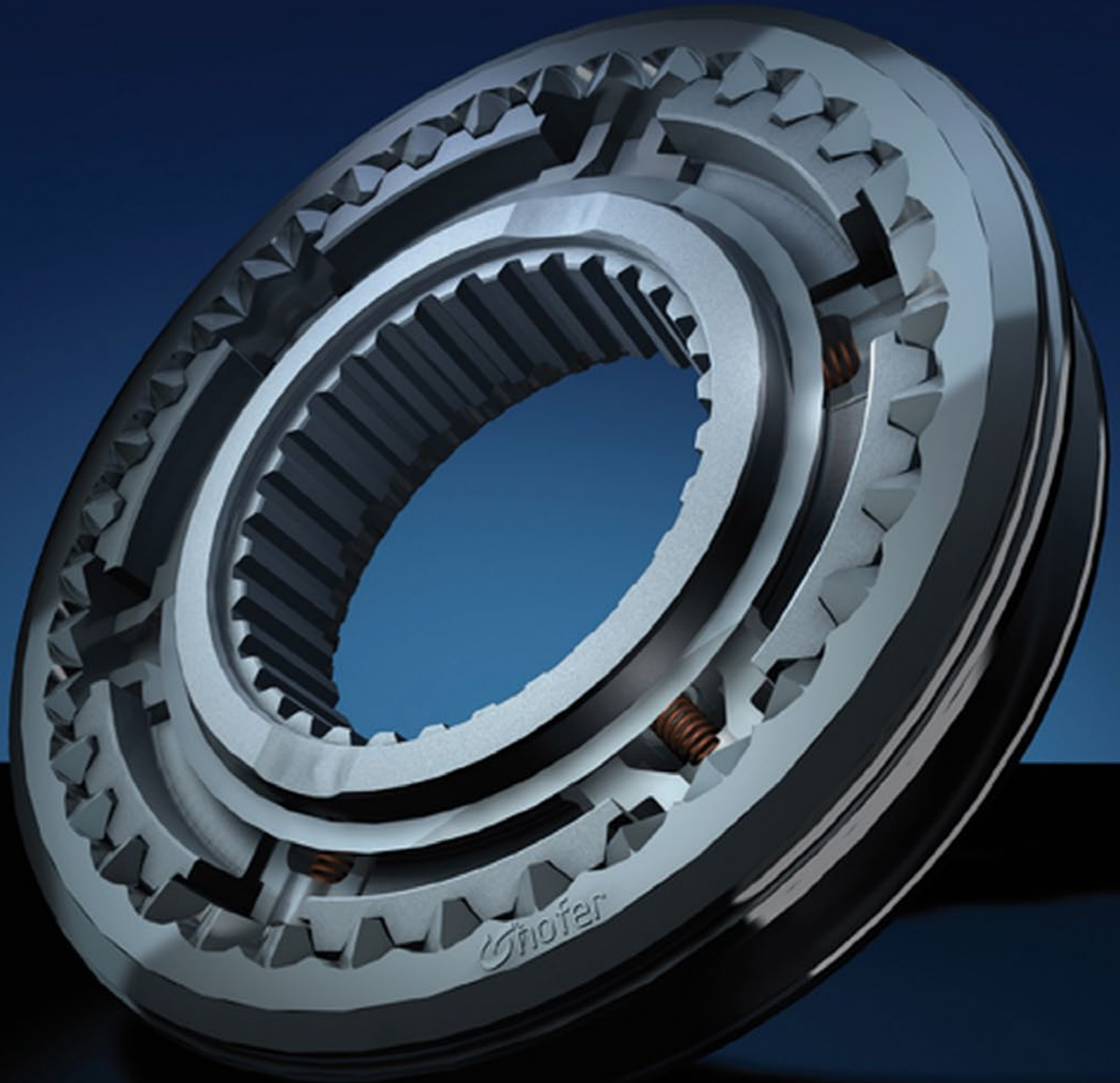


# EINFACHKONUS-SYNCHRONISIERUNG MIT SERVOVERSTÄRKUNG



Selbstverstärkende Synchronisierungen (auch Servo-Synchronisierungen genannt) reduzieren die erforderlichen Betätigungskräfte im Getriebe und/oder bieten die Möglichkeit zur Reduzierung der Konusanzahl. hofer powertrain hat nun mit Unterstützung des Instituts für Fahrzeugtechnik der TU Braunschweig eine Servo-Synchronisierung in Einfachkonus-Bauweise speziell für den Off-Road-Bereich entwickelt. Durch diese können bei gleicher Schaltzeit wie bei herkömmlichen Einfachkonus-Synchronisierungen die erforderlichen Schaltkräfte im Getriebe reduziert werden.

## AUTOREN



**DIPL.-ING. THOMAS HACKL**

ist Technischer Leiter bei der hofer forschungs- und entwicklungs-GmbH in Garsten (Österreich).



**ING. THOMAS HIMMELBAUER**

ist Konstrukteur bei der hofer forschungs- und entwicklungs-GmbH in Garsten (Österreich).



