

# 5

## Getriebeschaltung und -synchronisation

An der Schwelle zur Mechatronik

Gunter Hirt  
Stanislav Massini



## Einleitung

Neben der Elektrifizierung spielt die konventionelle Verbrennungstechnik mit manuellen und automatisierten Schaltgetrieben auch in der Zukunft eine wichtige Rolle. Dies ist den niedrigen Systemkosten eines manuellen Schaltgetriebes, seinem hohen Wirkungsgrad und seiner Robustheit zuzuschreiben.

Heute werden neue Forderungen an die Schaltgetriebe gestellt in Verbindung mit Hybridisierung, Stopp-Start und Automatisierung (ASG, DCT) (Bild 1):

- Neutralgang- und Gangerkennung
- Gangaktuatorik
- Gewichts- und Kostenreduzierung
- Bauraum- und Baulängenoptimierung

## Anforderungen an ein Schaltgetriebe

INA bietet für die neuen Anforderungen passende, neue Lösungen:

### Neutralgang- und Gangerkennung

- Sensorarretierung als Neutralgangsensor
- Sensorlager mit Positionserkennung und Rastierfunktion

### Gangaktuatorik

- Integrierter, hydraulischer Schaltgabelaktuator

### Gewichts- und Kostenreduktion

- Schaltgabeln für Schaltgetriebe
- Kunststoffgehäuse für Schaltdome

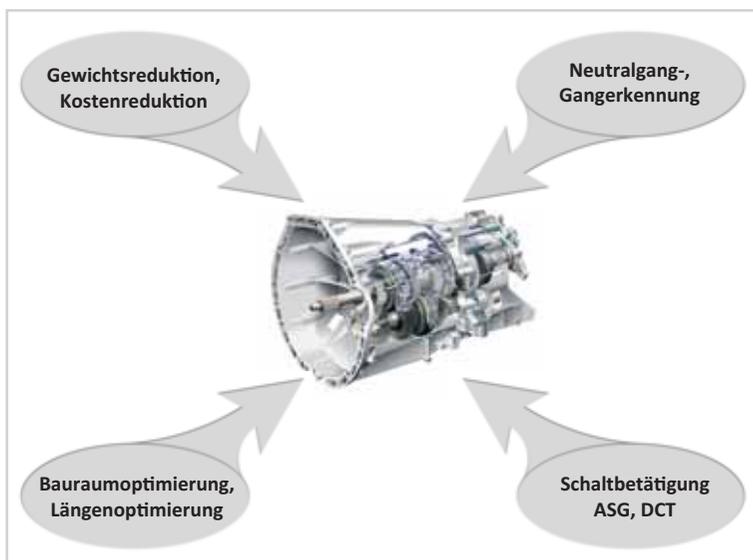


Bild 1 Neue Anforderungen an ein Schaltgetriebe

- Friction Pad System (FPS) für Synchronisationssysteme
- Kupplungskörper für Synchronisationssysteme
- Spanlose Schiebemuffe für Synchronisationssysteme

### Bauraum- und Baulängenoptimierung

- Flache Druckstücke für Synchronisationssysteme

## Neutralgang- und Gangerkennung

### Sensorarretierung als Neutralgangsensor

Stopp-Start Systeme und Mild-Hybride in Kombination mit manuellen Getrieben benötigen neue Funktionen in den Schaltsystemen, so z. B. eine zuverlässige Neutralgangerkennung.

Die Neutralgangerkennung der ersten Generation besteht zumeist aus einem ADD-ON-Sensor und einem separaten Magneten (Bild 2). Der Sensor ist in den meisten Fällen auf dem Getriebegehäuse befestigt, und der Magnet auf der Schaltwelle montiert. Aufgrund der großen Distanz zum Sensor

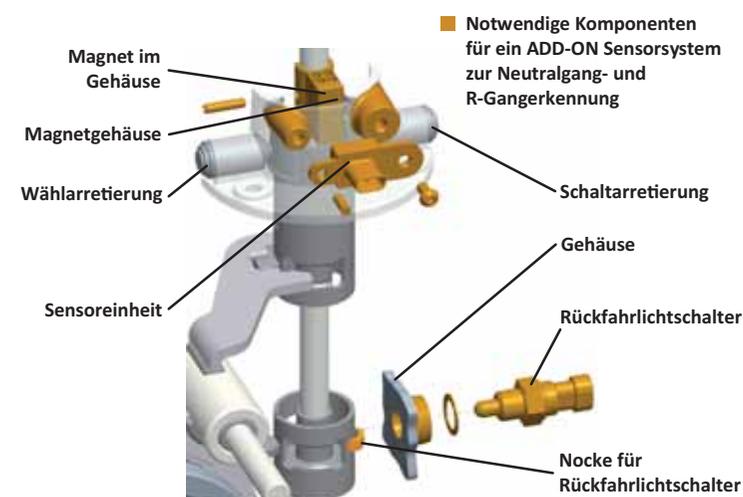


Bild 2 Ein konventionelles ADD-ON Sensorsystem der ersten Generation

und des langen Wählhubes muss der Magnet sehr groß dimensioniert werden. Zum Schutz vor Beschädigung und Verschmutzung, aber auch für die Montage, ist ein Magnetgehäuse notwendig. In den meisten Fällen ist der Rückfahrlichtschalter, betätigt durch eine Nocke, weiterhin erforderlich.

Ein konventionelles ADD-ON Sensorsystem der ersten Generation besteht daher aus vielen Einzeltei-

montieren ist. INA entwickelte ein neues Sensorsystem für Neutralgangerkennung – die Sensorarretierung (Bild 3). Die Grundidee ist, die bereits in den Schaltungen vorhandene Schaltarretierung, welche eine Hubbewegung beim Schalten ausführt, mit einer Sensorik zur Hub-Messung zu versehen.

Die Beschaffenheit der Rastierkontur für das Schalten zeigt, dass sich der Arretierungshub entlang

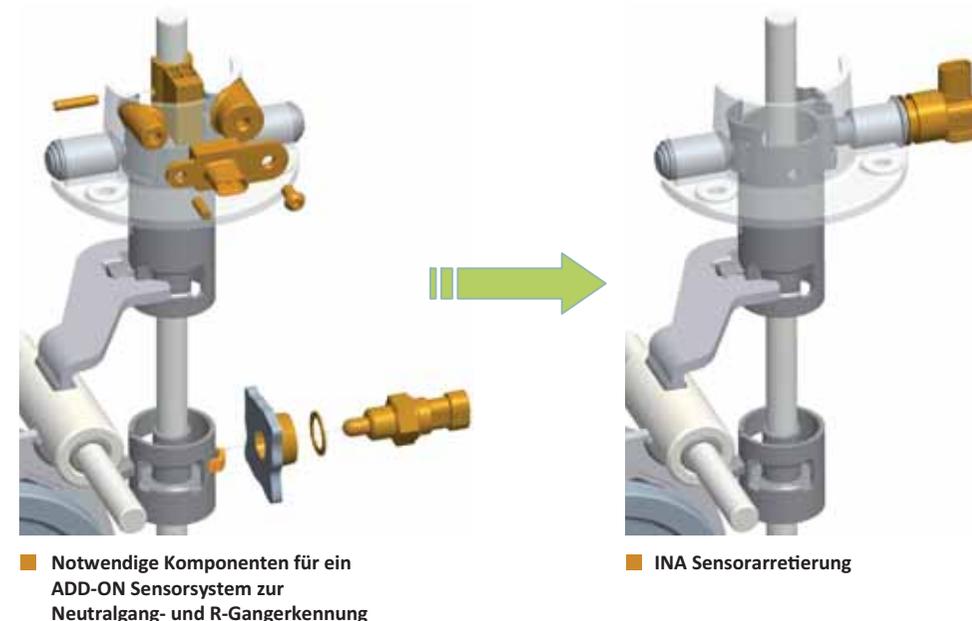


Bild 3 INA Sensorarretierung – Integration der Einzelkomponenten in eine Einheit

len, die auf drei Anbauorte verteilt sind und dort den Bauraum beanspruchen. Sowohl die Schaltwelle als auch das Gehäuse müssen für die Montage spanend bearbeitet werden. Aufgrund der vielen Arbeitsschritte und der teils sehr groß dimensionierten Komponenten entstehen unnötig hohe Kosten.

