

## New Teeth for Chain Conveyor – Innovative new Sprocket Reducing Costs and Increasing Efficiency

In 2012 Halbach & Braun Industrieanlagen GmbH & Co. in Hattingen/Germany, which has almost 100 years experience in the design and manufacturing of chain conveyors, made an innovative step to improve the exchange of worn sprockets by changing

only teeth bars instead of complete sprockets. This new design was successfully tested on a mine in China, proving advantages in handling and efficiency.

## Dem Materialverschleiß die Zähne zeigen – Zeit und Geld sparen mit der neuesten Generation des Kettenrades

Im Jahr 2012 stellte sich die Firma Halbach & Braun Industrieanlagen GmbH & Co., Hattingen – ein Unternehmen, das auf knapp 100 Jahre Erfahrung in der Konstruktion und im Bau von Kettenförderern zurückblickt – die Frage, warum immer so viel Material beim Wechsel der Kettenräder verwendet werden muss, wo es

doch hauptsächlich um den Verschleiß an den Zähnen bzw. Ketentaschen geht. Die Antwort bestand in der Konstruktion eines Kettenrades mit auswechselbaren Zahnleisten, dessen erster Einsatz auf einem chinesischen Bergwerk erfolgreich durchgeführt werden konnte.

### Introduction

Today, longwall mining is a proven and often-used method for the underground extraction of coal and other minerals. In cooperation with coal cutting machines (such as a shearer or plough) and the shield support the chain conveyor – first as an armed face conveyor (AFC) and furtheron as a beam stage loader (BSL) – builds a coal clearing system. The chain conveyor transports the mineral by flight bars mounted on chains which are pulled by the sprockets and circled around to return through the lower race of the guiding line pans. The performance of the whole coal clearing system relies on the function and reliability of the sprockets on the conveyor. The sprockets are exposed to wear and have to be exchanged quickly, safely and with low costs.

### Development status

Chains and flight bars (chain assemblies) are used in at least three different versions: as a central single chain, as a central double chain, and as an outside double chain for rigid and inflexible conveyors. Sprockets are needed to pull the chains and circle them around from one race to the other (Figure 1).

These sprockets have to transform the torque (power) from the transmission into a pulling force into the chain(s). With in-

### Einleitung

Der Strebau ist heute in der untertägigen Gewinnung mineralischer Rohstoffe ein bewährtes und beliebtes Verfahren. Im Zusammenspiel der unterschiedlichen Ausrüstungskomponenten ist der Ketten(kratzer)förderer, auch Strebförderer genannt, der „Lastesel“ oder besser der Leistungsträger des Systems. Er transportiert das gewonnene Material mit Hilfe von umlaufenden Ketten und daran angebrachten Mitnehmern durch bzw. über den feststehenden Rinnenstrang.

### Entwicklungsstand

Kettenbänder sind heutzutage in mindestens drei verschiedenen Ausführungen einsetzbar: als zentrales Einzelkettenband (EKF), als zentrales Doppelkettenband (DMKF) oder als außenliegendes Doppelkettenband (DKF). Letzteres wird bei starren unflexiblen Förderern eingesetzt. Angetrieben und umgelenkt werden alle Ketten über die Kettenräder (Bild 1).

Diese Kettenräder haben die Aufgabe, das über Motor und Getriebe eingeleitete Drehmoment in eine möglichst gleichmäßige Bewegung der Kette umzusetzen. Dabei müssen Antriebswelle und Kettenrad so massiv ausgebildet sein, dass sie einerseits den immer größer werdenden Antriebsleistungen standhalten und anderer-

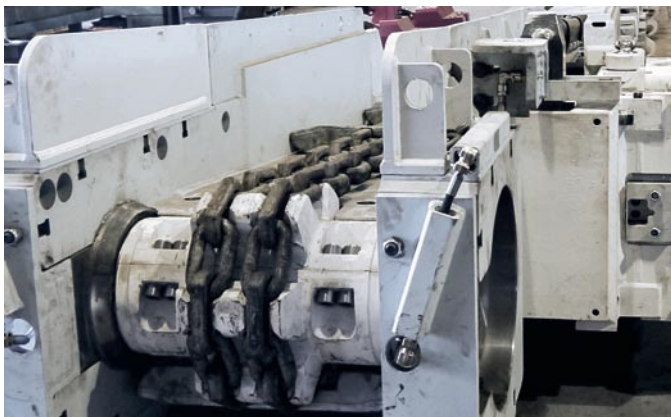


Fig. 1. Sprocket within the conveyor  
Bild 1. Kettenrad im Förderer

creased demands on the conveying capacity of the drive shaft, the sprocket had to be built bigger and stronger. Furthermore, the dimensions of the chains have to be increased.

