

# Leistungssteigerung in einem trockenen Mahlkreislauf der Schwerspatgrube Wolfach\*)

Augmentation de la productivité dans un circuit de broyage par voie sèche de la mine de barytine Wolfach\*)

Aumento del rendimiento en un ciclo de trituración seco de la mina de espato pesado de Wolfach\*)

## Increased Capacity in a Dry Grinding Circuit at Wolfach Baryte Mine\*)

Dr.-Ing. Gerhard Schmelzer, Wolfach,\*\*) und Dr.-Ing. York Reichhardt, Kaiserslautern\*\*\*)

**Zusammenfassung** In der Aufbereitungsanlage der Grube Wolfach der Sachtleben Bergbau GmbH wurden in jüngster Zeit erfolgreiche Bemühungen zur Steigerung des Ausbringens und der Produktivität angestellt. Nach detaillierten Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab sowie Mahlbarkeitstests zur Abschätzung des Potenzials einer Pfeiffer-Doppelhartmühle wurde im Jahre 1999 durch Einbau eines Pfeiffer-Hochleistungssichters SLV 1000 ein Mahl-Klassier-Kreislauf in der Schwerspataufbereitung für einen Garantiedurchsatz von 12 t/h und einen definierten Rückstand auf 45 µm eingerichtet. Ohne Anpassung der Mühle wurden durch Einbau des neuen Windsichters im Jahre 2000 der Durchsatz von 8 auf 11 t/h gesteigert und nach Anpassung der Gattierung und der Austragsöffnungen der Mühle sowie durch Umbauten am Siebter der garantierte Mengendurchsatz von 12 t/h bei der angestrebten Zielfeinheit erreicht. Alle Maßnahmen blieben ohne Einfluss auf die Produkteigenschaften sowie den spezifischen Mahlkörperverschleiß.

**Résumé** Dans l'atelier de préparation de la mine Wolfach de la société Sachtleben Bergbau GmbH, des essais fructueux visant à augmenter le rendement et la productivité ont été entrepris récemment. A la suite d'examen approfondis à l'échelle semi-industrielle ainsi que d'essais de broyabilité pour évaluer le potentiel d'un bi-broyeur à boulets Pfeiffer, il a été réalisé en 1999, par installation d'un séparateur dynamique Pfeiffer SLV 1000, un circuit de broyage et de classification dans l'atelier de préparation de barytine assurant un débit garanti de 12 t/h et un refus défini sur 45 µm. Sans adaptation du broyeur, grâce au nouveau séparateur dynamique en 2000, le débit a été augmenté de 8 à 11 t/h et après adaptation du gammage de la charge broyante et des orifices de déchargement du broyeur ainsi que des transformations du séparateur, le débit garanti de 12 t/h a été obtenu avec la finesse demandée. Toutes les mesures sont restées sans incidences sur les propriétés du produit ainsi que l'usure spécifique des corps broyants.

### 1. Einführung

Die Sachtleben Bergbau Services GmbH betreibt am Standort Wolfach, Baden, ein Bergwerk mit Aufbereitung der Industriemineralen Schwerspat (BaSO<sub>4</sub>) und Flussspat (CaF<sub>2</sub>). Sulfidische Erzbestandteile werden zusätzlich zur Gewinnung eines metallurgisch verwertbaren Kupfer-/Silberkonzentrates genutzt. In Nass- und Trockentechnischen Aufbereitungsverfahren werden die ver-

**Summary** In recent years, successful efforts have been made to increase the recovery and productivity of the processing plant at the Wolfach mine operated by Sachtleben Bergbau GmbH. Following detailed studies on pilot-plant scale as well as grindability tests to estimate the potential of a Pfeiffer Double Hard Ball Mill, in 1999 a Pfeiffer SLV 1000 high-efficiency classifier was installed as part of a new grinding and classification circuit in the baryte processing operation for a guaranteed throughput of 12 t/h and a defined residue at 45 µm. Without any modification of the mill, the installation of the new air classifier in the year 2000 led to an increase in throughput from 8 to 11 t/h. Following modifications to the size distribution of the grinding media and the discharge outlets of the mill as well as modifications to the classifier, the guaranteed throughput rate of 12 t/h was achieved with the specified target fineness. None of these measures affected the product properties or the specific wear on the grinding media.

**Resumen** Recientemente se han realizado esfuerzos exitosos para incrementar el rendimiento y la productividad en la planta de procesamiento de la mina de Wolfach que pertenece a la empresa Sachtleben Bergbau GmbH. Tras haber realizado ensayos detallados a escala semiindustrial así como pruebas de triturabilidad para evaluar el potencial de un triturador de bolas doble duro de Pfeiffer, en el año 1999 se creó un circuito de clasificación de trituración para la preparación de espato pesado mediante la instalación de un separador Pfeiffer SLV 1000 de alto rendimiento, a fin de alcanzar un caudal garantizado de 12 t/h y un residuo definido a 45 µm. En el año 2000 se consiguió aumentar el caudal sin tener que realizar ningún tipo de adaptación del molino, mediante la instalación del nuevo separador por aire de 8 a 11 t/h y, tras ajustar la proporción y los orificios de descarga del molino así como modificando el separador, se alcanzó el caudal garantizado de 12 t/h con la finura deseada. Ninguna de las medidas repercute en las características de producción así como en el desgaste del elemento de molienda específico.

### 1. Introduction

At Wolfach in Baden, Sachtleben Bergbau Services GmbH operates a mine with processing of the industrial minerals baryte (BaSO<sub>4</sub>) and fluorite (CaF<sub>2</sub>). Sulphidic ores are also processed for the recovery of a metallurgically usable copper/silver concentrate. In wet and dry processing, the different types of raw ore are refined

\*) Überarbeitete Fassung des Vortrages „50 % Leistungssteigerung in einem trockenen Mahlkreislauf der Schwerspatgrube Wolfach mit Einsatz eines Hochleistungssichters SLV 1000“, auf der Tagung „Aufbereitung und Recycling“, 13./14. 11. 2002, in Freiberg

\*\*\*) Sachtleben Bergbau GmbH, Wolfach

\*\*\*\*) Gebr. Pfeiffer GmbH, Kaiserslautern

\*) Revised version of the lecture “50 % Increase in the Capacity of a Dry Grinding Circuit at Wolfach Baryte Mine with the Use of an SLV 1000 High-Efficiency Classifier” at the conference “Aufbereitung und Recycling” on 13./14. 11. 2002 in Freiberg

\*\*\*) Sachtleben Bergbau GmbH, Wolfach

\*\*\*\*) Gebr. Pfeiffer GmbH, Kaiserslautern

schiedenen Roherztypen zu hoch angereicherten Produkten (Füllstoffe, Pigmente, Grundstoffe für chemische und thermische Prozesse) veredelt.

