

## Einsatz bürstenloser Motoren in autonomen Fahrzeugen

Angesichts technologischer Entwicklungen wie IoT (Internet of Things) oder Industry 4.0 suchen Hersteller nach intelligenten Wettbewerbsvorteilen. Ein Beispiel dafür ist der wachsende Trend zu fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) und autonomen mobilen Robotern (AMR) sowie die Zunahme von automatischen Lager- und Bereitstellungssystemen sowohl in Lagerhäusern als auch in Produktionsstätten. Dieser Beitrag zeigt, warum bürstenlose Gleichstrommotoren bei der Konstruktion von FTF und AMR von Vorteil sind.

### Unterschied zwischen FTF und AMR

FTF und AMR sind mobile autonome Fahrzeuge, die in erster Linie zum Transport von Produkten oder Materialien in einem Lager oder einer Produktionsstätte eingesetzt werden. Sie tragen zur Erhöhung von Sicherheit, Effizienz und Produktivität bei, gleichzeitig werden Produktschäden und Kosten reduziert. Größere, manuell betriebene Fahrzeuge können so beispielsweise durch kleinere FTF oder AMR ersetzt werden, wodurch die Lagerdichte maximiert wird. Diese autonomen Fahrzeuge können in zwei Kategorien unterteilt werden: Fahrzeuge mit unterstützter Navigation (assisted navigation) und welche mit intelligenter Navigation (smart navigation).

### Unterstützte Navigation

Ein FTF wird durch eine Reihe von Markierungen geführt, die von Sensoren erfasst werden können. Einige Anwendungen erfordern möglicherweise mehrere Arten von Markierungen, damit das FTF navigieren kann. Die beliebteste Navigationsmethode ist die Lasertriangulation. Bei dieser Methode tastet der Lasersensor auf dem FTF reflektierende Objekte ab, die an definierten Stellen im Arbeitsbereich platziert sind (Abb. 1). Das Fahrzeug trianguliert die Signale von den reflektierenden Objekten und berechnet mit einem Algorithmus seine genaue relative Position und den Weg. Andere Navigationsmethoden sind Trägheitsnavigation, Gitternavigation, Magnetbandnavigation, Navigation mit eingebettetem Draht, Kartennavigation und optische Navigation. Diese Methoden unterscheiden sich durch die Art der verwendeten Sensoren oder Markierungen.

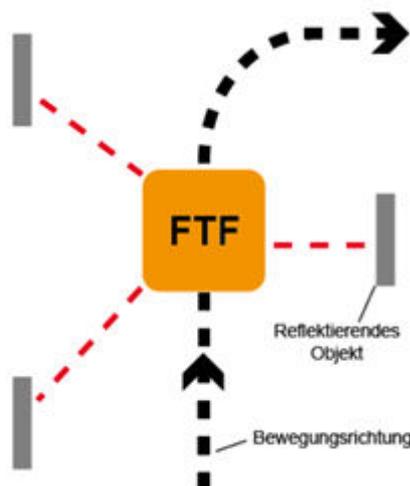


Abb. 1: Unterstützte Navigation

Beispiele für den Einsatz unterstützter Navigation sind fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) oder lasergeführte Fahrzeuge.

## Intelligente Navigation

Im Gegensatz dazu wird ein AMR nicht gelenkt und ist unabhängig von Markierungen oder reflektierenden Objekten. Dies ist hilfreich, wenn reflektierende Objekte oder Magnetmarkierungen nicht angebracht werden können. Diese neueren, intelligenteren AMR umfassen 2D- oder 3D-Kartierung sowie hochentwickelte Kameras, Sensoren und Algorithmen, um mehr eigene Entscheidungen treffen zu können. AMR verwenden oft Lidar-Sensoren (light detection and ranging). Diese verwenden gepulste Laser und hochempfindliche Detektoren zur Vermessung und Abstandsmessung von Objekten. Dies hilft bei gleichzeitiger Lokalisierungs- und Kartierungstechnologie, um sowohl eine Karte aus einer unbekanntem Umgebung zu erstellen als auch eine Position innerhalb dieser Karte zu erhalten. Mit dieser fortschrittlichen Steuerung können AMR ihren eigenen Weg bestimmen, um Hindernissen auszuweichen (Abb. 2).

