

ATZ **extra**



METHODEN | PROZESSE

Rotorwelle als modulares Konzept in Elektro-Lkw



**Hirschvogel
Group**

Traditionally innovative.



© Hirschvogel

Modulare Rotorwellen in Elektro-Lkw

Mit dem Blick auf Leichtbau gerichtet hat Hirschvogel ein mehrteiliges Hohlwellenkonzept für Leistungsklassen im Bereich von 140 bis 360 kW entwickelt, das modular ausgelegt ist. Dabei wurde ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, mit dem nicht nur Gewicht reduziert, sondern auch der Herstellungsprozess optimiert und Ressourcen eingespart werden konnten.

Leichtbaulösungen bieten in der Regel Vorteile bei Verbrauch und Ressourcen. Gerade im Nutzfahrzeugbereich kann ein gewichtsreduzierter elektrifizierter Antriebsstrang entweder die verfügbare Nutzlast oder die Fahrzeugreichweite erhöhen. Speziell bei Fahrzeugen, die aufgrund der Anforderungen mit mehreren Traktionsmotoren konzeptioniert werden müssen, vervielfacht sich der Gewichtsvorteil entsprechend.

Die Rotorwelle als ein zentrales Bauteil des Elektromotors muss hohen Drehzahlen standhalten, eine geringe Unwucht aufweisen und sich aufgrund der im Betrieb auftretenden Belastungen durch hohe Festigkeit auszeichnen. Für Leistungsklassen im Bereich von 140 bis 360 kW hat Hirschvogel

nun ein mehrteiliges Konzept für Rotorwellen entwickelt. Ziel war ein modularer Aufbau und eine Optimierung des Gewichts. So wurde die Rohteilgeometrie endkonturnah ausgelegt und es wurden hohle Halbzüge im Bereich des Rotorsitzes genutzt. Im Vergleich zu einer Vollwellenausführung kann dadurch je nach Bauteilvariante das Gewicht um bis zu 9 kg reduziert werden. Die Modularität ermöglicht es, dass unterschiedliche Bauteilausführungen denselben Herstellungsprozess durchlaufen, wodurch effizienter und ressourcenschonender produziert werden kann.

Im konkreten Anwendungsfall gelingt das durch eine dreiteilige Ausführung des Bauteils, bestehend aus zwei

Endstücken und einem Mittelstück, **BILD 1**. Die umgeformten und vorbearbeiteten Endstücke werden mittels eines Laserschweißprozesses mit dem rohrförmigen Mittelstück gefügt und anschließend feinbearbeitet.

Unterschiedliche Leistungsklassen können bei dieser Bauweise durch Variation der Mittelstücklänge umgesetzt werden. Für die Endstücke werden im Gegenzug Gleichteile verwendet, die sich nur geringfügig in der Bearbeitung unterscheiden, **BILD 2**. Somit werden zum einen Entwicklungszeiten gering gehalten, zum anderen können durch die Verwendung von Gleichteilen Werkzeugumfänge reduziert werden.

Die für diese Welle umgesetzten Maßnahmen verdeutlichen bereits, dass für jede Form von Rotorwelle das Ziel ver-

VERFASST VON



Simon Bair
ist Projektleiter im Bereich Corporate Development E-Motor Components bei der Hirschvogel Komponenten GmbH in Schongau.



Nadine Wünsche
ist Projektleiterin im Bereich Corporate Development E-Motor Components bei der Hirschvogel Komponenten GmbH in Schongau.



Jens Gräfe
arbeitet im Bereich Corporate Development Technical Sales bei der Hirschvogel Umformtechnik GmbH in Denklingen.



Swen Riedel
ist Leiter Corporate Development Components bei der Hirschvogel Komponenten GmbH in Schongau.

folgt wird, im Entwicklungszyklus Synergien für eine nachhaltige Prozessauslegung zu finden und so einen ganzheitlichen Ansatz über alle Prozesse zu verfolgen. Welche weiteren Einflussfaktoren die Entwicklung dahingehend beeinflussen, soll nachfolgend skizziert werden.