Es werden folgende Produkte erzeugt:

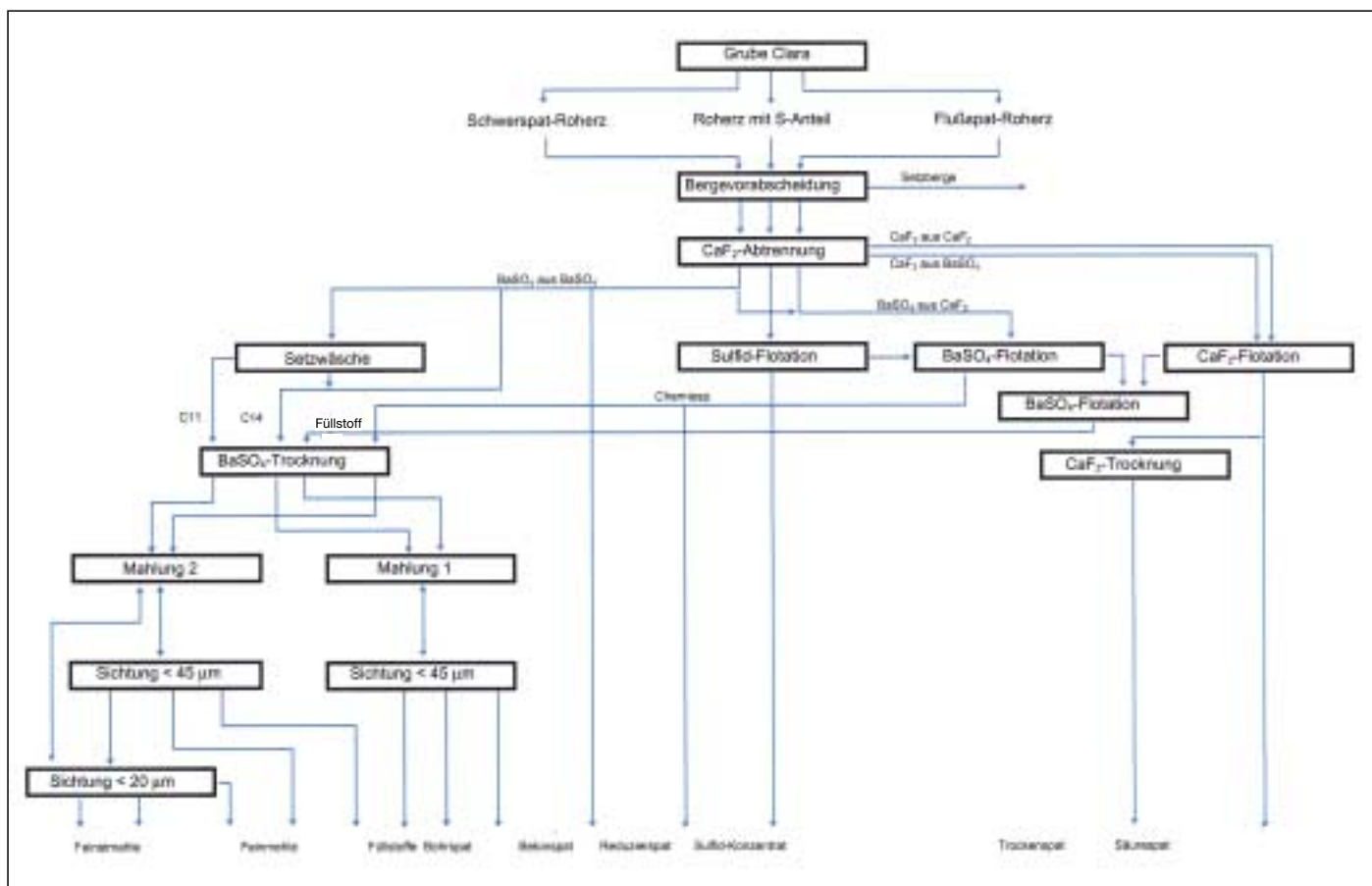
- **Schwerspat (BaSO<sub>4</sub>):**  
Schwerspat eignet sich als schwerster mineralischer, nichtmetallischer Rohstoff wegen seiner hohen Dichte besonders gut zur Schalldämmung. Auf Grund der hohen chemischen Inertheit und fehlenden Wasserlöslichkeit wird Schwerspat als ein idealer, Platz sparender Füllstoff seit Jahren von der Automobilzulieferindustrie in Schalldämmfolien und -matten sowie anderen Kunststoff-Compounds zur Unterdrückung von Motorengeräuschen verwendet. Weitere Einsatzgebiete sind beschwerende Teppich- und PVC-Unterbeschichtungen. Eine konsequente Weiterführung o. g. Anwendung stellt die Beschichtung von z. B. Laminat-Fußböden zur Trittschall-Dämmung dar. Weitere Anwendungsgebiete für Schwerspatmehle liegen in der Lack- und Kunststoffindustrie, im Strahlenschutz und als Beschwerungsmittel der Spülflüssigkeiten für Erdöl- und Erdgasbohrungen. Im Trockenmahprozess werden 14 verschiedene Schwerspatprodukte hergestellt. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen in Helligkeit und definierten Korngrößenverteilungen.
- **Flussspat (CaF<sub>2</sub>):**  
Das zweite Industriemineral ist Flussspat. Er wird hauptsächlich zur Herstellung von Flußsäure und in geringen Mengen als Elektrodenpat oder als Fließmittel in der Stahl- und Aluminium-Industrie verwendet.

In der jüngeren Vergangenheit werden in der gesamten Aufbereitungsanlage erfolgreich erhebliche Anstrengungen zur Ausbringens- und Produktivitätssteigerung angestellt. In diesem Beitrag wird der Austausch zweier Streutellerwindsichter mit regelbarem Gegenflügel gegen einen modernen Korbsichter in einem

to highly concentrated products (fillers, pigments, basic materials for chemical and thermal processes).

