



Entwicklung von Antriebssystemen für die Raumfahrt Leitfaden für mehr Zuverlässigkeit, Skalierbarkeit und einen garantierten Missionserfolg

Die Raumfahrtindustrie durchläuft derzeit einen tiefgreifenden Wandel. Von der rasanten Kommerzialisierung des erdnahen Orbits (LEO) bis hin zu ehrgeizigen Missionen zum Mond, Mars und darüber hinaus – noch nie war das Innovationstempo so hoch wie heute.

Von Ingenieurteams wird heute erwartet, dass sie zügig Prototypen entwickeln, schnell Iterationen durchführen und die Produktion effizient skalieren – und dabei dennoch Systeme entwerfen, die über Jahre hinweg und unter einigen der anspruchsvollsten vorstellbaren Umgebungsbedingungen zuverlässig funktionieren.

Selbst wenn die Kinematik bekannt ist und die Anforderungen an Drehmoment und Drehzahl modelliert sind, besteht die Herausforderung nicht nur darin, für den Weltraum zu konstruieren. Es geht darum zu verstehen, welche vor Ort getroffenen Entscheidungen in 380 Kilometern Höhe und darüber hinaus oder auf der Oberfläche eines Planeten Probleme verursachen können. Im Weltraum findet keine konvektive Abkühlung statt. Herkömmliche Abdichtungssysteme werden durch Strahlung beschädigt. Materialien, die im Labor einwandfrei funktionieren, können Verunreinigungen optischer Komponenten im Vakuum verursachen.

In diesem Beitrag geht es um die konkreten Entscheidungen, die einen terrestrischen Prototyp von einem weltraumtauglichen System unterscheiden – und darum, wie man diese Entscheidungen früh genug trifft.



Kernbereiche von Weltraumanwendungen

Der Weltraum ist keine einheitliche Umgebung. Bei verschiedenen Missionen sind Antriebssysteme unterschiedlichen Kombinationen aus Vakuum, Strahlung, Temperaturwechseln, Kontaminationsrisiko und Betriebsdauer ausgesetzt. Die Entwicklung eines universellen „Raumfahrtantriebs“ ist oft sowohl technisch ineffizient als auch wirtschaftlich unrentabel.

Kollmorgen unterteilt Weltraumanwendungen anhand der wichtigsten Belastungsfaktoren in sechs verschiedene Bereiche. Diese Taxonomie hilft dabei, das Antriebsdesign an die tatsächlichen Anforderungen der Mission anzupassen und verhindert so sowohl katastrophale Unterdimensionierung als auch kostspielige Überdimensionierung.

