

Inhalt:

1. Einleitung
2. Wirkungsgrad von geberlosen PM-Synchronmotoren am Frequenzumrichter
3. Wirkungsgradoptimierte Getriebelösungen
4. Antriebslösungen mit vielen Vorzügen für den Anwender
5. Vergleich zu bisherigen Antriebslösungen
6. Ausblick

1. Einleitung

Bei der Kaufentscheidung für moderne Antriebssysteme spielen neben dem Preis viele weitere Kriterien wie

- Inbetriebnahmeaufwand
- Energieverbrauch
- Wartungsfreiheit
- Lebensdauer
- Service und Austauschbarkeit
- Reparaturfreundlichkeit
- Zuverlässigkeit
- Verfügbarkeit weltweit
- Bauvolumen
- Gewicht
- Entsorgungskosten

eine ganz entscheidende Rolle. Vor allem die Lebenszykluskosten werden zunehmend genauer von den Anlagenbetreibern unter die Lupe genommen. In Bild 1 sind die Kostenverläufe zweier Varianten schematisch über der Zeit dargestellt. Vor diesem Hintergrund werden künftig andere, zum Teil deutlich hochwertigere Technologien zum Zuge kommen, als dies heute der Fall ist.

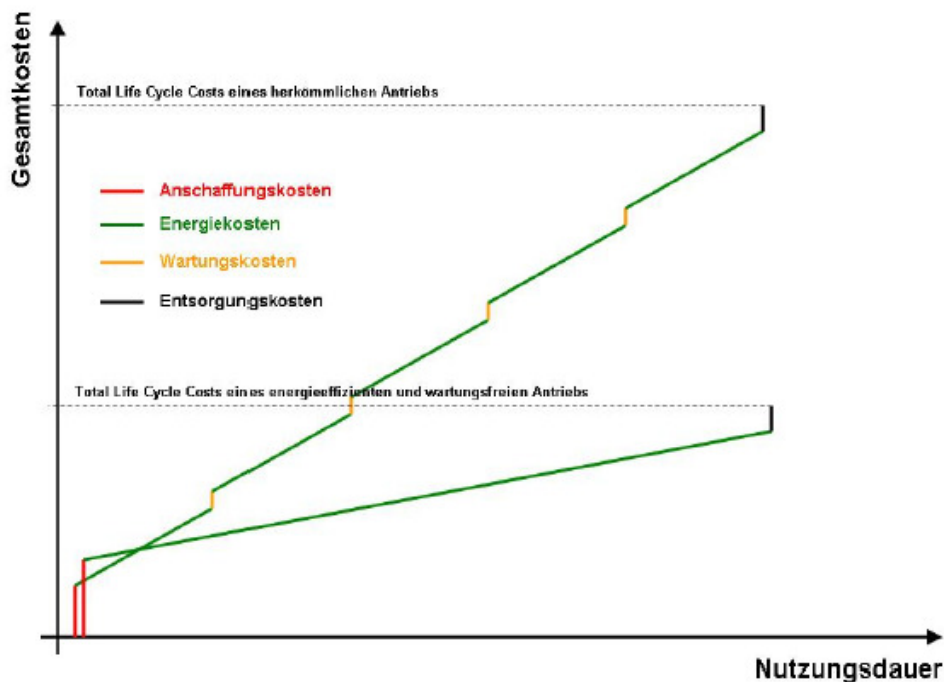


Bild 1: Lebenszykluskosten im Vergleich

Die Erfüllung der oben genannten Anforderungen wird für das Gros aller Anwendungen zukünftig durch Antriebe erreicht, die aus einem geeigneten Frequenzumrichter, einem geberlos betriebenen Permanentmagnet-Synchronmotor (PM-Synchronmotor) und einem wirkungsgradoptimierten Getriebe bestehen.



