

**N**SK, der japanische Komponentenhersteller mit Stammsitz in Tokio, zu dessen Hauptprodukten Lager und Fahrzeugteile gehören, hat Ende 2016 einen neuen Radnabenmotor mit besonders effizientem Getriebemechanismus vorgestellt (Abbildung 1). Mit diesem Motortyp lassen sich hohe Fahrleistungen bei vergleichsweise geringer Motorgröße realisieren. Ziel von NSK ist dabei nicht die Serienproduktion des Motors als Ganzes, sondern vielmehr die Etablierung der Einzelkomponenten auf dem Markt. Das sind in erster Linie Radlager mit eingebautem Untersetzungsgetriebe, Einwegkupplungen, kleine Wälzlager und korrosionsbeständige Lager.

#### **Mehr Sicherheit und Komfort, bessere Umweltbilanz**

Weil Radnabenmotoren direkt am Rad montiert sind, entfallen die bei „klassischen“ Fahrzeugen mit zentralem Motor erforderlichen Antriebsstrangkomponenten. Damit reduziert sich das Fahrzeuggewicht, was wiederum zu einem sinkenden Energieverbrauch führt und so die Umweltbilanz verbessert. Gleichzeitig wird der Komfort im Fahrzeug verbessert – durch den hinzugewonnenen Platz im Fahrzeuginnenraum, zum Beispiel durch Wegfall des Kardantunnels bei Hinterradantrieb. Auch die Fahrsicherheit erhöht sich, denn der Antrieb der Räder lässt sich sehr viel direkter und individueller für jedes Rad steuern, als das bei einem zentralen Verbrennungsmotor mit den üblichen Antriebsstrangkomponenten möglich ist.

#### **Hohe Leistungsanforderungen bei kleiner Motorgröße**

In der Entwicklungsphase musste sich NSK einer Reihe von Herausforderungen stellen, wobei eine der wesentlichsten darin bestand, den Motor trotz der hohen Leistungsanforderungen möglichst klein zu halten. Denn um sämtliche Alltagssituationen zu meistern, muss der Motor beim Beschleunigen und Bergauffahren ein großes Drehmoment bei vergleichsweise kleinen Drehzahlen liefern, wohingegen bei Autobahnfahrten maximale Drehzahlen bei vergleichsweise geringem Drehmoment benötigt werden. Weil dieses Anforderungsspektrum schnell zu Lasten der Motorgröße geht, fokussierte NSK die Entwicklungsarbeit auf die Verkleinerung des Radnabenmotors und seiner Komponenten.

#### **Die Lösung: Radnabenmotor mit Getriebemechanismus**

Auf der Suche nach einer platzsparenden Lösung hat NSK einen Radnabenmotor mit integriertem Getriebemechanismus entwickelt. Der neuartige Antrieb besteht aus zwei Motoren, zwei Planetengetrieben und einer Einwegkupplung (Abbildung 1). Mit diesem Aufbau lassen sich sowohl die geforderten hohen Drehmomente als auch eine ausreichend hohe Maximaldrehzahl erreichen. Die Tatsache, dass Elektromotoren im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren auch rückwärtsdrehend betrieben werden können, nahm das Team als Ansatzpunkt für seine Entwicklungsarbeit. Im Hochgang-Bereich laufen beide Motoren



&gt;&gt;

„Die Fähigkeit der Tandem-AutoBox, Steuerungs- und Messaufgaben simultan auszuführen, war für uns besonders hilfreich. Und auch die Fehleranalyse und -behebung ging mit Hilfe der dSPACE Systeme schnell, einfach und zuverlässig von der Hand.“

*Yasuyuki Matsuda, NSK*





# Kraft im Rad

Entwicklung eines kompakten  
Radnabenmotors mit integriertem  
Getriebemechanismus

*Bildnachweis: © NSK Ltd.*

Stetig wachsende Umweltauflagen für Fahrzeuge beschleunigen den Trend zur Elektrifizierung in der Fahrzeugtechnik. In diesem Kontext hat das japanische Unternehmen NSK einen neuartigen Radnabenelektromotor mit integriertem Getriebemechanismus entwickelt, für dessen Evaluierung eine Tandem-AutoBox von dSPACE zum Einsatz kam.



