

## Multirotor E-Antrieb für höchste Ansprüche

Höchst effizienter und leichter Planetenmotor/-generator reduziert Kosten

Elektrische Motoren für Industrie- und KFZ-Antriebe bekommen in der Regel über hohe Drehzahlen ihre hohe Leistungsdichte. Um die Drehzahl dann zu reduzieren und, je nach Anwendungszweck, das Drehmoment zu erhöhen, werden die Motoren mit Getrieben ausgestattet. Die klassische Lösung ist, die Abtriebswelle der elektrischen Maschine als Eingang in ein Stirnrad- oder Planetengetriebe zu verwenden. Dadurch werden Drehzahl und Drehmoment auf die benötigten Werte gebracht. Dabei sind Motor und Getriebe zwei funktional und räumlich getrennte Einheiten, die gemeinsam den wichtigsten Teil eines Antriebsstranges bilden.

Die Umlaufgeschwindigkeit des Rotors ist durch die Festigkeitseigenschaften des Rotormaterials begrenzt. Typischerweise können Umfangsgeschwindigkeiten von 100-200 m/s wirtschaftlich dargestellt werden.

Für viele Anwendungen von E-Antrieben – vom Automobil über Luftfahrt bis Robotik – wären erhöhte Drehzahl oder verringerte Baugröße und Gewicht bei gleichzeitiger Senkung der Produktionskosten von großem Vorteil.

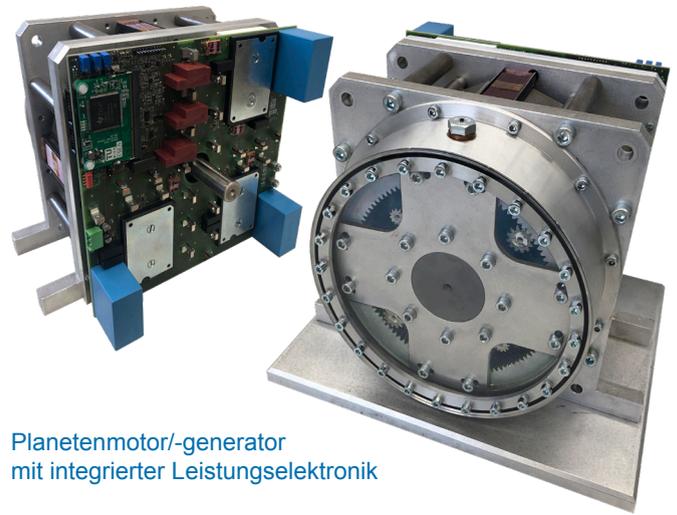
### Ziel

Prof. Manfred Schrödl und seine Arbeitsgruppe an der TU Wien strebten die Entwicklung eines vereinfachten und leistungsstarken Motor-Getriebe-Systems an. Gesucht wurde nach einem Weg, die Leistungsgrenzen von hochdrehenden Motoren, wie sie beispielsweise für die E-Mobility benötigt werden, durch Erhöhung der Rotordrehzahlen bei gleichbleibender Umfangsgeschwindigkeit anzuheben.

Neben der Vereinigung der beiden getrennten Funktionseinheiten Getriebe und elektrische Maschine sollte auch die Leistungselektronik möglichst in die elektrische Maschine integriert werden.

### Lösung

Der Grundgedanke für die neuentwickelte Antriebsform ist das Aufteilen des einen Rotors in der konventionellen elektrischen Maschine auf mehrere Rotoren, deren mechanische Leistung überein Getriebewiederkombiniert



Planetenmotor/-generator  
mit integrierter Leistungselektronik

wird. Dabei bilden nun die verzahnten Rotorwellen bereits einen Teil des Getriebes. Durch geschickte Auslegung können mehrere Maschinen in einem einzigen Stator zusammengefasst werden, der mit einem gemeinsamen dreiphasigen Wicklungssystem mehrere synchrone Drehfelder erzeugt. Damit können Kupfer und Eisen bzw. Stahl eingespart werden.

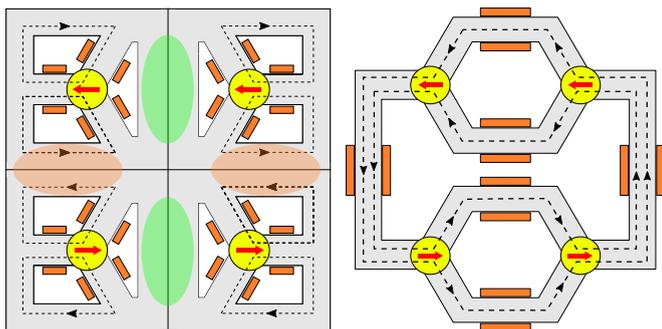
Die Magnetisierung der Rotoren (paarweise in gegensinniger Richtung) wird vorzugsweise mittels Permanentmagneten realisiert. Es sind aber auch Ausführungen mit Reluktanzrotoren möglich, die gänzlich ohne Seltenerdmetalle auskommen.

