

Industrielle Zerkleinerungsmaschinen mit PM Synchronservomotor

Version A

20. Juni 2024

Martin Rupf / Thomas Ochsner



Mit bewährter Technik nachhaltig in die Zukunft

Permanentmagneterregte Synchronservomotoren besitzen aufgrund ihrer Bauweise ein reduziertes Rotor-Massenträgheiten und sind deshalb prädestiniert für den Einsatz in leistungs- und energieintensiven Maschinen, wie beispielsweise Zerkleinerungsmaschinen und Schredder-Anlagen. Aufgrund ihrer technischen Eigenschaften ergeben sich einige, teilweise unterschätzte Vorteile, auf welche wir in diesem Artikel gerne eingehen möchten.

Für eine bessere Ökobilanz und weniger CO₂

Klima- und Umweltschutz sind Themen, welche viele Branchen betreffen, und ein entsprechendes Umdenken und Massnahmen erfordern. Die Gesetzgeber weltweit verpflichten hierzu Anlagen- und Maschinenbetreiber über Massnahmen und Regulatorien, wie beispielsweise CO₂-Reporting, Effizienzvorgaben, etc. den Energie- und Ressourcenverbrauch zu senken.

Diese erweiterten Anforderungen führen dazu, dass PM Synchronservomotoren wegen ihrer physikalischen Eigenschaften plötzlich auch für Anwendungen interessant werden, bei welchen Energieeffizienz und Energiekosten bisher weniger im Fokus standen.

Energie und Kosten sparen

PM-Synchron-Servomotoren verfügen über eine hohe Leistungsdichte und einen hohen Wirkungsgrad und sind somit bestens als energiesparende Antriebslösung geeignet. Dieser Antriebstechnologie haftet aber auch der Ruf an, dass sie teuer und komplex sei, da spezifisches Fachwissen im Maschinenbau und zusätzliche Steuerelektronik für deren Betrieb benötigt werde.

Drehstrommotoren hingegen bieten den Vorteil, dass sie direkt am Versorgungsnetz betrieben werden können und wenig Fachkenntnisse erforderlich sind. In den letzten Jahren wurden zudem deren Wirkungsgrade kontinuierlich an die neuen Anforderungen angepasst, damit diese den gesetzlichen Vorgaben entsprechen.

Höhere Wirkungsgrade bei Asynchronmotoren führen aber auch zu schwereren Motoren und zu grösseren Massenträgheitsmomenten im Motor. Ein höheres Massenträgheitsmoment benötigt bei gleicher Winkelbeschleunigung wiederum mehr Drehmoment bzw. führt zu einem höheren Stromverbrauch und zu Leistungsspitzen, welche das Netz und die Geldbörse belasten

Eine Investition in die Zukunft

PM-Synchronservomotoren erfordern Fachwissen, um diese effektiv nutzen zu können. Zudem ist eine geeignete Leistungselektronik erforderlich, damit die Motoren richtig funktionieren. Eine Leistungselektronik wird in Zukunft jedoch auch bei Drehstrom-Asynchronmaschinen vermehrt erforderlich sein, da ansonsten gesetzliche Vorgaben nicht eingehalten werden, die Motoren nicht richtig funktionieren oder der Anlagenbetreiber dies einfordert, damit er seine Betriebskosten senken kann.



Neue Chancen dank Elektronik und Software

Der Einsatz von Leistungselektronik zur Ansteuerung des Motors bringt neben einem optimierten Betrieb ([Anlauf](#), [Energieeffizienz und Teillastbetrieb](#), [Überlastfähigkeit](#)) auch Möglichkeiten zur Analyse des Antriebsstrangs.

