



## MASTERARBEIT

# Flotationsuntersuchungen an den Flußspaterzen der Firma Sachtleben Bergbau GmbH

ZUM ERWERB DES AKADEMISCHEN GRADES EINES  
DIPLOM INGENIEURS DER STUDIENRICHTUNG  
ROHSTOFFINGENIEURWESEN

Ausgeführt am  
**Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung**  
im Department Mineral Resources and Petroleum Engineering  
der Montanuniversität Leoben

Eingereicht von:  
Paul Meissner, BSc.

Betreuung:  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Helmut Flachberger  
Dipl.-Ing. Alfred Stadtschnitzer

Leoben, am 12. 04. 2010

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig 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.

Leoben, im März 2010

Paul Meissner, BSc.

# Danksagung

*Leider lässt sich eine wahrhafte Dankbarkeit mit Worten nicht ausdrücken.*

*Johann Wolfgang von Goethe*

Diese Arbeit möchte ich in tiefem Dank meinem verstorbenen Vater widmen, der mir vor und während seiner schweren Krankheit stets ein Vorbild war und immer sein wird.

Danke an meine Verlobte Sonja, für ihr Verständnis und ihre Rücksichtnahme während meines Studiums.

Ein ergebener Dank an meine Mutter und meinen Bruder für ihre unermüdliche Unterstützung während meines Studiums, trotz unserer schweren Bürde.

Ein Danke aus tiefem Herzen meinen Omas und meinem Opa für ihre großelterliche Zusprache in diesen bewegten Jahren.

Einen herzlichen Dank an DI Alfred Stadtschnitzer für seine unermüdliche Hilfe diese Arbeit erfolgreich zu beenden.

Weiters danke ich Prof. Dr. Flachberger für seine Hilfe und Unterstützung.

Herzlichen Dank an Reinhold Pigal, DI Georg Jehle, DI Robert Mauerlechner und all die netten Kollegen der Firma Sachtleben Bergbau GmbH, ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht verwirklichbar gewesen wäre.

Den Kollegen am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung in Leoben ein Dankeschön für die Unterstützung.

Tiefer Dank an meine ganze Verwandtschaft, die mich stets unterstützt hat.

Danke an meine Kommilitonen und Schulfreunde für ihre offenen Ohren und ihre hilfreichen Anleitungen während meines Studiums.

## **Kurzfassung:**

### **Flotationsuntersuchungen an den Flußspaterzen der Firma Sachtleben Bergbau GmbH**

Die Firma Sachtleben Bergbau GmbH stellt hochwertige Flußspatkonzentrate her. In der Flußspatflotation werden mehrere Roherz-Typen und unterschiedliche Produktströme verarbeitet. In dieser Arbeit wurden die Flotationseigenschaften der häufigsten Erztypen untersucht. Die Untersuchungen sollten klären, ob ein unterschiedliches Flotationsverhalten der Erze nachweisbar ist und ob sich dieses durch Beeinflussung der Trübetemperatur änderte. Dazu wurden die Erze auf Unterschiede im zeitabhängigen Inhaltsausbringen untersucht und die Versuche im Kappa-Netz ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestätigten das Unterschiede zwischen den Erztypen vorhanden waren. Bei Erhöhung der Temperatur konnte eine deutliche Verbesserung der Flotationsselektivität bei allen Erztypen festgestellt werden. Darüber hinaus wurden Versuche mit den Bergeabgängen der Flußspatflotation durchgeführt. Es sollte überprüft werden, ob ein Konzentrat zweiter Wahl aus den Bergeabgängen herstellbar ist. Dies war unter gewissen Voraussetzungen möglich. Ergänzend wurden die Daten der Betriebsprotokolle auf saisonale Schwankungen hin analysiert. Diese Untersuchungen erbrachten keine aussagekräftigen Ergebnisse, da die Datenerfassung lückenhaft war.

**Abstract:**

**An experimental study regarding the flotation characteristics of Fluorspar ores processed by the Sachtleben Bergbau Ltd.**

Sachtleben Bergbau Ltd. is a producer of high quality Fluorspar concentrates. The feed to the Fluorspar flotation plant consists of various Fluorspar ore types combined with products from the baryte processing plant. Due to this varying flotation feed, the high quality requirements represent constant challenges. In this master thesis, the flotation properties of various Fluorspar ores were characterized and the flotation-selectivity was analyzed depending on the process temperature. The characterization indicated differences in the flotation properties. An analysis of the flotation process showed an increase of selectivity at higher process temperatures. Additional flotation tests should enable the use of the Fluorspar-scavenger-tailings as a mid quality Fluorspar product. These tests revealed a feasible usage for the tailings. Finally, the Fluorspar flotation operation data of the last three years were analyzed in order to find a maybe occurring seasonal fluctuation of the flotation selectivity. However, the analyzed data showed no evaluable results due to fragmentary records.

## Inhalt

1. Arbeitsprogramm und Problemstellung .....	8
1.1. Problemstellung .....	8
1.2. Aufgabenstellung .....	8
1.3. Arbeitsprogramm .....	8
1.3.1. Untersuchungen des Flotationsverhaltens der unterschiedlichen Erztypen.....	8
1.3.2. Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses .....	9
1.3.3. Untersuchungen an den Scavengerabgängen .....	10
1.3.4. Auswertung der Flotationsdaten der letzten Jahre.....	10
2. Zusammenfassung.....	11
2.1. Flotationsverhalten der verschiedenen Erztypen .....	11
2.1.1. Diskussion .....	13
2.2. Untersuchung zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses .....	14
2.2.1. Diskussion .....	16
2.3. Untersuchung der Scavengerabgänge .....	17
2.3.1. Diskussion .....	18
2.4. Auswertung der Flotationsdaten der letzten Jahre .....	19
3. Die Flotation von Flußspaterzen in der Theorie .....	20
3.1. Die Flotation von Flußspat bei der Sachtleben Bergbau GmbH .....	22
3.1.1. Erze .....	23
3.1.2. Reagenzien.....	24
3.1.3. Anlagenbeschreibung .....	26
4. Untersuchung der Unterschiede im Flotationsverhalten der Erze.....	31
4.1. Versuchsbeschreibung .....	31
4.1.1. Laborzelle und Belüftung.....	31
4.1.2. Vorbereitung der Erze .....	32
4.1.3. Reagenzien .....	34
4.2. Versuchsergebnisse.....	36

4.2.1.	Untersuchungen der Erztypen GRÜN, DT und CaF <sub>2</sub> ex BaSO <sub>4</sub> .....	36
5.	Temperatureinfluss auf das Flotationsverhalten .....	47
5.1.	Beschreibung der Versuchsumgebung .....	48
5.2.	Versuchsergebnisse.....	48
5.2.1.	Zusammenfassung und Diskussion .....	53
6.	Untersuchung der Scavenger-Abgänge .....	54
6.1.	Beschreibung der Versuchsumgebung .....	55
6.1.1.	Aufgabe.....	55
6.2.	Versuchsüberblick .....	57
6.2.1.	Tastversuche .....	57
6.3.	Versuche mit ES.....	58
6.3.1.	Einfluss der Luftmenge und des Aufgabergehalts .....	58
6.4.	Versuche mit EG .....	62
6.5.	Zusammenfassung und Diskussion.....	66
7.	Auswertung der Flotationsdaten der letzten Jahre.....	69
7.1.	Methoden zur Auswertung .....	69
7.2.	Analyse.....	70
7.3.	Zusammenfassung .....	71
8.	Anhang .....	72
8.1.	Tabellen.....	72
8.2.	Abbildungen .....	77
9.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	78
10.	Literaturverzeichnis .....	80

## 1. Arbeitsprogramm und Problemstellung

### 1.1. Problemstellung

In der Aufbereitungsanlage der Sachtleben Bergbau GmbH in Wolfach wird Flußspat auf flotativem Wege zu hochqualitativen Flußspatkonzentraten verarbeitet. Diese finden vor allem in der Schweißtechnik Anwendung. Bisher werden die Abgänge der beiden Flußspat- und Schwespat-Flotationslinien, in der sogenannten Füllstoffflotation weiter verarbeitet. Der Markt für dieses Füllstoffkonzentrat ist jedoch im Schrumpfen begriffen. Da die Flußspatkonzentrate aber weiterhin die hohen Qualitätsanforderungen erreichen müssen, sind teilweise hohe Verluste in den Bergen in Kauf zu nehmen. Ein hohes Flußspatausbringen ist aber für die Wirtschaftlichkeit der Anlage von größter Bedeutung.

### 1.2. Aufgabenstellung

Ziel der Untersuchungen war es herauszufinden, ob die bislang festgestellten Unterschiede der Erztypen auch Auswirkungen auf die Flotation haben. Dazu mussten die Erztypen auf Ihre Flotationseigenschaften getestet werden. Auch der Einfluss der Trübetemperatur auf das Flotationsergebnis wurde untersucht.

Um das Gesamtflußspatausbringen der Anlage zu maximieren, sollte versucht werden, aus den Scavengerabgängen die bislang in die Füllstoffflotation überführt wurden, ein Flußspatkonzentrat zweiter Wahl herzustellen.

Weitere Anhaltspunkte sollten die Auswertungen der Flotationsdaten der letzten Jahre bringen. Damit sollten etwa Zusammenhänge zwischen dem Flußspatgehalt in der Aufgabe und dem der Berge festgestellt werden.

### 1.3. Arbeitsprogramm

Die Untersuchungen bezüglich eines erztypischen Flotationsverhaltens und eines möglichen Temperatureinflusses wurden zu Beginn der Arbeit durchgeführt, um detaillierte Aussagen zu den verschiedenen Roherzen zu erhalten. Die Betrachtung möglicher Verwendungszwecke der Scavengerabgänge wurde zweckdienlich in Wolfach umgesetzt. Die Auswertung der Flotationsdaten konnte während des gesamten Zeitraums der Untersuchungen erfolgen.

#### 1.3.1. Untersuchungen des Flotationsverhaltens der unterschiedlichen Erztypen

Diese Untersuchungen sollten Aufschluss über das Flotationsverhalten der verschiedenen Erztypen geben. In einer ersten Versuchsreihe wurden Unterschiede der reinen Flußspaterze (Grün, DT) herausgearbeitet. In weiterer Folge wurde auch der „Flußspat aus dem



Schwerspat" ( $\text{CaF}_2$  ex  $\text{BaSO}_4$ ) untersucht. Die Untersuchungen wurden am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung durchgeführt, die Analysen der Produkte erfolgten in Wolfach.

Wesentliche Arbeitsschritte:

- Herstellung von Urproben der unterschiedlichen Erztypen (Grün, DT) und der weiteren Bestandteile der Flotationsaufgabe (Grün und DT,  $\text{CaF}_2$  ex  $\text{BaSO}_4$ )
- Zerkleinerung der Proben (Aufschluss)
- Ermittlung des Sammlerbedarfes für die Laborflotation
- Flotationsversuche mit zeitkontrolliertem Abziehen der Schaumprodukte
- Auswertung der Versuche nach chemischer Analyse der Produkte durch Erstellung von Bilanzen

1.3.2. Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses

Mit diesen Untersuchungen sollten Einsparungspotenziale in Bezug auf die Reagenzienverbräuche aufgezeigt werden. Das Wasserbecken für die Bereitstellung von Wasser für die Nassmahlung wäre beheizbar, die notwendige Wärme könnte über Wärmetauscher aus der Trocknung bereitgestellt werden. Durch die erhöhte Temperatur könnte es zu einer besseren Verteilung des Sammlers kommen und die Anlagerungseigenschaften verbessern. Diese Untersuchungen wurden am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung durchgeführt.

Wesentliche Arbeitsschritte:

- Versuchsreihen bei unterschiedlicher Trübetemperatur
- Versuchsreihen mit unterschiedlicher Konditioniertemperatur
- Auswertung der Versuche durch chemische Analyse der Produkte und Erstellung von Bilanzen.

### 1.3.3. Untersuchungen an den Scavengerabgängen

Immer wieder wurden hohe Flußspatgehalte in den Abgängen der Scavenger festgestellt. Auch im Regelbetrieb waren noch gewisse Flußspatinhalte feststellbar. Diese Untersuchungen sollten zeigen, inwieweit ein Konzentrat zweiter Wahl hergestellt werden kann, oder ob es sinnvoll ist, einen weiteren Scavenger nachzuschalten. Diese Untersuchungen wurden im Labor in Wolfach und in der Anlage durchgeführt.

#### Wesentliche Arbeitsschritte:

- Probenahme der Scavenger-Abgänge
- Versuchsreihen:
  - ohne weitere Zugabe von Reagenzien
  - Aufmahlung der Aufgabe
  - Einfluss der Temperatur auf das Flotationsergebnis
- Auswertung der Versuche, chemische Analyse der Produkte und Erstellung von Bilanzen

### 1.3.4. Auswertung der Flotationsdaten der letzten Jahre

Sollte eine einfache Möglichkeit gefunden werden die Flotationsdaten der letzten Jahre computerunterstützt auszuwerten, könnten etwa Zusammenhänge zwischen Jahreszeit und Trübetemperatur oder Flußspatgehalten in den Bergen erkannt werden. Zusammen mit den oben angeführten Untersuchungen sollten auch Vorschläge erarbeitet werden, wie die Datenaufnahme sinnvoll ergänzt werden könnte, um in weiterer Folge vollständiges Datenmaterial zu erhalten.

## 2. Zusammenfassung

### 2.1. Flotationsverhalten der verschiedenen Erztypen

In der Flußspatflotationsanlage der Firma Sachtleben Bergbau GmbH werden eine Vielzahl von Roherztypen und Produktströmen verarbeitet. Die am häufigsten verarbeiteten Erztypen sollten auf ihr Flotationsverhalten nach folgendem Arbeitsprogramm untersucht werden:

- Grundversuche bei 25°C; 1300U/min und einer Belüftung von 2,5 l/min
  - Erztyp DT (V10+12)
  - Erztyp Grün (V9+11)
  - Erztyp CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub> (V13)
- Ergänzende Versuche bei 25°C und einer Belüftung von 2,5 l/min
  - 1300 U/min Drehzahl
    - Erztyp Grün (V24) und Erztyp DT (V25)
  - 1500 U/min Drehzahl
    - Erztyp Grün (V19) und Erztyp DT (V20)

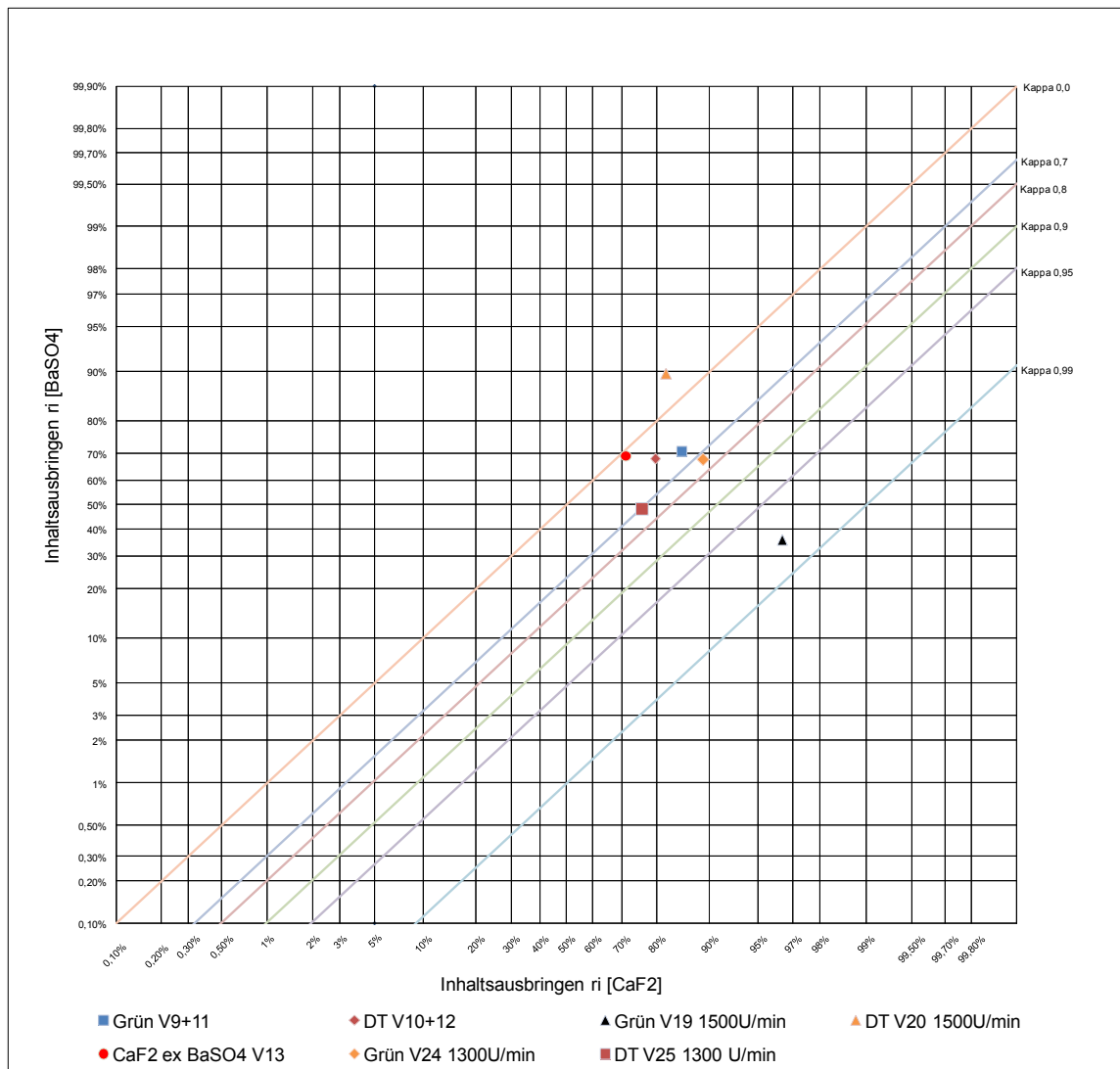
In Tastversuchen wurde eine *Standardreagenzienkonzentration* ermittelt mit denen vergleichbare Ergebnisse wie in der Flotationsgrundstufe (Rougher) der Anlage Wolfach erzielt werden konnten. Diese Reagenzienkonzentration kam bei allen Versuchen in diesem Kapitel zum Einsatz. Nachreinigungsversuche haben ergänzend gezeigt, dass mit Hilfe einer mehrstufigen Nachreinigung Produkte von über 90 % CaF<sub>2</sub> (siehe Versuch 7 und 8) erreichbar waren.

Die Grundversuche haben ein ähnliches zeitabhängiges Flotationsverhalten der Erztypen DT, Grün und CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub> nachgewiesen. Unterschiede im Inhaltsausbringen sind durch die verschiedenen hohen Gehalte an BaSO<sub>4</sub> und CaF<sub>2</sub> bedingt. Die Versuche mit verringerter Luftmenge (von ~4 l/min auf ~2,5 l/min) und teilweise veränderter Drehzahl (1300 U/min oder 1500 U/min) ermöglichten keine Aussage zum zeitabhängigen Inhaltsausbringen.

- Die **BaSO<sub>4</sub> Selektivitätsbetrachtung** in Abbildung 1 zeigte, dass die Selektivität der einzelnen Erztypen deutlich unterschiedlich war. Die Streuung erfolgte in einer waagrechten, linienartigen Verteilung. Dies zeigte, dass das Inhaltsausbringen an BaSO<sub>4</sub> unabhängig vom Erztyp ist. Erztyp „Grün“ wurde am selektivsten flotiert, Erztyp „DT“ lag in der Mitte und am unselektivsten erfolgte die Flotation des Erztyps „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“. Dieses Verhalten war auf die stark unterschiedlichen Aufgabegehalte von CaF<sub>2</sub> und BaSO<sub>4</sub> in den verschiedenen Erztypen zurückzuführen.

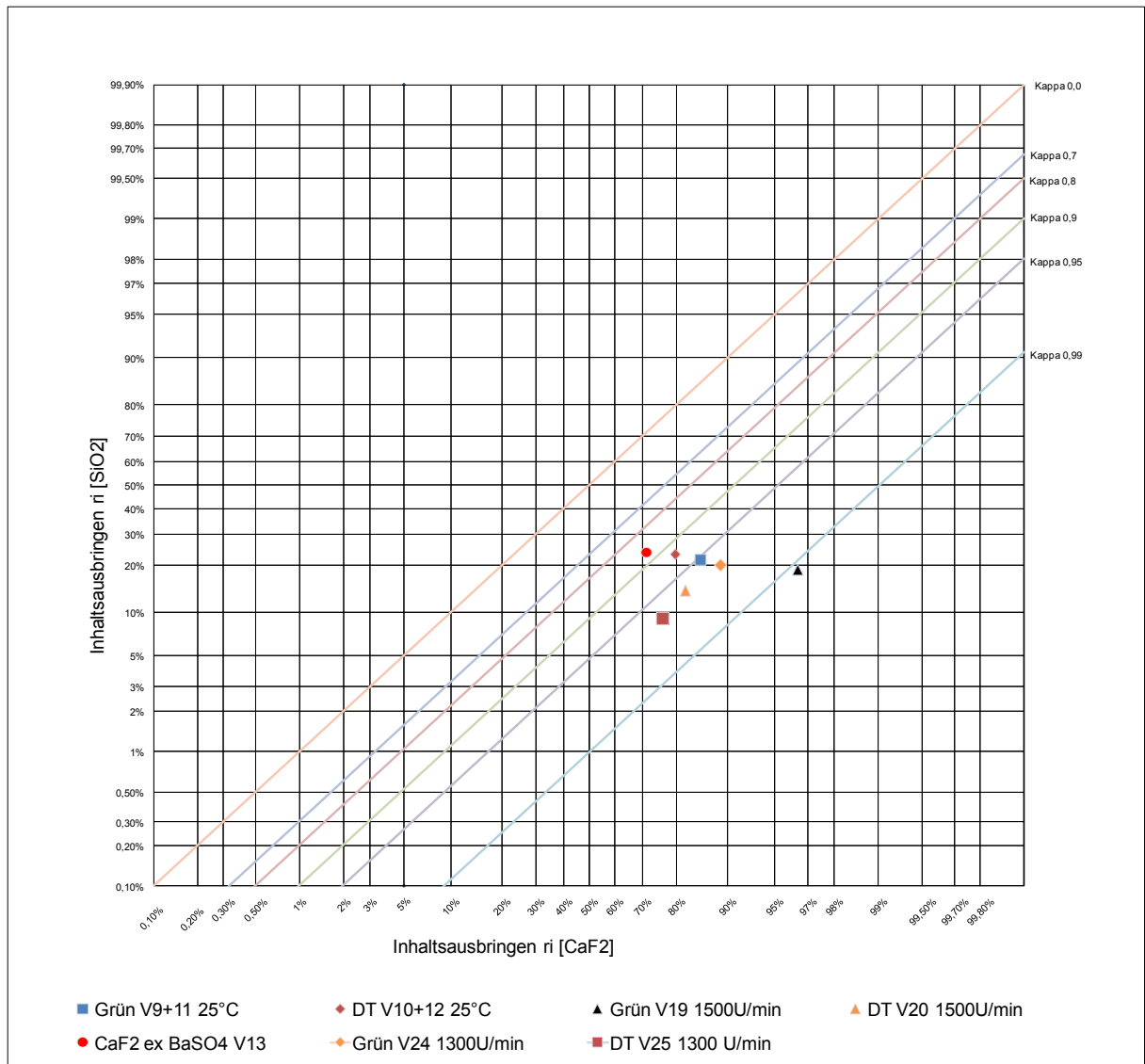
Versuche mit 1500 U/min und verminderter Luftzugabe führten zu einem in das

Extrem gehende Verhalten (Erztyp-Grün  $\text{Kappa} > 0,99$  während Erztyp-DT  $\text{Kappa} < 0$ ). Bei Versuchen mit 1300 U/min konnte kein Selektivitätsunterschied der Erztypen beobachtet werden, die Selektivitätsgrößenordnung entsprach aber der der Grundversuche.



**Abbildung 1:  $\text{BaSO}_4$  Kappa-Netz zu Punkt 1.1. Flotationsverhalten der verschiedenen Erztypen**

- Die  **$\text{SiO}_2$  Selektivitätsbetrachtung** (Abbildung 2) belegte, dass die Reihung der Erzselektivität keiner Änderung unterliegt. „Grün“ war deutlich selektiver als „DT“, und „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“ ist am unselektivsten. Die ergänzenden Versuche zeigten in dieser Darstellungsweise eine zu den Basisversuchen passende Selektivität. Bei den Versuchen mit 1300 U/min und etwa 2,5 l/min konnten nur geringfügige Selektivitätsunterschiede festgestellt werden. Diese Tatsache wurde durch die geringe Belüftungsintensität erklärbar. Nur V19 (1500 U/min und 2,5 l/min) war noch immer überproportional selektiv. Die genaue Ursache dafür konnte nicht ermittelt werden.



**Abbildung 2: SiO<sub>2</sub> Kappa-Netz zu Punkt 1.1. Flotationsverhalten der verschiedenen Erztypen**

### 2.1.1. Diskussion

Ein Selektivitätsunterschied zwischen den Erztypen konnte festgestellt werden. Der Unterschied war im zeitabhängigen Inhaltsausbringen aber gering ausgeprägt. In der Betrachtung mittels Kappa-Netz zeigte sich ein eindeutiger Selektivitätsunterschied der Erztypen. Vom selektivsten zum unselektivsten Erz gilt die Reihung: Grün; DT; „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>. Eine Verringerung der Luftmenge auf 2,5 l/min führte zu einer Erhöhung der Selektivität und zu einem Zusammenrücken der erztypspezifischen Selektivitäten. Eine Erhöhung der Drehzahl brachte keinen nachweisbaren Vorteil und führte zu schwer interpretierbaren Ergebnissen.

## 2.2. Untersuchung zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses

Um den Temperatureinfluss auf das Flotationsverhalten zu untersuchen, wurden mehrere Versuchsreihen durchgeführt.

- Grundversuche mit 12, 25 und 50°C Konditionier- und Flotationstemperatur
  - 12°C →Erztyp Grün (V15) ; Erztyp DT (V16)
  - 25°C →Erztyp Grün (V9+11) ; Erztyp DT (V10+12)
  - 50°C →Erztyp Grün (V14) ; Erztyp DT (V17)

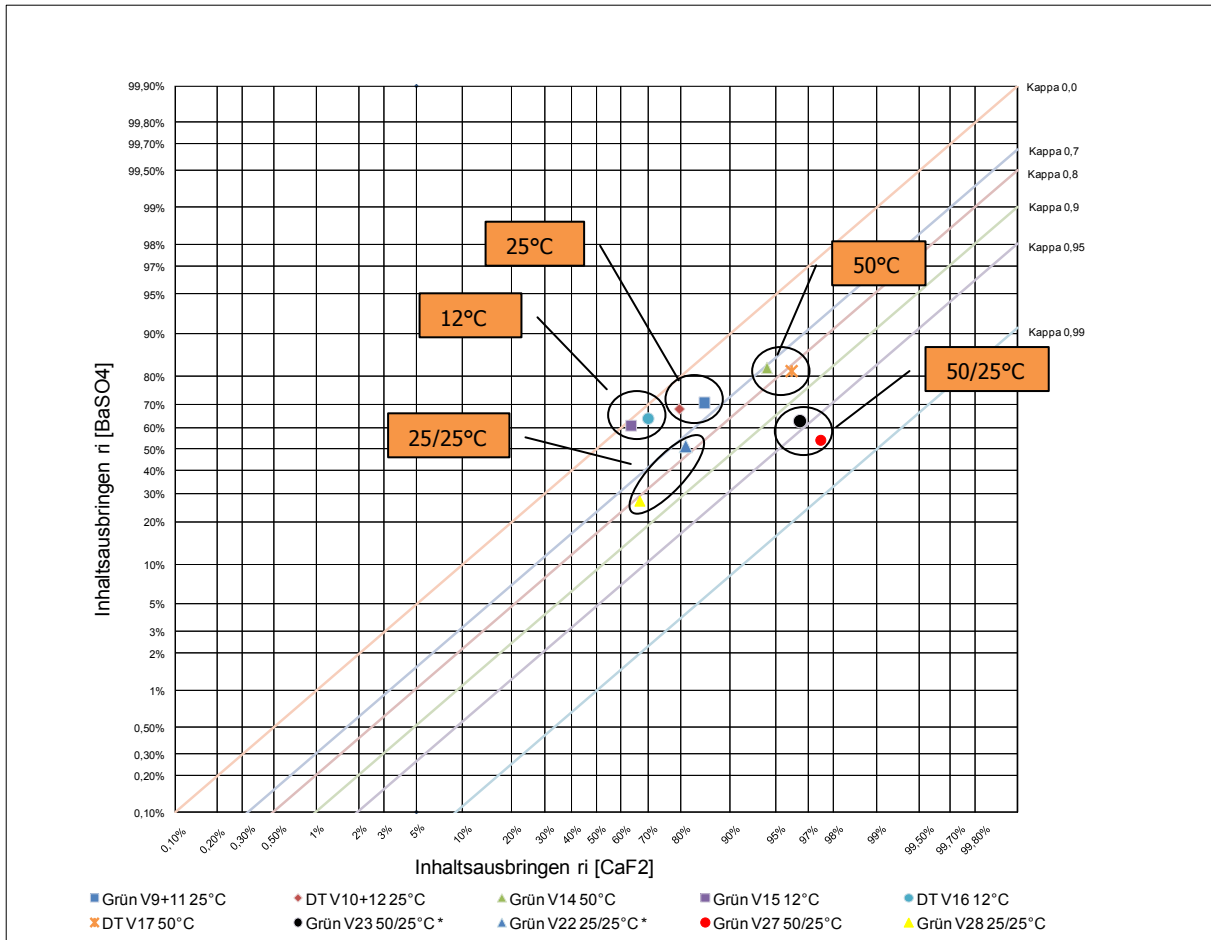
In einer weiteren Versuchsreihe wurde getestet, ob eine Konditionierung bei erhöhter Temperatur den gleichen Effekt erzielt, wie eine Beheizung der kompletten Flotationsanlage. Diese Versuche wurden nur mit dem Erztyp „Grün“ durchgeführt.

- Ergänzende Versuche mit 50°C Konditionier- und 25°C Flotationstemperatur (V23 und V27)
  - Parallelversuche mit 25°C Konditionier- und Flotationstemperatur zum Erfassen des Einflusses der Abkühlzeit (V22 und V28)

Die Grundversuche haben eine eindeutige Veränderung des Flotationsverhaltens der einzelnen Erze bei Veränderung der Temperatur aufgezeigt. Grün und DT wiesen ein ähnliches, temperaturabhängiges Verhalten auf. Dies bestätigte sich in der Darstellung des zeitabhängigen Inhaltsausbringens. Zur Selektivitätsbetrachtung wurde das Kappa-Netz verwendet.

- Die **BaSO<sub>4</sub>-Selektivitätsbetrachtung** der Versuche (Abbildung 3) bildete eine Selektivitätsverbesserung bei Erwärmung der Trüben ab. Bei Abkühlung der Trübe sank die Selektivität wie erwartet ab. Dabei ähnelten sich Grün- und DT-Erz im Verhalten, ein selektiveres Erz ließ sich nicht bestimmen. So war das Grün-Erz bei 25°C etwas selektiver als DT, bei 12°C und 50°C war DT-Erz aber leicht selektiver als das Grün-Erz.