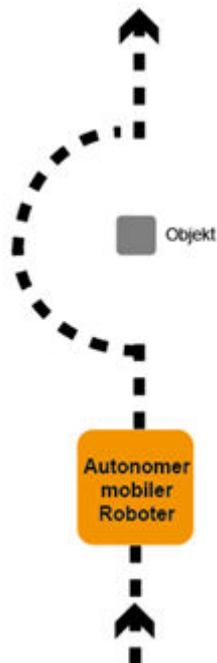


Abb. 2: Intelligente Navigation

Beispiele für den Einsatz intelligenter Navigation sind autonome mobile Roboter (AMR) oder autonome intelligente Vehikel (AIV).

## FTF/AMR-Konstruktion

Bei der Konstruktion von FTF bzw. AMR gibt es fünf zentrale Gruppen: Batterie, Controller, Sensoren, periphere Mechanik und Antriebsstrang.

1. Die Batterie ist die Stromquelle, welche die notwendige Energie für alle elektrischen Komponenten des Fahrzeugs liefert. Zu den verwendeten Batterietypen gehören Bleiakkumulatoren, Nickel-Cadmium-Akkumulatoren, Lithium-Ionen-Akkumulatoren, induktive Energie und Brennstoffzellen. Bevor die Batterie erschöpft ist, bieten einige FTF/AMR ein Umschalten der Batterien an, um den Betrieb fortzusetzen. Einige können so programmiert werden, dass sie zu einer Ladestation zurückkehren.

2. Der Controller übernimmt die Funktion eines Gehirns für das FTF/AMR. Eine SPS, PAC oder IPC verarbeitet eingehende Sensordaten und enthält die notwendige Programmierung, um autonom zu arbeiten. Für die Dateneingabe wird eine HMI-Programmierschnittstelle wie z. B. ein Touchscreen oder eine Bedientafel verwendet.

3. Verschiedene Arten von Sensoren fungieren als die Augen des Fahrzeugs, die Daten über die Fahrzeugumgebung liefern. Hindernisse können auf zwei Weisen erkannt werden: optische Erkennung mit Lasersensoren oder mechanische Stoßstangenerkennung mit Drucksensoren. Darüber hinaus werden Encoder, Resolver oder Hall-Effekt-Sensoren zur Berechnung der zurückgelegten Strecke sowie zur Überprüfung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs verwendet.

4. Jede Bewegung außerhalb des Antriebsstrangs wird als periphere Mechanik definiert. Bei den meisten Fahrzeugen gibt es einen Hubmechanismus zum Anheben der Last, eine Tür oder einen Arm, die ihrerseits von Motoren oder Aktuatoren angetrieben werden.

5. Der Antriebsstrang enthält Antriebswellen, Räder, Elektromotoren und Getriebe. Diese Komponenten bewegen und lenken das Fahrzeug. Die Richtung des Fahrzeugs wird in der Regel durch synchronisierte oder unabhängige Rotation der Räder gesteuert.

## Konstruktion des Antriebsstrangs

Der Dreiradantrieb ist die gebräuchlichste Antriebskonstruktion. Ein Antriebsrad und zwei nicht angetriebene Räder werden in einem Dreieck ausgerichtet. Das einzige vordere Antriebsrad wird sowohl zum Lenken als auch zum Bewegen des Fahrzeugs verwendet. Ein Getriebemotor ist erforderlich, um das Antriebsrad zu drehen, und ein weiterer Motor ist zum Lenken erforderlich. Die drei Räder in dieser Konstruktion bieten genügend Manövrierfähigkeit für die meisten FTF/AMR-Anwendungen.

