



Chris Broadbent, Research Director WAI and FAME coordinator, Wardell Armstrong International Ltd, 46 Chancery Lane, London WC2A 1JE/UK

Chris Broadbent had an academic (universities of Aston and Birmingham) and industrial (Rio Tinto Zinc and Shell/Billiton) research background before joining Wardell Armstrong LLP as a Principal Engineer almost 25 years ago. He has managed numerous mining and metallurgical projects throughout the World and he is currently Research Director based at the London offices of Wardell Armstrong International Ltd. FAME was one of the initial batch of Horizon 2020 Research & Innovation Projects and since January 2015 he has been FAME Project Coordinator.



Reimar Seltmann, Research Leader NHM and Head of CERCAMS, The Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD/UK

Reimar Seltmann started his career in Germany (PhD Bergakademie Freiberg/Saxony; research positions at Central Institute for the Physics of the Earth / GFZ Potsdam and Geological Survey of Canada) before joining in 1999 the Natural History Museum London (NHM). He founded in 2002 CERCAMS (Centre for Russian and Central EurAsian Mineral Studies) which he leads as bridge between applied research and mining consulting offered by NHM Mining Sector. Reimar Seltmann has led numerous international network projects on mineral deposit studies and served as coordinator of a commissioned research project for a consortium of ten mining companies in Central Asia. He is a work package leader and steering committee member of FAME.



James Buchanan, GBM Minerals Engineering Consultants Ltd, Regal House, 70 London Road, Twickenham TW1 3 QS/UK

James Buchanan graduated with a Masters degree in Chemical Engineering from the University of Edinburgh, and has since become a Chartered Engineer with the Engineering Council. He has spent the majority of the last decade providing engineering consultancy services to the minerals industry, from conceptual design work through to on-site process support and installation.



Acknowledgement

This article was prepared as part of a project (FAME) that received funding from the European Union's Horizon 2020 Research & Innovation Programme under Grant Agreement No.641650.

Mobil in Europa • Mobile in Europe

Mobile Anlagen zur Mineralaufbereitung: Stand der Technik (Teil 2)

Zusammenfassung: Teil 2 des Berichtes über mobile Anlagen zur Mineralaufbereitung enthält eine Beschreibung typischer Aufbereitungsausrüstungen mit Fokus auf europäischen Anlagelieferanten und deren jeweilige mobile Aufbereitungsausrüstung für die entsprechenden Prozesskreisläufe. Sie stützt sich dabei auf weltweit angewandte Praktiken.

Mobile Mineral Processing Equipment: The State of the Art (Part 2)

Summary: Part 2 of the report on mobile mineral processing equipment includes a description of typical processing equipment with focus given on European equipment suppliers and their corresponding mobile processing equipment for the specific process circuits – drawing upon worldwide practices.



Mobile Anlage von Sepro • Mobile plant from Sepro



Quelle/Source: Metso

5 Lokotrack-Einheit LT200 HP von Metso • Metso's Lokotrack LT200 HP unit

4 Hersteller mobiler Ausrüstungen

4.1 Einleitung

Die überwiegende Mehrheit der verfügbaren mobilen Aufbereitungsanlagen wird für Brechanwendungen eingesetzt. Allerdings gibt es vielfältige andere Bauformen von Zerkleinerungs- und Aufbereitungsanlagen, die sich ohne Weiteres in eine mobile Anlage integrieren lassen und deshalb in diesem Kapitel näher beschrieben werden. In **Tabelle 3** sind beispielhaft Hersteller mobiler Aufbereitungsanlagen aufgeführt.

4 Manufacturers of mobile equipment

4.1 Introduction

The vast majority of existing mobile processing equipment is used for crushing applications. However, there is a variety of other forms of comminution and beneficiation equipment that could easily be incorporated into a mobile plant and these are therefore reviewed in this Chapter. Examples of mobile processing equipment suppliers are summarised in **Table 3**.

Tabelle 3: Auswahl von Herstellern von Erzaufbereitungsanlagen • **Table 3:** Example of Mineral Processing Equipment Suppliers

Bereich Area	Ausrüstung Equipment	Herstellerauswahl Examples of manufacturers
Zerkleinerung Comminution	Brechen Crushing	Atlas Copco, Metso, Sandvik, Wirtgen Group, Kleemann, FLSmidth, Joy Global, Terex, Loesche, ThyssenKrupp, Parker Plant, Hewitt Robins
	Mahlanlagen Grinding mills	Sepro, Loesche, Outotec*
Aufbereitung Beneficiation	Vorkonzentrierung** Pre-concentration**	Sepro, FLSmidth, Steinert, Mogensen und Schaefer Kalk
	Schwerkraft Gravity	FLSmidth, Sepro, SW Met, Holman Wilfley, Outotec, Extra-Tec
	Laugung Leaching	Gekko, Consep
	Flotation	Metso, FLSmidth, Outotec
	Magnetisch Magnetic	Eriez
Materialhandhabung Material handling	Entwässerung Dewatering	FLSmidth, Metso, Outotec, Duo, McLanahan

Nicht-europäische Hersteller sind blau markiert • Blue highlighted text refers to non-European manufacturers

*Es sind Einheiten vorgesehen, die sich ohne Weiteres an die mobile Aufbereitung anpassen lassen

Units foreseen as being readily adaptable to mobile processing

**Optische und Röntgen-Sortiermaschinen sowie Schwerflotation • Optical and X-Ray Sorters and Dense Media Separation

4.2 Brecher

Mobile Brecher sind als Standardkomponenten bezeichnet worden, die bereits für den Einsatz in modularen, mobilen Aufbereitungsanlagen geeignet sind. Es existieren zahlreiche Typen, die sich für eine Reihe von Anwendungen eignen. Angesichts der Vielzahl von Herstellern mobiler Brecheranlagen und dem un-

4.2 Crushers

Mobile crushers have been identified as an “off the shelf” item of equipment that is already suited to the application of modular mobile processing. There are numerous designs suitable for an array of mineral applications. Considering there are a range of mobile crushing suppliers and that there is a considerable amount

fangreichen technischen Know-how für die Konstruktion dieser Einheiten wird die spezifische Anpassung dieser Anlagen (soweit erforderlich) auf geringere Durchsatzleistungen oder auf den containergerechten Transport nicht als problematisch angesehen.

4.2.1 Atlas Copco

Das schwedische Unternehmen Atlas Copco (AC) produziert derzeit weltweit an ca. 100 Standorten. Das Unternehmen beschäftigt rund 44 000 Mitarbeiter und vertreibt ein breites Spektrum von Produkten, z.B. Verdichter, Generatoren, Industriewerkzeuge sowie Bau- und Bergbauausrüstung. Atlas Copco produziert die mobilen „Powercrusher“ – einen Produktbereich, der Backenbrecher, Kegelbrecher, Prallbrecher und Siebanlagen für die Bereiche Steine-Erden und Bergbau umfasst.

AC produziert einen patentierten Backenbrecher mit Schwingbacken, der durch achtförmige Bewegungsabläufe die Durchsatzleistung erhöht, Blockierungen auf ein Mindestmaß reduziert und ein einheitlicheres Produkt herstellt. Die mobilen Backenbrecher (Modelle PC 1055, PC 2, PC 4 und PC 6) werden von CAT-Motoren angetrieben und sind mit einer Vorsiebeinheit ausgestattet.

Die von AC produzierten Kegelbrecher (Modell PC 1000) können laut eigener Aussage mit Material in fast jeder Aufgabegröße, einschließlich abrasiven Gesteins, beschickt werden.

Nach Angaben von AC ist das Sortiment an Prallbrechern (Modelle PC 1060, PC 1, PC 3, PC 1375, PC 5 und PC 1610) für das Vor- und Nachbrechen von weichem bis mittelhartem Material geeignet. Nach Herstellerangaben ermöglicht die Position der Schwingen, an denen die Hämmer montiert sind, einen breiteren Spalt als die Maschinen anderer Hersteller (und somit eine größere Aufgabegröße). Dadurch können die AC-Prallbrecher als Vorbrecher für weicherer Gestein eingesetzt werden.

Die mobilen Siebanlagen des Unternehmens (Modelle HCS 3715, HCS 5515, HCS 3D, HCS-Stangenrost und HCS 1) können im Verbund mit einem mobilen Brecher betrieben oder separat durch einen Radlader oder Bagger beschickt werden. Alle AC-Siebanlagen sind Vibrationsiebe.

4.2.2 FLSmidth

FLSmidth ist ein dänisches Unternehmen mit Sitz in Kopenhagen und beschäftigt ca. 15 000 Mitarbeiter. Das Unternehmen bietet zwei vollständig mobile Produkte an, die für den Einsatz im Bergbau konstruiert sind: Dual Truck Mobile Sizer und Triple Track Mobile Sizer. Leider stellt das Unternehmen keine operativen Details ihrer Ausrüstungen zur Verfügung. Es wurden Sizer an die mexikanische Peñasquitos-Goldmine von Goldcorp geliefert, doch auf den Webseiten von FLSmidth und Goldcorp finden sich hierzu nur wenige aktualisierte Meldungen.

FLSmidth hat zudem eine modulare Rückfluss-Klassieranlage im Programm. Diese integrierte Lösung in Modultechnik basiert auf den REFLUX® Klassifikatoren (RC) von Ludowici, die dank einer Dichtesortiertechnik für Feinpartikel eine hohe laminare Scherleistung bieten. Jeder Modulbereich passt in einen 20-Fuß-Transportcontainer. Die Kombination dieser Bereiche oder Container erlaubt eine Anlagenkonfiguration nach verschiedenen und spezifischen Prozessanforderungen.



6 BHS Rotorprallmühle, Typ RPM
BHS rotor impact mill type RPM

Quelle/Source: BHS-Sonthofen

of technical knowhow in the design of these units, adapting them (if required) specifically for smaller throughputs or containerising them for transport is not envisaged as being an issue.

4.2.1 Atlas Copco

Swedish company Atlas Copco (AC) is currently manufacturing at approximately 100 sites worldwide. They employ around 44 000 people and sell a range of products such as compressors, generators, industrial tools and construction and mining equipment. Atlas Copco manufacture the mobile “Powercrusher” range which include jaw crushers, cone crushers, impact crushers and screening plants designed for quarrying and mining.

