

Schiebemuffen-Einheiten

SCHAEFFLER

Vorwort

Als Entwicklungspartner der Automobilindustrie entwickelt und fertigt die Schaeffler Gruppe Automotive Bauteile und Systeme, die Anforderungen nach größerer Leistungsdichte und einer Verringerung unter anderem von Montageaufwand und Gesamtkosten berücksichtigen.

Leistungsstärkere Motoren, höhere Momentenbelastung der Getriebe und die gleichzeitige Forderung nach Bauraumverringerung sind nur einige der Rahmenbedingungen.

Schiebemuffen-Einheiten von Schaeffler sind kompakte und einbaufertige Einheiten für die Synchronisation, bestehend aus Synchronträger-Körper, Schiebemuffe und Druckstücken. Sie ermöglichen den Gangwechsel in Schalt- und Doppelkupplungsgetrieben und übertragen das Drehmoment von der Getriebewelle auf das geschaltete Gangrad. Das Schaeffler-Produktprogramm von Synchronisationsbauteilen bietet eine große Variantenvielfalt und erlaubt flexible Lösungsmöglichkeiten, auch für neue Anforderungen.

Diese TPI enthält neben der Beschreibung der Produkteigenschaften von Schiebemuffen-Einheiten eine Darstellung der für Auslegung, Simulation und Erprobung eingesetzten Entwicklungswerkzeuge. Eine Checkliste unterstützt Sie als Kunden bei der Zusammenstellung der technischen Daten, die für die zielgerichtete Bearbeitung Ihrer Anfrage erforderlich sind. Einleitend werden im Kapitel Synchronisation die Grundlagen der Synchronisation erklärt und die benötigten Bauteile vorgestellt.

Weitere Informationen

Ausführliche Beschreibung der bei den Schiebemuffen-Einheiten eingesetzten Druckstücke:

- TPI 178, Druckstücke ARRES – Vorsynchronisation Getriebe.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Synchronisation.....	4
Schiebemuffen-Einheiten.....	12
Anhang	
Checkliste	



Synchronisation

Synchronisationssysteme

Bauteile

Einkonus-Synchronisation

Mehrkonus-Synchronisation

Synchronisation

		Seite
Synchronisationssysteme	Aufgabe	6
	Anforderungen.....	6
	Systeme	6
Bauteile	Aufbau eines Synchronisationssystems.....	7
	Synchronträger-Körper	7
	Schiebemuffe	8
	Druckstücke	8
	Synchronringe	9
	Kupplungskörper	9
	Gangrad	9
Einkonus-Synchronisation	Ausführung.....	10
	Funktion	10
Mehrkonus-Synchronisation	Ausführung und Funktion	11
	Anwendungsbereiche	11

Synchronisationssysteme

Synchronisation wird abgeleitet aus dem griechischen **syn** (zusammen) und **chronos** (die Zeit) und bedeutet „etwas in zeitliche Übereinstimmung bringen“.

Aufgabe Synchronisationssysteme in Schaltgetrieben dienen dazu, die unterschiedlichen Drehzahlen des zu schaltenden Gangrads und der Getriebewelle einander anzugleichen.

Nach der Synchronisation erfolgt die formschlüssige Verbindung von Gangrad und Getriebewelle durch Einkuppeln. Um sicherzustellen, dass zuerst synchronisiert und dann gekuppelt wird, ist eine fein abgestimmte Sperrfunktion erforderlich.

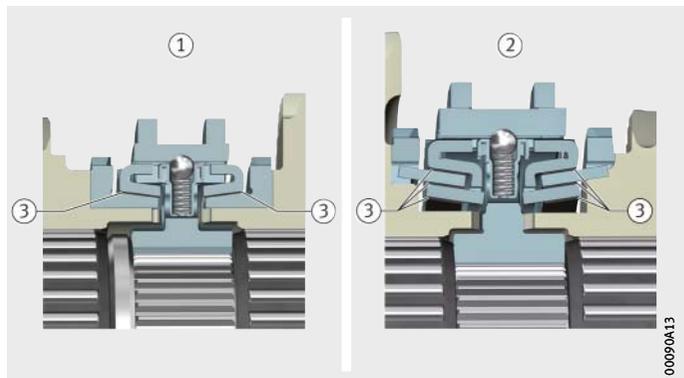
Anforderungen Die kontinuierlich steigende Leistungsfähigkeit von Motoren und Kupplungen lässt auch Getriebemomente und Massenträgheitsmomente stark ansteigen. Dies stellt an Kfz-Schaltgetriebe und deren Komponenten immer höhere Anforderungen. Eine rein separate Bauteiloptimierung einzelner Getriebekomponenten ist deshalb meist nicht mehr ausreichend. Gefordert sind Lösungen, die sich umfassend am Gesamtkonzept des Fahrzeugs orientieren. Für die Synchronisation eines Schaltgetriebes sind so unter anderem bauraumsparende, gewichtsoptimierte und leichtgängige Lösungen bei höchster Funktionssicherheit gefragt. Zusätzlich sollen dabei die Schaltkraft minimiert und der Schaltkomfort verbessert werden.

Systeme Stand der Technik für mechanische Kfz-Schaltgetriebe sind Synchronisationssysteme basierend auf einer Kegel-Reibkupplung, ausgeführt als Sperrsynchrisation.

Bei Sperrsynchrisationen wird unterschieden zwischen der Einkonus-Synchronisation und der Mehrkonus-Synchronisation, *Bild 1*.

- ① Einkonus-Synchronisation
- ② Mehrkonus-Synchronisation
- ③ Reibflächen

Bild 1
Einkonus- und Mehrkonus-Synchronisation



Bauteile

Aufbau eines Synchronisationssystems

Ein Synchronisationssystem umfasst folgende Bauteile:

- 1 Synchronträger-Körper
- 1 Schiebemuffe
- 3 oder mehr Druckstücke für die Vorsynchronisation
- 2 oder mehr Synchronringe, mit Reibbelägen
- 2 Kupplungskörper
- 2 Gangräder.

Am Beispiel einer Einkonus-Synchronisation wird der Aufbau eines Synchronisationssystems dargestellt, *Bild 1*.