Abbildung 1: Die sechs Bereiche des Weltraumantriebs

Bereich	Wichtigste Stressfaktoren	Design-Auswirkungen	Intensität des Weltraumkonzepts
Bodenstationen	Normale atmosphärische Bedingungen, Witterung, Betrieb rund um die Uhr	Handelsübliche Komponenten in Industriequalität (COTS) sind ausreichend. Der Fokus liegt weiterhin auf extremer Betriebszeit, präziser Ortung und Schutz vor Umwelteinflüssen.	Niedrig – Standardprodukt oder leicht modifiziertes handelsübliches Produkt
Terrestrisches Prototyping	Schwerkraftbelastung, keine extremen Umgebungsbedingungen	Überprüfung der Drehmoment- und Drehzahlprofile sowie des mechanischen Platzbedarfs unter Verwendung handelsüblicher gehäuseloser Servomotoren. Beibehalten eines skalierbaren Architekturansatzes für den Weltraum.	Keine – allerdings bestimmen die hier getroffenen architektonischen Entscheidungen über die Realisierbarkeit von Upgrades
Niedrige Erdumlaufbahn (Low Earth Orbit, LEO)	Hochvakuum, schnelle Temperaturwechsel (-150 °C bis +120 °C), Erosion durch atomaren Sauerstoff, mäßige Strahlung	Die vollständige Einhaltung der Anforderungen an die Vakuumausgasung ist erforderlich. Beschichtungen aus atomarem Sauerstoff. Die Intensität des Konzepts variiert je nach Einsatzdauer.	Niedrig bis mittel – die Einsatzdauer (3–15 Jahre) bestimmt, welches Ausmaß des Weltraumkonzepts erforderlich ist
Weltraum	Extreme kryogene Kälte, intensive kosmische Strahlung, mehrjährige Missionen (über 30 Jahre)	Vollständige Vakuumausgasung, kryogene Schmierung (MoS ₂), proprietäre strahlungsbeständige Kapselung. Auf thermische Leistung ausgelegte Motoren.	Hoch – maximales Weltraumkonzept
Raumstationen	Atmungsaktive Atmosphäre, moderate Temperatur, menschlichen Bedingungen angenähert, Lebensdauer von über 30 Jahren	Die Ausgasung ist entscheidend für die Integrität der Atmosphäre. Dies lässt sich oft mit modifizierten Motoren in handelsüblicher Qualität erreichen (das vollständige Weltraumkonzept ist möglicherweise nicht erforderlich).	Mittel – anwendungsspezifische Anpassungen
Extraterrestrische Oberflächen	Abrasiver Regolith, schwankende Schwerkraft, starke tageszeitliche Schwankungen, extreme Strahlung	Mechanische Abdichtung, Staubschutz, extreme Temperaturbeständigkeit. Höchste Ansprüche: Entwickelt für absolute Zuverlässigkeit und wartungsfreien Betrieb.	Höchste Stufe – vollständig individuell gestaltbares Weltraumkonzept für jede Mission

Die Tabelle (Anhang 1) definiert zudem das Kostenrisiko. So könnte beispielsweise ein handelsüblicher Motor für die Prototypenentwicklung auf der Erde nur einen Bruchteil dessen kosten, was ein vollständig maßgeschneidertes, weltraumtaugliches Kryogen-Design kosten würde. Die Anpassung des Konzepts an die Aufgabenstellung ist eine der Entscheidungen mit der größten Wirkung, die ein Entwicklerteam zu Beginn des Design-Prozesses treffen kann.

„Space-rated“ vs. „Space-ready“ (raumfahrtqualifiziert vs. weltraumtauglich)

Es gibt Motoren, die für den Einsatz im Weltraum zugelassen sind. Sie sind zertifiziert, dokumentiert und so konstruiert, dass sie bestimmten Umgebungsbedingungen standhalten. Auch wenn die Bezeichnung „Space-rated“ darauf hinweist, dass ein Motor im Weltraum einsatzfähig ist, bedeutet dies jedoch nicht, dass er für eine bestimmte Weltraumanwendung optimiert ist.

Ein Motor, der für einen LEO-Satelliten mit einer Lebensdauer von vier Jahren ausgelegt ist, muss grundlegend andere Anforderungen erfüllen als ein Motor, der für ein Mondfahrzeug auf der dunklen Seite des Mondes gebaut wurde. Selbst innerhalb des Artemis-Programms der NASA können die Betriebsbedingungen je nach Einsatzort (helle oder dunkle Seite) und thermischer Belastung erheblich variieren. Der Einsatz eines LEO-ausgelegten Motors bei einer Mission auf einer außerirdischen Oberfläche

könnte zu einem vorzeitigen Ausfall führen, während eine Überdimensionierung einer kurzfristigen LEO-Mission mit Spezifikationen für den Weltraum die einmaligen Entwicklungs- (NRE) und sonstigen Kosten in die Höhe treiben kann.

