

# Dedizierte Schaltgetriebe Getriebe

Bilder: TU Darmstadt, ale

Dedizierte Getriebe werden zum speziellen Einsatz in Hybridfahrzeugen entwickelt. Ohne elektrische Unterstützung wären die Fahrzeuge mit derartigen Getrieben nicht oder nur mit schlechtem Komfort fahrbar, weil sie vielleicht keinen Rückwärtsgang oder keine Anfahrkupplung aufweisen.

Heute wird auch bereits von dedizierten Motoren gesprochen. Diese Motoren werden speziell für den Einsatz in Hybridfahrzeugen entwickelt und verfügen über ein enges, aber extrem effizientes Drehzahlband. Die Wirkungsgrade von Prototypenmotoren streben Werte von 45 % im Kennfeldbestpunkt an.

An der Technischen Universität Darmstadt wurde ein Getriebe entwickelt, welches Drehmoment aus bis zu drei Quellen verarbeiten kann: einem Verbrennungsmotor und zwei Elektromotoren.

## Aufbau

Grundsätzlich handelt es sich um zwei Teilgetriebe (schwarze Zahnräder und Klauenkupplungen in Bild 3a). Beide Teilgetriebe können von allen Quellen mit Drehmoment versorgt werden:

E-Maschine 1 über die Klauenkupplungen K11 und K12 (grün) - E-Maschine 2 und Verbrennungsmotor über die Klauenkupplungen K21 und K22 (rot)

Die Trennkupplung K0 ist eine Reibungskupplung. Sie ist jedoch nicht als Anfahrkupplung ausgelegt. Sie verbindet den Verbrennungsmotor in den parallelen Hybridmodi mit dem Getriebe und beim Startvorgang oder im seriellen Modus mit EM2. Die Klauenkupplungen weisen keine Synchronisierereinrichtungen auf. Das Getriebe wird aktiv synchronisiert. Das bedeutet, dass die Wellen durch einen Motor beschleunigt oder verzögert werden, um die erforderliche Gleichlaufdrehzahl zu erreichen.

## Hauptmodi

Die vier Schaltmuffen haben je zwei Stellungen, auch die Kupplung K0 kann mit oder ohne Kraftschluss geschaltet sein. So ergeben sich 16 einsetzbare Stellungen oder Fahrmodi:

- 4 Modi mit einem elektrischen Antrieb
- 4 Modi mit 2 elektrischen Antrieben
- 2 Modi mit parallelem Hybridantrieb
- aber nur einer E-Maschine

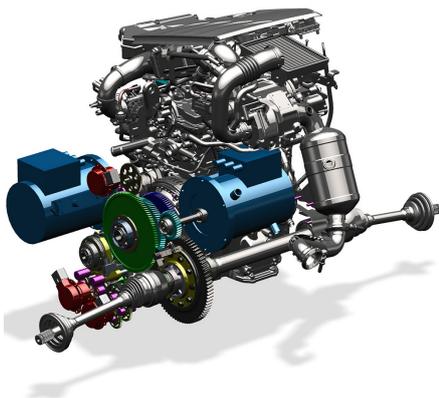


Bild 2: Aufbau des Prototypengetriebes in Verbindung mit einem Dreizylinder-Verbrennungsmotor.

4 Modi mit parallelem Hybridantrieb und beiden E-Maschinen

2 Modi mit seriellen Antrieb

Bei den parallelen und seriellen Modi ist die Kupplung K0 geschlossen und der Verbrennungsmotor gibt Drehmoment ab.

## Elektrische Antriebe

Wenn EM1 (Bild 3) den gesamten Antrieb übernimmt, muss entweder K11 oder K12 (Teilgetriebe 1) formschlüssig sein. Wenn sich EM1 und EM2 den Antrieb teilen, sind jeweils zwei Schaltmuffen (eine rot und eine grün gezeichnete) geschaltet.

## Parallelhybrid

Beim parallelen Hybridantrieb wirken grundsätzlich ein Verbrennungsmotor und ein (oder zwei) Elektromotor(en) zusammen. Damit der Verbrennungsmotor mitarbeiten kann, muss die Trennkupplung K0 geschlossen sein. Da EM2 mit dem Teilgetriebe 2 (rot) fest verbunden ist, arbeitet im parallelen Modus mit einer E-Maschine immer dieser E-Motor. Es sind aber auch Parallelschaltungen aller drei Motoren möglich.

## Serieller Hybrid

Typischerweise braucht eine serielle Schaltung zwei E-Maschinen. Da EM2 über K0 mit dem Verbrennungsmotor verbunden werden kann, wirkt sie als Generator und EM1 als Traktionsmotor. Der grüne Antrieb von EM1 wird über die auf der roten Welle gelagerten Klauenkupplungen auf ein schwarz gezeichnetes Zahnradpaar zum Achsantrieb und zum Differenzial geführt.