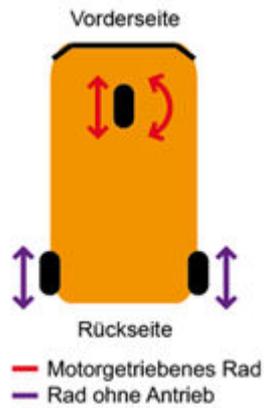


Abb. 3: Dreiradantrieb

Beim Differentialantrieb lenkt das Fahrzeug über Differenzgeschwindigkeit und Richtung zweier Antriebsräder. Dazu gehören zwei Getriebemotoren für die Antriebsräder. Der Differentialantrieb ist extrem manövrierfähig, da er sich um die Mitte des Fahrzeugs drehen kann, aber die Winkelpositionierung ist weniger präzise.

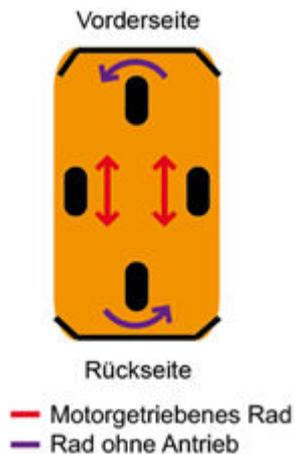


Abb. 4: Differentialantrieb

Der Vierfchantrieb verwendet zwei Lenk- und zwei Antriebsmotoren. Er ist auch extrem manövrierfähig, aber komplexer als andere Antriebskonstruktionen. Das Fahrzeug kann sich um die Mitte seiner Achse und auch seitlich bewegen.

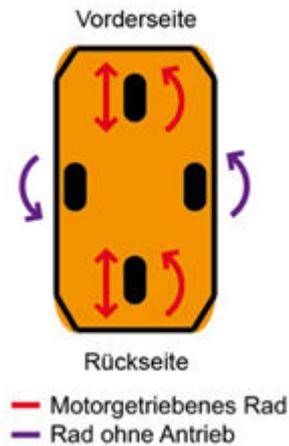


Abb. 5: Vierfachantrieb

## Warum bürstenlose Gleichstrommotoren?

### Batteriefreundlich & bessere Wärmeableitung

Batterien erzeugen eine Gleichspannung, was sie zu einer idealen Stromquelle für Gleichstrommotoren macht. Üblicherweise werden 24- oder 48-VDC-Batterien verwendet, mit denen bürstenlose Gleichstrommotoren problemlos arbeiten können. Hohe Betriebstemperaturen sind ein Problem für wärmeempfindliche Komponenten in einem FTF/AMR. Im Vergleich zu bürstenbehafteten Gleichstrommotoren bieten bürstenlose Gleichstrommotoren eine bessere Wärmeableitung, da sich die Wicklungen in der Regel außerhalb des Rotors befinden. Niedrigere Betriebstemperaturen können dazu beitragen, die Lebensdauer und den Arbeitszyklus der Motoren zu verlängern. Weitere Optionen sind Schrittmotoren und Servomotoren. Allerdings erzeugen konventionelle Schrittmotoren in der Regel recht viel Wärme, und die Leistung von Servomotoren ist mit höheren Kosten verbunden.

### Kompakter Aufbau

Die Minimierung des Platzbedarfs der Einzelkomponenten und des Fahrzeugs selbst ist für Anwendungen mit limitiertem Platz wichtig. Die kompakte Größe von bürstenlosen Gleichstrommotoren ist daher für FTF/AMR-Konstrukteure vorteilhaft.

Oriental Motor bietet bürstenlose DC-Getriebemotoren in einem besonders kompakten Gehäuse an. Die kürzere Länge und das breitere Motorgehäuse ermöglichen einen größeren Rotor mit höherer Trägheit, der im Vergleich zu herkömmlichen, langen, zylinderähnlichen bürstenlosen Gleichstrommotoren hohe Lastanwendungen bewältigen kann. Die Motorlänge ist im Vergleich zu bürstenbehafteten Motoren kürzer (Abb. 6).