Der Ansatz von Kollmorgen basiert auf einer weltraumtauglichen Architektur, die auf einer bewährten mechanischen und elektromagnetischen Grundlage mit einer über 60-jährigen Tradition im Rahmen des Gemini-Programms, fünf Generationen von Mars-Rovern und zahlreichen weiteren Programmen in der Zwischenzeit beruht. Auf dieser Grundlage entwickeln wir gemeinsam ein Weltraumkonzept, das genau auf den jeweiligen Anwendungsbereich, die Missionsdauer, die Strahlungsbedingungen und den Temperaturwechselbereich zugeschnitten ist. Das Ergebnis ist ein für die Mission entwickeltes Antriebssystem mit einem klar definierten und validierten Weg vom irdischen Prototyp bis zum Einsatz im Weltraum.

Wichtige Design-Überlegungen

Ist das Anwendungsgebiet definiert, gilt es für Ingenieurteams, die physikalischen und material-technischen Anforderungen der Weltraumumgebung erfolgreich zu bewältigen. Bei der Konstruktion von terrestrischen Motoren kommt es auf konvektive Kühlung, herkömmliche Neodym-Magnete und Isolierungen auf Polymerbasis an. Alle drei Annahmen gelten nicht im Weltraum.

Ausgasung und Vakuumumgebungen

Im Hochvakuum des Weltraums (z. B. 10^{-7} Torr) sublimieren viele gängige Fertigungswerkstoffe oder geben Gase ab. Diese Ausgasungen können sich auf empfindlichen optischen Linsen, Solarzellen und Sensoren niederschlagen und die Einsatzfähigkeit erheblich beeinträchtigen.

- **Norm für Ausgasung:** Die Norm NASA-STD-6016A legt die zulässigen Grenzwerte für die Ausgasung fest. Ingenieure müssen zwei wichtige Kennzahlen im Auge behalten: Der Gesamtmassenverlust (TML) muss unter 1,0 % liegen (bei empfindlicher Optik wird oft streng auf <0,5 % geachtet), und der Anteil an gesammelten flüchtigen, kondensierbaren Stoffen (CVCM) muss <0,1 % betragen.
- **Materialrisiko:** Herkömmliche Materialien auf Polyesterbasis, Mylar-Folien, Vinyl, Nylon, Silikonkautschuke und handelsübliche Lacke für Motorwicklungen weisen im Vakuum eine schlechte Leistungsfähigkeit auf. Die vernetzten Polymere in diesen Materialien zersetzen sich, wodurch die physikalische Integrität der Isolierung beeinträchtigt wird.

Die Lösung besteht aus proprietären Verkapselungsverfahren und strahlungsbeständigen Materialien, die im Rahmen eines maßgeschneiderten Weltraumkonzepts zum Einsatz kommen. In vielen Fällen lassen sich TML und CVCM durch analytische Tests auf der Grundlage der tatsächlichen Stückliste (BOM) vorhersagen, ohne dass monatelange physikalische Vakuumtests erforderlich sind, was die Entwicklungszeiten verkürzt.



Ein häufig übersehenes Risiko im Zusammenhang mit Ausgasungen besteht darin, dass zwar ein Motor die Norm erfüllt, andere Komponenten des Systems dies jedoch möglicherweise nicht tun. Kollmorgen arbeitet mit seinen Kunden zusammen, um die Ausgasungsbelastung auf Systemebene zu bewerten, einschließlich sekundärer Verkapselungs- und thermischer Ausbrennverfahren für Komponenten, die nicht aus unserem Lieferprogramm stammen.

Strahlungsbeständigkeit

Auf Raumfahrzeuge wirken ständig Gamma- und Neutronenstrahlung ein. Im Laufe der Zeit zerstört diese ionisierende Strahlung herkömmliche elektrische Isolierungen und Klebstoffe.

- Bei der Motorkapselung müssen proprietäre, strahlungsbeständige E-Cap-Materialien verwendet werden.
- Während Standard Neodym-Magnete (Neo-Magnete) für bestimmte Missionen geeignet sein mögen, erfordern andere Anwendungen möglicherweise alternative Magnetmaterialien, die speziell auf langfristige Umweltbeständigkeit und den dauerhaften Erhalt der Leistungsfähigkeit ausgelegt sind.
- Materialentscheidungen können zusätzliche Überlegungen hinsichtlich der Beschaffung und der Vorlaufzeiten mit sich bringen, doch die frühzeitige Einbindung eines Partners für Antriebstechnik in den Konstruktionsprozess kann dabei helfen, Kompromisse abzuwägen, bevor die Formgebung endgültig festgelegt wird.

