	299	g
Glv	46,0	47,6	48,7	48,1	%
HCl Unlösliches	12,4	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	5,7	2,9	1,3	2,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,2	%
CaO(RFA)	6,0	6,1	5,9	7,0	%
MgO(rechn.)	40,4	40,5	40,9	39,9	%
Summe	99,2	98,2	97,9	98,2	

Vers.-Nr.: 17	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	299,9	258,3	348	487,9	328,5	g
Glv	41,7	46,5	47,8	49,7	49,1	%
HCl Unlösliches	16,7	/	3,6	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	11,1	3,7	2,4	0,6	0,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	6,3	6,4	6,0	6,3	6,7	%
MgO(rechn.)	38,5	39,6	40,5	41,3	40,5	%
Summe	98,8	97,4	97,8	98,9	98,1	

Vers.-Nr.: 18	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	286,9	385,2	496	316,2	243,3	g
Glv	40,2	47,0	49,0	49,8	49,3	%
HCl Unlösliches	18,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	12,2	3,2	1,0	0,6	0,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,2	1,0	1,0	0,9	%
CaO(RFA)	6,4	6,6	5,8	6,0	6,3	%
MgO(rechn.)	37,5	39,7	41,1	41,6	40,9	%
Summe	97,6	97,8	97,9	99,0	98,0	

Vers.-Nr.: 19	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	363,7	344,6	462,3	343,1	243,5	g
Glv	44,1	47,1	48,6	49,2	49,4	%
HCl Unlösliches	12,4	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,3	2,5	1,6	0,7	0,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	6,3	6,3	6,2	5,9	5,6	%
MgO(rechn.)	39,4	39,7	40,8	41,1	41,6	%
Summe	99,3	96,7	98,3	97,9	98,5	

Vers.-Nr.: 20	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	349,7	428,3	544,9	331,4	273,2	g
Glv	44,2	46,6	48,3	49,1	49,5	%
HCl Unlösliches	12,2	6,9	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,1	4,6	2,0	0,8	0,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	6,2	6,2	6,2	6,0	5,7	%
MgO(rechn.)	39,6	40,2	40,7	41,0	41,6	%
Summe	99,3	98,7	98,3	97,9	98,5	

Vers.-Nr.: 21	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	
Probenmenge	275,9	304,7	435,6	461	g
Glv	43,1	45,7	48,1	48,6	%
HCl Unlösliches	13,9	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,2	4,7	1,8	1,7	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	%
CaO(RFA)	6,6	6,7	5,9	6,2	%
MgO(rechn.)	38,7	39,1	40,6	40,8	%
Summe	98,7	97,3	97,4	98,3	

Vers.-Nr.: 22	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	446,5	379,4	592,4	319	296,4	g
Glv	43,1	46,9	48,1	48,6	48,2	%
HCl Unlösliches	13,9	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,3	3,6	1,7	1,4	1,3	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	%
CaO(RFA)	5,9	6,0	6,0	6,7	7,3	%
MgO(rechn.)	39,2	40,1	40,5	40,4	39,4	%
Summe	98,6	97,7	97,4	98,1	97,3	

Vers.-Nr.: 23	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	395,1	255,7	312,2	370,1	299,8	g
Glv	41,8	46,3	48,0	48,8	48,7	%
HCl Unlösliches	16,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	10,9	3,8	2,1	1,3	1,4	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	%
CaO(RFA)	6,7	6,7	6,2	5,9	6,3	%
MgO(rechn.)	38,1	39,3	40,4	41,0	40,7	%
Summe	98,7	97,2	97,8	98,1	98,2	

Vers.-Nr.: 24	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	427,1	525,7	544	368,3	388	g
Glv	44,5	47,2	48,5	49,2	49,3	%
HCl Unlösliches	11,7	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	7,8	3,1	1,8	1,0	0,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	%
CaO(RFA)	6,0	6,1	6,2	6,2	5,9	%
MgO(rechn.)	39,8	40,2	40,7	41,0	41,3	%
Summe	99,2	97,7	98,3	98,4	98,5	

Vers.-Nr.: 25	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	337	340,6	499,8	372,5	496,8	g
Glv	43,2	46,7	48,5	49,3	49,7	%
HCl Unlösliches	12,8	6,6	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,5	4,4	1,7	0,9	0,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	6,0	6,2	6,2	6,2	5,9	%
MgO(rechn.)	39,0	40,2	40,7	41,1	41,5	%
Summe	97,8	98,7	98,2	98,5	98,7	

Vers.-Nr.: 26	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	341,2	410,2	498,7	321,5	431,4	g
Glv	43,6	46,9	48,6	49,4	49,6	%
HCl Unlösliches	13,4	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,0	3,2	1,6	0,8	0,7	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	%
CaO(RFA)	6,1	6,3	6,0	6,1	6,1	%
MgO(rechn.)	39,4	39,9	40,9	41,2	41,3	%
Summe	99,2	97,5	98,2	98,5	98,7	

Vers.-Nr.: 27	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	257,7	362,3	330,9	338	250,4	g
Glv	42,2	46,7	48,1	48,6	48,1	%
HCl Unlösliches	16,2	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	10,8	3,6	2,1	1,6	1,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	%
CaO(RFA)	6,6	6,5	6,1	6,0	6,5	%
MgO(rechn.)	38,6	39,7	40,6	40,9	40,2	%
Summe	99,3	97,6	98,0	98,2	97,7	

Vers.-Nr.: 28	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	272	324,1	317,4	439	301,1	g
Glv	40,6	45,9	48,2	48,4	48,5	%
HCl Unlösliches	19,3	8,5				%
SiO ₂ (RFA)	12,9	5,7	2,3	1,2	1,5	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	%
CaO(RFA)	6,4	6,4	6,2	6,0	6,5	%
MgO(rechn.)	38,2	39,9	40,7	40,5	40,4	%
Summe	99,2	99,0	98,5	97,2	98,0	

Vers.-Nr.: 29	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	210	398,2	282,3	428,2	253,2	g
Glv	39,0	47,8	49,5	50,0	48,9	%
HCl Unlösliches	18,5	3,9	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	12,3	2,6	0,3	0,1	0,4	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,4	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,5	7,0	6,6	7,0	7,4	%
MgO(rechn.)	36,4	39,9	40,8	40,8	39,6	%
Summe	95,6	98,3	98,1	98,8	97,2	

Versuchsnr.: 30	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	280,4	376	308,1	329,8	255,4	g
Glv	43,4	47,2	48,1	48,2	46,9	%
HCl Unlösliches	14,1	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,4	3,4	2,1	1,8	2,7	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	%
CaO(RFA)	6,0	5,9	6,1	6,7	7,2	%
MgO(rechn.)	39,5	40,5	40,6	40,1	39,0	%
Summe	99,4	98,1	98,0	97,9	97,1	

Vers.-Nr.: 31	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	461,5	307	304,1	412,3	286,4	g
Glv	43,8	47,0	48,1	48,0	46,6	%
HCl Unlösliches	13,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,9	3,4	2,2	2,1	3,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	%
CaO(RFA)	6,0	6,0	6,0	6,6	7,3	%
MgO(rechn.)	39,7	40,2	40,7	40,1	38,8	%
Summe	99,4	97,7	98,1	97,9	97,0	

Vers.-Nr.: 31-1	KE (1)	KE (2)	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	261,3	456,6	236,9	357,4	473,1	279,3	160,9	g
Glv	33,6	47,5	47,7	49,6	50,4	50,6	50,4	%
HCl Unlösliches	31,1	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	20,8	2,0	2,1	0,3	0,0	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,5	1,0	1,1	0,9	0,9	0,9	0,8	%
CaO(RFA)	7,7	8,8	8,0	7,3	5,9	5,3	5,2	%
MgO(rechn.)	34,3	38,1	38,8	40,3	42,0	42,5	42,4	%
Summe	97,8	97,4	97,7	98,4	99,1	99,3	98,7	

Vers.-Nr.: 31-2	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	214,8	307,2	331,2	395,3	390,7	g
Glv	40,7	47,6	49,0	49,6	49,7	%
HCl Unlösliches	17,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	11,9	1,9	0,6	0,1	0,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	7,4	7,6	6,9	6,1	6,0	%
MgO(rechn.)	37,1	38,9	40,2	41,1	41,2	%
Summe	98,2	97,0	97,6	97,8	98,0	

Vers.-Nr.: 31-3	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	174,3	396,5	342	332,7	280,4	g
Glv	38,3	46,7	49,9	50,2	49,5	%
HCl Unlösliches	23,1	6,4	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	15,4	4,3	0,2	0,0	0,3	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,2	1,0	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	7,0	7,1	5,8	6,0	7,0	%
MgO(rechn.)	36,7	39,6	41,6	41,6	40,5	%
Summe	98,5	98,7	98,5	98,7	98,2	

Vers.-Nr.: 31-4	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	160,8	291,8	334	211,1	330,5	g
Glv	40,0	48,0	49,1	50,4	50,1	%
HCl Unlösliches	19,7	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	13,1	1,6	0,3	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,8	6,9	5,7	5,4	5,9	%
MgO(rechn.)	37,4	39,7	41,1	42,2	41,6	%
Summe	98,6	97,3	97,2	98,9	98,6	

Vers.-Nr.: 31-5	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	108,3	236,8	328,2	210,9	364,9	g
Glv	36,4	47,7	49,9	50,1	50,3	%
HCl Unlösliches	25,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	17,2	1,6	0,2	0,1	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	7,3	7,2	5,8	5,4	5,8	%
MgO(rechn.)	35,5	39,2	41,6	42,1	41,9	%
Summe	97,8	96,8	98,5	98,5	98,9	

Vers.-Nr.: 31-6	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	411,5	427,8	316,5	265,7	332,6	g
Glv	43,3	48,6	49,8	50,5	50,5	%
HCl Unlösliches	12,0	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,0	1,0	0,2	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	8,1	7,7	5,4	4,7	4,2	%
MgO(rechn.)	37,3	39,4	41,9	42,9	43,2	%
Summe	97,9	97,8	98,3	99,0	98,8	

Vers.-Nr.: 32	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	432,7	312,9	291,8	434,5	281,3	g
Glv	43,7	47,3	48,3	48,2	47,0	%
HCl Unlösliches	13,2	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,8	3,2	2,1	2,0	2,9	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	%
CaO(RFA)	6,1	6,0	6,1	6,5	7,1	%
MgO(rechn.)	39,5	40,4	40,7	40,4	39,2	%
Summe	99,1	98,0	98,3	98,2	97,4	

Vers.-Nr.: 33-1	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	369,6	525,3	304,1	352	283,8	g
Glv	43,3	47,5	49,6	50,0	49,8	%
HCl Unlösliches	12,9	3,2	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,6	2,2	0,4	0,0	0,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	8,2	7,5	6,6	5,8	6,0	%
MgO(rechn.)	37,5	39,1	40,9	41,6	41,3	%
Summe	98,6	97,2	98,4	98,3	98,1	

Vers.-Nr.: 34	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	406,5	333,4	298,4	439,1	232,4	g
Glv	42,7	48,0	49,0	49,8	49,5	%
HCl Unlösliches	12,9	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,6	1,4	0,3	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	8,2	7,9	6,3	5,7	5,8	%
MgO(rechn.)	37,0	38,9	40,5	41,5	41,2	%
Summe	97,6	97,2	97,0	97,9	97,4	

Vers.-Nr.: 35	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	225,5	324	337,1	296,8	252	g
Glv	42,8	48,0	49,5	50,2	49,9	%
HCl Unlösliches	12,3	3,7	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	8,2	2,5	0,3	0,0	0,2	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	8,0	7,7	6,4	5,6	5,7	%
MgO(rechn.)	37,0	39,5	40,9	41,9	41,7	%
Summe	97,0	98,7	98,0	98,6	98,3	

Vers.-Nr.: 36	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	231,1	258,8	255,1	364	277,4	g
Glv	37,9	48,2	49,7	49,9	49,6	%
HCl Unlösliches	23,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	15,5	1,3	0,4	0,0	0,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	5,5	6,4	6,8	7,6	9,0	%
MgO(rechn.)	37,5	40,1	40,8	40,2	39,0	%
Summe	97,6	97,0	98,6	98,6	98,7	

Vers.-Nr.: 37	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	224,9	266,1	365,9	404,1	290,5	g
Glv	41,5	48,7	49,3	49,6	49,1	%
HCl Unlösliches	17,2	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	11,5	1,5	0,5	0,1	0,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	4,4	5,7	7,0	8,8	10,0	%
MgO(rechn.)	39,8	41,2	40,4	39,1	37,8	%
Summe	98,3	98,1	98,0	98,5	97,9	

Vers.-Nr.: 38	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	252,5	301,2	331,1	320,4	288,6	g
Glv	43,1	49,0	49,5	49,0	48,1	%
HCl Unlösliches	13,5	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,0	1,0	0,5	0,3	0,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	3,9	5,0	7,1	9,7	12,7	%
MgO(rechn.)	40,6	41,7	40,4	38,0	35,1	%
Summe	97,5	97,7	98,5	97,9	97,4	

Vers.-Nr.: 39	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	366,7	292,9	296,2	307,2	206,4	g
Glv	42,1	48,0	49,7	50,0	49,8	%
HCl Unlösliches	15,6	3,9	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	10,4	2,6	0,3	0,0	0,1	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	7,6	7,4	5,7	5,7	5,9	%
MgO(rechn.)	37,6	39,8	41,6	41,7	41,4	%
Summe	98,8	98,8	98,2	98,3	98,1	

Vers.-Nr.: 40	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	196,9	272	323,3	471,9	206,5	g
Glv	37,9	48,8	50,0	50,6	50,1	%
HCl Unlösliches	22,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	15,2	1,1	0,2	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,6	6,7	5,5	5,5	5,9	%
MgO(rechn.)	36,6	40,4	41,9	42,4	41,7	%
Summe	97,6	98,0	98,5	99,3	98,6	

