

Optoelektronische Sortierung zur Aufbereitung von Feldspat bei Maffei Sarda

Séparation opto-électronique en vue de la préparation de feldspath chez Maffei Sarda

Separación optoelectrónica para la preparación de feldespat en Maffei Sarda

Optoelectronic Separation in Feldspar Processing at Maffei Sarda

Dipl.-Ing. Hartmut Harbeck, Wedel*)

Zusammenfassung Zur Aufbereitung von Feldspat werden in der Aufbereitungsanlage Orani, Sardinien, der Firma Maffei Sarda zwei optoelektronische Sortiergeräte vom Typ MikroSort eingesetzt. Durch Abscheidung farblich verunreinigter Feldspäte lassen sich die von der Keramikindustrie geforderten Weißheitsgrade erzielen. Durch eine neue Farbnachführung konnte das Gerät für den Betriebseinsatz weiter verbessert werden.

Résumé Pour la séparation de feldspath, on utilise dans l'installation de séparation d'Orani, Sardaigne, appartenant à la société Maffei Sarda, deux appareils de séparation par voie opto-électronique du type MikroSort. Moyennant la séparation de feldspath contenant des impuretés, il est possible d'obtenir des degrés de blancheur exigés par l'industrie céramique. Grâce à une nouvelle analytique des couleurs, on a perfectionner l'appareil sus-mentionné, en vue de son emploi industriel.

1. Ausgangssituation

Maffei S. P. A., Trento (Italien), ist mit jährlich über 1 Mio. t u. a. an Feldspat, Quarz, Aplit, Riolit einer der wichtigsten Lieferanten für die keramische Industrie. Maffei gehört zusammen mit seinen verschiedenen Tochtergesellschaften zur Iris Ceramca S. p. A., einem weltweit führenden Fliesenhersteller.

Ein großer Teil des Feldspates wird in Sardinien von der Tochtergesellschaft Maffei Sarda in zwei Tagebaubetrieben gewonnen – in 2000 insgesamt fast 500 000 t – und zu 95 % in die Keramikindustrie geliefert. Auf Grund von Modetrends werden für die Herstellung hochwertiger Bodenfliesen weiß gebrannte Produkte, so genannte „gres porcellanato“, gefordert, was die ausschließliche Verwendung von hochreinem, weißem Na-Feldspat voraussetzt.

Trotz selektiven Abbaus der größten Lagerstätte „Orani Ispaduledas“ (Reserven 6 Mio. t, **Bild 1**) sank wegen sich verschlechternder Lagerstättenbedingungen der Anteil an weißem Na-Feldspat an der Rohfördermenge von 50 % in 1989 auf 30 % in 2000. Besondere Probleme bereiten dabei u. a. nennenswerte Anteile an Na-K-Feldspat, der durch seine graue Farbe die Qualitätsanforderungen an „gres porcellanato“ nicht erfüllt und zur Einhaltung der Vorgaben abgetrennt werden muss.

Untersuchungen mit optoelektronischen Sortiersystemen ergaben, dass durch Ausnutzung optischer Eigenschaften eine Trennung von Na- und Na-K-Feldspat wirtschaftlich möglich ist. Man entschied sich deshalb für die Einrichtung einer entsprechenden Sortierstrecke in der Aufbereitungsanlage Orani (**Bild 2**).

*) CommoDaS GmbH, Wedel

Summary For feldspar processing at its Orani plant in Sardinia, Maffei Sarda uses two MikroSort optoelectronic separating devices. Feldspar impurities of unacceptable colour are removed in order to obtain the whiteness demanded by the ceramics industry. The up-grading of the separating devices with a new colour tracking system has further improved their operating performance.

Resumen Para la separación de feldespat se están empleando en la planta de separación de Orani, Cerdeña, de la empresa Maffei Sarda, dos aparatos de separación por vía optoelectrónica del tipo MikroSort. Mediante la separación de feldespatos con impurezas, es posible alcanzar los grados de blancura exigidos por la industria cerámica. Gracias a una nueva analítica de colores, se ha podido seguir perfeccionando el mencionado aparato con vistas a su empleo industrial.