The power is transferred by the sprocket teeth with the adapted shape in surface contact with the horizontal chain link. This link is positioned and held in a pocket between the teeth rows in the back and front. The vertical link, running in a gap between the teeth, in theory never touches the sprocket. The shapes of the teeth and the pocket have to be designed according to the individual chain dimensions. In order to keep the contact surface pressure low, the contact areas have to be as large as possible. An additional wear-increasing problem is minerals, which stick to the surfaces and are squeezed in the contact area. The diameter of the sprocket is a result of the chain pitch and the chosen number of teeth (normally seven) in a circle around the sprocket.

The challenge for a good sprocket design is related to the fact that the worn teeth have to be exchanged regularly, so there is an everlasting process of disassembly and assembly of the machinery parts carrying the teeth. As the sprocket is exposed to large forces the machinery parts are big and heavy, contrary to a quick and easy exchange of worn sprockets – especially in the environment of underground mining, which has the demand for an optimised process (Figure 2).

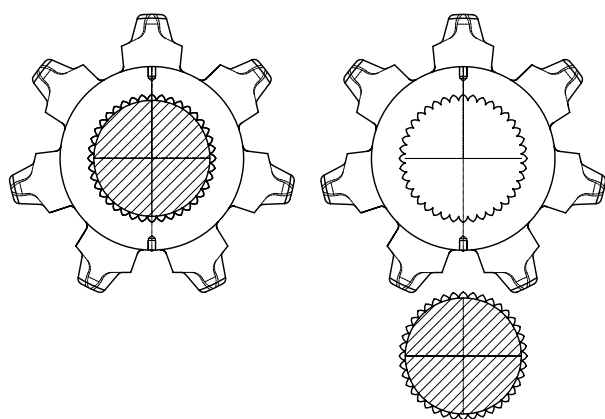


Fig. 3. Whole sprocket assembly  
Bild 3. Funktionsprinzip Zahnring



Fig. 2. Sprocket in operation  
Bild 2. Kettenrad im Einsatz

seits zugleich das Gewicht des kompletten Kettenbandes sowie der Beladung des Förderers in Bewegung setzen können. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass bei höheren Antriebsleistungen auch die Dimensionierung der eingesetzten Ketten zunehmen muss.

Die Übertragung der Kräfte erfolgt formschlüssig durch die am Kettenrad befindlichen Kettenzähne, die zur Aufnahme der horizontalen Glieder Kettentaschen bilden. Die Ausbildung der Kettenzähne und -taschen wird bei jeder Kettengröße individuell angepasst. Dies bedeutet, dass mit zunehmender Drahtdicke der Ketten der Umfang des Kettenrades entsprechend wächst und die Anzahl der Kettenzähne variiert.

Während sich die Flachglieder der Kette in die Kettentaschen legen, fädeln sich die senkrechten Glieder zwischen die Kettenzähne ein. Hier ist es von Vorteil, wenn die Kontaktflächen möglichst groß ausgestaltet werden können. So wird eine formschlüssige Verbindung herbeigeführt, durch die das Drehmoment der Welle in Zugkraft der Kette umgesetzt wird. Damit stehen die Kettenzähne im Betrieb unter einer sehr hohen Belastung, zumal sie zusätzlich durch die an der Kette haftenden Materialpartikel beansprucht werden (Bild 2).

Vor diese Herausforderungen gestellt, wurde das Kettenrad mit der Zeit immer weiter entwickelt, was Änderungen im Materialeinsatz und an der äußeren Form mit sich brachte. Dabei galt und gilt stets die Prämisse, dass das Kettenrad einerseits massiv und widerstandsfähig, andererseits aber auch unkompliziert in Wartung und Austausch sein soll. Besonders im untertägigen Strebbaubau, wo wenig Platz zur Verfügung steht, spielt der letzte Aspekt eine große Rolle.