## Technische Daten

### Radnabenmotor

Maximale Leistung (pro Rad)	■ 25 kW
Maximales Antriebsmoment	■ 850 Nm
Maximalgeschwindigkeit	■ 135 km/h
Gewicht	■ 32 kg

### Testfahrzeug

Radstand	■ 2550 mm
Spurweite	■ 1484 mm
Gewicht (ohne Insassen)	■ 1013 kg
Batteriespannung und -kapazität	■ 400 V; 10,2 kWh

gleichsinnig, im Niedriggang-Bereich gegensinnig. Die beiden Motoren des Radnabenantriebs sind über die Getriebeeinheit, bestehend aus den zwei Planetengetrieben und der Kuppelung, mit dem Rad verbunden. Durch

die richtungsvariable Ansteuerung der Motoren ergeben sich zwei unterschiedliche Übersetzungen. Drehen die Motoren gegensinnig, ergibt sich auf der Antriebswelle ein hohes Drehmoment, das bis zu einer limitierten Drehzahl genutzt werden kann. Für höhere Drehzahlen werden dann beide Motoren gleichsinnig betrieben und erlauben so höhere Fahrzeuggeschwindigkeiten bei reduziertem Drehmoment. Ein Radlager mit eingebautem Untersetzungsgetriebe überträgt das Drehmoment schließlich an die Räder. Eine separate Gangschaltung wird dank dieser speziellen Motor-Getriebe-Konfiguration überflüssig. NSK geht davon aus, dass ein Aufbau mit zwei dieser Antriebe (einer pro Vorderrad) im Vergleich zu einer Lösung mit einem zentralen Fahrzeugmotor gleicher Leistung das Gewicht um 30 % reduziert. Der Getriebemechanismus ist durch die Steuerung von Drehzahl und Drehmoment beider Motoren zudem in der Lage, auch während Beschleunigungs- und Abbremsvorgängen ruckfrei zu schalten (Abbildung 2).

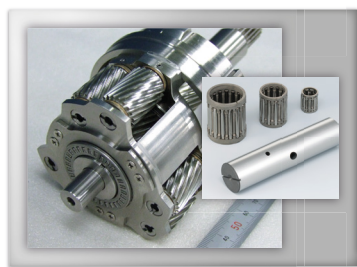
### Tandem-AutoBox für On-Board-Experimente

Für die Evaluierung des Motorprototyps hat das Entwicklungsteam ein Testfahrzeug konstruiert, an dessen Vorderrädern jeweils ein Radnabenmotor angebracht ist. Bei der Herstellung des komplexen Evaluierungsequipments – insbesondere bei der Konstruktion dieses Testfahrzeugs – arbeitete NSK eng mit einer Vielzahl von Unternehmen und einer Universität zusammen. dSPACE stand dem Unternehmen seit der Planungsphase des Testfahrzeugs unterstützend zur Seite. Um die Radmotoren im praktischen Fahrbetrieb zu testen, wurde im Heck des Fahrzeugs eine Tandem-AutoBox verbaut. Diese stellte für das Testfahrzeug einen Großteil der Schnittstellen zur Verfügung. Neben der Regelung der Elektromotoren in den Radnabenantrieben übernahm das dSPACE System auch die Regelung der elektronischen Servolenkung. Das Testfahrzeug ist so ausgelegt, dass es sich über die Tests der Radnabenmotoren hinaus noch für zahlreiche weitere Anwendungs-

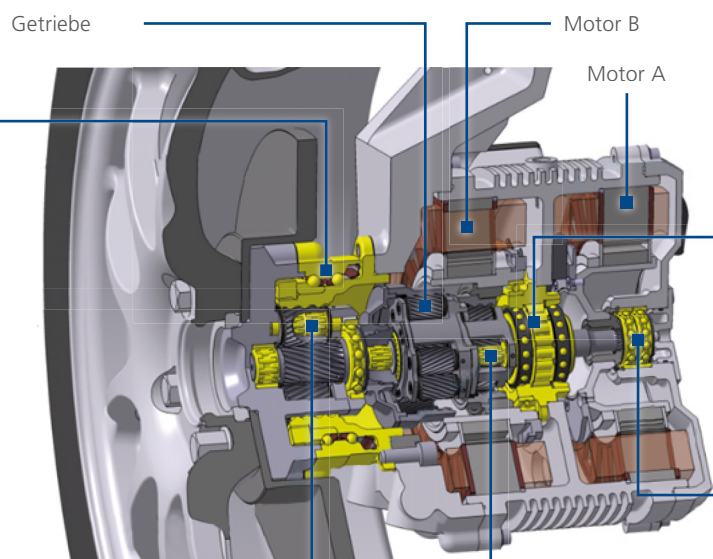
Abbildung 1: Aufbau des Radnabenmotors mit integriertem Getriebemechanismus. NSK möchte die Einzelkomponenten des Motors auf dem Markt etablieren.