**DR.-ING. TOBIAS KASSEL**

ist Abteilungsleiter Fahrzeugantriebe am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Braunschweig in Braunschweig.



**PROF. DR.-ING. FERIT KÜÇÜKAY**

ist Direktor des Instituts für Fahrzeugtechnik der TU Braunschweig in Braunschweig.

## MOTIVATION

Synchronisierungen in Einfachkonus-Bauweise sind im Off-Road-Bereich vor allem in Getrieben für Traktoren und Arbeitsmaschinen sehr stark verbreitet. Da in diesen Getrieben relativ hohe Schleppmomente und hohe zu synchronisierende Trägheiten auftreten, ergeben sich meist unangenehm hohe Schaltkräfte und Schaltzeiten. Das bedeutet bei automatisierten Systemen sehr hohe Anforderungen an die Betätigung und die innere Schaltung, was zu hohen Verlusten durch die Betätigung und zu schwerer Innenschaltungs-Aktuatorik führt. Daher wird für zukünftige Anwendungen eine Leistungssteigerung der Synchronisierung angestrebt, wenn möglich ohne zusätzliche Mehrkonus-Pakete, die die Schleppmomente erhöhen und zusätzliche Kosten und Komplexität mitbringen. Besonders wichtig ist dieser Aspekt bei zunehmender Elektrifizierung, da die Betätigungsenergie für die Schaltung konsequenterweise elektromechanisch aufgebracht werden soll. In diesem Fall geht die notwendige Betätigungskraft direkt in die Dimensionierung der elektromechanischen Betätigung ein und wird ein wesentlicher Bauraum- und Kostenfaktor. Die Schlüsselkomponente, um die Betätigungskräfte ohne Erhöhung der Konusanzahl zu reduzieren, ist eine selbstverstärkende Synchronisierung, wie sie bereits für den Pkw-Bereich vorgestellt wurde [1].

## FUNKTIONSWEISE UND SIMULATION

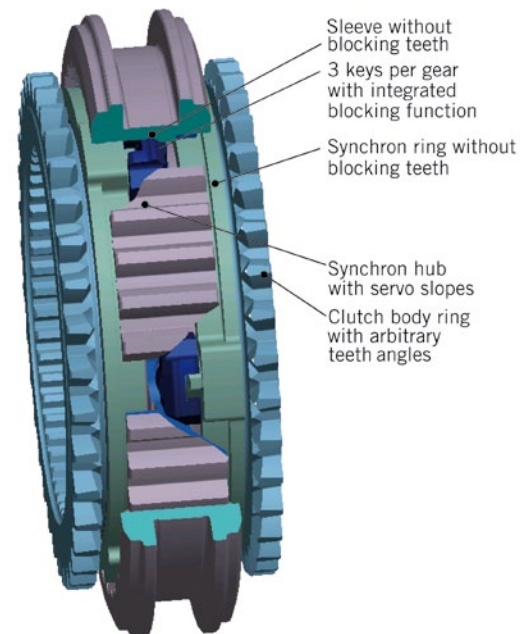
Es gibt eine Vielzahl von Patenten und Konstruktionen [2], welche Servo-Synchronisierungen beschreiben. Grundsätzlich haben alle gemeinsam, dass sie das Reibmoment nutzen, um über eine aktive schräge Fläche zusätzlich zur extern aufgebrauchten Betätigungskraft eine selbstverstärkende Servokraft aufzubringen, die die Performance deutlich erhöht. Meist wird dies durch spezielle Druckstücke (auch Verstärkungselemente genannt) dargestellt.

Wie in ❶ zu sehen, besteht die neuartige Servo-Synchronisierung aus:

- : drei Verstärkungselementen je Gang, die die Druckstücke einer herkömmlichen Standardsynchronisierung vollständig ersetzen und in denen die Sperrfunktion und die Verstärkungsfunktion integriert sind

- : der Schiebemuffe, die hinsichtlich Schnittstellen nach außen völlig gleich einer Standardsynchronisierung aufgebaut sein kann und nach innen je Gang drei Funktionsflächen für die Sperrwirkung beinhaltet
- : der Synchronnabe, die je Gang drei schräge Ausnehmungen für die Verstärkungselemente aufweist
- : einem sehr einfachen Synchronring für jeden Gang mit je drei speziellen Nasen für den Eingriff in die Verstärkungselemente zur Gewährleistung der Sperrfunktion
- : einem Kupplungskörper je Gang, der mit der Schiebemuffenverzahnung den Formschluss herstellt und im Gegensatz zu einer Standardsynchronisierung jeden beliebig herstellbaren Winkel an der Verzahnung aufweisen darf, da es keine Wechselwirkung mit der Sperrfunktion gibt.