Abb. 6: Gleichstrommotoren im Größenvergleich

## Keine Wartung oder Lichtbogenbildung

Um die Ausfallzeiten für FTF/AMR zu begrenzen, bieten bürstenlose Gleichstrommotoren einen Vorteil gegenüber bürstenbehafteten Gleichstrommotoren, da erstere keine Bürstenwartung erfordern. Bürsten verschleiben im Laufe der Zeit mit der Nutzung und müssen regelmäßig ersetzt werden. Bürstenlose Gleichstrommotoren verwenden keine Bürsten für die elektrische Kommutierung. Daher ist ihre nutzbare Lebensdauer deutlich länger, Arbeitskosten und Ausfallzeiten werden reduziert. Ohne den Staub von den Bürsten sowie ohne Lichtbogenprobleme können bürstenlose Gleichstrommotoren auch in mehr Umgebungen sicher eingesetzt werden als bürstenbehaftete Gleichstrommotoren. Durch die Verwendung eines Treibers zur elektrischen Kommutierung der Wicklungen anstelle der Bürsten erzeugen bürstenlose Gleichstrommotoren auch weniger elektrische Interferenzen und hörbare Geräusche als bürstenbehaftete Gleichstrommotoren.

## Großer Drehzahlbereich, flaches Drehmoment, Dauerbetriebscharakteristik mit geschlossenem Regelkreis

Bei der Bewegung von Objekten von A nach B muss ein FTF/AMR in der Lage sein, verschiedene Geschwindigkeiten bei konstantem Drehmoment zu bewältigen. Der weite Drehzahlbereich und die flache Drehmomentkennlinie der bürstenlosen Motoren ermöglicht den Konstrukteuren ein Maximum an Flexibilität. Bürstenlose Motoren können aufgrund ihrer hohen Effizienz ohne zusätzliche Kühlkörper im Dauerbetrieb betrieben werden, was die Produktivität steigert. Die Drehmomentkennlinie eines bürstenlosen Motors ist in Abbildung 7 dargestellt.

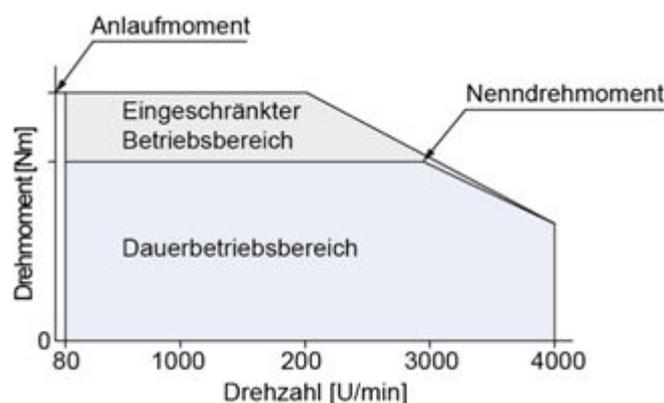


Abb. 7: Drehmomentkennlinie eines bürstenlosen Motors

Der geschlossene Regelkreis eines bürstenlosen Gleichstrommotors wird oft mit Rückmeldung durch Hall-Effekt-Sensoren erreicht. Diese Sensoren befinden sich auf der Rückseite des Motors und liefern dem Treiber ein Signal zur Drehzahlregelung. Die grundlegende Feedback-Auflösung bei den bürstenlosen Motoren von Oriental Motor beträgt 30 Impulse pro Umdrehung (PPR). Der Treiber kann Geschwindigkeitsabweichungen von +/- 0,5 % regulieren – damit wird eine Genauigkeit von Servomotoren erreicht.

## Motor-Feedback für Zonenregelung

Die Zonenregelung erfordert, dass ein Fahrzeug Objekte in verschiedenen Annäherungszonen erfasst, um das Warn- oder Stoppverhalten zu bestimmen. Wenn sich ein Hindernis in der Annäherungswarnzone des Fahrzeugs befindet, wird empfohlen, das Fahrzeug langsamer werden zu lassen und einen Alarm zur Benachrichtigung des Personals zu senden. Wenn sich ein Hindernis in der dem Fahrzeug am nächsten gelegenen Haltezone befindet, sollte das Fahrzeug sofort anhalten. Die Zonenerkennung kann vom Konstrukteur weiter angepasst werden.