The following products are produced:

- **Baryte (BaSO<sub>4</sub>):**  
As the heaviest non-metallic mineral, with a high density, baryte is particularly suitable for sound insulation. By virtue of its high chemical inertness and absence of water solubility, baryte has been used as an ideal, space-saving filler for years by the automotive supplier industry in sound-proofing barriers and matting as well as other synthetic compounds for muffling engine noise. Other applications include weighted undercoatings for carpet and PVC flooring. The next logical step in the context of the above-mentioned application is the coating of laminate floors for footfall sound insulation. Other applications for baryte powders are found in the paint and plastics industry, in radiation protection and as weighting materials for oil well and natural gas drillings. In the dry grinding process, 14 different baryte products are produced. These differ essentially in the lightness of their colour and their defined particle size distributions.
- **Fluorite (CaF<sub>2</sub>):**  
The second industrial mineral is fluorite. It is used mainly for the production of hydrofluoric acid, but also, in small quantities, as electrode spar or as flux in the steel and aluminium industry. In recent years, considerable efforts have been successfully made to increase the rate of product recovery and the productivity in the entire processing plant. This report describes the replacement of two distribution table air classifiers with adjustable countervanes by a modern cage-type classifier in a grinding and classification circuit for the production of fine and very fine baryte products. In this process, products with narrowly specified size fractions > 45 µm are obtained.



**Bild 1: Vereinfachtes Ablaufschema der Aufbereitungsanlage Wolfach**  
**Fig. 1: Simplified flowsheet of the Wolfach processing plant**

Mahl-Klassier-Kreislauf zur Erzeugung feiner und feinsten Barytprodukte dargestellt. Im Prozess werden Produkte mit eng spezifizierten Anteilen > 45 µm produziert.

## 2. Aufbereitung

Aus dem Untertagebetrieb werden die Roherze der Grube Clara getrennt gefördert und mit LKW zur Aufbereitung transportiert. Die Aufgabe in die Aufbereitungsanlage erfolgt chargenweise. Der Roherzdurchsatz liegt zurzeit zwischen 800 und 1.100 t/d. Die Aufbereitung erfolgt in einer Kombination aus konventionellen und neuen Verfahren (**Bild 1**). Die wichtigsten Verfahrensschritte sind Schwertrübescheidung, Setzarbeit, Flotation sowie Trocknung, Mahlung und Sichtung.

### 2.1 Nassaufbereitung

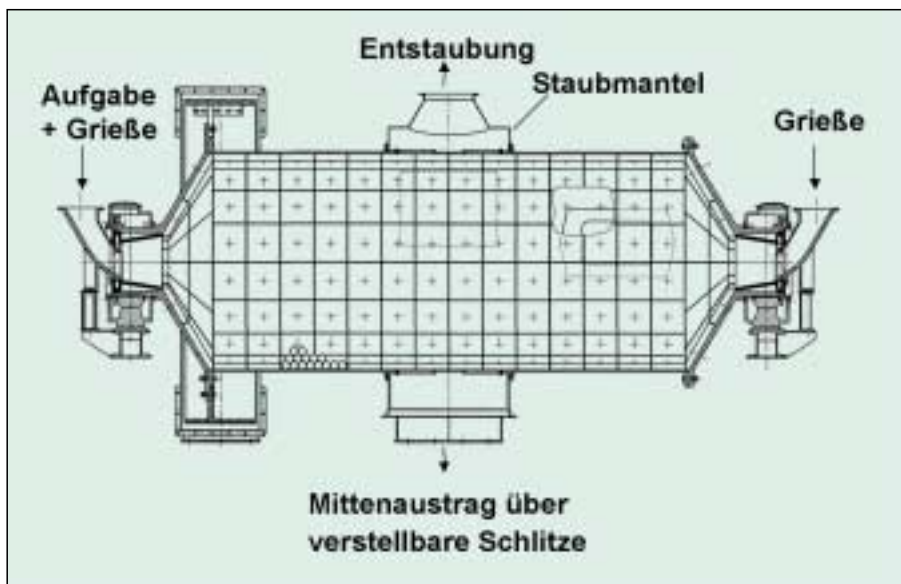
Die vorgebrochenen und entschlammten Roherze werden entschlämmt und entsprechend den nachfolgenden Aufbereitungsschritten klassiert. In einem zweistufigen Dichtesortierprozess erfolgt die Trennung in Berge (Leichtgut), Flussspat (Mittelgut) und Schwerspat (Schwertgut).

Als Schwerstoffe werden FeSi und Magnetit eingesetzt. Die Schwertrüben beider Stufen werden klassisch über Enttrübesiebe und eine Kombination aus Hydrozyklon- und Magnetscheidstufen regeneriert und wieder zum Einsatz gebracht. In beiden Stufen erfolgt die Trennung nach dem Sala-Dynamic-Whirl-Pool-Verfahren.

Die weitere Aufbereitung des Flussspates erfolgt durch Rührwerksflotation auf CaF<sub>2</sub>-Gehalte zwischen 97 und 98,5 Gew.-%. Die Aufmahlung auf Flotationsfeinheit wird im Nassmahlbetrieb in Stab- und Kugelmöhlen im Kreislauf mit Spiralklassierern und Hydrozyklonen durchgeführt.

Die im Aufbereitungsprozess erzeugten BaSO<sub>4</sub>-haltigen Produkte werden in einem geschlossenen Trockenmahlprozess weiter veredelt.

Das für die Nassaufbereitungsprozesse benötigte Wasser wird dem Fluss Kinzig entnommen. Die bei den Flotationsprozessen anfallenden Abgänge werden in Klärbecken gesammelt und nach Zusatz von Flockungsmitteln einer Prozesswasserklärung – bestehend aus Hocheindickern und Kammerfilterpressen – zugeführt. Als Endprodukte fallen dabei Sand und ein tonig-schluffiger Filterkuchen an. Der Klarwasserüberlauf der Hocheindicker wird unter Überwachung der Einleitkriterien wieder in den Vorfluter abgegeben.



**Bild 2: Gebr. Pfeiffer Doppelhartmühle MRD 1,8 x 5,5 m mit Mittenaustrag**  
**Fig. 2: Gebr. Pfeiffer MRD Double Hard Ball Mill 1.8 x 5.5 m with central discharge**

## 2. Processing

The raw ore is extracted separately in the underground operation at the Clara mine and transported by lorries to the processing facility. The ore is fed in batches to the processing plant. The throughput of raw ore currently ranges between 800 and 1,100 t/d. The ore is treated in a combination of conventional and new processes (**Fig. 1**). The most important process stages are dense medium separation, jigging, flotation as well as drying, grinding and classification.

### 2.1 Wet Processing

The precrushed ores are deslimed and classified ready for the downstream processing stages. In a two-stage gravity separation process, the deslimed material is separated into tailings (low-gravity material), fluorite (medium-gravity material) and baryte (high-gravity material).