Vers.-Nr.: 41	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	185,2	252,6	336,9	252,8	218	g
Glv	37,2	48,6	50,2	50,4	50,3	%
HCl Unlösliches	25,1	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	16,7	1,1	0,1	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,5	6,6	5,7	5,5	6,1	%
MgO(rechn.)	36,7	40,2	41,9	42,2	41,7	%
Summe	98,4	97,5	98,8	99,0	99,0	

Vers.-Nr.: 42	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	156,1	440,1	358,3	271,5	278,5	g
Glv	38,6	48,7	49,7	50,3	50,1	%
HCl Unlösliches	21,7	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	14,5	1,3	0,3	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,5	6,6	5,7	5,6	6,2	%
MgO(rechn.)	37,0	40,4	41,6	42,1	41,5	%
Summe	97,8	98,0	98,2	98,9	98,7	

Vers.-Nr.: 43	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	149,7	385,7	372,5	312,9	308,9	g
Glv	35,4	48,4	49,9	50,1	50,0	%
HCl Unlösliches	28,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,9	1,1	0,1	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,5	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,1	6,4	5,6	5,5	6,4	%
MgO(rechn.)	36,2	40,2	41,7	42,0	41,2	%
Summe	98,1	97,1	98,3	98,5	98,6	

Vers.-Nr.: 44	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	157	424,2	340,6	291,8	353	g
Glv	34,7	48,4	49,7	50,3	50,3	%
HCl Unlösliches	28,6	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	19,1	1,3	0,2	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,6	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,5	7,0	5,5	5,2	5,4	%
MgO(rechn.)	35,4	39,8	41,7	42,4	42,2	%
Summe	97,2	97,5	98,0	98,8	98,8	

Vers.-Nr.: 45	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	177,3	237,9	330,6	421,5	379,6	g
Glv	38,5	48,7	50,0	50,2	50,1	%
HCl Unlösliches	22,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	15,2	1,3	0,2	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,0	6,1	5,8	6,4	7,1	%
MgO(rechn.)	37,5	40,7	41,7	41,4	40,8	%
Summe	98,6	97,9	98,6	98,9	98,9	

Vers.-Nr.: 46	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	205,4	558,2	299,6	339,6	238,7	g
Glv	40,3	49,0	49,9	50,0	50,0	%
HCl Unlösliches	19,6	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	13,1	1,2	0,3	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,4	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	5,0	5,6	6,2	7,3	7,9	%
MgO(rechn.)	38,9	41,4	41,4	40,6	40,1	%
Summe	98,7	98,2	98,8	98,8	98,8	

Vers.-Nr.: 47	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	333,3	329,4	554	323,5	205,3	g
Glv	43,3	49,6	50,1	50,2	50,4	%
HCl Unlösliches	14,2	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,5	0,8	0,2	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,4	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	4,2	5,0	6,4	6,9	6,7	%
MgO(rechn.)	40,7	42,1	41,4	41,0	41,3	%
Summe	99,1	98,5	98,9	99,0	99,3	

Vers.-Nr.: 48	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	153,7	247,6	348,8	372,8	323	g
Glv	35,4	48,5	50,1	50,4	50,3	%
HCl Unlösliches	27,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,5	1,4	0,1	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,5	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	7,1	7,1	5,6	5,5	5,9	%
MgO(rechn.)	35,4	39,9	41,9	42,2	41,8	%
Summe	97,9	97,9	98,6	99,0	98,9	

Vers.-Nr.: 49	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	166,2	200,8	340,8	279,4	248,4	g
Glv	32,6	48,2	50,2	50,2	50,5	%
HCl Unlösliches	32,6	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	21,7	1,4	0,2	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,8	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,8	7,1	5,6	5,1	5,3	%
MgO(rechn.)	34,4	39,7	42,0	42,3	42,4	%
Summe	97,3	97,4	98,9	98,5	99,1	

Vers.-Nr.: 50	KE (1)	KE (2)	KE (3)	KE (4)	KE (5)	
Probenmenge	169,4	373,2	332,6	281,9	346,7	g
Glv	34,9	48,5	49,8	50,7	50,5	%
HCl Unlösliches	28,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,8	1,5	0,4	0,0	0,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,7	1,0	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	6,8	7,6	5,6	5,2	5,1	%
MgO(rechn.)	35,2	39,5	41,8	42,8	42,7	%
Summe	97,4	98,2	98,5	99,6	99,2	

Versuchsreihe - Hohentauern

Vers.-Nr.: 51	HT (1)	HT (2)	HT (3)	HT (4)	HT (5)	
Probenmenge	256,6	350,8	252,8	377,6	264,8	g
Glv	37,1	44,5	47,3	47,8	47,9	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	16,6	6,4	3,9	2,8	3,2	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,7	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,5	5,6	5,2	5,0	5,1	%
MgO(rechn.)	37,2	39,5	41,3	41,4	41,6	%
Summe	98,0	98,0	99,9	99,0	100,0	

Vers.-Nr.: 52	HT (1)	HT (2)	HT (I)	HT (II)	HT (III)	HT (IV)	HT (V)	
Probenmenge	190,8	248,8	120,2	230,2	224,8	412,4	307	g
Glv	44,5	37,3	40,2	45,0	48,0	48,4	48,3	%
HCl Unlösliches	/	24,4	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	7,4	16,2	13,1	5,8	2,9	2,0	2,5	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	2,0	1,7	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,8	5,5	5,6	5,4	5,0	5,0	5,3	%
MgO(rechn.)	39,8	37,2	38,5	39,9	41,7	41,7	41,5	%
Summe	99,5	97,9	99,3	98,1	99,6	99,2	99,7	

Vers.-Nr.: 53	HT (1)	HT (2)	HT (I)	HT (II)	HT (III)	HT (IV)	HT (V)	
Probenmenge	297,6	223,2	213	226,6	215	227,6	213,2	g
Glv	44,2	36,6	45,6	46,8	48,4	47,9	48,0	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	7,6	16,6	4,9	4,6	2,5	2,0	2,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	2,0	1,7	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,7	5,6	5,4	5,5	5,0	4,9	5,2	%
MgO(rechn.)	39,6	36,7	40,0	40,9	41,8	41,2	41,5	%
Summe	99,1	97,2	97,9	99,9	99,8	98,1	99,6	

Vers.-Nr.: 54	HT (1)	HT (2)	HT (I)	HT (II)	HT (III)	HT (IV)	HT (V)	
Probenmenge	213,6	231	247,4	384,8	199,4	279,8	251	g
Glv	36,2	44,0	44,4	46,7	48,2	48,4	48,2	%
HCl Unlösliches	27,7	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,5	6,8	7,5	4,0	2,8	2,2	2,7	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,7	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,5	5,6	5,7	5,3	5,0	4,9	5,2	%
MgO(rechn.)	37,2	39,2	39,8	40,6	41,8	41,7	41,6	%
Summe	99,1	97,6	99,3	98,6	99,9	99,3	99,8	

Vers.-Nr.: 55	HT (1)	HT (2)	HT (I)	HT (II)	HT (III)	HT (IV)	HT (V)	
Probenmenge	268,6	226,4	136,2	225	221,6	378,4	404,8	g
Glv	35,9	44,5	41,0	45,2	47,7	48,5	48,2	%
HCl Unlösliches	27,3	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,2	7,5	11,0	6,4	3,1	2,6	2,5	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,7	2,0	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,4	5,8	5,8	5,8	5,0	4,9	4,9	%
MgO(rechn.)	36,9	39,8	38,2	40,0	41,4	42,0	41,7	%
Summe	98,2	99,6	97,9	99,4	99,3	100,1	99,4	

Vers.-Nr.: 56	HT (1)	HT (2)	HT (I)	HT (II)	HT (III)	HT (IV)	HT (V)	
Probenmenge	243,4	398,4	218,2	286,6	217,8	323	289,6	g
Glv	35,9	44,1	41,5	45,1	48,1	48,4	48,3	%
HCl Unlösliches	28,7	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	19,1	7,0	11,6	5,6	2,9	2,1	2,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,5	5,7	5,6	5,5	5,0	5,0	5,2	%
MgO(rechn.)	37,2	39,3	39,0	39,8	41,7	41,7	41,6	%
Summe	99,3	98,0	99,6	98,1	99,8	99,3	99,7	

Vers.-Nr.: 57	HT (1)	HT (2)	HT (3)	HT (4)	HT (5)	
Probenmenge	240	283	244,6	219,6	294	g
Glv	37,1	44,3	47,4	48,0	47,9	%
HCl Unlösliches	26,3	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	17,5	7,8	3,7	3,1	3,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,7	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,3	5,5	5,2	5,3	5,5	%
MgO(rechn.)	37,8	40,0	41,3	41,5	41,2	%
Summe	99,4	99,6	99,7	100,0	99,7	

Vers.-Nr.: 58	HT (1)	HT (2)	HT (3)	HT (4)	HT (5)	
Probenmenge	222	236,2	322,6	256,4	247	g
Glv	42,0	45,5	47,1	47,1	46,7	%
HCl Unlösliches	16,6	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	11,1	5,9	4,2	4,2	4,5	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,5	5,5	5,2	5,3	5,4	%
MgO(rechn.)	39,3	40,3	41,3	41,2	40,8	%
Summe	99,8	99,2	99,9	99,9	99,5	

Vers.-Nr.: 59	HT (1)	HT (2)	HT (3)	HT (4)	HT (5)	
Probenmenge	183,8	359,8	465,8	213,2	177	g
Glv	42,6	45,8	47,2	47,0	46,5	%
HCl Unlösliches	15,4	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	10,2	5,9	4,1	4,2	4,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,6	5,5	5,2	5,3	5,5	%
MgO(rechn.)	39,4	40,6	41,3	41,1	40,7	%
Summe	99,7	99,8	99,9	99,7	99,6	

Vers.-Nr.: 60	HT (1)	HT (2)	HT (3)	HT (4)	HT (5)	
Probenmenge	179,4	357,4	260,2	227,4	227,8	g
Glv	40,4	45,3	47,4	47,2	46,4	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	12,8	6,6	3,8	4,1	4,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,6	5,6	5,1	5,2	5,3	%
MgO(rechn.)	38,5	40,3	41,4	41,3	40,8	%
Summe	99,3	99,8	99,7	99,9	99,5	

Vers.-Nr.: 61	HT (1)	HT (2)	HT (3)	HT (4)	HT (5)	
Probenmenge	359,6	292,4	278,8	335,8	263,8	g
Glv	42,7	46,1	47,3	46,7	45,4	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,4	5,6	3,8	4,5	5,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	%
CaO(RFA)	5,5	5,5	5,1	5,1	5,2	%
MgO(rechn.)	39,3	40,6	41,3	41,1	40,3	%
Summe	98,8	99,8	99,6	99,5	98,5	

Vers.-Nr.: 62	HT (1)	HT (2)	HT (3)	HT (4)	HT (5)	
Probenmenge	287,2	235,8	341,6	221,8	261,8	g
Glv	42,8	46,0	47,1	46,5	45,2	%
HCl Unlösliches	14,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	9,9	5,2	3,7	4,5	6,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0	%
CaO(RFA)	5,6	5,4	5,1	5,2	5,2	%
MgO(rechn.)	39,5	40,5	41,1	40,8	40,3	%
Summe	99,7	99,1	99,1	99,0	98,7	

Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-A

Vers.-Nr.: 63	WA-A (1)	WA-A (2)	WA-A (3)	WA-A (4)	WA-A (5)	
Probenmenge	319,8	320,8	279,8	264,2	227,2	g
Glv	38,0	45,6	49,8	50,4	50,7	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	17,5	6,3	1,8	0,7	0,7	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,1	3,9	2,9	2,6	2,6	%
MgO(rechn.)	39,4	41,7	44,3	44,6	44,9	%
Summe	100,2	98,7	100,2	99,7	100,2	

Vers.-Nr.: 64	WA-A (1)	WA-A (2)	WA-A (I)	WA-A (II)	WA-A (III)	WA-A (IV)	WA-A (V)	
Probenmenge	322,2	214,2	114	257	274,4	313,2	168,6	g
Glv	37,1	46,4	46,3	49,4	50,3	50,5	49,5	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,3	6,5	5,7	2,4	0,7	0,5	1,5	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,1	3,9	3,1	2,9	2,6	2,8	2,9	%
MgO(rechn.)	38,9	42,5	42,6	44,2	44,5	44,5	43,9	%
Summe	99,5	100,6	99,0	100,2	99,5	99,7	99,2	

Vers.-Nr.: 65	WA-A (1)	WA-A (2)	WA-A (I)	WA-A (II)	WA-A (III)	WA-A (IV)	WA-A (V)	
Probenmenge	326,8	211,8	133,4	226	225,4	210,4	186,8	g
Glv	35,3	46,2	45,5	48,3	50,2	50,4	50,6	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	20,0	6,4	7,8	3,1	1,1	0,5	0,5	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,0	3,8	3,8	3,6	2,8	2,5	2,5	%
MgO(rechn.)	38,1	42,3	42,4	43,0	44,4	44,6	44,7	%
Summe	98,5	100,0	100,8	99,4	99,9	99,4	99,7	

Vers.-Nr.: 66	WA-A (1)	WA-A (2)	WA-A (I)	WA-A (II)	WA-A (III)	WA-A (IV)	WA-A (V)	
Probenmenge	316,8	209	140,8	317,4	278	291,2	333,8	g
Glv	36,7	46,5	42,2	48,5	50,5	51,0	50,7	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,3	5,9	12,1	3,9	0,6	0,2	0,3	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,1	3,8	3,9	3,7	2,6	2,4	2,5	%
MgO(rechn.)	38,5	42,4	41,1	43,4	44,6	45,1	44,8	%
Summe	98,7	99,9	100,5	100,9	99,7	100,1	99,7	