- ① Synchronträger-Körper
- ② Schiebemuffe
- ③ Druckstück
- ④ Synchronaußenring
- ⑤ Reibbelag
- ⑥ Kupplungskörper
- ⑦ Gangrad

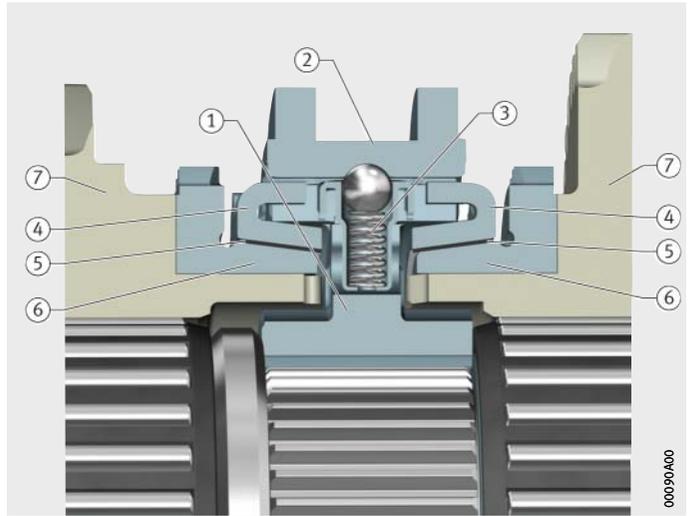


Bild 1
Einkonus-Synchronisation

Synchronträger-Körper

Der Synchronträger-Körper ist mit der Getriebewelle formschlüssig verbunden. In seiner Außenverzahnung wird die Schiebemuffe geführt. Im geschalteten Zustand wird über die Außenverzahnung das Drehmoment zwischen Synchronträger-Körper und Schiebemuffe übertragen.

Der Synchronträger-Körper verfügt über Aussparungen am Außendurchmesser, in denen er die Druckstücke für die Vorsynchronisation trägt. Er indexiert durch Formschluss die Druckstücke und die Synchronaußenringe. Das bedeutet, diese Bauteile werden vom Synchronträger-Körper in Drehrichtung mitgenommen. Je nach Auslegung werden bei Mehrkonus-Synchronisation auch Synchroninnenringe indexiert.

Bauteile

- Schiebemuffe** Die Schiebemuffe überträgt die axiale Schaltkraft auf die Druckstücke und die Synchronringe. Dadurch wird die Sperrfunktion ermöglicht. Drei am Umfang des Innendurchmessers verteilte Vorsynchronisationsnuten dienen zur Kraft-Weg-Definition beim Synchronisationsvorgang. Die Nuten bilden die Lauffläche für die Druckstücke.
- Bei geschaltetem Gang überträgt die Schiebemuffe das Drehmoment vom Synchronträger-Körper über den Kupplungskörper zum Gangrad.
- Die umlaufende Nut am Außendurchmesser der Schiebemuffe bildet den Eingriff für die Schaltgabel. Mit der Schaltgabel wird die Schiebemuffe beim Schaltvorgang axial verschoben.
- Druckstücke** Zur Vorsynchronisation werden in der Regel axial bewegliche Druckstücke eingesetzt. Die Druckstücke sind am Umfang des Synchronträger-Körpers angeordnet und mit Federn gegen eine Aussparung in der Verzahnung der Schiebemuffe vorgespannt.
- Es gibt mehrteilige und einteilige Druckstücke. Die mehrteilige Bauform wird mehr und mehr von der einteiligen Bauform abgelöst. Die mehrteiligen Druckstücke bestehen aus mindestens zwei Einzelteilen. Bei der Montage müssen hier die Druckkörper unter Federspannung montiert werden. Dieser Montageaufwand entfällt bei Einsatz der von Schaeffler entwickelten Druckstücke ARRES, siehe Seite 17.

Synchronringe

Synchronringe von Schaeffler werden spanlos aus dünnwandigem, durchhärtebarem Stahlband gefertigt. Am Außendurchmesser von Synchronaußenringen befindet sich die Sperrverzahnung mit den Dachspitzen, die zur Schiebemuffe hin gerichtet sind.

Für einen einwandfreien Synchronisationsvorgang ist in den Reibkonen eine niedrige Haftreibungszahl bei gleichzeitig ausreichend hoher Gleitreibungszahl erforderlich. Realisiert wird dies durch Reibbeläge auf den Konusflächen der Synchronringe. Schaeffler hat speziell für die genannten Anforderungen die Reibbeläge STC300 und STC600 entwickelt, *Bild 2*.

Bei der Einkonus-Synchronisation werden Synchronaußenringe verwendet. Für Mehrkonus-Synchronisationssysteme bietet Schaeffler neben den Synchronaußenringen auch Synchronzwischen- und -innenringe. Die Fertigung der Synchronringe bei Schaeffler erfolgt spanlos durch Umformtechnologie.

Reibbeläge:

- ① STC300
- ② STC600

Bild 2

Synchronringe mit Reibbelägen



Weitere Informationen

■ API 06, Zwischenringe für Mehrkonus-Synchronisationen.

Kupplungskörper

Der Kupplungskörper ist mit dem Gangrad verschweißt oder durch eine Kombination von Formschluss und Presspassung fest verbunden. Er hat einen Außenkonus und eine Schaltverzahnung mit Dachspitzen zum Synchronring hin gerichtet.

Gangrad

Das Gangrad ist auf der Getriebewelle drehbar gelagert. Durch die Außenverzahnung werden die über Schiebemuffe und Kupplungskörper eingeleiteten Drehmomente übertragen.

Einkonus-Synchronisation

Ausführung Die Einkonus-Synchronisation wird in der Regel als konventionelle Sperrsynchrisation nach dem Borg-Warner- oder ZF-B-System ausgeführt, *Bild 1*.

Zur Vorsynchronisation werden mit Federn vorgespannte Druckstücke eingesetzt. Die Synchronisation erfolgt durch eine Kegel-Reibkupplung mit Einfachkonus zwischen Kupplungskörper und Synchronring. Dort wird die gesamte Reibleistung aufgenommen.