Durchgesetzt haben sich in der letzten Zeit zwei Bauformen: die sogenannten Zahnringe und das geteilte Kettenrad. Beide Bauarten haben gemeinsam, dass die Kettenzähne und -taschen als praktisch eigenes Bauteil auf der Antriebswelle angebracht werden. Die Kraftübertragung beim Zahnring erfolgt durch eine Verzahnung der Welle mit dem Ring (Bild 3).

Bei einem Wechsel der Zahnringe muss in jedem Fall der komplette Wellensatz ausgebaut werden. Dazu empfiehlt es sich, immer einen kompletten Wellensatz als Ersatz vorzuhalten, damit der Austausch unter Tage nicht zu kompliziert wird. Der ausgebaute Wellensatz kann dann über Tage in der Werkstatt instandgesetzt werden. Diese Vorgehensweise führte u.a. zur Entwicklung von Überwurf- oder Muffenkupplungen bei den Fördererantrieben so-

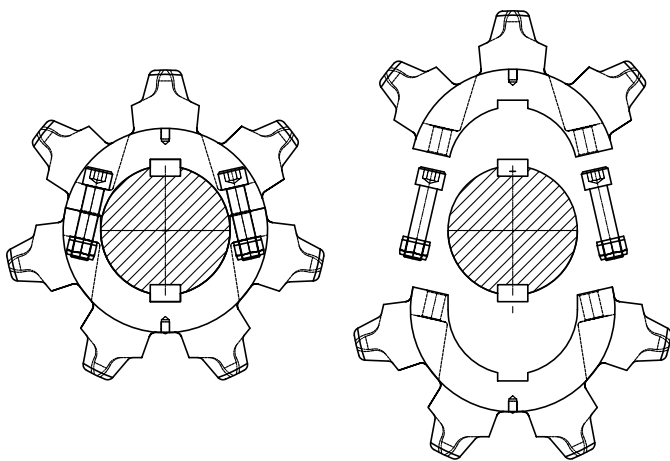


Fig. 4. Split sprocket design  
Bild 4. Funktionsprinzip geteiltes Kettenrad

There are two designs available, and both have all the teeth as part of a ring or part of a half ring (split sprocket), manufactured as one solid piece. The torque from the shaft is transmitted into these rings by parallel keys or multi spline teeth.

While changing the teeth rings the whole sprocket assembly (including shaft with bearing sets) has to be disassembled from the drive frame of the conveyor (Figure 3). A complete sprocket arrangement should be available underground for exchange, as the exchange of the sprocket ring itself has to be done in a clean environment such as a workshop. For the procedure of disassembling the shaft from the drive, special developments have been necessary. There are muff couplings to disconnect the shaft from the transmission unit and the sidewalls of the drive frame can be opened to the front of the drive for removing the whole sprocket arrangement. This unit is about 1800 mm long and weighs 2000 kg – making it a difficult job in underground environment. Replacing the worn sprocket with the spare is only part of whole procedure. After it is in the workshop the bearing sets and cat seals have to be disassembled first, before the worn teeth ring can be exchanged. Then it all has to be reassembled for future use. This design requires a lot of effort for transportation and assembly work, and as such has high associated costs.

The split sprocket is based on a shaft which is encased by two half-pipes with outside teeth (Figure 4). The sprocket halves are assembled around the shaft and connected by strong bolts and nuts, and the torque transmission is done by parallel keys. To exchange worn teeth, part of the sprocket and the bolts has to be disassembled. The advantage is that the shaft and the bearing sets stay in place, making a disassembly from the drive unnecessary.

However with rising chain forces there is a disadvantage to the need for increasing numbers and dimensions of bolts. The necessary room for these elements is limited. The necessary torque for tightening the bolts is not easy applied.