Zielführender ist dagegen eine integrierte Lösung, die auf die ADD-ON Komponenten verzichtet, sich auf nur einen Anbauort beschränkt und kostengünstiger zu

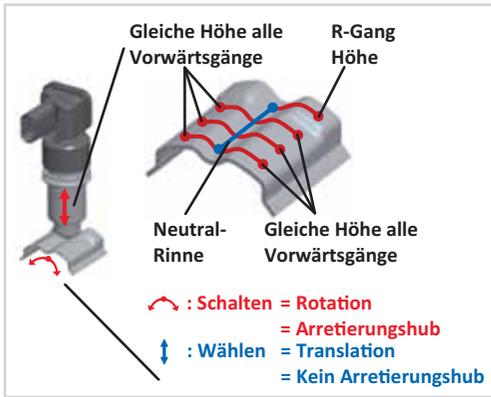


Bild 4 Rastierkontur für INA Sensorarretierung

der Neutralrinne nicht verändert, so dass das Signal konstant bleibt (Bild 4). Der Sensor nutzt diese Tatsache zur Neutralgangerkennung innerhalb der gesamten Wählgasse. Zwei zusätzliche Höhen „Gleiche Höhe alle Vorwärtsgänge“ und „R-Gang Höhe“ sind eindeutig definiert und können deshalb durch den Sensor detektiert werden.

Das Bild 5 zeigt den Aufbau und die Funktion der INA Sensorarretierung. Der Arretierungshub wird auf den Magneten am Verbindungsstift übertragen, der im Sensor geführt ist. Der Sensor erkennt den Magnethub während des Schaltvorganges und erzeugt ein definiertes Signal. Die Stromversorgung vom Steuergerät und die Signalausleitung er-

folgen über den gemeinsamen Stecker, der variabel nach Kundenanforderungen ausgeführt ist und meist mit drei Kontaktpins ausgestattet wird.

Für die Neutralgangerkennung kann sowohl ein analoges als auch ein digitales Signal vorgesehen werden. Im Falle des Digitalsignals ist das PWM Signal (pulse width modulation) weit verbreitet. Bei geforderter Redundanz kann die Elektronik mit zwei separaten Hall-Sensoren und zwei separaten Signalwegen mit eigenen Signalpins im Stecker ausgestattet werden.

Um die kundenspezifischen Anforderungen für Schalt- und Wählkräfte darzustellen, sind die Schalt- und Wählarretierungen mit den zugehörigen Rastierkonturen in ihrer Wirkungsweise kombiniert. Auf diese Weise wird die geforderte Schaltmomentcharakteristik erfüllt (Bild 6). Das Schaltmoment in Neutralposition ist dabei nur durch die Sensorarretierung definiert. Deshalb positioniert die Sensorarretierung die Schaltwelle in Neutralposition und detektiert diese auch, was bezüglich der Toleranzen optimal ist.

Fazit

Die Sensorarretierung besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten – einer Arretierung und einer Sensoreinheit. Beide Komponenten basieren auf erprobten Technologien und repräsentieren eine hochintegrierte Lösung für Neutralgang- und R-Gangerkennung. Durch diese Lösung entfallen einige

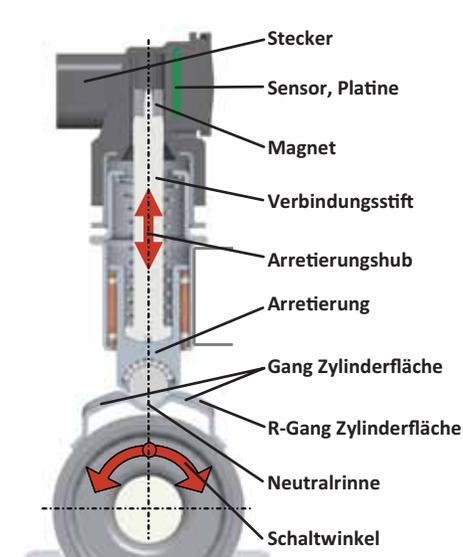


Bild 5 Aufbau und Signalausgabe der INA Sensorarretierung

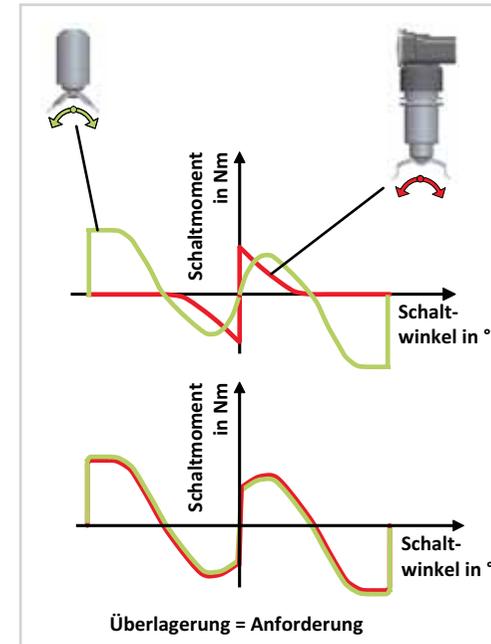
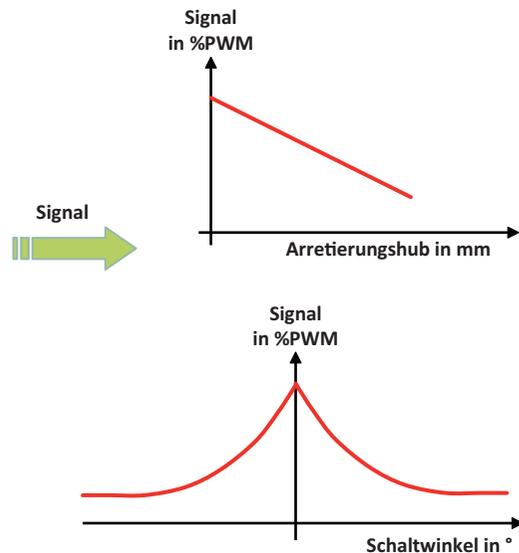


Bild 6 Erfüllung der Schaltmoment-Anforderung

Einzelkomponenten, diverse Befestigungselemente und Fertigungsschritte. Daraus resultieren geringere Systemkosten im Vergleich zu einem konventionellen ADD-ON Sensorsystem (Bild 2). Im Jahre 2010 geht die Sensorarretierung in Serienproduktion und steht für Stopp-Start Anwendungen zur Verfügung.