AC have patented a jaw crusher which incorporates a swing jaw which moves in a figure of eight motion that is said to increase throughput, minimise blockage and to produce a more uniform product. The mobile jaw crushers (models PC 1055, PC 2, PC 4 and PC 6) are powered by CAT engines and include pre-screening.

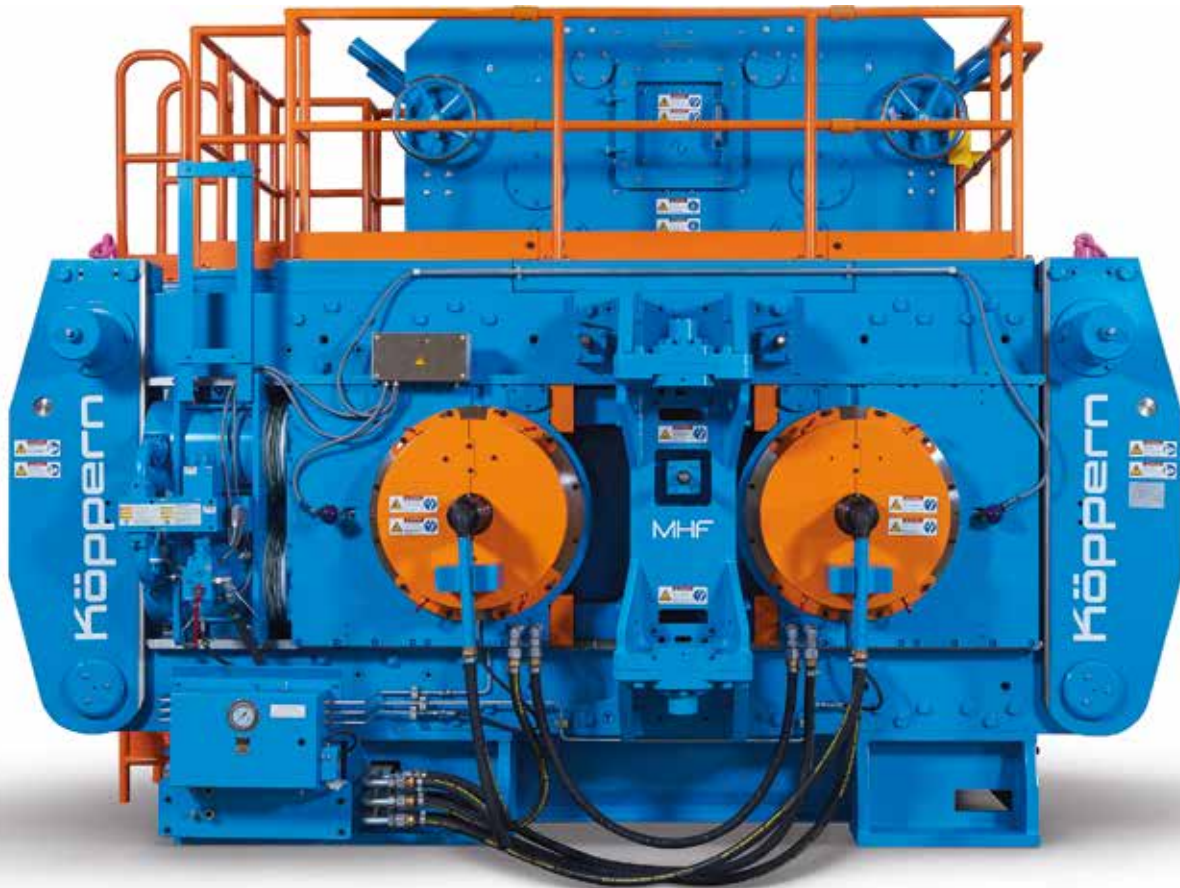
AC claim that their range of cone crushers (model PC 1000) can accept most sizes of feed including abrasive rocks.

According to AC, their range of impact crushers (models PC 1060, PC 1, PC 3, PC 1375, PC 5 and PC 1610) is adapted to both primary and secondary crushing of soft to medium hard material. They claim that the position of the swing beams which carry the hammers allow for a wider gap than other manufacturers (and thus a larger feed size), permitting their impact crushers to act as primary crushers for softer rock.



7 Rotorschleudrerbrecher (RSMX)
mit Sandbettgehäuse
Rotor centrifugal crusher (RSMX)
with rock shelf housing

Quelle/Source: BHS-Sonthofen



Quelle/Source: Köppern

8 Gutbettwalzenmühle von Köppern • Koeppern HPGR – High-Pressure Grinding Roll

Die Konfiguration ist innerhalb von vorgegebenen Parametern leicht anpassbar an sich verändernde Prozess- oder Erzbedingungen, was eine erhöhte Flexibilität bietet. Die Abmessungen der Einheit sowie die Modularität der Anlage erlauben ggf. einen problemlosen Umzug, wobei eine schnelle Installation vor Ort möglich ist, da die Rahmen jedes Modulbereichs leicht zusammensetzen und miteinander zu verbinden sind.

Die Anlagenkomponenten umfassen Tanks, FLSmidth Krebs®-Pumpen, Zyklone, Krebs Tech-Taylor™-Ventile, Technegate™ Ventile, das Vibrationssieb von FLSmidth Ludowici, die Reflex-Klassieranlage, eine Entwässerungseinrichtung sowie die Siebmedien von Meshcape, die die Siebdecke aus Polyurethan beinhalten.

Die modulare RC-Lösung eignet sich für Fördermengen, die nicht den Bau einer spezifischen Festanlage rechtfertigen. Das modulare Format erlaubt die kurzfristige Errichtung einer Aufbereitungsanlage mit Kapazitäten von ca. 100 t/h, ohne dass der Betrieb bestehender Prozessanlagen unterbrochen wird. Gleichzeitig kann das modulare Format sogar für Kunden erweitert werden, die eine Produktionskapazität von 400 oder 600 t/h wünschen, obgleich für diese Anlagen wahrscheinlich fest installierte Lösungen in Frage kämen.

4.2.3 Joy Global

Joy Global Inc. ist ein amerikanisches multinationales Unternehmen mit Hauptniederlassung in Milwaukee. Das Unternehmen führt die bekannten Bergbaumarken Joy und P&H.

The mobile screens (models HCS 3715, HCS 5515, HCS 3D, HCS grizzly and HCS 1) can be operated in tandem with a mobile crusher or fed separately by a loader or excavator. All AC screens are vibrating screens.

4.2.2 FLSmidth

FLSmidth is a Danish company based in Copenhagen, employing around 15 000 people. The company offers two fully mobile products designed for mining use: The Dual Truck Mobile Sizer and the Triple Track Mobile Sizer. Unfortunately, the company gives no operational details of its equipment. They have supplied sizers to Goldcorp's Peñasquitos gold mine in Mexico but there is little up-to-date news on either FLSmidth's or Goldcorp's web-sites.

FLSmidth also have a modular Reflux Classifier plant. This integrated engineered modular solution is based on the Ludowici REFLUX® classifier (RC) units which incorporate the 'laminar high shear rate' mechanism, a fine particle gravity based separation technology. Each section of the module is contained within the dimensions of a 20-foot shipping container. The combination of these sections or containers allows for the plant to be configured according to various and specific process requirements. The configuration is easily adjustable to accommodate the changing process or ore conditions within given parameters, and this offers enhanced flexibility. The dimensions of the unit and the modularity of the plant allow for easy relocations where needed, while rapid on-site installation is possible, as the frames of each modular section are easily assembled and locked together.

Obwohl Joy kein europäisches Unternehmen ist, hat es Tochtergesellschaften in Europa und ist bei europäischen Kunden bekannt.

Joy Global stellt eine mobile Brecheranlage her (Modell P&H 4170C), ein mobiles Schwerlast-Kettenfahrzeug, das für die Beschickung durch Hochlöffel konstruiert ist. Es umfasst einen Plattenbandförderer, Doppelwalzenbrecher sowie einen Austragsförderer. Die Anlage kann mit einem Steinbrecher-Hammer ausgestattet werden, was für mobile Brecher ungewöhnlich ist. Es können (nominal) 9000 t/h verarbeitet und eine endgültige Korngröße von 360 – 400 mm produziert werden. Die Maschine ist eine Vorbrechanlage und würde für einige Materialien normalerweise eine Sekundärzerkleinerung benötigen. Die Anlage ist im Kohlebergbau weit verbreitet.

4.2.4 Metso

Metso ist ein global tätiges Unternehmen aus Finnland und hat weltweit 16 000 Beschäftigte. Für viele Akteure im Bergbausektor ist das Unternehmen weltweit führend in der Herstellung von Erzaufbereitungsanlagen. Metso unterstützt nachdrücklich die Tagebaubrechanlage mit Förderer (In-Pit Crushing and Conveying system – IPCC) und betont die Vorteile im Vergleich zu konventionellen Lkw-Transportsystemen. Bei der Metso-Version lädt ein Bagger das Material direkt in den Behälter der mobilen Brecheranlage „Lokotrack“, das anschließend für die weitere Aufbereitung über einen Förderer zur fest installierten Nachbrechanlage geleitet wird.

Das Sortiment der Lokotrack-Backenbrecher (Modelle LT 150 E, LT 160 E und LT 200 E) wurde für den Einsatz in der Lokolink-Förderanlage entwickelt und ist als Vorbrecher für Hartgestein und recycelte Produkte geeignet.

Die Kegelbrecher von Metso (Modelle LT 200 D, LT 330 D, LT 200 HP, LT 300 HP, LT 300 GP und LT 550 GP) sind als Nachbrechanlage und für Siebanwendungen konzipiert und können bis zu drei Fertigprodukte herstellen (Bild 5). Einige dieser Modelle sind für mehrstufige Brechvorgänge konstruiert worden.

Metsos Sortiment an Prallbrechern (Modelle LT 1110, LT 1213, LT 1213 S, LT 1315, LT 1415, LT 1418 E und LT 1620 E) ist für weiches Gestein wie Kalkstein sowie für das Brechen von Asphalt und Beton entwickelt worden. Einige Modelle wurden für mehrstufige Brechvorgänge konstruiert. Der Prallbrecher mit vertikaler Welle (VSI) wurde für die Herstellung von Zuschlagstoffen und Sand aus weicherem Gestein konzipiert und kann in einem mehrstufigen Brechprozess als Tertiärbrechanlage eingesetzt werden (Modelle LT 7150 und LT 9100 E).

