

Z-Drive: Radnabenmotor für die Elektromobilität

Der Radnabenmotor Z-Drive setzt durch seine kompakte Bauweise, hohe Effizienz und Skalierbarkeit neue Maßstäbe in der Elektromobilität.



Einsatz von SiC-MOSFETs in KI-Rechenzentren

Gestiegene Anforderungen an die Stromwandlung in modernen Hyperscale-Rechenzentren

Das passende Display für jedes Projekt finden

LCD-Display, IPS oder OLED? Die Wahl des richtigen Displays stellt eine Herausforderung dar

AUTOMOTIVE & TRANSPORTATION

Neuer Radnabenmotor für zukünftige Elektromobilität

Der Paradigmenwechsel in der Elektromobilität ist längst überfällig. Heutige Elektrofahrzeuge unterscheiden sich kaum von Verbrennern: Klobige Fahrzeuge mit zentralem Antrieb, die für den urbanen Raum ungeeignet sind. Der Fokus auf Größe, Leistung und Reichweite führt zu schweren Modellen und damit zu einer Ineffizienz, die sich negativ auf Umweltbilanz, Fahrzeugpreis und Mobilitätskosten auswirkt. Der Radnabenmotor Z-Drive hingegen eröffnet neue Fahrzeugtopologien und Design-Freiheiten.

36



ELEKTRONIKSPIEGEL

6 **Zahlen, Daten, Fakten**

8 **Aktuelles**

SCHWERPUNKTE

Automotive & Transportation

TITELTHEMA

36 **Z-Drive: Radnabenmotor für die Elektromobilität**

Der Radnabenmotor Z-Drive setzt durch Bauweise, Effizienz und Skalierbarkeit neue Maßstäbe in der Elektromobilität.

Stromversorgungen

14 **Netzausfall-Strategien für PFC-Wandler**

Eine stabile Stromversorgung ist für Rechenzentren wichtig. Hier spielen Lösungen eine Rolle, die eine zuverlässige Netzausfall-Überbrückung ermöglichen.

20 **Effiziente Leistungswandler in KI-Rechenzentren**

Der steigende Strombedarf von Hyperscale-Rechenzentren stellt neue Anforderungen an die Stromwandlung.

Schalter & Relais

24 **CMOS- und Halbleiterrelais sinnvoll vergleichen**

$C_{DS(OFF)}$ ist ein wichtiger Wert für die Auswahl eines Schalters. Mit ihm lassen sich die Leistungsfähigkeit von CMOS-Schaltern und Halbleiterrelais direkt vergleichen.

Mensch-Maschine-Interface

28 **Welches Display sich für welches Projekt eignet**

Bei der Entwicklung neuer Geräte oder der Modernisierung bestehender Designs stellt die Display-Wahl eine Herausforderung dar.

Automotive und Transportation

32 **Lade- und Energiemanagement intelligent vereint**

Die gleichzeitige Nutzung mehrerer Ladestationen führt zu einem höheren Strombedarf, der die Netze stärker fordert.

Gehäusetechnik

40 **Hohe Oberflächenqualität und vielfältiges Design**

Design-Gehäuse aus Aluminium kombinieren Funktion, Langlebigkeit und ästhetisches Design für elektronische Systeme.

Bauteilebeschaffung

46 **Intelligente Gesten- und Sprachsteuerung für IIoT**

AI-on-the-Edge ermöglicht die lokale Echtzeitverarbeitung, reduziert Netzwerkkosten und erhöht die Ausfallsicherheit.

TIPPS & SERIEN

13 **Analogtipp**

Massefreie, nicht-isolierte Halbbrücken-Gate-Treiber

18 **Power-Tipp**

USB-C und USB PD in batteriebetriebenen Systemen

NEUE FAHRZEUGTOPOLOGIEN

Z-Drive: Radnabenmotor für die Elektromobilität

Mit dem Z-Drive wurde ein Radnabenmotor entwickelt, der durch seine Bauweise, Effizienz und Skalierbarkeit neue Maßstäbe in der Elektromobilität setzen kann. Die patentierte Konstruktion ermöglicht eine signifikante Gewichtsreduzierung.