Thermodynamik und Kryotechnik

Das Wärmemanagement ist die am meisten unterschätzte Herausforderung beim Antriebsdesign im Weltraum. Da keine konvektive Kühlung stattfindet, muss die gesamte vom Motor erzeugte Wärme (Kupferverluste, Eisenverluste) sowie die externe Sonneneinstrahlung ausschließlich durch Wärmeleitung und Strahlung abgeführt werden.

- **Wärmeabfuhr:** Raumfahrzeuge nutzen in der Regel Flüssigkeitskühlkreisläufe, um die vom Motor geleitete Wärme zu den Kühlkörperanordnungen im Weltraum abzuleiten. Motoren müssen sorgfältig auf ihre tatsächliche thermische Leistung ausgelegt werden, um einen Ausfall der Isolierung zu verhindern.
- **Kryogene Umstellung:** In der Vergangenheit wurden Subsysteme künstlich beheizt, um eine Temperatur von über -145 °C zu gewährleisten, da die Materialwissenschaft unterhalb dieser Schwelle keine Funktionsfähigkeit garantieren konnte. Die außerirdischen Missionen der nächsten Generation (wie beispielsweise diejenigen zur Erforschung der dunklen Seite des Mondes) zielen jedoch auf Umgebungstemperaturen von -185 °C bis -220 °C ab.
- **Thermische Ermüdung:** Die dynamischen Temperaturschwankungen sind ebenso schädlich wie die absolute Kälte. Der wiederholte Wechsel zwischen kryogener Kälte und durch Sonneneinstrahlung bedingter Hitze führt zu extremer thermischer Ermüdung bei Aluminiumgehäusen, Stahllamellen und Kupferwicklungen. Dämmsysteme müssen hochspezialisiert sein, um diese heftigen Ausdehnungs- und Kontraktionszyklen ohne Rissbildung zu überstehen.

Stoß- und Schwingungsfestigkeit sowie Größen- und Gewichtsoptimierung

Antriebssysteme für den Einsatz im Weltraum müssen den enormen Kräften beim Start und einem Langzeitbetrieb standhalten und gleichzeitig die Gesamtmasse der Nutzlast so gering wie möglich halten. Um dies zu erreichen, müssen Ingenieure ein strategisches Gleichgewicht zwischen struktureller Haltbarkeit, Leistungsfähigkeit und Herstellbarkeit herstellen.

- **Widerstandsfähigkeit gegenüber Startbelastungen:** Stoß- und Vibrationsbelastungen während des Starts können die Unversehrtheit der Wicklungen, den Halt der Magnete und die mechanische Ausrichtung beeinträchtigen, noch bevor das Raumfahrzeug überhaupt die Umlaufbahn erreicht.
- **Gewichtsreduzierung:** Jedes zusätzliche Gramm Nutzlast führt zu höheren Startkosten und einem erhöhten Treibstoffbedarf. Daher sind kompakte und gewichtsoptimierte Aktuatoren für Raumfahrtanwendungen von entscheidender Bedeutung.
- **Abwägungen bei der Drehmomentdichte:** Die Reduzierung von Größe und Gewicht darf nicht auf Kosten der Leistung oder Zuverlässigkeit gehen. Antriebssysteme müssen weiterhin das für die Anwendung geforderte Drehmoment sowie die entsprechende Steifigkeit und thermische Leistungsfähigkeit liefern.



Warum sollte man sich für gehäuselose Motoren entscheiden?

Im Weltraum sollte jede Komponente, auf die verzichtet werden kann, auch weggelassen werden. Gehäuselose Motoren tragen zur Vereinfachung von Antriebsarchitekturen bei, indem sie zusätzliche Gehäuse, Wellen und Kupplungen überflüssig machen und es Ingenieuren gleichzeitig ermöglichen, den Motor direkt in die Konstruktion des Aktuators zu integrieren.