Bild 2: Neuer PM-Synchron-Getriebemotor

2. Wirkungsgrad von geberlosen PM-Synchromotoren am Frequenzumrichter

In der Industrie sind unterschiedlichste Typen von Elektromotoren im Einsatz (Bild 3). Am weitesten verbreitet sind die Drehstrom-Asynchronmaschinen und die Permanentmagnet-Synchronmaschinen.

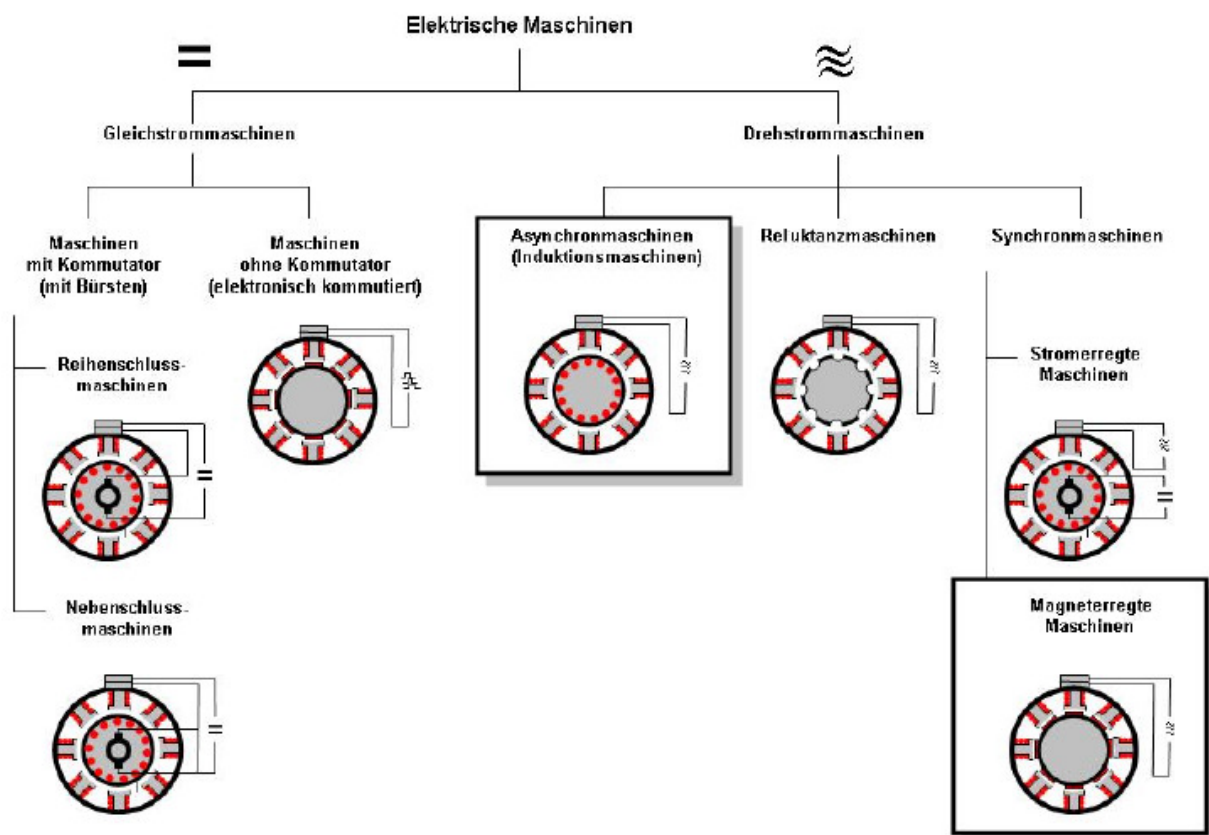
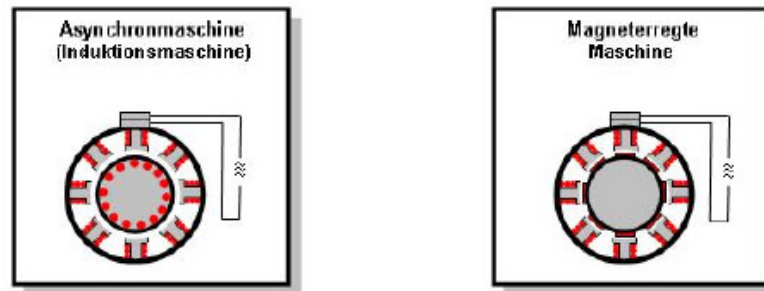