GANZHEITLICHER ANSATZ

Bei der Prozessauslegung für das neue Rotorwellenkonzept wurde ein ganzheitlicher und nachhaltiger Ansatz verfolgt, **BILD 3**, der die Grundlage für zukünftige Entwicklungen darstellt. Denn neben den technischen Aspekten spielen bei der Entwicklung von Bauteilen auch steigende Rohstoffpreise, Lieferengpässe und Ressourcenknappheit zunehmend eine entscheidende Rolle. So müssen nicht nur die funktionalen Anforderungen an ein Produkt erfüllt, sondern auch der Materialeinsatz über die komplette Prozesskette so effizient wie möglich gestaltet sein. Darüber hinaus gilt es, aus den vorhandenen Möglichkeiten, wie der Massivumformung, der Wärmebehandlung und der mechanischen Fertigbearbeitung, das optimale Verfahren zu finden.

Ein Vorteil des neuen Ansatzes ist, dass abhängig von den kundenspezifischen Anforderungen sowohl mehrere Fertigungsverfahren als auch unterschiedliche Werkstoffe kombiniert werden können. Ziel ist es dabei, die benötigten Bauteileigenschaften an der Stelle zu realisieren, an der sie tatsächlich erforderlich sind. So bieten sich generell für hochbelastete Bereiche mit hohen Festigkeitsanforderungen, wie zum Beispiel Verzahnungen, hochfeste Legierungen und geeignete Wärmebehandlungsverfahren an. Für weniger belastete Bereiche können bauteilspezi-

fisch kostengünstige Werkstoffe und Verfahren mit geringerer Komplexität zu einer ressourceneffizienten Gesamtprozesskette beitragen.

Darüber hinaus ist ein zentraler Aspekt, die gesamte Wertschöpfungskette zu betrachten, **BILD 4**. Denn bei früher Einbindung in den Auslegungs- und Entwicklungsprozess der Bauteile ist es beispielsweise möglich, auf separate Warmbehandlungsschritte vollständig zu verzichten. Der Grund dafür liegt darin, dass die Festigkeitssteigerung mittels Kaltumformung oftmals bereits die geforderten mechanischen Anforderungen erfüllt. Dann ist ein energieintensives Härten nicht mehr erforderlich. Im konkreten Anwendungsfall erlaubte die frühe Einbindung es, dass die Varianten modular entwickelt werden konnten.

Ein weiterer Effekt der ganzheitlichen Betrachtung zeigt sich darin, dass durch die endkonturnahe Rohteil-auslegung Zerspanvolumen und damit der Materialeinsatz des eingesetzten Werkstoffes reduziert werden kann. Da es oftmals legierte Vergütungsstähle sind, die bei Rotorwellen zum Einsatz kommen, resultiert aus dieser Materialeinsparung nicht nur ein ressourcenschonender Prozess, sondern sie bietet für den Kunden auch Potenzial, Kosten einzusparen.

Schließlich ermöglicht dieser Ansatz eine flexible Konzeptionierung der Anlagen in der Weiterbearbeitung. Das Ziel ist hier, Fertigungskapazitäten optimal und nachhaltig auszunutzen und neben Großserienszenarien auch Klein- und Mittelserien abzubilden – im Nutzfahrzeugsektor ebenso wie im Pkw-Bereich.



BILD 1 Prinzip des modularen Rotorwellenkonzepts: dreiteilige Ausführung (© Hirschvogel)

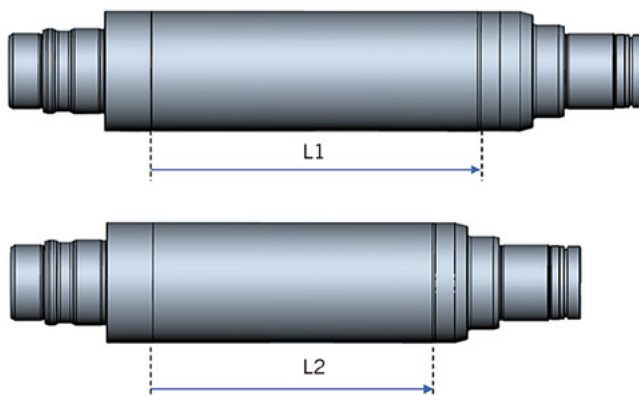


BILD 2 Variable Länge des Mittelstücks für unterschiedliche Leistungsklassen (© Hirschvogel)