Mobile Siebanlagen von Metso (Modelle ST 2.4, ST 2.8, ST 3.5, ST 3.8, ST 4.8 und ST 620) können im Verbund mit einem mobilen Brecher betrieben werden und wurden für schwere Vorabsieb- und Recyclingaufgaben konstruiert.

4.2.5 Sandvik

Die Sandvik Group ist ein schwedisches Großunternehmen mit rund 47 000 Beschäftigten. Es liefert Ausrüstung und Werkzeuge für den Schwermaschinenbau, für die Baubranche sowie für den Bergbau.

Plant components include tanks, FLSmidth Krebs® pumps, cyclones, Krebs Tech-Taylor valves, Technigate valves, the FLSmidth Ludowici vibrating screen, the Reflux Classifier and dewatering equipment, as well as the Meshcape Screen Media that comprises the polyurethane screen panels.

The modular RC solution is good for where the quantities do not justify the building of a dedicated fixed plant. The modular format allows a short-term treatment plant of capacities around 100 t/h to be set up without disrupting any existing process facilities. At the same time, the modular format can even be expanded for customers who want production capacity up to 400 to 600 t/h although these plants are more likely to a fixed solution.

4.2.3 Joy Global

Joy Global Inc. are an American multinational company headquartered in Milwaukee. They control the popular mining brands of Joy and P&H. Although Joy is not a European company they have European subsidiaries and are popular with European customers.

Joy Global manufacture a mobile crusher (model P&H 4170C) which is a heavy duty tracked mobile crusher designed to be loaded by face shovels. It comprises an apron feeder, a double roll crusher and a discharge conveyor. Unusually for mobile crushers, it can be equipped with a rock breaker hammer. It can handle 9000 t/h (nominal) and produces a finished product size of 360 – 400 mm. The machine is a primary crushing application and would normally require some sort of secondary crushing for some materials. It is widely used in coal mining.

4.2.4 Metso

Metso is a global company based in Finland, and employs 16 000 people world-wide. For many within the mining sector, they are the world leaders in manufacturing mineral processing equipment. Metso are strong advocates of the in-pit crushing and conveying (IPCC) system and will compare it favourably against conventional truck haulage systems. In the Metso version, an excavator feeds directly into the bin of their Lokotrack mobile crushing plant and then carried by conveyor to the fixed secondary plant for further processing.

The Lokotrack jaw crusher range (models LT 150 E, LT 160 E and LT 200 E) is designed to be used with the Lokolink conveyor system and is a primary crusher for hard rock and recycle products.

The Metso cone crushers (models LT 200 D, LT 330 D, LT 200 HP, LT 300 HP, LT 300 GP and LT 550 GP) are designed for secondary crusher and screening applications, and can produce up to three end products (Fig. 5). Some of the models are designed for multistage crushing.

Metso's range of impact crushers (models LT 1110, LT 1213, LT 1213 S, LT 1315, LT 1415, LT 1418 E and LT 1620 E) is designed for softer rock such as limestone, and for asphalt and concrete crushing. Some of the models are designed for multistage crushing. The vertical shaft impactor (VSI) is designed to produce aggregates and sand from softer rocks, and can be used as tertiary stage in a multistage crushing process (models LT 7150 and LT 9100 E).

Sandvik produziert verschiedene mobile Brecheranlagen mit Raupenantrieb (Modelle QJ341, QJ331, QJ241, QJ21, UJ440i, UJ440E, UJ540 und UJ640) oder Radfahrwerk (Modelle UJ310, UJ210 und UJ300). Der QJ341 ist die bestverkaufte mobile Brecheranlage des Unternehmens. Obwohl sich Sandvik auf Bergbauanwendungen konzentriert, beabsichtigt das Unternehmen, auch in den Bereichen Steine-Erden, Bauwesen und Recycling Fuß zu fassen.

Sandvik stellt auch ein großes Sortiment an Kegelbrechern mit Gleiskette (Modelle QH331, QS331, QS441, UH440i, US440i, UH640, UH450E, UH440E, US440E, UD440E und QH441) oder mit Radantrieb (Modelle UH421, UH320, UH430E, UH311, UH310, UH316, US310, und US316) her. Die mit Radfahrwerk ausgestatteten Anlagen wurden für kleine Steine-Erden-Anwendungen konstruiert und werden wahrscheinlich nicht im konventionellen Bergbau eingesetzt, mit Ausnahme von Bauarbeiten wie die Bereitstellung von Zuschlagstoffen für Beton oder das Stopfen von Bohrlöchern für Sprengungen.

Sandvik bietet auch zwei mobile Prallbrecher an (Modelle Q1441 und Q1341), die beide mit Raupenfahrwerk ausgestattet sind. Sie wurden als sekundäre und tertiäre Brecheranlage konstruiert und werden in Steinbrüchen eingesetzt.

Sandviks Siebeinheiten sind eigenständige Anlagen oder mit dem Backen- bzw. Kegelbrecher verschraubt. Sie werden als Ein-, Zwei- oder Dreideck-Modelle geliefert. QA451 ist ein Dreideckersieb, das normalerweise zusammen mit einem Backen- oder Kegelbrecher verwendet wird, QA140 und QA331 sind Einzelsiebe und QA441 ist ein Doppelsieb.

4.2.6 thyssenkrupp

thyssenkrupp ist ein diversifizierter Industriekonzern mit Sitz in Deutschland und ca. 155 000 Mitarbeitern in fast 80 Ländern. Das Unternehmen produziert ein Sortiment mobiler und semi-mobiler Brecher mit einer Leistung von bis zu 14 000 t/h. Dabei handelt es sich scheinbar um Maschinen, die nach den Bedürfnissen des einzelnen Kunden gefertigt werden.

4.2.7 Wirtgen Group

Die in Windhagen/Deutschland ansässige Wirtgen Group beschäftigte 2017 ca. 8200 Mitarbeiter. Das Unternehmen umfasst mehrere Tochtergesellschaften, die den weltweiten Vertrieb und Service übernehmen und Lieferanten der Bau- und Bergbauindustrie sind. Mobile Aufbereitungsanlagen werden von den beiden Tochtergesellschaften Wirtgen (Fräslader: Modelle 2200 SM, 2500 SM und 4200 SM) und Kleemann (Mobile Backen-, Prall- und Kegelbrecher sowie mobile Siebanlagen) produziert.

Das Sortiment der Kleemann-Backenbrecher umfasst die Modelle MC 100 R, MC 110 R EVO, MC 120 Z, MC 125 Z, MC 140 Z und MC 160 PRR. Die tatsächliche Aufgabegröße ist dabei geringer als die Abmessungen des Einlaufs.

Kleemann bewirbt die mobilen Kegelbrecher (Modelle MCO 9, MCO 9 S, MCO 11, MCO 11 S, MCO 13 und MCO 13 S) als Nachbrecher-Einheiten, die hauptsächlich für Asphalt- und Betonkörnungen eingesetzt werden, obgleich sie auch in anderen Bereichen Anwendung finden. Im Bergbau

Metso's mobile screens (models ST 2.4, ST 2.8, ST 3.5, ST 3.8, ST 4.8 and ST 620) can be operated in tandem with a mobile crusher and are designed for heavy duty pre-screening and recycling.

4.2.5 Sandvik

The Sandvik Group are a large Swedish company employing around 47 000 people. It provides equipment and tools for heavy engineering, construction and mining applications.

Sandvik manufacture a variety of both tracked (models QJ341, QJ331, QJ241, QJ21, UJ440i, UJ440E, UJ540 and UJ640) and wheeled mobile crushers (models UJ310, UJ210 and UJ300). The QJ341 is their best-selling model of the range of mobile crushers. Although they have mining applications, Sandvik also aim their products at the quarry, civils and recycling markets.

Sandvik manufactures also a wide range of trackmounted cone crushers (models QH331, QS331, QS441, UH440i, US440i, UH640, UH450E, UH440E, US440E, UD440E and QH441) and wheelmounted cone crushers (models UH421, UH320, UH430E, UH311, UH310, UH316, US310, and US316). Sandvik wheeled crushers are designed for small scale quarry applications and are unlikely to be used in conventional mining except for civil engineering applications such as providing aggregate for concrete or stemming for blasting.

Two mobile impact crushers (models Q1441 and Q1341) are available from Sandvik and these are both tracked equipment. The machines are designed for secondary and tertiary crushing and are used in quarries.

The Sandvik screens are standalone plants or are bolted on to jaw and cone crushers. They are one, two or three deck models. QA451 is a triple deck screen that is normally used in conjunction with a jaw or cone crusher, QA140 and QA331 are single screens and QA441 is a double screen.

4.2.6 thyssenkrupp

ThyssenKrupp is a diversified industrial group based in Germany with around 155 000 employees in nearly 80 countries. The company produces a range of mobile and semi-mobile crushers up to 14 000t/h. These appear to be bespoke machines fabricated on a client by client basis.

4.2.7 Wirtgen Group

The Wirtgen Group employs around 8200 people (2017), and is located in Windhagen/Germany. They have sales and services worldwide through several subsidiaries supplying the construction and mining industries. Their subsidiaries that produce mobile processing equipment are Wirtgen (continuous miners: models 2200 SM, 2500 SM and 4200 SM) and Kleemann (jaw, impact and cone mobile crushers and mobile screens)

Kleemann's jaw crusher range includes the models MC 100 R, MC 110 R EVO, MC 120 Z, MC 125 Z, MC 140 Z and MC 160 PRR. The actual feed size is less than the inlet dimensions.

Kleemann advertise mobile cone crushers (models MCO 9, MCO 9 S, MCO 11, MCO 11 S, MCO 13 and MCO 13 S) as

werden sie eher im Verbund mit mobilen Backenbrechern als Vorbrecher eingesetzt. Kleemann verkauft und vermietet die MOBICONE, die ebenfalls zu den mobilen Kegelbrechern zählt. Das „S“-Sortiment beinhaltet zusätzliche Siebeinheiten, d.h. die Modelle MCO 11 S und MCO 13 S sind mit einem Dreideckersieb ausgestattet, das die Bearbeitung von drei Produkten ermöglicht.

Die Kleemann-Prallbrecher des MOBIFOX-Programms (Modelle MF 12 S, MF 14 S und MF 16 S) sind für weichen bis mittelharten Naturstein konzipiert und werden, wie die Kegelbrecher, mit oder ohne Siebeinheit geliefert. Die zusätzliche SNH-Serie ist mit einer „Mahlbahn“ ausgestattet, um die Formung regelmäßiger quaderförmiger Körnungen zu ermöglichen, die für die Beton- oder Asphaltproduktion wichtig sind. Laut Kleemann verfügt sein Prallbrecher-Sortiment über ein sehr verbrauchsarmes diesel-elektrisches Antriebskonzept, das strenge Lärmschutzanforderungen erfüllt.