Bild 3: Übersicht der in der Industrie gängigen Elektromotorbauformen

Diese Maschinen unterscheiden sich in der Leistungsdichte aber insbesondere auch in dem erreichbaren Wirkungsgrad (Bild 4). Durch die geringen Verluste im Läufer sind die Permanentmagnet-Synchronmaschinen selbst gegenüber IE2-Asynchronmaschinen hier deutlich im Vorteil (Bild 5).



Nennleistung:	2,2 KW	2,1 KW
Nenndrehzahl:	1400 U/min	1500 U/min
Nenndrehmoment:	15 Nm	13,4 Nm
Maximaldrehmoment:	28,5 Nm	48 Nm
Nennspannung:	380 V	340 V
Nennstrom:	5,5 A	4,3 A
Maximalstrom:	30,2 A	18,0 A
Betriebswirkungsgrad:	76 % (IE 1), 83 % (IE 2)	92 % (besser IE 3)
Gewicht:	17 kg	11,8 kg
Bauvolumen:	$6,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$	$3,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Bild 4: Vergleich Technische Daten Asynchronmotor und PM-Synchronmotor

Mit der Möglichkeit Permanentmagnet-Synchronmaschinen geberlos am Frequenzumrichter zu betreiben, ist diese Maschinenbauform für eine Vielzahl von Anwendungen interessant. Nicht nur in Servoanwendungen, sondern auch bereits in untergeordneten Anwendungen, wie Transport- und Zuführsysteme.

Auf Basis einer bewährten, modernen Standard Servo-Maschine aus dem Programm DSC045 bis DSC100 der Firma Baumüller, wurde eine entsprechende Permanentmagnet-Synchronmaschine abgeleitet (Bild 6). Die Motoren werden auf hochmodernen Produktionsanlagen gefertigt und sind elektrisch, wie mechanisch optimiert. Besonders hervorzuheben sind die vergossenen Statorwicklungen, die die Maschine sogar weitgehend unempfindlich gegen eindringende Flüssigkeiten macht und außerdem eine höhere Leistungsdichte zulässt.

Die Motoren lassen sich heute mit entsprechender Umrichtertechnik geberlos betreiben. Voraussetzung hierfür ist die Fähigkeit des Gerätes Phasenspannungen und –ströme auszuwerten und auf Basis eines hinterlegten Motormodells eine saubere Vektorregelung aufzubauen.

Frequenzumrichter, die für diese geberlosen Regelungsverfahren geeignet sind, werden zum Beispiel von Baumüller angeboten.