Bei dem hier abgebildeten Planetenmotor treiben jeweils zwei gleichsinnig drehende Rotoren das innenverzahnte Hohlrad an und die beiden gegenläufig drehenden Rotoren ein außenverzahntes Sonnenrad. Hohlrad und Sonnenrad drehen sich hier gleichsinnig und bei entsprechender Dimensionierung mit der gewünschten, gleichen Winkelgeschwindigkeit. Werden Sonnen- und Hohlrad mechanisch gekoppelt treiben alle Rotoren eine gemeinsame Abtriebswelle an. Bei Anwendung als Generator werden dementsprechend alle Rotoren gleichmäßig angetrieben.

Die Anordnung der Rotoren erinnert an die Planetenräder eines Planetengetriebes, was diesem Motor seinen Namen gibt.

Bei einer weiteren Variante dieses Maschinenkonzepts wird durch Ändern der Rotordrehrichtungen der Ersatz des innenverzahnten Hohlrads durch zwei außenverzahnte Stirnräder möglich. Dadurch kann das Getriebe einfacher gefertigt werden. Weiters wurde die Statorgeometrie so modifiziert, dass sich gerade Flussführungswege ergeben. Das ermöglicht, kornorientiertes Elektroblech einzusetzen und damit die Eisenverluste weiter zu reduzieren.

Um ein noch kostengünstigeres System zu erhalten, kann der Planetenmotor mit dem seit Jahren in zigtausend Antrieben bestens bewährten INFORM<sup>®</sup>-Verfahren bis zum Stillstand sensorlos geregelt werden. Dies erlaubt, ohne störanfällige Positionssensoren auszukommen sowie den Bauraum weiter zu verkleinern. So wird ein hochdynamischer, robuster und kostengünstiger Antrieb erzielt.



Grundprinzip: mehrere gleichartige Maschinen werden in einem gemeinsamen Stator kombiniert. Nun können inaktive (grün) sowie kompensierende Bereiche (braun) eingespart werden. Die Anzahl der benötigten Spulen wird erheblich reduziert.

## Ergebnisse

Die neue Statorgeometrie erlaubt die Statorwicklungen vorzufertigen und auf den Stator einfach aufzuschieben.

Der abgebildete Planetenmotor demonstriert auch die vollständige Integrierbarkeit der Leistungselektronik an der Stirnseite des Motors. Die Spulenanschlüsse werden alle auf einer Seite mit einer Hochstromplatine verschaltet, welche gleichzeitig die Leistungselektronik enthält. Das bringt nicht nur Vorteile in der automatisierten Fertigung, sondern eliminiert auch die sonst notwendigen Motoranschlusskabel und damit verbundene EMV-Probleme.

Das Klemmenspannungsverhalten des Planetenmotors entspricht dem einer klassischen dreisträngigen Drehstrommaschine. Daher kann er mit einem konventionellen dreiphasigen Umrichter betrieben werden.

## Anwendungsgebiete

- e-Mobility, Automobilbau
- Luft- und Raumfahrt
- Baumaschinen
- Hebevorrichtungen
- Produktions- und Werkzeugmaschinen
- Notaggregate
- Trommelantriebe
- Robotergelenksantriebe

## Ihre Vorteile

- sehr kompakter Antriebsstrang durch Integration von Motor und Getriebe
- höhere Leistungsdichte: bis zu +50% bei gleichem Volumen
- bei vier Rotoren: doppelte Leistung gegenüber einer konventionellen Maschine mit gleicher Rotorquerschnittsfläche
- Ausfallssicherheit durch Wegfall von Sensoren
- höherer Wirkungsgrad bei geringeren Herstellungskosten
- weit höhere Belastung bei gegebener Form und Materialqualität der Verzahnung
- extrem flache Bauweise möglich
- speziell für sicherheitskritische oder Hochleistungseinsätze
- Fertigung mit erhöhtem Automatisierungsgrad möglich

## Kontakt

Prof. Dr. Manfred Schrödl  
 TU Wien – Institut für Energiesysteme  
 und Elektrische Antriebe  
[www.ieam.tuwien.ac.at](http://www.ieam.tuwien.ac.at)  
 +43 1 58801 370212  
[manfred.schroedl@tuwien.ac.at](mailto:manfred.schroedl@tuwien.ac.at),  
[foma@tuwien.ac.at](mailto:foma@tuwien.ac.at)