Bild 1
Konventionelle Sperrsynchrisation nach dem Borg-Warner- oder ZF-B-System

Funktion Der Synchronisations- und Schaltvorgang umfasst folgende Phasen:

- Vorsynchronisieren** Beim Verschieben der Schiebemuffe werden die Druckstücke mitgenommen und üben eine Axialkraft auf den Synchronring aus. Schiebemuffe und Synchronring werden dabei zueinander ausgerichtet.
- Synchronisieren** Durch das Zusammenspiel an den Dachverzahnungen des Synchronrings und der Schiebemuffe wird das Reibmoment an den Konen weiter aufgebaut und die Drehzahlen angeglichen.
- Entsperrern** Sind die Drehzahlen angeglichen, können die Verzahnungen verdreht (entsperrt) werden, um das Durchschalten der Schiebemuffe zu ermöglichen.
- Freiflug** Der Freiflug beschreibt die Phase vom Entsperrern bis zum Einspuren in den Kupplungskörper.
- Einspuren** Die Verzahnung der Schiebemuffe wird in die Kupplungsverzahnung des Kupplungskörpers eingespurt.
- Geschaltet** Nach dem Einspuren wird das Drehmoment über die Verzahnung der Schiebemuffe zum Kupplungskörper übertragen. Somit ist die Getriebewelle über Synchronträger-Körper, Schiebemuffe und Kupplungskörper mit dem Gangrad verbunden.

Mehrkonus-Synchronisation

Ausführung und Funktion

Die Mehrkonus-Synchronisation ist prinzipiell wie die Einkonus-Synchronisation aufgebaut. Jedoch werden im Gegensatz zur Einkonus-Synchronisation, bei der nur ein Synchronring verwendet wird, bei der Mehrkonus-Synchronisation mehrere Synchronringe verwendet, *Bild 1*. Dadurch erhöht sich die Anzahl der Reibkonusen und der Reibflächen.

Daraus folgt bei der Mehrkonus-Synchronisation bei gleicher Schaltkraft ein erhöhtes Reibmoment, was zu kürzeren Schaltzeiten führt.

Zusätzlich wird auch die Reibfläche vergrößert, was zu einer geringeren spezifischen Reibenergie und -leistung führt.

Die thermische Belastung für die Reibbeläge ist dadurch geringer.

- ① Synchronaußenring
- ② Synchronzwischenring
- ③ Synchroninnenring

Bild 1
Mehrkonus-Synchronisation

Anwendungsbereiche

Mehrkonus-Synchronisationssysteme werden bevorzugt für die unteren Gänge eingesetzt, zum Beispiel für das Gangstufenpaar 1./2. Gang. Durch die hohen Differenzdrehzahlen sind hier die größten Synchronisationsleistungen erforderlich und die Schaltkräfte damit entsprechend hoch.





Schiebemuffen-Einheiten

Schiebemuffen-Einheiten

	Seite
Merkmale	
Anforderungen.....	14
Kompakte Einheit	14
Komponenten	15
Gestaltung der Schiebemuffe	18
Konstruktions- und Berechnungssoftware	20
Interaktiver Schaltsimulator	24
Prüfverfahren für die Produktentwicklung	25
Prüfverfahren zur Bestätigung von Fertigungsprozessen	27
Maßtabellen	
Lieferbare Ausführungen von Schiebemuffen.....	29

Schiebemuffen-Einheiten

Merkmale Schiebemuffen-Einheiten werden in der Einkonus- und Mehrkonus-Synchronisation eingesetzt. Sie ermöglichen den Gangwechsel in Schalt- und Doppelkupplungsgetrieben und übertragen das Drehmoment von der Getriebewelle auf das geschaltete Gangrad.

Anforderungen Zu den Anforderungen an moderne Schaltgetriebe gehören einerseits die Übertragbarkeit hoher Drehmomente und eine hohe Lebensdauer, andererseits sollen Bauraum und Gewicht reduziert werden. Dadurch kommt der Bauteilfestigkeit eine entscheidende Rolle bei der Auslegung zu.

Weitere wichtige Anforderungen ergeben sich aus den gesteigerten Ansprüchen an den Schaltkomfort. Die Schaltkräfte sollen geringer und die Schaltzeiten kürzer werden.

Kompakte Einheit Eine Schiebemuffen-Einheit besteht aus dem Synchronträger-Körper, den Druckstücken ARRES und der Schiebemuffe, *Bild 1*. Vorteile der Schiebemuffen-Einheit gegenüber der Lieferung von Einzelkomponenten:

- Vereinfachte Montage auf der Getriebewelle
- Reduzierte Anzahl an Einzelteilen vereinfacht Handhabung im Fertigungsprozess
- Günstige Toleranzkette, da alle Komponenten vom selben Hersteller
- Funktionsgeprüfte, eigenständige Einheit.

① Schiebemuffen-Einheit

Komponenten:

② Schiebemuffe

③ Druckstücke ARRES

④ Synchronträger-Körper

Bild 1
Schiebemuffen-Einheit
von Schaeffler



Momentenfluss

Der Synchronträger-Körper ist fest mit der Getriebewelle verbunden und überträgt das Drehmoment von der Getriebewelle auf die Schiebemuffe, *Bild 2*. Im geschalteten Zustand wird dann das Drehmoment von der Schiebemuffe weiter zum Gangrad übertragen.

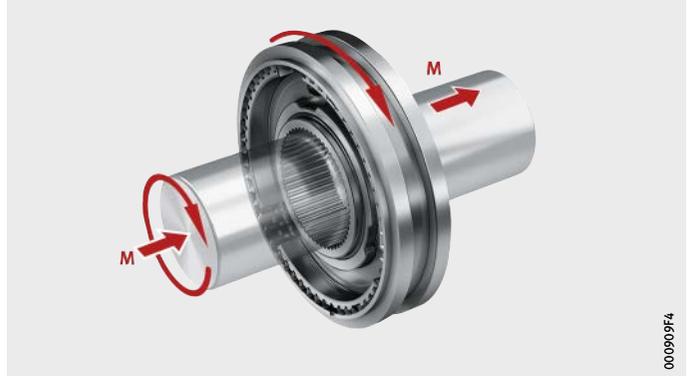


Bild 2
Momentenfluss durch
eine Schiebemuffen-Einheit

Komponenten

Auslegung und Fertigung der Komponenten einer Schiebemuffen-Einheit von Schaeffler sind auf die sichere Funktion und die Erfüllung aller Anforderungen abgestimmt.