Zur Verifizierung der komplexen Funktion dieser Servo-Synchronisierung wurde ein sehr detailliertes Simulationsmodell dieser Synchronisierung aufgebaut und in ein Gesamttriebstrangmodell integriert. In ❷ ist die Modellbildung der Synchronisierung dargestellt. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die komplexe Kontaktsituation [3] während des Synchron- und Entsperrvorgangs zu legen. Bei der Kontaktmodellie-



❶ Aufbau der Servo-Synchronisierung in Einfachkonus-Bauweise

The new servo synchronizer in single cone design

# SINGLE CONE SYNCHRONIZER WITH SERVO EFFECT

Self-energizing synchronizers (so called servo-synchronizers) can reduce actuation forces and/or can make reduction of cone numbers possible. Now, hofer powertrain supported by the Institute of Automotive Engineering of TU Braunschweig, introduces a servo-synchronizer in single cone design especially for off-road applications. By using this new synchronizer, the shift forces in a transmission can be reduced significantly compared to a standard single cone synchronizer.

## MOTIVATION

Synchronizers in single cone design are widely spread in off-road applications, especially in transmissions for tractors and construction machines. Since drag torques and inertias are very high in these applications, the shift forces and times are uncomfortably high in some situations. For automated systems this means high requirements on the actuation system and the internal shifting system. Correspondingly, the actuation losses are high and the internal shifting systems are quite heavy. For future applications, an improvement of synchronizer performance without cost intensive and complex multi-cone synchronizers is requested by the market. Especially for the electrification of the actuation system, this is a high priority demand, since the actuation force directly influences the space and costs of the electromechanical or magnet actuation system. The key technology for reducing actuation forces without multi-cone design is the servo-synchronizer as already introduced in the passenger car application [1].

## FUNCTIONALITY AND SIMULATION

There are many patents and designs of servo-synchronizers [2]. All of them are using the friction torque via an active servo slope to get an additional force in the actuation direction. Mostly, this is realized with special thrust pieces. The servo-synchronizer introduced in this article belongs to the category of full-servo-synchronizers,

which are using the full friction torque for the self energizing and thus having a superior power density. This system provides a significantly higher performance compared to existing systems on the market without self-energizing effect.

As shown in ❶, the new servo-synchronizer in single cone design consists of:

- ❶ : three thrust pieces for each gear, replacing the keys of a standard synchronizer; the blocking and self energizing functionality is integrated into the thrust pieces
- ❷ : the sleeve with the same interfaces and space as a standard system and internally 3 contact faces per gear for the blocking functionality
- ❸ : the synchro hub which has 3 open areas for the thrust pieces per gear
- ❹ : a very simple synchronization ring for each gear including contact noses to reach into the thrust pieces to ensure blocking safety
- ❺ : one clutch body ring for each gear that gets in contact with the engaging teeth of the sleeve at the end of the shift process. Since there is no dependency with the blocking safety, this angle can be arbitrary.

To verify the functionality of the complex system, the new servo-synchronizer has been simulated in detail. ❷ shows the model architecture of the synchronizer. The crux of this model is the special contact between the thrust pieces and the other parts during the synchronizing process and the indexing phase. The contact was modelled using the penalty method

[3] with spring and hysteresis forces, depending on the penetration as well as friction forces including stick-slip effects.

## POTENTIALS IN OFF-ROAD APPLICATIONS

Using servo-synchronizers will reduce the actuation energy by approximately 50 % [1] without any changes in space and number of cones. This means a significant improvement of shift quality and dynamics in manual applications, which still have a very high market penetration. For automated transmissions and dual clutch

## AUTHORS

### DIPL.-ING. THOMAS HACKL

is Chief Technical Officer at hofer forschungs- und entwicklungs-GmbH in Garsten (Austria).

### ING. THOMAS HIMMELBAUER

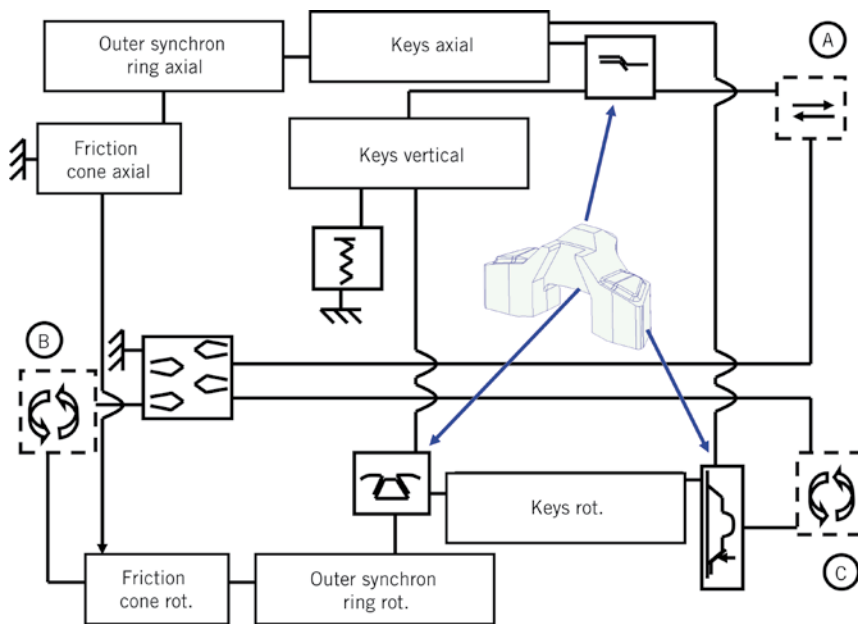
is Design Engineer at hofer forschungs- und entwicklungs-GmbH in Garsten (Austria).