FeSi and magnetite are used as the dense media. The dense medium slurries from both stages are regenerated by the classical method on drainage screens and in a combination of hydrocyclone and magnetic separation stages, and then reused. In both stages, separation is performed according to the Sala Dynamic Whirl Pool process.

The fluorite is further processed by mechanical flotation to a CaF<sub>2</sub> content between 97 and 98.5 wt. %. It is ground to flotation fineness in a wet grinding process in rod and ball mills operating in a closed circuit with spirals and hydrocyclones.

The BaSO<sub>4</sub>-containing products obtained from the processing operation are upgraded in a closed dry grinding circuit.

The water required for wet processing is taken from the River Kinzig. The tailings produced during flotation are collected in settling tanks. Following the addition of flocculants, the slurry is sent to a process water clarification unit, which consists of elevated thickeners and chamber presses. The end-products are sand and clayey-silty filter cake. After the relevant discharge criteria have been checked, the clarified overflow water from the elevated thickener is released into the watercourse.

### 2.2 Dry Processing

Before being fed to the dry grinding plant, the products from gravity separation and from flotation are dried to a residual moisture content < 0.1 wt. %.

Drying is performed in a two-pass rotary dryer 1.6 x 8.2 m, which is heated by natural gas. The exhaust air is dedusted by a dust cyclone with a subsequent cloth filter.

Ball mills are used in a two-line grinding and classifying plant.

For classification to the specified target fineness, distribution table air classifiers and cage-type classifiers are used for the "coarse range" (< 45 µm) while cage-type classifiers and centrifugal classifiers are used for the fine and very fine ranges (< 20 µm).

## 3. Further Development of Dry Grinding Plant I

There follows a short review of the development of Grinding and Classification Circuit I. The chemical and physical properties of the mill feed, which are influenced by the upstream wet processing, can be regarded as practically constant. The mill installed in 1963 (supplied by Pfeiffer, L:D = 5.5:1.8, **Fig. 2**) still performs the key function in Grinding and Classifying Circuit I.

The dried material is fed to the mill through the journals and comminuted by the grinding media by impact and friction. The product is discharged centrally through the discharge outlets arranged at the circumference of the mill pipe. Gates are used to vary

## 2.2 Trockenaufbereitung

Vor Beschickung der Trockenmahlanlage werden die Produkte der Dichtesortierung sowie der Flotation auf < 0,1 Gew.-% Restfeuchte getrocknet.

Die Trocknung wird in einer erdgasbefeuelten Zweizugtromkentrommel 1,6 x 8,2 m durchgefuehrt. Die Abluft wird dabei ueber einen Staubzyklon mit anschliessendem Gewebefilter entstaubt.

In einer zweistraeigen Mahl-/Sichtanlage werden Kugelmuehlen eingesetzt. Die Sichtung auf die gewuenschte Endfeinheit erfolgt mit Streuteller- und Korbsichtern im Grobbereich (< 45 µm), und mit Korbsichtern und Zentrifugalsichtern im Fein- und Feinstbereich (< 20 µm).

## 3. Weiterentwicklung der Trockenmahlanlage I

Es folgt ein kurzer Abriss ueber die Entwicklungsgeschichte des Mahl-Klassier-Kreislaufs I. Die durch den vorgeschalteten Nassaufbereitungsprozess beeinflussten chemisch-physikalischen Eigenschaften des Muehlenaufgabegutes koennen als nahezu konstant betrachtet werden. Die 1963 installierte Muehle (Bauart Pfeiffer, L:D = 5,5:1,8, **Bild 2**) nimmt auch heute noch die Schluesselposition des Mahl-Sichtkreislaufes I ein.

Das getrocknete Material wird der Muehle durch die Lagerzapfen aufgegeben und von Mahlkoepern durch Schlag und Reibung zerkleinert. Der Austrag erfolgt ueber zentral am Umfang des Muehlenrohres angeordnete Austragsoeffnungen. Mithilfe von Blenden kann der Auslassquerschnitt variiert und somit Mahlfeinheit sowie Kornaufbau des Mahlguts gezielt beeinflusst werden.

Nach einer Schutzsiebung bei 8–10 mm wird das Gut zu den Sichtanlagen transportiert. Dort wird es in geschlossenen Systemen in der Sichtzone in Fein- und Grobgut getrennt. Fertigmehle werden in Silos gelagert; Sichtergrobgut („Griese“) wird als Umlaufmaterial wieder in die Muehle zurueckgefuehrt.

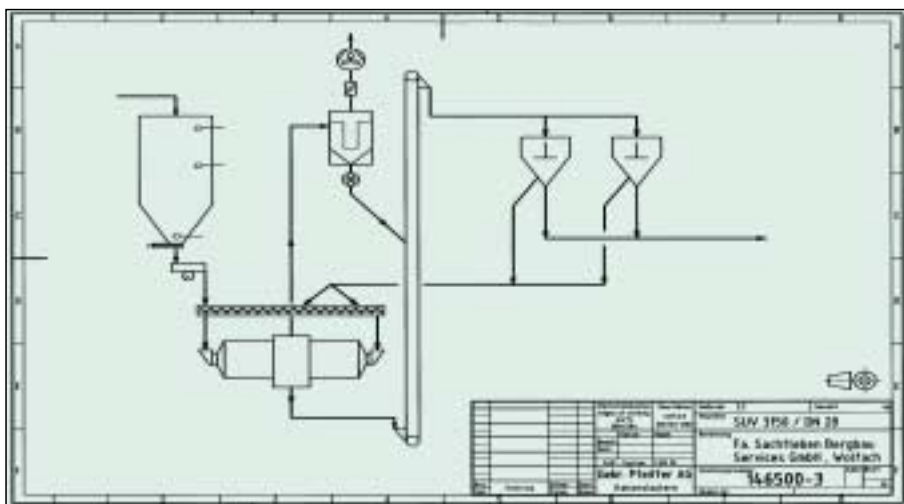
Als Transportorgane zwischen den einzelnen Anlagenkomponenten sind speziell dem Betrieb bei erhoehnten Temperaturen angepasste Becherwerke (vertikale Foerderung) und Schneckenfoereder (horizontal bis flach geneigte Foerderung) installiert.

### Anlagenentwicklung:

#### Bis 1983

Bis 1983 wurden als Mahlkoeper Flintsteine sowie eine Panzerung auf Mineralbasis, sog. Silpex-Panzerung, eingesetzt. Der Betrieb erfolgte von 1963 bis 1965 mit einem, seit 1965 mit zwei Streutellerwindsichtern. Die Produktion lag etwa bei 3,5 t/h Fertiggut mit der internen Spezifikation  $R_{45\mu\text{m}}$  max. 1,0 Gew.-%. Die umlaufende Materialmenge betrug etwa 15–20 t/h.