Um eine Zonenerkennung zu erreichen, besteht die Möglichkeit der Rückmeldung. Die Antriebsmotoren benötigen eine ausreichende Feedback-Auflösung, um verschiedene Zonen innerhalb der Karte schnell zu erkennen. Motor-Feedback, z. B. ein Hall-Effekt-Sensor, kann dem Treiber digitale Impulse zur Verfolgung zurückgeben. Die Standard-Rückkopplungsauflösung von 30 Impulsen pro Umdrehung (PPR) an der Motorwelle kann mit der Getriebeuntersetzung multipliziert werden. Eine typische FTF/AMR-Anwendung benötigt ein hohes Drehmoment und eine niedrige Drehzahl, so dass für den Getriebemotor normalerweise hohe Getriebeuntersetzungen gewählt werden. Im nächsten Beispiel zeigen wir Ihnen, wie die Rückkopplungsauflösung von der Motorwelle in das Antriebsrad umgerechnet werden kann.

Spezifikationen:

30 PPR (am Motor)

Getriebeuntersetzung 50:1

Antriebsrad mit 25 cm Durchmesser

Umrechnungen:

1) Umrechnung von Motorwellenimpulsauflösung in Getriebewellenimpulsauflösung:  
 $30 \text{ PPR} \times 50:1 \text{ Getriebeuntersetzung} = 1.500 \text{ PPR}$

2) Umrechnung der Auflösung der Getriebewelle in Grad pro Impuls:  
 $360 \text{ Grad} / 1.500 \text{ PPR} = 0,24 \text{ Grad pro Impuls}$

3) Umrechnung von Grad pro Impuls in lineare Distanz pro Impuls:  
 $(25 \text{ cm} \times \pi) / 1.500 \text{ PPR} = 0,05 \text{ cm pro Impuls}$

In den meisten Fällen ist eine Auflösung von 0,05 cm für die Zonendetektion ausreichend

Beim Anhalten eines FTF/AMR kommen andere Faktoren wie der Nachlauf ins Spiel. Der Nachlauf bei bürstenlosen Motoren bei 2.500 U/min beträgt etwa 2,6 Umdrehungen an der Motorwelle, wenn innerhalb der zulässigen Lastträgheit

gearbeitet wird. Bei einem Rad mit 25 cm Durchmesser und einem 50:1-Getriebemotor entspricht dies 4,08 cm nach Ausgabe des Stoppbefehls.

$(2,6 \text{ Umdrehungen} / 50:1\text{-Untersetzung}) \times 25 \text{ cm} \times \pi = 4,08 \text{ cm}$ .

Der Nachlauf variiert je nach Drehzahl, Lastträgheit und Motorgröße.

## Bremsfunktionen

Anforderungen an FTF/AMR gibt es auch hinsichtlich Bremsfunktionen wie Notbremse, Feststellbremse und Betriebsbremse. Während hydraulische oder pneumatische Aktuatoren üblicherweise für Notbremsen verwendet werden, können Motoren mit elektromagnetischer Bremse ebenso eingesetzt werden, um einige der Anforderungen zu erfüllen. Eine stromlos aktivierte elektromagnetische Bremse verwendet Reibung, um die Motorwelle anzuhalten und in Position zu halten, dies ist ideal für eine Feststellbremse. In den meisten Fällen können Motor und Treiber auch dynamisches (elektrisches) Bremsen realisieren. Beim dynamischen Bremsen wird ein sofortiger Stopp erreicht, indem der Strom zum Motor abgeschaltet und alle Phasen gemeinsam kurzgeschlossen werden. Dies führt zu einem blockierten Rotor, der eine Motorrotation verhindert. Eine Kombination aus dynamischem Bremsen mit Abbremsen und elektromagnetischer Bremse kann die Funktion einer Betriebsbremse übernehmen.