Der Paradigmenwechsel in der Elektromobilität ist überfällig. Während heutige Elektrofahrzeuge sich kaum von Verbrennern unterscheidet, eröffnet der Z-Drive neue Fahrzeugtopologien und Design-Freiheiten. Das volle Potenzial elektrischer Antriebe für eine nachhaltige und effiziente Mobilität lässt sich so erschließen. Die aktuelle Elektromobilität ist geprägt durch klobige Autos mit zentralem Antrieb, die für den urbanen Raum ungeeignet sind. Der Fokus auf Größe, Leistung und Reichweite führt zu schweren Kisten und damit zu einer Ineffizienz, die sich negativ auf Umweltbilanz, Fahrzeugpreis und Mobilitätskosten auswirkt.

Der Z-Drive hingegen ermöglicht eine radikale Abkehr von diesem Konzept. Hier kommt der Antrieb in die Räder, wo die Leistung gebracht wird. Durch seine kompakte

Bauweise, seine hohe Effizienz und seine Flexibilität fördert er so die Entwicklung von leichten, wendigen und kostengünstigen Elektrofahrzeugen mit neuen Topologien und Designs, die besser auf die tatsächlichen Anforderungen des modernen Verkehrs, besonders im urbanen und suburbanen Raum, zugeschnitten sind.

Natürlich ist das auch ein politisches Thema. An dieser Stelle ist der Gesetzgeber gefordert, vernünftigeren Rahmenbedingungen zu schaffen. Das lässt sich beispielsweise durch den Lückenschluss zwischen Leichtfahrzeugen der L-Klasse und der Pkw-Klasse M1 umsetzen. Eine MO-Klasse für kompakte City-Fahrzeuge, ähnlich der in Japan äußerst erfolgreichen Kei-Car-Klasse, könnte den Stadtverkehr stark entlasten und die Kosten für E-Mobilität deutlich reduzieren.

Bild: Esch Projekt System- und Projektentwicklung



VERFASST VON
Hans-Jürgen Esch

Gründer und Inhaber
Esch Projekt System- und Projektentwicklung

Paradigmenwechsel:

Für die Anforderungen des Verkehrs sind leichte, wendige und kostengünstige Stromer nötig.



Bild: © Olivier Le Moal - stock.adobe.com



Bild: Esch Projekt-System- und Projektentwicklung

Herausforderungen konventioneller Radnabenmotoren

Radnabenmotoren haben sich bisher nicht durchgesetzt, weil sich verschiedene Herausforderungen bisher nicht zufriedenstellend lösen ließen. Dabei handelt es sich um folgende Punkte:

- **Größe und Gewicht:** Die bisherigen Radnabenmotoren sind groß und schwer, was den Einbau kompliziert macht, die ungefederte Masse erhöht und die Fahreigenschaften beeinträchtigt.
 - **Komplexität und Kosten:** Die Herstellung ist aufwendig, erfordert teure Vorrichtungen, Spezialteile und hochpräzise Fertigungsverfahren.
 - **Kühlprobleme:** Die Kühlung der Motoren ist eine Herausforderung, insbesondere bei hohen Leistungen und führt meist zu zerklüfteten Oberflächen, die Wärme gut abstrahlen können, jedoch Schmutzfänger sind.
- Der Z-Drive bietet eine elegante Lösung für diese Herausforderungen:

- **Kompakte Bauweise:** Durch ein schwingfähiges 2D-System, ein neuartiges Kühlkonzept und die namensgebende Z-Wicklung ist der Z-Drive deutlich schmäler und leichter als herkömmliche Motoren und nutzt das Kupfer im Stator besser aus.
- **Effizienz:** Das optimal ausgerichtete Magnetsystem, die auf vier Scheiben basierende filigrane Struktur und ein neuartiges innenliegendes und thermisch entkoppeltes Stator-System mit effizienter Druckluft- oder Flüssigkeitskühlung führen zu hohen Wirkungsgraden und maximaler Leistungsdichte.
- **Skalierbarkeit:** Der Z-Drive kann für viele Fahrzeug angepasst werden, von elektrisch betriebenen Rollern und Motorrädern über PKWs bis hin zu Nutzfahrzeugen. Der Leistungsbereich beginnt im einstelligen kW-Bereich. Die Systemleistung beim Einsatz in allen Rädern reicht bis zu mehreren 100 kW. Kleine Varianten des Z-Drives lassen sich problemlos in 10“-Rollerfelgen einbauen, die Entfaltung höherer Drehmomente erfordert Felgen ab einem Durchmesser von 14 Zoll.
- **Kostengünstige Fertigung:** Die stark vereinfachte Konstruktion schöpft die Möglichkeit des Rapid Prototypings voll aus und führt zu einer kostengünstigen Herstellung bereits bei kleinen Serien. Dazu