### HB shark sprocket

The disadvantages of the above-mentioned designs and the fact that only the teeth wear and require changing while big machinery parts, made of high quality steel, are exchanged and wasted,

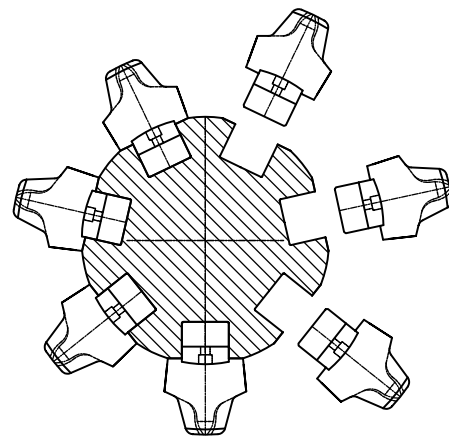


Fig. 5. HB Shark Sprocket  
Bild 5. Funktionsprinzip HB Shark Sprocket

wie zur Konstruktion der sogenannten offenen Maschinenrahmen, die das Wechseln des Wellensatzes mit relativ wenigen Handgriffen erlauben. Die eigentliche Arbeit des Zahnwechsels erfolgt immer in der Werkstatt. Dazu muss der Wellensatz komplett demontiert werden, d. h. die Lager müssen abgebaut werden, um die alten Zahnringe durch neue zu ersetzen. Letztlich verursacht diese Alternative einen erheblichen Montageaufwand, verbunden mit entsprechenden Kosten.

Etwas anders sieht die Vorgehensweise bei dem Austausch des geteilten Kettenrades aus (Bild 4). Hier sind es zwei Halbschalen, die durch Schrauben auf der Welle zusammengehalten werden. Die Kraftübertragung und die Zentrierung erfolgen über zwei Passfedern. Durch das Lösen der Schraubenverbindung lassen sich die beiden Kettenradhälften von der Welle nehmen und durch die neuen ersetzen. Ein Ausbau des kompletten Wellensatzes ist nicht erforderlich.

### Kettenrad HB Shark Sprocket

Daraus entwickelte die Firma Halbach & Braun die Idee für ein Kettenrad mit austauschbaren Zahnleisten (Bild 5). Angelehnt an die Natur – ein Hai hält für abgenutzte und abgebrochene Zähne auch immer Ersatz bereit – war der Name für das neue Kettenrad auch bald gefunden: „Shark Sprocket“.

Im Ergebnis entstand ein Kettenrad mit einer massiven Welle mit Verbindungzapfen zum Getriebe sowie Lagern, die öl- oder fettgeschmiert werden können. In den Mittelteil der Welle sind Nuten eingefräst, welche die Zahnleisten aufnehmen. Der Sitz ist formschlüssig. Der Wechsel der Zahnleisten kann durch eine Wartungsklappe am Maschinenrahmen erfolgen, so dass keine nennenswerten Demontagearbeiten mehr erforderlich werden (Bild 6).

Die Welle sowie die Zahnleisten bestehen aus massivem gewalztem Stahl, keine Schweiß- oder Gußfertigung. Die Zähne werden aus dem vollen Material individuell herausgefräst. Dadurch wird höchster Materialstandard erreicht.

Vorgestellt wurde das neue patentrechtlich geschützte Kettenrad von Halbach & Braun noch als Modell im Jahr 2013 auf den Messen AIMEX in Australien und der China Coal & Mining Expo in der VR China. Tabelle 1 zeigt die aktuell verfügbaren Größen des Kettenrads HB Shark Sprocket.

lead to the development of a new, resource saving sprocket by Halbach & Braun (Figure 5). The new sprocket has several exchangeable teeth rows around the shaft. In nature, a comparable design can be found in the jaws of a shark: broken-off teeth are easily replaced by the row of teeth behind. The name for the new sprocket – Shark sprocket – is based on this.

There are several (between six and eight) exchangeable teeth rows around the massive shaft. The teeth bars are mounted in deep slots of the shaft, and only two small bolts secure the mounted position. The forces are transmitted by the sidewalls of the slots, which is comparable with a parallel key. The worn teeth bars can easily be changed through an inspection opening of the drive, so no big disassembly works are necessary (Figure 6). The teeth bars are about 450 mm long and weigh about 80 kg.

The shaft, as well as the teeth, is made of solid rolled steel and the teeth are milled individually from solid material, achieving the highest material standard. The bearings can be lubricated by oil or grease. Halbach & Braun recommends using grease, because of less leakage at the cat seals.