Sensorlager mit Positionserkennung und Rastierfunktion

Die Schaltgabeln aktueller ASGs und DCTs beinhalten neben der Grundfunktion der eigentlichen Schaltbetätigung weitere Komponenten und Funktionen:

- Lagerung (meist kugellagert im Gehäuse)
- Rastierkontur
- Komponenten zur Positionserkennung (Bild 7).

Durch Integration dieser Funktionen lassen sich Bauraum, Kosten und Montageaufwand reduzieren.

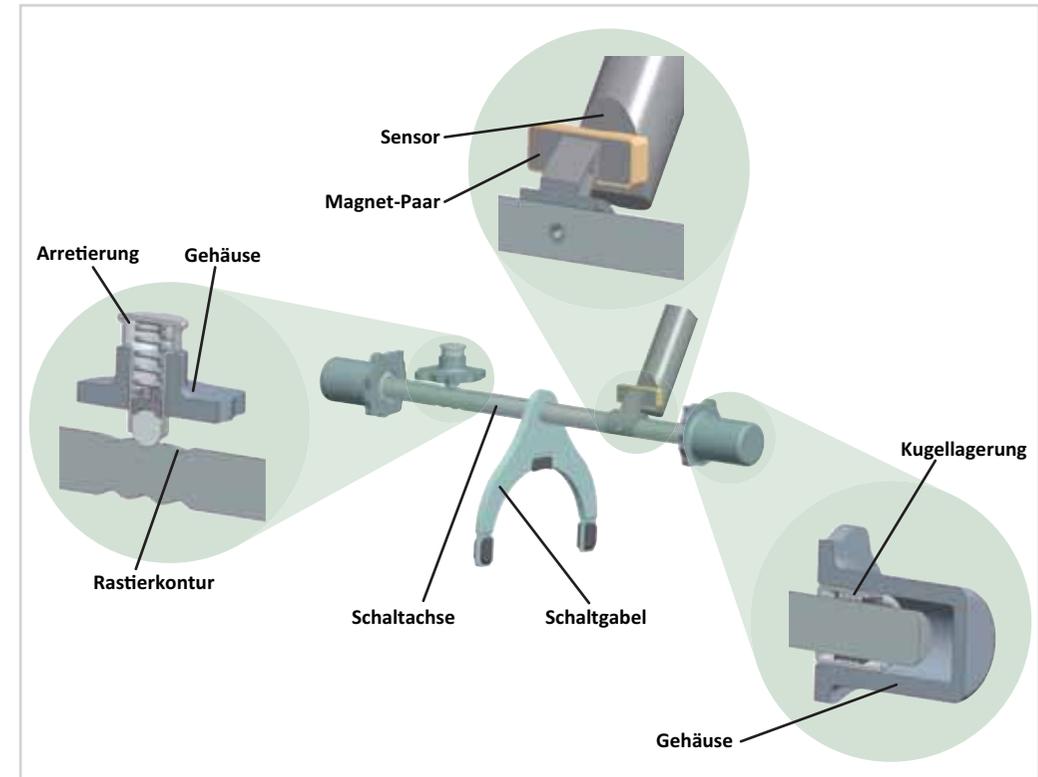


Bild 7 Ein typisches Schaltgabeldesign mit Lagerungen, Rastierkontur und Magnethalterung

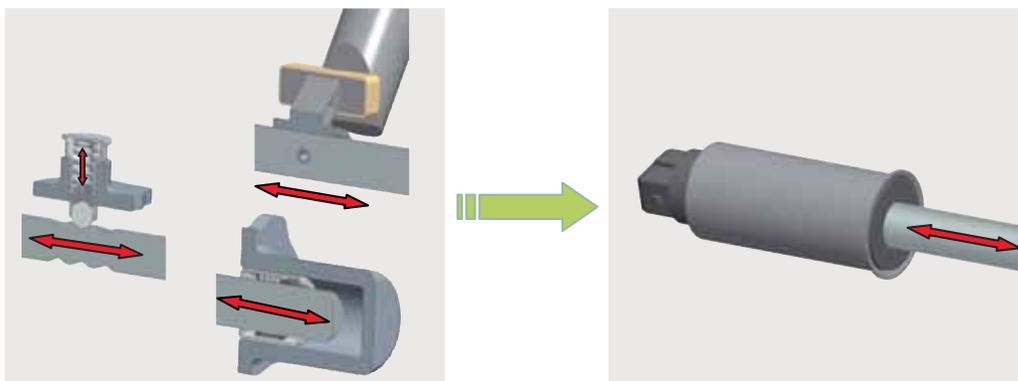


Bild 8 Sensorlager: Lager mit integrierten Positionssensor und Rastierfunktion

INA entwickelt zusammen mit Continental ein so genanntes Sensorlager mit Rastierfunktion, welches die Zusatzfunktionen übernimmt und als Modul ausgeführt ist (Bild 8).

Das Sensorlager mit Rastierfunktion (Bild 9) besteht im Wesentlichen aus einer Hülse – der Lagerlaufbahn, einem Sensorgehäuse – dem Schaltwegmesssystem und einer eingelegten Rastierfeder. Die Rastierfeder erfüllt im Zusammenspiel mit einer Rastierkontur am Schaltstangenende die Rastierfunktion. Die vier Kugelrollen-Paare sind 90° zueinander angeordnet und werden in den Taschen des Sensorgehäuses geführt. Das Sensorgehäuse nimmt die Sensorplatine auf und beinhaltet einen integrierten Stecker mit den Pins für die Stromversorgung und für das Signal. Der Stecker kann sowohl nach außen als auch ins Getriebeinnere positioniert werden. Als Ausgangssignal kommt wahlweise ein digitales oder ein analoges Signal in Frage.

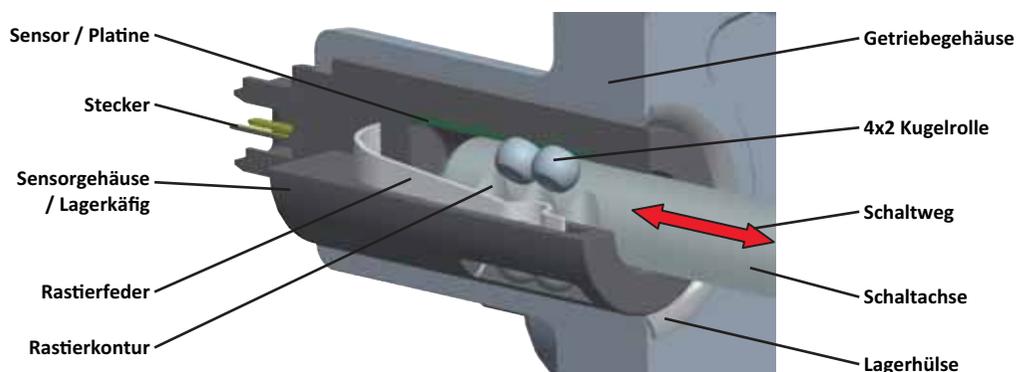


Bild 9 INA Sensorlager: Aufbau

Das INA-Sensorlager ist als integrierte Lösung für DCTs und ASGs konzipiert. Im Inneren des Getriebes lässt sich damit Bauraum einsparen. Es ermöglicht den Verzicht auf viele, teils kostenintensive, Arbeitsschritte und Einzelkomponenten, die für die konventionelle Lösung notwendig sind:

- Arretierung und Gehäusebohrung
- Magnet mit Halterung und Abdeckung
- Sensorträger
- Diverse Montagearbeitsgänge

Der Integrationsgrad lässt sich jedoch weiter steigern: Vier Sensorlager können zu einem Sensorlagermodul zusammengefasst werden (Bild 10).