Vers.-Nr.: 67	WA-A (1)	WA-A (2)	WA-A (I)	WA-A (II)	WA-A (III)	WA-A (IV)	WA-A (V)	
Probenmenge	292	186,8	148,8	284,2	257,6	189,4	355,8	g
Glv	38,0	46,2	39,9	48,6	50,1	50,9	50,8	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	18,6	6,4	13,8	3,3	0,5	0,3	0,2	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,3	1,2	1,4	2,2	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,2	3,9	4,2	3,7	4,5	2,4	2,4	%
MgO(rechn.)	39,8	42,3	39,5	43,3	42,9	45,0	44,9	%
Summe	101,8	100,1	98,6	100,3	100,2	100,0	99,7	

Vers.-Nr.: 68	WA-A (1)	WA-A (2)	WA-A (I)	WA-A (II)	WA-A (III)	WA-A (IV)	WA-A (V)	
Probenmenge	305,4	207,6	103,2	216,8	250,8	202,6	210,2	g
Glv	35,8	46,0	39,9	47,8	50,8	50,7	50,6	%
HCl Unlösliches	/	/	/	5,9	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	20,4	6,6	15,8	4,0	1,1	0,4	0,2	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,1	3,9	4,3	2,4	2,6	2,5	2,8	%
MgO(rechn.)	38,7	42,2	40,3	43,8	45,1	44,8	44,4	%
Summe	100,1	100,0	101,5	99,3	101,0	99,8	99,4	

Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-B

Vers.-Nr.: 69	WA-B (1)	WA-B (2)	WA-B (3)	WA-B (4)	WA-B (5)	
Probenmenge	172,4	358,2	143,2	159,8	96	g
Glv	34,9	44,0	49,1	49,6	49,4	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	21,5	8,1	2,6	1,4	2,0	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	%
CaO(RFA)	4,3	4,5	3,9	3,5	3,8	%
MgO(rechn.)	38,2	40,6	43,3	43,5	43,4	%
Summe	100,0	98,5	100,2	99,3	100,0	

Vers.-Nr.: 70	WA-B (I)	WA-B (II)	WA-B (III)	WA-B (IV)	WA-B (V)	
Probenmenge	113	234	248,2	318,4	209,8	g
Glv	45,3	47,0	49,5	49,6	48,8	%
HCl Unlösliches	11,0	/	/	2,7	/	%
SiO ₂ (RFA)	7,3	3,7	1,9	1,8	2,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	%
CaO(RFA)	4,3	4,2	3,8	3,7	4,0	%
MgO(rechn.)	41,5	41,6	43,4	43,5	43,0	%
Summe	99,6	97,8	99,9	99,9	100,0	

Vers.-Nr.: 71	WA-B (1)	WA-B (2)	WA-B (I)	WA-B (II)	WA-B (III)	WA-B (IV)	WA-B (V)	
Probenmenge	166,4	184,2	86,8	240,2	255,4	363,4	342,6	g
Glv	35,6	43,9	37,3	44,3	49,1	50,4	50,3	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	20,0	9,8	17,6	9,4	1,9	0,7	0,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,3	4,8	5,9	6,0	3,9	3,2	3,1	%
MgO(rechn.)	38,1	41,0	37,5	40,3	43,0	44,1	44,1	%
Summe	99,1	100,8	99,5	101,3	99,3	99,8	99,5	

Vers.-Nr.: 72	WA-B (1)	WA-B (2)	WA-B (I)	WA-B (II)	WA-B (III)	WA-B (IV)	WA-B (V)	
Probenmenge	249,8	199,8	224,2	197	265,8	166,2	179,4	g
Glv	35,9	44,5	37,2	46,5	49,6	50,5	50,5	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	19,8	9,2	18,0	6,0	1,5	0,5	0,4	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,2	4,7	5,9	5,5	3,6	3,2	3,2	%
MgO(rechn.)	38,4	41,4	37,6	41,2	43,5	44,2	44,1	%
Summe	99,3	101,1	99,8	100,5	99,4	99,8	99,6	

Vers.-Nr.: 73	WA-B (1)	WA-B (2)	WA-B (I)	WA-B (II)	WA-B (III)	WA-B (IV)	WA-B (V)	
Probenmenge	158,4	218,6	139,8	223,8	162	221,4	305,6	g
Glv	35,3	44,2	35,6	46,5	49,7	50,3	50,3	%
HCl Unlösliches	/	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	20,0	9,0	21,3	5,1	1,4	0,6	0,6	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,2	1,1	1,3	1,4	1,3	1,3	%
CaO(RFA)	4,3	4,6	5,2	5,0	3,7	3,3	3,4	%
MgO(rechn.)	37,9	41,1	38,1	41,2	43,5	44,0	43,9	%
Summe	98,6	100,1	101,2	99,1	99,7	99,4	99,5	

Vers.-Nr.: 74	WA-B (1)	WA-B (2)	WA-B (I)	WA-B (II)	WA-B (III)	WA-B (IV)	WA-B (V)	
Probenmenge	175,4	206	113,2	280	301,8	314,2	262	g
Glv	35,3	44,4	37,9	45,4	49,1	49,8	50,2	%
HCl Unlösliches	/	12,4	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	20,4	8,3	16,8	8,3	2,0	0,6	0,7	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,3	4,8	5,0	5,3	3,8	3,3	3,7	%
MgO(rechn.)	38,1	40,8	38,4	41,3	43,1	43,5	43,6	%
Summe	99,2	99,5	99,3	101,7	99,2	98,5	99,5	

Versuchsreihe – Angerer-A

Vers.-Nr.: 75	ANG-A (1)	ANG-A (2)	ANG-A (3)	ANG-A (4)	ANG-A (5)	
Probenmenge	172	306,2	274,6	240,4	359,8	g
Glv	37,3	46,7	49,5	50,0	50,3	%
HCl Unlösliches	24,8	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	16,5	4,1	1,4	0,8	0,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,0	1,2	1,0	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	3,6	3,6	3,2	2,9	3,0	%
MgO(rechn.)	38,7	42,0	43,7	44,1	44,2	%
Summe	97,1	97,5	98,8	98,7	99,2	

Vers.-Nr.: 76	ANG-A (1)	ANG-A (2)	ANG-A (I)	ANG-A (II)	ANG-A (III)	ANG-A (IV)	ANG-A (V)	
Probenmenge	202,4	184,6	106,2	313,9	296,6	179	321	g
Glv	36,8	46,4	44,3	47,8	50,2	50,6	50,8	%
HCl Unlösliches	26,5	/	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	17,7	4,7	7,0	2,6	0,8	0,3	0,2	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,1	1,3	1,5	1,3	0,9	0,9	0,9	%
CaO(RFA)	3,8	4,0	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	%
MgO(rechn.)	38,6	41,7	41,5	42,7	44,1	44,3	44,4	%
Summe	98,0	98,1	97,3	97,6	99,2	99,1	99,3	

Versuchsreihe – Angerer-B

Vers.-Nr.: 77	ANG-B (1)	ANG-B (2)	ANG-B (3)	ANG-B (4)	ANG-B (5)	
Probenmenge	201	244,8	272,2	274,6	273,6	g
Glv	28,4	36,3	46,0	43,5	45,9	%
HCl Unlösliches	44,4	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	29,6	18,6	6,1	8,6	5,8	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	%
CaO(RFA)	4,1	4,7	5,2	5,1	5,5	%
MgO(rechn.)	35,8	37,9	41,1	39,9	40,6	%
Summe	99,2	98,9	99,7	98,5	99,1	

Vers.-Nr.: 78	ANG-B (1)	ANG-B (2)	ANG-B (I)	ANG-B (II)	ANG-B (III)	ANG-B (IV)	ANG-B (V)	
Probenmenge	282	198	304,2	227,6	211,2	327	191	g
Glv	29,2	38,0	32,5	37,9	46,1	47,9	47,5	%
HCl Unlösliches	40,8	24,3	/	/	/	/	/	%
SiO ₂ (RFA)	27,2	16,2	22,8	15,2	5,6	3,2	3,2	%
Fe ₂ O ₃ (RFA)	1,3	1,4	1,8	1,7	1,4	1,2	1,3	%
CaO(RFA)	4,2	5,0	4,6	5,1	5,3	5,1	5,6	%
MgO(rechn.)	35,5	38,2	36,3	37,6	40,9	41,6	40,9	%
Summe	97,4	98,9	98,0	97,6	99,3	99,0	98,4	