1. Starting Situation

With annual sales of over 1 mill. tonnes, including feldspar, quartz, aplit and riolite, the Italian company Maffei S. P. A., Trento, is a major supplier to the ceramics industry. Along with its various subsidiaries, Maffei is part of Iris Ceramica S. p. A., one of the leading tile manufacturers in the world.

A large part of the feldspar is won at two open pits on Sardinia by the company's subsidiary Maffei Sarda. In 2000, its output totalled almost 500 000 t, 95 % of which were sold to the ceramics industry. To keep up with fashion trends, for the manufacture of high-quality floor tiles, white-firing products known as „gres porcellanato“ are required. Only high-purity, white sodium feldspar is suitable for the production for these tiles.

Despite selective extraction at the largest deposit „Orani Ispaduledas“ (with reserves of 6 mill. t, **Fig. 1**), deteriorating conditions in this deposit resulted in a drop in the content of white sodium feldspar in the ROM output from 50 % in 1989 to 30 % in 2000. A particular problem is an appreciable content of sodium potassium feldspar of a grey colour that does not meet the quality standards for „gres porcellanato“ and must be therefore be removed to comply with specifications.

Tests with optoelectronic separating systems showed that separation based on the optical characteristics of sodium feldspar and sodium potassium feldspar is economically feasible. Therefore, the company opted to install an appropriate separating line in the Orani processing plant (**Fig. 2**).

*) CommoDaS GmbH, Wedel



Bild 1: Selektiver Abbau bei der Firma Maffei Sarda
Fig. 1: Selective extraction at Maffei Sarda

2. Aufbau und Wirkungsweise des Mogensen-MikroSort

Optische Sortiersysteme werden schon seit einigen Jahren mit Erfolg in der Sekundärrohstoffindustrie, z.B. beim Glas- oder PET-Recycling, eingesetzt. Auf Grund der ständigen Weiterentwicklung im Bereich der Messdatenerfassung, -auswertung und Sensorik konnte der Einsatzbereich dieser Geräte auf die Sortierung von mineralischen Rohstoffen ausgeweitet werden.

Voraussetzung für eine Sortierung nach optischen Kriterien ist, dass sich das zu trennende Material visuell, d.h. durch Farbe, Reflexionsvermögen, Helligkeit oder Transparenz, voneinander unterscheidet. Weiterhin müssen beim Einsatz optoelektronischer Systeme folgende Bedingungen erfüllt werden:

- der Eingangsstrom liegt in einem relativ engen Kornband vor,
- die Kornoberflächen sind frei von Verschmutzungen, und
- die Farbanalyse erfolgt am einzelnen Korn.

In der betrieblichen Praxis setzt dies eine entsprechend

- enge Vorklassierung,
- eine Abbrausung oder Entstaubung von Partikeloberflächen und
- eine Vereinzelung des Produktstroms vor der Analyse

voraus.

Die optische Erfassung des Materials erfolgt durch hochauflösende CCD-Zeilencameras mit drei Farbkanälen (rot, grün, blau), die das Material während des freien Falls detektieren und je nach Anwendungsfall Durchlicht, Auflicht oder – in Kombination – sowohl Auflicht als auch Durchlicht messen (**Bild 3**).

Sind die zu bestimmenden optischen Merkmale nicht gleichmäßig auf der Oberfläche verteilt, muss zur Detektion evtl. eine zweite Kamera verwendet werden.

Die erhaltenen Messsignale werden durch Bildverarbeitung und -analyse in Echtzeit von einem Rechner ausgewertet. Über einen Auswertemodus werden anschließend Luftdüsen zur Ausblasung der abzuscheidenden Partikel angesteuert.

Weitere Angaben über Aufbau und Wirkungsweise optoelektronischer Sortierer sind dem Schrifttum [1–4] zu entnehmen.

2. Set-up and Operation of the Mogensen-MikroSort

Optical separating systems have been successfully used in the secondary raw materials industry for some years, e.g. in glass or PET recycling. Ongoing development of measurement data acquisition, evaluation and sensor technology has extended the range of application of these devices to include mineral raw materials.