Bild 1: Durch seine kompakte Bauweise, Effizienz und Flexibilität fördert der Radnabenmotor Z-Drive die Entwicklung von leichten, wendigen und kostengünstigen Elektrofahrzeugen mit neuen Topologien und Designs.

**Weil
manchmal
alles von
genau
18 Volt
abhängt.**

datatec.eu/future



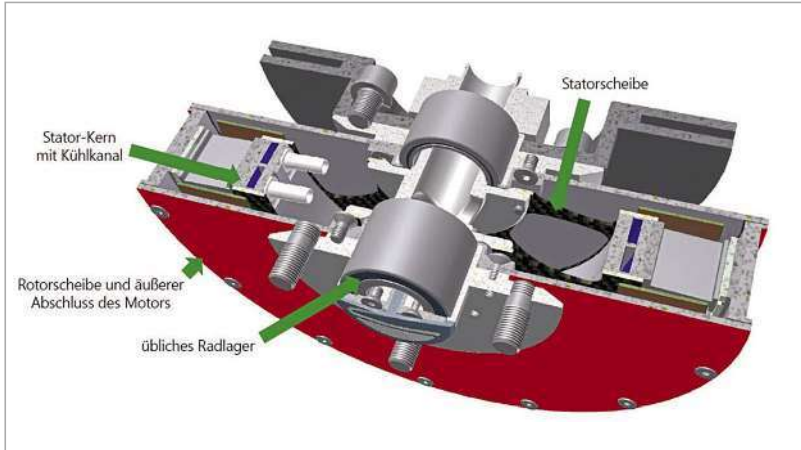


Bild 2: Richtet sich das Magnetsystem automatisch aus, sind Stator und Rotor immer exakt positioniert.

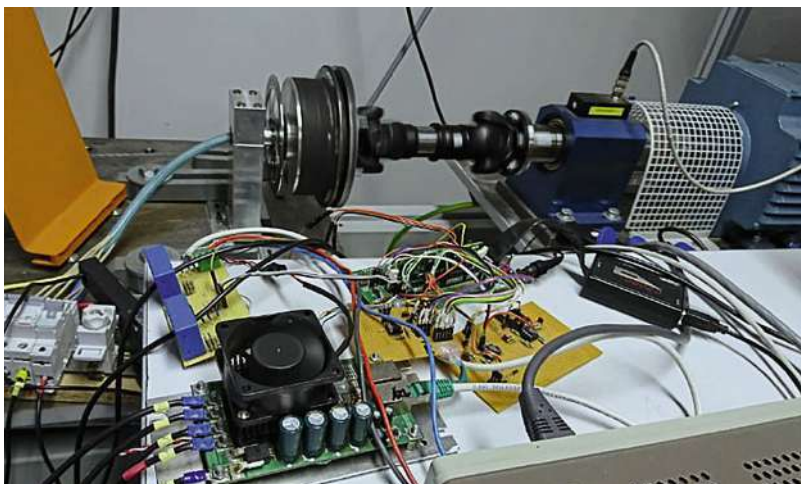
tragen auch eine neuartige Bewicklung und Verdrahtung des Stators bei.

Funktionsprinzip im Detail betrachten

Das Herzstück des Z-Drive bildet ein sich selbst zentrierendes Magnetsystem, das auch zentraler Aspekt der Patentierung ist. Dieses Design macht aufwendige Versteifungen überflüssig und ermöglicht so eine deutlich flachere Bauweise. Das Ergebnis: ein leichter Motor, der sich problemlos in nahezu jedes Rad integrieren lässt. Ein weiterer Vorteil der neuen Bauweise liegt in einer effizienten Wärmeabfuhr, die im Winterbetrieb die Innenraumheizung unterstützen kann.