The new patented sprocket was presented for the first time by Halbach & Braun as a picture and model in 2013 at AIMEX in Australia and the China Coal & Mining Expo in China. The available Shark Sprocket dimensions are shown in table 1.

With the ability to customise this sprocket to all common drive frames by any manufacturer, this solution was met with great interest. Consequentially Halbach & Braun got the first order for the delivery of this new sprocket to the Yang Quan Coal Group's Yu Shu Po mine in China in the summer of 2014.

### HB shark sprocket in the performance test

Between October 2014 and March 2015 the sprocket was tested extensively at this mine under real conditions. After finalising one panel of mining the test can be consistently evaluated as successful.

The HB shark sprocket was installed by a Chinese sponsor with a 42 by 146 double chain, powered by two 700 KW and at a production rate of 2500 tt/h.

The following test parameters, including were screened:

- production time,
- lifetime,
- wear of drive teeth,
- teeth and shaft fitting, and
- wear of teeth and shaft.

size of chain Kettengröße	number of teeth Anzahl Zähne
34 x 126	6 & 7
42 x 146	7
TK 48 x 149	7
38 x 137	7
48 x 152	6 & 7
48 x 144/160	7

Table 1. Available Shark Sprocket dimensions  
Tabelle 1. Verfügbare Größen des HB Shark Sprocket

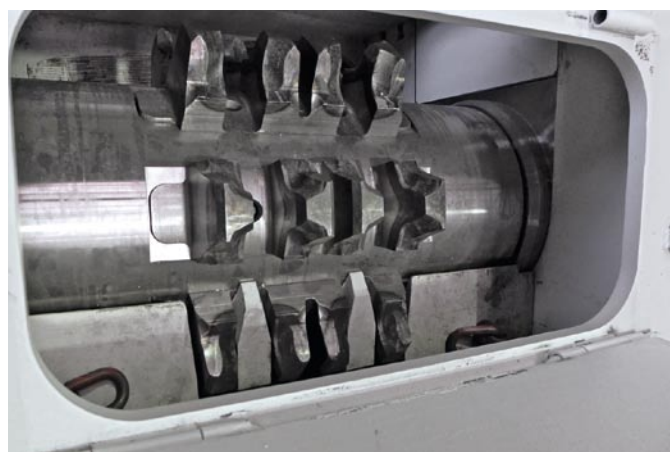


Fig. 6. View through the drive frame on to the teeth rows  
Bild 6. Blick durch die Montagklappe des Maschinenrahmens auf die Zahnleisten

Mit der Möglichkeit, dieses Kettenrad an alle bekannten Maschinenrahmen jedes beliebigen Herstellers anzupassen, stieß die Lösung auf großes Interesse. Folgerichtig erhielt Halbach & Braun im Sommer 2014 den ersten Auftrag für die Lieferung dieses neuen Kettenrades an das Yu Shu Po Bergwerk der Yang Quan Coal Group in China.

### Kettenrad HB Shark Sprocket im Performance-Test

Zwischen Oktober 2014 und März 2015 wurde das Kettenrad HB Shark Sprocket dort ausführlich unter Realbedingungen getestet. Nach Abschluss kann der Test durchweg als erfolgreich gewertet werden.

Das Kettenrad HB Shark Sprocket wurde in einen chinesischen Förderer mit 42 x 146 Doppelmittelkette installiert, angetrieben mit 2 x 700 kW und einer erwarteten Produktion von 2.500 t/h.

Folgende Testparameter wurden überwacht:

- Produktionszeit
- Lebenszeit
- Abnutzung der Antriebszähne
- Passform von Zähnen und Welle
- Abnutzungsgrad von Zähnen und Welle

Die Testergebnisse waren sehr zufriedenstellend. Probleme im Produktionsprozess, die auf die Zahnleisten zurückzuführen sind, wurden nicht festgestellt. Das Kettenrad lief durchgehend störungsfrei. Festzustellen war lediglich eine Undichtigkeit an der Labyrinthdichtung bei der Standardölschmierung, was allerdings auch bei anderen Kettenradtypen auftritt. Die Abnutzung der Zähne war bei den Bedingungen vor Ort erwartungsgemäß niedrig. Die vorhandenen Zahnleisten können für die nächsten Einsätze weiterhin genutzt werden (Bild 7).