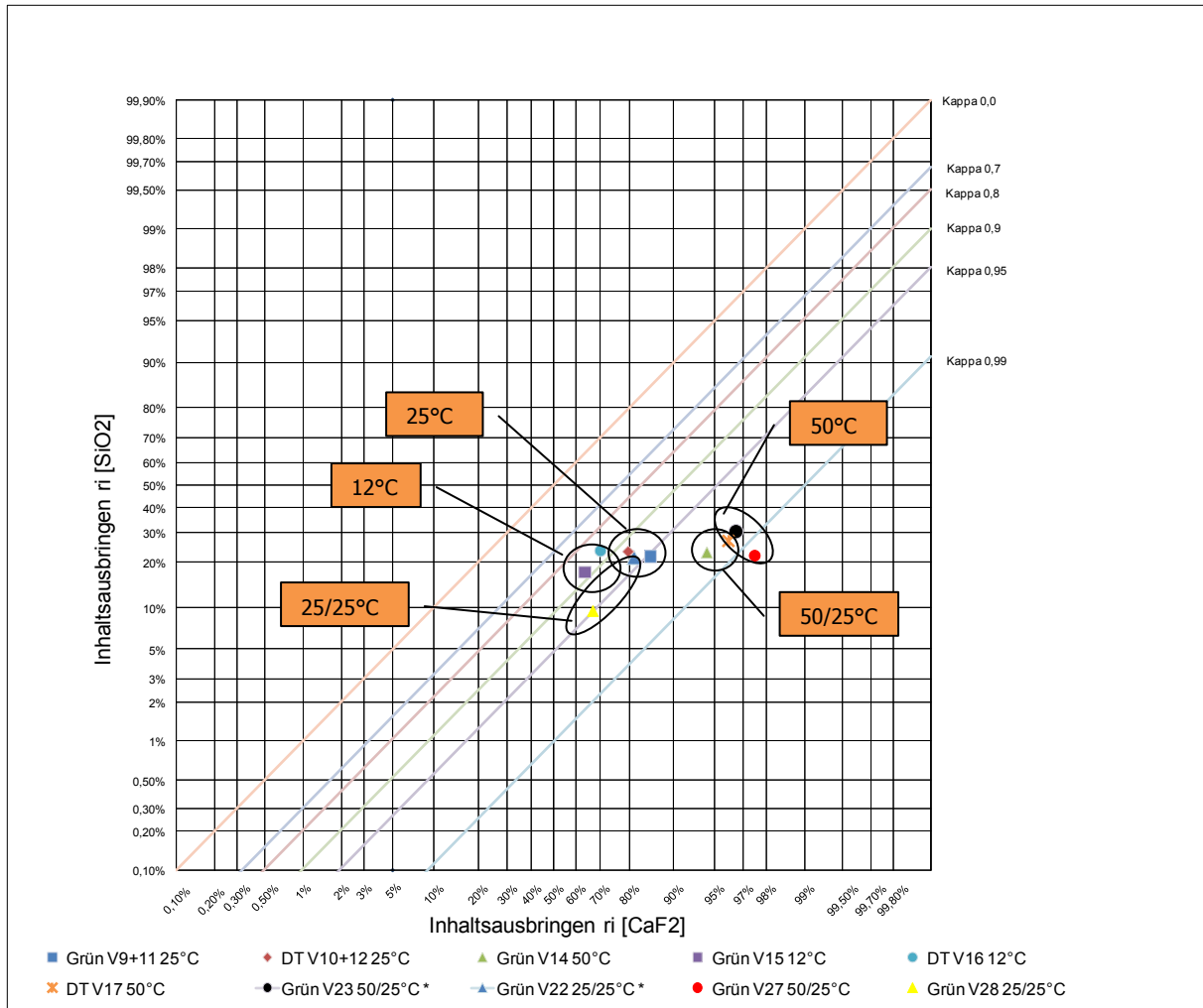
Versuche zur Untersuchung des Einflusses auf die Konditioniertemperatur zeigten, dass ein deutlicher Selektivitätsgewinn durch eine erhöhte Temperatur während der Konditionierung erreichbar war. Diese Versuche zeigten höhere Kappa-Werte als die Grundversuche mit 25°C bzw. 50°C. Erklärung war die lange Abkühlzeit von über 3 Stunden, und die damit einhergehende längere Konditionierzeit.



**Abbildung 3:  $\text{BaSO}_4$  Kappa-Netz zu Punkt 1.2. Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses**

- Die  **$\text{SiO}_2$ -Selektivitätsbetrachtung** der Versuche (Abbildung 4) zeigte ein ähnliches Bild. Die Versuche mit warmer Trübe waren selektiver, als jene mit kalten Trüben. Die Erztypen wiesen ein ähnliches, temperaturabhängiges Verhalten auf. Bei näherer Betrachtung zeigte sich allerdings, dass das Inhaltsausbringen von  $\text{SiO}_2$  bei allen Versuchen nahezu konstant blieb. Der Zugewinn an Selektivität wurde nicht durch ein effektiveres Drücken von  $\text{SiO}_2$  erreicht, sondern durch eine Verbesserung des Inhaltsausbringens von  $\text{CaF}_2$  bei erhöhter Temperatur.

Die Versuche zur Klärung des Einflusses der Konditioniertemperatur stellten dar, dass ein deutlicher Selektivitätszugewinn über eine erhöhte Konditioniertemperatur möglich ist. Die Kappa-Werte der Versuche lagen bei denen der Grundversuche.



**Abbildung 4: SiO<sub>2</sub> Kappa-Netz zu Punkt 1.2. Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses**

### 2.2.1. Diskussion

Ein eindeutiger Einfluss der Temperatur auf das Flotationsverhalten konnte nachgewiesen werden. Je wärmer die Trübe war, umso selektiver wurde das Flotationsergebnis. Diese Abhängigkeit war bei beiden Erztypen (Grün und DT) in etwa gleichem Maße vorhanden. Ein „thermoselektiveres“ Erz konnte nicht benannt werden. Es zeigte sich, dass ein Gewinn an Selektivität mittels Beheizung des Konditioniergefäßes möglich war. Eine Beheizung der Anlage war nicht notwendig, um eine Verbesserung der Selektivität zu erreichen.



### 2.3. Untersuchung der Scavengerabgänge

Die Untersuchungen an den Scavengerabgängen der Flußspatflotationsanlage in Wolfach zeigten die Möglichkeit, ein Konzentrat zweiter Wahl aus den Scavengerabgängen zu produzieren. Die Anforderungen an ein solches Produkt waren:

- Keine erneute Zugabe von Reagenzien
- $\text{CaF}_2$  Gehalt von über 80%
- $\text{BaSO}_4$  Gehalt von unter 10%

Es wurde der Einfluss der Korngröße, der Temperatur, der Belüftung und des  $\text{CaF}_2$  Aufgabegehaltes auf die Selektivität der Flotation untersucht. Auch aus diesen Versuchen leitete sich ab, dass eine Erhöhung der Temperatur eine eindeutige Verbesserung der Selektivität mit sich brachte. Ein Aufmahlen der Aufgabe brachte nur sehr bescheidene Verbesserungen, und kann so als verbessernde Maßnahme verworfen werden. Der Aufgabegehalt hatte einen nur sehr geringen Einfluss auf die Selektivität, und die Belüftung beeinflusste die Selektivität schwankend auf einem sehr hohen Niveau ( $\text{Kappa} \sim 0,99$ ).

Es zeigte sich, dass die teilweise auftretenden hohen Flußspatgehalte von über 40% in den Bergen in erster Linie ein Verweilzeitproblem und nicht, wie zuerst angenommen, ein Selektivitätsproblem darstellen. Die Anlage müsste je nach Betriebszustand und Produktart mit einigen Scavengerzellen mehr ausgestattet sein, um ein befriedigendes Inhaltsausbringen zu erreichen.

Es wurden für die Herstellung eines Konzentrats eine Grenze von 10%  $\text{CaF}_2$  in den Flotationsbergen definiert.

- **Bergeabgänge mit weniger als 10 %  $\text{CaF}_2$**

Bei so niedrigem Aufgabegehalt konnten die Voraussetzungen für ein Konzentrat zweiter Wahl nicht erfüllt werden. Das Schaumprodukt einer solchen Flotation könnte aber in die Grundstufe der Flotation zurückgeführt werden.

- **Bergeabgänge mit mehr als 10 %  $\text{CaF}_2$**

Die Bilanzen der Versuche zeigten, dass für die Herstellung eines Konzentrats zweiter Wahl eine Aufgabe mit ca. 10%  $\text{CaF}_2$  Voraussetzung war. Für das Erreichen der Anforderungen waren weder mehr Reagenzien, noch eine erhöhte Temperatur, noch eine Nachmahlung nötig. Die Bergeabgänge ließen eine direkt nachgeschaltete Flotationsstufe zu. Diese nachgeschaltete Stufe wurde mit ca. 5,5 l/min belüftet. Die Untersuchungen wurden direkt an Elektrodenspat-Grob und Elektrodenspat-Spezial

Bergen der Flotation durchgeführt und lieferten bei beiden Abgängen zufriedenstellende Ergebnisse.

Basierend auf diesen Versuchen wurde eine Abschätzung des zu erwartenden Masseausbringens an Konzentrat zweiter Wahl errechnet.

**Tabelle 1: Abschätzen des Masseausbringens eines Konzentrates zweiter Wahl**

Produkt	Masseausbringen [%]	CaF <sub>2</sub>			BaSO <sub>4</sub>		
		Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Konzentrat	9,11	93,76	854,08	68,00	2,69	24,5037884	1,67
Berge	90,89	4,42	401,92	32,00	15,84	1439,50	98,33
Aufgabe	100,00	12,56	1256,00	100,00	14,64	1464,00	100,00

Produkt	Massestrom [t/h]	Massestrom [t/d]
Konzentrat	0,87	13,85
Berge	8,63	138,15
Aufgabe	9,50	152,00

Aus dieser Abschätzung kann mit einem Massestrom von ca. 0,87 t/h an Konzentrat zweiter Wahl gerechnet werden.

### 2.3.1. Diskussion

Die Herstellung eines Konzentrates zweiter Wahl war bei geeigneten Bergeabgängen mit mehr als 10% CaF<sub>2</sub> ohne Probleme möglich. Bei einem CaF<sub>2</sub> Gehalt von unter 10 % ist eine Rückführung in die Grundstufe der Flotation anzudenken. Es sollte überlegt werden, ob eine zuschaltbare Verlängerung der Scavengerflotationsbank vorteilhaft wäre, um das Inhaltsausbringen zu verbessern. Die Produktion eines Konzentrates zweiter Wahl wäre dann bei Bedarf ohne Probleme möglich.

## 2.4. Auswertung der Flotationsdaten der letzten Jahre

Die statistische Auswertung brachte keinen Hinweis auf eine saisonale Abhängigkeit der Anlage. Alle Vermutungen konnten aber nicht zur Gänze ausgeschlossen werden. Die Datensätze waren oft stark fragmentiert, und die Möglichkeit eines Zahlensturzes, oder die Verschiebung eines Kommas ist bei manueller Führung der Aufzeichnungen nie auszuschließen. Eine richtige und statistisch einwandfreie Anwendung von Filterkriterien zur Aussiebung fehlerhafter Datensätze ist nicht ohne Bewertung der Unsicherheitsfaktoren möglich. Die Aufzeichnungen sollten in Zukunft um folgende Daten erweitert werden, um eine sichere statistische Auswertung bezüglich der Roherzsorten zu ermöglichen.

- Typ des aufgegeben Erzes (Grün, Sand, Silberspat usw.)
- Masseverhältnis der Außenaufgabe zur Bunkeraufgabe und Art der Außenaufgabe
- Genaue Bezeichnung des erwünschten Endproduktes
- Temperatur des Prozesswassers
- Temperatur im Konditioniergefäß

### 3. Die Flotation von Flußspaterzen in der Theorie

Flußspat ( $\text{CaF}_2$ ;  $3,2 \text{ g/cm}^3$ ) kann in mehreren Lagerstättentypen vorliegen, hier sind zu nennen:

- Nicht alkalische Lagerstätten mit hohem silikatischen Anteil an der Gangart
- Alkalische Lagerstätten mit einem hohen Gehalt an Kalkstein in der Gangart
- Schwerspathältige Lagerstätten.

(Okrusch und Matthes 2005) Seite 244, 267 und 301

Die Firma Sachtleben Bergbau GmbH verarbeitet in Wolfach Erz aus der schwerspathältigen Lagerstätte „Grube Clara“.

In diesen Lagerstätten liegen Flußspat und Schwerspat ( $\text{BaSO}_4$ ;  $4,4 \text{ g/cm}^3$ ) eng vergesellschaftet vor. Außerdem kommen silikatische (meist Quarz;  $\text{SiO}_2$ ;  $2,65 \text{ g/cm}^3$ ) und sulfidische Gangart vor. Durch ihre chemische Struktur sind Fluß- und Schwerspat aufbereitungstechnisch schwierig durch Flotation trennbar. Die Dichtesortierung ermöglicht zwar eine gute Vorsortierung, bedingt durch den hohen Dichteunterschied von  $\Delta 1,3 \text{ g/cm}^3$ , je nach Erztyp verhindert aber die enge Verwachsung die Herstellung eines hochwertigen Konzentrats. Die Flotation von Flußspaterzen ist daher ein praktikabler Weg, hochwertige sortenreine Konzentrate trotz aller aufbereitungstechnischer Herausforderungen herzustellen.

#### **Reagenzien**

Typische Reagenzien in der Flußspatflotation sind laut „Aufbereitung fester Stoffe BAND II“ von H. Schubert und „SME Mineral Processing Handbook“:

##### *Olein: ungesättigte Fettsäure*

Olein ist ein Sammler, der selektiv auf Ionen der Erdalkali-Gruppe wirkt. Dazu zählen  $\text{Ca}^{2+}$  wie auch  $\text{Ba}^{2+}$  Ionen, was zu einer Affinität zu Flußspat und Schwerspat führt. Generell ist dieser Sammler sehr unselektiv gegenüber der Gangart, und benötigt ein Regime an Drückern und anderen Hilfsreagenzien, um effektiv bei der Fluß- oder Schwerspatflotation eingesetzt werden zu können.

Wasserglas ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Wasserglas oder Natriummetasilikat ist ein wasserlöslicher Drücker, der auf silikatische Mineralphasen wirkt.

Ligninsulfonat

Ligninsulfonat ist ein Drücker für Schwerspat.

Quebracho

Quebracho ist ein Drücker, der selektiv auf Kalzit und Kalkstein wirkt. Er wird aus dem Saft des Quebracho-Baums gewonnen.

Stärke (Dextrin)

Stärke (Dextrin) ist ein Drücker für Glimmer und sulfidische Minerale.

Natriumlaurylsulfat (SDS)

Natriumlaurylsulfat ist ein Drücker für Flußspat. Er wird bei der indirekten Flotation von Flußspat verwendet. Dieses Reagenz ist für Wolfach in der Flußspatflotation nicht von Bedeutung.

In der Literatur werden auch Angaben über die üblichen Flotationsparameter wie pH-Wert und Temperatur gegeben.

pH-Wert

Der pH-Wert sollte in einem Bereich zwischen 8,5 – 10 liegen. Zur Regulierung des pH-Werts kann Ätznatron oder Flusssäure verwendet werden. Die Flotation mit Ligninsulfonat erfordert keinen erhöhten pH-Wert.

Temperatur

Der Temperaturbereich liegt zwischen 23°C und 93°C bei Verwendung der klassischen Drücker, wie Stärke oder Wasserglas. Bei Einsatz von Ligninsulfonat können auch tiefere Temperaturen bei der Flotation vorliegen.

**Flotationsverfahren**

Im Regelfall wird der Flußspat durch Drücken der Gangart direkt gewonnen. Als Sammler wird Olein und als Drücker, je nach Gangart und Lagerstättentyp, Wasserglas für silikatische Gangart, Ligninsulfonat für schwerspathältige Gangart, Quebracho für Kalkstein und Stärke  
Masterarbeit: Paul Meissner , BSc. Seite 21

(Dextrin) für sulfidische Gangart verwendet. In Italien wird auch laut „SME Mineral processing handbook“ indirekt flотиert. Dazu wird Natriumlaurylsulfat verwendet, dieser Drücker wirkt selektiv auf Flußspat. So kann der Schwerspat direkt flотиert werden. Abschließend wird mithilfe von Fettaminen die silikatische Gangart flотиert. Nun bleibt Flußspat als Rückstand zurück. Dieses Verfahren macht allerdings nur bei hohen Aufgabehalten an Flußspat und dem Nichtvorhandensein sulfidischer Gangart Sinn.

### 3.1. Die Flotation von Flußspat bei der Sachtleben Bergbau GmbH

Die Sachtleben Bergbau GmbH verwendet in Wolfach als Aufgabe Erze aus der Flußspat- und Schwerspatgrube Clara. Die dortige Lagerstätte ist eine Ganglagerstätte. Sie besteht aus drei Einzelgängen. Einem Schwerspatgang, auf den hier nicht näher eingegangen wird, einem Flußspatgang und einem dritten, silikat-, sulfid- und schwerspathältigen Gang. Dieser dritte Gang wird im Betrieb als Diagonaltrum bezeichnet.

In die Flußspatproduktion kommt Erz aus dem Flußspatgang, im Betrieb als „Grün-Erz“ bezeichnet. Neben Flußspat kommt hier silikatische, sulfidische und schwerspathältige Gangart vor. Weiters kann Erz aus dem sogenannten „Diagonaltrum“ als Flotationsaufgabe dienen. Prozessbedingt fallen bei allen oben genannten Erztypen drei Fraktionen an, die sogenannten Setzberge, der Grobsand und der Feinsand. Die Setzberge kommen direkt aus der Schwertrübescheidung (STS). Die Grob- und Feinsande fallen über das Waschsieb zu Beginn der STS an, wobei die Grobsande direkt in den Setzberge-Bunker gehen. Die Feinsande werden je nach Produktionsstatus über die Außenaufgabe der Flußspatflotation in die Anlage aufgegeben. Je nach Zielqualität kann auch „DT-Bleireich Erz“ aus einem entsprechend bleiereichen Teil der Ganglagerstätte zugegeben werden.

Ergänzend kann auch Flußspaterz aus der Dichtesortierung der Schwerspatproduktion beigemischt werden. Als ergänzendes Produkt aus der Schwerspatproduktion kann der sogenannte „Splitt“ anfallen. Ein feinkörniges Produkt, welches als Anhaftung an den Bandabstreifern anfällt und einen Flußspatgehalt von ungefähr 40% hat.

Der Betrieb ist durch diese vielen Möglichkeiten der Aufgabe, den schwankenden Gehalten in den Aufgaben und den verschiedensten Mischungsmöglichkeiten der Aufgaben sehr komplex. Diese Komplexität wird noch durch verschiedene Zielqualitäten erhöht.

### 3.1.1. Erze

Im Zuge dieser Masterarbeit sollten schwerpunktmäßig die zwei Erztypen „Grün“ und „DT“, betrachtet werden. Diese Erze stellen den überwiegenden Anteil der Aufgabe in die Flußspatflotation dar. Ein dritte Flußspatquelle, „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“, sollte ergänzend überprüft werden.

In der betrieblichen Dokumentation werden die Erztypen mit Kennzahlen versehen, die auch über die etwaigen Beimischungen von anderen Erztypen Aussage geben.

- Grün→[1/0/0]
- DT→[0/0/1]
- DT-bleireich→[0/1/0]
- CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub> hat keine solche Nummer

Die Bezeichnung [1/0/1] würde auf ein Erz mit 1 Teil Grün und 1 Teil DT hinweisen. In den Versuchen werden aber nur Reinerzproben verwendet.

#### 3.1.1.1. Erz „Grün“

Erz „Grün“ stellt den prozentmäßig größten Teil der Flotationsaufgabe dar und hat einen sehr hohen Gehalt an CaF<sub>2</sub> bei geringem BaSO<sub>4</sub>-Gehalt und relativ wenig silikatischer Gangart. Sulfidische Gangart ist nur in Spuren vorhanden.

**Tabelle 2: Zusammensetzung Erz "Grün"**

#### **Erz „Grün“**

Durchschnittlicher Flußspatgehalt [%]	85
Durchschnittlicher Schwerspatgehalt [%]	1,2
Durchschnittlicher Silikatgehalt [%]	10,5

#### 3.1.1.2. Erz „Diagonaltrum“ bzw. „DT“

Das Erz mit der Bezeichnung „Diagonaltrum“ stellt ein flußspathältiges Erz mit hohem Gehalt an silikatischer Gangart dar. Der BaSO<sub>4</sub>-Gehalt ist ebenfalls deutlich höher als bei Erz „Grün“. Die sulfidische Gangart ist hier qualitativ in deutlich größerem Maße vorhanden.

**Tabelle 3: Zusammensetzung Erz "DT"****Erz „DT“**

Durchschnittlicher Flußspatgehalt [%]	61
Durchschnittlicher Schwerspatgehalt [%]	10
Durchschnittlicher Silikatgehalt [%]	21

**3.1.1.3. Erz „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“**

Das Erz mit der Bezeichnung „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“ stellt ein Nebenprodukt der Schwerspatproduktion dar. Es wird mithilfe eines zweistufigen Schwertrübesortierverfahrens in der Schwerspatproduktion gewonnen. In einem ersten Schritt wird dort mithilfe eines Tri-Flo-Scheiders bei einer Aufgabetrübedichte von 2,7 g/cm<sup>3</sup> die silikatische Gangart abgetrennt. In der zweiten Stufe wird nun bei einer Dichte von 3,4 g/cm<sup>3</sup> das Schwergut der ersten Stufe in eine Flußspatfraktion (Leichtgut) und einen Schwerspatfraktion (Schwergut) getrennt. Diese Flußspatfraktion wird der Flotation als Teilmenge der Aufgabe zugegeben.

**Tabelle 4: Zusammensetzung Erz "CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>"****Erz „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“**

Durchschnittlicher Flußspatgehalt [%]	68
Durchschnittlicher Schwerspatgehalt [%]	6
Durchschnittlicher Silikatgehalt [%]	18

**3.1.2. Reagenzien**

In der Flotationsanlage der Sachtleben Bergbau GmbH werden vier Reagenzien verwendet. Deren Mischungsverhältnis wird je nach Aufgabenzusammensetzung, nach dem Bergegehalt und nach dem „Gespür“ der Flotationsmannschaft verändert. Hier können zum Überblick nur Richtwerte gegeben werden. Die Aufgabe der Reagenzien erfolgt teilweise im Konditionierer und in der Anlage selbst. Die Reagenzien für die Versuche wurden aus Wolfach per Kurier angeliefert und in Leoben nach den Anleitungen des Wolfacher Betriebspersonals verdünnt.



**Tabelle 5:Reagenziendosierung in der Anlage Wolfach**

	niedrigste Dosierung			höchste Dosierung		
	[ml/min]	[ml/t]	ppm	[ml/min]	[ml/t]	ppm [g/t]
Collex pur	360	1136	1386	810	2557	3120
MW05 pur	28	90	110	64	204	249
MW05 8%	800	2526	2627	800	2526	2627
Olein pur	80	252	229	150	473	431
Flotanol C7 pur	10	31	31	20	63	63

- **Collex (Borrekol CA 520)**

Collex ist eine Handelsbezeichnung des Drückers Ligninsulfonat. Dieser Drücker wird von der Firma Borregaard LignoTech hergestellt und vertrieben.

- **MW05**

Das Reagenz MW05 soll als Sammler (Oxydryl-Sammler) und als Schäumer bzw. Schaumstabilisator wirken. Sein chemischer Name lautet auf Alkyl-Ether-Phosphorester. Hergestellt wird dieses Reagenz von Kao Chemicals. MW05 wird wegen seiner hohen Viskosität als 8 %ige verdünnte Lösung zugegeben.

- **Olein**

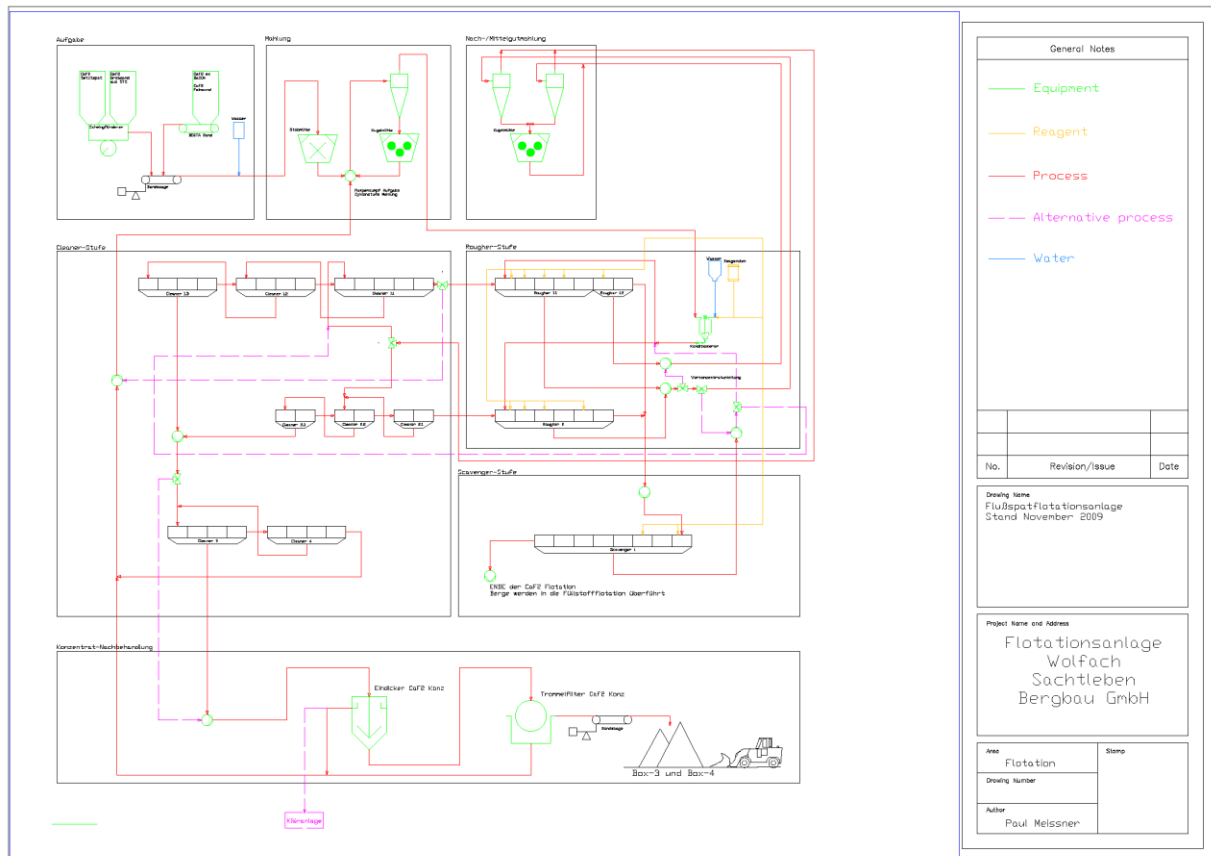
Dieser Sammler auf Fettsäurebasis ist der Hauptsammler. Olein ist aber sehr unselektiv gegenüber Schwespat und benötigt daher die richtige Dosierung von Drückern.

- **Flotanol C7**

Flotanol C7 ist ein Schäumer auf Alkoholbasis.

### 3.1.3. Anlagenbeschreibung

Die Sachtlebenbergbau GmbH betreibt neben der Flußspatflotationslinie auch eine Schwespatflotationslinie. Zur Nachreinigen der Berge aus beiden Linien wird eine Reststoffflotation mithilfe hochdosierter Sammler durchgeführt. Diese Flotationslinie wird ihrem Endprodukt nach, als Füllstoffflotationsanlage bezeichnet. Diese Arbeit beschäftigt sich aber nur mit der Flußspatlinie.



**Abbildung 5: Flußspatflotation der Sachtleben Bergbau GmbH (Abbildung besser im Anhang ersichtlich)**

Die Trübedichte der Flotationsaufgabe wird im Konditioniergefäß eingestellt und überwacht. In der Zwischengutmahlung wird die Trübedichte ebenfalls kontrolliert und gegebenenfalls angepasst. Der pH-Wert liegt ohne Beeinflussung von außen bei ca. 8,0 – 8,5. Der pH-Wert kann durch Betonreste aus dem Bergbau in der Aufgabe stark steigen. Durch die Zugabe von verdünnter Flusssäure wird der pH-Wert in einem solchen Fall stabilisiert.

**Tabelle 6: Parameter der Flußspatflotation Wolfach**

Tonne Erzaufgabe je Stunde	17-21	t/h	Gemittelte Dichte des Erzes:	3,1	g/cm <sup>3</sup>
pH Wert in Konditionierer	8,0 - 8,5			min.	max.
Trübedichte im Konditionierer	1200-1350	g/l	Feststoffvolumskonzentration: [%]	10%	17%
Trübedichte in Zelle	1200-1250	g/l	Feststoffvolumskonzentration: [%]	10%	12%
Konditionierzeit	ca. 10	min			

### 3.1.3.1. Vorbereitung

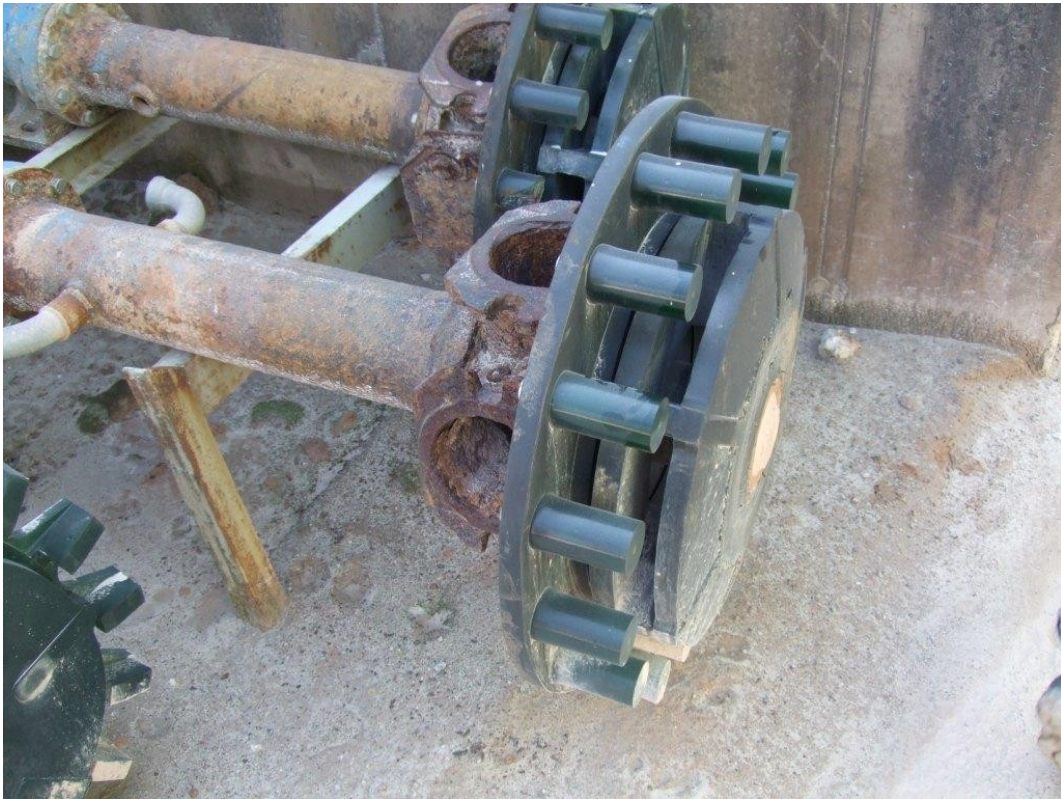
Die Aufgabe wird aus zwei Bunkern gezogen. Ein Bunker wird mit Flußspatgrobsand (Erztyp Grün und DT) und den Setzbergen DT und Grün (CaF<sub>2</sub> aus der STS) gefüllt. Der zweite Bunker enthält DT-bleireich. Ergänzend kann über die externe Aufgabe, mittels Radlader, Flußspaterz aus der Schwerspatproduktion, "CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>", Flußspatfeinsand (DT und Grün) oder „Splitt“ zugegeben werden. Die Aufgabe wird nun nass in einer Stabmühle (R<sub>100µm</sub>=88%) und anschließend in einer Kugelmühle (R<sub>100µm</sub>=55%) per Umlaufzerkleinerung mit Vorklassierung (Hydrozyklon) zerkleinert. Das Mahlgut wird im Anschluss daran im Konditionierer mit den Reagenzien versetzt. Die Reagenzien werden zentral nach der Rezeptur gemischt und dann verteilt. Die Verteilung ist in der folgenden Tabelle ersichtlich.