#### 1983–1999



**Bild 3: Maschinenausruestung Mahlanlage I**  
**Fig. 3: Machinery in Grinding Plant I**

the outlet cross-section. The grinding fineness and the particle size distribution of the product can therefore be selectively influenced.

After a safety screening at 8–10 mm, the material is transported to the classifying equipment. Here, in closed systems, it is separated into fine and coarse material in the classifying zone. Finished powders are stored in silos. Classified coarse material (oversize) is recirculated to the mills.

For transport between the different plant components, bucket elevators (vertical conveyance) and screw conveyors (horizontal to flat, inclined conveyance) that are specially adapted to operation at elevated temperatures are installed.

### Plant development:

#### Till 1983

Up to 1983, flint pebbles were used as the grinding media and the mill liner was on mineral basis, i. e. a Silpex liner. From 1963–1965 one distribution table air classifier was used in the operation, in 1965 a second one was added. Production reached around 3.5 t/h finished product with the internal specification  $R_{45\mu\text{m}}$  max. 1.0 wt. %. The material in circulation totalled around 15–20 t/h.

#### 1983–1999

Over the course of time, a series of machine and process changes was implemented. Two modern, electronically controlled distribution table air classifiers (supplied by Heyd, 2.8 m and Gebr. Pfeiffer SUV 3150,  $\varnothing$  3.15 m) were installed. Mono-sized, high-alloy steel balls with a diameter of 40 mm when new were introduced as the grinding media. A switch was made to rubber liners with lifting bars. As a result of the modifications made in this period, the production rate was increased to around 8.0–8.5 t/h. Despite extensive efforts, however, the fraction of the material < 45µm in the classifier oversize,  $D_{45\mu\text{m}}$ , coarse material, could hardly be reduced to below 60 wt. %. **Fig. 3** shows the machine components in Grinding Plant I up to August 2000. The material in circulation totalled around 60 t/h.

#### 1999

The reduced availability of the classifying equipment as a result of downtime for repairs prompted the design of a new classifying plant in 1999. Based on the developments of recent decades, a classifier with a rotating cage was to be installed. For the cut-point range of 45 µm required for the products of the grinding operation in Wolfach, these machines demonstrate greatly improved separation sharpness and recovery rates. The objective was therefore a substantial reduction in the quantity of material circulated.

As part of the design process, classifying tests were performed at several suppliers. In addition, at the testing facility of Gebr. Pfeiffer AG, Kaiserslautern, the supplier of the double-hard ball mill, a series of tests was conducted aimed at increasing the efficiency of the entire mill circuit. Besides the classifying tests, grindability tests were performed and simulated with varying feed properties. On completion of the tests, Gebr. Pfeiffer was awarded the contract for the supply of an SLV 1000 high-efficiency classifier as well as for cooperation in the optimization of the efficiency of the entire grinding and classification circuit at the Wolfach processing facility. A guaranteed rate of 12 t/h was specified for production.

#### Since 2000

Since August 2000, the mill has been operated in a closed circuit with a Pfeiffer SLV 1000 high-efficiency classifier (**Fig. 4**), initially in its standard design as the sole classifying device. Following commissioning in August, the throughput of the newly

Im Laufe der Zeit wurden eine Reihe von maschinellen und verfahrenstechnischen Änderungen durchgeführt. Es wurden zwei moderne, elektronisch regelbare Streutellersichter (Bauart Heyd, Ø 2,8 m, und Gebr. Pfeiffer SUV 3150, Ø 3,15 m) installiert. Als Mahlkugeln wurden hochlegierte Stahlkugeln der Monogattung Ø 40 mm im Neuzustand eingeführt. Die Panzerung wurde auf Gummi mit Hebeleisten umgestellt.

Als Ergebnis aller in diesem Zeitraum durchgeführten Modifikationen fiel eine Fertigproduktmenge von etwa 8,0–8,5 t/h an. Der Anteil an Material < 45µm im Sichtergrubgut,  $D_{45\mu\text{m}}$ , Grobgut, konnte jedoch auch mit großen Anstrengungen kaum unter 60 Gew.-% reduziert werden. In **Bild 3** ist die Maschinenausrüstung der Mahlanlage I bis August 2000 dargestellt. Die umlaufende Materialmenge betrug etwa 60 t/h.

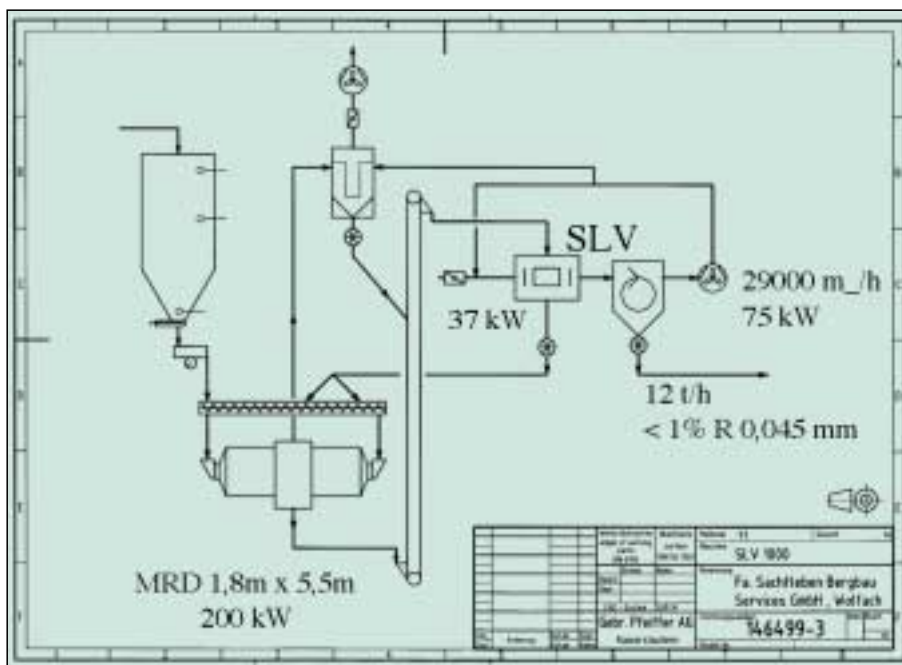
### 1999

Auf Grund der zurückgegangenen Verfügbarkeit der Sichtenanlagen als Folge von Reparaturstandzeiten wurde 1999 eine neue Sichtenanlage konzipiert. Auf Grund der Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten wurde eine Sichtenanlage mit einem rotierendem Korb eingeplant. Diese Apparate zeigen in dem für die Produktpalette des Mahlbetriebes Wolfach maßgeblichen Trennkorngrößenbereich von 45 µm stark verbesserte Trennschärfen und Abscheidgrade. Ziel war somit eine deutliche Verringerung der umlaufenden Materialmenge.