Die vier Sensorlagereinheiten und die Grundplatte bilden dann ein gemeinsames Gehäuse mit einer gemeinsamen Elektroneinheit. Der gemeinsame Stecker, der vier Einzelstecker ersetzt, ist im ge-

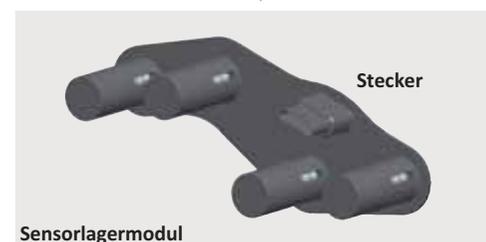


Bild 10 Integration von vier Sensorlagern in ein Modul

zeigten Beispiel nach außen ausgeführt, kann aber auch im Getriebeinneren die Schnittstelle zur Steuerung darstellen. Die Montage im Getriebe kann differenziert je nach Kundenwunsch erfolgen.

Neben bereits genannten Vorteilen der Sensorlagerlösung kommen mit dem Sensorlagermodul weitere hinzu:

- Nur ein gemeinsamer Stecker
- Direkter Anschlussstecker zum Steuergerät möglich

- Ein gemeinsames Gehäuse
- Eine gemeinsame Elektroneinheit
- Keine Abdichtung einzelner Sensorlager nach außen erforderlich.

Das Sensorlager und besonders der Sensorlagermodul geben kostengünstige, bauraumsparende Antworten auf den Informationsbedarf in einem modernen Getriebe.

## Gangaktuatorik

### Integrierter, hydraulischer Schaltgabelaktuator

Die Getriebehersteller entwickeln gerade eine Reihe von Doppelkupplungsgetrieben (DCT), die meist hydraulisch betätigt werden. Grundsätzlich werden zwei unterschiedliche Hydrauliksysteme eingesetzt:

- Add-on Power Pack als separates hydraulisches System
- Add-on Schaltgabelaktuatoren integriert in die Getriebegehäusewand

Der für die Schaltgabeln und Achsen zur Verfügung stehende Bauraum ist in einem DCT durch die Doppelkupplung stark begrenzt. Deshalb sind Schaltgabeln sinnvoll, die auf einer festen Achse beweglich gelagert sind. Sie tauchen bei Betätigung nicht in die Gehäusebohrungen ein und verbrauchen deshalb weniger axiale Baulänge. Zudem sind dabei mehrere Schaltgabeln pro Achse möglich, da sie unabhängig von einander betätigt werden können.

INA entwickelte einen in die Schaltgabel integrierten Schaltgabelaktuator, der speziell für DCTs konzipiert ist und im Vergleich zu den zwei oben genannten Systemen eine kostengünstige Alternative mit optimierter Baulänge darstellt (Bild 11).

Abhängig vom Getriebedesign sind eine oder zwei Schaltgabeln auf einer Achse zielführend. Dabei kann der Fokus auf Minimierung der Achsenanzahl oder auf Vereinfachung der Ölversorgung liegen. Der integrierte Schaltgabelaktuator von INA repräsentiert einen neuen Integrationslevel von hydraulischen Aktuatorikerelementen für DCTs.

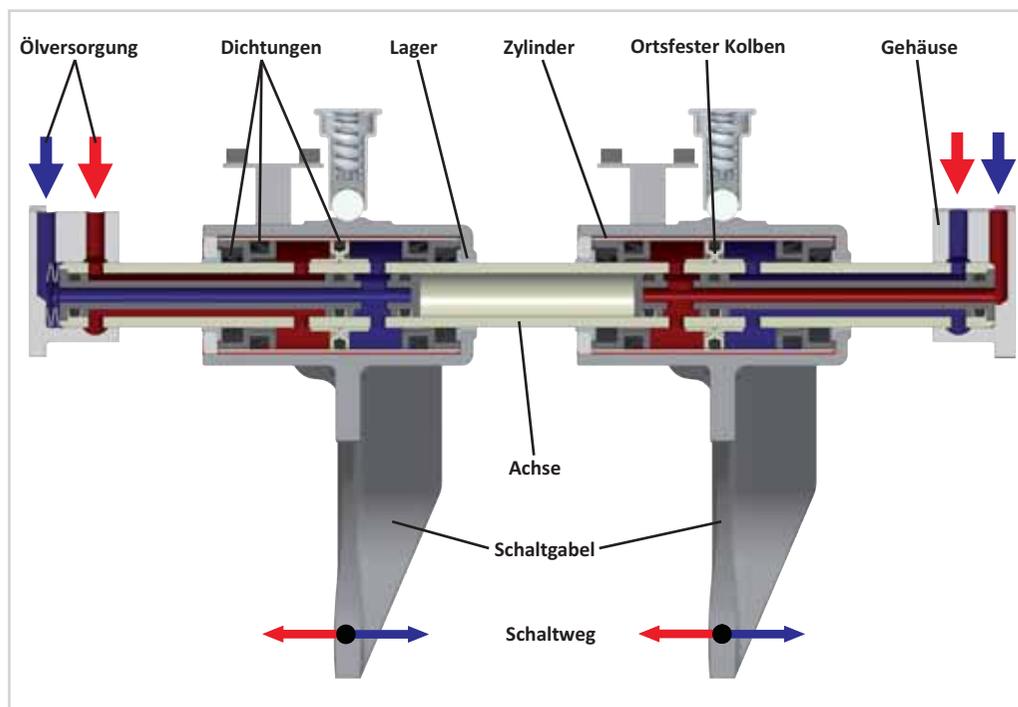


Bild 11 INA integrierter, hydraulischer Schaltgabelaktuator: Aufbau

## Gewichts- und Kostenreduktion

### Schaltgabeln für Schaltgetriebe

Die Schaltgabeln übernehmen in den Schaltgetrieben die Aufgabe, die Schaltbewegung an die Schiebemuffe zu übertragen. Die Schaltbewegung wird in die Schaltgabeln meist über das Schaltmaul eingeleitet und durch die Gleitschuhe an die rotierende Schiebemuffe weitergegeben.

Die vielfältigen Anforderungen an die Schaltgabelauslegung von heute lassen sich zu folgenden Schwerpunkten zusammenfassen (Bild 12).

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, wendet INA in Abhängigkeit von den Kundenanforderungen und vom vorhandenen Bauraum unterschiedliche Technologien an. Diese sind Dünnschlechumformen, Alu-Druckgießen, Dickblechumformen und Dickblech-Feinstanzen. Je nach Einzelteiltechnologie werden unterschiedliche Fügeverfahren einge-

setzt, wie MAG-, WIG- und Laser-Schweißen, Presssitz, Verstiften, Vernieten oder Verschrauben.