### DR.-ING. TOBIAS KASSEL

is Head of the Department Vehicle Drive Systems at the Institute of Automotive Engineering, TU Braunschweig, in Braunschweig (Germany).

### PROF. DR.-ING. FERIT KÜÇÜKAY

is Director of the Institute of Automotive Engineering, TU Braunschweig, in Braunschweig (Germany).



② Modellbildung für das Simulationsmodell der Servo-Synchronisierung (A: Anschluss Innenschaltung, B: Anschluss rotatorisch Getriebe, C: Anschluss rotatorisch Triebstrang)  
 Model architecture for the servo synchronizer component (A: connection to internal shifting system, B: connection to the rotational part of the transmission, C: connection to the rotational part of the driveline)

je nach Aktuierungskonzept und Softwarestrategie sehr unterschiedlich.

Die Vorteile der neuen Einfachkonus-Synchronisierung für Getriebe im Off-Road-Bereich sind:

- : deutlich besserer Schaltkomfort im Vergleich zu Standardsynchronisierungen in Einfachkonus-Bauweise durch Reduzierung der Schaltkraft um zirka 50 % [1]
- : verbesserte Schaltzeiten bei gleicher Schaltkraft und damit höhere Dynamik
- : geringere Schaltkraft bei gleicher Schaltzeit
- : niedriger Hydraulikdruck und damit weniger Leckage
- : leichtere Innenschaltung und Hydraulik aufgrund geringerer Kraft- und Druck-Beanspruchung
- : Wirkungsgradvorteil durch geringere hydraulische Aktuierungsenergie
- : weniger Schaltgeräusche aufgrund niedriger Schaltkräfte

zung mittels Penalty-Methode werden sowohl die Kontaktkräfte in Stoß-Normalrichtung mit den Anteilen aus Rückstellkraft und eindringungsabhängiger Hysterese als auch die Reibungskräfte inklusive Stick-Slip-Effekten quer zur Stoß-Normalrichtung abgebildet.

## POTENZIALE IN OFF-ROAD-ANWENDUNGEN

Durch die Anwendung von Servo-Synchronisierungen kann die Aktuierungsenergie trotz gleich bleibendem Bauraum und gleicher Anzahl an Reibkonen um zirka 50 % reduziert werden. Für die noch immer weit verbreiteten Handschaltgetriebe im Off-Road-Bereich bedeutet das eine wesentliche Verbesserung des Schaltkomforts und der Dynamik. Bei automatisierten Getrieben und Doppelkupplungsgetrieben bedeutet es eine kleinere, leichtere und kostengünstigere Dimensionierung der Aktuatorik sowie die Möglichkeit, die Schaltzeiten zu reduzieren. Eine weitere Triebfeder bei der Umstellung auf selbstverstärkende Synchronisierungen ist natürlich aktuell auch die Treibstoffersparnis und die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Reduzierung. Diese ist je nach Zyklus, Architektur und Parameter des Getriebes und vor allem auch

# PikesPEAK



So einen kennen Sie noch von früher...

*Aber kennen Sie auch schon unseren Experten für Drehschwingungsanalyse?*



- Modularer Hochgeschwindigkeits-Datenlogger
- Präzise winkelsynchrone Drehzahlerfassung
- Umfangreiches Softwarepaket für Drehschwingungsanalyse
- CAN-basierte Signalkonditionierungen integrierbar
- Vernetzung über Gigabit-Ethernet

[www.aft-werdohl.de](http://www.aft-werdohl.de)

transmissions, it means smaller, lighter and more cost effective actuation systems and internal shifting systems as well as the possibility of faster shifts. Additional reasons for the application of this synchronizer are the CO<sub>2</sub> emission and fuel consumption improvement potential. Depending on the driving cycle, the architecture and the parameters of the transmission and also depending on the actuation system and logics, there is a certain potential due to reduced actuation energy, weight and drag torque reduction.

The advantages of the new self-energized single cone synchronizer for off-road applications are:

- : significant improvement of shift quality due to the reduction of shift force by approximately 50 % [1]
- : increased dynamics due to improved shift times
- : reduced shift forces at same shift times
- : lower hydraulic pressure and less leakage
- : lighter internal shifting system and actuation due to lower loads
- : increased efficiency due to less actuation energy
- : reduced shift noise due to lower shift forces
- : potential for cone reduction with lower drag torque (~ 50 %) and lower costs.

In the case of using a hydraulic power pack system, smaller pumps and accumulators can be installed. In case of using an electro-mechanic actuation system smaller electric motors/magnets can be used and it leads to less electric energy demand due to smaller motor dimensions which means easier and more cost effective electrification of the actuation system. The interfaces to the transmission remain the same, thus an upgrade of existing transmissions with servo-synchronizers is easily possible without additional efforts.