Synchronträger-Körper

Synchronträger-Körper sind geometrisch aufwendige und hoch belastete Bauteile. Für die Herstellung werden in der Industrie verschiedene Fertigungstechnologien eingesetzt:

- Pulvermetallurgische Verfahren
- Massivumformung mit anschließender spanender Bearbeitung
- Blechumformung.

Das von Schaeffler eingesetzte Verfahren der Blechumformung ist eine sehr wirtschaftliche Alternative zur Massivumformung. Die dabei erzielten Bauteilfestigkeiten sind höher als die, die bei der pulvermetallurgischen Herstellung erreicht werden.

Je nach Anwendungsfall und Kundenwunsch liefert Schaeffler auch Schiebemuffen-Einheiten, deren Synchronträger-Körper pulvermetallurgisch oder durch Massivumformung hergestellt wurden.

Schiebemuffen-Einheiten

Schiebemuffe

Die Schiebemuffe ist hohen Belastungen ausgesetzt. Sie wird von den meisten Herstellern durch spanende Bearbeitung hergestellt. Die Besonderheit der Schiebemuffen von Schaeffler ist die spanlose Herstellung mittels Umformtechnologie.

Vorteile der Schaeffler-Schiebemuffenfertigung:

- 100%-Prüfung bei funktionsrelevanten Merkmalen
- Design- und Variantenvielfalt
- Materialausnutzung
- Hohe Oberflächenqualität
- Hohe Reproduzierbarkeit bei werkzeugfallenden Maßen
- Technologiekonzept für hohe Stückzahlen
- Durchgehender Faserverlauf in spannungsbelasteten Bereichen.

Eine Auswahl verschiedener Varianten von Schiebemuffen zeigt *Bild 3*.



Bild 3
Varianten von Schiebemuffen

00090882

Druckstücke ARRES

Zur Vorsynchronisation in Schiebemuffen-Einheiten von Schaeffler werden sogenannte Druckstücke ARRES eingesetzt.

Druckstücke ARRES werden speziell für den jeweiligen Anwendungsfall ausgelegt. Parameter wie Federkraft und Gleitfläche haben entscheidenden Einfluss auf den Gangwechsel und Schaltkomfort und werden daher auf jedes Getriebe abgestimmt.

Vorteile der Druckstücke ARRES:

- Leichtere Montage durch einteilige Bauform
- Nur ein Lieferant für ein komplettes Bauteil
- Gesicherte Qualität durch 100%-ige Prozessüberwachung
- Keine Bohrungen im Synchronträger-Körper erforderlich
- Geringer Verschleiß an den Führungsflächen durch optimierte Oberflächen und Werkstoffe.

Druckstücke ARRES gibt es in verschiedenen Bauformen, *Bild 4*.

- ① Standard
- ② Mit Stufen
- ③ Mit Flügeln
- ④ Flache Bauform

Bild 4
Druckstücke ARRES



Weitere Informationen

- TPI 178, Druckstücke ARRES – Vorsynchronisation Getriebe.

Schiebemuffen-Einheiten

Gestaltung der Schiebemuffe	Die Gestaltung der Schiebemuffe zeichnet sich durch zahlreiche konstruktive Details aus, <i>Bild 5</i> und <i>Bild 6</i> , Seite 19.
Gestaltungsmerkmale jeder Schiebemuffe	Folgende Gestaltungsmerkmale sind Teil jeder Schiebemuffe:
Dachwinkel	Der Dachwinkel ist an die Verzahnung des Synchronaußenrings angepasst. Er kann symmetrisch, asymmetrisch und mit unterschiedlichen Winkeln ausgeführt sein.
Hinterlegung	Die Hinterlegung verhindert unter anderem das selbsttätige Trennen der Schaltverzahnung der Schiebemuffe vom Kupplungskörper in geschaltetem Zustand.
Vorsynchronisationsnut	In die Vorsynchronisationsnut der Schiebemuffe tauchen die Druckstücke ein. Über die beidseitigen Rampenkonturen werden die Druckstücke beim Verschieben der Schiebemuffe mitgenommen, dabei axial gegen den Synchronaußenring gedrückt und leiten so die Vorsynchronisation ein. Die Kontur der Vorsynchronisationsnut beeinflusst den Schaltkraftverlauf.
Schaltgabelnut und Anlaufscheiben	Die Schaltgabel greift in die Schaltgabelnut ein. Sie drückt auf die Anlaufscheiben und verschiebt dadurch beim Gangwechsel die Schiebemuffe in axialer Richtung.
Clinch/Stoßverbindung	Schiebemuffen von Schaeffler haben je nach Ausführung einen Clinch oder eine Stoßverbindung. Diese Besonderheit ist auf den Fertigungsprozess zurückzuführen. Die so entstehende Lücke in der Verzahnung kann zur lagerichtigen Montage der Schiebemuffe genutzt werden.
Zusätzliche Gestaltungsmerkmale	Abhängig von den Anforderungen des Kunden können zusätzlich weitere Gestaltungsmerkmale integriert werden:
Zahnhöhenreduzierung	Zur Verbesserung der Festigkeit des Synchronträger-Körpers kann es erforderlich sein, den kritischen Querschnitt im Bereich der Taschen für die Druckstücke radial zu erhöhen. Der dafür erforderliche Bauraum wird durch eine Reduzierung der Zahnhöhen an der Schiebemuffe geschaffen.
Führungslücken	Führungslücken dienen der optimierten Führung der Synchronringe im Verlauf des Schaltvorgangs.
Unterschiedliche Zahnängen	Verschleiß- oder komfortrelevante Anforderungen können unterschiedliche Zahnängen innerhalb einer Schiebemuffe erforderlich machen. Man unterscheidet dann zwischen Synchronisations- und Kupplungsverzahnung.

Zahndachneigungswinkel

Der Zahndachneigungswinkel beschreibt die Neigung der Dachspitze, sorgt für leichtes Einspielen der Schaltverzahnung und erhöht damit den Schaltkomfort.