Aufbereitungstechnische Bilanztafeln

Versuchsreihe Kaintaleck

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	1	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]
1 A-G	16,89	4,54	29,01	29,01	1,15	17,32	17,32	6,85	18,41	18,41	39,11	16,37	16,37
2 AB	12,13	2,80	12,85	41,87	1,10	11,91	29,23	6,20	11,97	30,38	40,30	12,11	28,48
3 AB	31,11	1,80	21,20	63,06	1,10	30,54	59,77	5,90	29,21	59,59	41,10	31,68	60,15
4 AB	19,27	1,90	13,86	76,92	1,10	18,92	78,69	6,00	18,41	78,00	40,90	19,53	79,69
5 A-D	20,60	2,96	23,08	100,00	1,16	21,31	100,00	6,71	22,00	100,00	39,79	20,31	100,00
Σ	100,00	2,64	100,00		1,12	100,00		6,28	100,00		40,36	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	2	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]
1 A-G	3,16	24,50	26,61	26,61	1,00	2,86	2,86	5,80	2,91	2,91	33,30	2,61	2,61
2 AB	6,99	6,60	15,87	42,48	1,20	7,60	10,46	7,20	8,01	10,92	38,20	6,63	9,23
3 AB	51,94	2,35	42,03	84,51	1,10	51,76	62,22	6,34	52,39	63,32	40,45	52,13	61,37
4 A	21,52	1,30	9,62	94,13	1,10	21,45	83,67	6,00	20,55	83,87	41,10	21,95	83,31
5 A-E	16,39	1,04	5,87	100,00	1,10	16,33	100,00	6,19	16,13	100,00	41,04	16,69	100,00
Σ	100,00	2,91	100,00		1,10	100,00		6,28	100,00		40,30	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	3	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]
1 A-G	3,52	22,30	27,06	27,06	1,60	5,06	5,06	6,50	3,68	3,68	35,10	3,06	3,06
2 AB	9,30	4,70	15,07	42,13	1,30	10,87	15,93	7,10	10,62	14,30	38,40	8,84	11,90
3 A	24,32	2,30	19,27	61,40	1,10	24,03	39,96	6,20	24,23	38,53	40,60	24,42	36,32
4 A	34,51	1,90	22,59	83,99	1,10	34,10	74,06	6,00	33,28	71,81	40,90	34,92	71,24
5 A	18,35	1,60	10,11	94,10	1,00	16,48	90,54	6,10	17,99	89,79	41,10	18,65	89,90
6 A	4,70	1,50	2,43	96,53	1,00	4,22	94,77	6,30	4,76	94,55	41,00	4,77	94,67
7 A-D	5,30	1,90	3,47	100,00	1,10	5,23	100,00	6,40	5,45	100,00	40,70	5,33	100,00
Σ	100,00	2,90	100,00		1,11	100,00		6,22	100,00		40,42	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
4													
1 A-F	12,37	8,80	42,88	42,88	1,10	12,37	12,37	7,10	14,50	14,50	38,10	11,63	11,63
2 AB	9,22	2,50	9,08	51,96	1,10	9,22	21,59	6,50	9,90	24,40	39,50	8,99	20,62
3 A-D	65,07	1,50	38,45	90,41	1,10	65,07	86,65	5,80	62,33	86,73	41,00	65,87	86,49
4 A	5,27	1,40	2,91	93,32	1,10	5,27	91,92	5,90	5,13	91,86	41,30	5,37	91,86
5 A-D	8,08	2,10	6,68	100,00	1,10	8,08	100,00	6,10	8,14	100,00	40,80	8,14	100,00
Σ	100,00	2,54	100,00		1,10	100,00		6,05	100,00		40,50	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
5													
1 A-F	9,34	8,90	25,92	25,92	1,10	9,09	9,09	6,60	9,80	9,80	38,90	9,03	9,03
2 AB	6,08	3,90	7,40	33,32	1,00	5,38	14,47	6,50	6,28	16,08	39,40	5,96	14,99
3 A-D	75,47	2,30	54,11	87,43	1,10	73,40	87,87	6,20	74,36	90,44	40,60	76,15	91,14
4 A	4,47	3,10	4,32	91,75	1,20	4,74	92,61	6,50	4,61	95,06	39,90	4,43	95,57
5 A-D	4,64	5,70	8,25	100,00	1,80	7,39	100,00	6,70	4,94	100,00	38,40	4,43	100,00
Σ	100,00	3,21	100,00		1,13	100,00		6,29	100,00		40,23	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
6													
1 A-G	13,23	9,30	38,22	38,22	1,10	13,09	13,09	5,90	12,59	12,59	39,70	13,00	13,00
2 AB	10,91	3,20	10,85	49,06	1,10	10,80	23,89	5,90	10,39	22,98	40,20	10,85	23,85
3 A-C	54,20	2,30	38,72	87,79	1,10	53,63	77,52	6,10	53,34	76,32	40,70	54,58	78,43
4 A	9,95	1,60	4,95	92,73	1,10	9,85	87,37	6,40	10,28	86,60	40,70	10,02	88,45
5 A-D	11,70	2,00	7,27	100,00	1,20	12,63	100,00	7,10	13,40	100,00	39,90	11,55	100,00
Σ	100,00	3,22	100,00		1,11	100,00		6,20	100,00		40,42	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
7													
1 A-G	11,47	11,40	40,31	40,31	1,00	11,04	11,04	5,90	10,73	10,73	39,10	11,12	11,12
2 AB	12,55	3,70	14,31	54,63	1,10	13,29	24,33	6,00	11,94	22,67	40,20	12,51	23,63
3 A-C	68,21	1,90	39,94	94,57	1,00	65,64	89,97	6,30	68,11	90,78	40,70	68,81	92,44
4 A	4,09	1,70	2,14	96,72	1,20	4,72	94,70	7,30	4,73	95,52	39,70	4,03	96,47
5 A-D	3,67	2,90	3,28	100,00	1,50	5,30	100,00	7,70	4,48	100,00	38,80	3,53	100,00
Σ	100,00	3,24	100,00		1,04	100,00		6,31	100,00		40,34	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
8													
1 A-G	10,19	16,80	48,39	48,39	1,50	13,42	13,42	6,60	10,72	10,72	34,30	8,76	8,76
2 AB	12,71	5,50	19,76	68,15	1,20	13,39	26,81	6,70	13,57	24,28	38,10	12,13	20,89
3 A-C	63,19	1,60	28,57	96,71	1,10	61,00	87,80	6,20	62,40	86,69	40,90	64,72	85,61
4 A	6,10	0,50	0,86	97,57	1,00	5,35	93,15	5,90	5,73	92,42	41,40	6,32	91,93
5 A-D	7,80	1,10	2,43	100,00	1,00	6,85	100,00	6,10	7,58	100,00	41,30	8,07	100,00
Σ	100,00	3,54	100,00		1,14	100,00		6,28	100,00		39,93	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
9													
1 A-G	10,69	16,70	54,82	54,82	1,50	14,79	14,79	6,70	10,26	10,26	34,60	9,20	9,20
2 AB	15,56	3,40	16,25	71,07	1,20	17,22	32,01	7,70	17,16	27,42	39,60	15,32	24,52
3 AB	49,92	1,40	21,46	92,53	1,00	46,02	78,03	7,10	50,75	78,18	41,20	51,13	75,65
4 AB	17,56	1,10	5,93	98,46	1,00	16,19	94,22	6,50	16,35	94,53	41,00	17,90	93,55
5 A-D	6,26	0,80	1,54	100,00	1,00	5,78	100,00	6,10	5,47	100,00	41,40	6,45	100,00
Σ	100,00	3,26	100,00		1,08	100,00		6,98	100,00		40,22	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
9-1													
I A-G	1,24	12,20	26,93	26,93	1,30	1,75	1,75	10,40	1,90	1,90	33,90	1,05	1,05
II AB	13,97	1,60	39,78	66,70	1,00	15,20	16,96	10,00	20,52	22,42	37,00	12,85	13,90
III AB	62,36	0,30	33,30	100,00	0,90	61,08	78,03	6,70	61,39	83,81	40,30	62,48	76,38
IV A	16,45	0,00	0,00	100,00	0,90	16,11	94,14	5,10	12,33	96,13	42,20	17,26	93,64
V A-E	5,98	0,00	0,00	100,00	0,90	5,86	100,00	4,40	3,87	100,00	42,80	6,36	100,00
Σ	100,00	0,56	100,00		0,92	100,00		6,81	100,00		40,22	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
10													
1 A-G	17,37	9,40	59,59	59,59	1,10	18,30	18,30	5,80	15,91	15,91	39,40	17,14	17,14
2 AB	13,47	3,60	17,69	77,29	1,20	15,48	33,78	6,20	13,19	29,10	39,70	13,39	30,53
3 A-C	55,19	0,90	18,13	95,41	1,00	52,85	86,62	6,50	56,66	85,76	40,00	55,28	85,80
4 A	7,75	0,90	2,55	97,96	1,00	7,42	94,05	6,50	7,96	93,72	40,50	7,86	93,66
5 A-D	6,22	0,90	2,04	100,00	1,00	5,95	100,00	6,40	6,28	100,00	40,70	6,34	100,00
Σ	100,00	2,74	100,00		1,04	100,00		6,33	100,00		39,94	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
11													
1 A-G	14,98	10,50	52,50	52,50	1,20	16,16	16,16	5,90	14,03	14,03	39,10	14,57	14,57
2 AB	13,76	3,30	15,15	67,65	1,20	14,85	31,01	6,40	13,98	28,01	39,80	13,62	28,20
3 A-C	54,65	1,50	27,36	95,01	1,10	54,05	85,06	6,40	55,52	83,53	40,40	54,93	83,13
4 A	7,18	0,90	2,16	97,17	1,00	6,45	91,51	6,30	7,18	90,71	40,70	7,27	90,40
5 A-D	9,44	0,90	2,83	100,00	1,00	8,49	100,00	6,20	9,29	100,00	40,90	9,60	100,00
Σ	100,00	3,00	100,00		1,11	100,00		6,30	100,00		40,19	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
12													
1 A-G	3,85	17,00	24,26	24,26	1,00	3,51	3,51	6,30	3,87	3,87	37,40	3,57	3,57
2 AB	8,80	4,80	15,65	39,91	1,10	8,83	12,34	6,90	9,69	13,56	38,70	8,44	12,01
3 A-C	73,40	2,00	54,40	94,32	1,10	73,66	86,01	6,20	72,64	86,20	40,60	73,86	85,87
4 A	6,94	1,10	2,83	97,15	1,10	6,97	92,97	6,00	6,65	92,85	41,00	7,05	92,92
5 A-D	7,00	1,10	2,85	100,00	1,10	7,03	100,00	6,40	7,15	100,00	40,80	7,08	100,00
Σ	100,00	2,70	100,00		1,10	100,00		6,27	100,00		40,35	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
13													
1 A-G	14,55	8,00	37,17	37,17	1,10	14,33	14,33	5,80	13,56	13,56	40,00	14,39	14,39
2 AB	13,12	3,20	13,41	50,59	1,10	12,93	27,26	5,90	12,44	26,00	40,60	13,17	27,56
3 AB	63,91	2,10	42,87	93,46	1,10	62,97	90,23	6,20	63,67	89,66	40,70	64,32	91,88
4 A	4,43	2,10	2,97	96,43	1,20	4,77	95,00	7,40	5,27	94,93	39,50	4,33	96,21
5 A-E	3,99	2,80	3,57	100,00	1,40	5,00	100,00	7,90	5,07	100,00	38,40	3,79	100,00
Σ	100,00	3,13	100,00		1,12	100,00		6,22	100,00		40,44	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
14													
1 A-G	11,93	8,80	37,16	37,16	1,10	11,88	11,88	6,30	12,21	12,21	39,20	11,54	11,54
2 AB	9,80	3,50	12,14	49,31	1,10	9,76	21,63	6,40	10,19	22,39	39,80	9,63	21,17
3 AB	65,34	1,90	43,94	93,25	1,10	65,04	86,68	6,10	64,72	87,12	40,80	65,78	86,95
4 A	7,81	1,20	3,32	96,56	1,10	7,77	94,45	6,10	7,73	94,85	41,10	7,92	94,86
5 A-E	5,11	1,90	3,44	100,00	1,20	5,55	100,00	6,20	5,15	100,00	40,70	5,14	100,00
Σ	100,00	2,83	100,00		1,11	100,00		6,16	100,00		40,53	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
15													
1 A-G	13,06	8,50	41,12	41,12	1,10	13,18	13,18	6,00	12,67	12,67	39,50	12,75	12,75
2 AB	9,66	3,70	13,23	54,35	1,10	9,74	22,92	6,20	9,68	22,35	39,90	9,52	22,27
3 AB	62,15	1,70	39,12	93,47	1,10	62,69	85,60	6,10	61,29	83,64	40,80	62,67	84,94
4 A	9,40	0,90	3,13	96,60	1,00	8,62	94,22	6,50	9,88	93,52	40,50	9,41	94,35
5 A-E	5,73	1,60	3,40	100,00	1,10	5,78	100,00	7,00	6,48	100,00	39,90	5,65	100,00
Σ	100,00	2,70	100,00		1,09	100,00		6,19	100,00		40,46	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
16													
1 A-G	15,25	5,70	37,95	37,95	1,10	15,16	15,16	6,00	15,20	15,20	40,40	15,14	15,14
2 A	17,20	2,90	21,79	59,74	1,10	17,11	32,27	6,10	17,44	32,64	40,50	17,12	32,26
2 A-D	61,29	1,30	34,80	94,54	1,10	60,95	93,22	5,90	60,09	92,73	40,90	61,61	93,87
4 A-E	6,25	2,00	5,46	100,00	1,20	6,78	100,00	7,00	7,27	100,00	39,90	6,13	100,00
Σ	100,00	2,29	100,00		1,11	100,00		6,02	100,00		40,69	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
17													
1 A-G	13,77	11,10	45,47	45,47	1,20	15,00	15,00	6,30	14,11	14,11	38,50	13,17	13,17
2 AB	5,92	3,70	6,52	51,99	1,20	6,45	21,46	6,40	6,17	20,28	39,60	5,83	19,00
3 AB	62,08	2,40	44,32	96,31	1,10	62,00	83,46	6,00	60,58	80,85	40,50	62,45	81,45
4 A	10,92	0,60	1,95	98,26	1,00	9,91	93,37	6,30	11,19	92,04	41,30	11,20	92,65
5 A-E	7,31	0,80	1,74	100,00	1,00	6,63	100,00	6,70	7,96	100,00	40,50	7,35	100,00
Σ	100,00	3,36	100,00		1,10	100,00		6,15	100,00		40,26	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
18													
1 A-G	12,41	12,20	56,81	56,81	1,30	15,21	15,21	6,40	13,03	13,03	37,50	11,50	11,50
2 AB	17,05	3,20	20,47	77,28	1,20	19,29	34,50	6,60	18,46	31,50	39,70	16,72	28,23
3 AB	45,54	1,00	17,09	94,37	1,00	42,95	77,45	5,80	43,35	74,85	41,10	46,26	74,49
4 A	14,15	0,60	3,19	97,56	1,00	13,34	90,79	6,00	13,93	88,78	41,60	14,55	89,03
5 A-E	10,85	0,60	2,44	100,00	0,90	9,21	100,00	6,30	11,22	100,00	40,90	10,97	100,00
Σ	100,00	2,66	100,00		1,06	100,00		6,09	100,00		40,46	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
19													
1 A-G	15,53	8,30	50,13	50,13	1,20	17,08	17,08	6,30	15,97	15,97	39,40	15,09	15,09
2 AB	14,92	2,50	14,51	64,64	1,10	15,05	32,13	6,30	15,34	31,31	39,70	14,61	29,69
3 AB	44,61	1,60	27,77	92,41	1,10	45,00	77,13	6,20	45,16	76,47	40,80	44,89	74,59
4 A	14,68	0,70	4,00	96,40	1,00	13,46	90,58	5,90	14,14	90,61	41,10	14,88	89,46
5 A-E	10,27	0,90	3,60	100,00	1,00	9,42	100,00	5,60	9,39	100,00	41,60	10,54	100,00
Σ	100,00	2,57	100,00		1,09	100,00		6,12	100,00		40,54	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
20													
1 A-G	15,35	8,10	45,23	45,23	1,10	15,73	15,73	6,20	15,57	15,57	39,60	14,95	14,95
2 AB	4,87	4,60	8,16	53,39	1,10	4,99	20,72	6,20	4,94	20,52	40,20	4,82	19,77
3 AB	53,63	2,00	39,01	92,39	1,10	54,93	75,65	6,20	54,39	74,91	40,70	53,68	73,46
4 A	14,38	0,80	4,18	96,58	1,00	13,39	89,04	6,00	14,11	89,03	41,00	14,50	87,96
5 A-E	11,77	0,80	3,42	100,00	1,00	10,96	100,00	5,70	10,97	100,00	41,60	12,04	100,00
Σ	100,00	2,75	100,00		1,07	100,00		6,11	100,00		40,66	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
21													
1 A-G	6,56	9,20	25,32	25,32	1,10	6,56	6,56	6,60	7,23	7,23	38,70	6,28	6,28
2 A	3,59	4,70	7,07	32,39	1,10	3,59	10,15	6,70	4,01	11,24	39,10	3,47	9,75
2 A-D	84,44	1,80	63,75	96,14	1,10	84,44	94,58	5,90	83,16	94,39	40,60	84,79	94,53
4 A-E	5,42	1,70	3,86	100,00	1,10	5,42	100,00	6,20	5,61	100,00	40,80	5,47	100,00
Σ	100,00	2,38	100,00		1,10	100,00		5,99	100,00		40,43	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
22													
1 A-G	9,20	9,30	36,66	36,66	1,10	9,32	9,32	5,90	8,85	8,85	39,20	8,96	8,96
2 AB	17,21	3,60	26,54	63,20	1,10	17,43	26,75	6,00	16,83	25,68	40,10	17,14	26,10
3 AB	56,05	1,10	26,42	89,62	1,10	56,78	83,53	6,00	54,83	80,51	40,50	56,38	82,48
4 A	14,18	1,40	8,51	98,13	1,00	13,06	96,59	6,70	15,49	96,00	40,40	14,23	96,71
5 A-E	3,36	1,30	1,87	100,00	1,10	3,41	100,00	7,30	4,00	100,00	39,40	3,29	100,00
Σ	100,00	2,33	100,00		1,09	100,00		6,13	100,00		40,26	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
23													
1 A-H	8,88	10,90	33,32	33,32	1,20	9,61	9,61	6,70	9,51	9,51	38,10	8,42	8,42
2 A	11,64	3,80	15,22	48,54	1,10	11,55	21,16	6,70	12,45	21,96	39,30	11,38	19,81
3 AB	56,95	2,10	41,15	89,69	1,10	56,49	77,65	6,20	56,39	78,35	40,40	57,25	77,06
4 A	16,00	1,30	7,16	96,85	1,10	15,88	93,52	5,90	15,08	93,43	41,00	16,33	93,39
5 A-E	6,53	1,40	3,15	100,00	1,10	6,48	100,00	6,30	6,57	100,00	40,70	6,61	100,00
Σ	100,00	2,91	100,00		1,11	100,00		6,26	100,00		40,18	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
24													
1 A-G	16,67	7,80	47,18	47,18	1,10	16,90	16,90	6,00	16,31	16,31	39,80	17,56	17,56
2 AB	11,43	3,10	12,85	60,03	1,10	11,59	28,49	6,10	11,37	27,68	40,20	12,16	29,71
3 AB	48,83	1,80	31,89	91,92	1,10	49,51	78,00	6,20	49,38	77,06	40,70	52,60	82,31
4 A	15,17	1,00	5,50	97,42	1,00	13,98	91,98	6,20	15,34	92,39	41,00	16,46	98,77
5 A-E	7,91	0,90	2,58	100,00	1,10	8,02	100,00	5,90	7,61	100,00	5,90	1,23	100,00
Σ	100,00	2,76	100,00		1,08	100,00		6,13	100,00		37,79	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
25													
1 A-G	14,26	8,50	42,49	42,49	1,10	14,60	14,60	6,00	13,93	13,93	39,00	13,73	13,73
2 AB	15,40	4,40	23,74	66,23	1,10	15,76	30,36	6,20	15,54	29,48	40,20	15,28	29,00
3 AB	45,05	1,70	26,84	93,07	1,10	46,11	76,47	6,20	45,48	74,96	40,70	45,25	74,25
4 A	15,31	0,90	4,83	97,90	1,00	14,25	90,72	6,20	15,46	90,42	41,10	15,53	89,78
5 A-E	9,97	0,60	2,10	100,00	1,00	9,28	100,00	5,90	9,58	100,00	41,50	10,22	100,00
Σ	100,00	2,85	100,00		1,07	100,00		6,14	100,00		40,52	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
26													
1 A-G	14,77	9,00	48,20	48,20	1,10	14,87	14,87	6,10	14,76	14,76	39,40	14,34	14,34
2 AB	16,56	3,20	19,21	67,41	1,20	18,18	33,05	6,40	17,36	32,12	39,90	16,27	30,61
3 AB	44,93	1,60	26,06	93,48	1,10	45,22	78,27	6,00	44,16	76,27	40,90	45,27	75,87
4 A	13,72	0,80	3,98	97,45	1,00	12,55	90,82	6,10	13,71	89,98	41,20	13,92	89,80
5 A-E	10,03	0,70	2,55	100,00	1,00	9,18	100,00	6,10	10,02	100,00	41,30	10,20	100,00
Σ	100,00	2,76	100,00		1,09	100,00		6,10	100,00		40,59	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
27													
1 A-G	5,88	10,80	22,95	22,95	1,10	5,88	5,88	6,60	6,25	6,25	38,60	5,62	5,62
2 AB	16,50	3,60	21,48	44,43	1,10	16,50	22,38	6,50	17,29	23,54	39,70	16,24	21,86
3 AB	56,69	2,10	43,04	87,47	1,10	56,69	79,07	6,10	55,74	79,28	40,60	57,03	78,89
4 A	15,03	1,60	8,69	96,16	1,10	15,03	94,10	6,00	14,53	93,82	40,90	15,23	94,12
5 A-E	5,90	1,80	3,84	100,00	1,10	5,90	100,00	6,50	6,18	100,00	40,20	5,88	100,00
Σ	100,00	2,77	100,00		1,10	100,00		6,20	100,00		40,36	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
28													
1 A-G	6,48	12,90	26,24	26,24	1,20	7,03	7,03	6,40	6,66	6,66	38,20	6,13	6,13
2 AB	13,47	5,70	24,11	50,35	1,10	13,39	20,42	6,40	13,85	20,51	39,90	13,31	19,44
3 AB	54,51	2,30	39,37	89,72	1,10	54,19	74,61	6,20	54,30	74,81	40,70	54,95	74,39
4 A	18,56	1,20	7,00	96,71	1,10	18,46	93,06	6,00	17,90	92,71	40,50	18,62	93,02
5 A-E	6,98	1,50	3,29	100,00	1,10	6,94	100,00	6,50	7,29	100,00	40,40	6,98	100,00
Σ	100,00	3,18	100,00		1,11	100,00		6,22	100,00		40,37	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
29													
1 A-G	2,57	12,30	30,44	30,44	1,40	3,86	3,86	6,50	2,47	2,47	36,40	2,32	2,32
2 AB	19,35	2,60	48,38	78,83	1,00	20,76	24,62	7,00	20,02	22,49	39,90	19,09	21,41
3 AB	61,48	0,30	17,74	96,56	0,90	59,35	83,97	6,60	59,96	82,45	40,80	62,03	83,44
4 A	10,23	0,10	0,98	97,55	0,90	9,87	93,84	7,00	10,58	93,03	40,80	10,32	93,75
5 A-E	6,38	0,40	2,45	100,00	0,90	6,16	100,00	7,40	6,97	100,00	39,60	6,25	100,00
Σ	100,00	1,04	100,00		0,93	100,00		6,77	100,00		40,44	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
30													
1 A-G	11,96	9,40	35,38	35,38	1,10	11,83	11,83	6,00	11,57	11,57	39,50	11,72	11,72
2 AB	16,22	3,40	17,35	52,74	1,10	16,05	27,88	5,90	15,43	26,99	40,50	16,30	28,02
3 AB	52,18	2,10	34,49	87,23	1,10	51,64	79,52	6,10	51,32	78,32	40,60	52,58	80,61
4 A	13,84	1,80	7,84	95,07	1,10	13,70	93,22	6,70	14,95	93,27	40,10	13,78	94,39
5 A-E	5,80	2,70	4,93	100,00	1,30	6,78	100,00	7,20	6,73	100,00	39,00	5,61	100,00
Σ	100,00	3,18	100,00		1,11	100,00		6,20	100,00		40,29	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO			
	31	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G		10,40	8,90	29,95	29,95	1,10	10,28	10,28	6,00	10,08	10,08	39,70	10,25	10,25
2 AB		13,34	3,40	14,67	44,61	1,10	13,18	23,46	6,00	12,92	23,00	40,20	13,30	23,55
3 AB		51,96	2,20	36,98	81,59	1,10	51,35	74,81	6,00	50,36	73,36	40,70	52,48	76,03
4 A		17,76	2,10	12,06	93,65	1,10	17,55	92,36	6,60	18,93	92,29	40,10	17,67	93,70
5 A-E		6,54	3,00	6,35	100,00	1,30	7,64	100,00	7,30	7,71	100,00	38,80	6,30	100,00
Σ		100,00	3,09	100,00		1,11	100,00		6,19	100,00		40,30	100,00	