Kleemann unterscheidet zwischen dem allgemeinen Baumaschinensortiment (für verschiedene Zwecke) und den Bergbau- und Abbaumaschinen (Modelle MS 12 Z, MS 13 Z, MS 14 Z, MS 15 Z, MS 16 Z, MS 16 D, MS 19 Z, MS 21 Z, MS 20 D, MS 23 D und MS 19 D). Die Kleemann-Siebanlagen können als Zwei- oder Dreideckersiebe, mit oder ohne Aufgabetrichter, als Bananensieb oder in anderen Bauformen ausgeführt werden. Für die Bereiche Bergbau und Steine-Erden werden zwei Arten von Siebanlagen angeboten: Schwerstücksortieranlagen (Modelle MS 18 Z und MS 20 Z) und Dreidecker-Siebanlagen für feinere Körnungen (Modelle MS 20 D und MS 23 D).

secondary crushers, principally for asphalt aggregate and concrete products, although they do have applications in other areas. In mining they tend to be operated in tandem with mobile jaw crushers as the primary crusher. Kleemann sell and rent the MOBICONE range, which also counts among the mobile cone crushers. The “S” range has additional screening – the models MCO 11 S and MCO 13 S have triple-deck screening allowing for three products to be generated.

The MOBIFOX range of impact crushers (models MF 12 S, MF 14 S and MF 16 S) is designed for soft to medium-hard stone, and like their cone crushers, are supplied with or without screens. The additional SNH series is designed with a “grinding path” to allow the shaping of regular cuboid grains, important for concrete or asphalt production. Kleemann cite its range of impact crushers as having a very fuel-efficient diesel/electric drive system capable of meeting stringent noise regulations.

Kleemann make a distinction between their contractor (general purpose) groups and their mining and quarrying machines (models MS 12 Z, MS 13 Z, MS 14 Z, MS 15 Z, MS 16 Z, MS 16 D, MS 19 Z, MS 21 Z, MS 20 D, MS 23 D and MS 19 D). Kleemann screens can be adapted as double-or triple deck screens, with or without a feed hopper, or as a banana or other types of screen. Kleemann mining and quarrying screens are of two types: Coarse screening plants (models MS 18 Z and MS 20 Z) and triple-deck screening for finer fractions (models MS 20 D and MS 23 D).

4.2.8 BHS-Sonthofen GmbH

The company BHS-Sonthofen from Sonthofen/Germany supplies mixing technologies (mixers), crushing technologies (impact mills, impact crushers) and filtration technologies for mining industry. Their vertical-shaft impact mills (BHS Rotor Impact Mill) is a potential solutions where selective crushing processes are required. This innovative processing technology is reportedly a cost-effective alternative to the enrichment of ores or industrial minerals during the initial stages of processing.



9 Gutbettwalzenmühle von Köppern mit offenem Rahmen, bereit für den Wechsel der Walzen
Koeppern HPGR with open frame, ready for roller change

Quelle/Source: Köppern

4.2.8 BHS-Sonthofen GmbH

Das Sonthofener Unternehmen BHS-Sonthofen liefert Mischtechnik (Mischanlagen), Zerkleinerungstechnik (Prallmühlen, Prallbrecher) sowie Filtrationstechnik für die Bergbauindustrie. Seine Prallmühlen mit vertikaler Welle (BHS Rotorprallmühle) bieten mögliche Lösungen für Prozesse, in denen eine selektive Zerkleinerung erforderlich ist. Diese innovative Aufbereitungstechnik ist angeblich eine kostengünstige Alternative zur Anreicherung von Erzen oder nutzbaren Mineralien während der ersten Aufbereitungsstufen.

The BHS Rotor Impact Mill is a high-performance crusher with a vertical shaft. The rotor impact mill enables customers to achieve a high reduction ratio and excellent particle shape. The mill (Fig. 6) is suitable for crushing all low to moderately abrasive mineral.

BHS-Sonthofen offers also Rotor Centrifugal Crusher (Fig. 7). This rotor centrifugal crusher (type RSMX) is a high-performance crusher with a vertical shaft for throughput rates of 30 – 400 t/h, depending on the model. It is



Quelle/Source: TAKRAF

10 TAKRAF Hochdruck-Rollenpressen • TAKRAF's High Pressure Grinding Rolls

Die BHS Rotorprallmühle ist ein Hochleistungszerkleinerer mit vertikaler Welle. Die Rotorprallmühle bewirkt ein großes Zerkleinerungsverhältnis und eine hervorragende Kornform. Die Mühle (Bild 6) ist für die Zerkleinerung aller wenig bis mäßig abrasiven Mineralstoffe geeignet.

Darüber hinaus bietet BHS-Sonthofen Rotorschleuderbrecher an (Bild 7). Dieser Hochleistungsbrecher (Typ RSMX) ist mit vertikaler Welle für Durchsatzleistungen (je nach Typ) von 30 – 400 t/h ausgestattet. Er ist für alle Arten von Mineralstoffen geeignet, auch für Aufgabematerialien mit einer hohen Härte. Jedes Einzelkorn im Aufgabegut wird im patentierten Zweikammer-Rotor sehr hoch beschleunigt und anschließend gegen eine feststehende Prallwand geschleudert. Die Prallwand kann aus einer Ringpanzerung oder alternativ aus einem Sandbett bestehen. Durch die großzügige Dimensionierung von Rotor und Gehäuse werden Verstopfungen weitgehend vermieden.

Rotorprallmühle (Typ RPM) und Rotorschleuderbrecher (Typ RSMX) nutzen eine Kombination von Prall- und Scherkräften. Diese Kräfte bieten ausgezeichnete Möglichkeiten für die selekt-

suitable for all types of minerals, including extremely hard input materials. Every single particle of the input material undergoes extreme acceleration in the patented twin-chamber rotor and is subsequently thrown against the fixed impact wall. The impact wall can consist of an anvil ring or a rock shelf. The ample size of the rotor and housing largely eliminates the risk of clogging.

The rotor impact mills (type RPM) and rotor centrifugal crushers (type RSMX) use a combination of impact and shear forces. These kinds of forces provide an excellent way of selectively crushing composite materials. Reportedly, minerals can be liberated from the surrounding waste rock using these machines.

4.2.9 Maschinenfabrik Köppern GmbH & Co. KG

Maschinenfabrik Köppern focus on briquetting, compacting and crushing of ore and is a specialist in high-pressure comminution. In the area of comminution of ore, Köppern has developed the high-pressure grinding roll (HPGR, Fig. 8). The HPGR is emerging as an important comminution technology in the minerals processing industry (Fig. 9). In direct competition with

tive Zerkleinerung von Verbundstoffen. Nachweislich können durch diese Maschinen Mineralien aufgeschlossen und vom umgebenden Taubgestein getrennt werden.

4.2.9 Maschinenfabrik Köppern GmbH & Co. KG

Die Maschinenfabrik Köppern ist spezialisiert auf die Brikettierung, Kompaktierung und Zerkleinerung von Erz sowie auf die Hochdruckzerkleinerung. Im Bereich Erzzerkleinerung hat Köppern die Hochdruckzerkleinerungswalze oder Gutbettwalzenmühle (GBWM) entwickelt (**Bild 8**). Die GBWM erweist sich als eine wichtige Zerkleinerungstechnik für die Mineralaufbereitung (**Bild 9**). Die Technik steht in direktem Wettbewerb mit Mahlprozessen durch semiautogene Trommelmühlen (Semi Autogenous Grinding – SAG) und Kugelmühlen (Ball Mills – BM) und hat ihre Hauptanwendungen in der Primärzerkleinerung und der Aufschließung von Diamanten. Im Vergleich zu SAG und Kugelmühlen ist der Energieverbrauch im GBWM-Prozess erheblich geringer, was wiederum reduzierte Betriebskosten und positive Umweltauswirkungen zur Folge hat.

Mögliche Vorteile der GBWM im Vergleich zu konventionellen Zerkleinerungs-/Mahlverfahren sind:

- Wirtschaftliche Vorteile
- Kurzfristige Anlagenverfügbarkeit
- Kürzere Zeiten für Montage und Inbetriebnahme
- Stetiger Prozessdurchsatz und Möglichkeit zur Anpassung von Prozessparametern an veränderte Erzeigenschaften
- Keine Geröllzerkleinerung
- Zuverlässige Testarbeiten und Scale-up

Ebenfalls im Produktangebot sind Walzenpressen, Sichter und Hochdruck-Rollenpressen.

4.2.10 TAKRAF

TAKRAF ist ein Lieferant für Tagebaugeräte und Massengutumschlagsanlagen. Das TAKRAF-Angebot umfasst, Hochdruck-Rollenpressen (HPGR), Delkor Apic Setzmaschinen, DELKOR BQR Flotationszellen, Walzenbrecher und vollmobile Brecheranlagen.

Hochdruck-Rollenpressen (HPGR) sind moderne und effiziente Zerkleinerungsmaschinen (**Bild 10**). Das Mahlen von Material in HPGRs hat sich im Vergleich mit konventionellen Mühlen und Brechern als kosteneffizienter erwiesen. Insbesondere die nachgelagerten Aufbereitungsstufen wie Kugelfräsen sind energieeffizienter aufgrund der Verteilung der feineren Partikelgrößen und des Zusatzeffekts der „Mikrospalten“ in den Produktpartikeln, die von der HPGR ausgehen werden.

4.2.11 Terex

Terex ist einer der weltweit tätigen Hersteller von Hubtechnologie, Höhenzugangstechnik und Maschinen zur Materialaufbereitung und beliefert zahlreiche Branchen. In der Sparte Terex Minerals Processing Systems werden verschiedene Brecher- und Sortieranlagen für die mineralverarbeitende Industrie geliefert. In dieser Produktparte werden hauptsächlich Backenbrecher, Kegellbrecher, Prallbrecher mit vertikaler/horizontaler Welle sowie Siebanlagen angeboten (**Bild 11**). Die Zerkleinerungs- und Siebtechniken sind erprobt und werden weltweit in der Erzaufbereitung angewandt.

grinding by semi-autogenous tumbling mills (SAG) and ball mills (BM), the technology has found its key application in primary comminution and also in the liberation of diamonds. Compared with SAG and ball milling, the HPGR process can consume significantly less energy, which in turn leads to a reduction in operational costs coupled with a positive environmental effect.