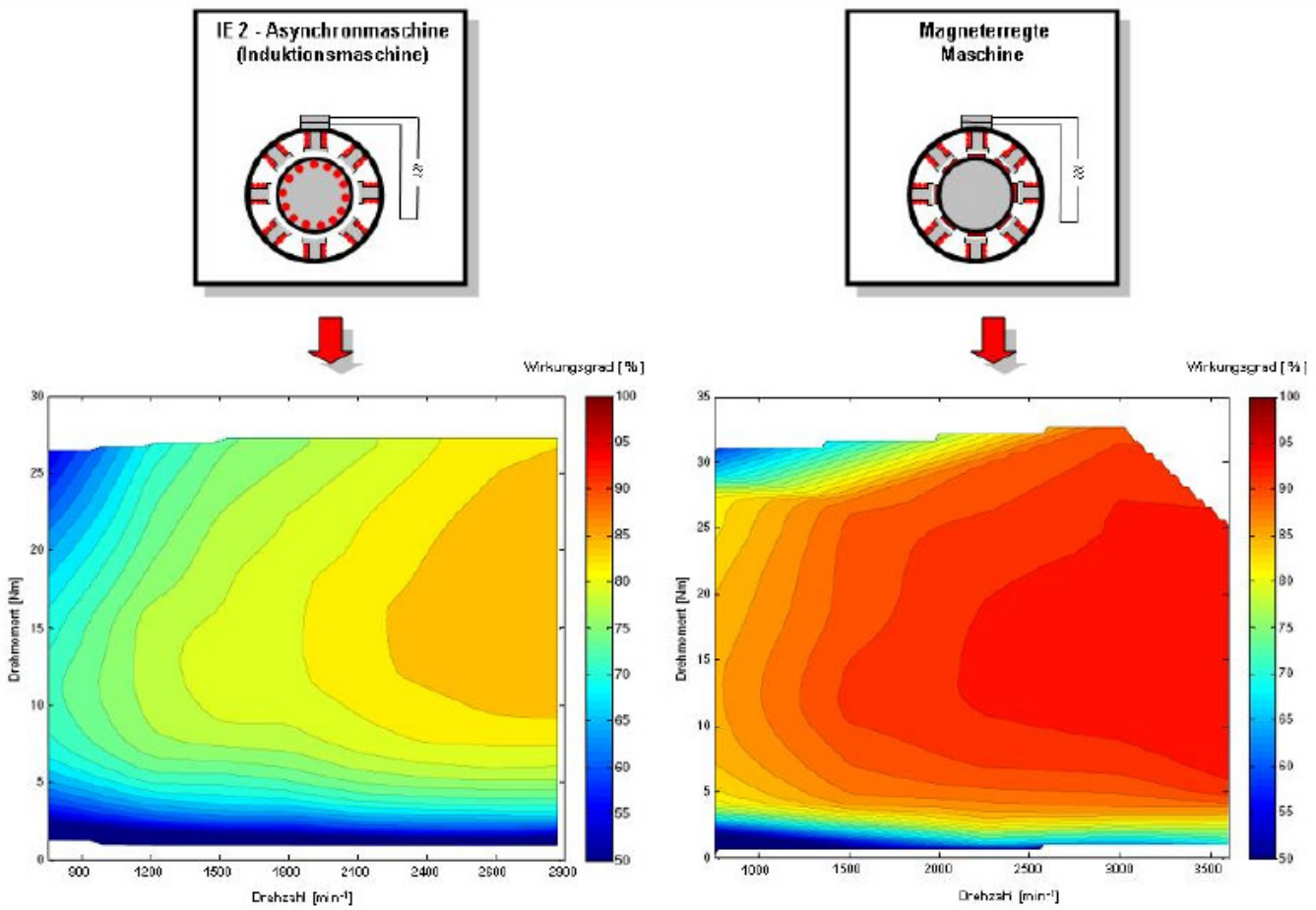


Bild 5: Vergleich der Wirkungsgrade IE 2 - Asynchronmotor und PM - Synchronmotor

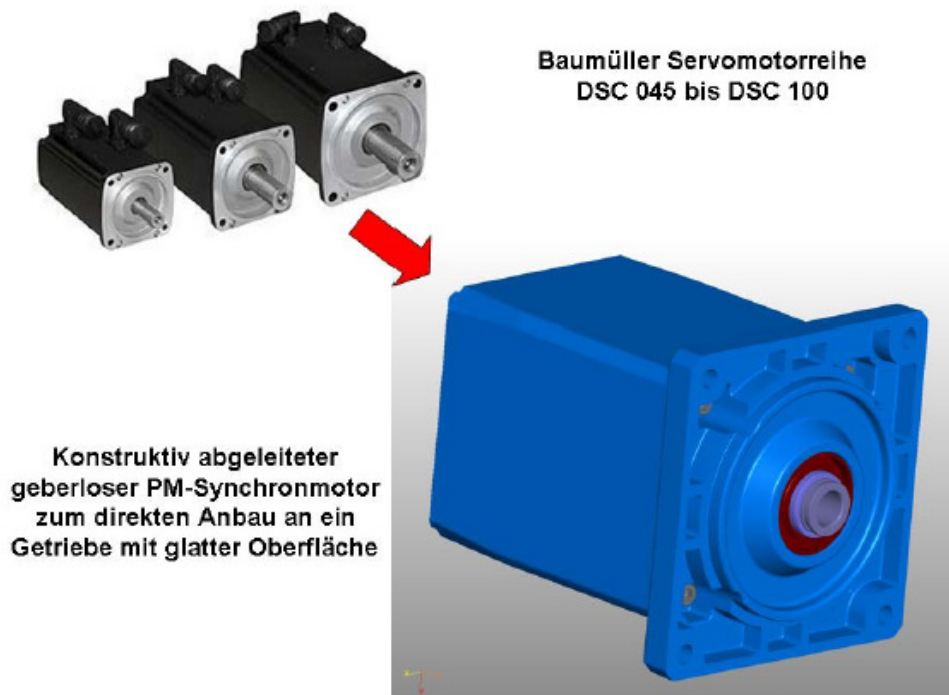


Bild 6: Standard Servomotoren der DSC-Reihe und neu entwickelter PM-Synchronmotor

Soll der Gesamtantrieb bestehend aus Umrichter, Motor und Getriebe im Wirkungsgrad hervorstechen, muss selbstverständlich auch das Getriebe optimiert sein, was bedeutet

- Überdimensionierung im System vermeiden
- Minimale Anzahl von Getriebestufen vorsehen
- Bevorzugter Einsatz von Kegel- und Stirnradstufen (Schneckenstufen sollten nur mit kleinen Übersetzungen verwendet werden)
- Kugellager sind Rollenlagern vorzuziehen
- Dichtringe sind in reibungsoptimierter Ausführung einzusetzen
- Ölstand und Ölviskositäten sind möglichst niedrig zu wählen

Unter Berücksichtigung aller genannten Ansätze hat ZAE ein 2-stufiges Kegel-Stirnradgetriebe entwickelt, welches in Kombination mit dem integrierten PM-Synchronmotor der Firma Baumüller für die Branche richtungweisende Betriebswirkungsgrade erreicht (Bild 7).

Die auf dem Prüfstand gemessenen Gesamtwirkungsgrade reichen bis an 90 % heran. In Form eines Muscheldiagramms kann eindrucksvoll belegt werden, in welchen Größenordnungen sich der Wirkungsgrad abhängig vom jeweiligen Betriebspunkt einstellt. Beispielhaft ist dies für einen Antrieb mit ca. 2 KW Nennleistung und einem Nenndrehmoment von 213 Nm dargestellt (Bild 8).

Der Anlagenbetreiber kann bei einer angenommenen vollen Leistung von 2,1 KW im Vergleich zu einem herkömmlichen Antrieb ca. 350 Watt Verlustleistung einsparen. Das sind bei Volllastung der Anlage 1850 KWh im Jahr. Je nach Stromtarif kann dies eine Einsparung bis zu 340 € je Antrieb im Jahr erbringen, womit der Mehrpreis für den Antrieb sich sehr schnell amortisiert hat. Bei großen Anlagen mit vielen Antrieben und Mehrschichtbetrieb können somit schnell fünfstelligen Beträge an Einsparungen im Jahr zusammen kommen.