Vers.-Nr.:	31-1		SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	3,22	3,22	20,80	55,26	55,26	1,50	4,17	4,17	7,70	3,61	3,61	34,30	2,72	2,72
2	-	21,13	21,13	2,00	34,93	90,18	2,00	36,57	40,74	8,80	27,12	30,72	38,10	19,86	22,58
3	I		3,02	2,10	5,25	95,43	1,10	2,88	43,62	8,00	3,53	34,25	38,80	2,89	25,47
	II		18,42	0,30	4,57	100,00	0,90	14,35	57,97	7,30	19,61	53,86	40,30	18,31	43,78
	III	75,65	48,59	0,00	0,00	100,00	0,90	37,84	95,81	5,90	41,80	95,66	42,00	50,34	94,12
	IV		3,56	0,00	0,00	100,00	0,90	2,77	98,58	5,30	2,75	98,41	42,50	3,73	97,85
	V		2,05	0,00	0,00	100,00	0,80	1,42	100,00	5,30	1,59	100,00	42,40	2,15	100,00
Σ		100,00	100,00	1,21	100,00		1,16	100,00		6,86	100,00		40,54	100,00	

Vers.-Nr.:	31-2		SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	
1 A-G		2,41	11,90	30,34	30,34	1,10	2,88	2,88	7,40	2,61	2,61	37,10	2,23	2,23	
2 AB		14,74	1,90	29,64	59,98	1,00	16,03	18,91	7,60	16,42	19,03	38,90	14,28	16,50	
3 AB		59,03	0,60	37,50	97,48	0,90	57,78	76,68	6,90	59,72	78,76	40,20	59,10	75,60	
4 A		19,44	0,10	2,06	99,54	0,90	19,02	95,70	6,10	17,38	96,14	41,10	19,89	95,50	
5 A-E		4,39	0,10	0,46	100,00	0,90	4,30	100,00	6,00	3,86	100,00	41,20	4,50	100,00	
Σ		100,00	0,94	100,00		0,92	100,00		6,82	100,00		40,15	100,00		

Vers.-Nr.: 31-3	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G	2,12	15,40	36,52	36,52	1,10	2,34	2,34	7,00	2,45	2,45	36,70	1,89	1,89
2 AB	9,73	4,30	46,75	83,27	1,20	11,70	14,04	7,10	11,39	13,84	39,60	9,35	11,24
3 AB	64,70	0,20	14,45	97,72	1,00	64,82	78,87	5,80	61,86	75,70	41,60	65,29	76,53
4 A	16,64	0,00	0,00	97,72	0,90	15,00	93,87	6,00	16,45	92,15	41,60	16,79	93,32
5 A-E	6,80	0,30	2,28	100,00	0,90	6,13	100,00	7,00	7,85	100,00	40,50	6,68	100,00
Σ	100,00	0,90	100,00		1,00	100,00		6,07	100,00		41,23	100,00	

Vers.-Nr.: 31-4	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G	1,81	13,10	37,82	37,82	1,30	2,36	2,36	6,80	2,11	2,11	37,40	1,64	1,64
2 AB	12,93	1,60	33,07	70,89	1,10	14,31	16,68	6,90	15,33	17,44	39,70	12,49	14,13
3 AB	60,70	0,30	29,11	100,00	1,00	61,08	77,75	5,70	59,45	76,89	41,10	60,70	74,83
4 A	20,84	0,00	0,00	100,00	0,90	18,87	96,63	5,40	19,33	96,22	42,20	21,40	96,23
5 A-E	3,73	0,00	0,00	100,00	0,90	3,37	100,00	5,90	3,78	100,00	41,60	3,77	100,00
Σ	100,00	0,63	100,00		0,99	100,00		5,82	100,00		41,10	100,00	

Vers.-Nr.: 31-5	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G	1,21	17,20	39,13	39,13	1,30	1,72	1,72	7,30	1,51	1,51	35,50	1,04	1,04
2 AB	11,21	1,60	33,60	72,73	1,00	12,24	13,96	7,20	13,71	15,21	39,20	10,62	11,67
3 AB	62,13	0,20	23,27	96,00	0,90	61,04	75,00	5,80	61,18	76,39	41,60	62,47	74,13
4 A	21,33	0,10	4,00	100,00	0,90	20,96	95,96	5,40	19,56	95,95	42,10	21,70	95,84
5 A-E	4,11	0,00	0,00	100,00	0,90	4,04	100,00	5,80	4,05	100,00	41,90	4,16	100,00
Σ	100,00	0,53	100,00		0,92	100,00		5,89	100,00		41,38	100,00	