Neu ist auch das Wicklungsschema des Z-Drive, das symmetrisch aufgebaut ist und mit einer halbierten Anzahl der Verbindungspunkte auskommt. Die Verdrahtung erfolgt über Hochstrom-Brückensegmente, die Ähnlichkeiten mit Leiterplatten haben und sich unter Verwendung von lasergeschnitten Leitersegmenten einfach herstellen lassen. In den Bereich der Hochstrom-Verbindungen können auch vorteilhaft Komponenten der Leistungselektronik integriert werden, zum Beispiel Siliziumkarbid-Halbleiter nebst Treibern oder weiteren Komponenten der Motorsteuerung. Die Verlustwärme der Leistungshalbleiter erfolgt dann durch den besonderen Aufbau der Kühlung aufwandsarm und direkt.

Bild 3: Die Erprobung des Z-Drive erfolgte auf einem Prüfstand an der HTW Berlin.



Vorteile und Anwendungen

Der Radnabenmotor punktet mit verschiedenen Vorteilen, wie verbesserten Fahreigenschaften, einem reduzierten Energieverbrauch und einer hohen Flexibilität, die nachfolgend im Detail betrachtet werden. Dazu zählen die Fahreigenschaften, Energieverbrauch, Reichweite, Umweltfreundlichkeit und Flexibilität.

Verbesserte Fahreigenschaften

Durch die direkte Kraftübertragung, die verringerte ungefederte Masse und die günstige Gewichtsverlagerung bietet der Z-Drive ein präzises und agiles Fahrverhalten. Ein Vorteil, der schon beim Antrieb einer Achse zum Tragen kommt.

Energieverbrauch, Reichweite und Umweltfreundlichkeit

Die hohe Effizienz des Z-Drives, sein geringes Gewicht und der Wegfall der üblichen Kraftübertragung, wie Reduziergetriebe, Differential oder Achswelle, trägt zu einer verbesserten Energiebilanz bei. Es resultiert ein reduzierter CO₂-Fußabdruck und eine geringere Umweltbelastung durch Ressourceneffizienz.

Flexibilität

Der Z-Drive eignet sich natürlich für neue Fahrzeugkonstruktionen und -konzepte die ein verbessertes Verhältnis von Außenvolumen zu Innenraum anstreben, aber ebenso für die Umrüstung bestehender Fahrzeuge (geeignete Young- und Oldtimer...).

Wie ist der derzeitige Entwicklungsstand?

Wie sieht nun der Entwicklungsstand aus? Zunächst wurde eine Maschine berechnet, entworfen, ein 3D-Volumenmodell konstruiert und analysiert (FEM, FEMM...). Labormuster des Motors wurden aufgebaut und getestet und eine passende Motorsteuerung mit neuartiger Teilkreis-Sensorik entwickelt. Die Erprobung auf Prüfständen fand an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW Berlin) statt. Es folgten Fahrversuche mit zwei Z-Drives, die die Hinterräder eines Leichtfahrzeugs der Klasse L7e antrieben. In Zusammenarbeit mit der HTW Berlin entstand darüber hinaus eine auf den Motor abgestimmte sensorlose Motorsteuerung.

Fazit

Der Z-Drive-Radnabenmotor wurde als zukunftsweisende Lösung für eine moderne und innovative Elektromobilität entwickelt, um die derzeitigen Herausforderungen und Hemmnisse zu meistern. Durch seine äußerst kompakte Bauweise, seine hohe Effizienz und seine Flexibilität ermöglicht er die Entwicklung von Fahrzeugen, die nicht nur umweltfreundlich, sondern vor allem auch wirtschaftlich sind. Die Fahrfreude kommt dabei garantiert nicht zu kurz. Jedes mit dem Z-Drive ausgestattete Fahrzeug profitiert von der spontanen Drehmoment-Entfaltung direkt in den Rädern, egal ob nun zwei oder vier Räder damit angetrieben werden, oder im Falle von Zweirädern auch nur eines.

Der Entwickler des Z-Drive gibt die Patentrechte bei entsprechendem Interesse frei und ist für unterschiedliche Formen der Kooperation offen. Im Geiste von Open-Source-Hardware kann die Freigabe auch als eine Einladung verstanden werden, den Z-Drive weiterzuentwickeln und mit geeigneten Industriepartnern kostengünstig herzustellen. (se)