The precondition for separation based on optical criteria is a visible difference between the materials to be separated, i.e. with regard to colour, reflectivity, brightness or transparency. Further, the following conditions must be met for the use of optoelectronic systems:

- the flow of material must be in a relatively narrow particle size range,
 - the particle surfaces must be free of dirt and
 - colour analysis must be performed on individual particles
- The preconditions for operation in the field are therefore
- narrow preclassification,
 - a rinsing or dedusting of the particle surfaces and
 - singling of the particles in the material flow prior to analysis.

During the free-fall of the material, the particles are optically scanned by high-resolution CCD-line cameras with three colour channels (red, green, blue). Depending on the application, the particles are measured based on transmitted light, reflected light or a combination of both (**Fig. 3**).

If the optical characteristics to be determined are not uniformly distributed on the particle surface, a second camera may be necessary for detection.

The measurement signals received are evaluated in real-time by a computer using image processing and analysis. In the evaluation mode, the computer controls jets of air to blow off the particles to be removed.

Further details on the set-up and operation of optoelectronic separators can be found in the literature [1–4].

3. New CTC Colour Tracking

The MikroSort devices installed in the Maffei works are equipped with a new colour tracking system (**Fig. 4**), which, besides improving the colour classification and operational reliability, also minimizes idle time.

Colour image processing in separating technology is subject to interference from various sources, which can cause a shift of the



Bild 2: Die Aufbereitungsanlage Orani am Fuße des Tagebaus
Fig. 2: The Orani processing plant at the foot of the open pit

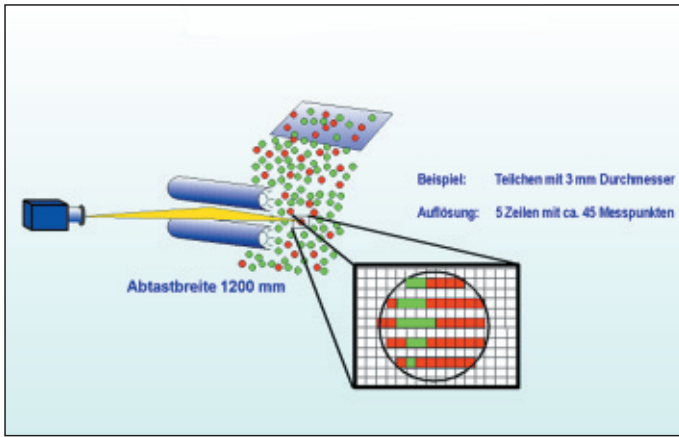


Bild 3: Die optische Erfassung des Materials erfolgt durch hochauflösende CCD-Zeilencameras mit drei Farbkanälen (rot, grün, blau)

Fig. 3: The material is optically scanned by high-resolution CCD line cameras with three colour channels (red, green, blue)

3. Neue Farbnachführung CTC

Im Werk Maffei wurden die eingesetzten MikroSort-Geräte mit einer neuen Farbnachführung ausgerüstet (**Bild 4**), die neben einer verbesserten Farbklassifizierung und Betriebssicherheit auch Stillstandszeiten auf ein Minimum reduziert.

Die Farbbildverarbeitung in der Sortiertechnik ist verschiedenen Störeinflüssen ausgesetzt, die zu einer Verschiebung des Arbeitspunktes und damit zu einer Verfälschung des Sortierergebnisses während des Betriebes führen können. Um reproduzierbare Bedingungen zu erhalten, wurde bisher eine Referenzfläche in den Arbeitsbereich gebracht, die dem Einmessen der