**Tabelle 7: Reagenzienverteilung in der Flußspatflotationsanlage**

	Trübe Verteiler 2	Schaumrinne Cleaner 2.3	Konditioniergefäß	Scavengerzellen	Aufgabe Scavenger	Summe
C7	0%	0%	67%	33%	0%	100%
Olein	0%	0%	67%	33%	0%	100%
MW05	17%	17%	50%	17%	variabel	100%
Dextrin*	33%	33%	33%	0%	0%	100%
Collex	33%	33%	33%	0%	0%	100%

\*Dextrin wird derzeit in Wolfach nicht verwendet.

Die Flotationsmaschinen in der Anlage sind vom Typ KRUPS, welche bis auf einige Details dem Typ WEDAG ähneln. Die Belüftung erfolgt mechanisch durch die Drehung des Rührwerks, die Zellen sind nicht fremdbelüftet.



**Abbildung 6: Rührwerk einer Flotationsmaschine vom Typ KRUPS**



**Abbildung 7: Flotationsanlage in Wolfach**



**Abbildung 8: Hydrozyklonstufe der Mahlung, im Vordergrund ist das Konditioniergefäß erkennbar.**

#### *3.1.3.2. Rougher*

Die Rougherstufe ist zweifach ausgeführt. Die zwei Linien werden je nach Auslastung beschickt. Das Schaumprodukt kann für die gewünschte Produktqualität und Korngrößenverteilung in die Mittelgutmahlung gefördert werden, oder direkt dem Cleaner aufgegeben werden. Die Mittelgutmahlung ist als Kreislaufzerkleinerung mit einer Kugelmühle ( $R_{100\mu\text{m}}=20\%$ ) und einem Hydrozyklon ausgeführt. Der Zellenunterlauf wird in den Scavenger aufgegeben. Das Schaumprodukt wird in die Cleanerstufen überführt.



**Abbildung 9: Eine Rougher-Zelle der Flußspatflotation**

#### *3.1.3.3. Cleaner*

Die Cleaner sind ebenfalls teilweise in zwei Linien vorhanden. Die ersten drei Stufen sind in zwei Linien separat ausgeführt. Für die letzten beiden Stufen werden die zwei separaten Linien zusammengeführt. Linie 1 ist volumsmäßig (mehr Zellen) größer als Linie 2. Die Rückstände aus den beiden letzten Zellen werden in die Aufschlussmahlung zu Beginn der Anlage überführt, während die Rückstände der ersten drei Stufen in den Rougher aufgegeben werden. Das Schaumprodukt der letzten Cleanerstufe ist das Endprodukt und wird eingedickt, gefiltert und auf Halde gelegt.

#### *3.1.3.4. Scavenger*

Die Scavengerstufe ist nur in einer Linie vorhanden. Das Schaumprodukt wird direkt in die Rougherstufe zurückgeleitet oder zuvor in der Mittelgutmahlung nachvermahlen. Dies geschieht nur, wenn die Produktqualität eine feinere Korngrößenverteilung als jene nach der Hauptmahlung vorsieht. Der Rückstand der Scavengerflotation wird der Füllstoffflotation aufgegeben. An diesem Übergabepunkt wurden alle Proben für die Versuche zu Kapitel 5 entnommen. Direkt unter der letzten Flotationszelle des Scavengers liegt der Pumpensumpf der Förderpumpe zur Füllstoffflotation. Hier wurden mittels Schöpfprobe die Probenmengen für alle Versuche in Kapitel 5 entnommen.

## 4. Untersuchung der Unterschiede im Flotationsverhalten der Erze

In dieser Versuchsserie wurden die Unterschiede der einzelnen Erztypen (Grün, DT und  $\text{CaF}_2$  ex  $\text{BaSO}_4$ ) untersucht. Dies erfolgte durch Teilsortenbildung und ergänzend mithilfe der Selektivitätsbetrachtung im Kappa-Netz.

### 4.1. Versuchsbeschreibung

Alle Flotationsversuche in Kapitel 4 und 5 wurden im aufbereitungstechnischen Labor des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung in Leoben durchgeführt.

#### 4.1.1. Laborzelle und Belüftung

Für die Versuche wurde eine Laborflotationsmaschine Typ *DENVER* mit einem Zellenvolumen von 1,3l verwendet. In einigen Versuchen wurde auch eine 2,3 Literzelle verwendet, darauf wird aber ausdrücklich hingewiesen.

Die Luftdurchflussmenge wurde mit einer Gasuhr ermittelt. Um den Ablesevorgang zu erleichtern, wurde zusätzlich zur Gasuhr ein Schwebekörper-Durchflussmesser eingebaut. Die Angabe erfolgte in der Einheit „Skalenteile“. Zur Umrechnung von Skalenteilen auf „Liter je Minute“ kann Abbildung 6 herangezogen werden.

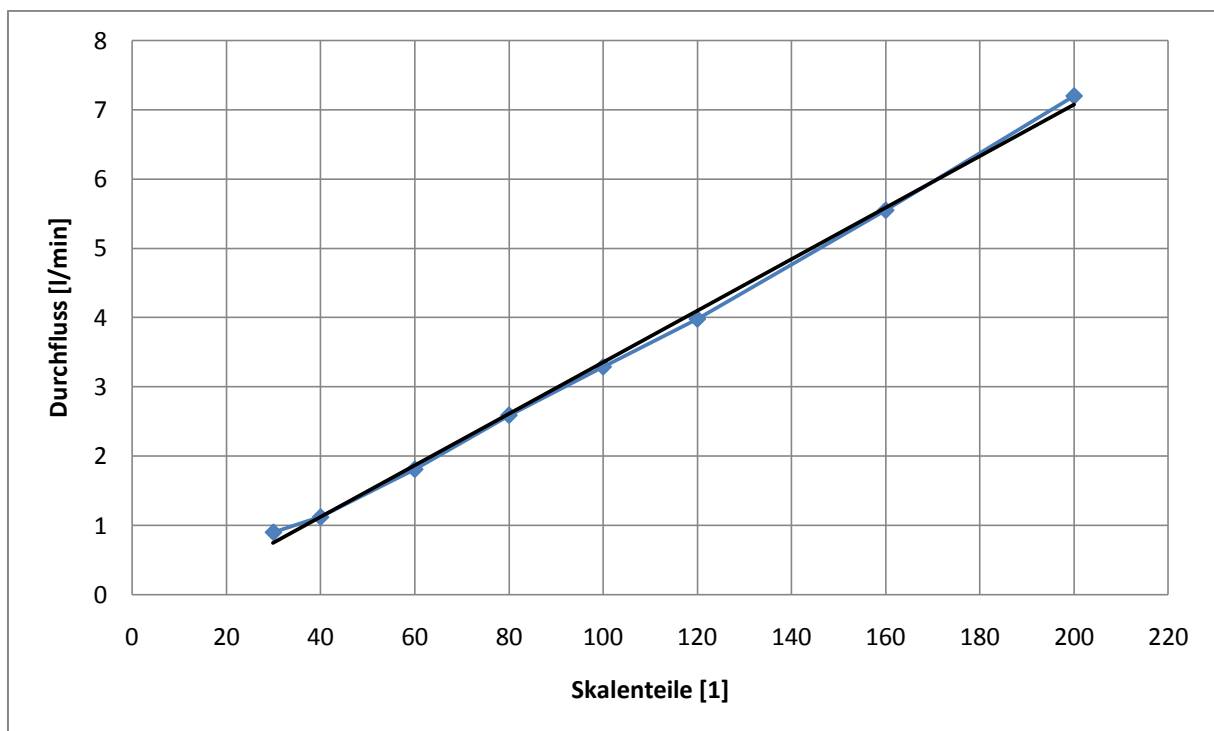


Abbildung 10: Kalibrierung des Durchflussmessers

Die Temperatur wurde mit einem digitalen, handelsüblichen Thermometer des Typs *Roth* durchgeführt.

Der pH-Wert wurde mit einem pH-Wert-Messgerät (*Firma Schott Instruments*) und einer Glaselektrode vom Typ N65 ermittelt. Die Elektrode wurde mittels Zweipunktkalibrierung abgeglichen, und eine Temperaturkompensation durchgeführt.

#### 4.1.2. Vorbereitung der Erze

Im ersten Schritt wurden die angelieferten Erzproben unter Zuhilfenahme eines Backenbrechers mittels Kreislaufzerkleinerung auf  $k_{\max}=4\text{mm}$  zerkleinert. Der endgültige Aufschluss, mit einem  $k_{85\%}=160\ \mu\text{m}$ , erfolgte innerhalb von 6 Stunden vor der Flotation in der Stabmühle, um die offenen Mineralkornflächen vor Oxidation zu schützen.

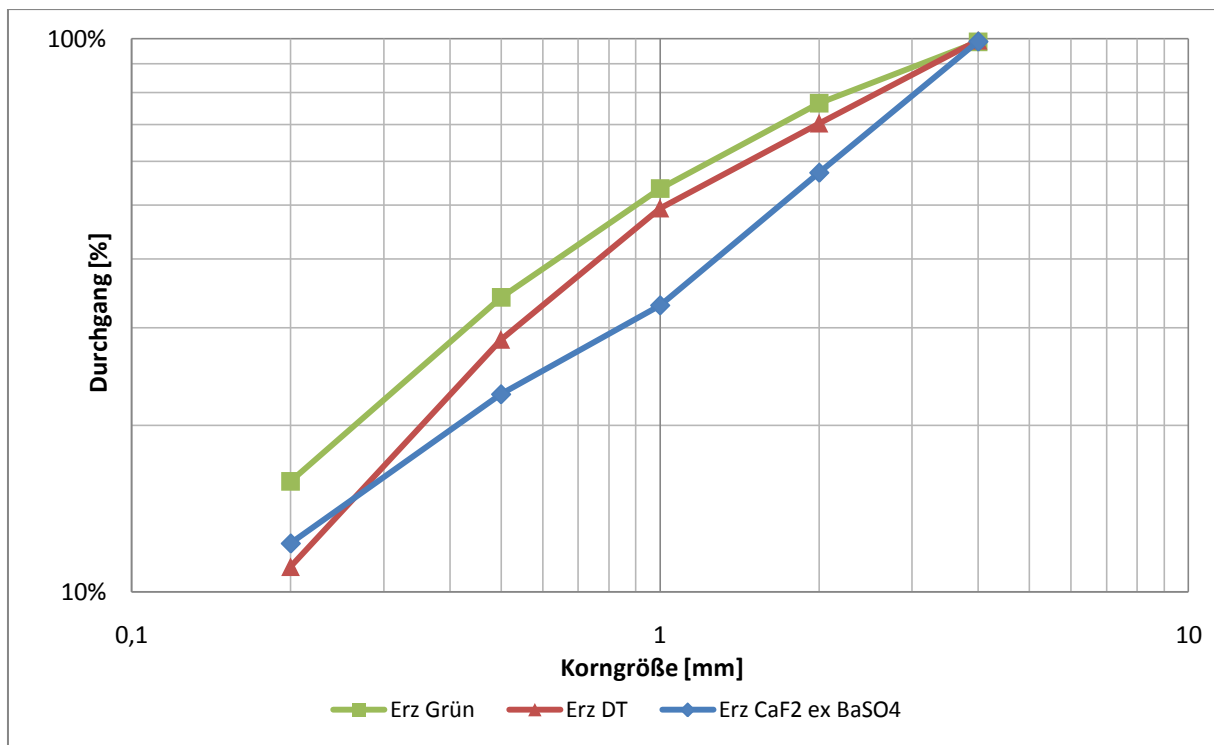
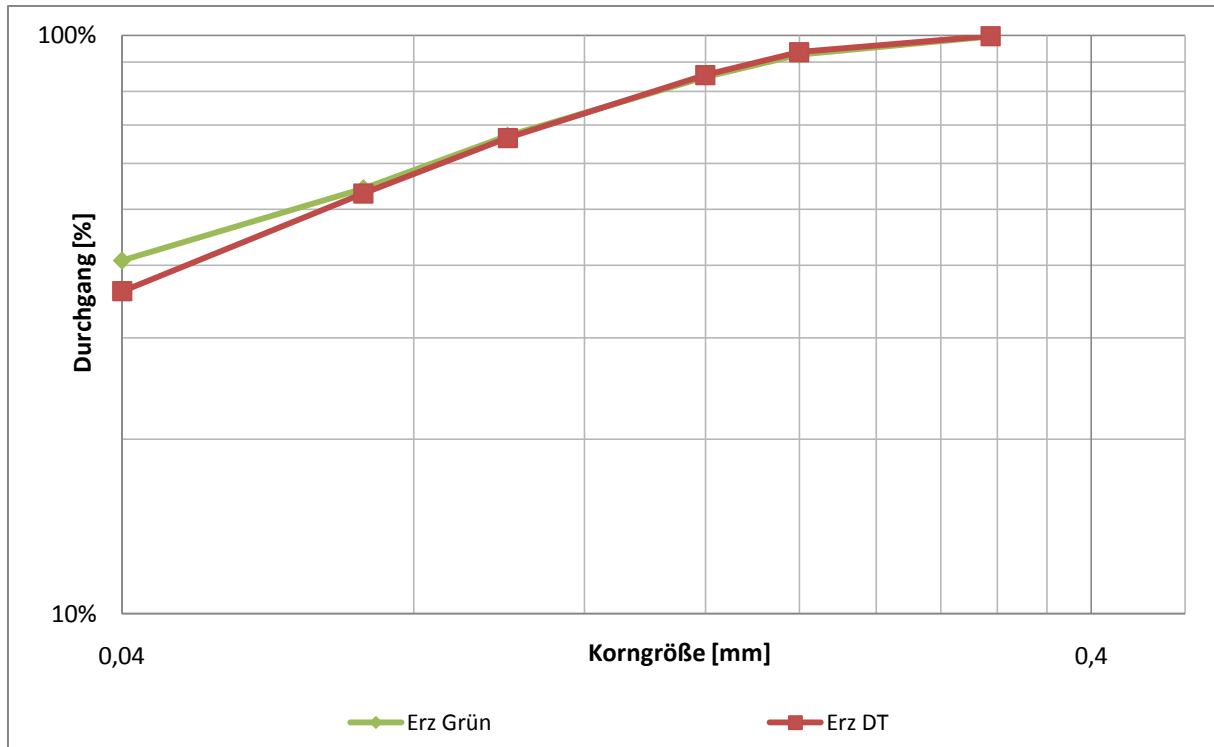


Abbildung 11: Korngrößenverteilung der Erzproben bei  $k_{\max}=4\text{mm}$





**Abbildung 12: Korngrößenverteilung der Erzproben bei  $k_{85\%}=160\mu\text{m}$**

Die Erze zeigten unterschiedliche Korngrößenverteilungen vor der Zerkleinerung in der Stabmühle. Nach der Mahlung in der Stabmühle glichen sich die Korngrößenverteilungen nahezu an, DT war jedoch geringfügig gröber als Grün. Dies kann durch den höheren Silikatanteil in DT gegenüber Grün erklärt werden.

#### 4.1.2.1. Erztyp GRÜN [1/0/0]

Um das Erz auf eine Flotationsfeinheit von  $k_{85\%}=160\mu\text{m}$  zu bringen, waren etwa 680 Umdrehungen in der Stabmühle notwendig. Wie in Abbildung 8 ersichtlich ist, war die Korngrößenverteilung von Grün- und DT-Erz bei einem  $k_{85\%}=160\mu\text{m}$  sehr ähnlich.

**Tabelle 8: Korngrößenverteilung Erztyp Grün [1/0/0]**

<b><i>KGV 1/0/0 [GRÜN]</i></b>				
Korngröße [mm]	Masse [%]	Masse [g]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
0,315	0,38%	1,9	0,38%	99,62%
0,2	6,96%	35,06	7,34%	92,66%
0,16	7,86%	39,56	15,20%	84,80%
0,1	17,72%	89,24	32,92%	67,08%
0,071	12,70%	63,96	45,62%	54,38%
0,04	13,59%	68,41	59,21%	40,79%
0	40,79%	205,39	100,00%	0,00%
Summe	100,00%	503,52		

#### 4.1.2.2. Erztyp DT [0/0/1]

Um das Erz auf eine Flotationsfeinheit von  $k_{85\%}=160\mu\text{m}$  zu bringen waren ungefähr 780 Umdrehungen in der Stabmühle notwendig. Diese deutlich höhere Zahl an notwendigen Umdrehungen konnte durch den höheren Gehalt und den damit höheren Zerkleinerungswiderstand der silikatischen Gangart erklärt werden (siehe Tabellen 2 und 3).

**Tabelle 9: Korngrößenverteilung Erztyp DT [0/0/1]**

##### KGV 0/0/1 [DT]

Korngröße [mm]	Masse [%]	Masse [g]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
0,315	0,26%	1,33	0,26%	99,74%
0,2	6,15%	30,95	6,41%	93,59%
0,16	8,21%	41,35	14,62%	85,38%
0,1	18,91%	95,22	33,53%	66,47%
0,071	13,16%	66,29	46,69%	53,31%
0,04	17,24%	86,83	63,93%	36,07%
0	36,07%	181,66	100,00%	0,00%
Summe	100,00%	503,63		

#### 4.1.2.3. Erztyp $\text{CaF}_2$ ex $\text{BaSO}_4$

Das Erz „ $\text{CaF}_2$  ex  $\text{BaSO}_4$ “ wurde mit etwa 790 Umdrehungen der Stabmühle auf eine Flotationsfeinheit von  $k_{85\%}=160\mu\text{m}$  gebracht. Da nur ein Versuch mit „ $\text{CaF}_2$  ex  $\text{BaSO}_4$ “ durchgeführt wurde, ist nur der  $k_{85\%}$  ermittelt worden. Eine komplette Korngrößenverteilung der Flotationsaufgabe wurde nicht erstellt.

#### 4.1.3. Reagenzien

Am Beginn der Versuche wurde der Sammlerbedarf für die Laborflotation bestimmt. Dies wurde erst mittels Kleinstversuchen zur Überprüfung der Reagenzienwirksamkeit in Eproutetten und anschließend in Laborflotationsversuchsserien der Reagenzienbedarf bestimmt. (siehe Tabelle 8) Dabei wurden folgende Werte ermittelt.

**Tabelle 10: Reagenzienkonzentration in der Flotationsanlage WOLFACH bei 19 t/h Flotationsaufgabe**

	niedrigste Dosierung			höchste Dosierung			Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Tropfen für 500g	
	[ml/min]	[ml/t]	ppm	[ml/min]	[ml/t]	ppm		min	max
Collex pur	360*	1137	1387	810*	2558	3121	1,22	17	38
MW05 pur	29	91	111	65	205	250	1,22	1	3
MW05 8%	800	2526	2627	800	2526	2627	1,04	51	51
Olein pur	80	253	230	150	474	431	0,91	4	8
Dextrin 6%	300	947	947	300	947	947	1,00	10	10
Flotanol C7 pur	10	32	32	20	63	63	1,00	0	1

\*(Im Unterschied zum offiziellen Flotationsrezept unverdünnt)

Der Schäumer Flotanol C7 wurde zwecks besserer Dosierung auf 10 Masseprozent verdünnt. Dextrin wurde als Drücker nicht eingesetzt, da es derzeit nicht in Wolfach verwendet wird.

In den ersten Laboruntersuchungen zeigt sich, dass bei zu hoher Dosierung von Olein eine starke Flockung der Flotationsaufgabe eintritt. Daher wurde die Dosierung von Olein unter der Mindestdosierung aus Tabelle 10 angesetzt. Daraus ergab sich folgendes Rezept für die Laborflotation.

**Tabelle 11: Reagenzienkonzentration in der Laborflotation für 500g Feststoff in der 1,3l Laborzelle**

	Tropfen	ppm
Collex pur	20	1648
MW05 pur	3	144
MW05 8%	35	1808
Olein pur	3	170
Flotanol C7 pur	0,6	31
Flotanol C7 10%	6	310

Diese Konzentration wird in weiterer Folge als **Standardkonzentration** bezeichnet.

## 4.2. Versuchsergebnisse

Es wurden 19 Flotationsversuche zu Kapitel 4 gemacht. Die Versuche haben Versuchsnummern die fortlaufend sind. Die folgende Tabelle soll einen Überblick über die getätigten Versuche geben.

**Tabelle 12: Versuchsüberblick zu Kapitel 4**

Versuchsnummer:	Material:	Beschreibung:
1	GRÜN	Tastversuch
2	GRÜN	Tastversuch
3	GRÜN	Tastversuch
4	DT	Tastversuch
5	DT	Tastversuch
6	DT	Tastversuch
7	DT	Flotationsversuche mit SP-Nachreinigung
8	GRÜN	Flotationsversuche mit SP-Nachreinigung
9	GRÜN	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
10	DT	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
11	GRÜN	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
12	DT	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
13	CaF <sub>2</sub> ex BaSO <sub>4</sub>	Vergleich für Versuch 9,10,11,12
18	GRÜN	Flotationsverhalten; Raumtemperatur; Collex durch Collex "alt" ersetzt
19	GRÜN	Flotationsverhalten; Raumtemperatur; 1500 U/min ;1l/min
20	DT	Flotationsverhalten; Raumtemperatur; 1500 U/min ;1l/min
21	DT	doppelte Collex Menge
24	GRÜN	Flotationsverhalten; Raumtemperatur; 1300 U/min ;1l/min
25	DT	Flotationsverhalten; Raumtemperatur; 1300 U/min ;1l/min
26	DT	indirekte Flotation mit SPS und K2C

Die Versuche zu Kapitel 4 wurden in den Laboraufzeichnungen und auch in den meisten Diagrammen mit einem vorangestellten „ V “ und der Versuchsnummer bezeichnet. Dies sollte eine Verwechslung mit den Versuchen aus Kapitel 6 verhindern, diese werden mit einem vorangestellten „ W “ bezeichnet.

Nicht alle in Tabelle 11 angeführten Versuche wurden in dieser Arbeit detailliert besprochen, meist weil die Ergebnisse durch andere Versuche besser dargestellt wurden. Im Anhang finden sich zur Vollständigkeit aber alle Ergebnisse.

### 4.2.1. Untersuchungen der Erztypen GRÜN, DT und CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>

Die Laborflotation wurde mit Flußspaterz „Grün“ bzw. „DT“, ergänzend auch mit „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“, durchgeführt. Alle Versuche fanden bei einer Trübetemperatur von ungefähr 25°C statt. Es wurde die 1,3 l Denver- Laborzelle mit 500 g Feststoff verwendet. Dies führte zu einer Feststoffvolumskonzentration von 13 %. Dies ist mit der Flotation in Wolfach (siehe Tabelle 6) vergleichbar. Die Reagenzienkonzentration entsprach der *Standardkonzentration* und war bei allen Versuchen gleich.

- Grundversuche bei 25°C; 1300 U/min und einer Belüftung von 2,5 l/min
  - Erztyp *DT* (V10+12)
  - Erztyp *Grün* (V9+11)
  - Erztyp *CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>* (V13)
- Ergänzende Versuche bei 25°C und einer Belüftung von 2,5 l/min
  - 1300 U/min Drehzahl
    - Erztyp *Grün* (V24) und Erztyp *DT* (V25)
  - 1500 U/min Drehzahl
    - Erztyp *Grün* (V19) und Erztyp *DT* (V20)

Die Schaumprodukte wurden immer im gleichen Schema genommen.

- SP1 wurde im Zeitraum 0-60 Sekunden entnommen. Die Belüftung betrug ca. 2,5 – 3 l/min.
- SP2 wurde im Zeitraum 60-120 Sekunden entnommen. Die Belüftung betrug ca. 5 – 6 l/min.
- SP3 wurde im Zeitraum 120-240 Sekunden entnommen. Die Belüftung betrug ca. 8 l/min

Um die für die Analyse nötige Menge zu liefern und eine Vergleichmäßigung zu erreichen, wurden die Produkte der Versuche 9 und 11 bzw. 10 und 12 gemischt und als Sammelprodukt analysiert.

### **CaF<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen**

Das zeitliche CaF<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen der einzelnen Erztypen verläuft ähnlich. Die Ergebnisse für das Gesamtausbringen im Rückstand schwanken aber um bis zu 13% bei den unterschiedlichen Erztypen.

Dies könnte sich aus dem stark unterschiedlichen CaF<sub>2</sub>-Gehalt in den Erz-Aufgaben erklären. So liegt der Gehalt an CaF<sub>2</sub> in Grün-Erz bei 85%, in DT-Erz bei 57% und in CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub> bei 68,34%.

Ein weiterer Grund könnte auch der stark unterschiedliche BaSO<sub>4</sub>-Gehalt sein. Der Sammler Olein ist chemisch neben CaF<sub>2</sub> auch auf BaSO<sub>4</sub> selektiv. Sollte das Olein bei erhöhtem BaSO<sub>4</sub>-Gehalt unterdosiert gewesen sein, würde nicht mehr genug Sammler für die Aktivierung des restlichen CaF<sub>2</sub> vorhanden sein. In Tabelle 14 ist die Reagenzienkonzentration in ppm bezogen auf CaF<sub>2</sub> bzw. BaSO<sub>4</sub> ersichtlich. Die Konzentration des Olein ist bezogen auf BaSO<sub>4</sub> bei Erz „Grün“ mit 7241 ppm BaSO<sub>4</sub> fast dreimal so hoch, wie bei Erz „DT“ mit 2608 ppm

BaSO<sub>4</sub>. Alternativ könnte auch der Drücker unterdosiert gewesen sein, da in Tabelle 14 ersichtlich ist, dass die Drückerkonzentration von Collex im Bezug auf BaSO<sub>4</sub> bei „DT“ um den Faktor 2,8 geringer war als bei „Grün“.

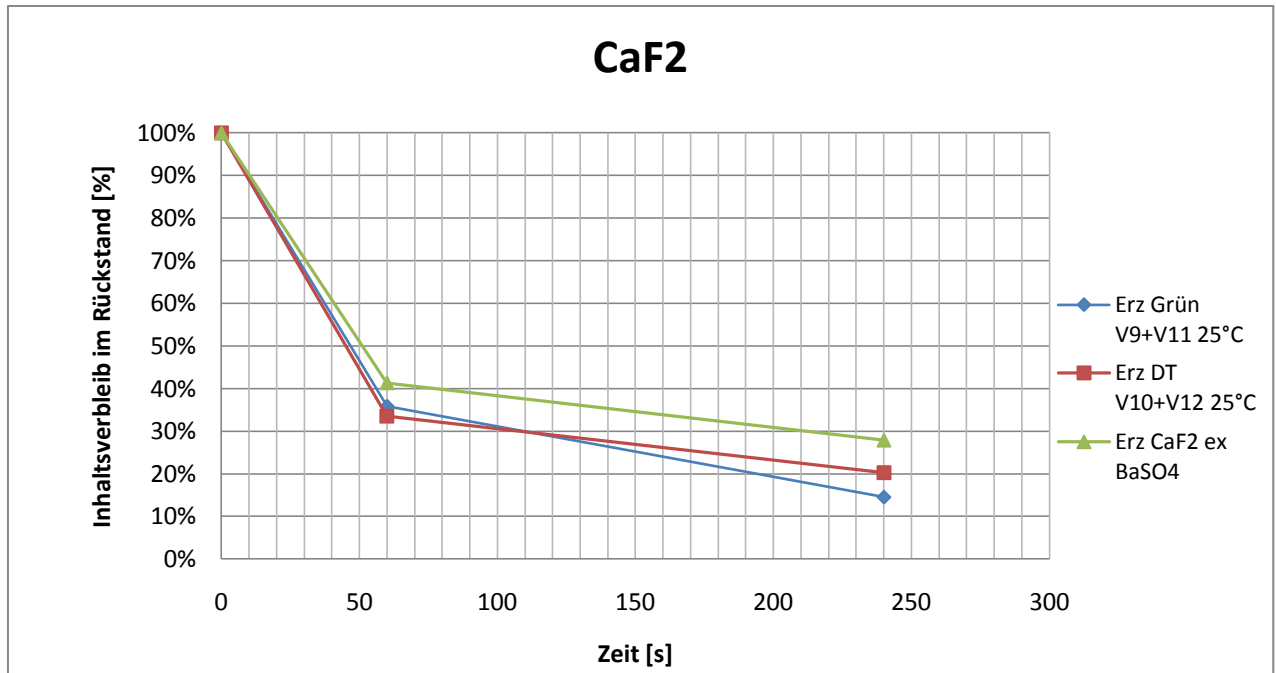


Abbildung 13: Inhaltsverbleib im Rückstand für CaF<sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12 und 13

Tabelle 13: BaSO<sub>4</sub> Gehalt in den einzelnen Erzen

	DT	GRÜN	CaF <sub>2</sub> ex BaSO <sub>4</sub>
	Gehalt	Gehalt [%]	Gehalt [%]
CaF <sub>2</sub>	71,77	82,23	68,34
BaSO <sub>4</sub>	6,53	2,35	5,93
SiO <sub>2</sub>	24,5	10,21	18,19

Tabelle 14: Reagenzienkonzentration in ppm CaF<sub>2</sub> und ppm BaSO<sub>4</sub>

	Grün		DT		CaF <sub>2</sub> ex BaSO <sub>4</sub>	
	ppmCaF <sub>2</sub>	ppmBaSO <sub>4</sub>	ppmCaF <sub>2</sub>	ppmBaSO <sub>4</sub>	ppmCaF <sub>2</sub>	ppmBaSO <sub>4</sub>
Collex pur	2004	70114	2296	25252	2411	27797
MW05 8%	2199	76941	2519	27711	2646	30504
Olein pur	207	7241	237	2608	249	2871
Flotanol C7	377	13189	431	4750	453	5229
Gehalt [%]	82,23%	2,35%	71,77%	6,53%	68,34%	5,93%

### BaSO<sub>4</sub>-Inhaltsausbringen

Das BaSO<sub>4</sub>-Ausbringen der einzelnen Erztypen korrelierte. Die Ergebnisse für das Gesamtausbringen im Rückstand schwankten nur um etwa 2% bei den unterschiedlichen Erztypen. Dies ließ auf ein sehr ähnliches Verhalten des Drückers auf die verschiedenen Erztypen schließen.