## Motorstart

Der Verbrennungsmotor wird zugeschaltet, wenn der SOC der Hochvolt-Batterie zu niedrig ist, oder wenn ein zu grosses Drehmoment angefordert wird.

Im nebenstehenden Bild 3b ist mit der Kupplung K11 (1) die kleine Gangstufe des grün gezeichneten Teilgetriebes 1 (2) geschaltet. Beschliesst die Elektronik, den Verbrennungsmotor zu starten, wird dazu die Kupplung K0 (3) geschlossen. Durch EM2 wird der Verbrennungsmotor (4) auf die Leerlaufdrehzahl hochgezogen und anschliessend werden Einspritzung und Zündung eingeschaltet. Unmittelbar danach erfolgt die Synchronisation des Teilgetriebes 2 (rot - 5) mit der kleinen Gangstufe (K21 - 6). Damit ist der Parallelhybrid mit zwei E-Motoren und dem Verbrennungsmotor angesteuert und die gesamte Systemleistung kann angefordert werden.

## Hochschaltung unter Last

Der Modus soll in diesem Beispiel elektrisch bleiben. Der Verbrennungsmotor soll also nicht gestartet und zugeschaltet werden. Das Fahrzeug wird von beiden E-Maschinen in der kleinen Gangstufe beschleunigt. Dazu sind die beiden Schaltmuffen der Kupplungen K11 und K21 geschlossen. Das Umschalten auf die grosse Schaltstufe erfordert einigen Aufwand und muss exakt geregelt werden,

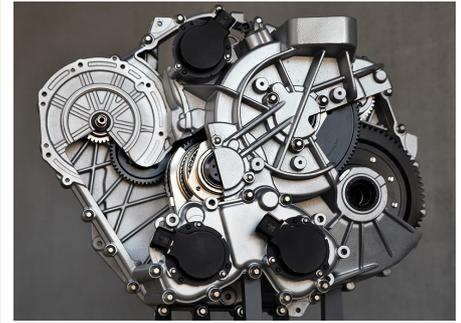


Bild 1: Das dedizierte Schaltgetriebe der TU Darmstadt weist als Prototyp eine Masse von 70 kg auf, die E-Maschinen je 32 kg.

damit die Fahrzeuginsassen davon möglichst wenig mitbekommen: Zuerst wird EM1 auf 0 Nm gesteuert, damit K11 ausgeschaltet werden kann. Gleichzeitig wird das Drehmoment von EM2 soweit erhöht, dass es möglichst keinen Beschleunigungseinbruch gibt. Dies wird als zugkraftüberbrückte Schaltung bezeichnet, kann die Beschleunigung nicht eingehalten werden, ist es eine zugkraftgestützte Schaltung. Als nächstes wird die Kupplung K12 synchronisiert und geschaltet. Daraufhin wird das Drehmoment von EM1 wieder auf den Sollwert erhöht und jener von EM2 entsprechend vermindert. Muss auch EM2 auf die grosse Gangstufe umgeschaltet werden, müssen die gleichen Vorgänge wiederholt werden. Da beide E-Maschinen baugleich ausgeführt sind, wird diese Hochschaltung häufig nur als zugkraftgestützte Schaltung erfolgen können und der Beschleunigungsvorgang wird daher kurzzeitig abgeschwächt.

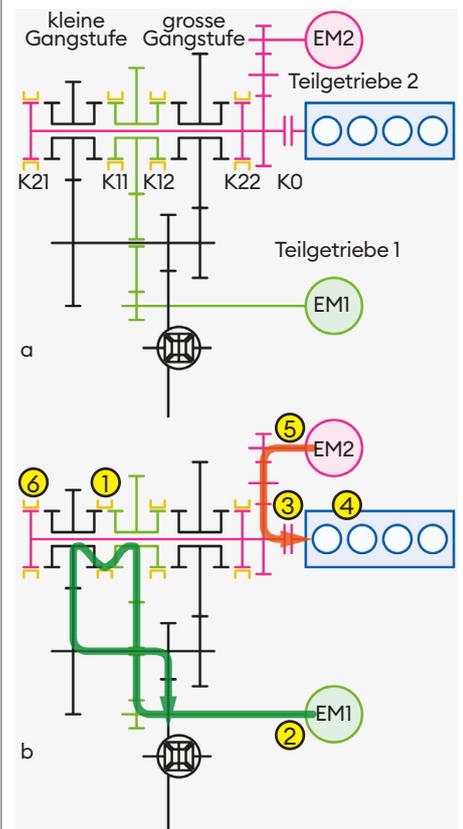


Bild 3: a) schematischer Aufbau des dedizierten Getriebes. b) Funktionsablauf beim Starten des Verbrennungsmotors.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Andreas Lerch