

2-Gang-Getriebe BEV

Getriebe

Die Meinung hat sich fast durchgesetzt: 2-Gang-Getriebe ergeben im elektrischen Antrieb wenig Sinn, weil E-Maschinen im niedrigen Drehzahlbereich ein sehr hohes Drehmoment aufweisen und sehr drehzahlfest sind. Das bedeutet, dass mit einer einfachen Übersetzung die Zugkraft beim Beschleunigen und an Steigungen erhöht werden kann und die Maximaldrehzahl immer noch für hohe Geschwindigkeiten ausreicht.

Performance

Es gibt aber auf der einen Seite sportliche Fahrzeuge, welche gerne über noch mehr Beschleunigungskraft verfügen würden, ohne dabei auf höchste Maximalgeschwindigkeit zu verzichten.

Auf der anderen Seite müssen Geländefahrzeuge oder Zugfahrzeuge beim Anfahren über sehr viel Kraft verfügen, so dass sich ein 2-Gang-Getriebe rechnen kann.

Der Audi RS e-tron GT gehört in die Klasse der sportlichen Fahrzeuge und wurde ausser mit einem 2-Gang-Getriebe auch mit Torque-Vectoring ausgerüstet. Das Getriebe ist in Planetenbauweise gefertigt, wobei eine Stirnradvorübersetzung ($i \approx 2.75$) das Sonnenrad über eine Vollwelle antreibt. Dreimal zwei in Serie geschaltete Planetenräder stützen sich am Hohlrad ab und leiten die verlangsamte Drehzahl ($i = 1.875$) auf den Planetenträger und über eine Hohlwelle zum Achsantrieb ($i \approx 2.9$), welcher wieder durch zwei Stirnräder dargestellt wird. Mit dem grossen Achsantriebsrad ist das Kegelraddifferential verschraubt, welches über eine Sperrvorrichtung verfügt. Im zweiten Gang wird das Hohlrad nicht mehr festgehalten, sondern mit dem Planetenträger verbunden, was zu einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 führt. Dadurch verringert sich die Gesamtübersetzung von 15 auf 8 (Spreizung = 1.875). Die Spreizung wird vom Planetengetriebe gebildet und ist von den Zähnezahlen von Sonnen- und Hohlrad abhängig.

Das 2-Gang-Getriebe kann auch mit Stirnrädern aufgebaut werden (Bild 3). Aufgrund der grossen Dimensionen aller Einzelteile handelt es sich in diesem Beispiel um ein Lastwagengetriebe. Im

Nutzfahrzeug sind 2-Gang-Getriebe eher sinnvoll, da die Fahrzeuge mit grossen Lasten anfahren müssen. Das Drehmoment wird über eine Vorübersetzung mit zwei Stirnrädern in das ungleichachsige Zweiwellengetriebe eingeleitet. Auf der Sekundärwelle befinden sich die beiden schaltbaren Losräder und ein auf die Drehmomenterhöhung angepasstes, breites Achsantriebsritzel, welches das Achsantriebsrad und das Differential antreibt.

Die elektrisch betätigte Schaltgabel bewegt die Schaltmuffe. Die Schaltung ist nicht synchronisiert, da die Drehzahlanpassung durch den E-Motor sehr rasch erfolgen kann.

Effizienz

ZF hat folgenden Slogan veröffentlicht: «Ein 2-Gang-Getriebe steigert die Performance - ein 2-Gang-E-Antrieb kann die Effizienz steigern».

Die Reichweite eines BEV hängt vom Verbrauch, also auch von der Antriebseffizienz und andererseits von der Batteriekapazität ab. Die Batterie ist aber sehr schwer und teuer. Das rechtfertigt die Idee, die Effizienz des Elektroantriebes genau unter die Lupe zu nehmen, denn mit jedem Prozent Energie, das eingespart werden kann, wird die Reichweite vergrössert oder kann eine kleinere und leichtere Batterie eingebaut werden. Dazu kommt, dass eine Batterie mit kleinerer Kapazität auch schneller und kostengünstiger geladen werden kann.

Da E-Antriebe grundsätzlich einen sehr hohen Wirkungsgrad aufweisen und die elektrischen Energiekosten bisher auch günstig sind, müssen die technischen Massnahmen an den E-Antrieben sehr clever sein, damit sie gleichzeitig effizienter und günstiger werden.

So kann es beispielsweise Sinn ergeben, den E-Motor während dem Segelbetrieb vom Getriebe abzukoppeln. Gerade permanenterrregte E-Maschinen weisen durch die Induktion ein grosses Schleppmoment auf. ZF hat in Versuchen durch Abkoppeln das Schleppmoment um 90 % verringern können.