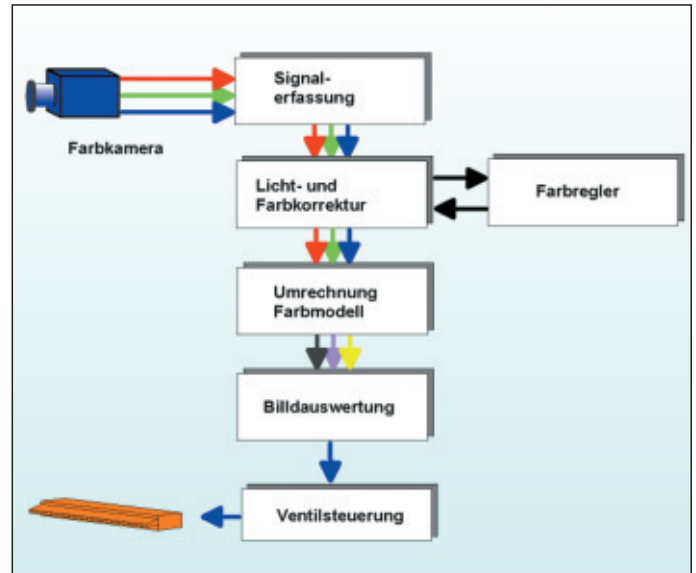


Bild 4: Prinzip der neuen Farbnachführung
Fig. 4: Principle of the new colour tracking system

working point and distort the performance of the separating device during operation. To obtain reproducible conditions, until now a reference field was incorporated into the working area and used to calibrate the characteristics of the scanning system and the lighting. During this calibration, the intensities of the three colour channels (red, green and blue) are determined and correction factors calculated (white balance) so that all three channels are modulated equally and to maximum.

Measurement based on this principle cannot be repeated when the plant is running. Stoppage for new white balance is not desirable for production-related reasons.

The influence of temperature on the camera and lighting, on dust and water spray, but also the material itself, which reflects certain wavelengths and absorbs others, cause the balance to change and lead to a shift in the working point. This is more noticeable, the more precisely the colour or brightness is measured.

The new colour temperature control (CTC) system featured by the MikroSort devices compensates for these interfering influences by determining and tracking the working point based on the colour distribution of the material being separated. This works even when the content of impurities in the material to be separated changes.

The user records the standard system conditions by pressing a learn button. The system then determines the typical operating condition of the plant and stores this as a comparative value. Colour

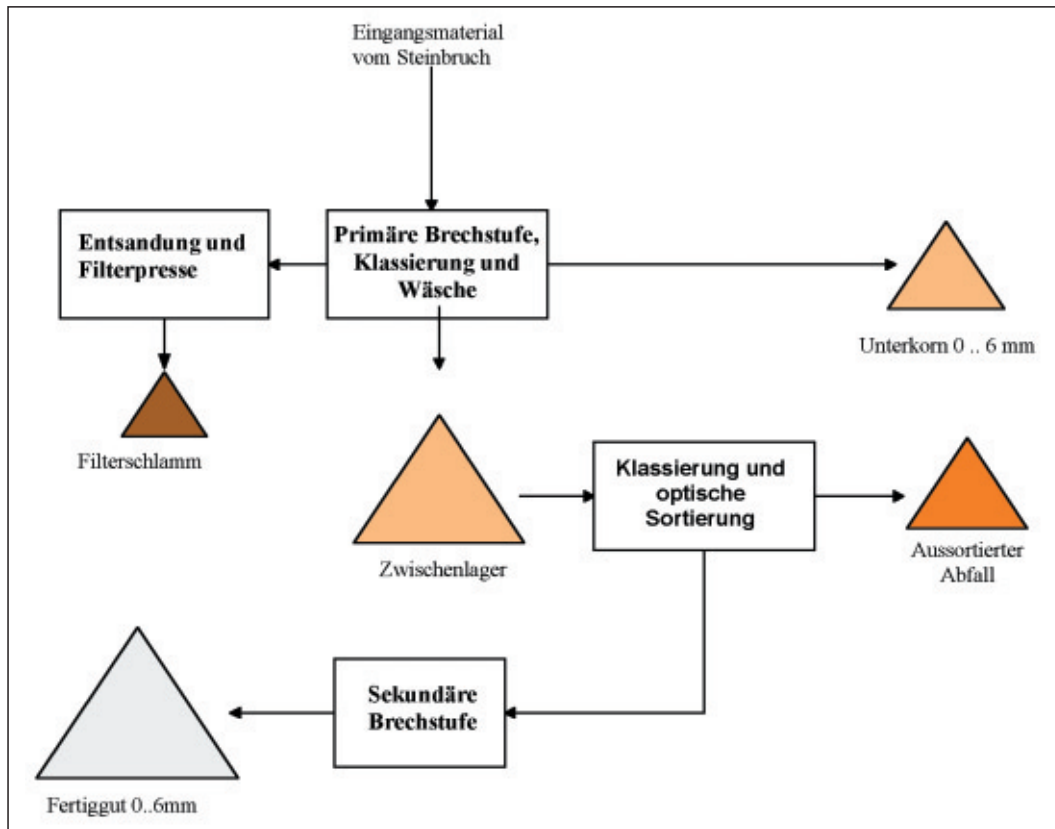


Bild 5: Verfahrensablauf in der Aufbereitungsanlage Orani
Fig. 5: Process flow in the Orani processing plant