Im Rahmen der Auslegung wurden bei mehreren Anbietern Sichtversuche durchgeführt. Darüber hinaus wurden im Technikum der Gebr. Pfeiffer AG, Kaiserslautern, dem Hersteller der Doppelhartmühle eine Reihe von Untersuchungen zur Leistungssteigerung des gesamten Mühlenkreislaufes angestellt. Über Sichtversuche hinaus wurden Mahlbarkeitsuntersuchungen bei schwankenden Aufgabeeigenschaften durchgeführt und simuliert. Am Ende der Tests erfolgte die Auftragsvergabe zur Lieferung eines Hochleistungssichters SLV 1000 und zur Mitarbeit an der Leistungsoptimierung des gesamten Mahl-Klassier-Kreislaufes im Betrieb Wolfach. Als Garantiewert wurde eine Produktion von 12 t/h festgelegt.

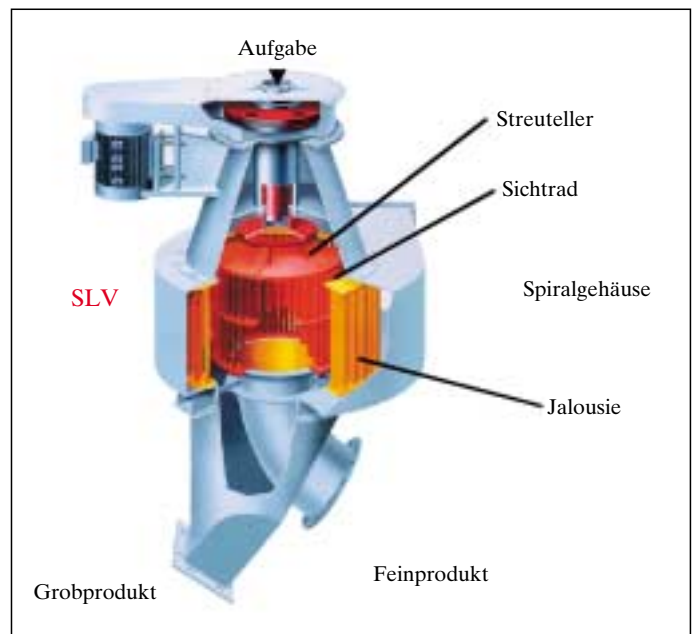
### Seit 2000

Seit August 2000 wird die Mühle im geschlossenen Kreislauf mit einem Pfeiffer-Hochleistungssichter SLV 1000 (**Bild 4**), zunächst



**Bild 5: Maschinenausrüstung Mahlanlage I seit August 2000**

**Fig. 5: Machinery in grinding plant I since August 2000**



**Bild 4: Aufbau des Hochleistungssichters SLV 1000**

**Fig. 4: Design of the SLV 1000 high-efficiency air classifier**

equipped grinding plant (**Fig. 5**) immediately rose to between 10.8–11.0 t/h.

An air current transports the material to be classified into the classifying zone between the classifier wheel and the louvre. The central feed guarantees a uniform distribution of the material. The classifying air enters the machine through the spiral casing and is diverted into the classifying zone by the louvre elements. In the classifying zone, the material is separated into fine material and coarse material. The fine material is fed through the classifier wheel and removed in a cyclone (**Fig. 5**). The coarse material is removed in the cone and recirculated to the mill.

Pfeiffer high-efficiency classifiers are designed to handle feed rates between 1 and 500 t/h. The product fineness can be infinitely adjusted by control of the classifier wheel speed as well as the classifying air supply rate.

### 4. Optimization of Grinding-Classification Circuit I since Commissioning

For the purpose of further optimization and to achieve the guaranteed production rate, a number of measures has been introduced since commissioning. All measures were implemented in close cooperation between plant supplier and plant operator.

1. Installation of two horizontally mounted dispersal rings on the inside of the louvre for additional loosening up of the material to be classified in the classifying zone.
2. Increase of the volume flow rate of the classifying air supply to increase the drag force from around 26,000 Bm<sup>3</sup>/h to around 29,000 Bm<sup>3</sup>/h.
3. Installation of an air cut-off seal in the air gap between the rotating cage and the coarse material zone. Since the implementation of this very simple design measure, an extremely sharp setting of the residue  $R_{45\mu\text{m}}$ , product at 1 %  $\pm 0.1$  % is possible. This increase in the separation sharpness is regarded as very remarkable.

Following implementation of the optimization measures, the capacity of the entire cir-

in Standardausführung, als alleiniges Klassieraggregat betrieben. Nach Inbetriebnahme im August lag der Durchsatz der neu ausgerüsteten Mahlanlage (**Bild 5**) gleich zwischen 10,8–11,0 t/h.

Das Sichtgut wird im Luftstrom zur Sichtzone zwischen Sicht- rad und Jalousie geführt. Durch die zentrische Aufgabe ist eine gleichmäßige Materialverteilung gewährleistet. Die Sichtluft tritt über das Spiralgelände in die Maschine und wird von den Jalou- sien zum Sichtraum umgelenkt. In der Sichtzone erfolgt die Tren- nung in Fein- und Grobgut. Das Feingut wird durch das Sicht- rad geführt und in einem Zyklon abgeschieden (**Bild 5**). Das Grobgut wird im Konus abgeschieden und als Umlaufmaterial zur Mühle zurückgeleitet.

Pfeiffer-Hochleistungssichter sind für Aufgaberraten von 1–500 t/h konzipiert. Die Einstellung der Produktendfeinheit ist durch Regelung der Sichtradgeschwindigkeit sowie der Sichtluft- menge stufenlos möglich.

#### 4. Optimierungsarbeiten am Mahl-Klassier-Kreislauf I seit Inbetriebnahme

Zur weiteren Optimierung und zum Erreichen des Garantiewer- tes wurden seit Inbetriebnahme eine Reihe von Arbeiten durch- geführt. Alle Maßnahmen erfolgten in enger Zusammenarbeit zwi- schen Anlagenbauer und -betreiber.