Vers.-Nr.: 31-6	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1 A-G	4,55	8,00	53,66	53,66	1,30	5,83	5,83	8,10	6,34	6,34	37,30	4,10	4,10
2 AB	20,59	1,00	30,35	84,01	1,10	22,34	28,18	7,70	27,26	33,60	39,40	19,59	23,69
3 AB	54,23	0,20	15,99	100,00	1,00	53,50	81,68	5,40	50,36	83,96	41,90	54,88	78,57
4 A	13,16	0,00	0,00	100,00	0,90	11,69	93,37	4,70	10,64	94,60	42,90	13,64	92,21
5 A-E	7,47	0,00	0,00	100,00	0,90	6,63	100,00	4,20	5,40	100,00	43,20	7,79	100,00
Σ	100,00	0,68	100,00		1,01	100,00		5,81	100,00		41,40	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
32													
1 A-G	9,82	8,80	29,44	29,44	1,10	9,76	9,76	6,10	9,62	9,62	39,50	9,60	9,60
2 AB	13,24	3,20	14,44	43,88	1,10	13,17	22,93	6,00	12,76	22,38	40,40	13,24	22,84
3 AB	51,81	2,10	37,08	80,96	1,10	51,52	74,45	6,10	50,77	73,16	40,70	52,21	75,05
4 A	18,91	2,00	12,89	93,85	1,10	18,80	93,25	6,50	19,75	92,91	40,40	18,91	93,96
5 A-E	6,22	2,90	6,15	100,00	1,20	6,75	100,00	7,10	7,09	100,00	39,20	6,04	100,00
Σ	100,00	2,93	100,00		1,11	100,00		6,22	100,00		40,39	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
33-1													
1 A-G	4,41	8,60	32,25	32,25	1,10	5,19	5,19	8,20	5,31	5,31	37,50	4,10	4,10
2 AB	25,38	2,20	47,47	79,72	1,00	27,17	32,36	7,50	27,93	33,24	39,10	24,59	28,68
3 AB	58,79	0,40	19,99	99,71	0,90	56,63	89,00	6,60	56,94	90,18	40,90	59,57	88,25
4 A	8,03	0,00	0,00	99,71	0,90	7,74	96,73	5,80	6,84	97,02	41,60	8,28	96,53
5 A-E	3,39	0,10	0,29	100,00	0,90	3,27	100,00	6,00	2,98	100,00	41,30	3,47	100,00
Σ	100,00	1,18	100,00		0,93	100,00		6,81	100,00		40,36	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
34													
1 A-G	4,93	8,60	42,15	42,15	1,10	5,77	5,77	8,20	5,93	5,93	37,00	4,57	4,57
2 AB	29,17	1,40	40,62	82,77	1,00	31,06	36,84	7,90	33,82	39,75	38,90	28,42	32,98
3 AB	57,75	0,30	17,23	100,00	0,90	55,35	92,19	6,30	53,39	93,14	40,50	58,57	91,55
4 A	5,33	0,00	0,00	100,00	0,90	5,11	97,30	5,70	4,46	97,60	41,50	5,54	97,09
5 A-E	2,82	0,00	0,00	100,00	0,90	2,70	100,00	5,80	2,40	100,00	41,20	2,91	100,00
Σ	100,00	1,01	100,00		0,94	100,00		6,81	100,00		39,93	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
35													
1 A-G	5,09	8,20	32,36	32,36	1,10	5,97	5,97	8,00	6,01	6,01	37,00	4,66	4,66
2 AB	27,73	2,50	53,76	86,11	1,00	29,57	35,53	7,70	31,54	37,56	39,50	27,11	31,77
3 AB	57,76	0,30	13,44	99,55	0,90	55,42	90,96	6,40	54,61	92,16	40,90	58,47	90,24
4 A	6,51	0,00	0,00	99,55	0,90	6,25	97,21	5,60	5,39	97,55	41,90	6,75	96,99
5 A-E	2,91	0,20	0,45	100,00	0,90	2,79	100,00	5,70	2,45	100,00	41,70	3,01	100,00
Σ	100,00	1,29	100,00		0,94	100,00		6,77	100,00		40,40	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
36													
1 A-G	0,41	15,50	13,10	13,10	1,30	0,59	0,59	5,50	0,33	0,33	37,50	0,38	0,38
2 AB	3,78	1,30	10,02	23,13	1,00	4,17	4,76	6,40	3,55	3,89	40,10	3,72	4,10
3 AB	93,97	0,40	76,77	99,90	0,90	93,41	98,17	6,80	93,96	97,85	40,80	94,11	98,20
4 A	1,34	0,00	0,00	99,90	0,90	1,33	99,51	7,60	1,50	99,34	40,20	1,32	99,52
5 A-E	0,50	0,10	0,10	100,00	0,90	0,49	100,00	9,00	0,66	100,00	39,00	0,48	100,00
Σ	100,00	0,49	100,00		0,91	100,00		6,80	100,00		40,74	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
37													
1 A-G	2,52	11,50	29,81	29,81	1,10	2,99	2,99	4,40	1,62	1,62	39,80	2,49	2,49
2 AB	24,44	1,50	37,65	67,47	1,00	26,29	29,28	5,70	20,27	21,88	41,20	24,94	27,42
3 AB	60,93	0,50	31,29	98,76	0,90	58,99	88,28	7,00	62,05	83,93	40,40	60,96	88,38
4 A	8,84	0,10	0,91	99,66	0,90	8,56	96,84	8,80	11,32	95,25	39,10	8,56	96,94
5 A-E	3,27	0,10	0,34	100,00	0,90	3,16	100,00	10,00	4,75	100,00	37,80	3,06	100,00
Σ	100,00	0,97	100,00		0,93	100,00		6,87	100,00		40,38	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
38													
1 A-G	2,88	9,00	29,63	29,63	1,00	2,91	2,91	3,90	1,65	1,65	40,60	2,89	2,89
2 AB	28,42	1,00	32,49	62,12	1,00	28,74	31,65	5,00	20,91	22,56	41,70	29,32	32,22
3 AB	57,69	0,50	32,98	95,09	1,00	58,33	89,98	7,10	60,27	82,83	40,40	57,67	89,88
4 A	7,72	0,30	2,65	97,74	0,90	7,02	97,00	9,70	11,01	93,84	38,00	7,25	97,14
5 A-E	3,30	0,60	2,26	100,00	0,90	3,00	100,00	12,70	6,16	100,00	35,10	2,86	100,00
Σ	100,00	0,87	100,00		0,99	100,00		6,80	100,00		40,42	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
39													
1 A-G	4,41	10,40	33,45	33,45	1,10	5,18	5,18	7,60	5,35	5,35	37,60	4,05	4,05
2 AB	28,02	2,62	53,54	86,98	1,00	29,91	35,08	7,40	33,09	38,44	39,80	27,25	31,30
3 AB	58,65	0,30	12,83	99,81	0,90	56,34	91,42	5,70	53,36	91,80	41,60	59,62	90,92
4 A	6,46	0,00	0,01	99,82	0,90	6,20	97,62	5,70	5,87	97,67	41,70	6,58	97,50
5 A-E	2,47	0,10	0,18	100,00	0,90	2,38	100,00	5,90	2,33	100,00	41,40	2,50	100,00
Σ	100,00	1,37	100,00		0,94	100,00		6,27	100,00		40,92	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
40													
1 A-G	2,20	15,20	46,26	46,26	1,30	3,07	3,07	6,60	2,49	2,49	36,60	1,94	1,94
2 AB	24,23	1,10	36,87	83,13	1,00	25,97	29,04	6,70	27,88	30,37	40,40	23,60	25,55
3 AB	60,99	0,20	16,87	100,00	0,90	58,83	87,87	5,50	57,59	87,96	41,90	61,61	87,15
4 A	10,27	0,00	0,00	100,00	0,90	9,90	97,77	5,50	9,70	97,66	42,50	10,52	97,67
5 A-E	2,31	0,00	0,00	100,00	0,90	2,23	100,00	5,90	2,34	100,00	41,70	2,33	100,00
Σ	100,00	0,72	100,00		0,93	100,00		5,82	100,00		41,48	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
41													
1 A-G	2,06	16,70	35,79	35,79	1,40	3,10	3,10	6,50	2,27	2,27	36,70	1,83	1,83
2 AB	22,42	2,20	51,26	87,05	1,00	24,04	27,14	6,60	25,06	27,33	40,20	21,75	23,58
3 AB	62,34	0,20	12,95	100,00	0,90	60,15	87,28	5,70	60,16	87,48	41,90	63,03	86,61
4 A	10,75	0,00	0,00	100,00	0,90	10,37	97,65	5,50	10,01	97,49	42,20	10,95	97,55
5 A-E	2,43	0,00	0,00	100,00	0,90	2,35	100,00	6,10	2,51	100,00	41,70	2,45	100,00
Σ	100,00	0,96	100,00		0,93	100,00		5,91	100,00		41,44	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
42													
1 A-G	1,76	14,50	36,10	36,10	1,20	2,28	2,28	6,50	1,93	1,93	37,00	1,57	1,57
2 AB	20,39	1,30	37,60	73,70	1,00	22,03	24,30	6,60	22,81	24,74	40,40	19,93	21,50
3 AB	61,81	0,30	26,30	100,00	0,90	60,09	84,40	5,70	59,71	84,45	41,60	62,20	83,70
4 A	12,91	0,00	0,00	100,00	0,90	12,55	96,95	5,60	12,25	96,70	42,10	13,15	96,85
5 A-E	3,14	0,00	0,00	100,00	0,90	3,05	100,00	6,20	3,30	100,00	41,50	3,15	100,00
Σ	100,00	0,71	100,00		0,93	100,00		5,90	100,00		41,34	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
43													
1 A-G	1,65	18,90	53,68	53,68	1,50	2,67	2,67	6,10	1,75	1,75	36,20	1,45	1,45
2 AB	18,89	1,10	35,67	89,35	1,00	20,34	23,01	6,40	20,94	22,69	40,20	18,36	19,81
3 AB	62,07	0,10	10,65	100,00	0,90	60,14	83,15	5,60	60,21	82,90	41,70	62,59	82,40
4 A	13,96	0,00	0,00	100,00	0,90	13,53	96,68	5,50	13,30	96,20	42,00	14,18	96,59
5 A-E	3,43	0,00	0,00	100,00	0,90	3,32	100,00	6,40	3,80	100,00	41,20	3,41	100,00
Σ	100,00	0,58	100,00		0,93	100,00		5,77	100,00		41,35	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
44													
1 A-G	1,74	1,60	6,79	6,79	1,60	2,99	2,99	6,50	1,96	1,96	35,40	1,49	1,49
2 AB	20,17	1,30	63,82	70,61	1,00	21,63	24,62	7,00	24,45	26,41	39,80	19,42	20,92
3 AB	60,37	0,20	29,39	100,00	0,90	58,27	82,90	5,50	57,50	83,91	41,70	60,92	81,84
4 A	13,78	0,00	0,00	100,00	0,90	13,30	96,20	5,20	12,41	96,32	42,40	14,14	95,98
5 A-E	3,94	0,00	0,00	100,00	0,90	3,80	100,00	5,40	3,68	100,00	42,20	4,02	100,00
Σ	100,00	0,41	100,00		0,93	100,00		5,77	100,00		41,32	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
45													
1 A-G	2,01	15,20	41,81	41,81	1,30	2,80	2,80	6,00	2,01	2,01	37,50	1,82	1,82
2 AB	23,33	1,30	41,58	83,39	1,00	25,05	27,85	6,10	23,77	25,78	40,70	22,99	24,81
3 AB	60,58	0,20	16,61	100,00	0,90	58,54	86,39	5,80	58,67	84,44	41,70	61,14	85,95
4 A	9,78	0,00	0,00	100,00	0,90	9,45	95,84	6,40	10,45	94,89	41,40	9,80	95,75
5 A-E	4,31	0,00	0,00	100,00	0,90	4,16	100,00	7,10	5,11	100,00	40,80	4,25	100,00
Σ	100,00	0,73	100,00		0,93	100,00		5,99	100,00		41,31	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
46													
1 A-G	2,36	13,10	38,61	38,61	1,40	3,52	3,52	5,00	1,90	1,90	38,90	2,23	2,23
2 AB	26,56	1,20	39,86	78,47	1,00	28,31	31,83	5,60	24,01	25,91	41,40	26,69	28,92
3 AB	57,39	0,30	21,53	100,00	0,90	55,05	86,87	6,20	57,42	83,33	41,40	57,67	86,58
4 A	8,09	0,00	0,00	100,00	0,90	7,76	94,63	7,30	9,53	92,86	40,60	7,97	94,55
5 A-E	5,60	0,00	0,00	100,00	0,90	5,37	100,00	7,90	7,14	100,00	40,10	5,45	100,00
Σ	100,00	0,80	100,00		0,94	100,00		6,20	100,00		41,20	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
47													
1 A-G	3,67	9,50	50,32	50,32	1,40	5,42	5,42	4,20	2,59	2,59	40,70	3,60	3,60
2 AB	30,92	0,80	35,67	85,99	1,00	32,57	37,99	5,00	25,98	28,57	42,10	31,33	34,93
3 AB	48,57	0,20	14,01	100,00	0,90	46,05	84,04	6,40	52,24	80,81	41,40	48,39	83,32
4 A	7,20	0,00	0,00	100,00	0,90	6,83	90,87	6,90	8,35	89,16	41,00	7,11	90,43
5 A-E	9,63	0,00	0,00	100,00	0,90	9,13	100,00	6,70	10,84	100,00	41,30	9,57	100,00
Σ	100,00	0,69	100,00		0,95	100,00		5,95	100,00		41,55	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
48													
1 A-G	1,74	18,50	43,52	43,52	1,50	2,79	2,79	7,10	2,06	2,06	35,40	1,49	1,49
2 AB	25,61	1,40	48,36	91,88	1,00	27,36	30,15	7,10	30,24	32,30	39,90	24,74	26,24
3 AB	60,21	0,10	8,12	100,00	0,90	57,89	88,04	5,60	56,08	88,38	41,90	61,09	87,32
4 A	8,76	0,00	0,00	100,00	0,90	8,43	96,47	5,50	8,02	96,39	42,20	8,96	96,28
5 A-E	3,68	0,00	0,00	100,00	0,90	3,53	100,00	5,90	3,61	100,00	41,80	3,72	100,00
Σ	100,00	0,74	100,00		0,94	100,00		6,01	100,00		41,30	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
49													
1 A-G	1,85	21,70	50,19	50,19	1,80	3,56	3,56	6,80	2,16	2,16	34,40	1,54	1,54
2 AB	20,06	1,40	35,09	85,27	1,00	21,41	24,97	7,10	24,39	26,54	39,70	19,20	20,74
3 AB	58,94	0,20	14,73	100,00	0,90	56,63	81,60	5,60	56,53	83,07	42,00	59,71	80,45
4 A	13,33	0,00	0,00	100,00	0,90	12,81	94,41	5,10	11,64	94,72	42,30	13,60	94,05
5 A-E	5,82	0,00	0,00	100,00	0,90	5,59	100,00	5,30	5,28	100,00	42,40	5,95	100,00
Σ	100,00	0,80	100,00		0,94	100,00		5,84	100,00		41,46	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
50													
1 A-G	1,89	18,80	41,42	41,42	1,70	3,44	3,44	6,80	2,18	2,18	35,20	1,60	1,60
2 AB	17,93	1,50	31,33	72,75	1,00	19,21	22,66	7,60	23,15	25,33	39,50	17,08	18,68
3 AB	58,47	0,40	27,25	100,00	0,90	56,39	79,05	5,60	55,62	80,95	41,80	58,93	77,61
4 A	13,67	0,00	0,00	100,00	0,90	13,19	92,24	5,20	12,08	93,03	42,80	14,11	91,72
5 A-E	8,04	0,00	0,00	100,00	0,90	7,76	100,00	5,10	6,97	100,00	42,70	8,28	100,00
Σ	100,00	0,86	100,00		0,93	100,00		5,89	100,00		41,47	100,00	

Versuchsreihe – Hohentauern

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	51	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]
1 A-G	6,68	16,60	22,14	22,14	1,70	5,53	5,53	5,50	6,99	6,99	37,20	6,10	6,10
2 AB	18,42	6,40	23,53	45,67	2,00	17,93	23,46	5,60	19,61	26,60	39,50	17,86	23,96
3 AB	52,06	3,90	40,53	86,20	2,10	53,21	76,67	5,20	51,46	78,05	41,30	52,78	76,74
4 A	9,78	2,80	5,46	91,66	2,10	9,99	86,66	5,00	9,29	87,35	41,40	9,94	86,67
5 A-E	13,05	3,20	8,34	100,00	2,10	13,34	100,00	5,10	12,65	100,00	41,60	13,33	100,00
Σ	100,00	5,01	100,00		2,05	100,00		5,26	100,00		40,74	100,00	