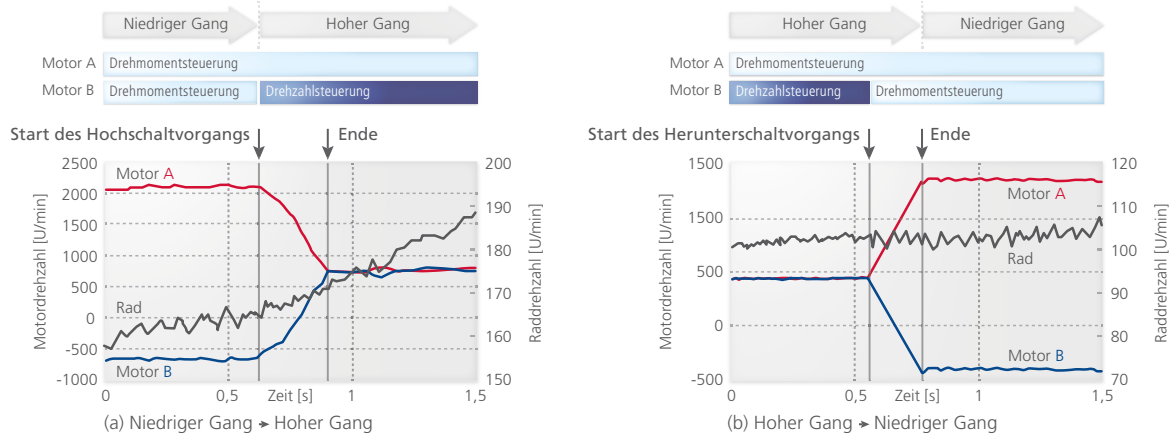
Radlager mit eingebautem Untersetzungsgetriebe



Kleine Wälzlager



Bildnachweis: © NSK Ltd.



Bildnachweis: © NSK Ltd.

Abbildung 2: Die Vorgänge beim Hoch- und Herunterschalten:

- a) Beide Motoren rotieren zunächst gegensinnig. Beim Drehrichtungswechsel von Motor B aktiviert die Einwegkupplung den Planetenträger. Die Motoren drehen gleichsinnig weiter (hohe Geschwindigkeit/kleines Drehmoment).
- b) Beide Motoren rotieren zunächst gleichsinnig. Beim Drehrichtungswechsel von Motor B stoppt die Einwegkupplung den Planetenträger. Die Motoren drehen gegensinnig weiter (niedrige Geschwindigkeit/großes Drehmoment).

fälle eignet. Um auch für zukünftige Herausforderungen gerüstet zu sein, setzte NSK eine Tandem-AutoBox ein, die mit einer 12-V-Fahrzeuggatterie betrieben werden kann.

**Enge Zusammenarbeit mit dSPACE**  
NSK vertraute bei der Herstellung des

Testfahrzeugs auf die Expertise des dSPACE Engineerings, das dem Entwicklungsteam während des gesamten Entwicklungsprozesses beratend zur Seite stand. Gemeinsam ließen sich Gerätekonfigurationen schnell und leicht abändern und erweitern sowie Regelstrategien mühelos aktualisieren. Bei der Ergebnisanalyse waren die dSPACE Experimentiersoftware ControlDesk und die Tandem-AutoBox sehr hilfreich. Als besonders nützlich erwies sich dabei, dass die Tandem-AutoBox Steuerungsaufgaben und Messungen simultan ausführen kann. Auf diese Weise verlief die Fehleranalyse und -beseitigung schnell, unkompliziert und zuverlässig.

zudem einen gut lesbaren Code an die Hand, den sie problemlos an die verschiedenen Betriebszustände anpassen konnten. So konnte das Team während des gesamten Entwicklungsprozesses sehr effizient arbeiten. ■

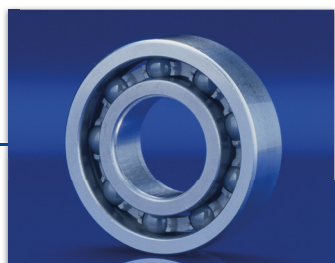
Yasuyuki Matsuda, NSK Ltd.

Erfahren Sie mehr über die Funktionsweise des Radnabenmotors in einem Video:  
[www.dspace.com/go/dMag\\_20172\\_NSK](http://www.dspace.com/go/dMag_20172_NSK)



Einwegkupplung

Korrosionsbeständiges Lager



**Fazit**

Da es sich bei dem Testfahrzeug um ein Elektrofahrzeug handelt, befindet es sich in der Regel entweder an der Ladestation oder es wird gerade getestet (gefahren) oder in Form eines Updates seiner Steuerungssoftware gewartet. Deswegen war ein wesentlicher Punkt bei der Entwicklung der Steuerungssoftware, dass sie den Wechsel zwischen diesen unterschiedlichen Situationen beherrscht. Die Mitarbeiter bekamen

**Yasuyuki Matsuda**

Yasuyuki Matsuda arbeitet in der Abteilung Automotive System Development des Future Technology Development Center bei NSK Ltd. in Fujisawa, Japan.