**Dünnschlechschaltgabeln** (Bild 13) sind für relativ niedrige Mißbrauchskräfte ausgelegt und genügen den

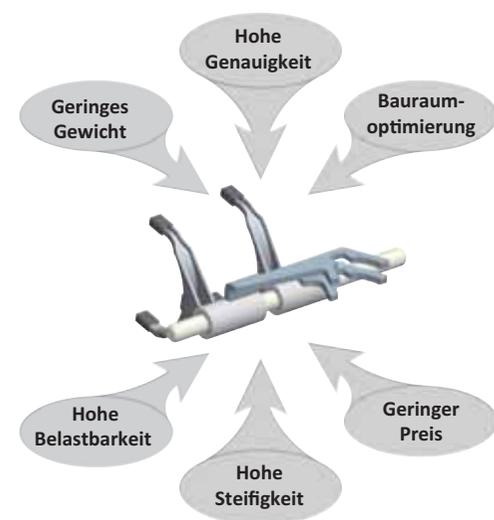


Bild 12 Anforderungen an die Schaltgabeln

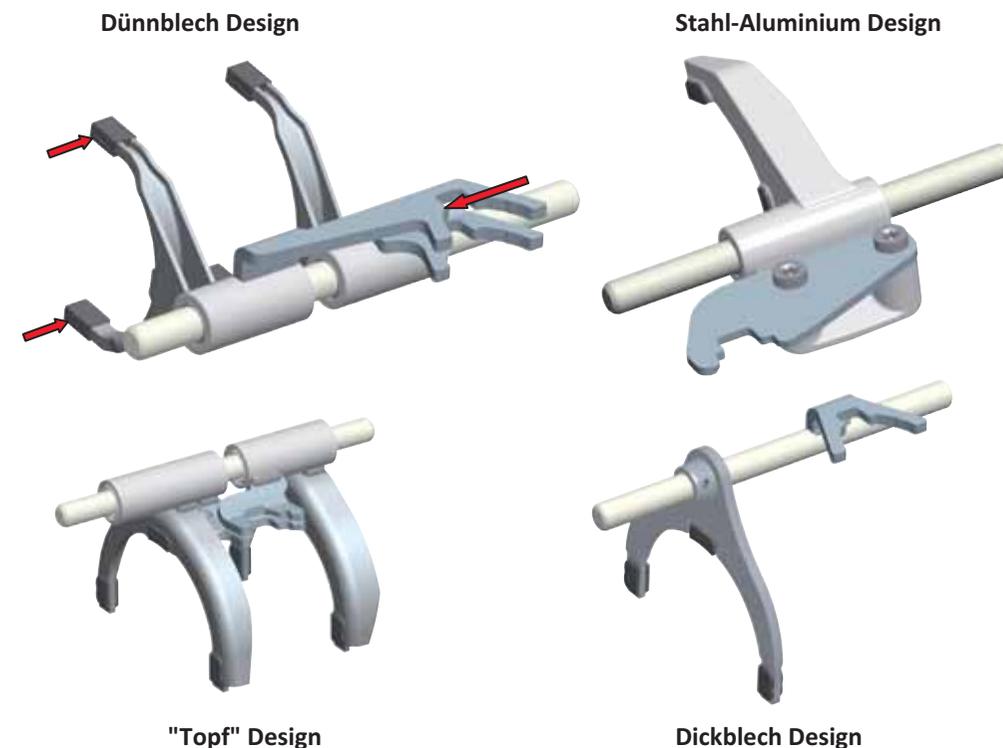


Bild 13 Unterschiedliche Schaltgabeltechnologien in Abhängigkeit von Anforderungen

Genauigkeitsanforderungen aufgrund des verzugsarmen Laserschweißens. Die Umspritzgleitschuhe stellen die Schnittstelle zu der Schiebemuffe dar.

Die Schaltgabeln im „**Topf**“-Design (Bild 13) eignen sich für höhere Lasten, was auch entsprechende Schweißverfahren wie MAG und WIG erfordert. Die notwendige Genauigkeit wird durch die spanende Nachbearbeitung und/oder die Zupaarung von Gleitschuhen erreicht. Die Gleitschuhe sind mit den Schaltgabeln mittels Ultraschallschweißens gefügt.

Für bestimmte Bauraumsituationen eignen sich die **Stahl-Aluminium Schaltgabeln** (Bild 13), die aus einer druckgegossenen Schaltgabel und einem flachen, genau gestanzten Schaltmaul bestehen. Zwei selbstfurchende Schrauben halten das Schaltmaul kraftschlüssig an der Gabel fest. Diese günstige Füge-technik bietet die Möglichkeit, durch die genaue Positionierung des Schaltmauls beim Verschrauben die Toleranzen auszugleichen. Dies erspart gegenüber dem kostenintensiven Eingießen von Stahl-Einlegeteilen die aufwändige, spanende Nacharbeit. 2010 geht diese neue Technologie in Serie.

Automatisierte Schaltgetriebe erfordern meist, dass die Schaltgabel und Schaltstange als feste Baugruppe ausgeführt sind. Die Schaltaktuatorik befindet sich oft in der Getriebewand, so dass die Schaltstange an den Enden betätigt wird. Aufgrund der besonders kurzen Bauweise der DCTs ist der axiale Bauraum für die Schaltgabel extrem begrenzt, was oft eine flach gestanzte **Dickblechschaltgabel** erfordert (Bild 13). Die Befestigungstechnologie an der Schaltstange muss je nach Anwendungsfall gewählt werden.

Alle Schaltgabeltechnologien können sowohl gleit- als auch wälzgelagert werden, was in Abhängigkeit von den Anforderungen im Einzelfall zu definieren ist. Das INA Schaltgabel-Portfolio bietet jeder Kundenanforderung immer die passende Schaltgabeltechnologie.

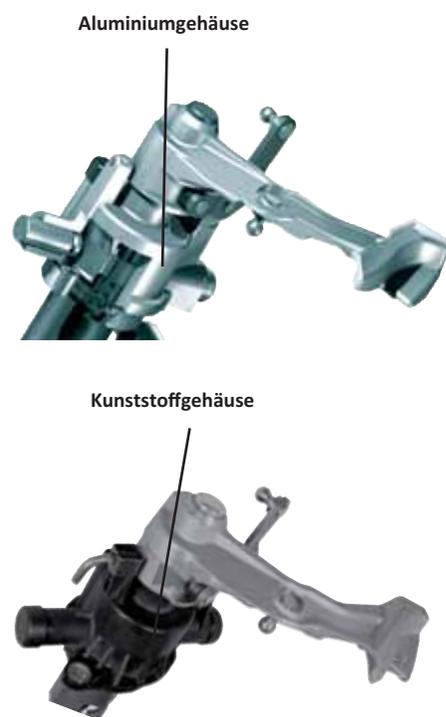
### Kunststoffgehäuse für Schaltdome

Das Gehäuse eines Schaltdomes nimmt die Schal- tungs-komponenten auf und stellt eine Schnittstelle

(Flansch) für die Montage am Getriebe zur Verfügung. Ferner ist am Schaltdomgehäuse eine Hebelage angebracht, an welcher die Bowdenzüge für das Schalten und Wählen angeschlossen werden. Da der gesamte Wähl- und Schaltkraftfluss durch das Schaltdomgehäuse durchgeleitet wird, muss dieses widerstandsfähig ausgeführt werden. Längst übernehmen Gehäuse aus Aluminiumdruckguss diese Aufgaben und erfüllen diese sehr zuverlässig (Bild 14).

Flexible Formgebung, Korrosionsbeständigkeit, Temperaturstabilität und gute Festigkeitseigenschaften zeichnen den Aluminiumdruckguss aus. Dem gegenüber steht die aufwändige, spangebende Bearbeitung, die einen großen Teil des Gehäusepreises ausmachen kann. Demzufolge liegt der Ansatz für die Kosteneinsparung in der Verwendung von Alternativmaterialien und im Verzicht auf die spanende Nachbearbeitung.