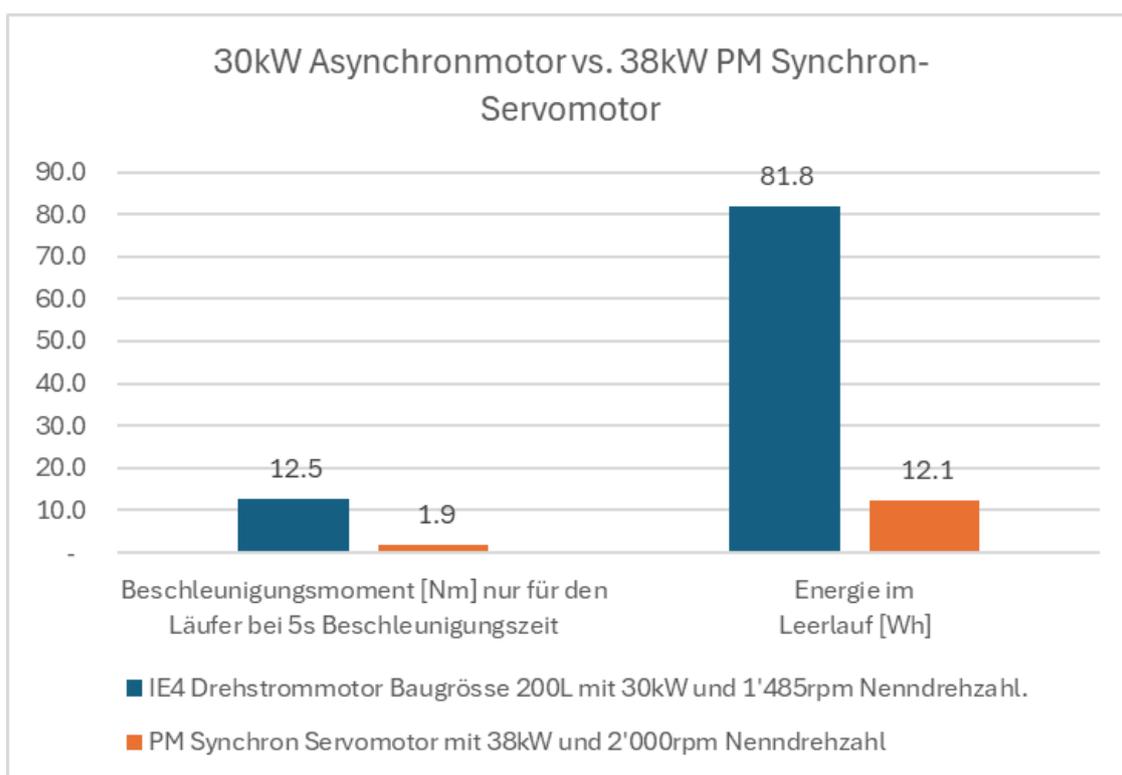
Dadurch können Folgeanlage massgeschneidert ausgelegt und bei der Dimensionierung mit Daten aus produzierenden Anlagen abgeglichen werden. Leistungsgrenzen können so besser bestimmt und Überdimensionierungen aus Unsicherheiten in der Planungsphase korrigiert werden. Dadurch spart der Maschinenbauer bei den Herstell- und der Anlagenbetreiber bei den Betriebskosten.

Die Auswirkungen im Leerlauf

Wie bereits erwähnt, führt ein kleineres Massenträgheitsmoment dazu, dass weniger Drehmoment zum Beschleunigen benötigt wird. Zudem reduzieren sich die Energie- und Anschlusskosten.

Hierzu ein Vergleich mit Daten eines typischen IE4 Drehstromasynchronmotors und eines PM Synchronservomotors.

Bein IE4 Drehstromasynchronmotor wird gegenüber dem PM Synchronservomotor, eine **siebenfach höhere Leistung** benötigt, nur um die Motorwelle mit Nenndrehzahl zu rotieren.