## DESIGN CRITERIA AND OPTIMIZATION

For the design and integration of servo synchronizers in transmissions, two steps are necessary in order to obtain the best system performance. The first step is to identify the ideal positions for servo synchronizers. The second step is the design optimi-

zation of the servo synchronizer itself. To identify the best positions for servo synchronizers, the main criteria to consider are performance and costs. Synchronizer positions with high shift forces or synchronizers already designed as multi cone synchronizer design are the most interesting for the application of servo synchronizers. For the design of the servo synchronizer itself, there are many criteria to consider. Friction material durability safety factors [4], blocking safety, servo factor (synchronizer capacity), self lock safety and unlock safety (unlock factor) at low temperatures.

For the new system introduced in this paper, there are two important parameters to be optimized: the servo angle  $\alpha$  and the blocking angle  $\gamma$ , ③. Beside the functional limits with consideration of fluctuations of friction material coefficients over temperature and lifetime, there is still some room for functional optimization based on weighing factors.

The choice of friction materials is an important issue. For every tribologic system (friction material and counter material, oil, geometry and environmental parameters) there are design limitations regarding specific pressure, relative speed, specific heat, specific performance and (for glued materials) shear stress to be considered. If only the shift forces are reduced to achieve the same shift performance, the same friction materials can be used without risk also for servo synchronizers. If the shift performance and the loads on the synchronizer materials are increased, the design limitations have to be checked. Durability tests at MIBA Sinter Austria with shorter shift time using full servo synchronizers have proven full functionality during some 100.000 shifts [1]. Regarding lubrication there is no additional issue to consider with servo synchronizers. Considering all boundary conditions for functionality and lifetime, the new servo synchronizer single cone design could have a 20 % better performance compared to a standard double cone synchronizer with same size. Compared to a standard single cone synchronizer, the performance is over 100 % better at comparable costs. ④ shows an overview of possible synchronizer capacities with same space conditions for one specific application.

## TEST BENCH TESTS

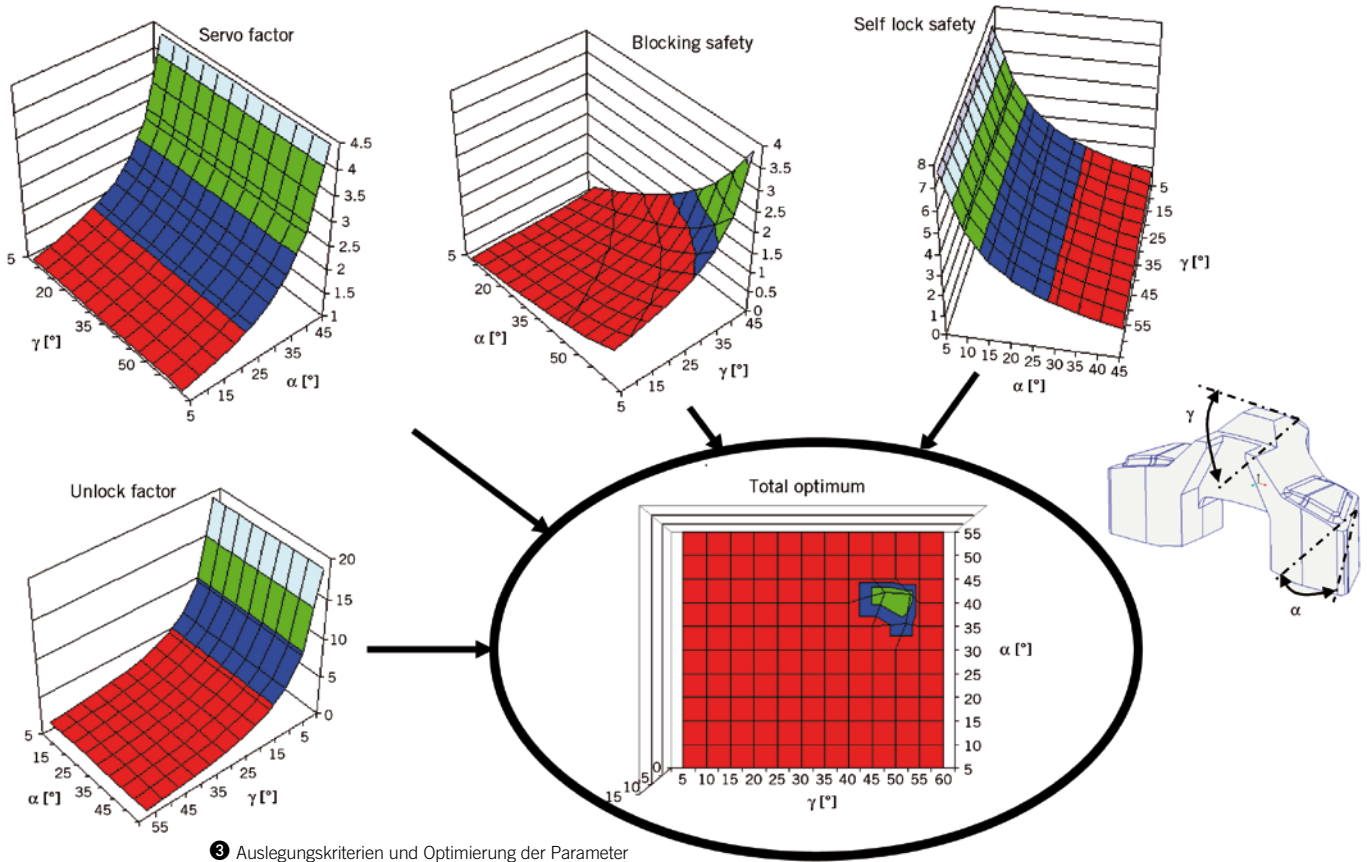
A tractor transmission with a dual clutch system has been installed on a test bench to verify the functionality of the new servo synchronizer in single cone design, ⑤. The shift forks have been applied with strain gauges to measure the forces on the internal shifting system in gear 1 and 3 precisely. So the loads on the components can be evaluated and compared in different driving cycles. Especially during high load shifting, the shift forces will be reduced by approximately 50 % by using the new servo synchronizer instead of a standard synchronizer. The loads on the internal shifting system and the actuation energy will be reduced significantly.