Charakteristika des Aufnahmesystems und der Beleuchtung dient. Hierbei werden die Intensitäten der drei Farbkanäle Rot, Grün und Blau ermittelt und Korrekturwerte berechnet (Weißabgleich), sodass alle drei Kanäle gleich stark und maximal angesteuert sind.

Während des Anlagenbetriebes kann die Messung nach diesem Prinzip nicht wiederholt werden. Ein Zwischenstopp für einen erneuten Weißabgleich ist aus produktionstechnischen Gründen unerwünscht.

Durch Temperatureinfluss auf Kamera und Beleuchtung, durch Staub und Wasserdampf, aber auch durch das Material selbst, das bestimmte Wellenlängen reflektiert und andere absorbiert, verändert sich nun der Abgleich und führt zu einer Verschiebung des Arbeitspunktes. Dies macht sich umso mehr bemerkbar, je genauer die Farb- bzw. Helligkeitsmessung erfolgt.

Die neuartige Farbtemperaturkorrektur (CTC = Color Temperature Control) des MikroSort gleicht diese Störeinflüsse aus, indem der Arbeitspunkt anhand der Farbverteilung des Sortiergutes selbst bestimmt und nachgeführt wird. Dies funktioniert selbst dann, wenn sich der Störstoffanteil des Sortiergutes ändert.

Der Normalzustand des Systems wird hierbei erfasst, indem der Anwender eine Lerntaste drückt. Das System ermittelt nun die Farbverteilung des typischen Betriebszustandes der Anlage und legt diesen als Vergleichswerte ab.

Anschließend wird die Farbnachführung (CTC) gestartet und gleicht jegliche Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand aus.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass keine Betriebsunterbrechungen durch wiederholtes Referenzmessen entstehen, kein Messfeld vorhanden sein muss und selbst Einflüsse korrigiert werden, die über das Beleuchtungs- und Aufnahmesystem hinausgehen.

Erfahrungen im täglichen Betrieb zeigen, dass selbst Trennaufgaben mit einer sehr empfindlichen Farbklassifizierung im Alltagsbetrieb stabil sind.

4. Integration der optoelektronischen Sortiersysteme in die Aufbereitung

Über Lkw wird das geförderte Rohmaterial (etwa 140 t/h) aus dem Tagebaubetrieb in die nahe gelegene Aufbereitungsanlage Orani transportiert, auf < 200 mm zerkleinert, klassiert und anschließend nass aufbereitet (siehe **Bild 5**). Die Fraktion 6(5)–200 mm wird je nach Qualität in einer sekundären Brechstufe auf die Endkörnung < 6 mm zerkleinert oder in einem Zwischenlager gestapelt.

Chargen mit erhöhter Verunreinigung werden vom Zwischenlager in regelmäßigen Zeitabständen der Sortierstufe, bestehend aus zwei MikroSort-Geräten, zugeführt (**Bild 6**). Um eine möglichst trennscharfe Sortierung bei akzeptablen Durchsätzen zu erzielen, wird das Rohgut – im Mittel etwa 120 t/h – in die Fraktionen < 15, 15–40 und 40–200 mm klassiert. Da eine Sortierung des Siebdurchgangs < 15 mm – etwa 15–20 t/h – aus wirtschaftlichen Gründen ausscheidet, wird das Material – je nach Zusammensetzung – aufgehaldet oder bei sehr guter Qualität auf die Verkaufskörnung 0–6 mm zerkleinert.

Um die Bedingungen für eine einwandfreie Sortierung zu gewährleisten, müssen die Oberflächen der Rohstoffpartikel staubfrei und feucht sein. Hierzu werden die beiden Fraktionen 15–40 und 40–200 mm auf getrennten Waschsieben behandelt. Anschließend werden die Materialströme auf Vibrationsrinnen vereinzelt.