Vers.-Nr.:	r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO			
	52	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	
1	-	7,53	7,53	7,40	9,31	9,31	2,00	7,50	7,50	5,80	8,37	8,37	39,80	7,40	7,40
2	-	19,06	19,06	16,20	51,56	60,86	1,70	16,14	23,65	5,50	20,10	28,47	37,20	17,49	24,89
3	I		1,63	13,10	3,57	64,43	1,90	1,54	25,19	5,60	1,75	30,23	38,50	1,55	26,44
	II		6,16	5,80	5,97	70,40	2,00	6,14	31,33	5,40	6,38	36,61	39,90	6,07	32,51
3	III	73,41	46,55	2,90	22,55	92,95	2,10	48,71	80,04	5,00	44,64	81,24	41,70	47,91	80,41
	IV		10,88	2,00	3,63	96,58	2,10	11,39	91,43	5,00	10,43	91,68	41,70	11,20	91,61
	V		8,19	2,50	3,42	100,00	2,10	8,57	100,00	5,30	8,32	100,00	41,50	8,39	100,00
Σ		100,00	100,00	5,99	100,00		2,01	100,00		5,21	100,00		40,52	100,00	

Vers.-Nr.:	r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO			
	53	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	
1	-	6,15	6,15	7,60	8,24	8,24	2,00	6,10	6,10	5,70	6,69	6,69	39,60	6,02	6,02
2	-	17,57	17,57	16,60	51,39	59,62	1,70	14,80	20,90	5,60	18,78	25,47	36,70	15,92	21,94
3	I		5,91	4,90	5,10	64,73	2,00	5,86	26,76	5,40	6,09	31,57	40,00	5,84	27,78
	II		12,20	4,60	9,89	74,62	2,10	12,70	39,46	5,50	12,81	44,38	40,90	12,32	40,10
3	III	76,28	46,09	2,50	20,30	94,92	2,10	47,97	87,43	5,00	43,99	88,37	41,80	47,57	87,67
	IV		6,24	2,00	2,20	97,12	2,10	6,50	93,93	4,90	5,84	94,21	41,20	6,35	94,02
	V		5,83	2,80	2,88	100,00	2,10	6,07	100,00	5,20	5,79	100,00	41,50	5,98	100,00
Σ		100,00	100,00	5,68	100,00		2,02	100,00		5,24	100,00		40,50	100,00	

Vers.-Nr.:		r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
54		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	6,49	6,49	18,50	24,39	24,39	1,70	5,41	5,41	5,50	6,83	6,83	37,20	5,92	5,92
2	-	18,03	18,03	6,80	24,90	49,29	2,00	17,69	23,10	5,60	19,33	26,16	39,20	17,34	23,27
3	I		6,58	7,50	10,02	59,31	2,00	6,45	29,55	5,70	7,18	33,34	39,80	6,42	29,69
	II		10,56	4,00	8,58	67,89	2,00	10,36	39,91	5,30	10,71	44,05	40,60	10,52	40,21
	III	75,48	44,02	2,80	25,03	92,92	2,10	45,34	85,25	5,00	42,13	86,18	41,80	45,15	85,37
	IV		7,58	2,20	3,39	96,31	2,10	7,81	93,06	4,90	7,11	93,29	41,70	7,76	93,12
	V		6,74	2,70	3,69	100,00	2,10	6,94	100,00	5,20	6,71	100,00	41,60	6,88	100,00
Σ		100,00	100,00	4,92	100,00		2,04	100,00		5,22	100,00		40,75	100,00	

Vers.-Nr.:		r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
55		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	5,55	5,55	18,20	20,38	20,38	1,70	4,60	4,60	5,40	5,75	5,75	36,90	5,02	5,02
2	-	17,90	17,90	7,50	27,10	47,48	2,00	17,46	22,06	5,80	19,94	25,69	39,80	17,45	22,47
3	I		1,84	11,00	4,09	51,57	1,90	1,71	23,77	5,80	2,05	27,74	38,20	1,72	24,19
	II		5,99	6,40	7,74	59,31	2,00	5,84	29,61	5,80	6,67	34,41	40,00	5,87	30,06
	III	76,55	47,93	3,10	30,00	89,30	2,10	49,10	78,71	5,00	46,03	80,44	41,40	48,62	78,68
	IV		10,14	2,60	5,32	94,63	2,10	10,39	89,10	4,90	9,55	89,98	42,00	10,44	89,12
	V		10,65	2,50	5,37	100,00	2,10	10,90	100,00	4,90	10,02	100,00	41,70	10,88	100,00
Σ		100,00	100,00	4,95	100,00		2,05	100,00		5,21	100,00		40,81	100,00	

Vers.-Nr.:		r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
56		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	5,33	5,33	19,10	21,14	21,14	1,70	4,45	4,45	5,50	5,62	5,62	37,20	4,85	4,85
2	-	15,94	15,94	7,00	23,20	44,34	1,90	14,88	19,33	5,70	17,43	23,05	39,30	15,35	20,20
3	I		3,12	11,60	7,51	51,85	2,00	3,06	22,39	5,60	3,35	26,39	39,00	2,98	23,17
	II		8,13	5,60	9,47	61,31	2,00	7,99	30,38	5,50	8,58	34,97	39,80	7,93	31,10
	III	78,73	50,52	2,90	30,45	91,76	2,10	52,12	82,50	5,00	48,45	83,42	41,70	51,59	82,69
	IV		8,98	2,10	3,92	95,68	2,10	9,26	91,76	5,00	8,61	92,03	41,70	9,17	91,86
	V		7,99	2,60	4,32	100,00	2,10	8,24	100,00	5,20	7,97	100,00	41,60	8,14	100,00
Σ		100,00	100,00	4,81	100,00		2,04	100,00		5,21	100,00		40,83	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
57													
1 A-G	6,45	17,50	22,46	22,46	1,70	5,32	5,32	5,30	6,44	6,44	37,75	5,95	5,95
2 AB	14,89	7,80	23,11	45,57	2,00	14,46	19,78	5,50	15,43	21,86	40,00	14,57	20,52
3 AB	51,91	3,70	38,23	83,79	2,10	52,94	72,72	5,20	50,86	72,72	41,28	52,42	72,94
4 A	11,67	3,10	7,20	90,99	2,10	11,90	84,62	5,30	11,65	84,37	41,50	11,85	84,79
5 A-E	15,08	3,00	9,01	100,00	2,10	15,38	100,00	5,50	15,63	100,00	41,22	15,21	100,00
Σ	100,00	5,02	100,00		2,06	100,00		5,31	100,00		40,88	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
58													
1 A-G	8,58	11,07	18,58	18,58	1,90	7,90	7,90	5,50	8,90	8,90	39,31	8,25	8,25
2 AB	17,29	5,90	19,95	38,53	2,00	16,74	24,63	5,50	17,92	26,81	40,28	17,03	25,29
3 AB	54,48	4,20	44,76	83,29	2,10	55,39	80,02	5,20	53,38	80,19	41,26	54,99	80,28
4 A	10,12	4,20	8,31	91,61	2,10	10,29	90,31	5,30	10,11	90,30	41,18	10,19	90,47
5 A-E	9,53	4,50	8,39	100,00	2,10	9,69	100,00	5,40	9,70	100,00	40,84	9,53	100,00
Σ	100,00	5,11	100,00		2,07	100,00		5,31	100,00		40,87	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
59													
1 A-G	8,75	10,20	17,77	17,77	1,90	8,05	8,05	5,60	9,20	9,20	39,41	8,42	8,42
2 AB	17,64	5,90	20,73	38,50	2,00	17,09	25,14	5,50	18,23	27,43	40,55	17,49	25,91
3 AB	54,97	4,10	44,90	83,40	2,10	55,91	81,04	5,20	53,70	81,13	41,27	55,45	81,36
4 A	10,23	4,20	8,56	91,96	2,10	10,40	91,45	5,30	10,18	91,31	41,06	10,27	91,63
5 A-E	8,41	4,80	8,04	100,00	2,10	8,55	100,00	5,50	8,69	100,00	40,72	8,37	100,00
Σ	100,00	5,02	100,00		2,06	100,00		5,32	100,00		40,91	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
60													
1 A-G	8,61	12,80	21,25	21,25	1,90	7,92	7,92	5,60	9,16	9,16	38,54	8,12	8,12
2 AB	16,53	6,60	21,04	42,29	2,00	16,02	23,94	5,60	17,60	26,76	40,30	16,30	24,42
3 AB	52,78	3,80	38,68	80,98	2,10	53,70	77,65	5,10	51,17	77,92	41,35	53,41	77,83
4 A	10,95	4,10	8,66	89,63	2,10	11,14	88,79	5,20	10,82	88,75	41,28	11,06	88,89
5 A-E	11,13	4,83	10,37	100,00	2,08	11,21	100,00	5,32	11,25	100,00	40,81	11,11	100,00
Σ	100,00	5,19	100,00		2,06	100,00		5,26	100,00		40,87	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
61													
1 A-G	14,46	9,39	26,33	26,33	1,95	13,80	13,80	5,48	15,06	15,06	39,28	13,92	13,92
2 AB	22,99	5,56	24,79	51,12	2,06	23,17	36,97	5,51	24,07	39,13	40,64	22,90	36,82
3 AB	49,90	3,79	36,68	87,80	2,06	50,31	87,28	5,11	48,47	87,60	41,32	50,55	87,38
4 A	7,06	4,49	6,15	93,95	2,06	7,12	94,40	5,11	6,86	94,46	41,07	7,11	94,49
5 A-E	5,58	5,59	6,05	100,00	2,05	5,60	100,00	5,22	5,54	100,00	40,26	5,51	100,00
Σ	100,00	5,16	100,00		2,04	100,00		5,26	100,00		40,79	100,00	

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
62													
1 A-G	11,50	9,88	23,23	23,23	1,95	11,01	11,01	5,60	12,38	12,38	39,48	11,14	11,14
2 AB	18,13	5,18	19,20	42,43	2,04	18,16	29,17	5,43	18,93	31,31	40,47	18,01	29,15
3 AB	56,18	3,73	42,84	85,27	2,05	56,55	85,72	5,05	54,55	85,86	41,13	56,71	85,86
4 A	8,77	4,49	8,05	93,33	2,06	8,87	94,60	5,18	8,74	94,60	40,81	8,79	94,64
5 A-E	5,42	6,02	6,67	100,00	2,03	5,40	100,00	5,18	5,40	100,00	40,26	5,36	100,00
Σ	100,00	4,89	100,00		2,04	100,00		5,20	100,00		40,74	100,00	

Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-A

Vers.-Nr.:	SiO ₂				Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
63													
1 A-G	3,75	17,50	29,05	29,05	1,20	3,25	3,25	4,10	5,32	5,32	39,40	3,35	3,35
2 AB	7,23	6,30	20,16	49,21	1,30	6,79	10,04	3,90	9,75	15,07	41,70	6,84	10,19
3 AB	47,74	1,80	38,01	87,22	1,40	48,25	58,29	2,90	47,85	62,92	44,30	47,95	58,14
4 A	22,05	0,70	6,83	94,05	1,40	22,29	80,57	2,60	19,81	82,73	44,60	22,30	80,43
5 A-E	19,22	0,70	5,95	100,00	1,40	19,43	100,00	2,60	17,27	100,00	44,90	19,57	100,00
Σ	100,00	2,26	100,00		1,39	100,00		2,89	100,00		44,11	100,00	

Vers.-Nr.:		r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
64		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	3,34	3,34	18,30	30,46	30,46	1,10	2,67	2,67	4,10	4,82	4,82	38,90	2,95	2,95
2	-	8,69	8,69	6,50	28,11	58,58	1,30	8,19	10,85	3,90	11,91	16,74	42,50	8,38	11,34
3	I		1,43	5,70	4,05	62,63	1,30	1,35	12,20	3,10	1,56	18,29	42,60	1,38	12,72
	II		6,30	2,40	7,52	70,15	1,40	6,39	18,59	2,90	6,42	24,71	44,20	6,32	19,04
	III	87,97	56,96	0,70	19,84	90,00	1,40	57,79	76,38	2,60	52,07	76,78	44,50	57,55	76,59
	IV		14,83	0,50	3,69	93,69	1,40	15,04	91,42	2,80	14,60	91,38	44,50	14,98	91,57
	V		8,46	1,50	6,31	100,00	1,40	8,58	100,00	2,90	8,62	100,00	43,90	8,43	100,00
Σ		100,00	100,00	2,01	100,00		1,38	100,00		2,84	100,00		44,04	100,00	

Vers.-Nr.:		r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
65		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	3,36	3,36	20,00	30,98	30,98	1,10	2,68	2,68	4,00	4,68	4,68	38,10	2,91	2,91
2	-	8,13	8,13	6,40	23,97	54,94	1,30	7,66	10,34	3,80	10,75	15,43	42,30	7,82	10,73
3	I		1,67	7,80	6,00	60,94	1,30	1,57	11,91	3,80	2,21	17,64	42,40	1,61	12,34
	II		5,56	3,10	7,93	68,87	1,40	5,64	17,55	3,60	6,96	24,60	43,00	5,43	17,77
	III	88,50	44,92	1,10	22,76	91,63	1,40	45,57	63,12	2,80	43,77	68,38	44,40	45,34	63,11
	IV		19,80	0,50	4,56	96,19	1,40	20,09	83,21	2,50	17,23	85,60	44,60	20,07	83,18
	V		16,55	0,50	3,81	100,00	1,40	16,79	100,00	2,50	14,40	100,00	44,70	16,82	100,00
Σ		100,00	100,00	2,17	100,00		1,38	100,00		2,87	100,00		44,00	100,00	