Weshalb ein konstantes Drehmoment wichtig ist

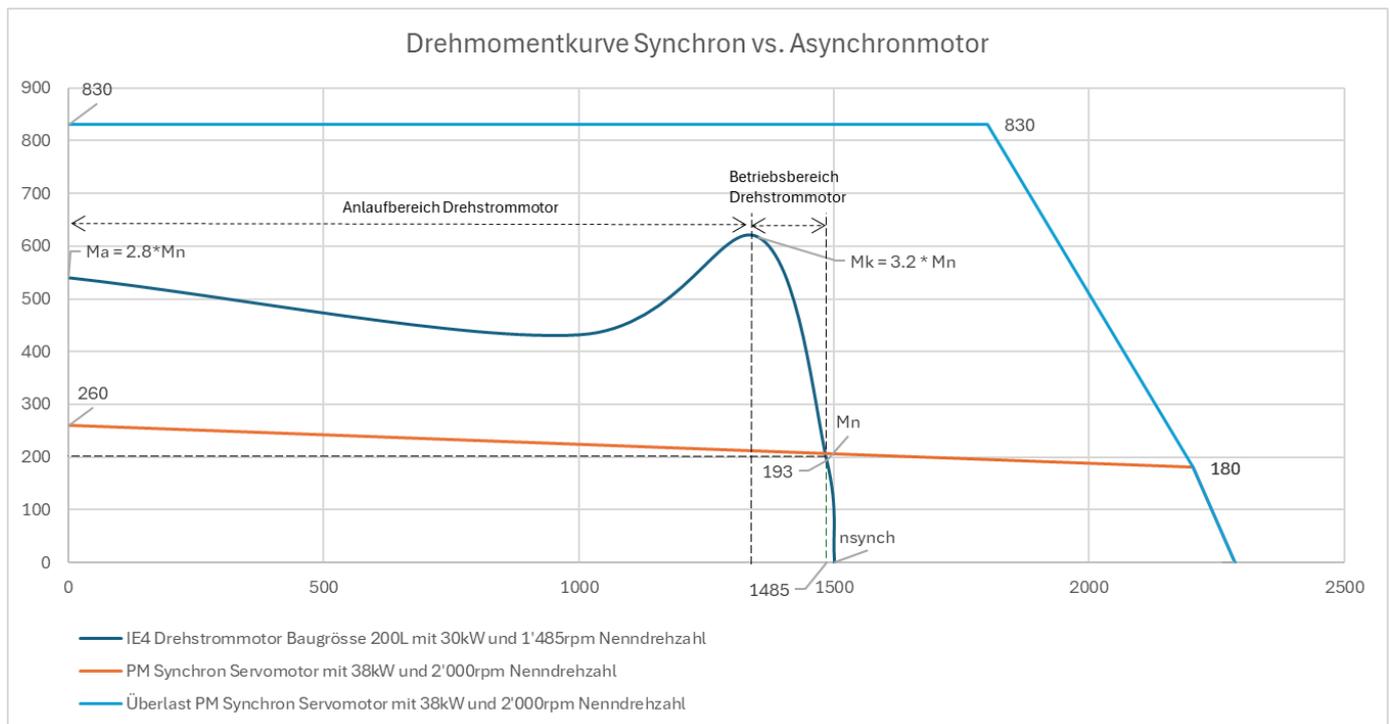
Im Gegensatz zu Asynchronmotoren ist das Nenn- und Spitzendrehmoment bei PM Synchronservomotoren nahezu konstant und steht bereits ab Stillstand zur Verfügung. Deshalb sind PM Synchronservomotoren für Anwendungen besser geeignet, bei denen die Drehzahl schwanken kann, das volle Drehmoment aber trotzdem von Beginn weg über einen breiten Drehzahlbereich konstant zur Verfügung stehen soll.

Dies erlaubt eine grössere Überlast beim Anfahren unter Last, zum Beispiel wenn Störstoffe im Zerkleinerungsgut vorhanden sind.

Für Schredder bedeutet dies, dass durch die Unabhängigkeit des Moments von der Drehzahl auch bei einer Verlangsamung der Welle ein konstantes Drehmoment abgegeben werden kann. Dadurch kann der Anlagendurchsatz bei einer grösseren Bandbreite an Störstoffen konstant gehalten werden und es muss weniger reversiert werden.

Generell führt die konstante Überlastfähigkeit zu einem unterbrechungsfreieren Zerkleinerungsprozess (keep on running).