Endlagenrastierungen

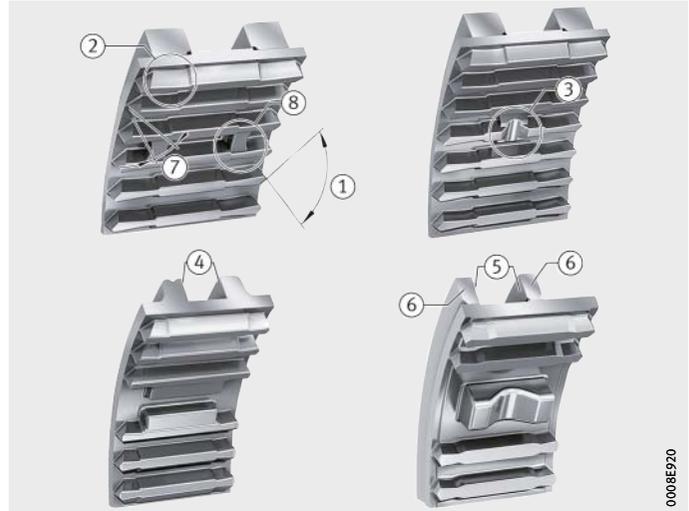
Endlagenrastierungen begrenzen den Weg der Druckstücke im geschalteten Zustand und verhindern deren Herausspringen.

Endstopp

Der Endstopp begrenzt den axialen Verschiebeweg der Schiebemuffe.

- ① Dachwinkel
- ② Hinterlegung
- ③ Vorsynchronisationsnut
- ④ Schaltgabelnut, symmetrisch zum Grundkörper
- ⑤ Schaltgabelnut, asymmetrisch zum Grundkörper
- ⑥ Anlaufscheiben
- ⑦ Zahndachneigungswinkel
- ⑧ Endstopp

Bild 5
Gestaltungsmerkmale
von Schiebemuffen



- ① Clinch
- ② Stoßverbindung

Bild 6
Schiebemuffen
mit Clinch und Stoßverbindung



Schiebemuffen-Einheiten

Auslegung mit BEARINX

Mit der Entwicklung von BEARINX hat Schaeffler eines der führenden Programme zur Berechnung von Wälzlagern in Wellensystemen und von Linearführungssystemen geschaffen. Das Programm ermöglicht die detaillierte Analyse von Wälzlagern in einem Wellensystem. Die gesamte Berechnung erfolgt dabei in einem durchgängigen Berechnungsmodell, ausgehend vom gesamten System bis hin zum einzelnen Wälzkontakt.

Ein spezielles Zusatzmodul in BEARINX ermöglicht die Auslegung der Synchronisation von Schaltgetrieben, *Bild 9*.

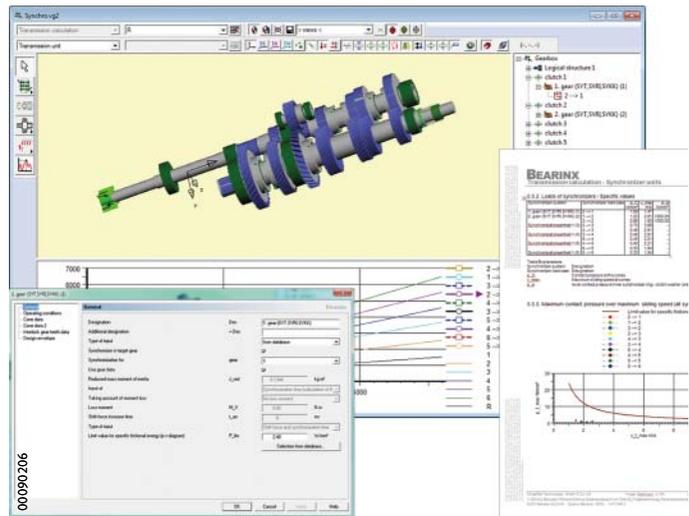


Bild 9
BEARINX

Eingangsdaten

Eingangsdaten für die Auslegung einer Synchronisation in BEARINX:

- Getriebeaufbau und Leistungsfluss
- Massenträgheitsmomente
- Bauraum
- Rutschzeit
- Schaltkraft
- Schaltkraftanstieg
- Verlustmomente.

Ergebnisse

Ergebnisse der Auslegung einer Synchronisation in BEARINX:

- Drehzahldifferenzen
- Geometrie der Sperrverzahnung
- Geometrie der Synchronringe
- Auswahl des Reibsystems.

Variantenrechnung

Durch die automatisierte Variantenrechnung ist das Programm ein wichtiges Werkzeug in der Systemauslegung.

FEM-Berechnungssoftware

Die Berechnung der mechanischen Spannungen an den Komponenten einer Schiebemuffen-Einheit oder einer Gangstufe erfolgt, ausgehend von der dreidimensionalen Modellierung, durch Einsatz der Finite-Elemente-Methode, *Bild 10* und *Bild 11*.

Somit kann bereits im Entwicklungsstadium sichergestellt werden, dass die Schiebemuffen-Einheiten alle Anforderungen an Bauteilfestigkeit und Drehmomentübertragung erfüllen.

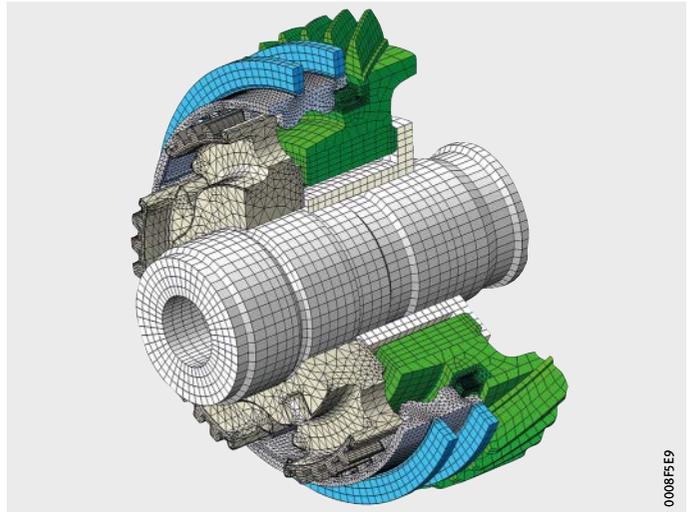


Bild 10
FEM-Berechnung:
Vernetzte Baugruppe



- ① Erstauslegung
- ② Optimierte Auslegung

Bild 11
FEM-Berechnung:
Spannungsverteilung (dynamisch)

Schiebemuffen-Einheiten

Interaktiver Schaltsimulator

Der interaktive Schaltsimulator ermöglicht es, die Auswirkungen geometrischer Änderungen von Komponenten der Synchronisation oder der Schalteinheit auf das Schaltgefühl vorherzusagen und darzustellen.