## CONCLUSION AND OUTLOOK

The newly introduced full servo synchronizer in single cone design for off-road applications can reduce shift forces in a transmission by approximately 50 % compared to a standard single cone synchronizer with the same size. The potentials and the development methodology were described in this article. The application of this synchronizer in the off-road area can improve shift quality in manual transmissions significantly and can also improve actuation forces and drag torques in automated transmissions and dual clutch transmissions which leads to lower fuel consumption [1]. The application of electromechanical actuation systems will be easier, smaller and more cost effective since the motors / magnet actuators can be dimensioned significantly smaller.

## REFERENCES

- [1] Hackl, T.; Steinz, J.; Maier, M.; Wild, A.; Linke, B.: Servo-Synchronisierungen in Doppelkupplungsgetrieben. In: ATZ 111 (2009), No. 1, pp. 42-47
- [2] Hackl, T.; Kalmbach, K.; Berger, M.; Werth, P.; Hiraiwa, K.: Reduzierung von Schaltkräften mit alternativen Synchronisierungskonzepten. In: VDI-Berichte, 2006
- [3] Hackl, T.: Modellbildung von Stößen in Mechanismen mit ebenen Kontaktpolygonen und objektorientierten Methoden. Technische Universität Graz, Diplomarbeit, 2001
- [4] Lechner, G.; Naunheimer, H.: Fahrzeuggetriebe – Grundlagen, Auswahl, Auslegung und Konstruktion. Springer-Verlag, Berlin, 1994



③ Auslegungskriterien und Optimierung der Parameter  
Design criteria and optimization of parameters

: Möglichkeit zur Reduzierung der Konusanzahl und damit verbundene Schleppmoment- (~ 50 %) und Kostenvorteile.

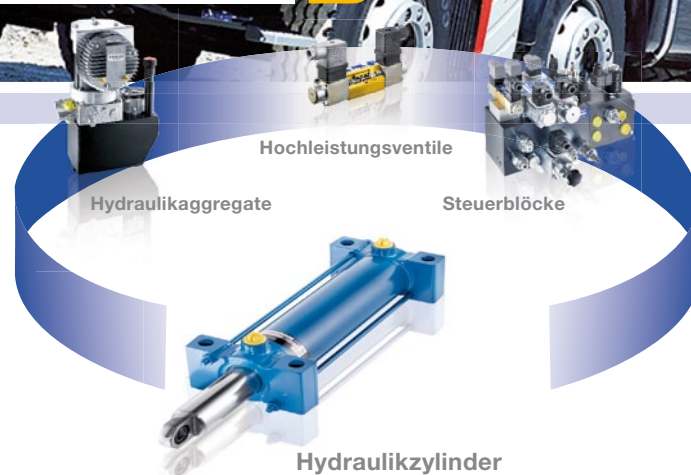
Bei hydraulischen Speicher-Ladesystemen kann die Kolbenfläche bei gleich bleibendem Druckniveau reduziert werden, was die Pumpen- und Speichergröße und/oder

die Einschaltdauer reduziert. Bei elektro-mechanischer Betätigung können kleinere Motoren oder Magneten mit weniger Strombedarf eingesetzt werden, das heißt

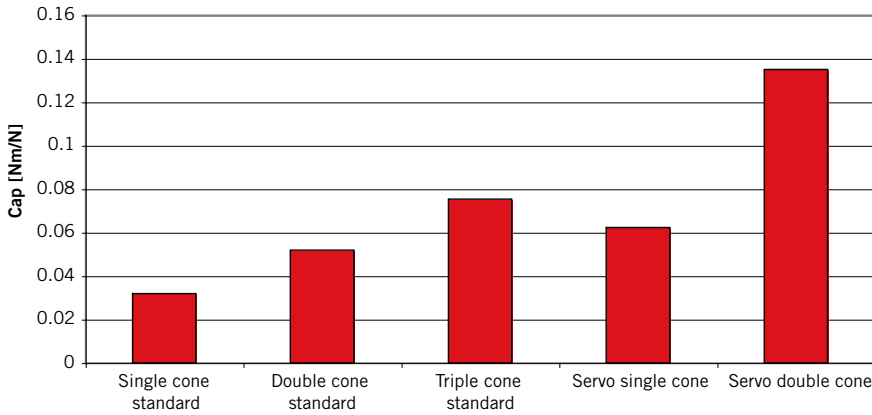
## Die passende Lösung für jede Applikation.