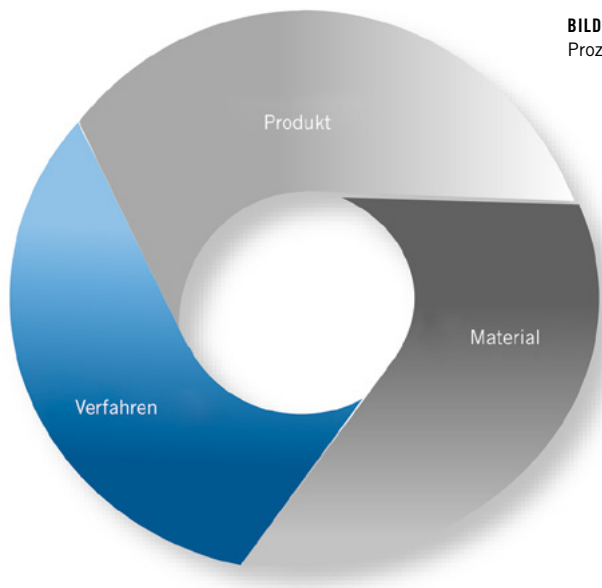


BILD 3 Kernfaktoren für ganzheitliche Prozessauslegung (© Hirschvogel)

Moment) kommt der Fügeverbindung zwischen Rotorwelle und Blechpaket eine wachsende Bedeutung bei der Komponentenauslegung zu – und das sowohl aus technischer Sicht als auch in Bezug auf die Herstellungskosten. Die heute überwiegend genutzten Warmfügeprozesse sind mit hohen Fertigungskosten und Anlageninvestitionen verbunden. Der von Hirschvogel vorgeschlagene Stack-Fix-Kaltfügeprozess [1] beispielsweise kann wesentliches Einsparpotenzial bei den Herstellkosten bieten und wird zugleich hohen Leistungsansprüchen gerecht. Mit ihm lassen sich sowohl Energie sparen als auch CO₂-Emissionen reduzieren. In **BILD 6** sind verschiedene Ausführungsoptionen zur Fixierung des Blechpakets auf der Rotorwelle dargestellt.

ANBINDUNG AN DAS REDUKTIONSGETRIEBE

Bei der Anbindung der Rotorwelle an das Reduktionsgetriebe stehen bei Hirschvogel alle geläufigen Verzahnungsvarianten in einbaufertiger Ausführung zur Verfügung. Innen- oder außenliegende Steckverzahnungen können je nach Kundenanforderung sowohl mittels Zerspanung als auch umformtechnisch gefertigt werden, **BILD 7**. Eine Besonderheit ist dabei die umformtechnische Herstellung einer Steckverzahnung in einem Sackloch, die mit einem Zerspanverfahren in der Großserienfertigung nicht wirtschaftlich darstellbar wäre. Die umgeformte Steckverzahnung bietet zusätzlich Vorteile in puncto Festigkeit und kann in einigen Anwendungs-

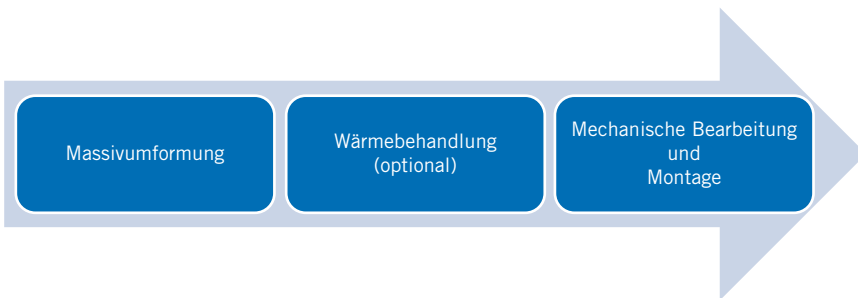


BILD 4 Schematische Darstellung der Kernprozesse für Rotorwellen (© Hirschvogel)

ZWEIFACHE FUNKTIONSINTEGRATION

Der Wirkungsgrad von Elektromotoren weist im direkten Vergleich mit Verbrennungsmotoren deutliche Vorteile auf. Doch im Hinblick auf die Reichweite zeigt sich beim E-Motor noch Optimierungspotenzial. Dabei bietet sich die Rotorwelle besonders für zwei Bereiche als Funktionsträger an, nämlich zur Motorkühlung und zur Verbindung des Blechpakets.