Da die Bremse durch Reibung abgenutzt wird, ist es empfehlenswert, eine dynamische Bremse zum Anhalten des Motors zu verwenden und dann die elektromagnetische Bremse zu aktivieren, um das Fahrzeug zu parken. Der Kauf von Standardmotoren mit eingebauter elektromagnetischer Bremse stellt die Leistungsfähigkeit sicher und verkürzt die Lieferzeit. Der Zeitaufwand für Installation und Prüfung entfällt, da die Spezifikationen vom Hersteller bereits geprüft wurden und garantiert sind.

## Getriebe-Optionen

### Vielfalt an Wellen, Getrieben und Montagearten

Die Wahl des richtigen Getriebes ist die nächste wichtige Entscheidung für eine erfolgreiche Konstruktion des Antriebsstrangs. Es gibt eine Vielzahl von Getrieben mit unterschiedlichen Konfigurationen auf dem Markt, z. B. Voll- oder Hohlwelle sowie Stirnrad-, Schnecken-, Schrägrad- oder Hypoidgetriebe. Während die Getriebewelle eher Einfluss auf die Baugröße des Antriebsstrangs hat, bestimmt die Getriebeart wesentlich die Leistung. So können beispielsweise Hohlwellengetriebe dazu beitragen, den Platzbedarf zu minimieren, indem sie eine Kupplung überflüssig machen. Das Getriebeispiel kann die Zonenerkennung im bidirektionalen Betrieb beeinflussen und die Getriebeeffizienz die Nutzlastkapazität.

Abgesehen von Wellen- und Getriebeart müssen auch die Montagemöglichkeiten des Getriebes berücksichtigt werden. Die Montageausrichtung kann parallel oder rechtwinklig sein, bei der Montageart sind Fuß- oder Flanschmontage möglich.

Getriebe mit Fußmontage machen den Kauf oder Bau einer Montagehalterung überflüssig, Getriebe mit Flanschmontage sparen Platz ein.

Konstrukteure müssen das Getriebe auswählen, das am besten zum geplanten Antriebsstrang passt und gleichzeitig die erforderliche Leistung bringt. In den meisten Fällen sind Stirnrad-, Schrägstirnrad- oder Hypoidgetriebe ausreichend, während ineffiziente Schneckengetriebe für Anwendungen mit schweren Lasten nicht empfehlenswert sind. Wie schon im Fall der eingebauten Bremse spart der Kauf eines vormontierten Getriebemotors Zeit und die Hersteller-Spezifikationen sind garantiert.



Abb. 8: Stirnradgetriebe



Abb. 9: Flachgetriebe mit Hohlwelle

## Platzsparendes Flachgetriebe mit paralleler Hohlwelle

Ein beliebtes Getriebe bei FTF/AMR-Konstruktionen ist das Hohlwellengetriebe. Während viele Hohlwellengetriebe rechtwinklig sind, bietet Oriental Motor eine besondere Kombination aus Getriebe und Motor. Es handelt sich um ein Flachgetriebe mit paralleler Hohlwelle, das nicht nur platzsparend konstruiert ist, sondern auch ein hohes Drehmoment bietet und bei Bedarf rückwärts angetrieben werden kann. Bei den bürstenlosen Motoren der Serien BLV-R und BLH ist dieses Flachgetriebe im Portfolio. Bei diesen Flachgetrieben ist eine beidseitige Montage möglich, was Montagezeit und Arbeitskosten deutlich reduzieren kann – sonst notwendige Bauteile wie Kupplungen, Riemenscheiben oder Riemen sind überflüssig (Abb. 10).