Potential benefits of HPGR in comparison to conventional crushing/grinding:

- Economic advantages
- Short-term availability of equipment
- Shorter installation commissioning time
- Steady process throughput and the ability to adjust process parameters to changing ore properties
- No pebble crushing
- Reliable test work and scale up

The following products are also offered: roller presses, separator, fine bed roller mills.

4.2.10 TAKRAF

TAKRAF is a supplier of equipment for open pit mining and bulk material handling. TAKRAF's range of products comprises High Pressure Grinding Rolls (HPGR), - Delkor Apic Jigs, DELKOR BQR Flotation Cells, Roll Crushers and fully mobile crushing plants.

High Pressure Grinding Rolls (HPGR) are modern and efficient comminution machines (**Fig. 10**). Grinding of material in HPGRs has proven to be more cost efficient as compared to conventional mills and crushers. Especially downstream processing stages such as ball milling are more energy efficient due to the finer product size distribution coming out of the HPGR and the additional effect of micro cracks in the HPGR product particles.

4.2.11 Terex

Terex Corporation is one of the global manufacturers of lifting and material processing equipment, serving a broad range of industries. Included within this is Terex Minerals Processing Systems, who supply a range of crushing and screening equipment for the minerals industry. The product line is dominated by jaw crushers, cone crushers, vertical/horizontal shaft impactors, and screening equipment (**Fig. 11**). The size reduction and screening technologies are well proven and have been employed for mineral processing operations around the world.

This equipment comes in a variety of sizes, suitable for treating a range of throughputs and applications. For example, the unit pictured in **Fig. 12** can process ore at a feed rate up to 1180 t/h. The equipment can additionally be supplied in a modular or mobile format. These units come pre-built and pre-wired, and require a small footprint with a limited civil engineering, allowing straightforward on-site assembly.

Powerscreen is a UK based company, owned by Terex. Powerscreen designs and manufactures mobile crushing equipment. The range includes jaw, impact, and cone crushers. The smallest jaw crusher unit is the Metrotrak which is a track mobile jaw crushing plant which includes feed hopper, grizzly feeder, jaw crusher, dust suppression and product conveyor. This is capable of treating up to 200 t/h.



Quelle/Source: Terex

11 Mobile Siebanlage CRS820C von Terex • Terex CRS820C mobile screen

Die Anlagen werden in verschiedenen Größen angeboten und sind für eine Vielzahl von Durchsätzen und Anwendungen geeignet. Beispielsweise kann der in **Bild 12** gezeigte Backenbrecher Erz mit einer Aufgabelleistung von bis zu 1180 t/h aufbereiten. Außerdem können die Anlagen in modularer oder mobiler Ausführung geliefert werden. Die Maschinen werden vormontiert und vorverdrahtet geliefert. Ihr Platzbedarf ist gering und Bauarbeiten sind nur in begrenztem Umfang erforderlich, was eine unkomplizierte Montage vor Ort ermöglicht.

Das britische Unternehmen Powerscreen gehört zum Terex-Konzern. Powerscreen konstruiert und produziert mobile Brechanlagen. Das Sortiment umfasst Backen-, Prall- und Kegelschredder. Die kleinste Backenbrechanlage ist die fahrbare Metrotrak mit Raupenfahrwerk. Zum Lieferumfang gehören Aufgabetrichter, Primär-Aufgeber (mit Rost), Backenbrecher, Staubbindungssystem und Produktförderband. Die Anlage hat eine Leistung von bis zu 200 t/h.

Das Prallbrecher-Sortiment ist für formgebende Anwendungen konzipiert, u.a. für die Herstellung von Splitt, Sand, Beton sowie für Glas-Recycling. Zum Sortiment gehören Prallbrecher mit horizontaler und vertikaler Welle. Auch diese Anlagen sind mit Raupenfahrwerk ausgestattet.

Powerscreen produziert mehrere Kegelschredder und Siebanlagen, jeweils mit Raupenfahrwerk. Der kleinste Kegelschredder 1000SR hat einen Durchsatz von bis zu 230 t/h. Zur Ausstattung gehören ein Kegelschredder, Aufgeber, Metaldetektor, Staubbindungssystem und ein Nachsieb mit zwei Decks.

4.2.12 Parker Plant

Parker Plant ist ein britisches Unternehmen, das Brecher- und Siebanlagen für Primär-, Sekundär- und Tertiäranwendungen liefert. Das Sortiment an Brechanlagen und Vibrationssieben ist in beliebiger Konfiguration lieferbar: mit Gleisketten, Rädern oder als stationäre Einheit.

Parker bietet ein Sortiment primärer Backenbrecher mit Raupenfahrwerk, die schnell und unkompliziert eingesetzt und zu einem anderen Aufstellort verlegt werden können. Angeboten werden auch fahrbare Kegelschredder, die entweder eigenstän-

The impact crusher range is for shaping applications including making chips, sand, concrete manufacture, and glass recycling. The range includes both horizontal and vertical impact crushers. This is also track mounted.

Powerscreen produces various tracked cone crushers and tracked screening plants. The smallest cone crusher 1000SR has a throughput of up to 230 t/h and includes a cone crusher, feeder, metal detector and dust suppression and double deck post screen.

4.2.12 Parker Plant

Parker Plant is a U.K. company which supplies crushing and screening plants for primary, secondary and tertiary applications. Parker's range of crushing equipment and vibrating screens are available in any configuration of tracked, wheeled or static unit.

Parker offer a range of tracked primary jaw crushers that can be quickly and easily put to work or moved from one location to another. They also have tracked cones which are designed either as stand alone crushers or for integration with other tracked machines from the Parker Range. The range of Parker tracked high performance HD series impactors are designed to suit medium to high volume primary and secondary crushing duties. Parker also has a range of tracked double deck and triple deck inclined screens.

Parker offers simple solutions to mobile crushing & screening challenges. The CrushRanger & Hunter outfits are easily transported and can be operational within hours of being on-site. The Hunter is a simple self-contained jaw-crushing unit that incorporates a rotary screen & feed platform. The CrushRanger models available are two stage, closed-circuit arrangements with jaw, cone, rolls crusher and screen options mounted on one chassis.

4.2.13 Hewitt Robins

Hewitt Robins International Ltd, based in the U.K., supplies mobile screens on tracks, wheels or skid mounted frames to allow customers to move their screens around with ease. The mobile range is available as inclined, horizontal or high energy screens and in multi-deck configurations (dimensions up to

dig oder für die Anbindung an andere Raupenmaschinen des Parker-Sortiments ausgelegt sind. Die mit Gleisketten ausgerüsteten Hochleistungs-Prallbrecher der HD-Serie sind für die Vor- und Nachzerkleinerung mittlerer bis hoher Volumina geeignet. Zum Lieferprogramm gehören auch Schrägsiebe in Zwei- und Dreideckausführung mit Raupenfahrwerk.

Parker bietet einfache mobile Lösungen für anspruchsvolle Zerkleinerungs- und Siebanwendungen. Die Maschinen der CrushRanger- und Hunter-Serien sind leicht zu transportieren und innerhalb von Stunden an der Abbaustätte betriebsbereit. Der „Hunter“ ist eine unkomplizierte, eigenständige Backenbrechanlage mit Drehsieb und Zufuhrplattform. Die CrushRanger-Modelle sind zweistufig mit geschlossenem Kreislauf lieferbar. Sie sind optional mit Backen-, Kegel-, Walzenbrecher und Sieben (auf einem Gestell montiert) lieferbar.

4.2.13 Hewitt Robins

Die britische Hewitt Robins International Ltd liefert mobile Siebanlagen mit Raupenfahrwerk, Rädern oder auf Gleitgestellen montiert, um Kunden die unkomplizierte Verlagerung der Siebanlagen zu ermöglichen. Mobile Siebanlagen sind als Schräg-, Horizontal- oder Hochleistungssiebe und in Mehrdeck-Konfigurationen lieferbar (Abmessungen bis zu 1,8 m Breite und 7,2 m Länge). Die mobilen Brecheranlagen von Hewitt Robins sind für schnelles Rüsten ausgelegt. Sie verfügen über hydraulische Stützen, einen faltbaren Aufgabetrichter und ein Förderband.

4.3 Mahlen

Mobile Mahlanlagen sind vorwiegend nicht in der mineralverarbeitenden Industrie anzutreffen, und die Anpassung bestehender Ausrüstungen ist wahrscheinlich die günstigste und zudem robusteste Lösung.

Die in Düsseldorf ansässige Loesche GmbH entwickelt Technologien für das Mahlen und die Aufbereitung von Mineralkomponenten. Das Unternehmen produzierte bereits 1928 eine mobile Mahlanlage sowie stationäre Mahlanlagen und hat dieses Konzept seitdem weiterentwickelt. Es handelt sich nicht um eine mobile Anlage im eigentlichen Sinn des Wortes, die mit Gleisketten oder Rädern ausgestattet ist. Vielmehr wird die Anlage in drei oder mehreren 40-Fuß-Containern transportiert, wobei die eigentliche Anlage in zwei Containern und die Warte in einem weiteren Container untergebracht sind (Bild 13).

1.8 m in width to 7.2 m in length). The Hewitt Robins Mobile Crushers are designed for instant set-up, featuring hydraulic support legs, folding feed hopper and a conveyor belt.

4.3 Grinding

Mobile grinding circuits do not predominately feature in the minerals industry and adaption of existing equipment is likely to be the cheapest and most robust option.

Loesche is a Düsseldorf based company developing grinding and mineral process technologies. It originally produced a mobile grinding mill as well as grinding mills installed in plants in 1928 and has developed the concept further since then. It is not a mobile plant in the true sense of the word, mounted on tracks or wheels. Instead it comes in three or more 40-foot containers with the actual plant in two containers, and the control room in the third (Fig. 13).

The plant consists of a vertical roller mill that comminutes the relatively dry ore. According to the company, the plant, called the OGP (Ore Grinding Plant) mobile, has the following advantages:

- Reduced operating and capital costs
- Lower energy consumption
- Higher output level
- Adaption to rapid changes in metallurgy
- Reduced or no water consumption
- Can be automated

It can grind down to 90 µm. The weight of the full equipment is 65 t, requiring a couple of trucks, and uses electrical power (420 kW). Output is limited to between 2 – 4 t/h of soft rock; the OGPmobile’s primary use is in the preparation of gold ore/iron ore etc.