Grundlage der Simulation ist ein Auslegungsprogramm, das, integriert in die Entwicklungssoftware, die Schaltkräfte berechnet. Die so ermittelten Schaltkräfte werden dann am Schaltknüppel des Simulators als Schaltgefühl erfahrbar gemacht, *Bild 12*.

Durch die Simulation konstruktiver Änderungen und durch Variantenvergleich kann so die Anzahl der Iterationsschleifen im Entwicklungsprozess reduziert werden.



Bild 12
Interaktiver Schaltsimulator

Prüfverfahren für die Produktentwicklung

Für die Entwicklung von Schiebemuffen-Einheiten stehen vielfältige Prüfeinrichtungen zur Verfügung. Die nachfolgend beschriebenen Prüfverfahren und die zugehörigen Prüfstände sind wichtige Beispiele aus dem umfangreichen Prüfprogramm.

Neben eindeutig definierten und quantifizierbaren Größen wie Dauerfestigkeit und Gebrauchsdauer werden auch weitere Eigenschaften wie zum Beispiel Schaltkomfort untersucht.

Gebrauchsdauer- und Funktionsprüfung im Getriebe

In Dauerprüfungen wird die Funktion über die gesamte Gebrauchsdauer des Getriebes hinweg untersucht. In den Prüfständen können aber auch reine Funktionsmessungen durchgeführt werden. So können zum Beispiel beim Einsatz eines Schaltroboters die Schaltkräfte ermittelt werden.

Vorteil der Prüfung von Schaltsystemen im kompletten Getriebe gegenüber der Prüfung im Teilsystem sind die besonders anwendungsnahen Prüfbedingungen. Eine Vielzahl von Parametern wie Drehmoment, Schaltkräfte, Öldurchflussmenge oder Öltemperatur können je nach Prüfspezifikation geregelt oder als Teil des Prüfergebnisses gemessen werden.

Verschiedene Prüfstände ermöglichen die Anpassung an unterschiedliche Fahrzeugtypen. Im einfachsten Fall simulieren zwei Elektromotoren Antrieb und Last. Bei Einsatz von drei Elektromotoren können unterschiedliche Drehzahlen der Antriebsräder und somit Kurvenfahrt simuliert werden, *Bild 13*.



Bild 13
Gebrauchsdauer- und Funktionsprüfung im Getriebe

Gebrauchsdauer- und Funktionsprüfung am Teilsystem Synchronisation

Neben der Prüfung im kompletten Getriebe werden Gebrauchsdauer und Funktion von Synchronisationssystemen auch in sogenannten Synchro-Prüfständen untersucht.

Gegenstand der Prüfung ist eine Einheit bestehend aus zwei Gangrädern und den dazwischen angeordneten Bauteilen (Kupplungskörper, Synchronringe, Synchronträger-Körper, Schiebemuffe und Druckstücke). Im Gegensatz zur Prüfung im Getriebe wird hier speziell die Schaltfunktion, nicht aber die Übertragung des Drehmoments geprüft.

Schiebemuffen-Einheiten

Schaltkomfortmessung im Getriebe

Trotz des Einsatzes vielfältiger Simulationswerkzeuge im Entwicklungsprozess werden umfangreiche experimentelle Untersuchungen zur Bewertung des Schaltkomforts durchgeführt. Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen liegt auf der Ermittlung der Schalt- und Wählkräfte beim Gangwechsel. Somit können auch Quervergleiche zwischen simulierten und gemessenen Kräften angestellt werden, *Bild 14*.

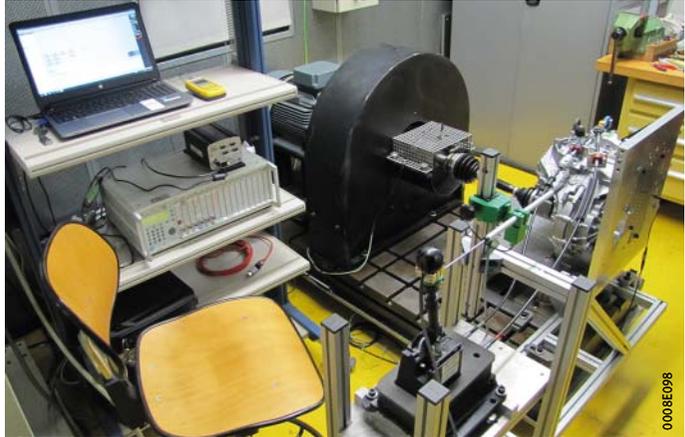


Bild 14
Schaltkomfortmessung
im Getriebe

Schaltkomfortmessung im Fahrzeug

Nach erfolgreichem Abschluss der Prüfstandsversuche werden die Schaltungskomponenten in Fahrzeuge eingebaut und bezüglich des Schaltkomforts bewertet.