Eine zielführende Alternative zur Preis- und Gewichtsreduzierung stellt Kunststoff dar. Das Kunststoffgehäuse ermöglicht den Verzicht auf die spanende Bearbeitung, da die Schnittstellen durch



**Bild 14** Schaltdomgehäuse aus Aluminiumdruckguss und Kunststoff

den Spritzgussprozess ausreichend genau gefertigt werden können. Der Materialpreis des Kunststoffes spricht ebenfalls für seine Verwendung. Jedoch muss das Design eines Gehäuses aus Kunststoff entsprechend seinen Material- und Fertigungsprozesseigenschaften angepasst werden:

- Keine kraftschlüssigen Verbindungen (Relaxieren des Kunststoffes)
- Abdichtung mit Dichtringen notwendig
- Berücksichtigung von Wärmeausdehnung, Festigkeit bei tiefen/hohen Temperaturen, Feuchtigkeitsaufnahme und Alterung

INA entwickelte ein Schaltdomgehäuse aus Kunststoff, welches erfolgreich auf dem Prüfstand und im Fahrzeug erprobt wurde (Bild 14).

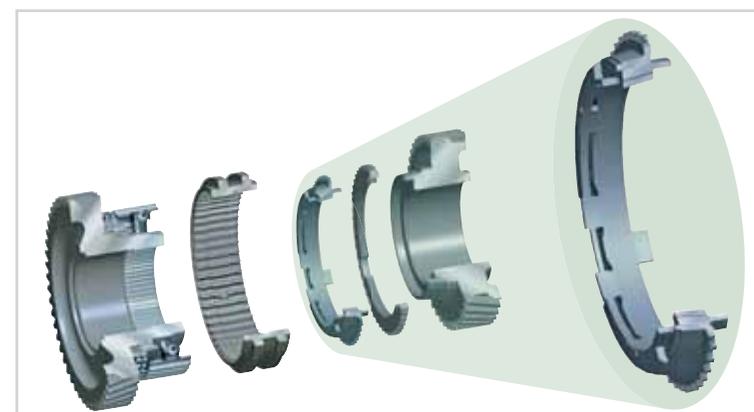
Durch den Wegfall der spangebenden Nachbearbeitung des Gehäuses (werkzeugfallendes Spritzguss-Fertigteil) und durch den geringeren Materialpreis trägt die Verwendung des Kunststoffes zur Kosteneinsparung und nicht zuletzt zur Gewichtsreduzierung des gesamten Schaltsystems bei. Die Einsetzbarkeit des Kunststoffgehäuses hängt vor allem von der Temperatur am Anbauort ab (Abstand zu Abgasanlagekomponenten) und muss fahrzeugspezifisch geprüft werden.

## Friction Pad System (FPS) für Synchronisationssysteme

Synchronisationssysteme übernehmen beim Schaltvorgang die Drehzahlanpassung von Getriebewelle und Gangrad, die anschließend durch die Schiebemuffe formschlüssig gekoppelt werden (Bild 15).

Ursprünglich wurde ein 1-Konus-System ohne zusätzliche Synchronisationsringe verwendet. Der Einsatz spezieller Beschichtungen an den Reibflächen erhöhte bereits die Leistungsfähigkeit des Systems deutlich. Mit zunehmender Anzahl der Reibkonen erfuhren die Synchronisationssysteme einen weiteren Leistungssprung. Die Karbon-Reibbeläge (Bild 16) stehen dabei für die höchste Leistungsfähigkeit und erlauben es sogar, auf mehrere Reibkonen zu verzichten.

Jedoch sind die Herstellung und das Material der Karbon-Reibbeläge sehr kostenintensiv. Die Karbonmatten müssen nach dem Zuschchnitt in einem aufwendigen Prozess auf den Ring aufgeklebt werden. Der Markt bietet viele unterschiedliche Karbon-Ma-

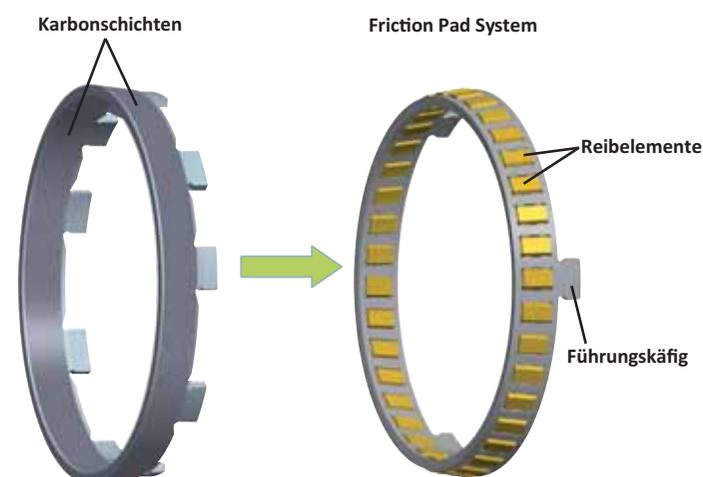


**Bild 15** Ein typisches Synchronisationspaket

terialien an, die in unterschiedlichen Verfahren hergestellt sind. Die daraus resultierende Kosteneinsparungen sind jedoch relativ gering, so dass hierfür neuartige Lösungen gefunden werden müssen.

INA entwickelte ein neuartiges System, welches den Anforderungen moderner Schaltgetriebe gerecht wird. Das Friktion Pfad System (FPS) verzichtet auf das Aufkleben des Reibbelages und ersetzt diesen durch separate Bauteile (Bild 16).

Bestehend aus einzelnen Reibelementen, die in einen Führungskäfig gefügt und durch Verprägungen des Käfigs gegen Herausfallen gesichert sind, ist das FPS in der Lage, konventionelle Synchronringe mit und ohne Karbonschicht effizient zu ersetzen. Die Reibelemente sind zwar in den Aussparungen ver-



**Bild 16** Synchronisationsring mit Karbonschicht/FPS

liersicher aufgenommen, bleiben jedoch leicht kippbar. Dadurch ist ein optimaler Flächenkontakt im Betrieb gewährleistet. Das Design des Führungskäfigs, ähnlich eines Nadellagerkäfigs, ermöglicht eine, aufgrund der Automatisierung, kostengünstige Käfigfertigung und Montage der Reibelemente.

Durch die Trennung der Funktionen Reiben

und Führen weist das Friction Pad System gleich mehrere Vorteile auf:

- Neuartige Reibbelagmaterialien einsetzbar
- Flexible Kombination der Reibpaarungen möglich
- Geringerer Bauraumbedarf verglichen mit konventionellen Systemen ähnlicher Leistung
- Kein kostenintensives Aufkleben des Belages auf die Ringe notwendig
- Ein Lieferant für das Gesamtmodul
- Eine Schnittstelle für den Kunden

Ein Vergleich der maßgeblichen Kenndaten des bekannten Karbonschichtsystems und des FPS ist im Bild 17 dargestellt. Neben den besseren Reibeigenschaften spricht der niedrigere Verschleiß für die Verwendung des FPS. Zusätzlich sind besonders die bis zu 30 % niedrigere Kosten des FPS hervorzuheben.

Bild 17 dargestellt. Neben den besseren Reibeigenschaften spricht der niedrigere Verschleiß für die Verwendung des FPS. Zusätzlich sind besonders die bis zu 30 % niedrigere Kosten des FPS hervorzuheben.