The Sepro mill used together with of existing equipment is considered as a preferred option as these are used in industrial



12 Mobiler Backenbrecher CRJ3750 von Terex
Terex CRJ3750 mobile jaw crusher



Quelle/Source: LOESCHE GmbH

13 Loesche-Mahlanlage, in Containern transportabel • Loesche transportable containerised grinding plant

Die Anlage besteht aus einer vertikalen Walzmühle, die das relativ trockene Erz vermahlt. Nach Unternehmensangaben bietet die Anlage mit der Bezeichnung OGP (Ore Grinding Plant) mobile folgende Vorteile:

- Reduzierte Betriebs- und Kapitalkosten
- Geringerer Energieverbrauch
- Höherer AusbringungsgradAnpassung an schnelle metallurgische Veränderungen
- Reduzierter oder kein Wasserverbrauch
- Automatisierungsmöglichkeit

Es ist eine Zerkleinerung bis 90 µm möglich. Das Gewicht der gesamten Anlage beträgt 65 t und der Energieverbrauch 420 kW. Für den Transport sind mehrere Lkw erforderlich. Die Förderleistung liegt bei weichem Gestein zwischen 2 und 4 t/h. Die OGPmobile wird hauptsächlich für die Aufbereitung von Golderz/Eisenerz eingesetzt.

Die Sepro-Mühle wird mit bestehender Ausrüstungen als die bevorzugte Option angesehen, da sie bereits in Industrieanlagen eingesetzt werden und sich bewährt haben. Zum Beispiel könnte eine Einheit wie die Sepro-Mühle (Bild 14) mit Reifenantrieb von der Sepro Mineral Systems Corp. ggf. angepasst und in eine mobile Mahlanlage integriert werden.

Dieser Mahlanlagentyp wäre ein möglicher Kandidat für eine modul-basierte mobile Anlage, da er für Anwendungen mit geringen Kapazitäten geeignet ist. Außerdem verfügt die Sepro-Einheit über einen Frequenzumrichterantrieb (VFD), der dem Bediener die Feinabstimmung mit der jeweiligen Bergbauanwendung ermöglicht. Die Einheit wäre auch für die Nachzerkleinerung geeignet. Die Mühle ist für den Einsatz von Kugeln, Stangen oder Kleinkugeln als Mahlmedium ausgelegt.

plants and have a proven track record. As an example, a unit such as the wheel-mounted Sepro Tyre Drive Mill (Fig. 14) supplied by Sepro Mineral Systems Corp. is a unit that could be potentially adapted and integrated into a modular mobile grinding circuit.

This type of grinding mill would be a potential candidate for a modular mobile circuit as it is suited for small capacity applications. The Sepro unit also has a variable frequency drive (VFD) system that allows the operator to fine tune the operation to suite the mining application. The unit would also be suited for regrinding duty. The mill has been designed so that either ball, rod or pebble charges can be used.

4.4 Pre-concentration technology

Pre-concentration technology could be a significant and important aspect in developing mobile processing systems. The technology gives the opportunity to be able to reject significant quantities of material prior to beneficiation. The benefit therefore is that the physical size of the beneficiation circuit can be reduced thus making potential capital and operating cost savings, thereby increasing the economic viability of Projects. Pre-concentration technology could also potentially be located underground and could therefore reduce haulage costs and decrease the operating cost of tailings disposal if a coarse reject can be deposited underground.

There are a variety of technologies available, such as dense medium separation, optical and X-ray sorting, which will be described in more detail below. Dense medium separators have been extensively used in the mineral industry where as sorting based separators have only recently become available to mineral applications following technological developments.

4.4 Vorkonzentrierungstechnik

Die Vorkonzentrierungstechnik könnte ein bedeutender Aspekt bei der Entwicklung mobiler Aufbereitungssysteme sein. Diese Technik ermöglicht es, vor der Aufbereitung erhebliche Materialmengen auszusondern. Der Vorteil: Die Größe des Aufbereitungskreislaufs kann reduziert werden, wodurch sich möglicherweise Kapital- und Betriebskosten einsparen lassen und die Wirtschaftlichkeit von Projekten erhöht wird. Die Vorkonzentrierungstechnik könnte ggf. auch unter Tage eingesetzt werden und sowohl die Transportkosten als auch die Betriebskosten für die Bergeentsorgung reduzieren, wenn Grobes bereits unter Tage entsorgt werden kann.

Es ist eine Vielzahl von Techniken verfügbar, wie die Schwertrübetrennung, die optische und die Röntgen-Sortierung, die im Folgenden näher beschrieben werden. Schwertrübeabscheider sind in der mineralverarbeitenden Industrie bereits extensiv eingesetzt worden, wohingegen auf Trennung basierende Abscheider erst seit Kurzem nach entsprechenden technischen Entwicklungen für den Bergbau und den Abbau zur Verfügung stehen.

4.4.1 Schwertrübetrennung

Die Schwertrübetrennung oder Schwertrübesortierung (DMS) ist ein Prozess, in dem eine Suspension dichten Pulvers in Wasser genutzt wird, um eine Art „schwerere Flüssigkeit“ zu erzeugen, um mineralische Partikel in einem Sink-Schwimm-Prozess abzuscheiden. Viele moderne Schwertrübe-Sortieranlagen verwenden diese Technik, weil sie flexibel ist, eine Veredelung von Rohstoffen ermöglicht und gleichzeitig deren Gesamtrentabilität erhöht. Die korrekte Anwendung der DMS-Technik kann die Gewinnung von Mineralien und Diamanten sowie den Abscheidegrad beim Recycling von Metallschrott erhöhen. Üblicherweise wird Ferrosilizium-Pulver (für höhere Dichtentrennungen) oder ein Magnetit-basiertes Mittel (für Kohleanwendungen) verwendet, um die Dichte des Mediums anzupassen.

4.4.1 Dense medium separation

Dense Medium Separation (DMS), also known as Heavy Medium Separation, is a process where a suspension of dense powder in water is used to form a type of 'heavier liquid' to separate mineral particles in a sink-float process. Many modern dense media plants use this technology because it is both flexible and allows upgrading of resources thereby increasing overall profitability of the resource. The correct application of the DMS technology can increase the recovery of minerals and diamonds and increase the separation efficiency of the scrap metal recycling process. Ferrosilicon powder (for higher density separations) or magnetite-based medium (for coal applications) is commonly used to adjust the density of the medium.

Dynamic dense media separators

Sepro Mineral Systems supplies customizable and transportable Dense Medium Separator Plants for a wide variety of application requirements. As an example, Sepro manufacture the dynamic, multi-stage Condor Dense Medium Separator (DMS). This unit has a minimum of two separation stages which is claimed to result in high product separation efficiency in rougher/scavenger or rougher/cleaner dense medium multi-product applications.

Sepro's standard two product (concentrate, tailings) Dense Medium Separator Plant utilizes a two stage Condor DMS (Fig. 15) and single density medium circuit, while the three product (concentrate, middlings, tailings) Dense Medium Separation Plant utilizes a three stage Condor DMS and two medium circuits at high and low density.

Drum dense media separator

As an example of these types of separators, FLSmidth supply the Wemco® Heavy Media Separation. These are modular, relocatable and mobile available with either Drum or Cyclone modules. The WEMCO Heavy Media Drum Separator is a

14 Sepro-Mühle mit Reifenantrieb, 1,8 x 3,6 m • Sepro 1.8 x 3.6m tyre drive mill



Dynamische Schwertrübeabscheider

Sepro Mineral Systems liefert anpassbare und transportable Schwertrübe-Sortieranlagen, die eine Vielzahl von Anwendungsanforderungen erfüllen. Sepro produziert z.B. Condor, einen dynamischen, mehrstufigen Schwertrübeabscheider (DMS). Die Einheit verfügt mindestens über zwei Trennstufen, die laut Herstellerangaben zu einer effizienteren Produkttrennung bei der Vor-/Nachflotation und Reinigung im Bereich der Schwertrübe-Mehrproduktanwendungen führen.

Der standardmäßig für zwei Produkte (Konzentrat, Berge) ausgelegte Schwertrübeabscheider von Sepro verwendet einen zweistufigen Condor-DMS (Bild 15), wohingegen die für drei Produkte (Konzentrat, Zwischengut, Berge) ausgelegte Schwertrübe-Sortieranlage einen dreistufigen Condor-DMS sowie zwei Medienkreisläufe mit hoher und geringer Dichte verwendet.

Trommelabscheider

Ein Beispiel für diese Art von Abscheidern ist die Heavy-Media-Separationsanlage Wemco® von FLSmidth. Diese modul-basierten, verlagerbaren und mobilen Abscheider sind mit Trommel- oder Zyklonmodulen erhältlich. Die Wemco® ist ein Schwertrübeabscheider für Kohle und Mineralien im Größenbereich 300 – 6 mm. Ein Beispiel der Wemco® Heavy-Media-Separationsanlage ist in Bild 16 dargestellt.

FLSmidth liefert auch Krebs Heavy-Media-Zyklone, die speziell konstruiert wurden für die Voraufbereitung von Kohle und Mineralien unter Anwendung der Schwertrübetrennung.

4.4.2 Optische und Röntgen-Sortiermaschinen

Optische oder digitale Sortiermaschinen sind mit Kameras und/oder Lasern für die Trennung von Materialien nach Größe, Form, Farbe oder anderen physikalischen Eigenschaften (z.B. chemische Zusammensetzung) ausgestattet. Sie werden überwiegend in der Lebensmittelverarbeitung genutzt und derzeit in den Bereich der Erzaufbereitung eingeführt. Zurzeit werden Röntgen-Sortierer entwickelt, die Mineralien aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften und Strukturmerkmale unterscheiden und trennen.

Laut Metso entwickelt die Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) einen Sensor für Erz-Schüttgut, der magnetische Resonanz nutzt, um möglicherweise den Erzgehalt feststellen und somit das Erz vom Taubgestein trennen zu können.

Auch die Firma Mogensen stellt optische Sortieranlagen her. In diesen Sortierern stellt ein Schwing-Sizer sicher, dass das Siebgut die Förderrinnen in einer gleichmäßigen Schicht erreicht. Anschließend wird das Siebgut beschleunigt und gescannt, während es an mehreren hochauflösenden Kameras vorbeifällt. Die Aufnahmen werden per Computer untersucht und die unerwünschten Partikel mittels Druckluft aus dem Materialfluss entfernt.