Vers.-Nr.:		r _m [%]		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
66		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	3,24	3,24	18,30	29,87	29,87	1,10	2,58	2,58	4,10	4,71	4,71	38,50	2,82	2,82
2	-	8,12	8,12	5,90	24,15	54,02	1,30	7,66	10,24	3,80	10,95	15,66	42,40	7,80	10,62
3	I		1,75	12,10	10,70	64,72	1,20	1,53	11,77	3,90	2,43	18,09	41,10	1,63	12,26
	II		7,90	3,90	15,53	80,24	1,40	8,02	19,79	3,70	10,37	28,46	43,40	7,77	20,02
	III	88,64	56,42	0,60	17,06	97,30	1,40	57,29	77,08	2,60	52,03	80,49	44,60	56,99	77,01
	IV		14,17	0,20	1,43	98,73	1,40	14,39	91,48	2,40	12,07	92,56	45,10	14,48	91,48
	V		8,39	0,30	1,27	100,00	1,40	8,52	100,00	2,50	7,44	100,00	44,80	8,52	100,00
Σ			100,00	1,98	100,00		1,38	100,00		2,82	100,00		44,16	100,00	

Vers.-Nr.:				SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
67		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	2,99	2,99	18,60	23,45	23,45	1,20	1,99	1,99	4,20	3,30	3,30	39,80	2,75	2,75
2	-	7,73	7,73	6,40	20,83	44,28	1,30	5,56	7,55	3,90	7,91	11,21	42,30	7,55	10,31
3	I		1,86	13,80	10,83	55,11	1,20	1,24	8,79	4,20	2,05	13,26	39,50	1,70	12,01
	II		7,29	3,30	10,13	65,23	1,40	5,65	14,44	3,70	7,08	20,34	43,30	7,29	19,30
	III	89,27	53,02	0,50	11,16	76,39	2,20	64,56	79,00	4,50	62,59	82,93	42,90	52,54	71,85
	IV		18,09	3,00	22,85	99,24	1,40	14,02	93,02	2,40	11,39	94,33	45,00	18,81	90,66
	V		9,01	0,20	0,76	100,00	1,40	6,98	100,00	2,40	5,67	100,00	44,90	9,34	100,00
Σ			100,00	2,38	100,00		1,81	100,00		3,81	100,00		43,29	100,00	

Vers.-Nr.:				SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
68		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	3,13	3,13	20,40	28,03	28,03	1,10	2,49	2,49	4,10	4,63	4,63	38,70	2,73	2,73
2	-	8,28	8,28	6,60	24,01	52,04	1,30	7,80	10,29	3,90	11,67	16,30	42,20	7,87	10,59
3	I		1,28	15,80	8,88	60,92	1,20	1,11	11,40	4,30	1,99	18,29	40,30	1,16	11,75
	II		5,43	4,00	9,55	70,47	1,40	5,51	16,91	2,40	4,71	23,00	43,80	5,36	17,11
	III	88,60	52,08	1,10	25,18	95,65	1,40	52,84	69,75	2,60	48,95	71,96	45,10	52,90	70,01
	IV		19,71	0,40	3,47	99,11	1,40	20,00	89,75	2,50	17,82	89,78	44,80	19,89	89,90
	V		10,10	0,20	0,89	100,00	1,40	10,25	100,00	2,80	10,22	100,00	44,40	10,10	100,00
Σ		100,00	100,00	2,28	100,00		1,38	100,00		2,77	100,00		44,40	100,00	

Versuchsreihe – Wald am Schoberpass-B

Vers.-Nr.:				SiO ₂		Fe ₂ O ₃		CaO		MgO	
69		r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	A-G	2,09	21,50	13,85	13,85	1,10	1,76	1,76	4,30	2,31	2,31
2	AB	8,71	8,10	21,78	35,63	1,30	8,67	10,43	4,50	10,07	12,37
3	AB	65,20	2,60	52,35	87,98	1,30	64,97	75,40	3,90	65,35	77,72
4	A	15,14	1,40	6,55	94,52	1,30	15,09	90,49	3,50	13,62	91,34
5	A-E	8,87	2,00	5,48	100,00	1,40	9,51	100,00	3,80	8,66	100,00
Σ		100,00	3,24	100,00		1,30	100,00		3,89	100,00	

Vers.-Nr.:		70		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	2,09	2,09	21,50	14,31	14,31	1,10	1,76	1,76	4,30	2,30	2,30	38,20	1,86	1,86
2	-	8,71	8,71	8,10	22,50	36,80	1,30	8,70	10,46	4,50	10,03	12,32	40,60	8,25	10,11
3	I		1,86	7,30	4,33	41,13	1,20	1,72	12,18	4,30	2,05	14,37	41,50	1,80	11,91
	II		7,50	3,70	8,86	49,99	1,30	7,50	19,68	4,10	7,88	22,25	41,60	7,28	19,19
	III	89,21	62,83	1,90	38,08	88,07	1,30	62,79	82,47	3,80	61,12	83,36	43,40	63,62	82,81
	IV		10,26	1,80	5,89	93,96	1,30	10,25	92,73	3,70	9,72	93,08	43,50	10,41	93,22
	V		6,76	2,80	6,04	100,00	1,40	7,27	100,00	4,00	6,92	100,00	43,00	6,78	100,00
Σ		100,00	100,00	3,13	100,00		1,30	100,00		3,91	100,00		42,86	100,00	

Vers.-Nr.:		71		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	1,86	1,86	20,00	11,64	11,64	1,10	1,56	1,56	4,30	2,03	2,03	38,10	1,65	1,65
2	-	8,11	8,11	9,80	24,87	36,51	1,20	7,40	8,95	4,80	9,89	11,93	41,00	7,76	9,42
3	I		1,18	17,60	6,49	43,00	1,20	1,07	10,03	5,90	1,77	13,69	37,50	1,03	10,45
	II		6,37	9,40	18,76	61,76	1,30	6,30	16,33	6,00	9,73	23,42	40,30	6,00	16,45
	III	90,03	54,42	1,90	32,38	94,14	1,30	53,80	70,13	3,90	53,98	77,40	43,00	54,66	71,10
	IV		18,92	0,70	4,15	98,28	1,40	20,14	90,27	3,20	15,40	92,79	44,10	19,49	90,59
	V		9,14	0,60	1,72	100,00	1,40	9,73	100,00	3,10	7,21	100,00	44,10	9,41	100,00
Σ		100,00	100,00	3,19	100,00		1,32	100,00		3,93	100,00		42,82	100,00	

Vers.-Nr.:		72		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	2,61	2,61076	19,80	15,89	15,89	1,10	2,19	2,19	4,20	2,84	2,84	38,40	2,33	2,33
2	-	7,96	7,96414	9,20	22,52	38,41	1,30	7,88	10,07	4,70	9,70	12,54	41,40	7,67	10,01
3	I		2,87	18,00	15,86	54,27	1,10	2,40	12,47	5,90	4,38	16,93	37,60	2,51	12,52
	II		9,75	6,00	17,99	72,26	1,30	9,66	22,13	5,50	13,90	30,83	41,20	9,35	21,87
	III	89,43	52,70	1,50	24,30	96,56	1,30	52,17	74,30	3,60	49,17	80,00	43,50	53,35	75,22
	IV		15,56	0,50	2,39	98,95	1,40	16,59	90,88	3,20	12,90	92,91	44,20	16,01	91,22
	V		8,55	0,40	1,05	100,00	1,40	9,12	100,00	3,20	7,09	100,00	44,10	8,78	100,00
Σ		100,00	100,00	3,25	100,00		1,31	100,00		3,86	100,00		42,97	100,00	

Vers.-Nr.:		73		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	1,66	1,66	20,00	11,10	11,10	1,10	1,36	1,36	4,30	1,84	1,84	37,90	1,47	1,47
2	-	8,58	8,58	9,00	25,77	36,87	1,20	7,65	9,00	4,60	10,13	11,97	41,10	8,22	9,68
3	I		1,83	21,30	13,03	49,90	1,10	1,50	10,50	5,20	2,45	14,41	38,10	1,63	11,31
	II		10,54	5,10	17,93	67,83	1,30	10,17	20,67	5,00	13,52	27,94	41,20	10,11	21,42
	III	89,75	62,49	1,40	29,19	97,02	1,40	64,96	85,63	3,70	59,35	87,28	43,50	63,32	84,75
	IV		10,85	0,60	2,17	99,19	1,30	10,47	96,10	3,30	9,19	96,48	44,00	11,12	95,87
	V		4,04	0,60	0,81	100,00	1,30	3,90	100,00	3,40	3,52	100,00	43,90	4,13	100,00
Σ		100,00	100,00	3,00	100,00		1,35	100,00		3,90	100,00		42,93	100,00	

Vers.-Nr.:		74		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	2,08	1,83	20,40	11,56	11,56	1,10	1,52	1,52	4,30	2,00	2,00	38,10	1,63	1,63
2	-	7,46	8,48	8,30	21,81	33,37	1,30	8,33	9,84	4,80	10,35	12,34	40,80	8,10	9,73
3	I		1,45	16,80	7,56	40,93	1,20	1,32	11,16	5,00	1,85	14,19	38,40	1,31	11,03
	II		6,97	8,30	17,94	58,87	1,40	7,37	18,54	5,30	9,40	23,59	41,30	6,74	17,78
	III	90,46	59,46	2,00	36,87	95,74	1,30	58,40	76,94	3,80	57,45	81,04	43,10	60,00	77,78
	IV		15,23	0,60	2,83	98,57	1,40	16,11	93,05	3,30	12,78	93,82	43,50	15,51	93,29
	V		6,57	0,70	1,43	100,00	1,40	6,95	100,00	3,70	6,18	100,00	43,60	6,71	100,00
Σ		100,00	100,00	3,23	100,00		1,32	100,00		3,93	100,00		42,71	100,00	

Versuchsreihe – Angerer-A

Vers.-Nr.:		75		SiO ₂		Fe ₂ O ₃		CaO		MgO				
		r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]			
1	A-G	2,02	16,50	19,95	19,95	1,00	2,07	2,07	3,60	2,32	2,32	38,70	1,79	1,79
2	AB	7,19	4,10	17,62	37,58	1,20	8,84	10,91	3,60	8,25	10,57	42,00	6,92	8,72
3	AB	53,05	1,40	44,39	81,96	1,00	54,32	65,23	3,20	54,06	64,63	43,70	53,12	61,84
4	A	21,24	0,80	10,15	92,12	0,90	19,57	84,80	2,90	19,61	84,24	44,10	21,46	83,30
5	A-E	16,49	0,80	7,88	100,00	0,90	15,20	100,00	3,00	15,76	100,00	44,20	16,70	100,00
Σ		100,00	1,67	100,00		0,98	100,00		3,14	100,00		43,64	100,00	

Vers.-Nr.:		76		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	2,08	2,08	17,70	24,00	24,00	1,10	2,35	2,35	3,80	2,50	2,50	38,60	1,84	1,84
2	-	7,46	7,46	4,70	22,86	46,86	1,30	9,97	12,32	4,00	9,43	11,93	41,70	7,12	8,95
3	I	90,46	1,33	7,00	6,07	52,93	1,50	2,05	14,37	3,00	1,26	13,19	41,50	1,26	10,21
	II		7,72	2,60	13,08	66,01	1,30	10,31	24,68	3,10	7,56	20,75	42,70	7,54	17,75
	III		57,01	0,80	29,73	95,74	0,90	52,74	77,42	3,10	55,86	76,61	44,10	57,50	75,25
	IV		16,54	0,30	3,23	98,97	0,90	15,30	92,72	3,00	15,68	92,29	44,30	16,76	92,01
	V		7,87	0,20	1,03	100,00	0,90	7,28	100,00	3,10	7,71	100,00	44,40	7,99	100,00
Σ			100,00	1,53	100,00		0,97	100,00		3,16	100,00		43,72	100,00	

Versuchsreihe – Angerer-B

Vers.-Nr.:		77		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	
1	A-G	4,99	29,60	16,23	16,23	1,30	4,84	4,84	4,10	4,00	4,00	35,80	4,45	4,45	
2	AB	12,33	18,60	25,17	41,40	1,40	12,88	17,72	4,70	11,33	15,33	37,90	11,62	16,07	
3	AB	54,54	6,10	36,52	77,93	1,30	52,89	70,61	5,20	55,46	70,80	41,10	55,75	71,82	
4	A	13,53	8,60	12,77	90,70	1,40	14,13	84,74	5,10	13,49	84,29	39,90	13,43	85,25	
5	A-E	14,61	5,80	9,30	100,00	1,40	15,26	100,00	5,50	15,71	100,00	40,60	14,75	100,00	
Σ		100,00	9,11	100,00		1,34	100,00		5,11	100,00		40,21	100,00		

Vers.-Nr.:		78		SiO ₂			Fe ₂ O ₃			CaO			MgO		
		r _m [%]	r _m [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]	g [%]	r _i [%]	Σ r _i [%]
1	-	5,83	5,83	27,20	16,04	16,04	1,30	5,35	5,35	4,20	4,76	4,76	35,50	5,22	5,22
2	-	15,78	15,78	16,20	25,85	41,90	1,40	15,58	20,93	5,00	15,33	20,08	38,20	15,20	20,42
3	I	78,38	4,05	22,80	9,35	51,25	1,80	5,15	26,08	4,60	3,62	23,71	36,30	3,71	24,14
	II		11,40	15,20	17,52	68,76	1,70	13,66	39,74	5,10	11,29	34,99	37,60	10,81	34,94
	III		44,81	5,60	25,37	94,13	1,40	44,24	83,98	5,30	46,12	81,11	40,90	46,21	81,15
	IV		8,54	3,20	2,76	96,90	1,20	7,23	91,21	5,10	8,46	89,57	41,60	8,96	90,11
	V		9,59	3,20	3,10	100,00	1,30	8,79	100,00	5,60	10,43	100,00	40,90	9,89	100,00
Σ		100,00	100,00	9,89	100,00		1,42	100,00		5,15	100,00		39,66	100,00	

Sortierschaubilder nach Steiner