Im Gegensatz zu Servomotoren mit Gehäuse bestehen gehäuselose Motoren lediglich aus Stator und Rotor. Dadurch erhalten Ingenieure größere Freiheiten bei der Optimierung der umgebenden Struktur entsprechend den spezifischen thermischen, mechanischen und umgebungsbedingten Anforderungen der Mission.

Hier sind einige wichtige Vorteile gehäuseloser Direktantriebsarchitekturen:

- Reduzierung von Größe und Gewicht durch den Wegfall überflüssiger mechanischer Komponenten und die Integration kompakter Aktuatoren
- Verbessertes Wärmemanagement, indem das Aktuatorgehäuse selbst Teil des wärmeleitenden Pfades wird

- Höhere Anpassungsfähigkeit an die Umgebungsbedingungen durch anwendungsspezifische Abdichtung, Materialauswahl und Strategien zur Verringerung von Verunreinigungen
- Höhere Präzision und Steifigkeit durch Verringerung von Spiel und Nachgiebigkeit im Antriebssystem
- Skalierbare Entwicklungswege, die die Kontinuität vom terrestrischen Prototyping bis hin zu einsatzfähigen Konstruktionen gewährleisten

Kollmorgen bietet zahlreiche gehäuselose Motormodelle an, die unterschiedlichen Weltraumanforderungen gerecht werden. TBM- und KBM-Motoren kommen häufig in kompakten Robotergeräten, Kardanaufhängungen und Präzisionspositioniersystemen zum Einsatz, während TBM2G-Motoren für eine verbesserte Wärmeableitung in Konstruktionen mit begrenzten thermischen Bedingungen optimiert sind. RBE-Motoren bieten eine breite Auswahl an Baugrößen und eine bewährte Tradition für Anwendungen mit hohem Drehmoment und niedrigen Drehzahlen, bei denen langfristige Zuverlässigkeit gefragt ist.



Beschleunigte Marktreife für Raumfahrtanwendungen

Die wichtigste Erkenntnis für Ingenieurteams, die in die Raumfahrtindustrie einsteigen, ist, dass die mechanischen Rahmenbedingungen, die man am Boden validiert, mit denen übereinstimmen sollten, die im Weltraum gelten. Dafür ist von Anfang an die richtige Motorarchitektur erforderlich.

1. Terrestrisch beginnen, architektonisch denken

Der effizienteste Ansatz besteht darin, zunächst mit handelsüblichen, gehäuselosen Industriemotoren wie den TBM- und KBM-Serien von Kollmorgen physische Prototypen zu entwickeln, Drehmoment- und Drehzahlprofile zu validieren und die erforderlichen Bauraumabmessungen innerhalb weniger Wochen festzulegen – und das zu einem Bruchteil der Kosten maßgeschneiderter Raumfahrthardware. Entscheidend ist die Auswahl einer Motorenfamilie mit einem bewährten Upgrade-Pfad.

2. Gemeinsame Entwicklung des Weltraumkonzepts

Sobald der Formfaktor und die elektromagnetische Leistung am Boden validiert wurden, arbeiten Experten für Antriebssteuerung mit den Entwicklungsteams der Maschinenbauer zusammen, um das richtige Weltraumkonzept anzuwenden. Dies kann den Umstieg auf bestimmte Magnettypen, strahlungsbeständige Isolationssysteme und vergasungsarme Vergussmassen beinhalten, wobei die Kernarchitektur des Motors und die mechanischen Abmessungen beibehalten werden. Durch die Verwendung derselben Aktuatorgeometrie und Integrationspunkte können die Entwicklungsteams den Aufwand für Neukonstruktionen reduzieren und den Übergang vom Prototypenbau auf der Erde zu einem einsatzfähigen System beschleunigen.