1. Installation zweier horizontal angeordneter Dispergierringe an der Jalousieinnenseite zur zusätzlichen Auflockerung des Sichtmaterials in der Sichtzone.
2. Steigerung des Sichtluftvolumenstroms zur Erhöhung der Schleppkraft von etwa 26.000 auf etwa 29.000 Bm<sup>3</sup>/h.
3. Einbau einer Sperrluftdichtung im Luftspalt zwischen rotie- rendem Korb und Grobgutraum. Seit Durchführung dieser kon- struktiv sehr einfachen Maßnahme kann der Rückstand R<sub>45µm, Produkt</sub> äußerst trennscharf bei 1 % +/- 0,1 % gefahren werden. Die Steigerung der Trennschärfe kann als sehr bemer- kenswert beurteilt werden.

Nach Durchführung der Optimierungsarbeiten konnte die Leis- tung des gesamten Kreislaufs auf 11,0–11,3 t/h angehoben werden. Der modifizierte SLV 1000 ist in **Bild 6** dargestellt.

Bis September 2000 wurden nach zwischenzeitlicher Erneue- rung des Mühlenverschleißschutzes folgende Einflussgrößen in langwierigen Betriebsversuchen variiert:

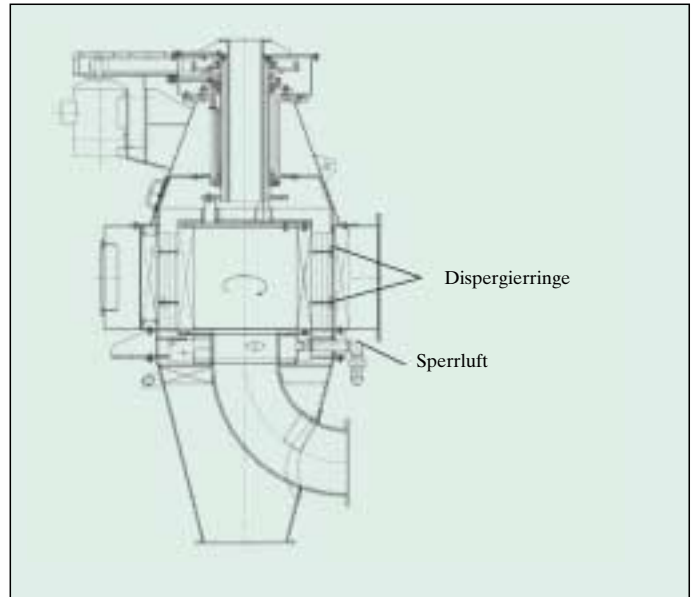
1. Schrittweise Reduzierung der offenen Austragsquerschnitts- fläche über die Blendenstellung oberhalb der Austragsschlitz- reihen. Diese Maßnahme bewirkt eine Verweildauererhöhung des Mahlgutes in der Mühle und somit die Herabsetzung der oberen und mittleren Korngröße im Sichteraufgabegut
2. Variation des Mahlkörperfüllungsgrades
3. Einstellung einer neuen Kugelgrößenverteilung nach Neupan- zung
4. Variation der umlaufenden Last, d. h. der Sichteraufgabemenge über die vorhandene Mühlenregelung

In dieser den Mühlenkörper und die Mahlkörpergattung betref- fenden Optimierungsphase wurden folgende optimalen Betriebs- parameter ermittelt:

1. Die verbliebene offene Austragsquerschnittsfläche beträgt noch 12 % der gesamten Querschnittsfläche
2. Der Mahlkörperfüllungsgrad wurde zwischen 30 und 40 Vol.-% variiert. Ein Optimum an Feingutausbeute ergab sich bei einem Füllungsgrad zwischen 32 und 35 %. Das Lückenvolumen soll- te zu 100 % ausgefüllt sein.
3. Folgende optimale Kugelgrößenverteilung wurden ermittelt:

Kugel-Ø [mm]	Ungefäher Anteil an der Gattierung [Gew.-%]
60	5
40	65–70
30	25–30

4. Zukünftig wird keine Monogattung mehr verwendet. Die untere Kugelgröße beträgt 30 mm, die obere 60 mm. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand weist die überwiegende Kugelmasse



**Bild 6: Modifikationen am Hochleistungssichter SLV 1000**  
**Fig. 6: Modifications to the SLV 1000 high-efficiency air classifier**

cuit was increased to 11.0–11.3 t/h. The modified SLV 1000 classi- fier is shown in **Fig. 6**.

Up to September 2000, following renewal of the mill wear pro- tection, the following variables were varied as part of lengthy field trials:

1. Stepped reduction of the open discharge cross-sectional area by adjustment of the gates above the rows of discharge slots. This measure effects an increase in the residence time of the mate- rial being ground in the mill and thus the reduction of the upper and mean particle size in the feed to the classifier
2. Variation of the grinding media filling
3. Definition of a new ball size distribution following the relining of the mill
4. Variation of the circulated load, i.e. the feed rate to the classi- fier by the available mill control

In this optimization phase, which focussed on the mill construction and the grinding media, the following optimum operating para- meters were determined:

1. The remaining open discharge cross-sectional area is still 12 % of the total cross-sectional area
2. The grinding media filling was varied between 30 and 40 vol. %. Optimum recovery of the fine material resulted at a filling between 32 and 35 %. The void volume should be filled 100 %.
3. The following optimal ball size distribution was determined:

Ball Ø [mm]	Approximate percentage in the grinding media filling [wt. %]
60	5
40	65–70
30	25–30

4. In future, the grinding media will not be mono-sized. The mini- mum ball diameter is 30 mm, the maximum diameter 60 mm. Based on observations so far, the predominant ball mass con- tinues to have a diameter of 40 mm when in new condition. The total mass of grinding balls is around 18 t
5. In the optimal operating mode, the circulated load is around 55 t/h.

After coordination of all parameters, the rate of material to be ground was determined at 11.7–12.5 t/h. On acceptance of the plant by the operator, the mean value from eight measurements was 12.01 t/h. The content of material < 45µm in the classified oversize, D<sub>45µm, coarse material</sub>, could be reduced 30–40 wt. %.

im Neuzustand weiterhin einen Durchmesser von 40 mm auf. Die Gesamtmasse an Kugeln beträgt etwa 18 t.