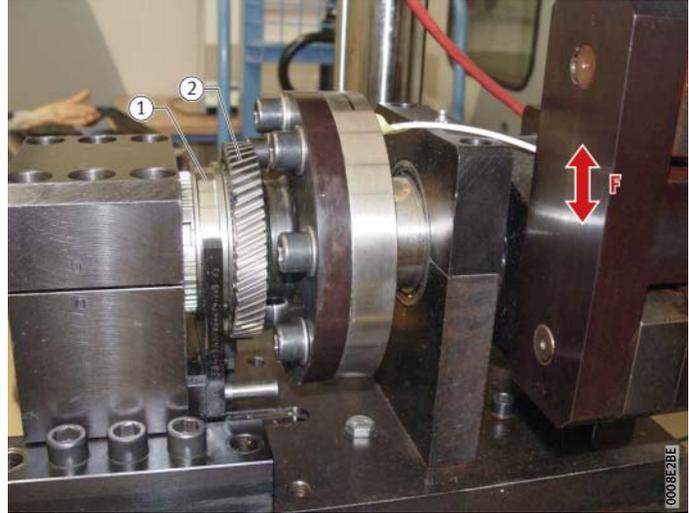
Die messtechnische Erfassung von Schaltkräften und -geschwindigkeiten ermöglicht es, den individuellen Einfluss der Bediener mit jeweils unterschiedlichem Schaltverhalten bei der Bewertung des Schaltkomforts zu berücksichtigen. Eine automatisierte Datenerfassung ermöglicht zudem die Langzeitüberwachung unter realen Einsatzbedingungen im Fahrzeug, *Bild 15*.



Bild 15
Schaltkomfortmessung
im Fahrzeug

Dauerfestigkeitsprüfung

Die Dauerfestigkeit eines Synchronisationssystems wird am Pulser durch definierte Kräfteinleitungen getestet. Der Prüfaufbau ermöglicht dabei die Prüfung unter Torsionsbelastung, *Bild 16*.



- ① Schiebemuffe
- ② Gangrad

Bild 16
Dauerfestigkeitsprüfung
unter Torsionsbelastung

Prüfverfahren zur Bestätigung von Fertigungsprozessen

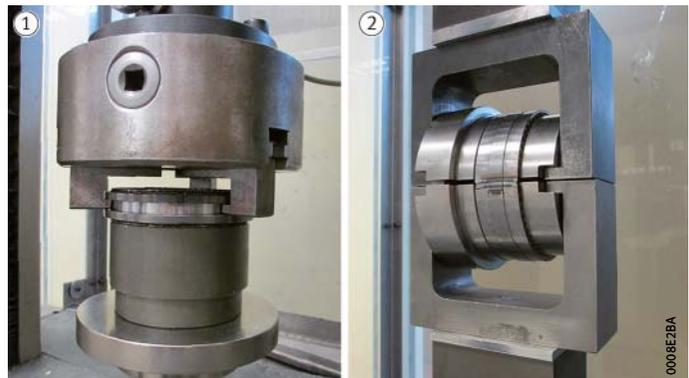
Zur Bestätigung von Fertigungsprozessen kommen sowohl statische als auch dynamische Prüfverfahren zum Einsatz.

Statische Scheibenabrissprüfung

Ziel dieser Prüfung ist der Nachweis der Festigkeit der Schweißverbindungen zwischen den Anlaufscheiben und dem Muffenkörper. Dazu werden die Anlaufscheiben mit einer definierten Kraft in axialer Richtung belastet, *Bild 17*, ①.

Statische Zerreißprüfung

Ziel dieser Prüfung ist der Nachweis der Festigkeit der Schweißnaht im Clinch- oder Stoßbereich. Dazu wird die Schweißnaht mit einer definierten Kraft und nach dem Prinzip eines Zugversuchs belastet, *Bild 17*, ②.



- ① Statische Scheibenabrissprüfung
- ② Statische Zerreißprüfung

Bild 17
Statische Prüfungen
der Schiebemuffe

Schiebemuffen-Einheiten

Dynamische Axialbelastung der Schiebemuffe

Ziel dieser Prüfung ist der Nachweis der Dauerfestigkeit der Schweißverbindungen zwischen den Anlaufscheiben und dem Muffenkörper.

Dynamische Radialbelastung der Schiebemuffe

Ziel dieser Prüfung ist der Nachweis der Dauerfestigkeit der Schweißnaht im Clinch- oder Stoßbereich, *Bild 18*.



Quelle:
Fraunhofer LBF

Bild 18
Dynamische Radialbelastung
der Schiebemuffe

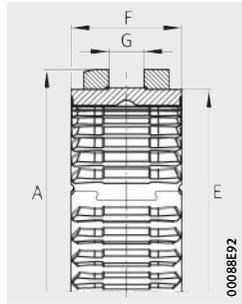
Dynamische Schaltgabelprüfung

Ziel dieser Prüfung ist die Untersuchung des Verschleißverhaltens der Reibpaarung zwischen Schaltgabel und Schiebemuffe. Dazu rotiert die Schiebemuffe mit definierter Drehzahl. Gleichzeitig wird die in die Schaltgabelnut der Schiebemuffe eingreifende Schaltgabel in axialer Richtung dynamisch belastet.

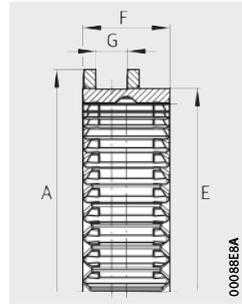
Zur Untersuchung der Festigkeit bei Missbrauch kann die axiale Kraft bis auf 5 kN gesteigert werden.