Zur Sortierung der Fraktion 40–200 mm (Durchsatz 83 t/h) wird ein MikroSort-Gerät vom Typ AH 1223 eingesetzt (**Bild 7**). Bei diesem Maschinentyp musste zur druckluftbetriebenen Ausschleusung von Verunreinigungen ein besonders langer Fallweg vorgesehen werden. Der sogenannte Trennkasten mit den Materialausläufen ist dabei vom eigentlichen Maschinenmodul getrennt, um Erschütterungen des Sortiergerätes durch aufprallendes Schüttgut in den Materialtaschen zu vermeiden.

Das **Bild 8** zeigt das in Materialflussrichtung rechts geöffnete Gerät, der Einlauf des Trennkastens befindet sich in der Bildmitte. Am Auslauf der Schurre wird das Gut beidseitig durch die zwei

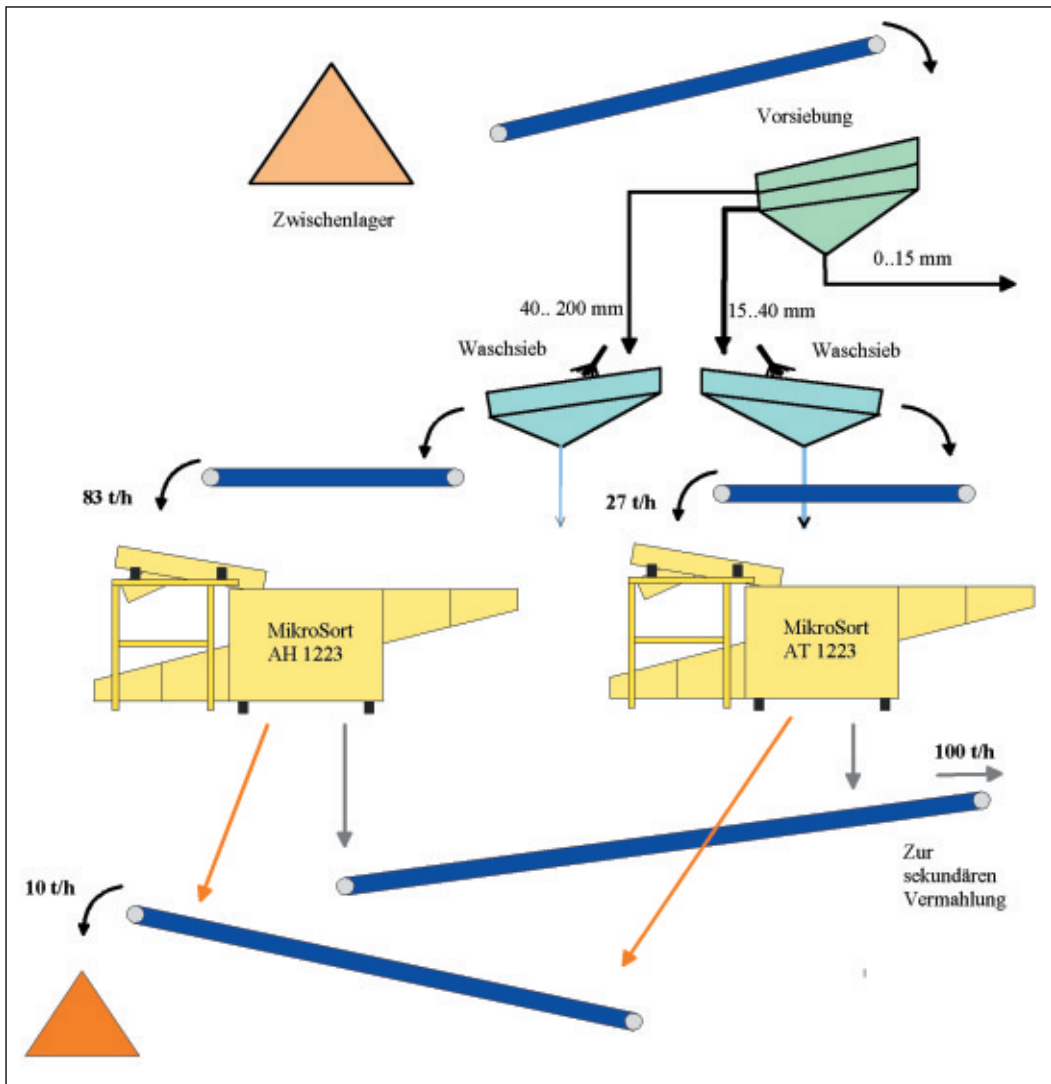


Bild 6: Fließbild der optischen Sortierstrecke
Fig. 6: Flowsheet of the optical separating line

temperature control is then started and compensates for any changes compared to these stored starting conditions.

The advantages of this system are that no stoppages are necessary for repeated reference measurements, no measurement field is required, and even influences that go beyond the lighting and scanning system can be corrected.

Experience in day-to-day operation has shown that even separating applications involving highly sensitive colour classification are stable in routine operation.

4. Integration of the Optoelectronic Separating Systems in the Processing Plant

Lorries transport the extracted raw material (around 140 t/h) from the open pits to the nearby Orani processing plant. The raw ore is crushed to < 200 mm, classified and

Bild 7: Sortiergerät MikroSort AH 1223 mit isoliertem Trennkasten. Die Absaugung des bei der Ausschleusung entstehenden Wassernebels erfolgt direkt an der Abweiskammer des Trennkastens

Fig. 7: MikroSort AH 1223 separating device with isolated separating box. The water spray formed during discharge is extracted directly at the deflector chamber of the separating box





Bild 8: Abtast- und Trennbereich des MikroSort AH 1223
Fig. 8: Scanning and separation sections of the MikroSort AH 1223

Farbzeilenkameras abgetastet. Die Auflösung eines Messpunktes beträgt hierbei etwa 0,7 mm. Etwa 180 mm unter der Schurrenkante befindet sich die Düsenleiste, mit deren Hilfe unerwünschte Partikel durch gezielten Druckluftimpuls in die getrennte Kammer ausgelenkt werden.