Bild 7: Wirkungsgradoptimierter Getriebemotor im Einsatz beim Kunden

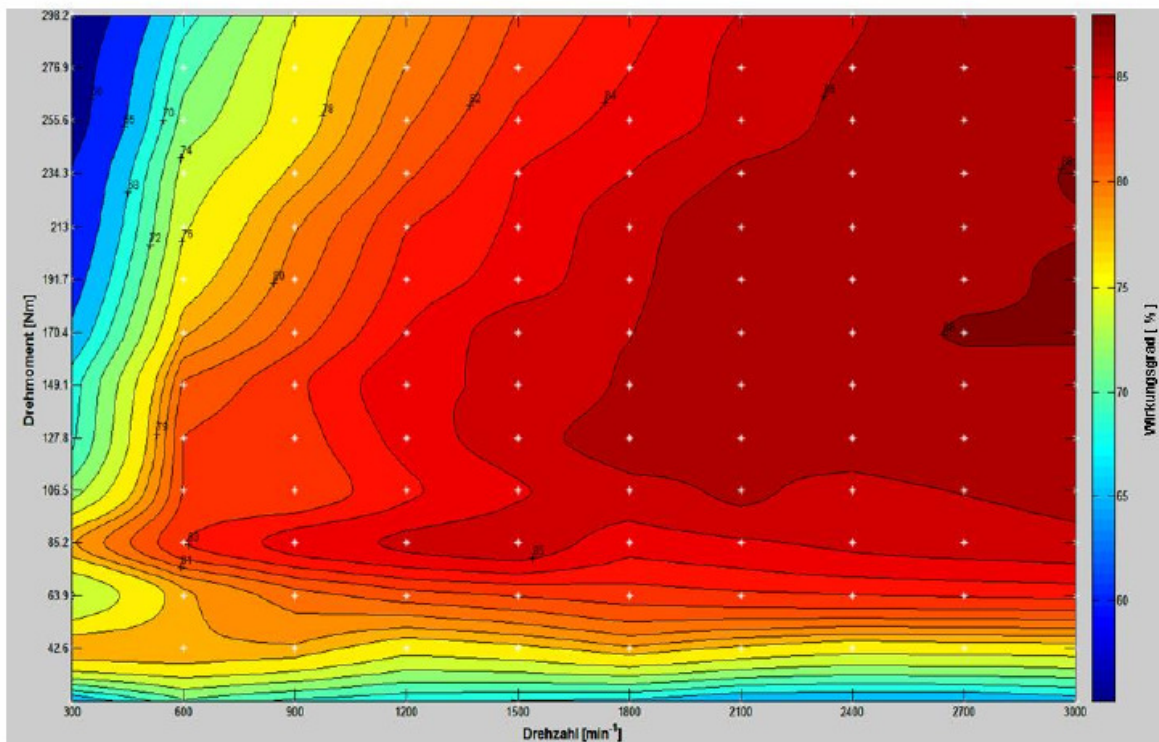


Bild 8: Wirkungsgradkennfeld des Getriebemotors in Form eines Muscheldiagramms

4. Antriebslösungen mit vielen Vorzügen für den Anwender

Für viele aseptische Anwendungen, nicht nur in der Lebensmittel-, Getränke- oder Pharmaindustrie, ist die Reinigungsfähigkeit von Oberflächen wichtig. Diese Anforderung erfüllt der neue Antrieb in nahezu idealer Weise. Es gibt keine Schmutzecken, in denen sich Dreck und Keime sammeln können. Der Antrieb kann auf Wunsch auch mit speziellen Lackierungen für die Lebensmittelbranchen versehen werden.

Die überaus günstigen Wirkungsgrade erlauben den Verzicht auf Kühlrippen und Lüfter, die das Design und die Reinigungsfähigkeit beeinträchtigen. Kühlrippen und Lüfter gehören ohne hin nicht in den Aseptikbereich. Selbst bei voller Leistung steigen die Oberflächentemperaturen nicht über 75° C an.