Um die Funktionsfähigkeit der Anlage zu gewährleisten, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Schüttgüter müssen anhand ihrer Farbe oder Helligkeit leicht zu unterscheiden sein. Das bedeutet, die Schüttgüter müssen vorab gewaschen werden.

dense media separation for coal and minerals in the size range of 300 – 6 mm. An example of the Wemco® Heavy Media Separation is shown in Fig. 16.

Krebs Heavy Media cyclones are also supplied by FLSmidth and these are designed specifically to pre-concentrate coal and minerals, using dense media.

4.4.2 Optical and X-Ray Sorters

Optical or digital sorters use cameras and/or lasers to sort material based on size, shape, colour or other physical properties (e.g. chemical composition). They are largely used in food processing and are being introduced to mineral processing. X-ray sorters are being developed and separate minerals by distinguishing differences in their physical and structural characteristics.

Metso report that the Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) is developing a bulk ore sensor using magnetic resonance that could potentially detect the grade of ores, and so separate ore from waste.

As an example, Mogensen manufacturers optical sorters. In these sorters a vibratory feeder ensures that the material arrives in an even layer on a chute. The material is then accelerated and is scanned as it falls past several high-resolution cameras. The images are examined by a computer and a stream of compressed air ejects the undesired particle from the material flow.

To allow the system to work certain conditions must be met:

- The materials must be easily differentiated by colour or brightness. It means that the material must be washed beforehand.

15 Zweistufiger Condor-DMS von Sepro
Sepro's two stage Condor DMS unit



Quelle/Source: Sepro



Quelle/Source: FLSmith

16 Wemco® Heavy-Media-Separationsanlage • Wemco® heavy media separation

- Die Schüttgüter müssen ein enges Kornband von 3 – 250 mm aufweisen.
- Es muss möglich sein, ein einzelnes Partikel zu „behandeln“.

Dadurch eignen sich die Mogensen-Sortieranlagen für folgende Anwendungen: Trennung von Tonsorten (nach Farbe), feuerfeste Steine sowie Erkennen von Verunreinigungen in einigen Mineralien wie Andalusit, Cristobalit und Feldspat-Quartz-Mischungen. Obgleich die Anwendungen im Bergbau begrenzt sind, bieten die technologischen Fortschritte mehrere Vorteile:

- Bei bestimmten Schüttgütern, die sich nach Farbe und Helligkeit trennen lassen, werden stabile und gleichbleibende Ergebnisse erzielt.
- Die Anwendung ist verbunden mit niedrigen Kosten und einem geringen Wartungsaufwand.
- Das Verfahren ist umweltverträglich.

- It has to be fed in narrow size ranges of 3 – 250 mm.
- It must be possible to ‘treat’ a single particle.

As a result, Mogensen sorters have applications in separating clay types (based on colour), high-quality refractory bricks; and detecting impurities in some minerals such as andalusite, cristobalite and feldspar-quartz mixes. Although applications in mining are limited, technological advances will render several advantages:

- They achieve stable and consistent results on certain materials where sorting by colour and brightness is possible.
- Low cost and low maintenance.
- It is environmentally friendly.

The company makes a range of sorting machines. The largest machines can handle a maximum of 10 t/h and are advertised as suitable for mining applications. The largest, the MSORT AG/AH, can treat particle sizes between 80 – 250 mm.

Das Unternehmen hat verschiedene Sortiermaschinen im Programm. Die größten Maschinen können einen Durchsatz von maximal 10 t/h verarbeiten und werden als bergbautauglich angepriesen. Die größte Maschine, die MSORT AG/AH, kann Kornbänder zwischen 80 und 250 mm verarbeiten.

Bemerkenswert ist, dass die Firma Steinert kürzlich ein in Containern transportierbares Röntgen- und Induktionsortiersystem für Erze geliefert hat (erhältlich über Ore Sorting Australia Pty Ltd). Diese Anlage verfügt über integrierte Verdichter und einen Dieselgenerator, um den Betrieb an jedem beliebigen Ort zu ermöglichen.

Die Schaefer Kalk GmbH mit Sitz in Diez/Deutschland hat im Kalksteinbruch Steeden zwei optische Sortieranlagen zur Aufbereitung von 120 – 150 t/h mit einer Rückweisungsrate von 30 % installieren lassen. Die Anlagen mit REDWAVE-sensorgestützter Sortiertechnik der österreichischen BT-Wolfgang Binder GmbH wurden 2011 installiert und seitdem im laufenden Betrieb kontinuierlich verbessert. Der in Steeden abgebaute Kalkstein weist große Unterschiede in Farbe und chemischer Zusammensetzung auf, was eine effektive Trennung erlaubt.

REDWAVE-Sortieranlagen (Schaefer Kalk GmbH) sind eine Mischung aus optischen und Röntgen-Sortierern, die nach Angaben auf der Unternehmenswebsite für die meisten Metallsorten einsetzbar sind. Zwar könnten die Anlagen in einigen Bergbaubereichen eingesetzt werden, doch finden sie größtenteils für Metallschrott, Abfall und Keramik Anwendung. Keine dieser Anlagen scheint mobil zu sein. Gleichwohl erscheint die Entwicklung für Bergbauanwendungen vielversprechend – falls es gelingt, durch ein optisches bzw. Röntgenverfahren den Erzgehalt einer heterogenen Gesteinsmischung zu bestimmen, könnte dies ein Beitrag zur Revolutionierung der Erz Aufbereitung sein. Sie hätte das Potenzial, Kosten zu reduzieren und weitaus umweltverträglicher und nachhaltiger zu sein als derzeitige Aufbereitungsmethoden, die mitunter verschwenderisch mit Energie und Wasser umgehen.

4.5 Aufbereitung

Für Aufbereitungsanlagen werden überwiegend stationäre Anlagen eingesetzt. Allerdings könnte die Anpassung dieser Techniken für deren „Mobilmachung“ genutzt werden. Obwohl nicht alle zuvor beschriebenen Anlagen für mobile Anwendungen gedacht sind, wird angestrebt, dass diese Anlagen leicht angepasst werden könnten. Deshalb werden diese Anlagen in die Übersicht einbezogen.

4.5.1 Schwerkraft

Zentrifugalabscheider wie die Knelson- und Falcon-Konzentratoren (**Bild 17**) sind häufig in stationären Anlagen anzutreffen, wo sie zur Gewinnung von aufgeschlossenem Gold vor der Cyanid-Laugung eingesetzt werden. Die Maschinen haben einen geringen Platzbedarf und können für die Konzentration einer Vielzahl von Mineralien genutzt werden. Sie sind möglicherweise in einem mobilen Szenario einsetzbar und könnten als Standardkomponenten verwendet werden, vorbehaltlich ihrer Eignung (gemäß metallurgischer Forschung). Der Durchsatz variiert von 1 – 1000 t/h.



Quelle/Source: Sepro

17 Falcon-Abscheider • Falcon separator

Notably, Steinert have recently supplied a mobile containerised X-ray and induction combination ore sorter (available via Ore Sorting Australia Pty Ltd). This piece of equipment comes integrated with the required compressors and diesel generator to facilitate operation in any location.

Schaefer Kalk GmbH is based in Diez/Germany, and installed two optical sorters at Steeden limestone to process 120 - 150 t/h with a 30 % rejection rate. The machines, a Redwave sorter from the Austrian company BT-Wolfgang Binder GmbH, were installed in 2011 and have been continuously improved during operations. The limestone produced at Steeden has large variations in colour and chemical composition allowing for effective separation.

Redwave sorters (Schaefer Kalk GmbH) are a mix of optical and X-Ray sorters that can work on most metals according to the company's website. Although they might have some mining applications, they are largely used in scrap metal, waste and ceramics. None of their machines appear mobile. Nonetheless, the development for mining appears promising and if an optical/X-Ray process can determine ore grade in a heterogeneous rock mix, then it could help revolutionise minerals processing. It would have the potential to reduce costs and be far more environmentally friendly and sustainable than current processing methods that can be profligate in the use of energy and water.

4.5 Beneficiation

Beneficiation equipment tends to be used for stationary installations. However, adaption of these technologies could be undertaken for the purpose of making them mobile. Although not all equipment described in the preceding chapters are intended for mobile applications, it is envisaged that they could easily be adapted accordingly. Therefore, these are included in the review.

Setzmaschinen und Schüttelherde sind Elemente weiterer, die Schwerkraft nutzende Techniken, die für die Gewinnung von Mineralien wie Gold, Wolfram und Zinn in einer mobilen Prozessumgebung einsetzbar sind.

Mobile Schwerkraftanlagen (Waschwerke) werden häufig bei der alluvialen Goldgewinnung eingesetzt. Eine Vielzahl von Herstellern liefert entsprechende Ausrüstungen für die Branche, die meistens Siebtrommeln und Schleusen verwendet.

Beispielsweise könnte eine Anlage wie die HPC-30 (Bild 18) des südafrikanischen Unternehmens Extrac-Tec verwendet und in eine modulare Verfahrenskonfiguration integriert werden. Diese Anlage nutzt Siebtrommeln und Schleusen, umfasst jedoch auch ein patentiertes System, mit dem das gewaschene Erz vor der Weiterleitung zum Riffelprobenteiler zunächst in einem dynamischen Wirbelbett konzentriert wird. Laut Herstellerangaben ist die HPC-30 für eine Vielzahl von Anwendungen zur Konzentration von Schwerpartikeln geeignet, z.B. Schwerkraftkonzentration von Mineralien wie Zinnerz, Malachit, Galenit, Granat und Silber. Die Anlage wird mit einer Auswahl an Fördersystemen angeboten, um ein breites Spektrum an Anwendungen, Abbaustätten und Betriebsbedingungen abzudecken. Diese innovative Konstruktion (dynamisches Wirbelbett) ermöglicht einen erhöhten Durchsatz und zeigt auf, wie konventionelle Technik zur Erreichung der FAME-Zielsetzung weiterentwickelt werden könnte. Interessant ist zudem, dass die Anlage für Transportzwecke in Container verladbar ist.