5. In der optimalen Betriebsweise beträgt die umlaufende Last etwa 55 t/h.

Nach Abstimmung aller Parameter wurde eine Mahlgutmenge von 11,7–12,5 t/h ermittelt. Bei der Abnahme betrug der Mittelwert aus 8 Messungen 12,01 t/h. Der Anteil an Material < 45 µm im Siebtergrobgut,  $D_{45\mu\text{m}}$ , Grobgut, konnte auf 30–40 Gew.-% reduziert werden.

## 5. Betriebserfahrungen

Nach über zweijährigem Betrieb mit der leistungsgesteigerten Anlage liegen ausreichende Erfahrungen vor, um die Effizienz der nicht unbedeutlichen Investitionen in den Mahl-Klassier-Kreislauf I zu beschreiben.

- **Spezifischer Energieverbrauch**  
Die im neuen System installierte elektrische Leistung liegt sehr nahe an der ehemaligen Anlage. Durch die Neuinstallation wurde der spezifische Energieverbrauch [kWh/t] um etwa 20 % gesenkt.
- **Spezifischer Mahlkörperverbrauch**  
Der spezifische Mahlkörperverschleiß blieb unverändert.
- **Verschleiß an Mühlenpanzerung**  
Die Panzerung, d. h. Panzerplatten und Hebeleisten der Mühle, werden in regelmäßigen Zeitabständen auf ihre Restnutzstärke hin überprüft („Abnageln“). Bis zum jetzigen Zeitpunkt liegt der Verschleißverlust im bekannten Rahmen. Eine abschließende Aussage hierzu ist jedoch verfrüht, da der Austausch der Mühlenpanzerung üblicherweise durch den plötzlich auftretenden Ausbruch größerer, versprödeter Teile der Panzerung nötig wird.
- **Beurteilung der peripheren Anlagenteile in ihrer Standfestigkeit (Schnecken, Becherwerke usw.)**  
Bis zum Erreichen des Mühlendurchsatzes von etwa 11,5 t/h zeichnen sich keine gravierenden Störungen im Betrieb der gesamten Mahlanlage ab. Bei länger andauernder Produktion > 11,5 t/h traten Probleme von zu nahe am kritischen Punkt liegenden Halslageröltemperaturen auf. Diesem Effekt wurde mit Verwendung einer geeigneten Schmierstoffsorte entgegengewirkt. Weiterhin stellen sich bei dauerhafter Höchstproduktion unweigerlich Überlastungen alter, noch im Einsatz befindlicher Förderaggregate und der Schutzsiebe ein. Seit August 2000 bereits neu installierte Fördererenteile sind bereits auf die größere Menge ausgelegt.
- **Anlagenverfügbarkeit**  
Mit Wegfall der reparaturbedürftigen Streutellerwindsichter hat sich die Verfügbarkeit der Sichtanlage auf etwa 98 % erhöht. Durch den nicht unwesentlich gesteigerten Durchsatz wurde jedoch ein höheres Augenmerk auf die präventive Wartung und Inspektion der peripheren Anlagenteile, besonders der Förderaggregate, gelegt. Dadurch verblieb die Verfügbarkeit der gesamten Mahl-Klassier-Anlage in etwa auf bekanntem Niveau.
- **Praxis des Mühlenbetriebes und Laufzeiten**  
Die höhere Produktion hat zum Wegfall von etwa 60 % des Nachtschichtbetriebes geführt. Der noch mangelnden Leistungsfähigkeit der peripheren Anlagenteile, besonders der Förderaggregate sowie der Schutzsiebung, wird mit einer auf etwa 11,5 t/h begrenzten Mahlgutmenge Rechnung getragen. Ebenso wird der Durchsatz der Mahlanlage bei längerem Betrieb durch feine Aufgabematerialien, z. B. flotierte Schwespatprodukte, durch die dann auftretende Leistungsschwäche der Trockentrommel begrenzt.

## 5. Operating Experience

Following over two years of operation with the plant with its increased capacity, sufficient experience is available to describe the effectiveness of the not inconsiderable investments in Grinding-Classification Circuit I.

- **Specific energy consumption**  
The electric power installed in the new system is very close to that of the plant prior to its modernization. Through the new installation, the specific energy consumption [kWh/t] was lowered by around 20 %.
- **Specific grinding media consumption**  
The specific grinding media wear remained unchanged
- **Mill liner wear**  
The liner, i. e. liner plates and lifting bars in the mill, are inspected at regular intervals to determine their residual useful thickness. Up to the current point in time, the wear loss has been within the usual limits. It is, however, too early to make any conclusions in this regard, as the replacement of the mill liner usually becomes necessary as a result of sudden flaking off of relatively large, embrittled parts of the liner.
- **Assessment of reliability of the peripheral plant components (screws, bucket elevators, etc.)**  
Up to a milling rate of around 11.5 t/h, no serious faults have generally arisen in the operation of the entire grinding plant. During longer production at rates > 11.5 t/h, problems did arise caused by the critical temperatures of the journal bearing oil. This effect was countered with the use of a suitable type of lubricant. Furthermore, when the maximum production rate is maintained over a long time, then overloading of the old conveying equipment still in service and the safety screens is unavoidable. The conveying equipment installed since August 2000 is already designed to handle the larger quantities.
- **Plant availability**  
With the replacement of the repair-prone distribution table air classifiers, the availability of the classifying plant has increased to around 98 %. Following the not inconsiderable increase in capacity, however, more attention is paid to preventative maintenance and inspection of the peripheral plant components, particularly the conveying systems. As a result, the availability of the entire grinding and classification plant has just about remained on its previous level.
- **Mill operation in practice and operating times**  
The higher production rate means that around 60 % of the night-shift operation is no longer necessary. To allow for the still deficient capacity of the peripheral plant components, particularly the conveying systems and the safety screens, the feed rate to the grinding and classification process is limited to around 11.5 t/h. Similarly, the throughput of the grinding plant during longer operation with finer feed materials, e. g. floated baryte products, is limited by the lower capacity of the rotary dryer.

## Schrifttum/References

- [1] *Hahn, F., u. Würtz, R.*: 100 Jahre Schwespatproduktion Grube Wolfach, Festschrift Sachtleben Services GmbH, Wolfach, 1998
- [2] *Sötemann, J.*: Aufbereiten von Schwespat und Flussspat – Sortierung komplexer Roherze bei steigenden Qualitätsanforderungen, *Aufbereitungs Technik* 41 (2000) Nr. 6, S. 271/277
- [3] *Schmelzer, G.*: Steigerung des Ausbringens in einer Schwertrübeanlage durch Einsatz eines modernen Siebdeckreinigungssystems, *Aufbereitungs Technik* 43 (2002) Nr. 7, S. 17/25