Schon heute ist das INA Friction Pad System (FPS) erfolgreich versuchs-technisch erprobt und bereits dem konventionellen Synchronisationssystemen ebenbürtig. Als nächster Entwicklungsschritt müs-

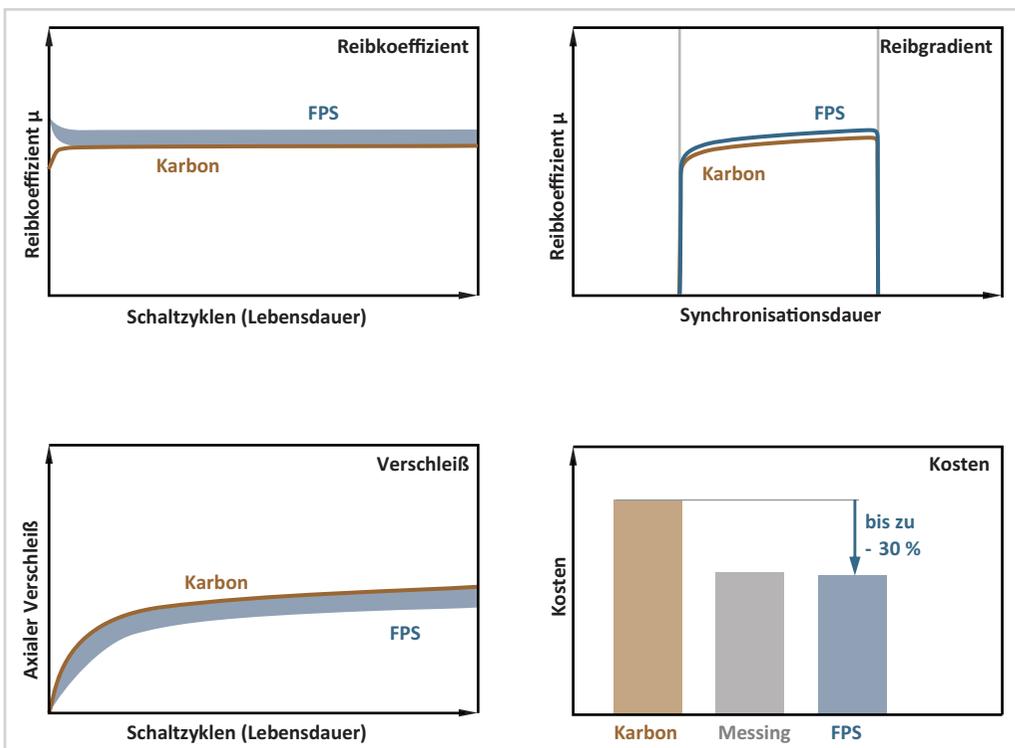


Bild 17 Vergleich Karbonsystem versus FPS

sen die Reibpaarungen weiter entwickelt werden, um das Potenzial des FPS möglichst voll auszuschöpfen.

Die Reibpartner des FPS erfordern eine spezielle Oberflächenbeschaffenheit, welche direkt die Systemsleistungsfähigkeit beeinflusst. Deswegen ist eine genaue Abstimmung des gesamten Reibsystems erforderlich. INA bietet die für FPS-Anwen-

dungen optimierten Innen- und Außenringe an, die als ein System abgestimmt werden (Bild 18). Durch den Bezug des FPS-Systems aus einer Hand und durch klare Verantwortlichkeiten bietet INA den Kunden als Systemlieferant ein umfassend optimiertes Produkt.

### Kupplungskörper für Synchronisationssysteme

Für die Drehmomentübertragung an das Gangrad werden in den Synchronisationssystemen spezielle Kupplungskörper verwendet, die fest mit dem Gangrad verbunden sind (Bild 19). In der letzten Fase des Schaltvorganges greift die Innenverzahnung der Schiebemuffe in die Außenverzahnung des Kupplungskörpers und verbindet so formschlüssig die Getriebewelle mit dem Gangrad.

Je nach Ausführung werden die Kupplungskörper heute spanend hergestellt oder gesintert. Die spanend hergestellten Kupplungskörper zeichnen sich durch einen hohen Bearbeitungsaufwand und daraus resultierende vergleichsweise hohe Kosten aus. Die Sinter-Kupplungskörper weisen eine höhere Rei-



Bild 18 Abgestimmtes FPS-System

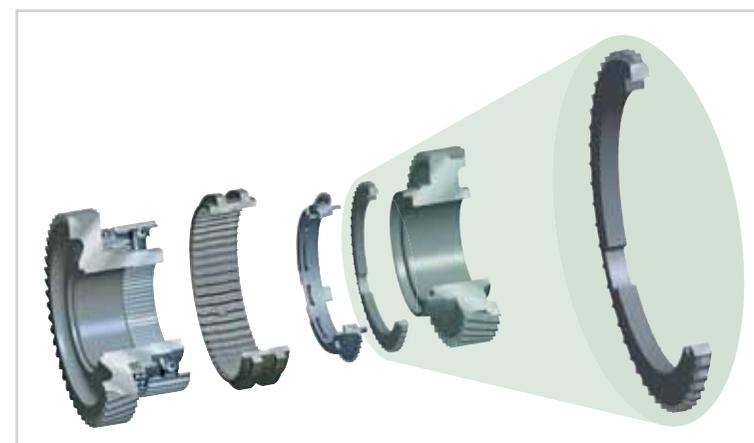


Bild 19 Kupplungskörper in einem Synchronisationspaket

bung und etwas geringere mechanische Belastbarkeit auf, was auf das Sintermaterial zurückzuführen ist. Die mit beiden Technologien erzielbaren Zahnoberflächen sind nicht funktionsoptimal.

INA stellt die Kupplungskörper in einem Umformverfahren her. Es finden je nach Anforderungen zwei Ausführungen Verwendung, flach oder mit integriertem Innenkonus (Bild 20). Für die Verwendung von INA Umform-Kupplungskörpern sprechen gegenüber spanend hergestellten und gesinterten Varianten folgende Vorteile:

- Hohe Festigkeit infolge des umgeformten Zahnfußbereiches
- Hohe Oberflächenqualität infolge des Umformprozesses



Bild 20 Spanlose INA Kupplungskörper, links flache Version, rechts mit integriertem Innenkonus

- Hohe, wiederholbare Verzahnungsgenauigkeit aufgrund hoher Werkzeugstandzeit
- Für die Großserie optimierte, kostengünstige Technologie
- Ähnliche Leistung verglichen mit den spanend erzeugten Kupplungskörpern

INA Kupplungskörper können flexibel an die Kundenwünsche angepasst und mit zusätzlichen Funktionsflächen

versehen werden. Sie weisen neben den geringeren Stückkosten eine hohe Oberflächenqualität und geringe Ist-Maß-Schwankungen auf, die der am Massenmarkt orientierten Umformtechnologie zu verdanken sind.

### Spanlose Schiebemuffe für Synchronisationssysteme

Schiebemuffen sind Bestandteil des Schaltsystems eines Schaltgetriebes. Durch die Schiebemuffe wird die Vorsynchronisation ausgelöst und anschließend die Getriebewelle mit dem Gangrad zur Antriebsmomentübertragung gekoppelt (Bild 21). Aufgrund der Dominanz der Schaltgetriebe in Europa und einem hinreichend großen Anteil weltweit kann und muss die Schiebemuffe als Massenprodukt verstanden werden.