Die Antriebe sind zudem praktisch wartungsfrei. Der verwendete Schmierstoff, wahlweise PG H1 oder H2 macht einen Ölwechsel theoretisch erst nach weit über 20.000 h erforderlich. Das Getriebe ist, solange keine Ölverluste auftreten, wartungsfrei.

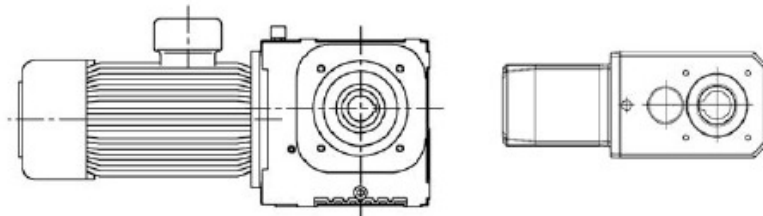
Die Getriebemotoren sind als Aufsteckversion konzipiert. Das heißt, dass die Einheit auf eine Maschinenwelle aufgesteckt und im Regelfall über eine einfache Drehmomentstütze abgefangen wird. Dabei ist die Orientierung des Antriebes in 90°-Winkelschritten frei wählbar.

Die Kosten und die Störanfälligkeit des Systems sind durch den Fortfall des Gebers, des Geberkabels, des Gebersteckers sowie der Geber-Interfacekarte am Umrichter gegenüber einem Servoantrieb deutlich reduziert.

Dies alles führt in Summe zu einer deutlichen Verringerung der Lebenszykluskosten einer Einheit. Der Preis je Getriebemotor ist im Vergleich zu einer herkömmlichen Antriebseinheit etwas höher. Aber durch den reduzierten Energieverbrauch, den geringen Wartungsaufwand und die minimale Störanfälligkeit haben sich die Mehrkosten bereits nach kurzer Zeit amortisiert.

5. Vergleiche zu bisherigen Antriebslösungen

Im Vergleich zu der bisherigen Antriebslösung für einen konkreten Anwendungsfall zeigen sich deutliche Unterschiede in den spezifischen Daten der Antriebe, die die Vorteile der neu entwickelten Lösung nochmals hervorheben (Bild 9). Vor allem konnte auch durch die großen nutzbaren Stellbereiche der Motoren die Zahl der notwendigen Motorvarianten und Übersetzungsvarianten deutlich begrenzt werden, was in der Praxis zusätzliche Einsparungen ermöglicht. Das reduzierte Gewicht der Einheit vereinfacht zudem Handling und Montage.



	Alte Antriebslösung	Neue Antriebslösung
Motortyp	Asynchronmotor (IE 1)	PM-Synchronmotor
Motornennleistung [kW]	2,2	2,1
Motornendrehzahl [min ⁻¹]	1500	1500
Motornendrehmoment [Nm]	15,0	13,4
Motorgewicht [kg]	20,0	11,8
Motorvolumen [cm ³]	9200	3000
Nennabtriebsmoment [Nm]	400	400
Getriebemotorgewicht [kg]	40,0	23,0
Getriebemotorvolumen [cm ³]	17900	8200
Leistungsgewicht [W/kg]	55,0	91,3
Leistungsvolumen [W/cm ³]	0,12	0,26
Gesamtwirkungsgrad [%]	65 - 70	85 - 90

Bild 9: Vergleich eines älteren und des neuen Antriebskonzeptes

6. Ausblick

Es ist daran gedacht dieses Antriebskonzept in eine Getriebemotorreihe im Drehmomentbereich 100 bis 800 Nm künftig standardmäßig zu vertreiben. Die angebotenen Übersetzungen sollen jeweils von ca. 6:1 bis ca. 37:1 reichen.

Für besondere Ansprüche können die Motoren im gleichen Design selbstverständlich auch mit Geber oder auch mit einer Haltebremse geliefert werden