Die Passform der Wechselzahnleisten war nach dem Einsatz noch immer nahezu perfekt. Alle Maße bewegten sich im Bereich der Herstellungstoleranzen. Durch Korrosion oder Schmutz bedingte Probleme beim Ausbau des Kettenrades konnten nicht festgestellt werden. An zwei Zahnleisten wurden beschädigte Fixierungsbolzen vorgefunden, da das Kettenrad entgegen der Herstellervorgabe mit Hilfe eines hydraulischen Zylinders demontiert worden war.

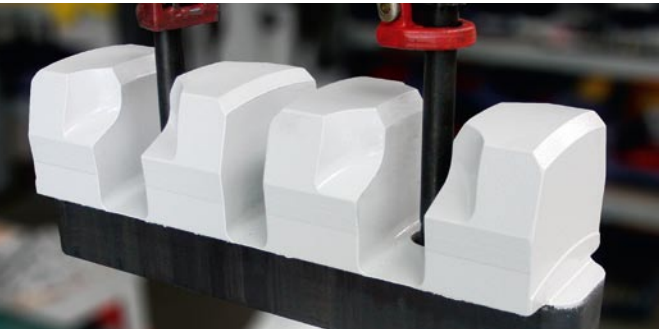


Fig. 7. Comparison of a used and a new teeth row  
Bild 7. Vergleich gebrauchte und neue Zahnleiste

The test results were very satisfactory. There were no problems in the production process that could be traced back to the sprocket. The shark sprocket had 100 % availability. During the test a small leakage at the cat seal area with the standard oil was noticed, however this also occurs with other sprocket types. The tooth wear was as low as expected in the conditions on site. The used teeth can still be used for the next operations (Figure 7).

Figure 7: Comparison of a new and a used teeth row

The fitting of the teeth in the slots of the shaft remained perfect after use. All measurements were in the range of manufacturing tolerances. There were no problems due to corrosion or dirt. On two teeth bars damaged securing bolts were detected due to dismantling the sprocket by means of a hydraulic cylinder, contrary to the manufacturer's specifications.

There were no signs of cracks or damage to any of the teeth. The shape, surfaces and dimensions of the slots in the shaft were still within the tolerances of new manufacturing. The sprocket can be used for future operations with the used and also with new teeth bars (Figure 8).

### Consequence

In the future, grease lubrication of the HB shark sprocket will be recommended in order to avoid leaks. Additionally, the spaces between the teeth pockets and the shaft will be reduced so that the fixing bolts cannot be damaged by improper dismantling (Figure 9).

The long-term test was a complete success. All benefits were confirmed in operation:

- The life of the teeth is at least equivalent with teeth of standard gears.
- The Replacement of the teeth is quick and easy to handle.
- The shaft can be reused several times.
- Significantly lower costs were achieved by replacing the teeth as opposed to the entire sprocket.

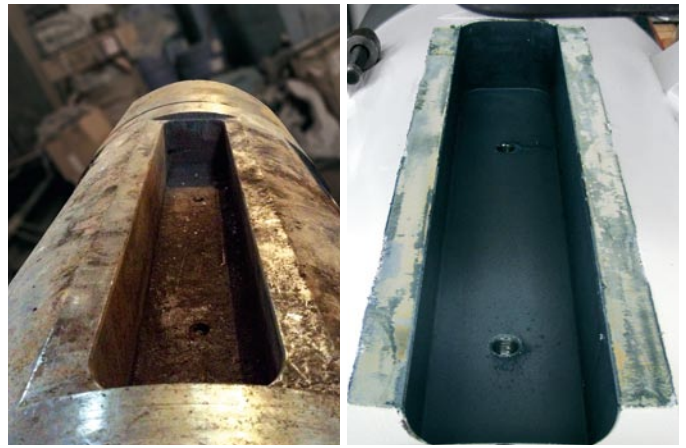


Fig. 8. Comparison of a used and a new teeth pocket  
Bild 8. Vergleich gebrauchte und neue Zahnleistentasche

An Zähnen und Welle konnten keine Beschädigungen oder Risse festgestellt werden. Das Kettenrad kann daher in weiteren Abbaubetriebspunkten mit den vorhandenen, aber auch neuen Zähnen erneut eingesetzt werden (Bild 8).