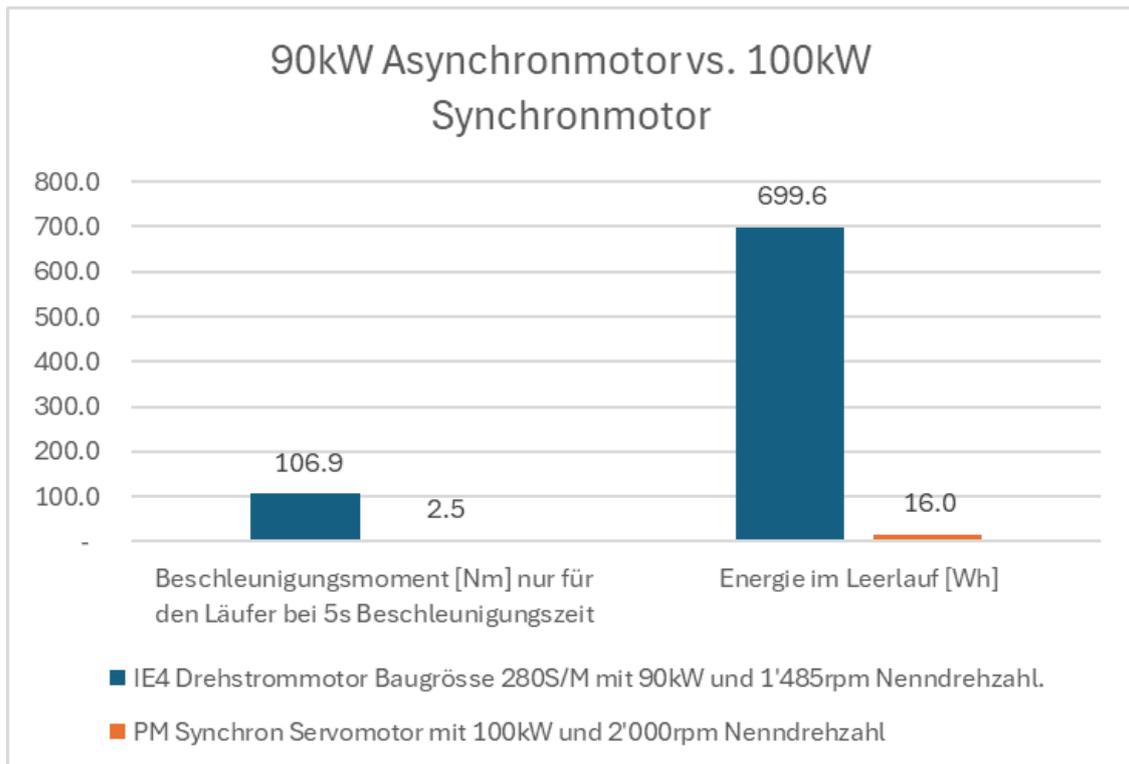
Die nachfolgenden Kennlinien zeigen die Drehmomentkurven eines IE4 Drehstromasynchronmotors im Vergleich zu einem PM Synchronservomotor.



Den Anlaufstrom in den Griff bekommen zahlt sich aus

Der Anlaufstrom ist bei PM Synchronservomotoren grundsätzlich kleiner als bei vergleichbaren Asynchronmotoren, da kein elektrisches Feld im Rotor aufgebaut werden muss. Mittels Antriebsregler kann zudem das Anlauf- und Betriebsverhalten, respektive der Anlaufstrom kontrolliert gesteuert werden. Dadurch reduzieren sich die Anschluss- und Betriebskosten.

Bauartabhängig ist der Anlaufstrom bei einer Drehstrom-Asynchronmaschine ungefähr Faktor 5 - 12-Fach dem Nennstrom. Mittels Anlassverfahren, wie beispielsweise Stern-Dreieck-Schaltung, kann der Anlaufstrom reduziert werden. Dieses einfache Anlaufverfahren benötigt ein paar Schütze und Verdrahtungsaufwand. Alternativ können auch Soft-Starter oder Frequenzumrichter verwendet werden, um den Anlaufstrom zu begrenzen.



Durch mehr Effizienz weniger Kostendruck

Wird ein Motor an einem Umrichter betrieben, kann ermittelt werden, ob der Motor richtig dimensioniert wurde oder ob der Antrieb noch optimiert werden kann. Ohne Umrichter bedarf es dazu entsprechender Messmittel. Zu beachten gilt, dass der Wirkungsgrad bei einem überdimensionierten Drehstrommotor im Teillastbetrieb sich stark verschlechtert. Wohingegen dies bei einem PM Synchronservomotor weniger ins Gewicht fällt. Ein überdimensionierter Motor bedeutet überdies höhere Beschaffungs- und Herstellkosten. Deshalb ist es sowohl für den Maschinenbauer als auch für den Anlagenbetreiber vorteilhaft, dass Motoren möglichst passgenau für die Anlage dimensioniert sind.

Der Einsatz von Leistungselektronik zur Ansteuerung des Motors bringt neben der optimierten Ansteuerung ([Anlauf](#), [Teillast](#), [Überlastfähigkeit](#)) auch Analysemöglichkeiten. Mit Daten von produzierenden Maschinen können Folgeanlagen optimiert werden. Leistungsgrenzen können dadurch genauer definiert und Überdimensionierungen aus Unsicherheiten in der Planungsphase korrigiert werden.