Schiebemuffen

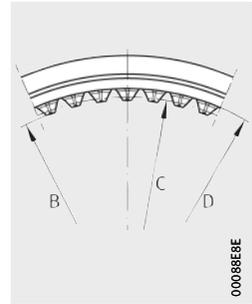
lieferbare
Ausführungen



symmetrisch



asymmetrisch



Verzahnung

Maßtabelle · Abmessungen in mm												
Kurzzeichen	Maximales Drehmoment Nm	Abmessungen						Verzahnung				Position Schaltgabel zu Grundkörper ¹⁾
		A ¹⁾	E	F	G ¹⁾	Dachwinke ^{1) 2)} °		B	C	D	Modul	
S1	1 000	102	91,5	19,47	9,85	114	–	84,05	85,32	88,6	1,58	symmetrisch
S2	1 400	105,6	97	23,13	9,15	85	80	88,15	90	91,8	1,5	asymmetrisch
S3	1 400	91,3	86,1	19,77	10,35	90	120	79,05	81	82,36	1,5	symmetrisch
S4	1 200	101	92,1	19,77	7,1	84	–	84,05	85,32	88,6	1,58	asymmetrisch
S5	1 000	96,1	86,1	19,77	9	90	120	79,05	81	82,36	1,5	symmetrisch
S6	1 400	105,6	97	23,13	9,15	85	80	88,15	90	91,8	1,5	asymmetrisch
S7	1 600	104,1	95,55	25,8	8,1	85	92	87,3	86,4	91,65	1,6	symmetrisch
S8	1 600	104,1	95,55	25,8	8,1	85	117	87,3	86,4	91,65	1,6	symmetrisch
S9	1 000	114,9	106,9	21,3	10,1	115	–	97,5	96	102,3	2	symmetrisch
S10	2 000	116,5	107,6	23,8	12,05	115	90	99,4	102	102,95	1,7	symmetrisch
S11	1 200	104,9	96,9	21,5	10,05	115	–	87,6	90	92,4	2	symmetrisch
S12	1 200	96,5	88,4	19,36	8,75	117	–	80,2	81,6	84,6	1,7	symmetrisch
S13	1 800	127	114	23,2	8,28	110	–	104,6	108,3	109,2	1,9	symmetrisch
S14	1 200	104	91	21,4	8,28	110	–	81,8	85,5	86,4	1,9	symmetrisch
S15	1 800	123	114	22,8	8,28	110	–	104,6	108,3	109,2	1,9	symmetrisch
S16	1 000	89,3	80,25	20,65	7,15	90	116	71,75	73,5	76,1	1,75	asymmetrisch
S17	1 000	89,3	80,25	20,65	8,05	90	116	71,75	73,5	76,1	1,75	asymmetrisch
S18	1 000	89,3	80,25	22,5	8,05	90	116	71,75	73,5	76,1	1,75	asymmetrisch
S19	1 000	92,3	80,25	20,2	8,05	116	–	71,75	73,5	76,1	1,75	asymmetrisch

¹⁾ Abmessung kann modifiziert werden.

²⁾ Bei zwei Werten für Dachwinkel: Ausführungen sind alternativ erhältlich.

Checkliste Schiebemuffen-Einheit

Basisinformationen

Aggregatsbezeichnung: _____
 Getriebeart: _____
 Anzahl Gangstufen: _____
 Motoreingangsdrehmoment: _____

Merkmal		/	/	/	/
Gangstufenpaar					
Übersetzungsverhältnis					
Schaltkraft	N				
Schaltzeit	ms				
Maximaldrehzahl	min ⁻¹				
Differenzdrehzahl	min ⁻¹				

Hintergrund

- Neuentwicklung
 Optimierung
 Kostenreduzierung
 Sonstiges: _____

Geplante Realisierung

Synchronisationsart:

- Einkonus-Synchronisation in Gangstufe: _____
 Doppelkonus-Synchronisation in Gangstufe: _____
 Dreifach-Synchronisation in Gangstufe: _____
 Anderes System: _____

Vorsynchronisation:

- ARRES
 Anderes System: _____

Umgebungsbedingungen

Getriebeöl:

- Verschmutzungsbedingungen (Norm): _____
 Temperatureinsatzbereich: _____
 Besonderheiten: _____

Anschlusskonstruktion

Zeichnungen:

- Getriebe
 Schiebemuffe
 Vorsynchronisation
 Synchronträger-Körper
 Synchronring(e)
 Kupplungskörper
 Gangräder
 Schaltgabel

Checkliste Schiebemuffen-Einheit

Baurauminformationen (falls keine entsprechende Zeichnung vorhanden)

Merkmal				
Gangstufenpaar	/	/	/	/
Einbauraum Schiebemuffen-Einheit (größter Durchmesser und Breite)				

Material Schaltgabelschuh: _____

Anbindung Kupplungskörper an Gangrad: _____

Bauteilinformationen

Schiebemuffe = SYTM/Synchronträger-Körper = SYTK

Werkstoff

Merkmal		/		/		/		/	
Gangstufenpaar		SYTM	SYTK	SYTM	SYTK	SYTM	SYTK	SYTM	SYTK
Werkstoff									
Dichte	g/cm ³								
Festigkeit	N/mm ²								
Härte									
Oberflächenbehandlung									

Schaltverzahnung

Merkmal		/		/		/		/	
Gangstufenpaar		SYTM	SYTK	SYTM	SYTK	SYTM	SYTK	SYTM	SYTK
Zähnezahl									
Modul	mm								
Teilkreisdurchmesser	mm								
Eingriffswinkel	°								
Profilverschiebung	mm								
Kopfkreisdurchmesser	mm								
Fußkreisdurchmesser	mm								
Hinterlegungswinkel	°								
Dachwinkel	°								
Dachneigung	°								
Winkel Vorsynchronisationsnut	°								
Kugeldurchmesser Druckstück	mm								

Checkliste Schiebemuffen-Einheit

Schaltgabelnutabmessungen Schiebemuffe

Merkmal		/	/	/	/
Gangstufenpaar					
Durchmesser	mm				
Breite	mm				
Position Schaltgabelnut					

Sonstige Informationen Schiebemuffe

Merkmal		/	/	/	/
Gangstufenpaar					
Vorgesehener Verschleißweg	mm				
Schaltweg	mm				
Schaltwegbegrenzung (Beispiele: Bund, Anschlag)					
Besondere Eigenschaften (Beispiele: Flankenreduzierung, unterschiedliche Zahn­längen)					

Welle-Nabe-Verbindung

Merkmal		/	/	/	/
Gangstufenpaar					
Verzahnungsdaten Welle/Nabe					
Passung (Presssitz, Spiel)					
Montagekonzept					

Prüfbedingungen

Vorgesehene Prüfungen,
Spezifikationen:

Montage und Verpackung

Montage beim Kunden erfolgt:

Manuell Automatisch

Besondere Verpackung nötig:

Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Industriestraße 1–3
91074 Herzogenaurach
Deutschland
Internet www.ina.de
E-Mail info.de@schaeffler.com

In Deutschland:
Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:
Telefon +49 9132 82-0
Telefax +49 9132 82-4950

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt
und überprüft. Für eventuelle Fehler oder
Unvollständigkeiten können wir jedoch
keine Haftung übernehmen.
Technische Änderungen behalten wir
uns vor.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Ausgabe: 2015, Oktober

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit
unserer Genehmigung.

TPI 125 D-D