3. Maßnahmen auf Systemebene

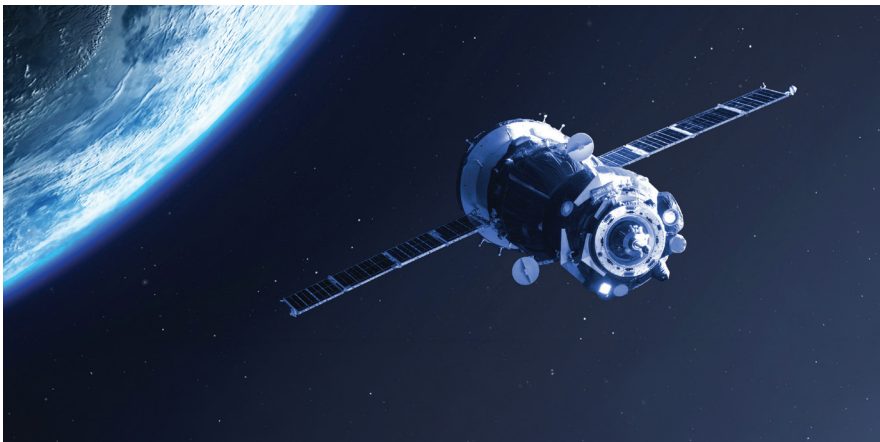
Auch wenn sie die Plattform vielleicht nicht selbst entwickeln, können erfahrene Antriebsexperten Strategien zur Risikominimierung auf Systemebene bereitstellen. Kollmorgen berät beispielsweise zu sekundären Verkapselungstechniken innerhalb des Aktuatorgehäuses oder zur Einrichtung spezifischer thermischer „Bake-out“-Verfahren, um die Ausgasung bereits auf der Erde zu erzwingen, bevor das System überhaupt auf eine Trägerrakete verladen wird. Genau hier zeigt sich der Wert eines „Engineer-to-Engineer“-Modells. Das Ziel besteht darin, Teams dabei zu unterstützen, Risiken bei Designentscheidungen zu minimieren, bevor diese zu geschäftskritischen Problemen werden.



Typische Lieferzeiten für Prototypen betragen bei standardmäßigen gehäuselosen Motoren (50 mm–115 mm) lediglich 2 bis 3 Wochen, während größere, kundenspezifische, bodengebundene Systeme in der Regel 12 bis 20 Wochen Vorlaufzeit erfordern.

Ein Co-Engineering-Modell, das speziell für den heutigen Raumfahrtmarkt entwickelt wurde

In der Raumfahrtbranche etablieren sich zunehmend zwei unterschiedliche Engineering-Ansätze. Traditionelle OEM-Ingenieure mit langjähriger Erfahrung gehen bewusst und methodisch vor, da sie die hohen Kosten und Risiken eines Missionsausfalls genau kennen. Demgegenüber stehen kommerzielle Unternehmen und Start-ups, die auf schnelle Entwicklungszyklen setzen, Prototypen konsequent vorantreiben und eine „Fail-Forward“-Mentalität verfolgen, bei der Geschwindigkeit und kontinuierliches Lernen im Vordergrund stehen. Kollmorgen bietet einen schnellen Weg vom Prototyp zur raumfahrttauglichen Lösung – unterstützt durch mehr als 60 Jahre Erfahrung im Co-Engineering sowie dokumentierte Materialvalidierungen, um beide Entwicklungsansätze optimal zu unterstützen.



Design-Realitäten und Kompromisse

Bei der Gestaltung von Antriebssystemen für den Weltraum wirkt sich jede Entscheidung auf die nächste aus. Im Folgenden finden Sie einige der häufigsten Herausforderungen, mit denen Teams konfrontiert sind, sowie empfohlene Ansätze für eine frühzeitige Planung und eine schnellere Umsetzung.