Smart sparen im Maschinenbau

Die mechanische Abstimmung der einzelnen Komponenten im Antriebsstrang ist essenziell für die Lebensdauer der Maschine. Dabei kommt es einerseits auf die erwartete Zerkleinerungsleistung an, als auch auf die möglichen Überlastsituationen und deren Häufigkeit, sprich sind Störstoff zu erwarten. Durch die Möglichkeiten mit PM Synchronservomotoren kann die Belastung von Antriebselementen in Grenzen gehalten werden und kann helfen, Kosten zu sparen.

Wenn Störstoffe auf die Welle gehen

Sind Störstoffe vorhanden, wie z.B. Metallteile, können sehr heftige Lastwechsel auftreten. Je grösser das Massenträgheitsmoment des Motors, desto grösser der Einfluss von Störstoffen auf die mechanischen Komponenten wie Wellen, Kupplungen, Lager, etc.

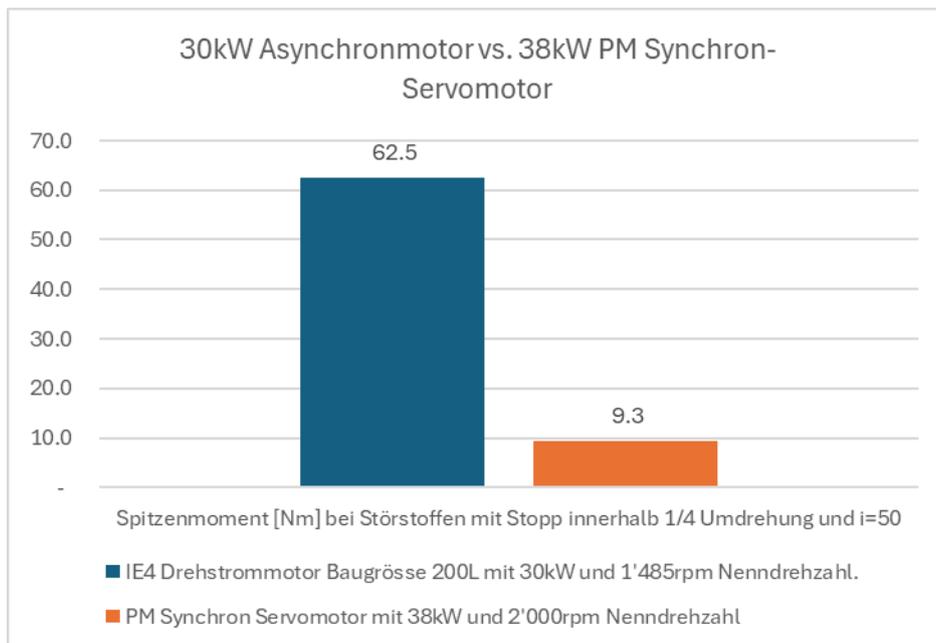
Blockiert eine Welle bis zum völligen Stillstand, beispielsweise innerhalb einer Viertelumdrehung, führt dies zu massiv höheren Drehmomenten als im regulären Betrieb.

$$E = J * \frac{\omega^2}{2}$$

Die Energie, welche in diesen Fällen abgebaut wird, entspricht der Trägheit mal das halbe Geschwindigkeitsquadrat. Bei einem siebenmal kleineren Massenträgheit des Rotors, können auch die Kupplungs- und Übertragungselemente entsprechend kleiner dimensioniert werden.