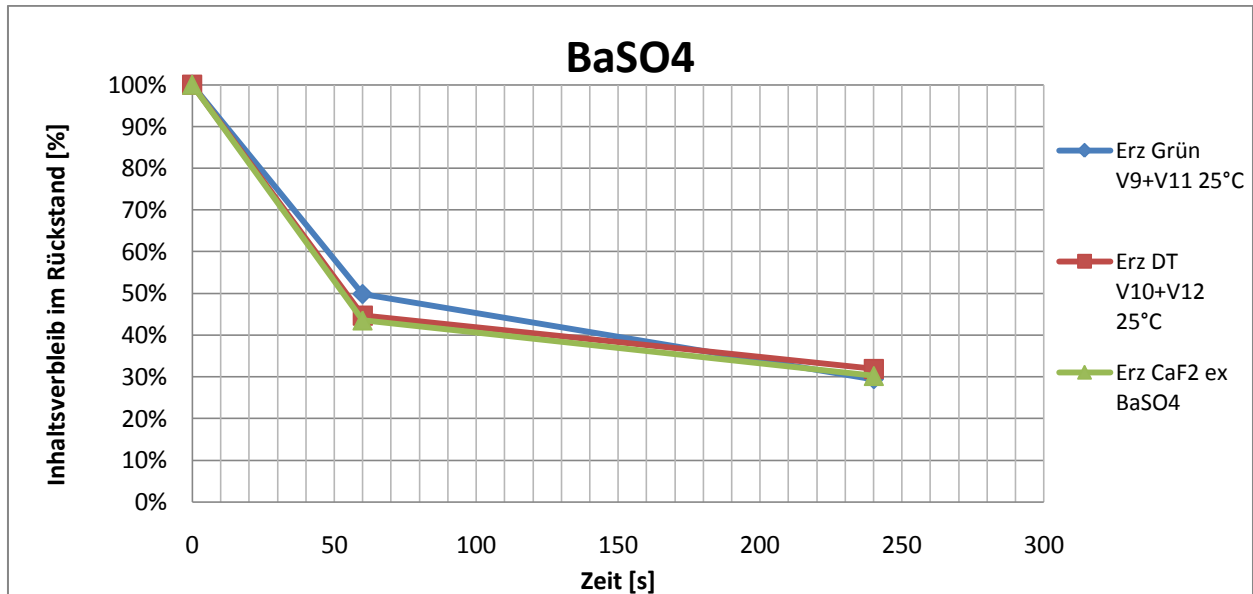
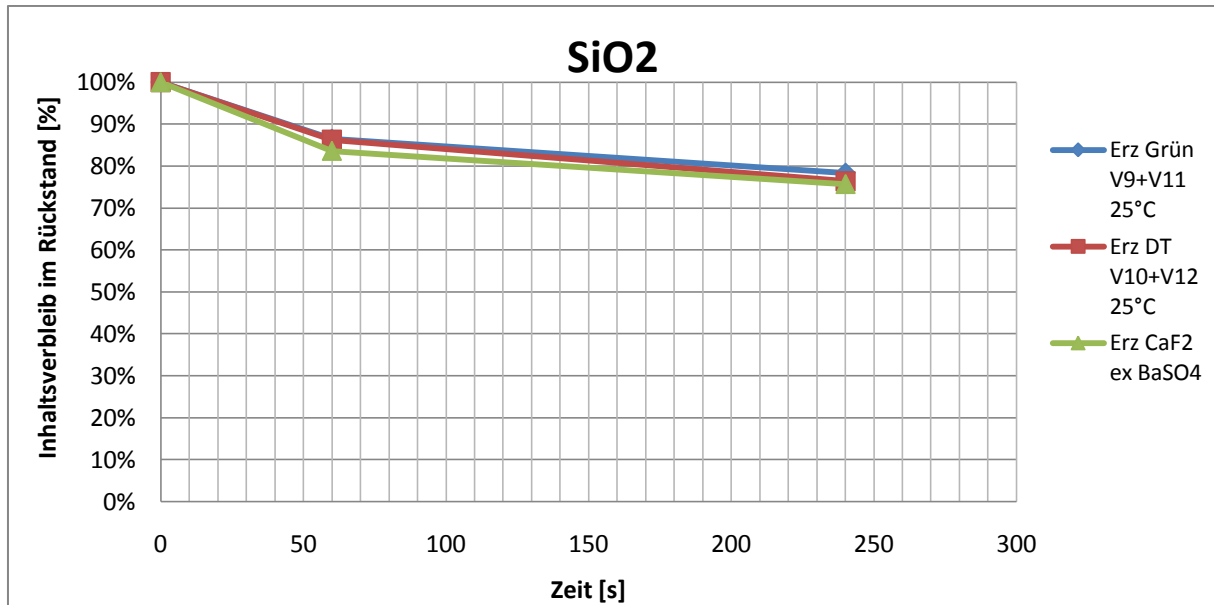


Abbildung 14: Inhaltsverbleib im Rückstand für BaSO<sub>4</sub> bei Versuch 9+11, 10+12 und 13

### SiO<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen

Das SiO<sub>2</sub>-Ausbringen der einzelnen Erztypen war bei allen drei Erzen nahezu ident. Die Ergebnisse für das Gesamtausbringen im Rückstand schwankten nur um etwa 3% bei den unterschiedlichen Erztypen. Dies war nicht überraschend, da keinerlei Reagenzien zugesetzt wurden, die SiO<sub>2</sub> drückten.



**Abbildung 15: Inhaltsverbleib im Rückstand für SiO<sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12 und 13**

Um eine bessere Auflösung des Flotationsverhaltens der Erze zu erhalten, wurden weitere Versuche in der 2,4 l Denver-Laborzelle mit 1000 g Feststoff durchgeführt. Zur Erhöhung der Auflösung wurde die Luftmenge, von durchschnittlich 4,5 l/min auf 2,5 l/min deutlich reduziert, um das Masseausbringen je Zeiteinheit des Versuchs zu verringern. Die Drehzahl wurde in einer weiteren Versuchsreihe von 1300 U/min auf 1500 U/min heraufgesetzt. Die Reagenzienkonzentration wurde durch die Verdoppelung der Aufgabe- und Wassermenge um auf die doppelte *Standardkonzentration* erhöht.

### CaF<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen

Die CaF<sub>2</sub>-Inhalte im Rückstand der Versuche 19, 20 und 24, 25 unterschieden sich stark. Der Inhaltsverbleib an CaF<sub>2</sub> im Rückstand schwankte zwischen 5 bis 25 %.

Versuch 20 (DT-Erztyp 1500U/min) passte gut zu den vorherigen Versuchen. Der Inhaltsverbleib des Versuchs 25 (DT-Erztyp 1300 U/min) lag über dem des Versuchs 20. Die höhere Drehzahl wirkte sich bei DT Erz scheinbar positiv auf das CaF<sub>2</sub>-Ausbringen in das Konzentrat aus.

Das Ausbringen von CaF<sub>2</sub> in das Konzentrat gelang bei Versuch 19 (Erztyp Grün 1500 U/min) besser, als bei den Vergleichsversuchen. Versuch 24 (Erztyp Grün 1300 U/min) näherte sich den Prognosen an und lag deutlich über Versuch 19. Dies deutete auf einen positiven Effekt der erhöhten Drehzahl auf das CaF<sub>2</sub>-Ausbringen in das Konzentrat bei Grün-Erz hin.



Der flachere Kurvenverlauf aller vier Versuche wurde durch die geringere Belüftungsintensität erklärt.

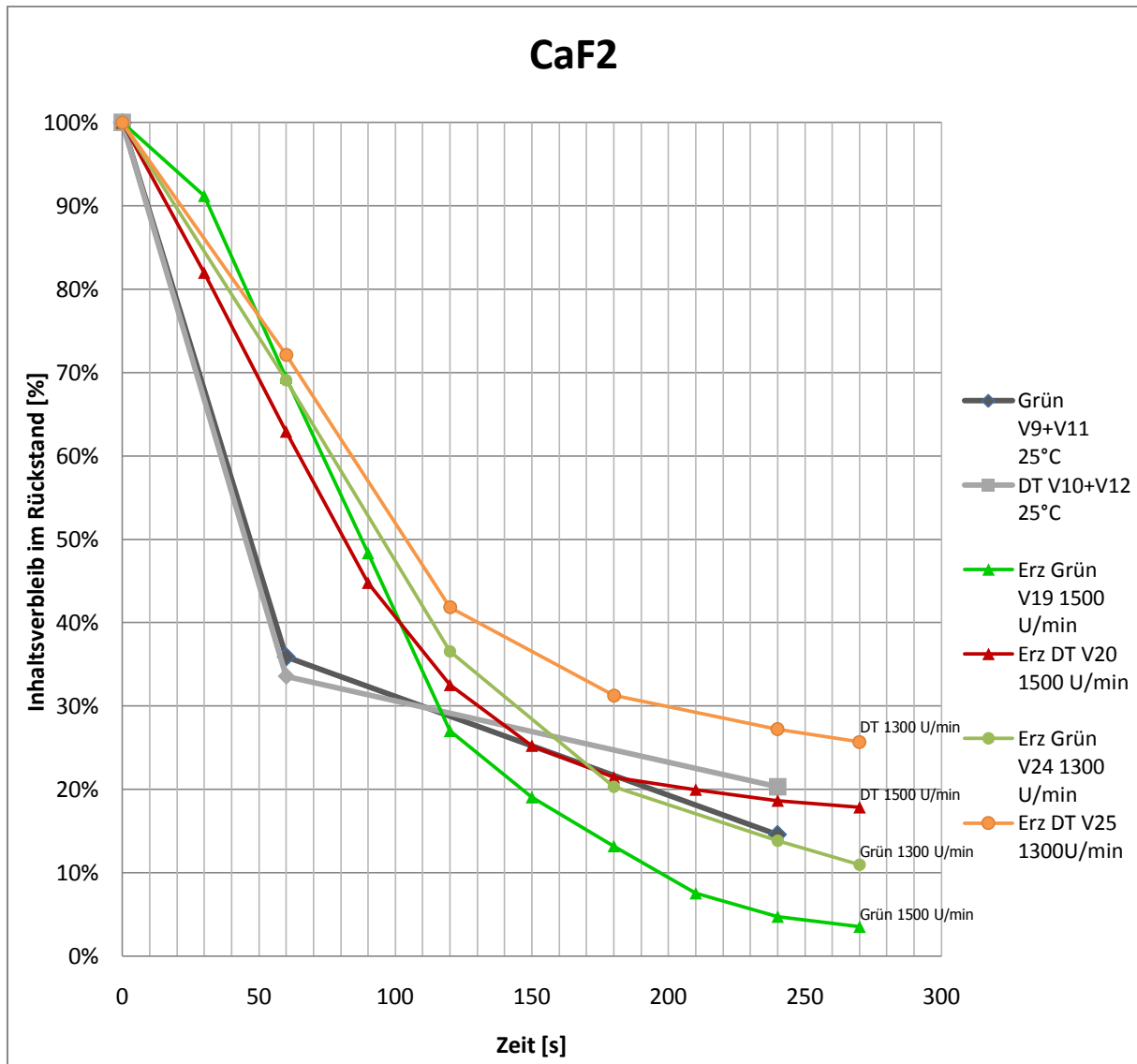


Abbildung 16: Inhaltsausbringen im Rückstand für CaF<sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12, 19, 20, 24 und 25.

### BaSO<sub>4</sub>-Inhaltsausbringen

Die Ergebnisse der Versuche zum BaSO<sub>4</sub>-abhängigen Verhalten der Erztypen entzog sich einer schlüssigen Interpretation. Die Erklärung zum besseren Drücken von BaSO<sub>4</sub> bei Versuch 19 (Erztyp Grün) war durch den geringeren Gehalt an BaSO<sub>4</sub> in der Aufgabe, im Vergleich zu Versuch 20 (Erztyp DT), zu finden. (siehe Tabelle 8)

Diese Erklärung wurde aber von den Versuchen 25 und 24 nicht bestätigt. Bei einer Drehzahl von 1300 U/min kehrte sich das Bild komplett um. Nun gelang das Drücken von BaSO<sub>4</sub> in Versuch 24 (Erztyp Grün) deutlich schlechter als in Versuch 25 (Erztyp DT). Dieses Verhalten

bei niedriger Drehzahl ließ sich nicht im Zusammenhang mit dem Verhalten bei 1500 U/min erklären.

Abschließend ist zu sagen, dass der Fokus dieser Versuchsarbeiten nicht auf das Drücken von  $\text{BaSO}_4$  gerichtet war, sondern auf das Ausbringen von  $\text{CaF}_2$ . Daher wurden keine weiteren Versuche zur Beschreibung dieses Sachverhalts durchgeführt.

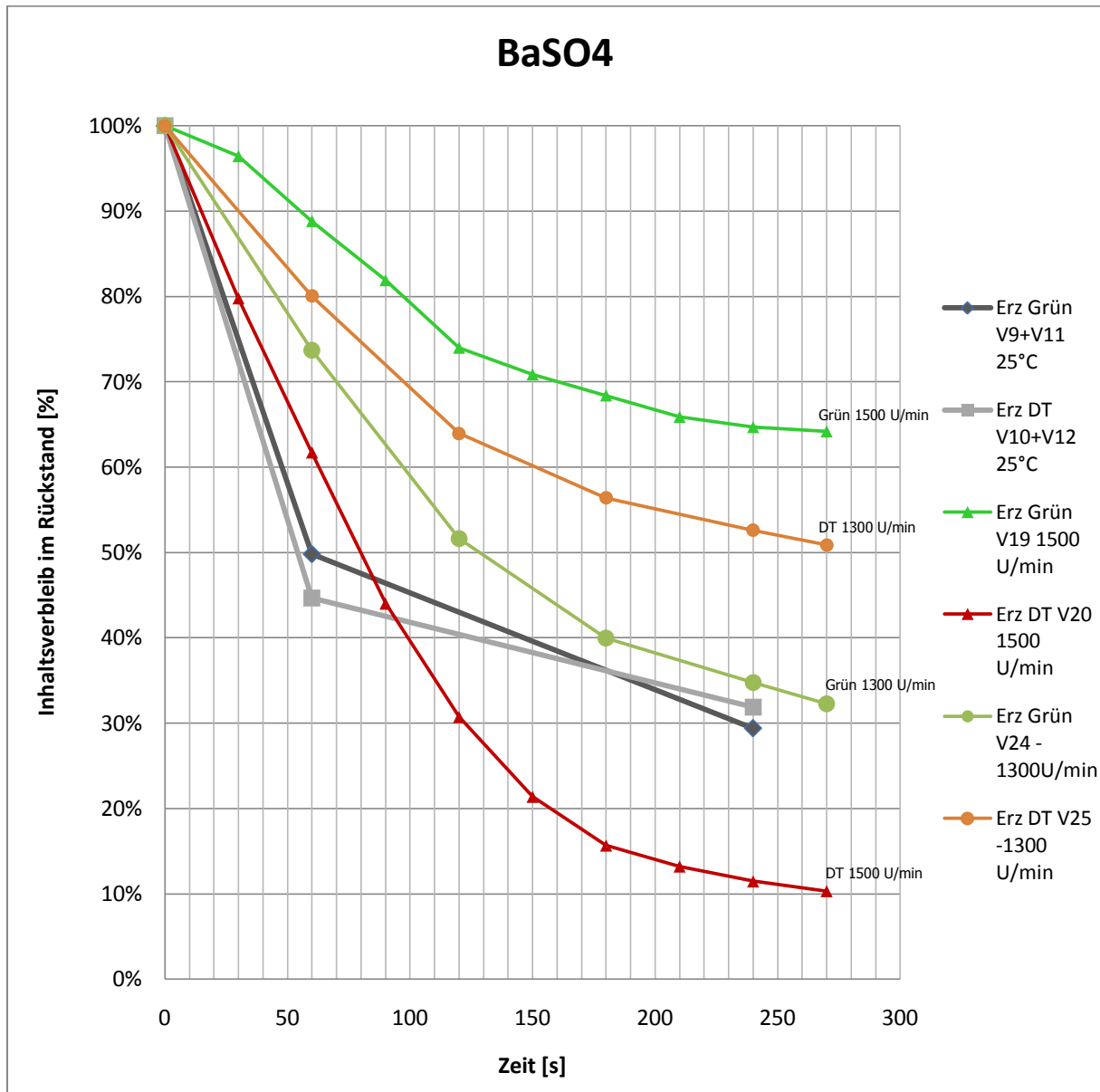


Abbildung 17: Inhaltsausbringen im Rückstand für  $\text{BaSO}_4$  bei Versuch 9+11, 10+12, 19, 20, 24 und 25

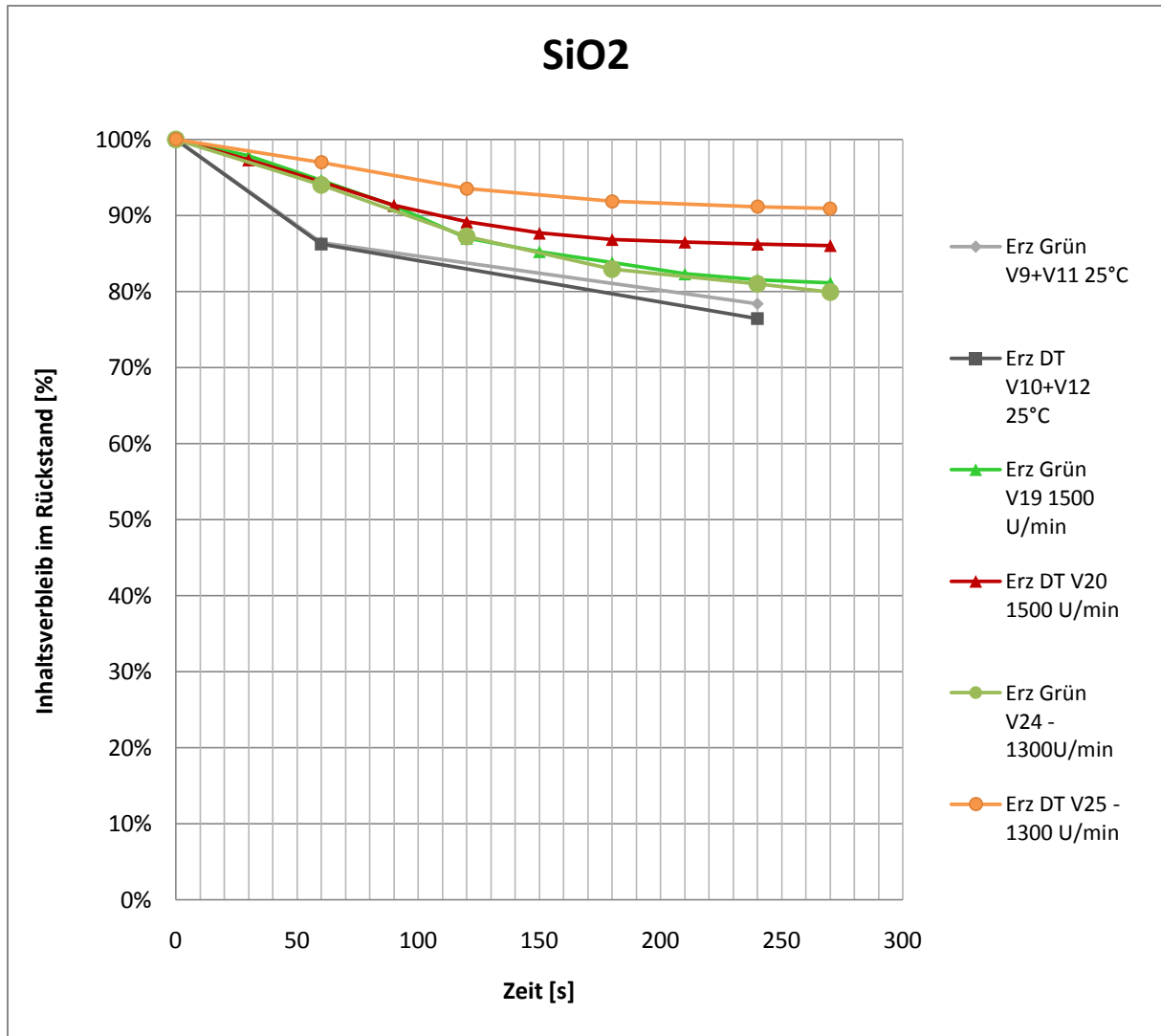


Abbildung 18: Inhaltsausbringen im Rückstand für SiO<sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12, 19, 20, 24 und 25

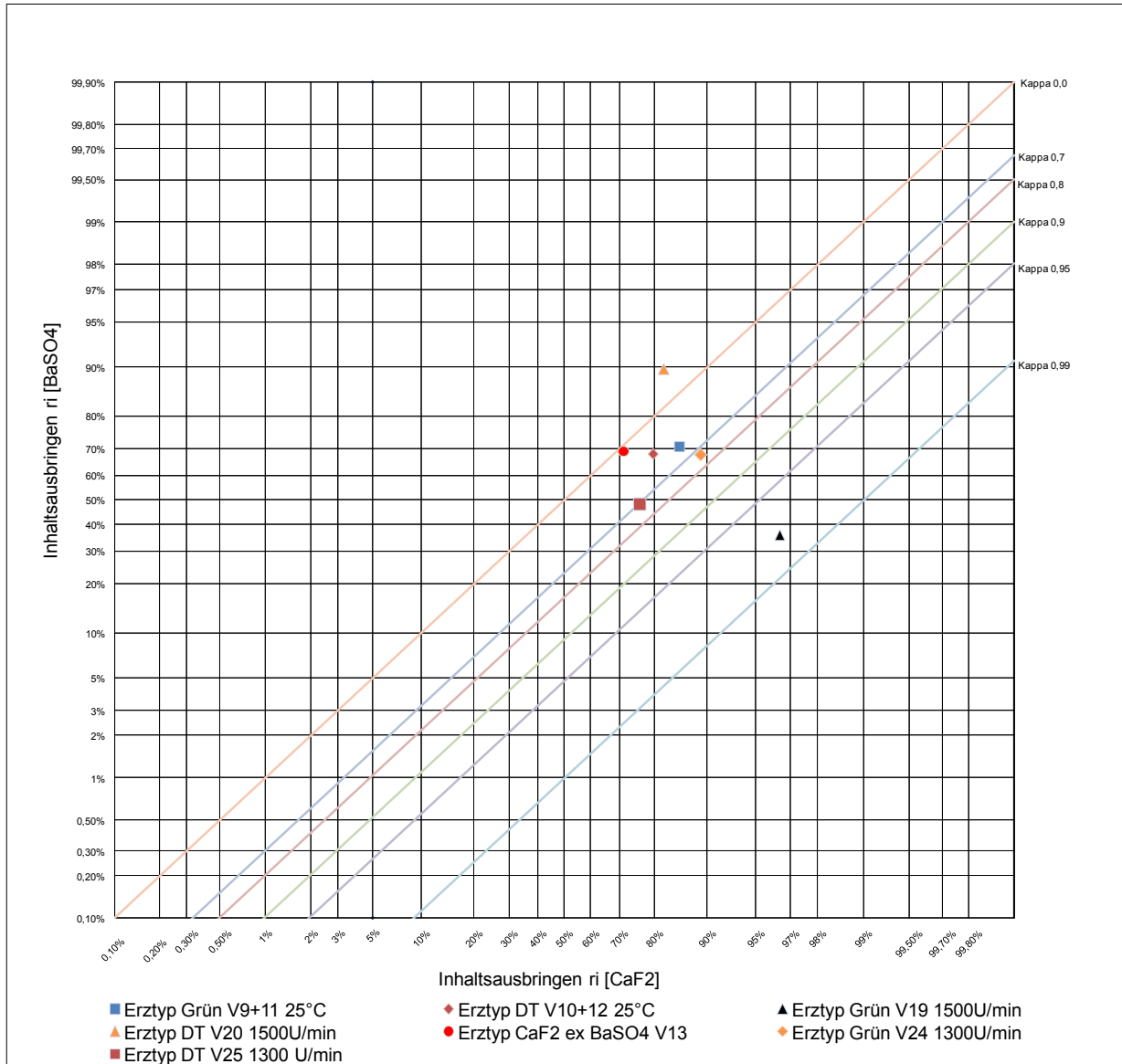
### SiO<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen

Die Abweichung des Inhaltsausbringens von SiO<sub>2</sub> im Vergleich zu den Versuchen V9+11 und V10+12 ließen sich durch die geringere Belüftungsintensität begründen. Durch den niedrigeren Massefluss je Zeiteinheit kam es zu geringeren Mitreißeffekten in das Schaumprodukt.

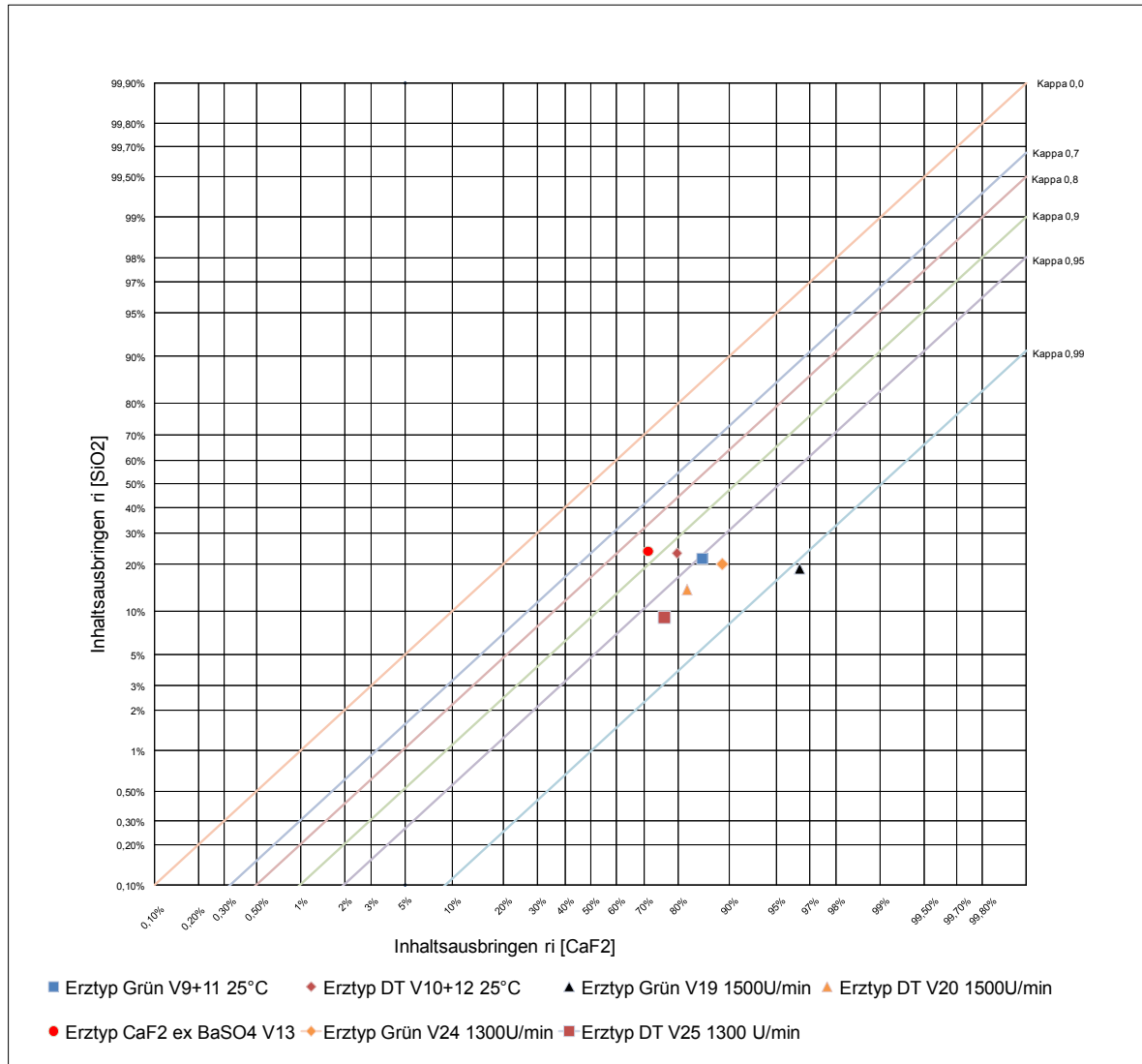
### Auswertung im Kappa Netz

**Die BaSO<sub>4</sub>-Selektivitätsbetrachtung** in Abbildung 15 zeigte, dass die Selektivität der einzelnen Erztypen deutlich unterschiedlich war. Die Streuung erfolgte in einer waagrechten Linie. Dies belegte, dass das BaSO<sub>4</sub> Inhaltsausbringen relativ unabhängig vom Erztyp war. Erztyp „Grün“ (V9+11) wurde am selektivsten flотиert, Erztyp „DT“ (V10+12) lag in der Mitte, und am unselektivsten erfolgte die Flotation des Erztyps „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“ (V13). Dieses

Verhalten konnte mit den unterschiedlichen Aufgabehalten von  $\text{CaF}_2$  und  $\text{BaSO}_4$  in den verschiedenen Erztypen erklärt werden. Versuche mit 1500 U/min und verminderter Luftzugabe neigten zu sehr extremem Verhalten (Erztyp „Grün“  $\text{Kappa} > 0,99$  während Erztyp „DT“  $\text{Kappa} < 0$ ). Bei Versuchen mit 1300 U/min ging der Selektivitätsunterschied der Erztypen verloren, die Selektivitätsgrößenordnung passte aber zu den Basisversuchen.



**Abbildung 19:  $r_i[\text{CaF}_2]$  zu  $r_i[\text{BaSO}_4]$  Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 4.**



**Abbildung 20: ri[CaF<sub>2</sub>] zu ri[SiO<sub>2</sub>] Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 4.**

**Die SiO<sub>2</sub>-Selektivitätsbetrachtung** in Abbildung 16 zeigte, dass sich die Reihung der Erzselektivität nicht änderte. „Grün“ war deutlich selektiver als „DT“, und „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>“ war am unselektivsten. Die Versuche V20, 24 und 25 zeigten in dieser Darstellungsweise eine zu den Basisversuchen passende Selektivität. Bei den Versuchen mit 1300 U/min und etwa 2,5 l/min gingen die Selektivitätsunterschiede der Erztypen verloren, dies war durch die geringe Belüftungsintensität erklärbar. Nur V19 (1500U/min und 2,5l/min) war überproportional selektiv. Die genaue Ursache dafür konnte nicht gefunden werden.

#### *4.2.2. Zusammenfassung und Diskussion*

Ein Unterschied hinsichtlich der Selektivität zwischen den Erztypen konnte festgestellt werden. Im zeitabhängigen Inhaltsausbringen war der Unterschied gering. In der Betrachtung mittels Kappa-Netz zeigte sich ein eindeutiger Selektivitätsunterschied der Erztypen. Vom selektivsten zum unselektivsten Erztyp galt die Reihung: „Grün“; „DT“; „CaF<sub>2</sub> ex BaSO<sub>4</sub>„. Eine Verringerung der Belüftung führte zu einer generellen Erhöhung der Selektivität. Eine Erhöhung der Drehzahl brachte keinen nachweisbaren Vorteil und führte zu schwer vorhersehbaren Ergebnissen.

## 5. Temperatureinfluss auf das Flotationsverhalten

Es wurden Versuche mit erwärmten bzw. gekühlten Trüben durchgeführt. Die Reagenzdosierung wurde wie in Tabelle 8 beibehalten. Die erwärmte Trübe hatte eine Temperatur von ca. 50°C, die gekühlte eine Temperatur von ca. 12°C.

- SP1 wurde im Zeitraum 0-60 Sekunden entnommen. Die Belüftung betrug ca. 2,5 – 3 l/min.
- SP2 wurde im Zeitraum 60-120 Sekunden entnommen. Die Belüftung betrug ca. 5 – 6 l/min.
- SP3 wurde im Zeitraum 120-240 Sekunden entnommen. Die Belüftung betrug ca. 8 l/min

Ziel dieser Versuche war, einen Temperatureinfluss auf das Flotationsergebnis nachzuweisen. Sollte sich zeigen, dass eine Erwärmung der Trübe zu einer deutlichen Verbesserung des Flotationsergebnisses führt so war angedacht, dies in der Anlage Wolfach umzusetzen. Ergänzende Versuche sollten zeigen ob es notwendig ist, die ganze Anlage zu beheizen, oder nur das Konditioniergefäß. Als Maßeinheit für eine Verbesserung wurde eine Darstellung der Versuche im Kappa-Netz durchgeführt.

- Grundversuche mit 12°C, 25°C und 50°C Konditionier-/Flotationstemperatur
  - 12°C → Erztyp Grün (V15) ; Erztyp DT (V16)
  - 25°C → Erztyp Grün (V9+11) ; Erztyp DT (V10+12)
  - 50°C → Erztyp Grün (V14) ; Erztyp DT (V17)

Für die Untersuchung des Temperatureinflusses auf die Konditionierung wurde ein aus 4 Versuchen bestehendes Programm angedacht. Alle Versuche wurden mit der Standardreagenzienkonzentration (Tabelle 11) durchgeführt. Die Belüftung erfolgte nach dem Standardschema.

- Zwei Versuche vom Typ 50/25°C (V22 und V27)

Die Trüben wurden bei 50°C angesetzt und konditioniert. Nach 3,5 Stunden war die Temperatur auf ca. 25°C abgesunken, und die Proben wurden flotiert.
- Zwei Versuche vom Typ 25/25°C (V23 und V28)

Die Proben wurden zeitgleich zu den obigen Versuchen bei 25°C angesetzt und ebenfalls 3,5 Stunden stehen gelassen. Danach wurden die Proben flotiert. Diese Versuche sollten den Zeiteinfluss auf die Konditionierung erfassen.