Für die Sortierung der Fraktion 15–40 mm (Durchsatz 27 t/h) wird ein MikroSort-Gerät vom Typ AT 1223 eingesetzt. Im Gegensatz zum AH 1223 verfügt dieses Gerät über einen integrierten Trennkasten (**Bild 9**) und benötigt nur geringe Fallwege.

Zur Vereinfachung der Ersatzteilerhaltung sind beide Maschinentypen ansonsten weitgehend identisch ausgestattet. So arbeiten beide Modelle mit den gleichen Lampenmodulen und Ventilsystemen. Die Lampen sind mit einem automatischen Reinigungssystem versehen, wodurch die Störanfälligkeit im laufenden Betrieb deutlich gesenkt werden konnte. Ein Austausch der Leuchtmittel kann innerhalb kürzester Zeit erfolgen.

Insgesamt werden im Bereich der optischen Sortierung aus einem Produktstrom von 110 t/h im Regelfall etwa 10 % – d.h. etwa 10 t/h – Verunreinigungen abgetrennt. Als Wertstoff wird der weiße Na-Feldspat nach Zerkleinerung auf die Endkörnung 0–6 mm zur Fliesenherstellung eingesetzt.

5. Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick

Mit der optischen Sortierung verunreinigter Feldspatvorkommen konnte bei der Firma Maffei Sarda mit vertretbarem Aufwand die wirtschaftliche Aufbereitung von hochwertigem Feldspat durch Abscheidung farblich verunreinigter Vorkommen erreicht werden.

Durch kontinuierliche Verbesserungen werden in Zukunft neue Einsatzfelder für diese Art der Sortierung erschlossen. So arbeiten die Firmen Mogensen und CommoDaS u. a. an einem Sortierverfahren für Feinprodukte mit hohem spezifischem Durchsatz. Maßgeblich für die Leistungsfähigkeit im Feinkornbereich sind neben der Bildaufnahmetechnik die Verarbeitungsleistung der Elektronik sowie die Geschwindigkeit des Austragsystems. Eine überlastfeste Hochleistungselektronik, eingebettet in ein kompaktes Sortiergerät mit elektronisch beschleunigten Spezialventilen, wird zurzeit entwickelt und soll im ersten Quartal 2002 marktreif sein. Die Entwicklung dieser Technologien wird durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) in Osnabrück unterstützt.

then treated in a wet process (see **Fig. 5**). Depending on its quality, the 6(5)–200 mm fraction is comminuted in a secondary crushing stage to the final size of < 6 mm or stored intermediately.