Ein Elektrofahrzeug kann dann mit hohem Wirkungsgrad betrieben werden, wenn die Motortemperatur im optimalen Bereich gehalten wird. Daher haben sich in den letzten Jahren verschiedene Kühlkonzepte am Markt etabliert. Stark vertreten ist mittlerweile die Rotorinnenkühlung, **BILD 5**. Beim dahinterstehenden Prinzip wird der verfügbare Bauraum im Inneren der Rotorwelle genutzt, um gezielt Kühlmedium durch die Welle zu leiten und die im Rotor entstehende Wärme abzuführen. Durch

die integrierte Kühlfunktion erhöhen die Rotorwellen die Effizienz des Motors und liefern so einen Zusatzbeitrag für eine nachhaltige Mobilität. Derartige Kühlkonzepte sind bei Hirschvogel in Serie umgesetzt.

Mit den steigenden Anforderungen an die Motorleistung (Drehzahl und

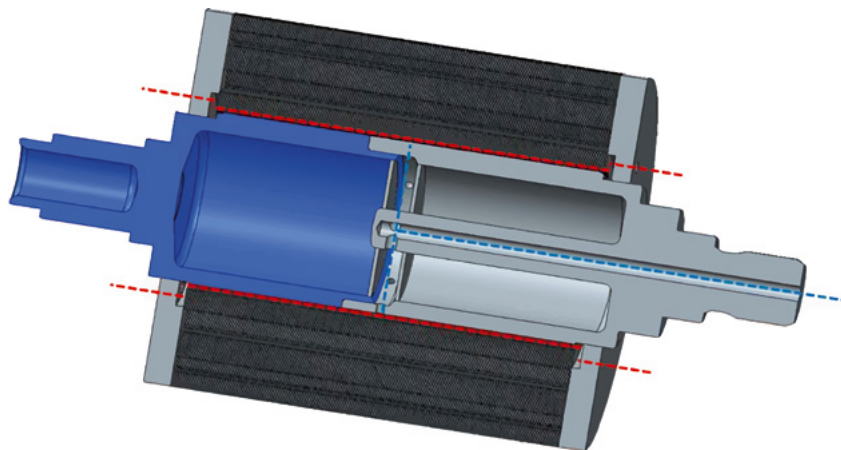


BILD 5 Beispiel für eine Rotorinnenkühlung (© Hirschvogel)