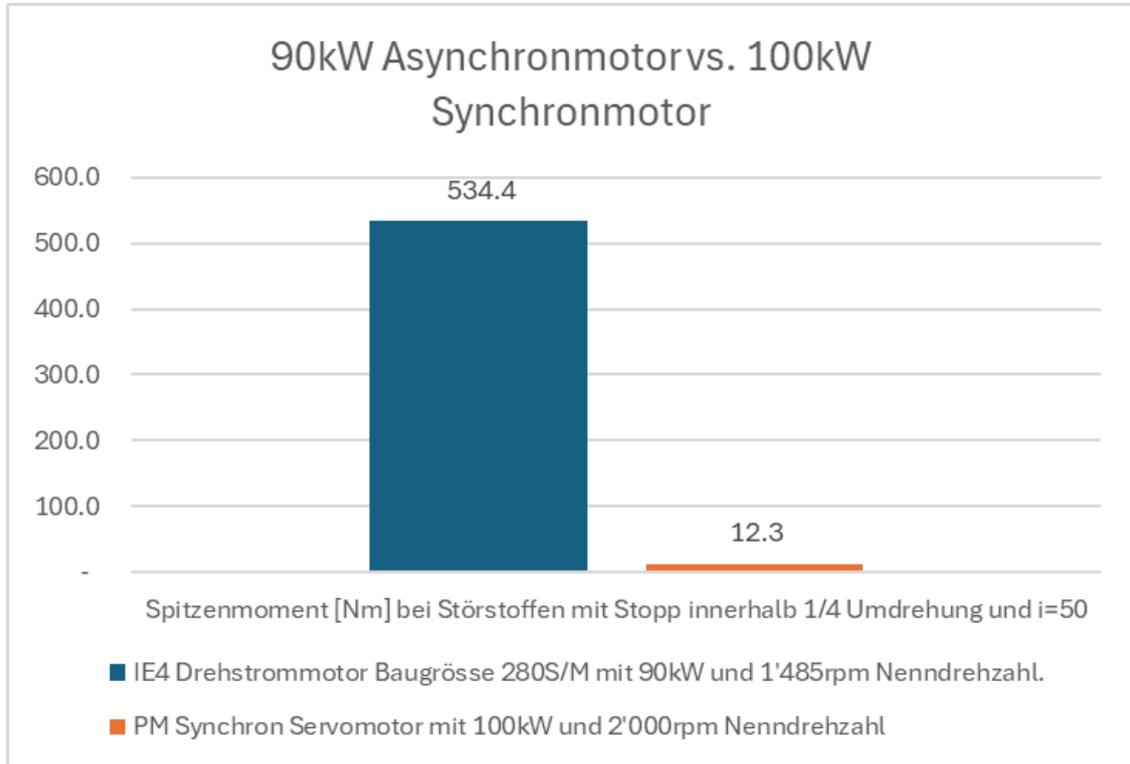
Für die Maschinenbauer bedeutet dies, direkte Kosteneinsparungen bei der Komponentenauswahl.

Vergleich der Spitzendrehmomente Drehstrommotor / PM Synchronservomotor bei Blockade:



Welchen Nutzen hat der Anlagenbetreiber

Das Anlauf- und Betriebsverhalten von PM-Synchronservomotoren ermöglicht einen konstanteren Betrieb von Schredder-Anlagen und schont im Vergleich zu Drehstrommaschinen die Mechanik. Durch die reduzierte mechanische Belastung lässt sich die Anlagenverfügbarkeit und der Durchsatz erhöhen.



Kompakter und leichter = geringere Kosten

Physikalisch bedingt können PM-Synchron-Servomotoren bei gleicher Leistung kompakter gebaut werden als vergleichbare Drehstrom-Asynchronmaschinen. Daraus ergibt sich ein geringeres Gesamtgewicht, was wiederum das Handling, die Lagerhaltung und den Transport vereinfachen und somit die Gesamtkosten senken.



Kurzum

- Maschinenelemente können anders dimensioniert und wirtschaftlicher hergestellt werden und helfen dadurch dem Maschinenbauer Kosten zu sparen.
- Kompaktere Abmessungen und weniger Gewicht senken Kosten bei der Herstellung, im Betrieb und beim Transport der Anlage.
- Der hohe Wirkungsgrad und die technischen Eigenschaften werden auch in Zukunft die gesetzlichen Anforderungen an Energieeffizienz erfüllen und bieten daher Investitionsschutz.
- Aufgrund der reduzierten Belastungen können Stillstandzeiten, Unterhaltsarbeiten und Ausfälle während des Betriebs der Anlage reduziert werden.
- Dank hohem Wirkungsgrad und weniger Massenträgheit werden im Betrieb Energiekosten eingespart, dies auch im Teillastbetrieb.
- Ein optimiertes Anlaufverhalten und niedrigere Anlaufströme senken Kosten bei der Installation und im Betrieb der Anlage.
- Die verbesserte Überlastfähigkeit erlaubt ein konstanteres Zerkleinern und erhöht damit den Anlagendurchsatz, sprich weniger Reversieren für eine erhöhte Laufruhe im Betrieb.

Kontakt

Oxni GmbH
Klosterstrasse 34
8406 Winterthur
CHE-273.851.236 MWST

shop.oxni.ch
info@oxni.ch
+41 52 551 00 40