Batches with high contents of impurities are removed from intermediate storage at regular intervals and fed to the separating line, which consists of two MikroSort units (**Fig. 6**). To obtain maximum separation efficiency at acceptable throughput rates, the raw material, which averages 120 t/h, is classified into the fractions < 15, 15–40 and 40–200 mm. As separation of the screen undersize < 15 mm – around 15–20 t/h – is not economically feasible, the material is stockpiled – depending on its composition – or if the quality is very good, it is comminuted to the saleable size of 0–6 mm.

To guarantee the conditions for effective separation, the surface of the raw material particles must be dust-free and moist. For this purpose, the two fractions 15–40 and 40–200 mm are treated on separate washing screens. The material particles are “singled” in vibrating conveyors.

For separation of the 40–200 mm fraction (throughput 83 t/h), a MikroSort device of the type AH 1223 is used (**Fig. 7**). To ensure rejection of impurities by the compressed-air jets, a particularly long fall had to be configured. The separating box into which the material is discharged is separate from the actual machine module, to avoid vibration of the separating device caused by impact of the bulk solid with pockets of material.

Fig. 8 shows the device open to the right, in the direction of the material flow, the inlet of the separating box can be seen at the centre of the picture. Once discharged from the chute, the material is scanned from both sides by two colour line cameras. The resolution of a measurement point is around 0.7 mm. Around 180 mm below the edge of the chute, a row of air jets is mounted, which are used to divert unwanted particles by means of selective compressed air pulses into the separate chamber.

For separation of the 15–40 mm fraction (throughput 27 t/h), a MikroSort device of the type AT 1223 is used. In contrast to AH 1223, this device features an integrated separating box (**Fig. 9**) and only needs shorter drop lengths.

To simplify storage of replacement parts, the two types of machine are otherwise largely identical with regard to their equipment. For instance, the two machines have the same lamp modules and valve systems. The lamps are equipped with an automatic cleaning system, making them much less prone to faults and interference during operation. The illuminants can be replaced very quickly.

From the product flow of 110 t/h, the optical separation system removes about 10 % impurities, i. e. around 10 t/h. The valuable



Bild 9: MikroSort AT 1223 mit integriertem Trennkasten
Fig. 9: MikroSort AT 1223 with integrated separating box

white sodium feldspar is crushed to the final size of 0–6 mm for use in tile manufacture.

5. Concluding Assessment and Prospects

With optical sorting of feldspar materials at Maffei Sarda, economically efficient processing of high-quality feldspar by the removal of colour impurities could be achieved at reasonable cost.

Thanks to ongoing improvement, it will be possible to open up new applications for this type of separation in the future. Mogensen and CommoDaS are working on a separation process for fine products with a high specific throughput. Important for the efficient separation in fine particle range are the processing capability of the electronics and the speed of the particle rejection system, as well as the image scanning technology. A compact separation unit featuring overload-safe high-powered electronics and electronically accelerated special valves is currently under development and is scheduled for market launch in the first quarter of 2002. The development of these technologies is supported by the German Environmental Foundation (DBU) in Osnabrück.

Schrifttum/References

- [1] *W. Jüngst, und Wotruba, H.:* Optoelektronische Sortierverfahren für die Kies- und Sandindustrie. *Aufbereitungs Technik* 41 (2000) Nr. 2, S. 71/79
- [2] *Sötemann, J.:* Aufbereiten von Schwerspat und Flussspat – Sortierung komplexer Roherze bei steigenden Qualitätsanforderungen. *Aufbereitungs Technik* 41 (2000) Nr. 6, S. 271/277
- [3] *Mogensen mit intelligenten Lösungen für aufwendige Recyclingprozesse.* *Aufbereitungs Technik* 40 (1999) Nr. 4, S. 191