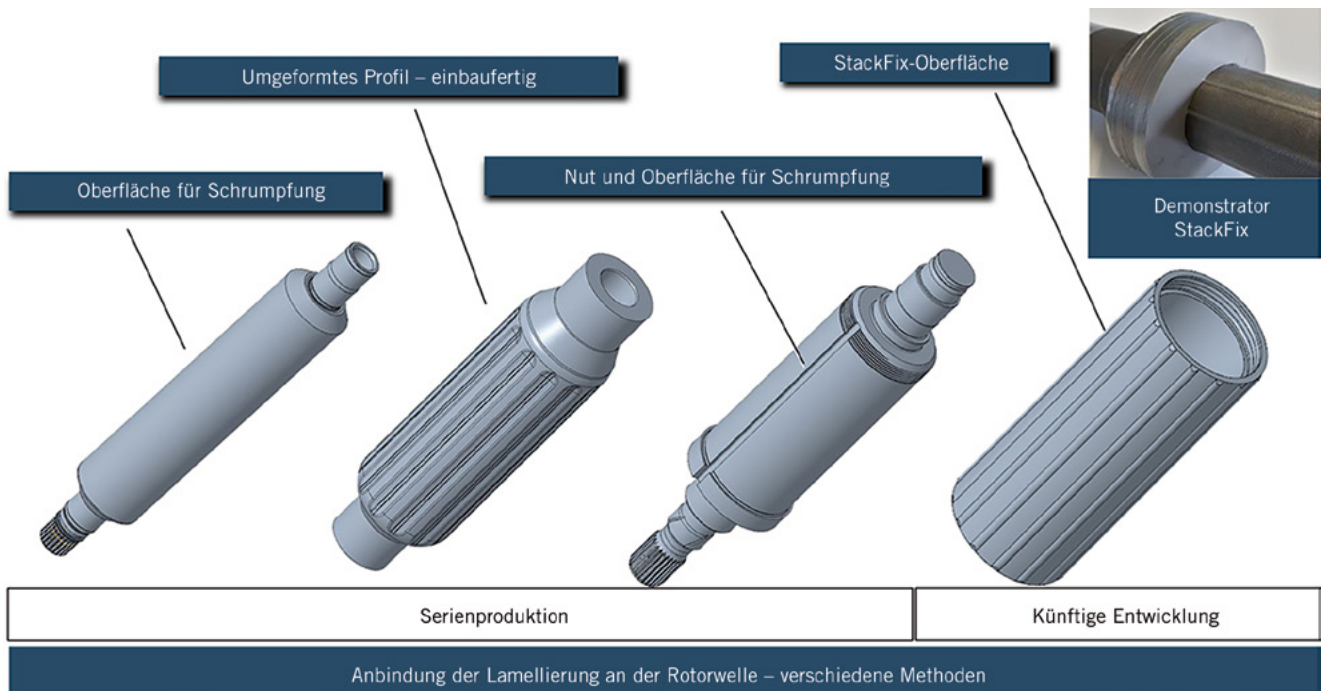


BILD 6 Fügeverbindungen von Rotorwelle und Blechpaket (© Hirschvogel)



BILD 7 Rotorwellen mit unterschiedlich verzahnten Anbindungen an das Reduktionsgetriebe (© Hirschvogel)

fällen dazu führen, dass durch die prozessbedingte Kaltverfestigung ein separates Härten der Verzahnung entfällt.

Alternativ kann zur Getriebeanbindung statt einer Steckverzahnung auch eine Laufverzahnung hausintern gefräst werden. Bereits heute werden Wellen im weich vorzerspannten Zustand an Kunden ausgeliefert. Diese können bei Bedarf auch mit Wärmebehandlung und abschließender Hartfeinbearbeitung durch Schleifen oder Honen einbaufertig hergestellt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Hirschvogel hat einen Prozess entwickelt, mit dem Rotorwellen für Nutzfahrzeuge einbaufertig den Motorleistungsklassen entsprechend modular konzipiert, ressourceneffizient produziert und als Leichtbaulösungen für mehr Nutzlast eingesetzt werden können. Dabei konnte, je nach Bauteilvariante, eine Gewichtsoptimierung von bis zu 9 kg erzielt werden. Bereits Ende 2022 sind die ersten Lkw-Rotorwellen in Serie gegangen.

LITERATURHINWEIS

[1] Heizmann, J.; Linder, G.: Steigerung der Leistungsfähigkeit durch massivumgeformte Komponenten. In: ATZheavyduty 12 (2019), Nr. 1, S. 54-57



IMPRESSUM:

Sonderausgabe 2023 in Kooperation mit Hirschvogel Holding GmbH,
Dr.-Manfred-Hirschvogel-Strasse 6, 86920 Denklingen;
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden,
Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabusch

TITELBILD: © Getty Images/iStockphoto



**Hirschvogel
Group**

Traditionally innovative.



**EINE WELT
VOLLER
MÖGLICHKEITEN.**



Im Mobilitätswandel stecken jede Menge Chancen. Als einer der weltweit größten Hersteller von massiv umgeformten und weiterveredelten Bauteilen aus Stahl und Aluminium agieren wir für unsere Kunden als ideenreicher Partner – mit Lösungen für alle Mobilitätskonzepte, von der Mikromobilität bis zu elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. So wird der Wandel für uns zum Wachstumstreiber. Weltweit.

www.hirschvogel.com