Systemlösungen von WEBER-HYDRAULIK

Unter dem Dach der WEBER-HYDRAULIK Gruppe haben sich drei Spezialisten für maßgeschneiderte und funktionssichere **Hydraulik-Systemlösungen** gefunden. Dabei fließen über 60 Jahre Erfahrung in die Entwicklung und Produktion verschiedenster **Hydraulikzylinder** – vom kleinsten Betätigungszylinder bis hin zu Stützzylindern mit 600 bar Spitzendruck. Mehr Informationen über unsere Systemkompetenz finden Sie unter [www.weber-hydraulik.com](http://www.weber-hydraulik.com)



# SYNCHRONISIERUNG



4 Beispielhafter Vergleich der Leistungsfähigkeit von Synchronisierungen  
 Example comparison of synchronizer performance

die Elektrifizierung der Betätigung kann wesentlich einfacher und kostengünstiger durchgeführt werden. Da die Schnittstellen im Getriebe mit dieser Synchronisierung nicht verändert werden, ist der Einsatz auch in der laufenden Serie ohne weitere Umstellung möglich.

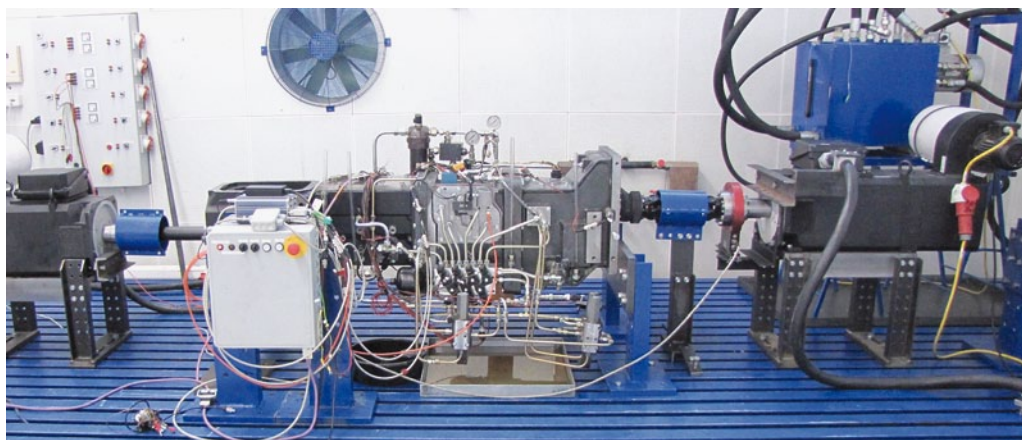
## AUSLEGUNGSKRITERIEN UND OPTIMIERUNG

Für die Auslegung und Integration von Servo-Synchronisierungen in ein Getriebe sind zwei grundsätzliche Schritte notwendig, um das Optimum für das System zu erreichen. Erstens die Identifikation von Synchronisierungen im Getriebe, die als Servo-Synchronisierung ausgeführt werden sollten, zweitens die Auslegung und Optimierung der Servo-Synchronisierung selbst. Für die Identifikation der Synchronisierungen, die als Servo-Synchronisierungen ausgeführt werden sollen, sind vor allem die Performance

und die Wirtschaftlichkeit zu beachten. Besonders geeignet sind die Synchronstellen, die sehr hohe Synchronkräfte benötigen oder bereits als Doppelkonus- oder Dreifachkonussynchronisierung ausgeführt sind. Für die erste Auslegung der Servo-Synchronisierung selbst sind die wesentlichen Kriterien Belagsicherheit [4], Sperricherheit, Verstärkungsfaktor (Performance), Sicherheit gegen Selbsthemmung und Entsperricherheit (Entsperrfaktor) bei tiefen Temperaturen zu berücksichtigen.

Bei der hier behandelten Synchronisierung sind vor allem zwei Parameter entscheidend, die es zu optimieren gilt: Der Servo-Winkel  $\alpha$  und der Sperrwinkel  $\gamma$ , 5. Abgesehen von der Beachtung von funktionsrelevanten Grenzen unter Berücksichtigung der Streuung von Parametern, wie zum Beispiel Reibwert des Reibbelags über Temperatur und Lebensdauer, bleibt noch ein gewisser Spielraum um abhängig von einer Gewichtung der Faktoren die Funktion zu optimieren.