4.5.2 Laugungstechnik

Gemahlenes Erzgestein wird häufig mit einem bewegten Laugbad behandelt und zur Gewinnung des gewünschten Metalls in einen mit Wasser und Extraktionsmittel (Cyanid oder Säure) gefüllten Mischtank geleitet. Die Trübe wird für eine vorgegebene Dauer gemischt, um die Fest-Flüssig-Extraktion des betreffenden Metalls zu bewirken. Anschließend wird die das Metall enthaltende Flüssigphase (nach Abscheiden der Feststoffe) für die Wiedergewinnung des Metalls weiterbearbeitet. Ein wichtiger Planungsfaktor ist die Wahl der notwendigen Verweilzeit, die zwischen 12 und 36 Stunden dauern kann. Deshalb ist das benötigte Tankvolumen von der Aufgabelistung der Anlage und der erforderlichen Verweilzeit abhängig. Folglich wird die Größe der Laugentanks, die für die mobile Aufbereitung verwendet werden können, in der Praxis begrenzt

4.5.1 Gravity

Centrifugal separators such as the Knelson and Falcon concentrators (Fig. 17) are often found in stationary plants to recover liberated gold ahead of cyanide leaching circuits. The units have a small footprint and can be used to concentrate a variety of minerals. These units could potentially be used in a mobile setting and therefore serve as an “off the shelf” item subject to suitability (as defined by metallurgical research). Throughputs range from 1 – 1000 t/h.

Jigs and shaking tables are also other gravity technologies that are identified for the recovery of minerals containing metals such as gold, tungsten and tin in a mobile processing environment.

Mobile gravity plants (“Wash Plants”) are commonly used in alluvial gold operations. There are a variety of manufacturers who supply equipment to the industry, most them use trommel screens and sluices in their processes.

As an example, a unit such as the HPC-30 (Fig. 18) supplied by Extrac-Tec, SA, is a unit that could be used and integrated into a modular processing flowsheet. This unit uses both trommel screens and sluices but also incorporates a patented system whereby the washed ore is initially concentrated by a dynamic fluidised bed prior to the use of riffles. The manufacturers of the HPC-30 unit also claim that it is suitable for a broad range of heavy particle concentration applications including gravity concentration of minerals such as cassiterite, malachite, galena, garnets and silver. The unit is offered with a choice of feed systems to accommodate a broad range of applications, sites and operating conditions. This innovative design (dynamic fluidised bed) allows increased throughput to be achieved and highlights how conventional technology could be enhanced to fulfil the objectives of FAME. Also of interest is that the unit can be containerised for the purpose of transportation.

4.5.2 Leaching technology

Agitated leaching is often performed on ground ores which are added to a mixing tank with water and an extractant (such as cyanide or acid) to recover the metal of interest. The pulp is mixed for a pre-determined time to allow the metal to be extracted from the solid to the liquid phase. The liquid phase (having been separated from the solids), containing the metal is then further processed to recover the metal. One of the primary design factors



18 Mobile Schwerkraftanlage HPC-30 von Extrac-Tec • Extrac-Tec's HPC-30 mobile gravity unit

Quelle/Source: Extrac-Tec

sein. Die Auswahl der Tanklaugung hat daher projektspezifisch zu erfolgen.

Eine Alternative sind Inline-Laugenreaktoren (ILR), die gewöhnlich in Gravitationskreisläufen für die Wiedergewinnung von Gold aus Schwerkraftkonzentrat (üblicherweise von Zentrifugal-Konzentratoren erzeugt) eingesetzt werden. Diese Anlagen sind kontinuierliche, intensive Laugenreaktoren, und das Konzept könnte möglicherweise für Anwendungen weiterentwickelt werden, in denen eine hydrometallurgische Behandlung eines Erzes oder Konzentrats auf engem Raum (in Bezug auf Standard-Laugentanks) erforderlich ist. **Bild 19** zeigt die ILR-Anlage von Gekko.

Consep, ein weiterer australischer Lieferant von spezialisierten Aufbereitungsausrüstungen, war mit seinem Acacia-System recht erfolgreich. Dabei handelt es sich um ein Anlagen-Package zur Schwerkraftaufbereitung von hochgradigen Goldkonzentraten, ähnlich den Anreicherungsprodukten des Knelson-Konzentrators. Nach dem Consep-Ansatz wird ein Konzentrat aus Erz erzeugt, das zuvor einer intensiven Cyanid-Laugung in einem geschlossenen Kreissystem unterzogen wurde. Kernstück der Anlage ist ein Aufström-Wirbelschichtreaktor für die Laugung, um eine Fest-Flüssig-Interaktion für eine maximierte Reaktionskinetik der Goldlaugung ohne mechanische Umwälzung zu erzeugen.

4.5.3 Schaumflotation

Schaum-Flotationszellen werden von verschiedenen Lieferanten angeboten. Die projektspezifisch zu wählende Größe der Zelle hängt von den erforderlichen Aufgabelleistungen und Verweilzeiten ab – dementsprechend bieten die Hersteller eine Vielzahl von Zellgrößen an. Die Konstruktion variiert je nach Hersteller, doch alle Zellen arbeiten nach den üblichen Abscheidemethoden. Die Hauptlieferanten in Europa sind Metso, FLSmidth und Outotec. Metso hat eine mobile Aufbereitungsanlage entwickelt (Teil 3, nachfolgend), aber die Ausrüstungen

is the correct choice of the necessary residence time, which can be up to 12 – 36 hours. The volume of the tanks required is therefore dependant on the feed rate to the plant and the residence time required. Consequently, there will be a limit on the size of agitated tanks that can be practically used for mobile processing. The selection of tank leaching will therefore be project specific.

Alternatively, In-Line Reactors (ILR) are units commonly used in gold gravity circuits to recover gold from gravity concentrates, typically generated from centrifugal concentrators. These units are continuous intensive leach reactors and the concept could be potentially developed where hydrometallurgical treatment of an ore or concentrate is required within a small footprint (relative to standard leaching tanks). Gekko's ILR unit is shown in **Fig. 19**.

Consep, another Australian supplier of specialized processing equipment, has had significant success with its Acacia system, a packaged processing plant for treating high-grade gravity gold concentrates, such as those generated from a Knelson Concentrator. The Consep approach involves production of a concentrate from ore that undergoes intensive cyanide leaching in a closed-circuit system. The plant is built around an upflow fluidised reactor for leaching, designed to produce proper solid-liquid interaction for maximized gold leaching reaction kinetics without mechanical agitation.

4.5.3 Froth Flotation

Froth flotation cells are manufactured by a variety of suppliers. The size of the cell chosen for a project is dependent on feed rates and residence times required, consequently there are a variety of cell sizes offered by the manufacturers. Designs vary between the manufacturers but all share the common methods of separation. The main suppliers in Europe are Metso, FLSmidth and Outotec. Metso have developed a mobile processing plant (part 3, as follows), however equipment supplied from other vendors could be used to construct similar plants.

19 Inline-Laugenreaktor von Gekko • Gekko's in-line reactor





Quelle/Source: BHS-Sonthofen

20 Traggurtfilter BFR
Rubber belt filter BFR

anderer Lieferanten könnten ebenfalls für den Bau ähnlicher Anlagen verwendet werden.

4.5.4 Magnetische und elektrostatische Abscheidung

Magnetische und elektrostatische Abscheider werden für Anwendungen eingesetzt, in denen Mineralkomponenten aufgrund unterschiedlicher magnetischer und elektrostatischer Eigenschaften getrennt werden können. Diese Abscheider sind in zahlreichen Bauformen erhältlich, die für bestimmte Anwendungen konstruiert wurden. Eriez Magnetics Europe Ltd beliefert die mineralverarbeitende Industrie mit einem breiten Sortiment an Magnetanlagen. Die Integration dieser Technologien in eine mobile Anlage wird nicht als Herausforderung angesehen.

4.6 Entwässerungs- und Hilfseinrichtungen

Zahlreiche Anlagenlieferanten liefern der mineralverarbeitenden Industrie Entwässerungstechnologie und Hilfseinrichtungen. Eine Entwässerungseinrichtung wird für das Entfernen von Lösungen aus Feststoffen genutzt, hauptsächlich durch Einsatz von Eindickern und Filtern. Hochleistende Eindicker wie die von FLSmidth gelieferten Einheiten sind ein Beispiel dafür, dass eine Anlage sich eher für die mobile Aufbereitung eignet (aufgrund des geringeren Platzbedarfs und Energieverbrauchs) als die konventionelle Eindick-Technik. Ein anderes Beispiel sind Lamellen-Eindicker, die häufig in der mineralverarbeitenden Industrie verwendet werden (für die Wasseraufbereitung) und im Vergleich zu herkömmlichen Eindickern wesentlich weniger Platz benötigen.

Es gibt eine Reihe von Hilfseinrichtungen, die bei der Aufbereitung von Mineralien eingesetzt werden, wie z.B.:

- Reagens- und Feststoffpumpen
- Siebeinheiten und Zykclone
- Tanks und Rührwerke
- Luftversorgungssysteme
- Sensoren für Automatisierungs- und Steuerzwecke
- Rohrleitungen und Ventile

In Europa gibt es zahlreiche Lieferanten für diese Anlagenteile. Ein solches Beispiel ist der von BHS-Sonthofen produzierte Traggurtfilter (Bild 20).

4.5.4 Magnetic and electrostatic separation

Magnetic and electrostatic separators are used in applications where minerals can be separated using differences in magnetic and electrostatic properties. There are numerous types of these separators that are designed for specific applications. Eriez Magnetics Europe Ltd, supply a wide range of magnetic units to the mineral industry. The inclusion of these technologies into a mobile plant is not seen as being challenging.

4.6 Dewatering and auxiliary equipment

There are numerous equipment suppliers who supply dewatering technology and auxiliary equipment to the minerals industry. Dewatering equipment is used for the removal of solutions from solids primarily using thickeners and filters. High-rate thickeners, such as units supplied by FLSmidth, is an example where a unit more suited to mobile processing (having a smaller footprint, less energy consumption) than conventional thickening technology. Another example are lamella thickeners which often are used in the minerals industry (as part of water treatment circuits) and have considerably smaller footprint compared to conventional thickeners.

There is an array of auxiliary equipment used in mineral processing circuits, examples include:

- Reagent and slurry pumps
- Screens and cyclones
- Tanks and stirrers
- Air supply systems
- Sensors for automation and control purposes
- Piping and valves

Europe has a variety of manufacturers who supply these equipment items. One such examples is a belt filter supplied by BHS-Sonthofen (Fig. 20).