Der Grund für eine Verbesserung des Inhaltsausbringens bei erhöhter Temperatur könnte einerseits durch ein erhöhtes chemisches Reaktionspotenzial, andererseits auch durch eine Verbesserung der Sammlerverteilung erklärbar sein.

**Tabelle 15: Überblick zu den Versuchen in Kapitel 5**

Versuchsnummer:	Material:	Beschreibung:
9	GRÜN	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
10	DT	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
11	GRÜN	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
12	DT	Flotationsverhalten; Raumtemperatur
14	GRÜN	Flotationsverhalten; T=50°C
15	GRÜN	Flotationsverhalten; T=12°C
16	DT	Flotationsverhalten; T=12°C
17	DT	Flotationsverhalten; T=50°C
22	GRÜN	Konditionierung bei 50°C und Flotation bei 25°C
23	GRÜN	Konditionierung bei 25°C und Flotation bei 25°C
27	GRÜN	Konditionierung bei 50°C und Flotation bei 25°C
28	GRÜN	Konditionierung bei 25°C und Flotation bei 25°C

\*Raumtemperatur = 25°C

## 5.1. Beschreibung der Versuchsumgebung

Die Versuchsumgebung war mit der von Punkt 4.1 ident.

## 5.2. Versuchsergebnisse

Bei den Versuchen mit erwärmten und gekühlten Trüben wurden drei Teilsorten erstellt, während bei den Referenzversuchen (V911 und V10+12) nur zwei Teilsorten gebildet wurden.

### CaF<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen

Die Ergebnisse aus den Versuchen (Abbildung 17) zeigten einen sehr deutlichen Einfluss der Temperatur auf das Flotationsergebnis. Bei Erwärmung der Trübe sank der Inhaltsverbleib von CaF<sub>2</sub> bzw. BaSO<sub>4</sub> im Rückstand unabhängig vom Erztyp deutlich ab. Wenn mit einer gekühlten Trübe flотиert wurde, stieg das Inhaltsausbringen von CaF<sub>2</sub> im Rückstand an. Bei Zimmertemperatur (25°C) lag der Wert des Inhaltsausbringens zwischen dem Wert bei 12°C und 50°C. Es zeigte sich, dass eine Erhöhung der Temperatur das CaF<sub>2</sub>-Ausbringen deutlich verbessern konnte, aber gleichzeitig das Inhaltsausbringen von BaSO<sub>4</sub> in ähnlichem Maße veränderte.



Ein deutlicher Unterschied im  $\text{CaF}_2$ -Inhaltsausbringen war bei Versuchen, die mit  $50^\circ\text{C}$  konditioniert und bei  $25^\circ\text{C}$  flотиert wurden (V23, 27), ersichtlich. Die Parallelversuche bei  $25^\circ\text{C}$  (V22, 28) wichen deutlich von diesen Versuchen ab. Die Versuche passten aber nicht zu den Grundversuchen (V9+11, 10+12, 14, 15, 16, 17). Diese teils bemerkenswerten Unterschiede konnte nicht zur Gänze erklärt werden.

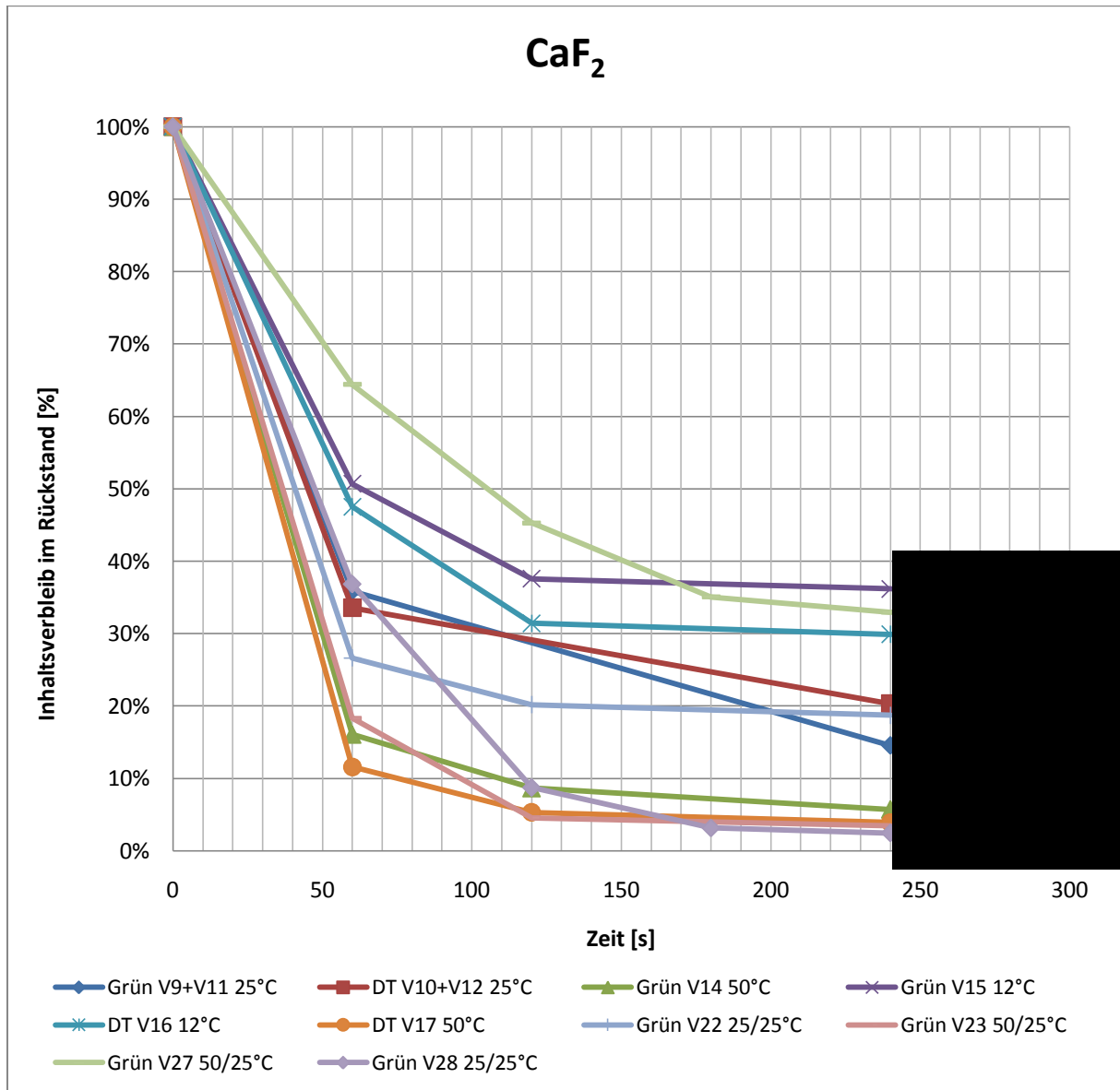


Abbildung 21: Temperaturabhängiges Inhaltsausbringen  $\text{CaF}_2$

### $\text{BaSO}_4$ -Inhaltsausbringen

Bei Trüben mit niedriger Temperatur kam es zu einer Annäherung des  $\text{BaSO}_4$ -Inhaltsausbringens (Abbildung 18) an das Niveau bei Zimmertemperatur. Dieses Verhalten war bei beiden Erztypen gleich.

Der Grund für dieses Verhalten konnte nicht eindeutig benannt werden, aber es zeigte sich, dass sowohl Sammler als auch Drücker bei erhöhter Temperatur aktiver waren. Würde nur der Sammler aktiver werden, müsste bei erhöhter Temperatur das BaSO<sub>4</sub> Inhaltsausbringen stärker im Verhältnis zur Zimmertemperatur steigen. Bei niedriger Temperatur sank die Affinität des Sammlers auf CaF<sub>2</sub> scheinbar stärker, als die auf BaSO<sub>4</sub>. Deshalb verblieb das Inhaltsausbringensniveau von BaSO<sub>4</sub> bei 12°C auf dem Level von 25°C, während der CaF<sub>2</sub>-Inhaltsverbleib im Rückstand bei 12°C deutlich stieg.

Das Verhalten der Versuche zur Bewertung der Konditioniertemperatur entzog sich einer Interpretation des zeitlichen BaSO<sub>4</sub>-Inhaltsausbringens. Die Darstellung im Kappa-Netz ermöglichte eine deutliche und zuverlässige Interpretation.

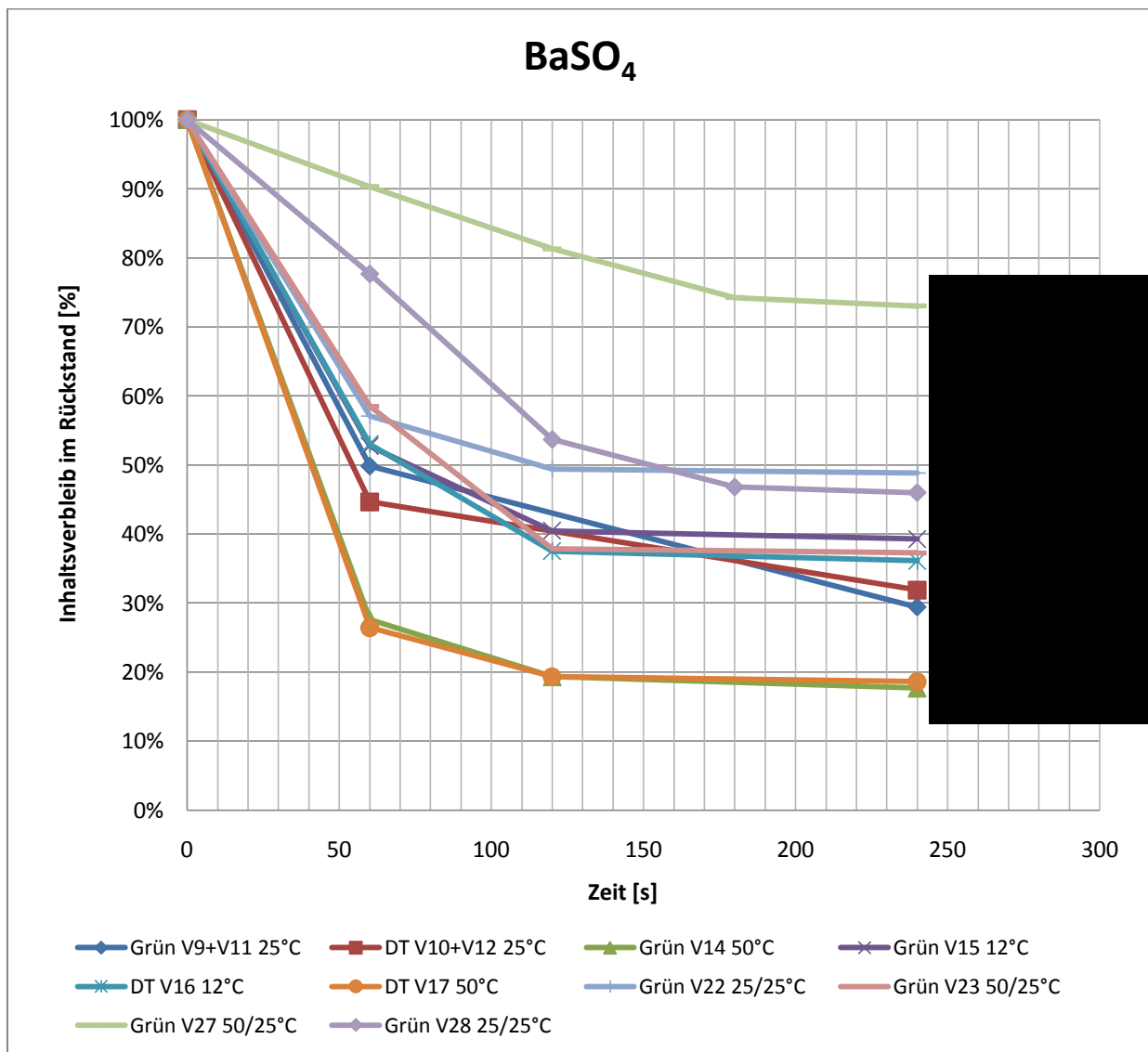


Abbildung 22: Temperaturabhängiges BaSO<sub>4</sub> Inhaltsausbringen

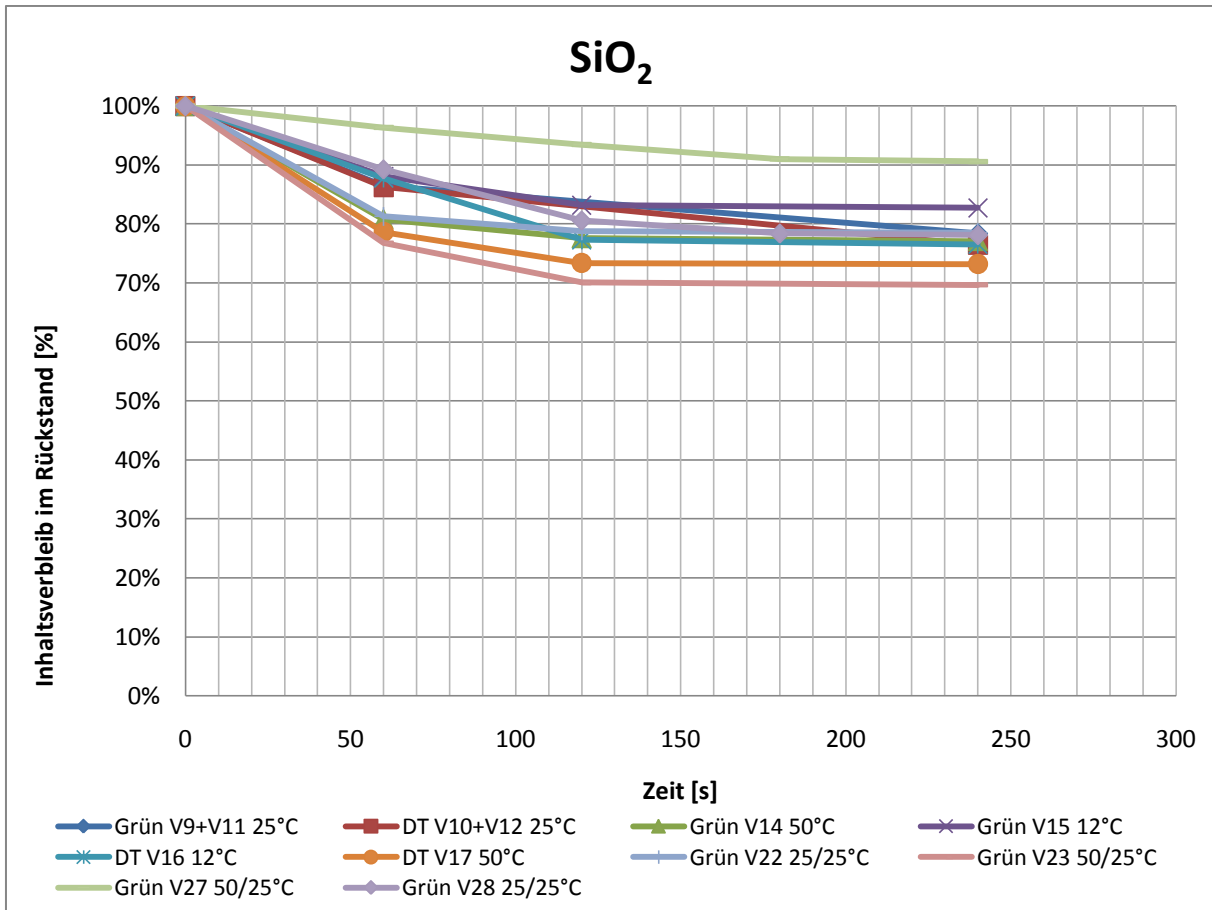


Abbildung 23: Temperaturabhängiges Inhaltsausbringen SiO<sub>2</sub>

### SiO<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen

Es zeigte sich keine eindeutige, temperaturabhängige Komponente im Inhaltsausbringen von SiO<sub>2</sub>. Der erhöhte Massefluss in das Schaumprodukt bei erhöhter Temperatur dürfte zu vermehrtem Mitreißen von SiO<sub>2</sub> Partikeln geführt haben.

### Interpretation im Kappa-Netz

**Die BaSO<sub>4</sub>-Selektivitätsbetrachtung** der Versuche (Abbildung 20) zeigte eine Selektivitätsverbesserung der Flotation bei Erhöhung der Temperatur. Bei Abkühlung der Trübe sank die Selektivität wie erwartet ab. Dabei ähnelten sich Grün- und DT-Erz im Verhalten, ein selektiveres Erz ließ sich nicht bestimmen. So war Grün (V9+11) bei 25°C etwas selektiver als DT (V10+12). Bei 12°C und 50°C war DT-Erz aber leicht selektiver als Grün-Erz.

Versuche zur Untersuchung des Einflusses auf die Konditioniertemperatur (V23, V22, V27 und V28) haben gezeigt, dass ein deutlicher Selektivitätsgewinn durch eine erhöhte Temperatur während der Konditionierung erreichbar war. Diese Versuche hatten einen

höheren Kappa-Wert als die Grundversuche bei 25°C bzw. 50°C. Erklärung dafür war die lange Abkühlzeit von über 3 Stunden.

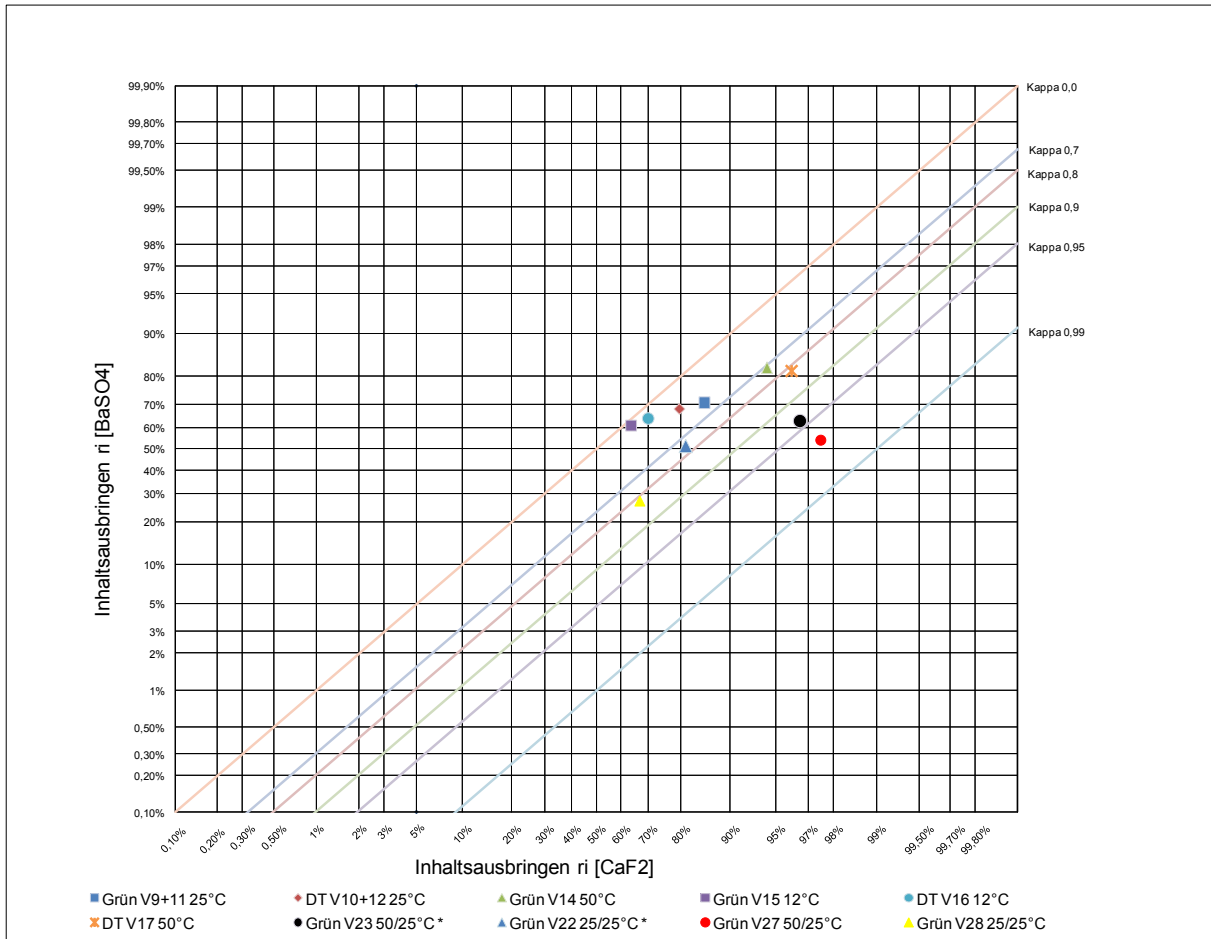


Abbildung 24 :  $r_i[\text{CaF}_2]$  zu  $r_i[\text{BaSO}_4]$  Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 5

**Die  $\text{SiO}_2$ -Selektivitätsbetrachtung** der Versuche zeigte ein ähnliches Bild. Die Versuche mit warmen Trüben waren selektiver als jene mit kalten Trüben. Die Erztypen wiesen ein ähnliches, temperaturabhängiges Verhalten auf. Bei näherer Betrachtung zeigte sich allerdings, dass das Inhaltsausbringen von  $\text{SiO}_2$  bei allen Versuchen nahezu konstant blieb. Der Zugewinn an Selektivität wurde nicht durch ein effektiveres Drücken von  $\text{SiO}_2$  erreicht, sondern durch eine Verbesserung des Inhaltsausbringens von  $\text{CaF}_2$ . Die Versuche zur Klärung des Einflusses der Konditioniertemperatur zeigten, dass ein deutlicher Selektivitätszugewinn über eine erhöhte Konditioniertemperatur möglich war. Der Kappa-Wert der Versuche lag bei dem der Grundversuche.

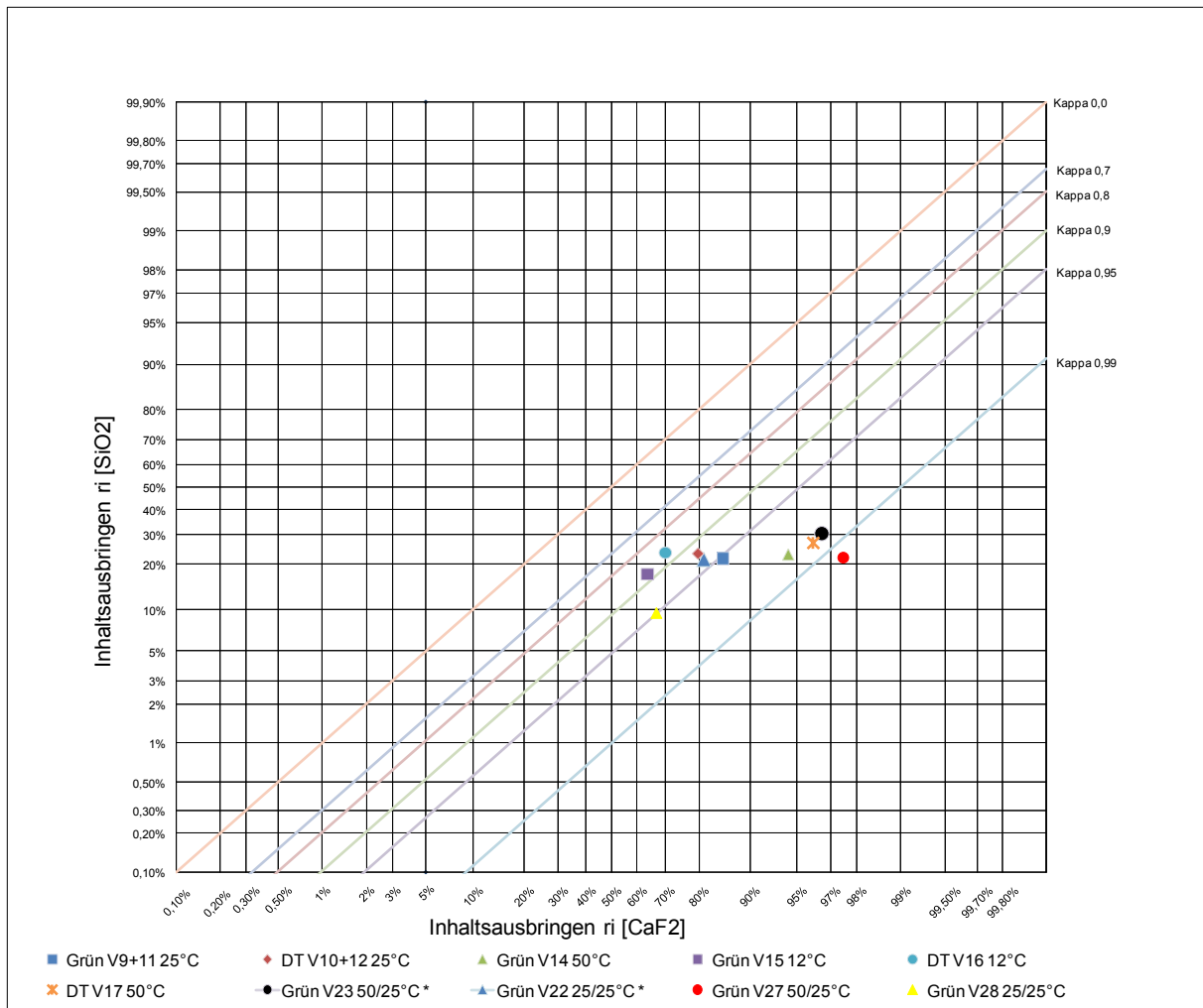


Abbildung 25: ri[CaF<sub>2</sub>] zu ri[SiO<sub>2</sub>] Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 5

### 5.2.1. Zusammenfassung und Diskussion

Es konnte ein eindeutiger Einfluss der Temperatur auf das Flotationsverhalten bewiesen werden. Es galt: „Je wärmer die Trübe, umso selektiver das Flotationsergebnis“. Diese Abhängigkeit war bei beiden Erztypen (Grün und DT) in etwa gleichem Maße vorhanden. Es zeigte sich, dass die Beheizung des Konditioniergefäßes zu einer Erhöhung der Selektivität führte. Eine Beheizung der Anlage ist nicht notwendig, um eine Verbesserung der Selektivität zu erreichen.

## 6. Untersuchung der Scavenger-Abgänge

Da im Betrieb immer wieder Bergeabgänge mit mehr als 10%  $\text{CaF}_2$  und in Ausnahmen auch Bergeabgänge mit 40% vorgekommen sind, galt es herauszufinden, ob die  $\text{CaF}_2$ -Inhalte der Abgänge mit vertretbarem Aufwand rückgewinnbar wären. Um eine wirtschaftlich interessante Rückgewinnung festzulegen, wurden folgende Voraussetzungen definiert.

- Keine erneute Zugabe von großen Reagenzmengen
- $\text{CaF}_2$  Gehalt > 80 % im Produkt
- $\text{BaSO}_4$  Gehalt < 10 % im Produkt

Ein solch geartetes Produkt könnte nach den Vorstellungen der Firma Sachtleben als „Konzentrat zweiter Wahl“ verkauft werden. Die Untersuchungen erfolgten an Bergeabgängen zweier Hauptprodukte der Flußspatflotation.

- ES - **Elektrodenpat Spezial**
  - > 98 %  $\text{CaF}_2$
  - < 0,15 %  $\text{BaSO}_4$
  - < 0,35 %  $\text{SiO}_2$
  - Rückstand von max. 45 % auf dem 40  $\mu\text{m}$  Sieb

Das Produkt ES entspricht der höchsten verkauften Produktgüte, die die Firma Sachtleben Bergbau GmbH herstellt. Durch die hohen Anforderungen wurde bis jetzt ein erhöhter Bergeabgang akzeptiert. Jedoch wäre eine Restnutzung der Berge für ein Flußspatkonzentrat „zweiter Wahl“ der Nutzung als Aufgabe für die Füllstoffflotation vorzuziehen. Die jährliche Produktionsmenge von ES macht nur wenige Prozent der Jahresproduktion aus, und ist daher nur von geringfügiger Bedeutung für diese Untersuchungen.

- EG - **Elektrodenpat Grob**
  - > 97 %  $\text{CaF}_2$
  - < 0,2 %  $\text{BaSO}_4$
  - < 0,6 %  $\text{SiO}_2$
  - Rückstand von max. 55-85 % auf dem 40  $\mu\text{m}$  Sieb

Das Produkt EG entspricht der Standardproduktgüte, die die Firma Sachtleben herstellt. Die Bergeabgänge sind hier deutlich geringer als bei ES. Durch die relativ hohe Jahrestonnage dieses Produkts ist eine Restnutzung der Berge interessant.

## 6.1. Beschreibung der Versuchsumgebung

Alle Versuche in diesem Kapitel wurden im Wolfacher Betriebslabor durchgeführt. Die dort zu Verfügung gestandene Flotationszelle ist ein Fabrikat der Firma WEDAG mit einem Zellenvolumen von 1,7 l. Die Standardreagenzienkonzentration wurde auf das veränderte Zellenvolumen angepasst (Tabelle 12). Die Feststoffaufgabe wurde auf 650 g angehoben um mit dem erhöhten Zellenvolumen die gleiche Feststoffvolumskonzentration von 12-13 % zu erreichen.

**Tabelle 16: Standardreagenzienkonzentration Zelle WEDAG**

	Tropfen	ppm
Collex pur	27	1673
MW05 8%	46	1836
Olein pur	4	172
Flotanol C7 10%	8	314

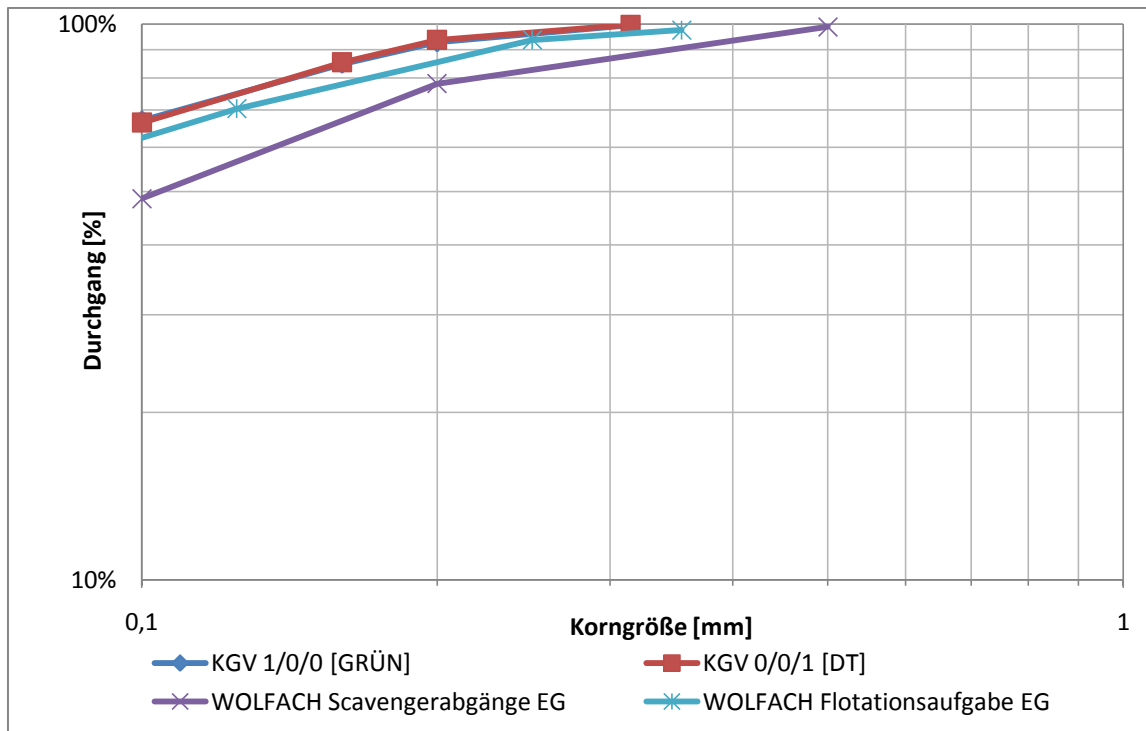
### 6.1.1. Aufgabe

Die für alle Versuche verwendete Aufgabe wurde durch eine mehrmalige Schöpfprobe aus dem Pumpensumpf, der unter der letzten Scavenger Zelle liegt, entnommen. Um die in der Trübe vorhandenen Reagenzien nicht zu zerstören, musste die Flotationsaufgabe noch nass, und mit der originalen Dünnrübe im Versuch, versetzt werden. Die Flotation musste aber unter Einhaltung der Feststoffvolumskonzentration von 12 % erfolgen. Die Schöpfprobe hatte eine ungefähre Feststoffvolumskonzentration von 3 %. Daher wurde ein Eindicker simuliert. Die Proben wurden dekantiert. Die dekantierte Dünnrübe anschließend mit der richtigen Menge nass-feuchten Feststoffes wieder der Laborflotation zugesetzt.