Aufgabe	Empfohlene Strategie
Auf der Suche nach einem serienmäßigen, weltraumtauglichen Motor	Wählen Sie weltraumtaugliche Systemarchitekturen, die sich durch missionsspezifische Raumfahrtanpassungen erweitern lassen. Die Anforderungen jeder Mission hinsichtlich Wärme, Strahlung und Vakuum sind einzigartig. Daher sollte das Antriebssystem den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Anwendung gerecht werden.
Unterbewertung der kryogenen Kälte	Gehen Sie nicht davon aus, dass Standardwerkstoffe dynamische Temperaturwechsel bis $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ohne Validierung überstehen. Extreme kryogene Kälte ist die am häufigsten unterschätzte Ausfallursache bei der Auslegung von Antriebssystemen für den Einsatz im Weltraum.
Überdimensionierung für LEO	Die Anwendung vollständiger Deep-Space-Anforderungen hinsichtlich Strahlung und Ausgasung auf einen LEO-Satelliten mit einer Missionsdauer von vier Jahren lässt Kosten und Entwicklungsaufwand drastisch ansteigen. Die Auslegung sollte daher gezielt auf die jeweilige Mission und Einsatzdomäne abgestimmt werden.
Das Wärmemanagement bis zu einem späten Zeitpunkt der Konstruktion außer Acht lassen	Da es im Weltraum keine konvektive Kühlung gibt, sollte die Wärmeabfuhr ein grundlegender Auslegungsfaktor sein. Wählen Sie die Motorgröße von Anfang an unter Berücksichtigung der thermischen Leistung aus und planen Sie den Flüssigkeitskühlkreislauf frühzeitig ein.
Die Wahl eines terrestrischen Prototypmotors ohne Aufrüstungsmöglichkeiten	Wählen Sie eine Motorenfamilie mit einem bewährten Skalierungskonzept. Die mechanische Umgebung, die Sie am Boden validieren, sollte dieselbe sein, die ins All fliegt.

Für den Einsatz entwickelt

Die Raumfahrtindustrie wächst schneller als die Anzahl der dort beschäftigten Arbeitskräfte. Programme entwickeln sich weg von jahrzehntelangen Entwicklungszyklen hin zu schnellen Iterationen. Der Kostendruck ist Realität. Der Zeitraum zwischen Prototyp und Serienproduktion wird immer kürzer. Wer frühzeitig die richtigen Entscheidungen bei der Auslegung des Antriebssystems trifft, schafft die Grundlage für den Erfolg des gesamten Programms: Nacharbeiten werden reduziert, die NRE-Kosten gesenkt und die Markteinführungszeit verkürzt.

Kollmorgen verfügt über mehr als 60 Jahre Fachkompetenz und bewährte gehäuselose Motorarchitekturen sowie ein umfassendes Portfolio an nachhaltigen Lösungen für die Antriebs-, Kraftübertragungs- und Bewegungstechnik. Wir agieren als Erweiterung Ihres Ingenieurteams und unterstützen Sie dabei, die Herausforderungen schneller Innovation, präzisen Wärmemanagements und hochskalierbarer Fertigung zu meistern. Wir wissen, dass keine Fehler auftreten dürfen, und wir tragen dazu bei, dass die richtigen Rahmenbedingungen für den Erfolg Ihrer Mission geschaffen werden.

Sind Sie bereit für den Start?

[Kontaktieren Sie Kollmorgen](#), um Ihre Anforderungen und Ziele mit einem Kollmorgen-Experten für gehäuselose Motoren zu besprechen.

Wissenswertes über Kollmorgen

Kollmorgen, eine Marke von Regal Rexnord, verfügt über mehr als 100 Jahre Erfahrung in der Antriebstechnik, die sich in den leistungsstärksten und zuverlässigsten Motoren, Antrieben, FTS-Steuerungslösungen und Automatisierungsplattformen der Branche bewährt hat. Wir liefern bahnbrechende Lösungen, die in puncto Leistung, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit unübertroffen sind und Maschinenbauern einen unbestreitbaren Marktvorteil verschaffen.