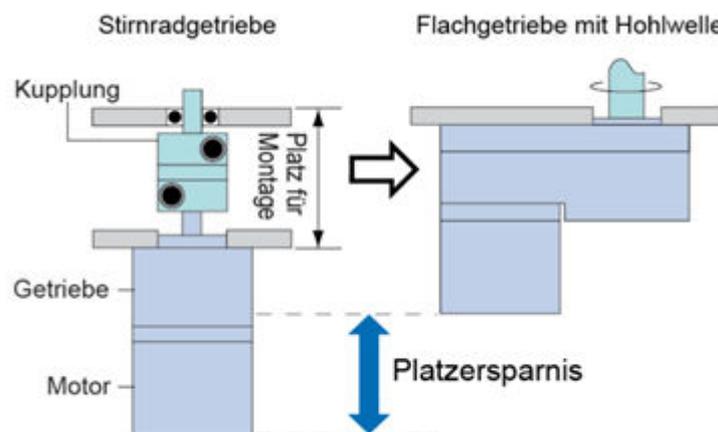


Abb. 10: Platzersparnis durch Verwendung eines Flachgetriebes

## Hohes zulässiges Drehmoment

Die Flachgetriebe bieten ein höheres zulässiges Drehmoment als Stirnradgetriebe (Abb. 11). Die Flachgetriebe verfügen über eine höhere Steifigkeit und die Längsanordnung ermöglicht größere Getriebe. Beide Aspekte führen unter dem Strich zu einem höheren zulässigen Drehmoment. Der zusätzliche Raum im Flachgetriebe ermöglicht auch größere Lager, was zu einer höheren Radialbelastung führt und die Lebensdauer des Getriebes erhöht. Ein weiterer Vorteil ist die geringe Geräuschentwicklung aufgrund einer feinmechanischen Behandlung der Oberfläche der Motorritzelwelle. Insgesamt profitieren FTF/AMR-Anwender von einem geräuscharmen Betrieb mit erhöhter Lastkapazität und verlängerter Lebensdauer.

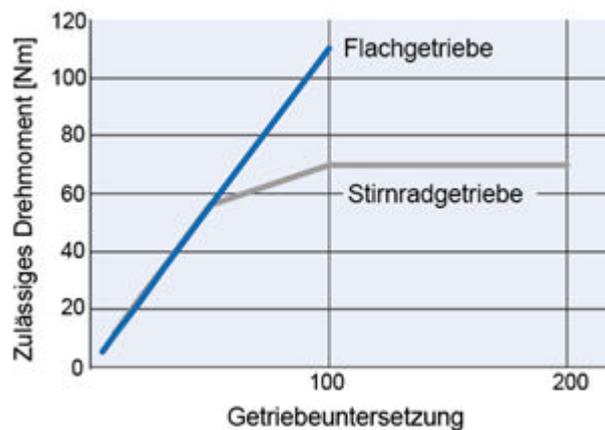


Abb. 11: Hohes zulässiges Drehmoment des Flachgetriebes

## Treiber für bürstenlose Motoren

### Benutzerfreundlich und flexibel

In die Nutzung, Steuerung und Programmierung der autonomen Fahrzeuge sind mehrere Personen involviert, die Steuerung sollte entsprechend benutzerfreundlich sein. Die Treiber der bürstenlosen Motoren erfüllen diese Anforderung und sind leicht zu bedienen. Einige Treiber ermöglichen eine I/O-Anpassung für spezielle Anwendungen.

Die Steuerung von Drehzahl und Richtung der Motoren muss flexibel und einfach zu implementieren sein, damit die Entwicklungszeit kurz gehalten wird. Einige autonome Fahrzeuge verwenden ein analoges Eingangssignal (I/O) entweder in Form eines Potentiometers oder einer extern eingespeisten Analogspannung von 0-10 VDC. Andere verwenden gespeicherte Geschwindigkeitsdaten, die auf dem speziellen Treiber oder über ein industrielles Feldbus-Netzwerk digital programmiert werden können. In den Treibern von Oriental Motor sind diese Funktionen enthalten.

### Speziell für FTF/AMR entwickelte Funktionen

Die Vektorregelung ist eine eingebaute Funktion, die für den Rampenbetrieb bei konstanter Geschwindigkeit verwendet wird. Dies ist eine wichtige Funktion um

sicherzustellen, dass das FTF/AMR in der Lage ist, eine Last mit konstanter Geschwindigkeit bei Auf- und Abfahrrampen zu tragen.