Es wurden auch einige Versuche mit Nachmahlung durchgeführt, um einen Mittelgutmahlung zu simulieren. Diese Nachmahlung wurden an ihrem  $k_{45\%}$  bewertet. Die verwendete Stabmühle wurde nass betrieben.

Die Temperatur wurde mittels Digitalthermometer der Firma Roth gemessen.

Der pH-Wert lag, durch die Anlage geregelt, immer zwischen 8-8,5.



**Abbildung 26: KGV der Aufgabe für die Flotationsversuche Wolfach**

Wie in der Abbildung 22 ersichtlich ist, war die Flotationsaufgabe in die Flußspatflotation mit EG-Erz, mit der Korngrößenverteilung der Laborflotation in Leoben vergleichbar. Der Scavengerunterlauf war aber gröber als die Flußspatflotationsaufgabe.

**Tabelle 17: Korngrößenverteilung WOLFACH Scavengerabgänge EG**

Korngröße [mm]	Masse [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
0,5	1,18%	1,18%	98,82%
0,2	20,71%	21,89%	78,11%
0,1	29,59%	51,48%	48,52%
0	48,52%	100,00%	0,00%
Summe	100,00%		

**Tabelle 18: Korngrößenverteilung WOLFACH Flotationsaufgabe EG**

Korngröße [mm]	Masse [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
0,355	2,40%	2,40%	97,60%
0,25	4,00%	6,40%	93,60%
0,125	23,20%	29,60%	70,40%
0,063	21,80%	51,40%	48,60%
0,045	8,20%	59,60%	40,40%
0	40,40%	100,00%	0,00%
Summe	100,00%		



## 6.2. Versuchsüberblick

Folgende Tabelle soll einen kurzen Überblick über die durchgeführten Versuche geben.

Versuchsnummer	Produkt	Durch. Gehalt an CaF <sub>2</sub> [%]	Zusammensetzung der Aufgabe				Beschreibung
			Bunker Grün	AS+ Sand (Silberspat)	Grün Feinsand	DT Sand	
W1	EG	-	1	1	-	-	Tastversuch
W2	EG	7,7	1	1	1	-	div. SPs mit und ohne Reagenzien
W3	EG	7,81	-	1	1	-	div. SPs mit und ohne Reagenzien
W4	EG	3,28	-	1	1	-	div. SPs mit und ohne Reagenzien + K2C
W5	ES	1,96	-	1	-	1	SP1/SP2 mit 100 Skalenteilen Luft; ohne Reagenz
W6	ES	1,96	-	1	-	1	SP1/SP2 mit 160 Skalenteilen Luft; ohne Reagenz
W7	ES	3,55	-	1	-	1	SP1/SP2 mit 220 Skalenteilen Luft; ohne Reagenz
W8	ES	3,01	-	1	-	1	SP1/SP2 mit 220 Skalenteilen Luft; 3/4 Standard Reagenz
W9	ES	46,76	-	1	-	1	SP1/SP2 mit 240 Skalenteilen Luft
W10	ES	44,35	-	1	-	1	SP1/SP2 mit 100 Skalenteilen Luft
W11	EG	1,9	-	1	-	1	SP1 ohne Nachmahlung
W12	EG	1,9	-	1	-	1	SP1 mit Nachmahlung (60s) und 1/4 Reagenz
W13	EG	1,9	-	1	-	1	SP1/SP2 mit Nachmahlung (600s) und 1/4 Reagenz
W14	EG	20	-	1	-	1	SP1/SP2 ohne Nachmahlung bei 15°C
W15	EG	20	-	1	-	1	SP1/SP2 mit Nachmahlung (600s) bei 17°C
W16	EG	20	-	1	-	1	SP1 mit Nachmahlung (600s) bei 28,6°C
W17	EG	20	-	1	-	1	SP1 ohne Nachmahlung bei 30°C

Abbildung 27: Versuchsüberblick zu den Versuchen in Kapitel 5

### 6.2.1. Tastversuche

Die Tastversuche wurden bei hoher Belüftungsintensität (9,3 l/min) und mit der vollen (W2) bzw. der halben (W3) Standardreagenzienkonzentration durchgeführt. Die Sammlerzugabe konnte, mit einem Blick auf die gekürzten Bilanzen, als nicht erfolgversprechend verworfen werden. Der CaF<sub>2</sub>-Gehalt ist mit über 62% im Vergleich zu Versuchen ohne zusätzliches Reagenz nicht sehr vielversprechend. Der BaSO<sub>4</sub>-Gehalt im Schaumprodukt-2, bei Versuch W2 und W3, ist mit ungefähr 20 % um fast 6-7% über dem Aufgabegehalt gelegen. In darauffolgenden Versuchen hat sich gezeigt, dass vergleichbare Werte, im CaF<sub>2</sub>- und BaSO<sub>4</sub>-Ausbringen, auch ohne zusätzliches Reagenz produziert werden konnten.

**Tabelle 19: Bilanz der Versuche W2 und W3**

Versuch W2			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang	SP1	4,55%	69,69%	41,14%	15,96%	5,60%	10,10%	0,73%
Luft=9,3 l/min	SP2	15,00%	22,24%	43,32%	20,41%	23,65%	39,42%	9,44%
Sp1=kein Reagenz	SP3	2,27%	23,65%	6,98%	17,05%	2,99%	46,48%	1,69%
Sp2=27/46/4/8	Rückstand	78,18%	0,84%	8,56%	11,22%	67,76%	70,64%	88,14%
Sp3=leerflotieren	Summe	100,00%	7,70%	100,00%	12,95%	0,00%	62,66%	0,00%

Versuch W3			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang	SP1	5,21%	62,85%	41,97%	16,62%	6,12%	9,90%	0,84%
Luft=9,3 l/min	SP2	10,90%	28,65%	40,00%	20,55%	15,82%	30,23%	5,36%
Sp1=kein Reagenz	SP3	2,37%	32,23%	9,78%	18,86%	3,16%	35,10%	1,35%
Sp2=13/23/2/4	Rückstand	81,52%	0,79%	8,25%	13,01%	74,90%	69,79%	92,45%
Sp3=leerflotieren	Summe	100,00%	7,81%	100,00%	14,16%	0,00%	61,53%	0,00%

### 6.3. Versuche mit ES

Die Versuche mit der Nummer W5 bis W10 wurden mit Bergeabgängen der Kategorie ES durchgeführt. Dass dieses Bergeprodukt untersucht wurde lag daran, dass die Bergegehalte an Flußspat die sehr markante Marke von 40% kurzzeitig übersteigen konnten. Mengemäßig ist dieses Bergeprodukt aber völlig uninteressant.

#### 6.3.1. Einfluss der Luftmenge und des Aufgabegehalts

Die Versuche mit ES sollten den Einfluss der Luftmenge und des Aufgabegehalts auf die Selektivität zeigen. Die Betrachtung der Ergebnisse erfolgte im Kappa-Netz. Dadurch war eine Bewertung der Selektivität unter Einfluss der Luftmenge und des Aufgabegehalts möglich.

Folgende Belüftungsstärken wurden untersucht:

- 3,4 l/min → 100 Skalenteile
- 5,5 l/min → 160 Skalenteile (Standardbelüftung in allen Versuchen)
- 7,7 l/min → 220 Skalenteile
- 9,3 l/min → 240 Skalenteile (max. Anzeigebereich)

Der Aufgabebegehalt lag bei ~40% bzw. ~3% je nach Versuchstyp.

- **BaSO<sub>4</sub>-Kappa-Netz**

Die Selektivität der Versuche mit geringem Aufgabengehalt (1,9% - 3,5%) (Abbildung 25) schwankte bei Veränderung der Luftmenge um einen Kappa-Wert von 0,99, was einem sehr guten Flotationsprozess entsprach. Eine deutliche Verbesserung der Selektivität, bei Verminderung der Luftmenge, war durch das hohe Selektivitätslevel nur schwer zu erkennen. Generell führte aber eine starke Belüftung der Zelle, bedingt durch den verstärkten Mitreißeffekt, zu einem unselektiveren Ergebnis. Da eine Luftmenge von 5,5 l/min auch der Laborflotation in Leoben entsprach, wurde dieser Wert als Standardbelüftung definiert.

Versuche mit einer Aufgabe von 40% CaF<sub>2</sub> (W9 und W10) anstelle von 1,9-3,5% CaF<sub>2</sub> (W5, W6 und W7) haben, trotz deutlich erhöhten CaF<sub>2</sub> Gehalts in der Aufgabe, keine Verbesserung der Selektivität gezeigt. Eine Veränderung der Luftmenge zeigte nur einen geringen Einfluss auf die Selektivität. Versuch W10 (3,4 l/min) war gering selektiver als Versuch W9 (9,3 l/min).

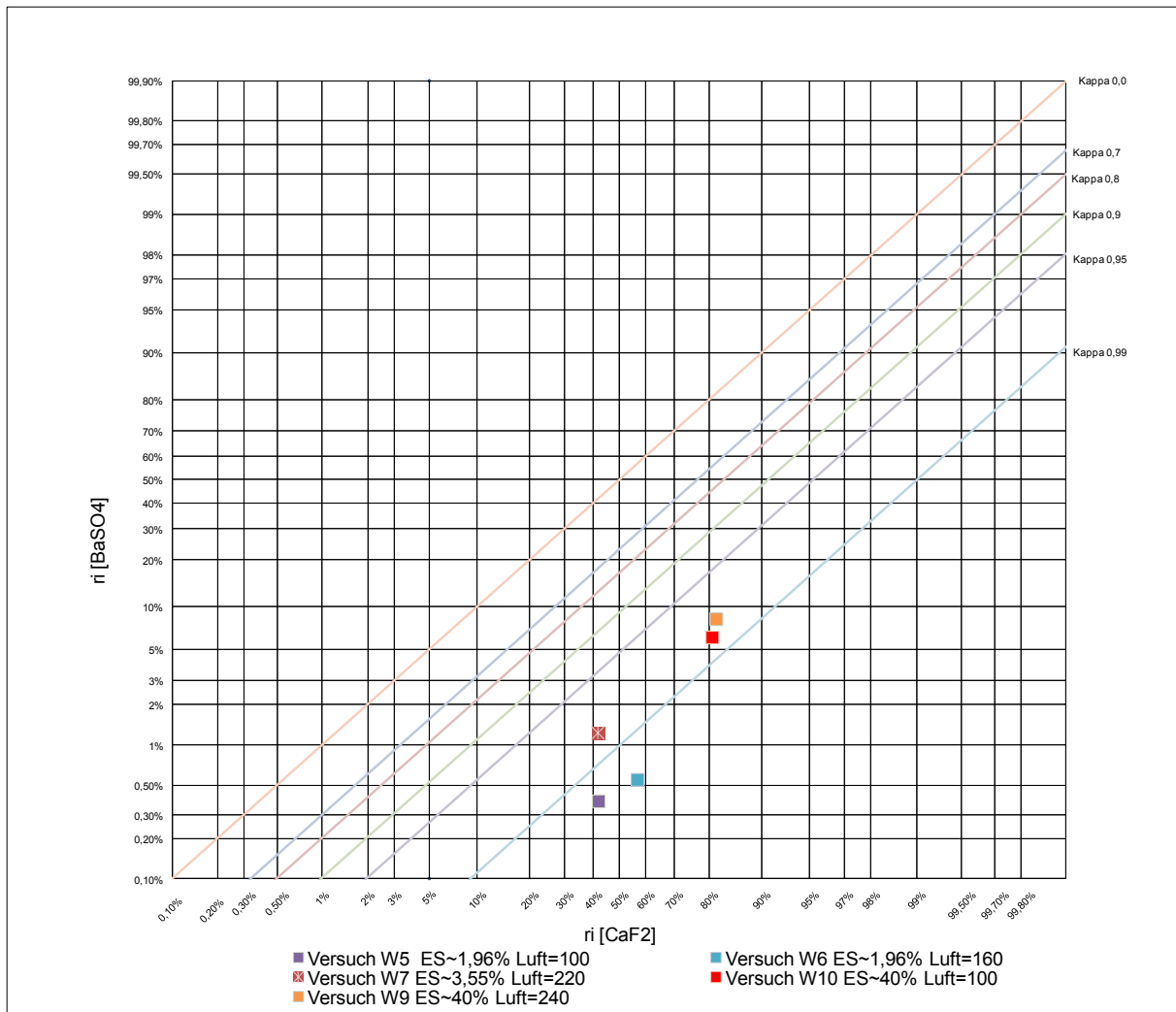


Abbildung 28:  $r_i[\text{CaF}_2]$  zu  $r_i[\text{BaSO}_4]$  Kappa-Netz zu Versuchen mit "ES"

- **SiO<sub>2</sub>-Kappa-Netz**

Die Darstellung im SiO<sub>2</sub> Kappa-Netz (Abbildung 22) zeigte ein vergleichbares Bild wie in Abbildung 21. Die Werte rückten hier allerdings immer mehr in Gruppen zusammen. Zu beachten war, dass die Selektivität beider Versuchsgruppen bereits bei ~0,99 lag, was einem extrem guten Prozess entsprach.

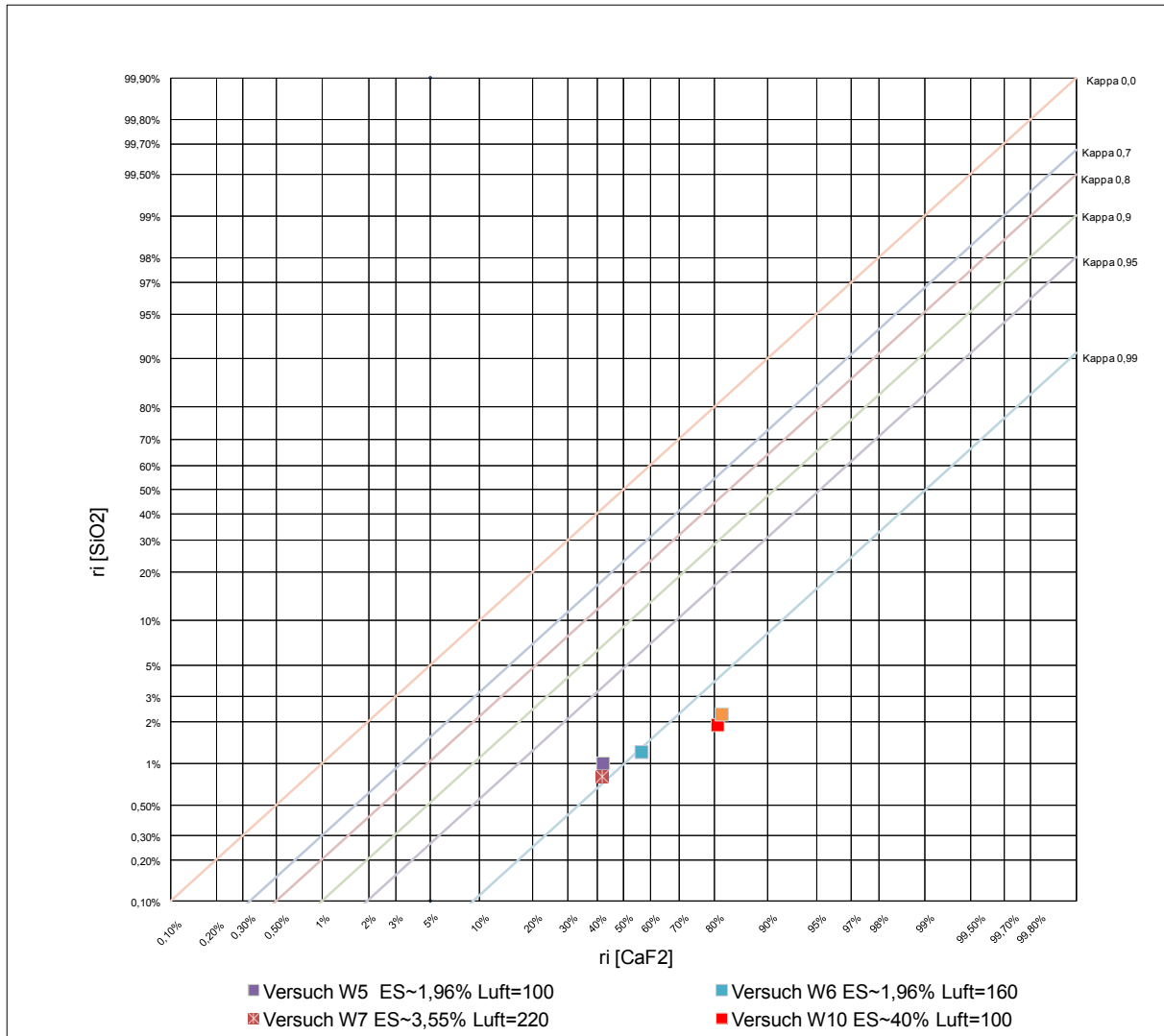


Abbildung 29:  $r_i[\text{CaF}_2]$  zu  $r_i[\text{SiO}_2]$  Kappa-Netz zu Versuchen mit "ES"

Tabelle 20: Bilanzrechnung zu Versuch W5

Versuch W5			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang ES	SP1	2,48%	58,47%	73,86%	12,01%	1,84%	20,82%	0,77%
Luft=100	Rückstand	97,52%	52,65%	26,14%	30,97%	98,16%	4,20%	99,23%
	Summe	100,00%	1,96%	100,00%	16,20%	100,00%	67,29%	100,00%

Tabelle 21: Bilanzrechnung zu Versuch W6

Versuch W6			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang ES	SP1	3,33%	55,98%	94,83%	12,52%	2,57%	23,60%	1,17%
Luft=160	Rückstand	96,67%	10,51%	5,17%	155,35%	97,43%	4,21%	98,83%
	Summe	100,00%	1,96%	100,00%	16,20%	100,00%	67,29%	100,00%

**Tabelle 22: Bilanzrechnung zu Versuch W7**

Versuch W7			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang ES	SP1	4,17%	52,87%	62,12%	12,76%	3,05%	25,71%	1,68%
Luft=220	Rückstand	95,83%	1,40%	37,88%	17,65%	96,95%	65,40%	98,32%
	Summe	100,00%	3,55%	100,00%	17,45%	100,00%	63,75%	100,00%

**Tabelle 23: Bilanzrechnung zu Versuch W9**

Versuch W9			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang EG	SP1	39,89%	95,85%	81,76%	1,01%	8,21%	2,07%	2,26%
Luft=240	Rückstand	60,11%	14,19%	18,24%	7,48%	91,79%	59,31%	97,74%
	Summe	100,00%	46,76%	100,00%	4,90%	100,00%	36,48%	100,00%

**Tabelle 24: Bilanzrechnung zu Versuch W10**

Versuch W10			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang EG	SP1	37,29%	96,15%	80,84%	8,75%	84,49%	61,78%	94,81%
Luft=100	Rückstand	62,71%	13,55%	19,16%	0,95%	15,51%	2,01%	5,19%
	Summe	100,00%	44,35%	100,00%	3,86%	100,00%	24,30%	100,00%

Wie in Tabelle 20, 21 und 22 ersichtlich ist, gelang es nicht, aus Bergeabgängen mit geringem CaF<sub>2</sub> Gehalt ein geeignetes Produkt zweiter Wahl herzustellen. Die Grenze für die Herstellung eines geeigneten Produkts dürfte bei ca. 10% Aufgabengehalt gelegen sein. Diese Annahme wurde durch die Bilanz der Versuche W2 und W3 (Tabelle 19 → ACHTUNG: Nur SP1 beachten SP2/3/4 mit Reagenzienzugabe!) unterstrichen. Diese Versuche hatten eine ca. 7%ige Aufgabe und erreichten im SP1 nicht die nötigen Qualitäten für ein Konzentrat zweiter Wahl. Die Schaumprodukte bei einem Aufgabengehalt von ungefähr 40% CaF<sub>2</sub> (Tabelle 23 und 24) erfüllten die Voraussetzungen für ein Produkt zweiter Wahl bei weitem.

#### 6.4. Versuche mit EG

Das mengenmäßig interessanteste Bergeprodukt fiel bei der Produktion der EG-Qualität an. Die Gehalte an CaF<sub>2</sub> in den Bergen erreichten hier Werte um 20%. Da das gewünschte Konzentrat gröber als bei ES war, wurde auch eine eventuelle Aufmahlung des Bergeproduktes vor der Flotation angedacht. Auch sollte der Temperatureinfluss untersucht werden.

### 6.4.1. Einfluss der Temperatur und Korngröße

Die Versuche W14 - W17 dienten zur Bestimmung des Temperatur- und Korngrößeneinflusses auf das Flotationsergebnis. Alle Versuche wurden ohne weitere Reagenzienzugabe durchgeführt. Es wurde mit Trüben bei 17°C und 30°C flотиert. Für die Überprüfung des Korngrößeneinflusses wurde die Flotationsaufgabe 600 Sekunden in der Stabmühle nass zerkleinert. Der Rückstand der Aufgabe betrug am 100µm Sieb 41%. Nach der Mahlung lag der Rückstand am 100µm Sieb bei 14%.

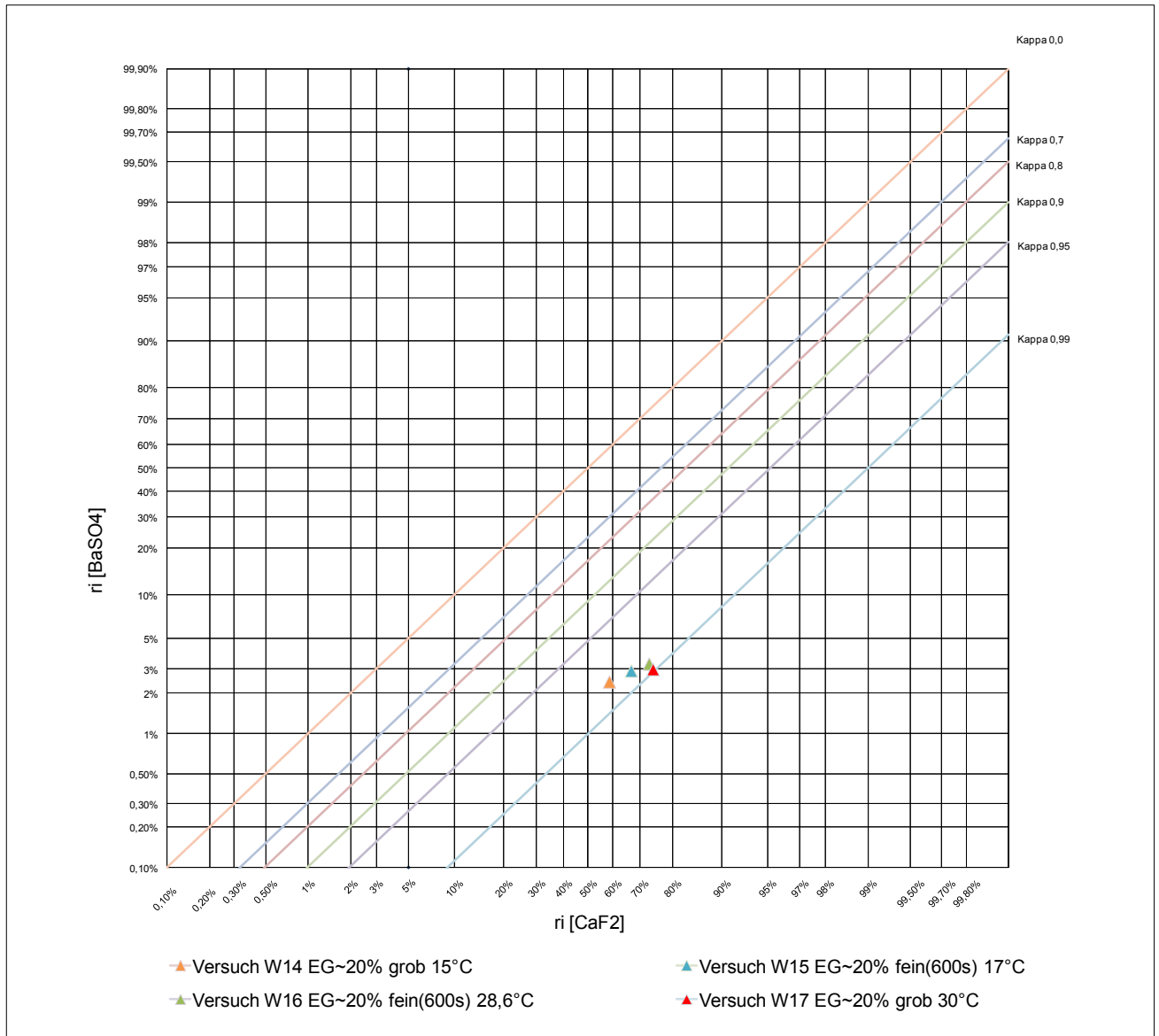


Abbildung 30:  $ri[CaF_2]$  zu  $ri[BaSO_4]$  Kappa-Netz zu Versuchen mit "EG"

- **BaSO<sub>4</sub>-Kappa-Netz**

Es zeigte sich ein leichter Selektivitätsgewinn mit erhöhter Temperatur (W16 und W17). Die Korngröße zeigte bei erwärmter Trübe keinen Einfluss, die Selektivität war bei beiden Proben ähnlich. Bei kühlen Trüben (W14 und W15) war ein geringer Selektivitätzugewinn zugunsten der Probe mit feinerer Korngrößenverteilung ersichtlich.

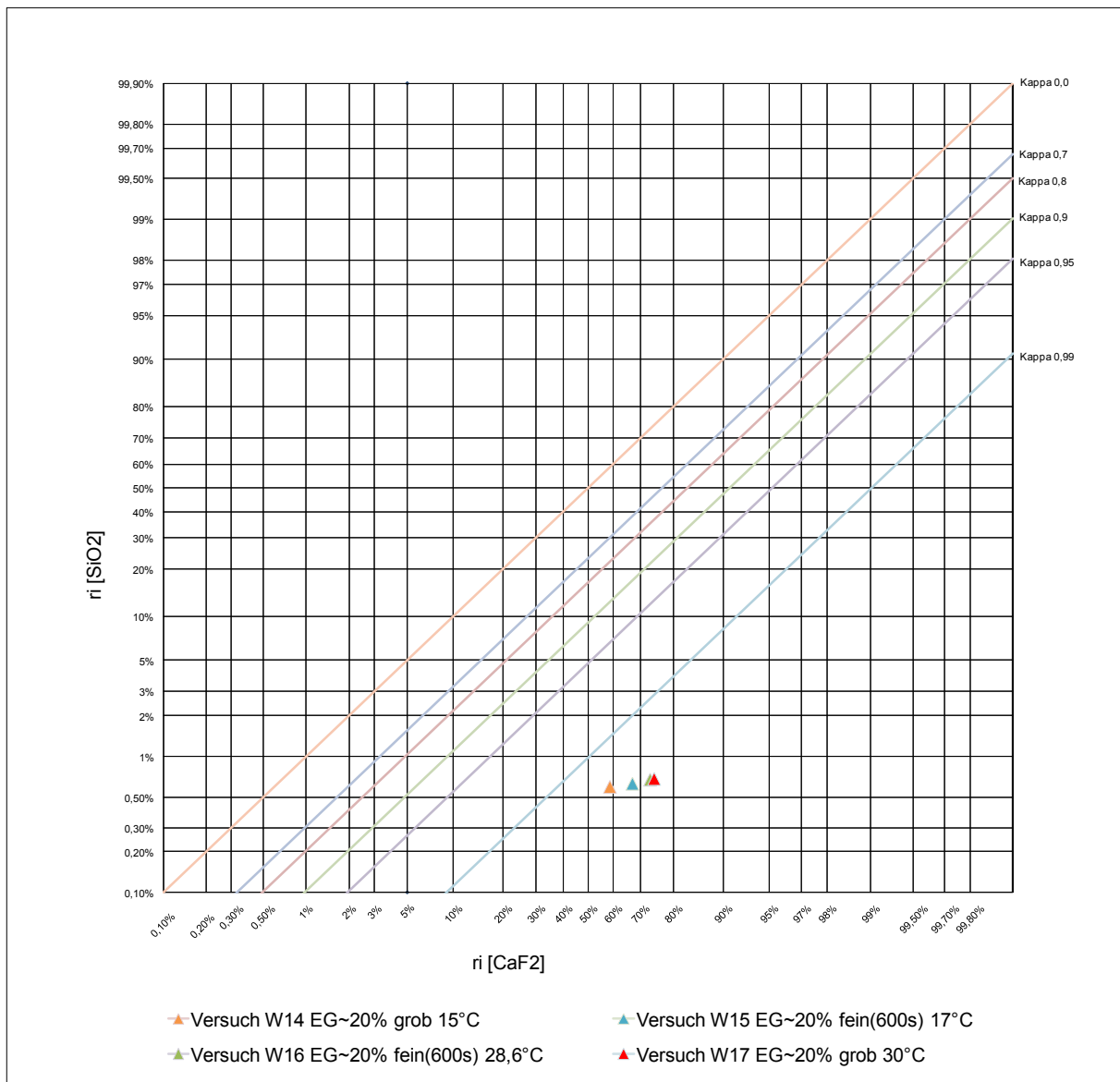


Abbildung 31: :  $r_i[\text{CaF}_2]$  zu  $r_i[\text{SiO}_2]$  Kappa-Netz zu Versuchen mit "EG"

- **SiO<sub>2</sub>-Kappa-Netz**

Die Flotation war äußerst selektiv ( $\text{Kappa} > 0,99$ ). Bei erhöhter Temperatur zeigte sich wie erwartet eine höhere Selektivität. Es war kein Einfluss der Korngröße auf die Selektivität bei erwärmten Trüben nachweisbar. Ein gering positiver Einfluss der feineren Korngrößenverteilungen auf die Selektivität bei Trüben mit niedriger Temperatur war vorhanden.



Unabhängig von der Temperatur und der Korngrößenverteilung gelang es ein Konzentrat geeigneter Qualität herzustellen. Eine erhöhte Temperatur, oder eine Aufmahlung der Aufgabe war nicht nötig.

**Tabelle 25: Bilanzen der Versuche W14 bis W17**

Versuch W14			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang EG	SP1	11,57%	93,78%	58,85%	3,39%	2,42%	2,78%	0,60%
T=12°C	Rückstand	88,43%	8,58%	41,15%	17,92%	97,58%	60,03%	99,40%
0	Summe	100,00%	18,44%	100,00%	16,24%	100,00%	53,40%	100,00%

Versuch W15			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang EG	SP1	12,09%	93,78%	68,50%	3,39%	2,66%	2,78%	0,60%
T=12°C	Rückstand	87,91%	5,93%	31,50%	17,03%	97,34%	63,46%	99,40%
0	Summe	100,00%	16,56%	100,00%	15,38%	100,00%	56,12%	100,00%

Versuch W16			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang EG	SP1	13,37%	93,54%	73,28%	3,88%	3,24%	2,75%	0,68%
T=28°C	Rückstand	86,63%	5,26%	26,72%	17,88%	96,76%	61,88%	99,32%
600s Mahlung	Summe	100,00%	17,06%	100,00%	16,01%	100,00%	53,98%	100,00%

Versuch W17			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
Flot. Abgang EG	SP1	15,49%	94,63%	74,54%	3,04%	2,97%	2,32%	0,68%
T=30°C	Rückstand	84,51%	5,93%	25,46%	18,20%	97,03%	61,84%	99,32%
	Summe	100,00%	19,67%	100,00%	15,85%	100,00%	52,62%	100,00%

## 6.5. Zusammenfassung und Diskussion

Die Untersuchungen an den Scavengerabgängen der Flußspatflotationsanlage in Wolfach haben gezeigt, dass es möglich ist ein Konzentrat zweiter Wahl aus den Scavengerabgängen zu produzieren.