### Erkenntnisse

Um Undichtigkeiten zu vermeiden, wird zukünftig eine Fettschmierung des Kettenrades HB Shark Sprocket empfohlen. Außerdem werden die Freiräume zwischen der Zahnleistentasche und der Welle reduziert, so dass die Fixierungsbolzen bei unsachgemäßer Demontage nicht beschädigt werden können (Bild 9).

Der Langzeittest wurde erfolgreich abgeschlossen. Die erwarteten Vorteile konnten in der Praxis bestätigt werden:

- Die Lebensdauer der Zahnleisten ist mindestens gleichwertig mit der von Zähnen von Standardzahnradern.
- Der Austausch der Zahnleisten erfolgt schnell und einfach.
- Die Welle kann mehrfach wiederverwendet werden.
- Die Kosten für Wartung und Reparatur sind durch den Austausch lediglich der Zähne im Gegensatz zum Tausch des gesamten Kettenrads deutlich geringer.

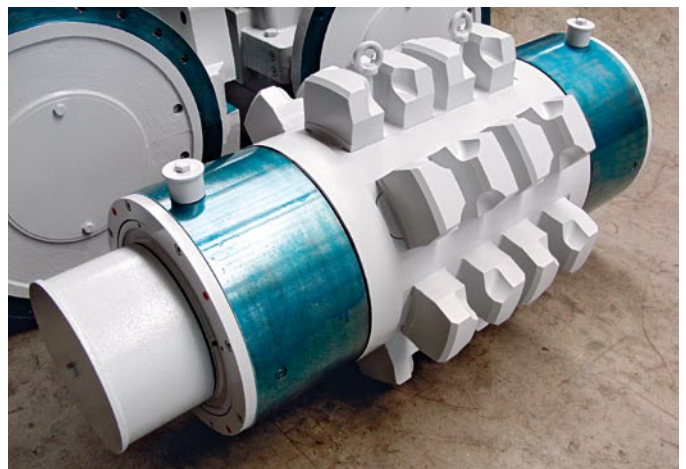


Fig. 9. A complete HB Shark Sprocket with shifting for grease lubrication  
Bild 9. Ein komplettes Kettenrad HB Shark Sprocket mit Verlagerung ausgeführt für Fettschmierung

The performance test was carried out by the Yang Quan Coal Group's Yu Shu Po coal mine team in a highly professional manner. The test contributes significantly to the Yan Quan Group's decision to equip the next three conveyors with the HB shark sprocket. In the meantime, 10 more of the HB shark sprockets have already been ordered or delivered.

Most advantages of the HB shark sprocket are seen in abrasive material. Such material is not only found in the surrounding coal but also in connection with other minerals and ores. Conceivable fields of application, in addition to the extraction, include tunnel excavations, bunker evacuations and other conveying situations. Halbach & Braun is currently expanding the possible application areas of this sprocket in close cooperation with its customers.

**Author / Autor**

Dipl.-Ing. Heinrich Höhl,  
Halbach & Braun Industrieanlagen GmbH & Co,  
Hattingen, Deutschland

Der Test wurde durch die Yu Shu Po Coal Mine der Yang Quan Coal Group in professioneller Weise durchgeführt. Er war maßgeblich für die Entscheidung der Yan Quan Group, weitere drei Förderer mit dem Kettenrad HB Shark Sprocket auszurüsten. Zwischenzeitlich sind bereits zehn weitere Kettenräder vom Typ HB Shark Sprocket bestellt bzw. ausgeliefert worden.

Die Vorteile dieses Kettenrades kommen am stärksten bei abrasivem Material zur Geltung. Solches Material findet sich nicht nur im Nebengestein der Kohle, sondern auch im Zusammenhang mit anderen Mineralien und Erzen. Vorstellbare Anwendungsgebiete neben der Gewinnung, sind u.a. Tunnelauffahrungen, Bunkerentleerungen und andere Fördersituationen. Die Firma Halbach & Braun erweitert derzeit in enger Zusammenarbeit mit ihren Kunden die möglichen Anwendungsgebiete dieses Kettenrades.