Das 2-Gang-Getriebe im Fahrtafelbild (Bild 4) ist mit einem Muscheldiagramm

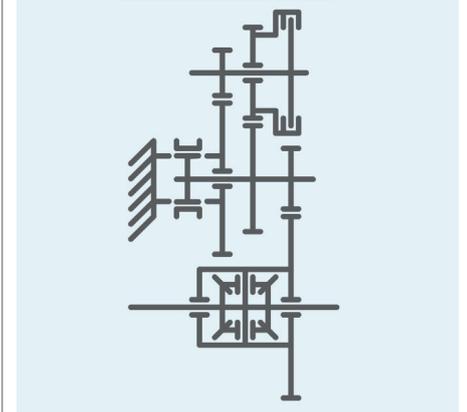
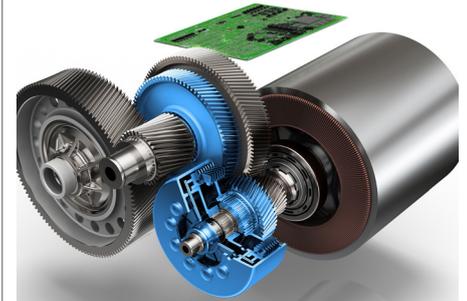


Bild 1: ZF versucht durch ein Schaltgetriebe nicht (nur) die Leistungsfähigkeit, sondern vor allem die Effizienz des Antriebs zu verbessern.

der Effizienz hinterlegt. Dabei sind je nur die beiden besten Muskelkreise eingezeichnet. Durch eine sehr grosse gewählte Getriebespreizung treffen sich die beiden dunkelgrünen Flächen nicht. Je kleiner die Spreizung gewählt wird, desto grösser wird die Schnittmenge der beiden Flächen.

Werden die Effizienz und das 2-Gang-Getriebe von Entwicklungsbeginn berücksichtigt, können die E-Maschinen anders dimensioniert werden und die besten Wirkungsgrade noch gesteigert bzw. deren Flächen vergrössert werden. Dafür wird der Drehzahlbereich eingeschränkt und der Wirkungsgrad fällt in den extremen Betriebspunkten deutlicher ab.

Durch das Getriebe werden aber diese Punkte kaum angefahren. ZF hat einen entsprechenden Antrieb entwickelt (Bild 1) und konnte damit etwa 5 % Energie einsparen.

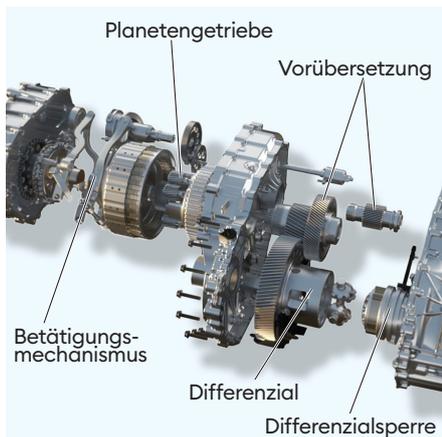


Bild 2: Audi verwendet für die beiden Gangstufen einen einfachen Planetensatz mit je zwei in Serie geschalteten Planetenrädern.

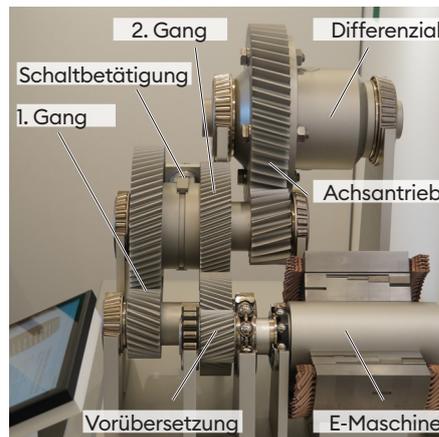


Bild 3: Schaeffler zeigte am Wiener Motorsymposium dieses imposante 2-Gang-Getriebe für Nutzfahrzeuge.

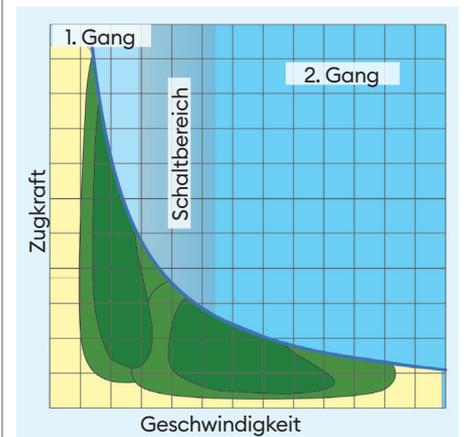


Bild 4: Das Fahrtafelbild mit den wichtigsten Wirkungsgradlinien und einem 2-Gang-Getriebe.