Auch die Auswahl der Belagsart ist ein zentraler Punkt. Für jedes tribologische System (Reibbelag, Gegenmaterial, Öl, Nutzung, Umgebungsbedingungen etc.) ergeben sich Belastungsgrenzen, die für die Auslegung von Synchronisierungen vor allem hinsichtlich Flächenpressung, Relativgeschwindigkeit, flächenspezifischem Wärmeeintrag, flächenspezifischer Leistung und – bei geklebten Belägen – gegebenenfalls spezifischer Scherspannung zu beachten sind. Werden die Schaltzeiten nicht reduziert, sondern nur die Schaltkraft, so können bewährte Reibbeläge verwendet werden, weil die Belastungen bei Anwendung in einer Servo-Synchronisierung nicht verändert werden. Ist dagegen angedacht, auch die Schaltzeiten zu verkürzen, muss die Auslegung vor allem hinsichtlich Flächenpressung überprüft werden. Die in Zusammenarbeit mit MIBA Sinter Austria durchgeführten Lebensdaueruntersuchungen an Servo-Synchronisierungen zeigen auch bei verkürzter Schaltzeit eine einwandfreie Funktion über mehrere 100.000 Schaltungen [1]. Bezüglich Belölung sind in der Regel keine anderen Auslegungskriterien anzusetzen als bei herkömmlichen Synchronisierungen. Bei Berücksichtigung aller für die Lebensdauer und Funktion erforderlichen Randbedingungen, kommt die Servo-Synchronisierung in Einfachkonus-Bauweise auf eine Performance, die zirka 20 % über einer Standard-Doppelkonus-Synchronisierung liegt. Im Vergleich zu einer Einfachkonus-Synchronisierung kann die Performance mehr als verdoppelt werden, und das bei gleichen Randbedingungen und vergleichbaren Herstellkosten. 4 zeigt einen Vergleich der Synchronkapazität verschiedener Systeme anhand eines konkreten Beispiels.



5 Entwicklungsprüfstand mit Getriebe  
 Development test bench including transmission

## ABSICHERUNG AM PRÜFSTAND

Zur Absicherung der Funktion wurde bei hofer powertrain ein Prüfstand mit einem Traktorengetriebe mit Doppelkupplung aufgebaut, ⑤. Im Getriebe wurden die Schaltgabeln für die Gänge 1 und 3 mit Dehnmessstreifen appliziert, um die Schaltkräfte und damit auch die Belastungen auf die Bauteile der Innenschaltung exakt messen zu können. Unter realistischen Randbedingungen können so die in verschiedenen Zyklen auftretenden Schaltkräfte erfasst und verglichen werden. Die Schaltkräfte sinken dabei vor allem bei den anspruchsvollen Schaltungen etwa um 50 % im Vergleich zu einer gleich großen Einfachkonus-Synchronisierung in Standardbauweise. Die Belastung der Innenschaltung und die Aktuierungsenergie werden also entsprechend deutlich reduziert.

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die vorgestellte neuartige Servo-Synchronisierung in Einfachkonus-Bauweise für Off-Road-Anwendungen kann die erforderlichen Schaltkräfte im Getriebe bei gleicher Schaltzeit um zirka 50 % im Vergleich zu herkömmlichen Einfachkonus-Synchronisierungen reduzieren. Das Potenzial und die Methoden der Auslegung wurden in diesem Artikel beschrieben. Die Anwendung dieser Synchronisierung im Off-Road-Bereich kann bei Handschaltgetrieben den Schaltkomfort erhöhen und bei automatisierten Getrieben und Doppelkupplungsgetrieben aufgrund der geringeren Aktuierungsenergie und des geringen Schleppmoments zu geringerem Kraftstoffverbrauch führen. Bei elektromechanischer Betätigung können kleinere Motoren beziehungsweise Magnetaktuatoren mit weniger Strombedarf eingesetzt werden, das heißt die Elektrifizierung der Betätigung kann wesentlich einfacher, leichter und kostengünstiger durchgeführt werden.

### LITERATURHINWEISE

[1] Hackl, T.; Steinz, J.; Maier, M.; Wild, A.; Linke, B.: Servo-Synchronisierungen in Doppelkupplungsgetrieben. In: ATZ 111 (2009), Nr. 1, S. 42-47

[2] Hackl, T.; Kalmbach, K.; Berger, M.; Werth, P.; Hiraiwa, K.: Reduzierung von Schaltkräften mit alternativen Synchronisierungskonzepten. In: VDI-Berichte, 2006

[3] Hackl, T.: Modellbildung von Stößen in Mechanismen mit ebenen Kontaktpolygonen und objektorientierten Methoden. Technische Universität Graz, Diplomarbeit, 2001

[4] Lechner, G.; Naunheimer, H.: Fahrzeuggetriebe – Grundlagen, Auswahl, Auslegung und Konstruktion. Springer-Verlag, Berlin, 1994

# Mit JetWeb die Zukunft steuern.

**JetWeb®**  
Steuerungen und Bediengeräte  
für die Mobile Automation.



JetWeb für die Mobile Automation bietet Ihnen ein optimal abgestimmtes System für alle Sonderfahrzeuge und mobile Arbeitsmaschinen:

- ❖ Steuerungen
- ❖ Bediengeräte
- ❖ Hydraulische Antriebstechnik
- ❖ Sonderlösungen
- ❖ ISO-Designer-Softwarepaket

Informieren Sie sich jetzt.

# Jetter



Bau Landwirtschaft Feuerwehr Kommunal Schiene Outdoor