Es wurde der Einfluss der Korngröße, der Temperatur, der Belüftungsintensität und des  $\text{CaF}_2$  Aufgabehaltes auf die Selektivität untersucht. Es zeigte sich, dass eine Erhöhung der Temperatur zu einer eindeutigen Verbesserung der Selektivität führt. Ein Aufmahlen der Aufgabe brachte eine nur sehr bescheidene Verbesserung und wurde für die weiteren Versuche verworfen. Der Aufgabehalt hat einen nur sehr geringen Einfluss auf die Selektivität, während die Belüftung die Selektivität gering auf sehr hohem Niveau (Kappa um die 0,99) beeinflusst.

Die hohe Selektivität aller Versuche (kein Versuch hatte einen Kappa-Wert  $< 0,95$ ) hat gezeigt, dass auch bei hohen Bergeverlusten die Flotationsanlage bzw. das Reagenzienregime sehr gut funktionierte. Es zeigte sich, dass die hohen Bergegehalte von über 40%  $\text{CaF}_2$  in erster Linie ein Verweilzeitproblem darstellen, und nicht wie zuerst angenommen auf ein Selektivitätsproblem oder eine Reagenzienunterdosierung zurückzuführen sind. Die Anlage könnte je nach Betriebszustand und Zielqualität einige Scavengerzellen mehr benötigen, um ein befriedigendes Inhaltsausbringen zu erreichen.

Berge mit weniger als 10%  $\text{CaF}_2$  erfüllen die Voraussetzungen nicht, um ein Konzentrat zweiter Wahl herzustellen. Das Schaumprodukt einer solchen Flotation wäre aber höchst geeignet für eine Rückführung in die Grundstufe der Flotation.

Aus den Bilanzen geht ferner hervor, dass für die Herstellung eines Konzentrats zweiter Wahl eine Aufgabe mit ca. 10%  $\text{CaF}_2$  Voraussetzung ist. Für das Erreichen der Anforderungen waren weder eine erhöhte Reagenziendosierung, noch eine erhöhte Temperatur oder eine Nachmahlung nötig. Die Bergeabgänge lassen aber eine direkt nachgeschaltete Flotationsstufe zu. Die Untersuchungen wurden an EG und ES Bergen der Flotation durchgeführt und lieferten bei beiden Abgängen zufriedenstellende Ergebnisse. Basierend auf diesen Versuchen wurde eine Abschätzung des zu erwartenden Masseausbringens an Konzentrat zweiter Wahl errechnet.

Zur abschließenden Untersuchung wurde eine mehrstufige Nachanreicherung durchgeführt. Die Untersuchung konnte aus organisatorischen Gründen nicht in Wolfach durchgeführt werden. Daher erfolgte die Flotation in Leoben, mit ca. 3 Wochen Abstand zu den Versuchen in Wolfach.

**Tabelle 26: Nachreinigungsversuche für EG-Endprodukt**

Versuch 29			CaF <sub>2</sub>		BaSO <sub>4</sub>		SiO <sub>2</sub>	
Material	Produkt	Masse [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]	Gehalt [%]	Inh. Ausbr. [%]
EG Abgänge	Rest 1	95,55%	25,80%	87,98%	9,34%	97,94%	52,44%	98,73%
Sp Nachreinigung	Rest 2	1,45%	49,71%	2,57%	8,20%	1,30%	31,15%	0,89%
	Rest 3	0,44%	51,68%	0,82%	7,90%	0,38%	27,47%	0,24%
	SP END	2,56%	94,55%	8,63%	1,34%	0,38%	2,85%	0,14%
	Summe	100,00%	28,02%	100,00%	9,11%	100,00%	50,75%	100,00%

Aus dieser Untersuchung ließen sich **keine** Werte für eine Abschätzung ableiten. Wie in Tabelle 17 ersichtlich ist, wurden zwar die Werte für ein Konzentrat zweiter Wahl erreicht, das Inhaltsausbringen lag aber bei nur 8% CaF<sub>2</sub> im Konzentrat. Der Gehalt des Konzentrats lag mit 94% nicht höher als mit den Versuchen W9, W10, W14/15/16 und W17. Es ist davon auszugehen, dass der zeitliche Abstand zwischen Versuch und Probenahme zu groß war, und eine Zersetzung der Reagenzien bereits stattgefunden hatte. Die Werte für die Prognoserechnung wurden daher aus dem Mittelwert der Versuche W9, W10, W14/15/16 und W17 bestimmt.

- CaF<sub>2</sub>-Gehalt der Aufgabe und des Konzentrates

Der Gehalt der Aufgabe (Scavengerabgänge) wurde mittels statistischer Auswertung des Jahres 2007 in Kapitel 7 ermittelt und lag bei 8,4% CaF<sub>2</sub> im Mittel. Wenn man die Tagesmittelwerte aus den Tagen mit einem Bergegehalt von mehr als 10% CaF<sub>2</sub> auswertete, kam man auf einen Aufgabegehalt von ca. 12,56% CaF<sub>2</sub>. Analog dazu wurde der BaSO<sub>4</sub>-Gehalt von 14,64% errechnet.

- CaF<sub>2</sub>-Gehalt des Konzentrates

Der Gehalt des Konzentrates wurde aus dem Durchschnitt der Konzentratgehalte der Versuche W9, W10, W14/15/16 und W17 errechnet und lag bei 93,76% CaF<sub>2</sub>. Der BaSO<sub>4</sub>-Gehalt lag hier analog bei 2,69%.

- CaF<sub>2</sub>-Inhaltsausbringen der Berge und des Konzentrates

Das Inhaltsausbringen des Konzentrates wurde anhand der Werte von Versuch W9, W10, W14/15/16 und W17 auf einen durchschnittlichen Wert von 68% angenommen.

- Massestrom

Der Massestrom wurde auf 9,5 t/h für die Scavengerabgänge geschätzt. Für einen Tag wurde eine Betriebsdauer von 16 Stunden angesetzt.

**Tabelle 27: Prognose für Masseausbringen eines Konzentrates zweiter Wahl**

Produkt	Masseausbringen [%]	CaF <sub>2</sub>			BaSO <sub>4</sub>		
		Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Konzentrat	9,11	93,76	854,08	68,00	2,69	24,5037884	1,67
Berge	90,89	4,42	401,92	32,00	15,84	1439,50	98,33
Aufgabe	100,00	12,56	1256,00	100,00	14,64	1464,00	100,00

Produkt	Massestrom [t/h]	Massestrom [t/d]
Konzentrat	0,87	13,85
Berge	8,63	138,15
Aufgabe	9,50	152,00

Aus den Versuchen lässt sich ein Massestrom von ca. 0,87 t/h an Konzentrat zweiter Wahl erwarten.

Die Herstellung eines Konzentrates zweiter Wahl war bei geeigneten Bergeabgängen mit mehr als 10 % CaF<sub>2</sub> ohne Probleme möglich. Bei einem Aufgabegehalt von unter 10 % CaF<sub>2</sub> ist eine Rückführung in die Grundstufe der Flotation vorteilhaft. Es sollte überlegt werden, ob eine zuschaltbare Verlängerung der Scavengerflotationsbank nicht vorteilhaft wäre, um das Inhaltsausbringen zu verbessern. Die Produktion eines Konzentrates zweiter Wahl wäre dann bei Bedarf auch ohne Probleme möglich.

## 7. Auswertung der Flotationsdaten der letzten Jahre

Die Ergebnisse wurden mittels EXCEL und ACCESS ausgewertet und einer statistischen Bewertung unterzogen. Zu Beginn der Arbeit lagen die Datensätze der Flußspatflotation von 2007 bis Frühjahr 2009 zur Auswertung vor.

Durch diese Auswertung sollte der Einfluss der Jahreszeiten, so vorhanden, auf die Flotationsanlage dargestellt werden. Nach Meinung der Flotationsmannschaft unterliegt der Prozess einer saisonalen Schwankung. Im Sommer läuft der Prozess nach den Aussagen der Bedienmannschaft, effizienter als im Winter und der Verlust in den Bergen sei im Sommer deutlich geringer. Die Untersuchungen in Kapitel 4 und 6 ließen eine solche Vermutung auf jeden Fall zu. Das Prozesswasser ist im Winter deutlich kühler als im Sommer, auch die Aufgabe ist im Winter deutlich kühler.

### 7.1. Methoden zur Auswertung

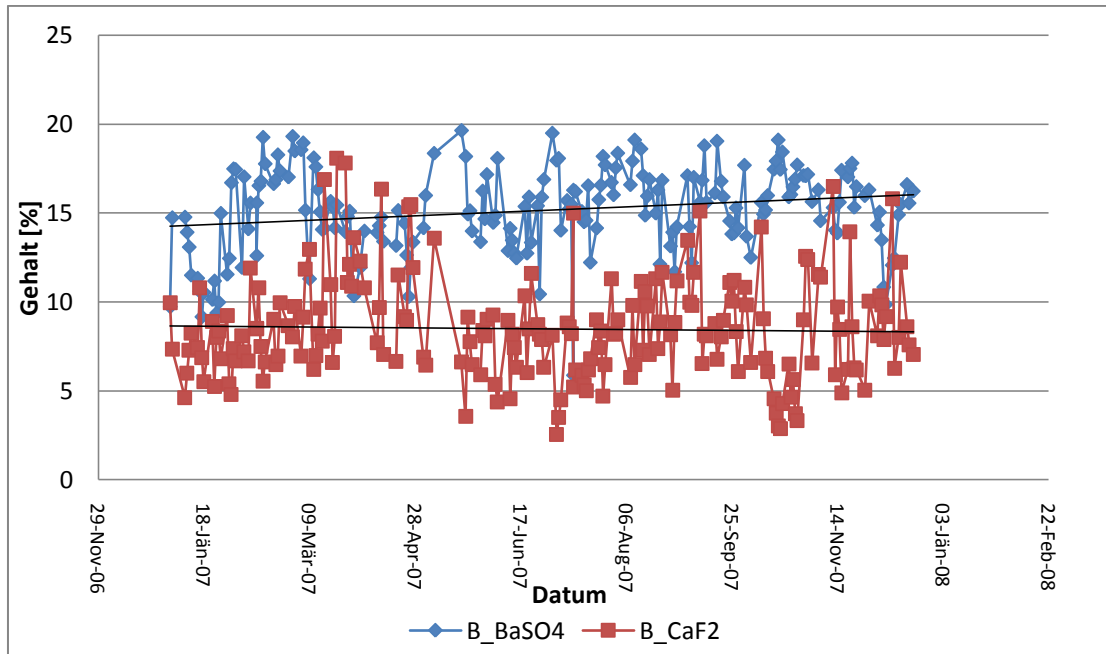
Alle Daten lagen als händisch geführte EXCEL-Datei vor, jedes Jahr als separate Datei. Die Tabellen enthielten die täglich erhobenen Gehalte der Aufgabe, der Berge und des Konzentrats. Mittels VBA wurden die EXCEL-Tabellen in eine ACCESS-Datenbank überführt und dort mittels Filterkriterien von Duplikaten und korrupten Datensätzen (Daten größer als +150% des Mittelwerts) befreit. Die so gewonnen Datensätze wurde mittels PLOT dargestellt und bewertet.

		CaF <sub>2</sub> -Aufgabe						CaF <sub>2</sub> -Konzentrat							CaF <sub>2</sub> -Berge									
	Zeit	CaF <sub>2</sub>	BaSO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Mg	As	Pb	CaF <sub>2</sub>	BaSO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Mg	As	Pb	45mg	Prod.	Lager	CaF <sub>2</sub>	BaSO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Mg	As	Pb		
		[Gew.-%]					[ppm]	[Gew.-%]					[ppm]	100	Box	Box	[Gew.-%]					[ppm]		
Dat.	03.04.2007													EG										
	7.00							98,0	0,14	0,77	0,31	6	19		4	7								
	8.00	66,8	3,2	25,5	0,52	47	65	98,1	0,16	0,80	0,31	5	17	63,4	4	7	29,7	10,5	51,3	0,46	93	118		
	9.00							97,8	0,18	0,99	0,34	7	13		4	7								
	10.00	71,8	4,8	20,6	0,47	63	66	98,1	0,20	0,74	0,31	7	19	70,4	4	7	30,2	9,7	50,2	0,37	81	143		
	11.00							97,8	0,23	0,95	0,35	8	17		4	7								
	12.00	69,6	2,5	24,1	0,54	46	87	97,9	0,22	0,83	0,34	8	25	69,0	4	7	30,5	10,1	51,0	0,48	94	134		
	13.00																							
	14.00	73,7	2,9	19,7	0,45	57	65	95,0	0,48	2,94	0,44	10	23	61,8	3		13,8	9,1	62,7	0,43	82	202		
	15.00																							
	16.00							94,2	0,90	2,89	0,34	18	34		3									
	17.00	63,5	4,1	27,3	0,42	59	77	94,9	0,61	2,30	0,64	13	22		3		10,7	10,1	63,5	0,55	97	192		
	18.00							95,0	0,56	2,21	0,65	11	21		3									
	19.00	69,9	4,2	22,2	0,31	52	77	95,1	1,07	2,30	0,45	21	35		3		15,5	14,2	58,7	0,50	127	131		
	20.00							96,0	0,83	2,07	0,31	10	25		3									
	21.00							95,7	0,68	2,14	0,44	17	23		3									
	0 Tag	69,2	3,6	23,2	0,45	54	73	96,4	0,48	1,69	0,40	11	23	66,2			21,7	10,6	56,2	0,47	96	153		
	Meggen							95,8	0,61	2,30	0,40	15	22											

Abbildung 32: Beispiel der Flotationsdatenaufzeichnung

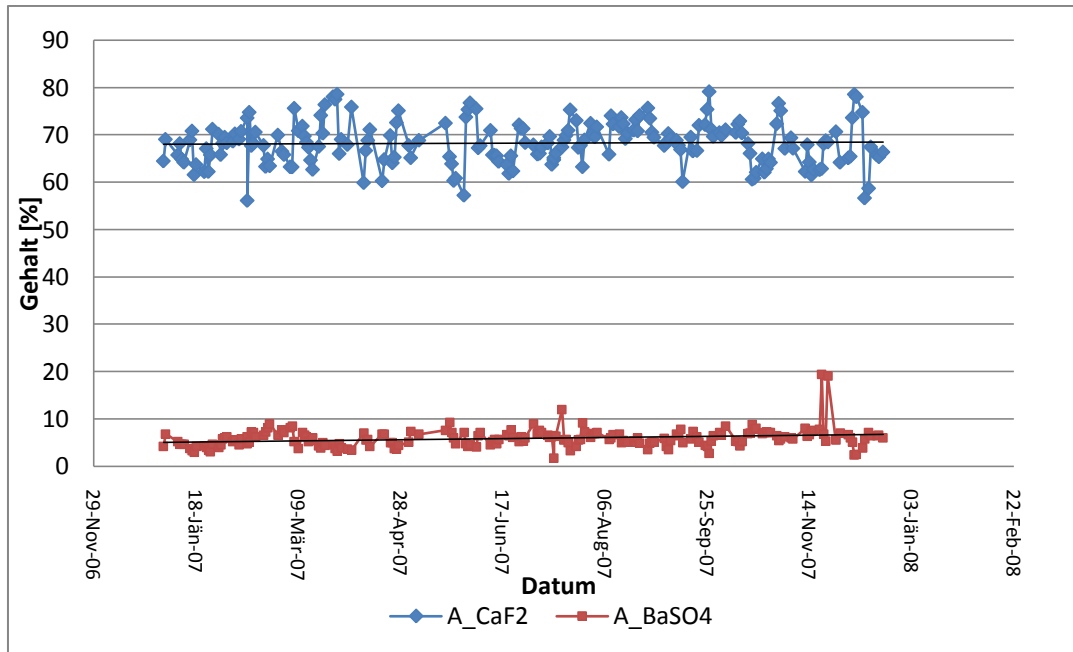
## 7.2. Analyse

Die Ergebnisse der Auswertungen konnten keinen Trend zwischen den Jahreszeiten und den Bergegehalten ermitteln. Die Werte zeigten keinen eindeutig auswertbaren Trend. Als Beispiel zu den Ergebnissen der Auswertung ist hier das Jahr 2007 gegeben. In diesem Zeitraum ist die kompletteste Datenaufzeichnung über das ganze Jahr vorhanden. Die Ergebnisse der Jahre 2008 und Teile von 2009 zeigten das gleiche Verhalten. (und liegen als Datei auf CD bei)



**Abbildung 33: Schwankungen der Wertmineralgehalte in den Bergen für das Jahr 2007**

Abbildung 29 zeigte, dass kein von den Jahreszeiten abhängiger Trend in den Bergegehalten ersichtlich war. Ein Hinweis auf eine saisonale Abhängigkeit wäre eine gekrümmte Linie mit einem Minimum im Sommer. Es wurden mehrere Ausgleichsverfahren angewandt (Polynom und Spline), aber kein Verfahren konnte ein solches Verhalten nachweisen. Auch eine rein optische Auswertung zeigte keinen solchen Trend, sowohl im BaSO<sub>4</sub>- oder CaF<sub>2</sub>-Gehalt der Berge. Zur Abschätzung des Jahresmittelwerts wurde in Abbildung 26 und 27 eine lineare Trendkurve eingefügt.



**Abbildung 34: Aufgabegehalt 2007**

Der  $\text{CaF}_2$ -/ $\text{BaSO}_4$ -Gehalt der Aufgabe unterlag auch keiner auffälligen saisonalen Schwankung im Jahr 2007.

### 7.3. Zusammenfassung

Die statistische Auswertung brachte keinen Hinweis für die Vermutung einer saisonalen Abhängigkeit der Anlage. Solche Annahmen konnten aber nicht zur Gänze ausgeschlossen werden. Die Datensätze waren oft stark fragmentarisch, des Weiteren kann die Möglichkeit eines Zahlensturzes oder eine Komma-Verschiebung bei manueller Führung der Aufzeichnungen nie ausgeschlossen werden. Eine richtige und statistisch einwandfreie Anwendung von Filterkriterien zur „Aussiebung“ korrupter Datensätze war ohne entsprechendes Fachwissen nicht möglich. Die Datensätze sollten daher in Zukunft um folgende Erhebungen erweitert werden, um eine verbesserte statistische Auswertung zu ermöglichen.

- Typ des aufgegeben Erzes (Grün, Sand, Silberspat usw.)
- Masseverhältnis der Außenaufgabe zur Bunkeraufgabe und Art der Außenaufgabe
- Genaue Bezeichnung des Endproduktes
- Temperatur des Prozesswassers
- Temperatur im Konditioniergefäß

## 8. Anhang

### 8.1. Tabellen

<b>Versuch W2</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang	SP1	4,55%	10	69,69%	316,77	41,14%	15,96%	72,55	5,60%	10,10%	45,91	0,73%
Luft=240	SP2	15,00%	33	22,24%	333,60	43,32%	20,41%	306,15	23,65%	39,42%	591,30	9,44%
Sp1=kein Reagenz	SP3	2,27%	5	23,65%	53,75	6,98%	17,05%	38,75	2,99%	46,48%	105,64	1,69%
Sp2=27/46/4/8	Rückstand	78,18%	172	0,84%	65,92	8,56%	11,22%	877,20	67,76%	70,64%	5522,76	88,14%
Sp3=leerflotieren	Summe	100,00%	220	7,70%	770,05	100,00%	12,95%	1294,65	62,66%	6265,61		

<b>Versuch W3</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang	SP1	5,21%	11	62,85%	327,65	41,97%	16,62%	86,64	6,12%	9,90%	51,63	0,84%
Luft=240	SP2	10,90%	23	28,65%	312,30	40,00%	20,55%	224,00	15,82%	30,23%	329,52	5,36%
Sp1=kein Reagenz	SP3	2,37%	5	32,23%	76,37	9,78%	18,86%	44,69	3,16%	35,10%	83,18	1,35%
Sp2=13/23/2/4	Rückstand	81,52%	172	0,79%	64,40	8,25%	13,01%	1060,53	74,90%	69,79%	5689,04	92,45%
Sp3=leerflotieren	Summe	100,00%	211	7,81%	780,73	100,00%	14,16%	1415,87	61,53%	6153,37		

<b>Versuch W4</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang	SP1	2,55%	9	57,95%	147,75	45,08%	16,73%	42,65	2,81%	15,97%	40,72	0,62%
Luft=240	SP2	3,68%	13	26,70%	98,33	30,00%	21,28%	78,37	5,17%	35,74%	131,62	2,01%
Sp1=kein Reagenz	SP3	1,13%	4	27,17%	30,79	9,39%	18,30%	20,74	1,37%	39,75%	45,04	0,69%
Sp2=13/23/2/4	Sp4	21,81%	77	2,32%	50,61	15,44%	10,18%	222,06	14,65%	70,20%	1531,27	23,42%
Sp3=leerflotieren	Rückstand	70,82%	250	0,00%	0,28	0,08%	16,27%	1152,27	76,00%	67,63%	4789,66	73,26%
Sp4=14 K2C	Summe	100,00%	353	3,28%	327,75	100,00%	15,16%	1516,08	100,00%	65,38%	6538,31	100,00%

<b>Versuch W5</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang ES	SP1	0,95%	5	86,66%	82,69	42,10%	6,49%	6,19	0,38%	4,66%	4,45	0,07%
Luft=100	SP2	1,53%	8	40,85%	62,37	31,75%	15,46%	23,60	1,46%	30,92%	47,21	0,70%
SP1/SP2 SAMMELN	Rückstand	97,52%	511	52,65%	51,34	26,14%	30,97%	1590,20	98,16%	4,20%	6677,34	99,23%
	Summe	100,00%	524	1,96%	196,40	100,00%	16,20%	1620,00	100,00%	67,29%	6729,00	100,00%

<b>Versuch W6</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang ES	SP1	1,29%	7	86,36%	111,74	56,89%	6,89%	8,92	0,55%	4,68%	6,06	0,09%
Luft=160	SP2	2,03%	11	36,64%	74,50	37,93%	16,10%	32,74	2,02%	35,63%	72,45	1,08%
SP1/SP2 SAMMELN	Rückstand	96,67%	523	10,51%	10,16	5,17%	155,35%	1578,34	97,43%	4,21%	6650,50	98,83%
	Summe	100,00%	541	1,96%	196,40	100,00%	16,20%	1620,00	100,00%	67,29%	6729,00	100,00%

<b>Versuch W7</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang ES	SP1	2,08%	11	71,34%	148,63	41,91%	10,27%	21,40	1,23%	12,70%	26,46	0,42%
Luft=220	SP2	2,08%	11	34,40%	71,67	20,21%	15,25%	31,77	1,82%	38,72%	80,67	1,17%
SP1/SP2 SAMMELN	Rückstand	95,83%	506	1,40%	134,36	37,88%	17,65%	1691,46	96,95%	65,40%	6267,50	98,32%
	Summe	100,00%	528	3,55%	354,65	100,00%	17,45%	1744,63		63,75%	6374,63	

<b>Versuch W5</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang ES	SP1	2,48%	13	58,47%	145,06	73,86%	12,01%	29,80	1,84%	20,82%	51,66	0,77%
Luft=100	Rückstand	97,52%	511	52,65%	51,34	26,14%	30,97%	1590,20	98,16%	4,20%	6677,34	99,23%
	Summe	100,00%	524	1,96%	196,40	100,00%	16,20%	1620,00	100,00%	67,29%	6729,00	100,00%

<b>Versuch W6</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang ES	SP1	3,33%	18	55,98%	186,24	94,83%	12,52%	41,66	2,57%	23,60%	78,50	1,17%
Luft=160	Rückstand	96,67%	523	10,51%	10,16	5,17%	155,35%	1578,34	97,43%	4,21%	6650,50	98,83%
	Summe	100,00%	541	1,96%	196,40	100,00%	16,20%	1620,00	100,00%	67,29%	6729,00	100,00%

<b>Versuch W7</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang ES	SP1	4,17%	22	52,87%	220,29	62,12%	12,76%	53,17	3,05%	25,71%	107,13	1,68%
Luft=220	Rückstand	95,83%	506	1,40%	134,36	37,88%	17,65%	1691,46	96,95%	65,40%	6267,50	98,32%
	Summe	100,00%	528	3,55%	354,65	100,00%	17,45%	1744,63	100,00%	63,75%	6374,63	100,00%



**Versuch W8**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang	SP1	3,82%	21	44,87%	171,32	56,98%	17,46%	66,67	4,18%	26,10%	99,65	1,52%
Luft=220	SP2	2,73%	15	26,11%	71,21	23,68%	15,92%	43,42	2,73%	44,55%	121,50	1,85%
SP1=6/13/1/2	Rückstand	93,45%	514	0,62%	58,13	19,33%	15,87%	1483,12	93,09%	67,92%	6347,43	96,63%
SP2=12/26/2/3	Summe	100,00%	550	3,01%	300,66	100,00%	15,93%	1593,21		65,69%	6568,59	

**Versuch W9**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	39,89%	215	95,85%	3823,33	81,76%	1,01%	40,20	8,21%	2,07%	82,45	2,26%
Luft=240	SP2	10,58%	57	75,08%	793,98	16,98%	15,75%	166,56	34,02%	2,98%	31,48	0,86%
SP2=13/23/2/4	Rückstand	49,54%	267	1,19%	58,90	1,26%	5,71%	282,90	57,78%	71,34%	3533,91	96,88%
	Summe	100,00%	539	46,76%	4676,21	100,00%	4,90%	489,66		36,48%	3647,84	

**Versuch W9**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	39,89%	215	95,85%	3823,33	81,76%	1,01%	40,20	8,21%	2,07%	82,45	2,26%
Luft=240	Rückstand	60,11%	324	14,19%	852,88	18,24%	7,48%	449,46	91,79%	59,31%	3565,39	97,74%
	Summe	100,00%	539	46,76%	4676,21	100,00%	4,90%	489,66	100,00%	36,48%	3647,84	100,00%

**Versuch W10**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	37,29%	201	96,15%	3585,56	80,84%	8,75%	326,19	84,49%	61,78%	2303,86	94,81%
Luft=100	Rückstand	62,71%	338	13,55%	849,70	19,16%	0,95%	59,88	15,51%	2,01%	126,04	5,19%
	Summe	100,00%	539	44,35%	4435,26	100,00%	3,86%	386,07	100,00%	24,30%	2429,90	100,00%

**Versuch W11**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang	SP1	2,12%	12	68,00%	143,92	99,74%	20,93%	44,30	3,98%	0,02%	0,04	0,00%
3 Tr. C7	Rückstand	97,88%	555	0,00%	0,38	0,26%	10,93%	1069,87	96,02%	71,43%	6991,83	100,00%
	Summe	100,00%	567	1,44%	144,30	100,00%	11,14%	1114,16	100,00%	69,92%	6991,87	100,00%

**Versuch W12**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang	SP1	2,69%	15	63,52%	171,06	99,78%	24,37%	65,63	5,97%	0,02%	0,06	0,00%
6/13/1/2	Rückstand	97,31%	542	0,00%	0,38	0,22%	10,63%	1034,37	94,03%	71,75%	6981,78	100,00%
60s Mahlung	Summe	100,00%	557	1,71%	171,44	100,00%	11,00%	1100,00	100,00%	69,82%	6981,83	100,00%

**Versuch W13**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang	SP1	2,88%	17	64,14%	184,50	66,53%	24,69%	71,02	5,88%	0,00%	0,01	0,00%
Sp1=3Tr. C7	SP2	1,52%	9	60,71%	92,45	33,34%	27,09%	41,25	3,41%	0,00%	0,00	0,00%
Sp2=6/13/1	Rückstand	95,60%	565	0,00%	0,37	0,13%	11,47%	1096,54	90,71%	71,75%	6859,35	100,00%
600s Mahlung	Summe	100,00%	591	2,77%	277,32	100,00%	12,09%	1208,81		68,59%	6859,36	

**Versuch W14**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	11,57%	67	93,78%	1085,19	58,85%	3,39%	39,22	2,42%	2,78%	32,19	0,60%
T=12°C	SP2	4,49%	26	87,28%	391,93	21,26%	7,06%	31,70	1,95%	4,63%	20,79	0,39%
Sp2=3 Tr. C7	Rückstand	83,94%	486	4,37%	366,81	19,89%	18,50%	1552,85	95,63%	62,99%	5287,24	99,01%
	Summe	100,00%	579	18,44%	1843,93	100,00%	16,24%	1623,77		53,40%	5340,23	

**Versuch W15**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	11,45%	63	93,11%	1066,53	67,16%	3,88%	44,44	2,88%	3,09%	35,39	0,63%
T=12°C	SP2	4,18%	23	80,56%	336,89	21,21%	13,83%	57,83	3,75%	4,36%	18,21	0,32%
Sp2=3 Tr. C7	Rückstand	84,36%	464	2,19%	184,67	11,63%	17,06%	1439,24	93,37%	65,91%	5560,41	99,05%
600s Mahlung	Summe	100,00%	550	15,88%	1588,09	100,00%	15,42%	1541,52		56,14%	5614,01	

**Versuch W14**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	11,57%	67	93,78%	1085,19	58,85%	3,39%	39,22	2,42%	2,78%	32,19	0,60%
T=12°C	Rückstand	88,43%	512	8,58%	758,74	41,15%	17,92%	1584,55	97,58%	60,03%	5308,03	99,40%
	Summe	100,00%	579	18,44%	1843,93	100,00%	16,24%	1623,77	100,00%	53,40%	5340,23	100,00%

**Versuch W15**

Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	CaF2			BaSO4			SiO2		
				Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	12,09%	67	93,11%	1126,06	68,34%	3,88%	46,92	3,04%	3,09%	37,37	0,67%
T=12°C	Rückstand	87,91%	487	5,93%	521,56	31,66%	17,03%	1497,08	96,96%	63,46%	5578,62	99,33%
	Summe	100,00%	554	16,48%	1647,62	100,00%	15,44%	1544,00	100,00%	56,16%	5615,99	100,00%

<b>Versuch W16</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	13,37%	83	93,54%	1250,21	73,28%	3,88%	51,83	3,24%	2,75%	36,69	0,68%
T=28°C	Rückstand	86,63%	538	5,26%	455,78	26,72%	17,88%	1549,02	96,76%	61,88%	5360,94	99,32%
600s Mahlung	Summe	100,00%	621	17,06%	1706,00	100,00%	16,01%	1600,86	100,00%	53,98%	5397,63	100,00%

<b>Versuch W17</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
Flot. Abgang EG	SP1	15,49%	79	94,63%	1465,84	74,54%	3,04%	47,11	2,97%	2,32%	35,94	0,68%
T=30°C	Rückstand	84,51%	431	5,93%	500,81	25,46%	18,20%	1538,08	97,03%	61,84%	5226,09	99,32%
	Summe	100,00%	510	19,67%	1966,64	100,00%	15,85%	1585,18	100,00%	52,62%	5262,02	100,00%

<b>Versuch 1</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	Rückstand	15,64%	89,84									
	SP1	84,36%	484,65									
	Summe	100,00%	574,49									