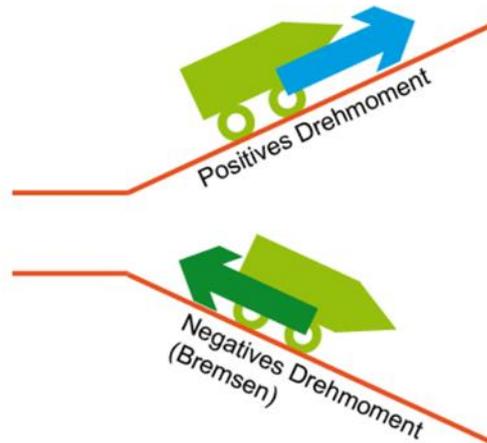


Abb. 12: Vektorregelung für konstante Geschwindigkeit bei Auf- und Abfahrrampen

Beim Rampenbetrieb ergibt sich das Problem einer Gegen-EMK (elektromotorische Kraft). Diese kann z. B. entstehen, wenn der Motor durch eine externe Kraft wie die Schwerkraft rückwärts angetrieben wird – der Motor erzeugt eine Spannung, die direkt zum Treiber zurückgeführt wird. Ebenso kann eine Gegen-EMK auftreten, wenn das nicht angetriebene FTF/AMR physisch geschoben wird oder plötzlich mit einer großen Trägheitslast stoppt. Wenn das Problem einer Gegen-EMK nicht richtig gelöst wird, kann dies zu Produktschäden führen. Eine Methode zur Reduzierung von Gegen-EMK besteht darin, eine längere Verzögerungszeit zu programmieren oder Treiberfunktionen einzubauen, die die Motorreaktion verzögern.

Eine hilfreiche Funktion ist der „Speed Response Mode“, eine niedrige Ansprechzeit verzögert hier die Motorreaktion durch Anwendung eines primären Verzögerungsfilters auf die Drehzahlbefehlsinformation innerhalb des Treibers. Diese Funktion hilft dem Motor langsamer zu reagieren, um die erzeugte Gegen-EMK zu reduzieren.

## Monitor-Funktion reduziert Ausfallzeiten

Die Überwachung des Zustands der Motoren und Treiber im Fahrzeug ermöglicht eine vorbeugende Wartung und kann Ausfallzeiten eliminieren. Wenn Alarme für die Motoren ausgelöst werden, schalten die Motoren normalerweise ab, bis das Problem gelöst ist. Es ist wichtig, über potenzielle Probleme Bescheid zu wissen, bevor diese Alarme ausgelöst werden, und hier kommt die Überwachung ins Spiel. Dazu ist ein geschlossener Regelkreis mit Motorrückmeldung erforderlich. Sowohl die Motor- als auch die Treiberstatusdaten müssen an den Master-Controller weitergeleitet werden. Dies kann mit einer SPS entweder über I/O oder über ein industrielles Feldbus-Netzwerk wie Modbus RTU oder CANopen erfolgen.

Einige Motor- und Treibersysteme können Rückmeldungen zur Temperatur oder zur Laufleistung geben und so Probleme vor dem Entstehen vermeiden. In einigen

Fällen kann vom Motortreiber ein Warnsignal ausgegeben werden, bevor ein Alarm ausgelöst wird. Dies erlaubt dem Bediener einzugreifen, bevor das Fahrzeug abschaltet.

## **Zusammenfassung**

Bei der Konstruktion des Antriebsstrangs für FTF/AMR bieten bürstenlose Getriebemotoren verschiedene Vorteile.

Die kompakte Baugröße, der große Drehzahlbereich, die flache Drehmomentkennlinie, zahlreiche Getriebeoptionen wie das Flachgetriebe und die hochwertigen Treiber stellen eine alternative Lösung im Vergleich zu bürstenbehafteten Motoren dar. Außerdem gibt es Kostenvorteile gegenüber Servomotoren. Unter den bürstenlosen Motoren von Oriental Motor sind insbesondere die Serien BLV-R und BLH optimal für einen Einsatz in autonomen Fahrzeugen geeignet.

Kontakt:  
Oriental Motor (Europa) GmbH  
Tel.: +49-211-52067-00  
[info@orientalmotor.de](mailto:info@orientalmotor.de)