Versuch nicht chemisch analysiert

<b>Versuch 2</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	Rückstand	29,59%	146,39	61,96%	1833,57	22%	1,48%	43,89	31%	30,77%	910,57	82%
	SP1	14,21%	70,28	96,07%	1364,88	16%	1,08%	15,30	11%	2,20%	31,28	3%
	SP2	38,69%	191,39	92,61%	3583,05	42%	1,61%	62,17	44%	3,42%	132,13	12%
	SP3	17,51%	86,62	95,98%	1680,64	20%	1,07%	18,77	13%	2,25%	39,33	4%
	Summe	100,00%	494,68	84,62%	8462,15	100%	1,40%	140,13	100%	11,13%	1113,31	100%

<b>Versuch 3</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	Rückstand	13,96%	68,6									
	SP1	4,31%	21,19									
	SP2	50,18%	246,69									
	SP3	31,55%	155,1									
	Summe	100,00%	491,58									

Versuch nicht chemisch analysiert

<b>Versuch 4</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	Rückstand	23,56%	145,46	23,56%	555,07	10,27%	5,23%	123,22	13,49%	54,41%	1281,90	61,66%
	SP1	13,88%	67,58	78,00%	1082,41	20,02%	10,90%	151,26	16,56%	3,51%	48,71	2,34%
	SP2	32,11%	156,36	67,51%	3037,74	56,20%	12,25%	551,21	60,35%	11,51%	517,91	24,91%
	SP3	12,89%	62,77									
	SP4	11,26%	54,82	64,87%	730,24	13,51%	7,79%	87,69	9,60%	20%	230,32	11,08%
	Summe	100,00%	486,99	54,05%	5405,46	100,00%	9,13%	913,38	100%	20,79%	2078,84	100%

<b>Versuch 6</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	Rest 1	39,03%	180,7	27,73%	1082,27	17,94%	8,89%	346,97	35,75%	49,54%	1933,49	82,12%
	Rest 2	6,76%	31,32	38,33%	259,29	4,30%	16,04%	108,51	11,18%	33,55%	226,96	9,64%
	Rest 3	3,19%	14,76	44,63%	142,28	2,36%	15,06%	48,01	4,95%	28,55%	91,02	3,87%
	SP END	51,02%	236,21	89,19%	4550,33	75,41%	9,16%	467,07	48,12%	2,02%	102,90	4,37%
	Summe	100,00%	462,99	60,34%	6034,17	100,00%	9,71%	970,56		23,54%	2354,37	

<b>Versuch 7</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	Rest 1	27,16%	126,52	9,91%	269,19	4,26%	7,81%	212,16	23,67%	64,60%	1754,39	77,96%
	Rest 2	4,78%	22,26	23,60%	112,76	1,78%	14,70%	70,24	7,84%	48,67%	232,55	10,33%
	Rest 3	2,34%	10,9	39,17%	91,65	1,45%	14,07%	32,92	3,67%	35,49%	83,04	3,69%
	SP END	65,72%	306,19	88,93%	5844,87	92,50%	8,84%	581,07	64,82%	2,74%	180,28	8,01%
	Summe	100,00%	465,87	63,18%	6318,46	100,00%	8,96%	896,38	100,00%	22,50%	2250,26	100,00%

<b>Versuch 8</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	Rest 1	16,52%	76,41	39,60%	654,11	7,93%	2,03%	33,47	21,78%	46,49%	767,92	64,37%
	Rest 2	5,51%	25,47	65,82%	362,40	4,39%	1,93%	10,62	6,91%	26,50%	145,91	12,23%
	Rest 3	4,20%	19,42	79,53%	333,88	4,05%	2,38%	9,98	6,49%	14,09%	59,15	4,96%
	SP END	73,78%	341,29	93,53%	6900,46	83,63%	1,35%	99,60	64,82%	2,98%	219,93	18,44%
	Summe	100,00%	462,59	82,51%	8250,85	100,00%	1,54%	153,67		11,93%	1192,91	

<b>Versuch 9+11</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	Rückstand	22,45%	222,01	55,61%	1248,64	14,56%	1,55%	34,76	29,39%	35,63%	800,02	78,36%
	SP1	57,71%	570,57	95,32%	5500,55	64,12%	1,03%	59,38	50,20%	2,40%	138,38	13,55%
	SP2											
	SP3	19,84%	196,17	92,21%	1829,47	21,33%	1,22%	24,15	20,41%	4,16%	82,59	8,09%
	Summe	100,00%	988,75	85,79%	8578,66	100,00%	1,18%	118,28	100,00%	10,21%	1021,00	100,00%

<b>Versuch 10+12</b>				CaF2			BaSO4			SiO2		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	Rückstand	37,71%	375,31	30,77%	1160,22	20,29%	7,92%	298,60	31,89%	49,86%	1880,04	76,72%
	SP1	50,61%	503,7	75,06%	3798,43	66,44%	10,24%	518,20	55,34%	6,66%	336,93	13,75%
	SP2											
	SP3	11,69%	116,34	64,88%	758,34	13,26%	10,23%	119,57	12,77%	19,97%	233,42	9,53%
	Summe	100,00%	995,35	57,17%	5717,00	100,00%	9,36%	936,37	100,00%	24,50%	2450,38	100,00%

<b>Versuch 13</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
CaF2 ex BaSO4	Rückstand	38,16%	189,17	49,95%	1905,89	27,89%	4,70%	179,22	30,23%	36,08%	1376,67	75,69%
	SP1	49,60%	245,91	80,82%	4008,72	58,66%	6,75%	334,75	56,46%	6,01%	298,05	16,39%
	SP2	11,55%	57,24	74,97%	865,56	12,67%	6,51%	75,16	12,68%	11,76%	135,77	7,47%
	SP3	0,70%	3,46	77,06%	53,78	0,79%	5,39%	3,76	0,63%	11,83%	8,26	0,45%
	Summe	100,00%	495,78	68,34%	6833,96	100,00%	5,93%	592,89	100,00%	18,19%	1818,75	100,00%

<b>Versuch 14</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	75,66%	373,7	95,19%	7202,08	83,94%	1,22%	91,55	72,41%	2,53%	191,19	19,21%
WARM	SP2	7,03%	34,73	90,36%	635,37	7,41%	1,49%	10,46	8,27%	4,58%	32,20	3,24%
	SP3	2,62%	12,92	96,20%	251,64	2,93%	0,80%	2,08	1,65%	1,87%	4,90	0,49%
	Rückstand	14,69%	72,57	33,41%	490,88	5,72%	1,52%	22,35	17,67%	52,19%	766,81	77,06%
	Summe	100,00%	493,92	85,80%	8579,97	100,00%	1,26%	126,44	100,00%	9,95%	995,11	

<b>Versuch 15</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	44,64%	218,73	94,98%	4239,44	49,32%	1,22%	54,37	47,28%	2,89%	128,95	11,96%
KALT	SP2	12,24%	60	92,04%	1126,93	13,11%	1,15%	14,10	12,27%	4,28%	52,45	4,87%
	SP3	1,28%	6,28	93,48%	119,80	1,39%	1,08%	1,38	1,20%	3,74%	4,80	0,45%
	Rückstand	41,84%	205,03	74,32%	3109,51	36,18%	1,08%	45,14	39,26%	21,31%	891,60	82,72%
	Summe	100,00%	490,04	85,96%	8595,68	100,00%	1,15%	115,00		10,78%	1077,80	

<b>Versuch 16</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	SP1	41,10%	203,95	73,61%	3025,18	52,49%	11,42%	469,33	46,99%	7,25%	298,04	12,25%
KALT	SP2	14,33%	71,11	64,64%	926,24	16,07%	10,81%	154,90	15,51%	17,77%	254,63	10,46%
	SP3	1,28%	6,37	68,70%	88,18	1,53%	10,80%	13,86	1,39%	14,63%	18,78	0,77%
	Rückstand	43,29%	214,83	39,81%	1723,37	29,90%	8,33%	360,60	36,11%	43,01%	1861,89	76,52%
	Summe	100,00%	496,26	57,63%	5762,97	100,00%	9,99%	998,70		24,33%	2433,34	

<b>Versuch 17</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	SP1	66,86%	332,42	75,93%	5076,66	88,42%	10,11%	675,95	73,59%	7,08%	473,10	21,39%
WARM	SP2	5,87%	29,19	61,38%	360,36	6,28%	11,11%	65,23	7,10%	18,84%	116,48	5,27%
	SP3	0,95%	4,74	84,30%	80,37	1,40%	6,94%	6,62	0,72%	3,82%	3,64	0,16%
	Rückstand	26,32%	130,84	8,52%	224,08	3,90%	6,49%	170,79	18,59%	61,52%	1618,95	73,18%
	Summe	100,00%	497,19	57,41%	5741,47	100,00%	9,19%	918,58		22,12%	2212,18	100,00%

<b>Versuch 18</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	20,78%	103,56	95,42%	1982,88	34,26%	0,98%	20,29	9,46%	2,44%	50,60	1,59%
Collex "alt"	SP2	0,67%	3,36	92,21%	62,17	1,07%	1,33%	0,89	0,42%	4,25%	2,86	0,09%
	SP3	14,91%	74,31	95,05%	1417,31	24,49%	0,98%	14,65	6,83%	2,79%	41,66	1,31%
	Rückstand	63,63%	317,12	36,55%	2325,82	40,18%	2,81%	178,62	83,29%	48,49%	3085,61	97,01%
	Summe	100,00%	498,35	57,88%	5788,19	100,00%	2,14%	214,45		31,81%	3180,74	

<b>Versuch 19</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	7,70%	75,8	94,19%	725,04	8,82%	1,09%	8,41	3,58%	3,32%	25,59	2,15%
	SP2	18,70%	184,1	95,92%	1793,29	21,81%	0,96%	17,89	7,61%	2,05%	38,34	3,22%
	SP3	18,09%	178,11	95,68%	1730,60	21,05%	0,90%	16,28	6,93%	2,21%	39,94	3,35%
	SP4	18,47%	181,9	94,97%	1754,31	21,33%	1,01%	18,60	7,91%	2,75%	50,85	4,27%
	SP5	6,94%	68,33	94,37%	654,84	7,96%	1,06%	7,34	3,12%	3,03%	20,99	1,76%
	SP6	5,13%	50,56	93,86%	481,92	5,86%	1,13%	5,80	2,47%	3,31%	17,01	1,43%
	SP7	4,97%	48,9	93,70%	465,30	5,66%	1,19%	5,92	2,52%	3,58%	17,78	1,49%
	SP8	2,47%	24,36	93,15%	230,43	2,80%	1,13%	2,81	1,19%	3,74%	9,25	0,78%
	SP9	1,08%	10,63	91,99%	99,30	1,21%	1,09%	1,18	0,50%	4,33%	4,67	0,39%
	Rückstand	16,45%	162,03	17,51%	288,12	3,50%	9,17%	150,84	64,17%	58,73%	966,37	81,15%
	Summe	100,00%	984,72	82,23%	8223,15	100,00%	2,35%	235,06		11,91%	1190,79	100,00%

<b>Versuch 20</b>				<b>CaF2</b>			<b>BaSO4</b>			<b>SiO2</b>		
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	SP1	14,69%	144,51	88,10%	1294,62	18,04%	8,98%	131,99	20,22%	3,30%	48,45	2,69%
	SP2	15,34%	150,84	89,20%	1368,21	19,06%	7,68%	117,83	18,05%	3,39%	51,98	2,89%
	SP3	14,77%	145,2	88,17%	1301,84	18,14%	7,83%	115,55	17,71%	3,74%	55,27	3,07%
	SP4	10,07%	99,01	87,36%	879,55	12,25%	8,61%	86,67	13,28%	3,93%	39,59	2,20%
	SP5	6,11%	60,07	85,70%	523,49	7,29%	9,99%	61,01	9,35%	4,33%	26,47	1,47%
	SP6	3,24%	31,87	83,65%	271,09	3,78%	11,50%	37,27	5,71%	4,61%	14,92	0,83%
	SP7	1,30%	12,83	81,78%	106,69	1,49%	12,28%	16,02	2,45%	4,68%	6,11	0,34%
	SP8	1,11%	10,94	85,36%	94,96	1,32%	10,24%	11,39	1,75%	4,43%	4,92	0,27%
	SP9	0,70%	6,86	82,64%	57,65	0,80%	10,63%	7,42	1,14%	4,67%	3,26	0,18%
	Rückstand	32,67%	321,27	39,16%	1279,33	17,82%	2,07%	67,49	10,34%	47,43%	1549,51	86,06%
	Summe	100,00%	983,4	71,77%	7177,44	100,00%	6,53%	652,64		18,00%	1800,48	100,00%

**Versuch 21**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	SP1	11,83%	58,16	89,34%	1056,57	16,60%	5,21%	61,64	7,13%	4,24%	50,19	2,40%
Collex doppelt	SP2	16,69%	82,08	83,15%	1387,81	21,80%	8,33%	139,06	16,08%	4,03%	67,21	3,21%
	SP3	2,46%	12,12	79,55%	196,05	3,08%	10,14%	24,99	2,89%	2,37%	5,85	0,28%
	Rückstand	69,02%	339,42	53,98%	3725,63	58,52%	9,26%	639,04	73,90%	28,53%	1969,10	94,11%
	Summe	100,00%	491,78	63,66%	6366,06	100,00%	8,65%	864,74	100,00%	20,92%	2092,35	

**Versuch 23**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	74,00%	355,8	95,05%	7033,71	81,69%	0,71%	52,20	41,51%	2,93%	216,75	23,23%
Kond. Temp: 50°C	SP2	13,39%	64,39	88,53%	1185,59	13,77%	1,94%	25,91	20,61%	4,67%	62,51	6,70%
Flot. Temp: 25°C	SP3	1,02%	4,92	93,23%	95,40	1,11%	0,76%	0,78	0,62%	3,85%	3,94	0,42%
	Rückstand	11,58%	55,7	25,52%	295,64	3,43%	4,04%	46,85	37,26%	56,09%	649,78	69,65%
	Summe	100,00%	480,81	86,10%	8610,34	100,00%	1,26%	125,74	100,00%	9,33%	932,98	

**Versuch 22**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	65,77%	323,11	94,47%	6213,45	73,37%	0,82%	53,82	42,91%	3,05%	200,41	18,71%
Kond. Temp: 25°C	SP2	6,00%	29,47	91,05%	546,20	6,45%	1,60%	9,60	7,65%	4,51%	27,02	2,52%
Flot. Temp: 25°C	SP3	1,30%	6,4	96,42%	125,61	1,48%	0,58%	0,75	0,60%	2,00%	2,61	0,24%
	Rückstand	26,93%	132,28	58,82%	1583,83	18,70%	2,28%	61,26	48,84%	31,24%	841,19	78,53%
	Summe	100,00%	491,26	84,69%	8469,09	100,00%	1,25%	125,43	100,00%	10,71%	1071,23	

**Versuch 24**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	27,78%	281,22	95,74%	2659,74	30,93%	1,10%	30,56	26,31%	2,17%	60,20	5,96%
1300 U/min	SP2	29,31%	296,73	95,50%	2799,39	32,55%	0,87%	25,62	22,06%	3,34%	68,59	6,79%
wenig Luft	SP3	14,74%	149,19	94,60%	1394,22	16,21%	0,92%	13,56	11,67%	2,94%	43,33	4,29%
	SP4	5,94%	60,08	93,99%	557,84	6,49%	1,01%	6,00	5,17%	3,38%	20,05	1,99%
	SP5	2,64%	26,77	92,81%	245,44	2,85%	1,10%	2,91	2,50%	3,99%	10,55	1,04%
	Rückstand	19,59%	198,29	48,16%	943,38	10,97%	1,91%	37,49	32,28%	41,21%	807,24	79,93%
	Summe	100,00%	1012,28	86,00%	8600,01	100,00%	1,16%	116,14	100,00%	10,10%	1009,96	100,00%

**Versuch 25**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	SP1	20,92%	208,26	79,28%	1658,35	27,87%	8,85%	185,12	19,96%	3,10%	64,93	3,00%
1300 U/min	SP2	21,52%	214,29	83,72%	1801,93	30,29%	6,93%	149,11	16,08%	3,49%	75,01	3,47%
wenig Luft	SP3	8,19%	81,58	76,85%	629,70	10,58%	8,58%	70,30	7,58%	4,38%	35,90	1,66%
Ca-a	SP4	3,37%	33,6	71,17%	240,18	4,04%	10,41%	35,13	3,79%	4,68%	15,78	0,73%
	SP5	1,40%	13,93	64,85%	90,73	1,53%	11,40%	15,95	1,72%	3,50%	4,90	0,23%
	Rückstand	44,59%	443,96	34,28%	1528,59	25,69%	10,58%	471,78	50,87%	44,07%	1965,14	90,91%
	Summe	100,00%	995,62	59,49%	5949,48	100,00%	9,27%	927,39	100,00%	21,62%	2161,65	100,00%

**Versuch 26**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
0/0/1	SP1	10,05%	48,49	40,50%	407,04	6,50%	52,98%	532,47	53,16%	7,55%	75,88	3,63%
Einsatz: SPS	SP2	0,95%	4,6	45,26%	43,15	0,69%	46,36%	44,20	4,41%	14,62%	13,94	0,67%
Einsatz: K2C	SP3	0,89%	4,28	38,25%	33,93	0,54%	6,99%	6,20	0,62%	35,41%	31,41	1,50%
	SP4	8,54%	41,18	25,40%	216,80	3,46%	4,16%	35,46	3,54%	54,07%	461,50	22,06%
	SP5	26,42%	127,45	28,76%	759,73	12,13%	1,46%	38,46	3,84%	53,99%	1426,21	68,18%
	SP6	17,53%	84,57	91,17%	1598,08	25,52%	1,73%	30,24	3,02%	3,02%	52,88	2,53%
	Rückstand	35,63%	171,9	89,94%	3204,49	51,16%	8,83%	314,61	31,41%	0,84%	30,07	1,44%
	Summe	100,00%	482,47	62,63%	6263,21	100,00%	10,02%	1001,64	100,00%	20,92%	2091,89	100,00%

**Versuch 27**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	55,59%	266,71	96,54%	5366,78	63,17%	0,39%	21,75	22,34%	2,01%	111,46	10,75%
Kond. Temp: 46°C	SP2	25,52%	122,45	93,57%	2388,15	28,11%	0,92%	23,35	23,98%	3,52%	89,84	8,67%
Flot. Temp: 25°C	SP3	5,19%	24,9	91,26%	473,64	5,57%	1,29%	6,71	6,89%	4,38%	22,71	2,19%
	SP4	0,67%	3,21	86,97%	58,19	0,68%	1,17%	0,78	0,80%	4,28%	2,86	0,28%
	Rückstand	13,03%	62,5	16,06%	209,21	2,46%	3,44%	44,79	45,99%	62,16%	809,76	78,11%
	Summe	100,00%	479,77	84,96%	8495,97	100,00%	0,97%	97,38	100,00%	10,37%	1036,63	100,00%

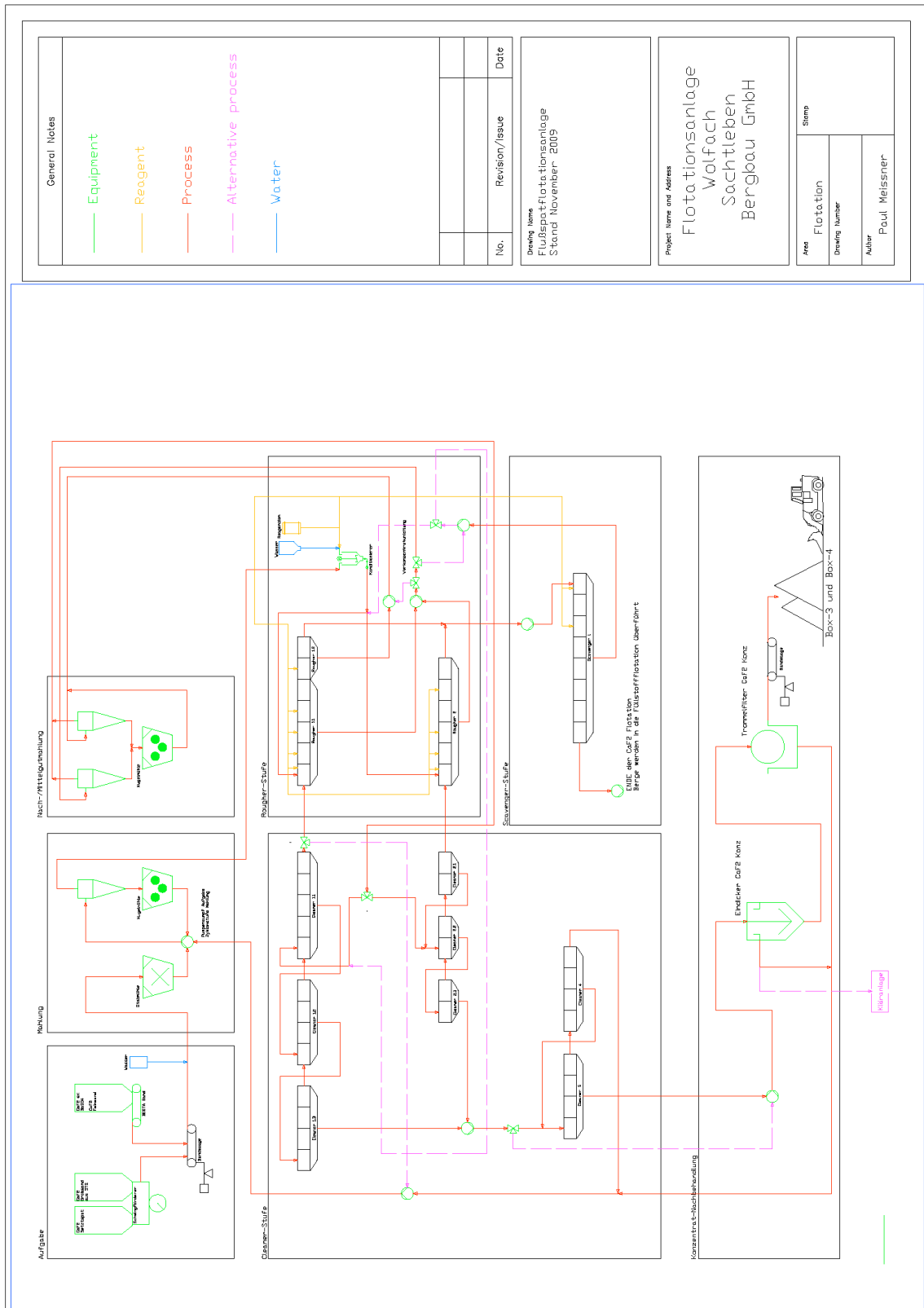
**Versuch 28**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
1/0/0	SP1	29,18%	150,22	96,53%	2816,88	35,60%	0,46%	13,39	9,69%	1,93%	56,32	3,68%
Kond. Temp: 28°C	SP2	15,93%	82	95,07%	1514,38	19,14%	0,78%	12,45	9,01%	2,77%	44,06	2,88%
Flot. Temp: 25°C	SP3	8,77%	45,17	92,21%	809,11	10,22%	1,11%	9,74	7,05%	4,24%	37,20	2,43%
	SP4	1,77%	9,11	93,11%	164,78	2,08%	0,94%	1,66	1,20%	3,83%	6,78	0,44%
	Rückstand	44,35%	228,28	58,82%	2608,38	32,96%	2,28%	100,89	73,04%	31,24%	1385,34	90,56%
	Summe	100,00%	514,78	79,14%	7913,53	100,00%	1,38%	138,12	100,00%	15,30%	1529,71	100,00%

**Versuch 29**

		CaF2			BaSO4			SiO2				
Material	Produkt	Masse [%]	Masse [g]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]	Gehalt [%]	Inhalt [%%]	Inhaltsausbringen [%]
EG Abgänge	Rest 1	95,55%	4299	25,80%	2465,20	87,98%	9,34%	892,35	97,94%	52,44%	5010,67	98,73%
	Rest 2	1,45%	65,15	49,71%	71,98	2,57%	8,20%	11,88	1,30%	31,15%	45,11	0,89%
	Rest 3	0,44%	19,93	51,68%	22,89	0,82%	7,90%	3,50	0,38%	27,47%	12,17	0,24%
	SP END	2,56%	115,11	94,55%	241,90	8,63%	1,34%	3,43	0,38%	2,85%	7,30	0,14%
	Summe	100,00%	4499,19	28,02%	2801,98	100,00%	9,11%	911,16	100,00%	50,75%	5075,25	100,00%

8.2. Abbildungen



## 9. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: BaSO <sub>4</sub> Kappa-Netz zu Punkt 1.1. Flotationsverhalten der verschiedenen Erztypen .....	12
Abbildung 2: SiO <sub>2</sub> Kappa-Netz zu Punkt 1.1. Flotationsverhalten der verschiedenen Erztypen .....	13
Abbildung 3: BaSO <sub>4</sub> Kappa-Netz zu Punkt 1.2. Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses .....	15
Abbildung 4: SiO <sub>2</sub> Kappa-Netz zu Punkt 1.2. Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit des Flotationsergebnisses .....	16
Abbildung 5: Flußspatflotation der Sachtleben Bergbau GmbH (Abbildung besser im Anhang ersichtlich) .....	26
Abbildung 6: Rührwerk einer Flotationsmaschine vom Typ KRUPS.....	28
Abbildung 7: Flotationsanlage in Wolfach .....	28
Abbildung 8: Hydrozyklonstufe der Mahlung, im Vordergrund ist das Konditioniergefäß erkennbar. ....	29
Abbildung 9: Eine Rougher-Zelle der Flußspatflotation .....	30
Abbildung 10: Kalibrierung des Durchflussmessers .....	31
Abbildung 11: Korngrößenverteilung der Erzproben bei $k_{\max}=4\text{mm}$ .....	32
Abbildung 12:Korngrößenverteilung der Erzproben bei $k_{85\%}=160\mu\text{m}$ .....	33
Abbildung 13: Inhaltsverbleib im Rückstand für CaF <sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12 und 13 ....	38
Abbildung 14: Inhaltverbleib im Rückstand für BaSO <sub>4</sub> bei Versuch 9+11, 10+12 und 13....	39
Abbildung 15: Inhaltsverbleib im Rückstand für SiO <sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12 und 13 .....	40
Abbildung 16: Inhaltsausbringen im Rückstand für CaF <sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12, 19, 20, 24 und 25. ....	41
Abbildung 17: Inhaltsausbringen im Rückstand für BaSO <sub>4</sub> bei Versuch 9+11, 10+12, 19, 20, 24 und 25 .....	42
Abbildung 18: Inhaltsausbringen im Rückstand für SiO <sub>2</sub> bei Versuch 9+11, 10+12, 19, 20, 24 und 25 .....	43
Abbildung 19: $r_i[\text{CaF}_2]$ zu $r_i[\text{BaSO}_4]$ Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 4.....	44
Abbildung 20: $r_i[\text{CaF}_2]$ zu $r_i[\text{SiO}_2]$ Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 4. ....	45
Abbildung 21: Temperaturabhäniges Inhaltsausbringen CaF <sub>2</sub> .....	49
Abbildung 22: Temperaturabhängiges BaSO <sub>4</sub> Inhaltsausbringen.....	50
Abbildung 23: Temperaturabhäniges Inhaltsausbringen SiO <sub>2</sub> .....	51
Abbildung 24 : $r_i[\text{CaF}_2]$ zu $r_i[\text{BaSO}_4]$ Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 5.....	52
Abbildung 25: $r_i[\text{CaF}_2]$ zu $r_i[\text{SiO}_2]$ Kappa-Netz zu Versuchen aus Kapitel 5 .....	53

Abbildung 26: KGV der Aufgabe für die Flotationsversuche Wolfach .....	56
Abbildung 27: Versuchsüberblick zu den Versuchen in Kapitel 5.....	57
Abbildung 28: $ri[CaF_2]$ zu $ri[BaSO_4]$ Kappa-Netz zu Versuchen mit "ES" .....	60
Abbildung 29: $ri[CaF_2]$ zu $ri[SiO_2]$ Kappa-Netz zu Versuchen mit "ES" .....	61
Abbildung 30: $ri[CaF_2]$ zu $ri[BaSO_4]$ Kappa-Netz zu Versuchen mit "EG" .....	63
Abbildung 31: : $ri[CaF_2]$ zu $ri[SiO_2]$ Kappa-Netz zu Versuchen mit "EG".....	64
Abbildung 32: Beispiel der Flotationsdatenaufzeichnung.....	69
Abbildung 33: Schwankungen der Wertmineralgehalte in den Bergen für das Jahr 2007 .....	70
Abbildung 34: Aufgabegehalt 2007 .....	71
Tabelle 1:Abschätzen des Masseausbringens eines Konzentrates zweiter Wahl .....	18
Tabelle 2: Zusammensetzung Erz "Grün" .....	23
Tabelle 3:Zusammensetzung Erz "DT" .....	24
Tabelle 4: Zusammensetzung Erz "CaF <sub>2</sub> ex BaSO <sub>4</sub> " .....	24
Tabelle 5:Reagenziendosierung in der Anlage Wolfach.....	25
Tabelle 6:Parameter der Flußspatflotation Wolfach.....	27
Tabelle 7: Reagenzienverteilung in der Flußspatflotationsanlage .....	27
Tabelle 8: Korngrößenverteilung Erztyp Grün [1/0/0].....	33
Tabelle 9: Korngrößenverteilung Erztyp DT [0/0/1] .....	34
Tabelle 10: Reagenzienkonzentration in der Flotationsanlage WOLFACH bei 19 t/h Flotationsaufgabe .....	35
Tabelle 11: Reagenzienkonzentration in der Laborflotation für 500g Feststoff in der 1,3l Laborzelle .....	35
Tabelle 12: Versuchsüberblick zu Kapitel 4 .....	36
Tabelle 13:BaSO <sub>4</sub> Gehalt in den einzelnen Erzen .....	38
Tabelle 14: Reagenzienkonzentration in ppm CaF <sub>2</sub> und ppm BaSO <sub>4</sub> .....	38
Tabelle 15:Überblick zu den Versuchen in Kapitel 5 .....	48
Tabelle 16:Standardreagenzienkonzentration Zelle WEDAG .....	55
Tabelle 17: Korngrößenverteilung WOLFACH Scavengerabgänge EG .....	56
Tabelle 18:Korngrößenverteilung WOLFACH Flotationsaufgabe EG .....	56
Tabelle 19: Bilanz der Versuche W2 und W3.....	58
Tabelle 20: Bilanzrechnung zu Versuch W5.....	61
Tabelle 21: Bilanzrechnung zu Versuch W6.....	61
Tabelle 22: Bilanzrechnung zu Versuch W7 .....	62
Tabelle 23: Bilanzrechnung zu Versuch W9.....	62

Tabelle 24: Bilanzrechnung zu Versuch W10 .....	62
Tabelle 25: Bilanzen der Versuche W14 bis W17 .....	65
Tabelle 26: Nachreinigungsversuche für EG-Endprodukt .....	67
Tabelle 27: Prognose für Masseausbringen eines Konzentrates zweiter Wahl.....	68

## 10. Literaturverzeichnis

AVEBE GmbH. „Sicherheitsdatenblatt AVEDEX A 506.“ 2009.

Borregaard LignoTech. „Sicherheitsdatenblatt BORREKOL CA 520.“ 2008.

Bulatovic, Srdjan M. *Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice: Flotation of Sulfide Ores*. Elsevier Science, 2007.

Gustav Heess GmbH. „Sicherheitsdatenblatt SPEZIAL-OLEIN.“ 2005.

Kao Chemicals. „Sicherheitsdatenblatt AKYPO MINE MW05.“ 2006.

Okrusch, und Matthes. *Mineralogie - Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde*. 7. Auflage. Berlin: Springer, 2005.

Schubert, Heinrich. *Aufbereitung fester Stoffe Band II*. Stuttgart: Verlag für Grundstoffindustrie, 1996.

Shaffik, Hanna Hanna, und Grunner Holger. „Über den Einfluß von Elektrolyten auf die Fluß- und Schwerspatflotation mit Ölsäure.“ *Freiberger Monatsheft Nr. 206*, 1969: 61.

Weiss, Norman L. *SME mineral processing handbook*. New York: AIME, 1985.