Heute werden die Schiebemuffen spanend aus einem Rohling hergestellt. Durch die komplizierte Geometrie sind die eingesetzten Verfahren vielfältig und vor allem kostenintensiv. Um der Marktsituation als Massenprodukt gerecht zu werden, muss bei der Schiebemuffenherstellung adäquate, massenmarktaugliche Technologie zum Einsatz kommen. Folgende Ziele sind dabei hervorzuheben:

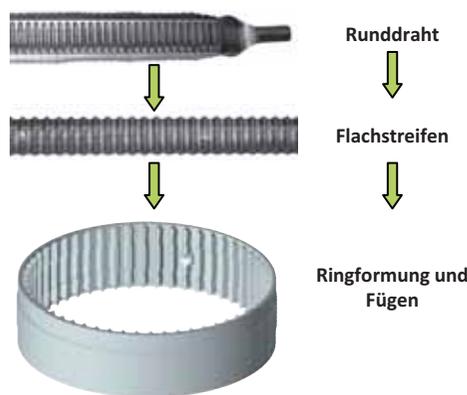
- Keine Dreh-, Räum- und Fräsprozesse
- Reduktion des Materialeinsatzes
- Erhöhung der Verzahnungsqualität (Oberfläche; Rauheit)
- Geringere Bauteil-Stückkosten



**Bild 21** Schiebemuffe als ein Teil des Schaltsystems

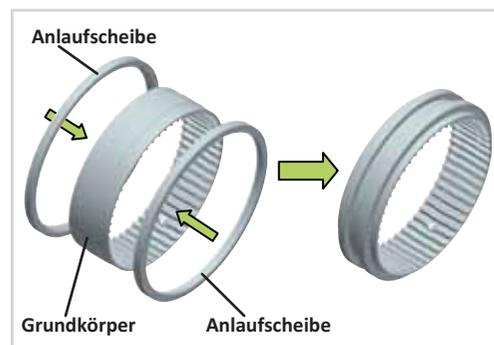
INA verfügt über eine neue Spanlos-Technologie für die Schiebemuffenfertigung, die den genannten Anforderungen gerecht wird. Die Grundidee besteht darin, den Grundkörper – den Ring mit der Innenverzahnung – aus einem Draht zu profilieren. Durch das anschließende Ringbiegen und Fügen entsteht so die Basis der INA Spanlos-Schiebemuffe (Bild 22). Da die Materialfasern beim Profilieren nicht geschnitten sondern geformt werden, entsteht ein hoch beanspruchbares Ringprofil. Die profilierte Verzahnung besitzt aufgrund ihres Fertigungsverfahrens eine hohe Oberflächenqualität, da die üblichen durch die spangebende Herstellung bedingten Riefen nicht vorhanden sind.

Zur Herstellung der Anlaufscheiben wird ein Stahldraht mit rechteckigem Querschnitt in einer Prozesskette beschnitten, zum Ring gebogen und an den



**Bild 22** Herstellung des Grundkörpers

nicht zuletzt durch den reduzierten Materialeinsatz erreicht die INA Spanlos-Schiebemuffe ein geringes Kostenniveau und eine hohe Qualität. Sie befindet sich bereits heute mehrfach in der Serienanwendung.



**Bild 23** Fügen des Grundkörpers mit den Anlaufscheiben

## Bauraum- und Baulängenoptimierung

### Flache Druckstücke für Synchronisationssysteme

Für die Vorsynchronisation in einem Schaltgetriebe werden axial bewegliche Druckstücke verwendet (Bild 24). Der Druckkörper – oft eine Kugel – ist gegen eine Aussparung in der Schiebemuffe vorgespannt und zentriert diese in der Neutralpo-

Enden gefügt. Anschließend werden die Anlaufscheiben und der Grundkörper mittels Laserschweißens fest miteinander verbunden (Bild 23). Nach dem abschließenden Härten mit einem speziell entwickelten Verfahren für minimierten Verzug weist das Zahnprofil nur geringe Ist-Maßschwankungen auf.

Durch den Einsatz der massenmarkttauglichen Spanlos-Technologie und

sition. Beim Einsetzen der Schaltbewegung durch die Schiebemuffe erzeugen die Druckstücke die Betätigungskraft für die Vorsynchronisation. Üblich sind drei Druckstücke, die sich 120° versetzt in den Aussparungen des Synchronträger-Körpers befinden.

Es existieren diverse mehrteilige und einteilige Bauformen der Druckstücke. Weit verbreitet sind konventionelle, mehrteilige Bauformen, die aus separaten Federn und Druckkörpern bestehen (Bild 25). Die mehrteilige Bauform wird jedoch mehr und mehr von der einteiligen Bauform abgelöst.

Die mehrteiligen Bauformen zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

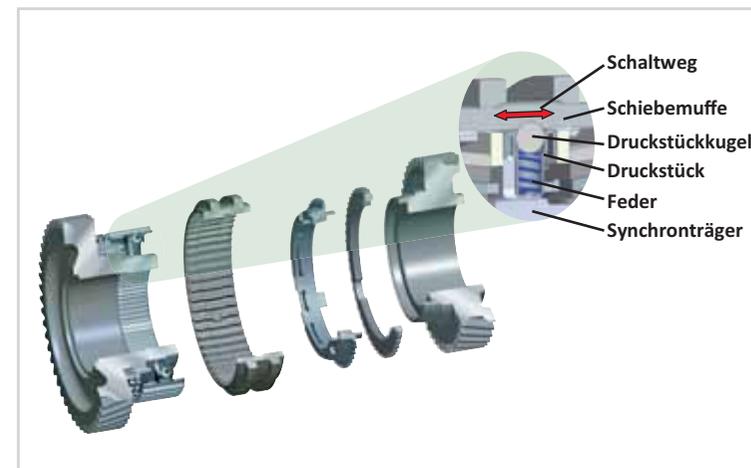
- Mindestens zwei separate Bauteile
- Hoher Montageaufwand (Elemente sind vorgespannt, möglicher Teileverlust)
- Oft große Bauhöhe:
  - Tiefe Aussparungen im Synchronträger-Körper
  - Hohe Spannungen im Restquerschnitt des Synchronträger-Körpers
- Modulares Ein-Teil-Design
- Kleine Bauhöhe
- Kleine axiale Baulänge (Abstand zwischen zwei Gangrädern)

Aktuelle Front-quer-DCTs bauen besonders kurz und weisen, verglichen mit einem Handschaltgetriebe, eine deutlich höhere Schalzhäufigkeit auf. Deshalb muss ein zeitgemäßes Druckstückdesign folgende Zielvorgaben erfüllen:

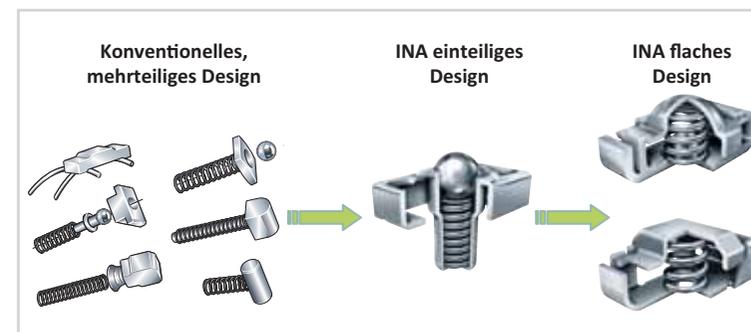
- Beitrag zur Systemkostenreduktion
- Keine radialen Bohrungen im Synchronträger-Körper
- Einfache Montierbarkeit

Eine Antwort auf die modulare Ein-Teil-Forderung stellen die INA Kugel-Druckstücke dar (Bild 25). Die Feder und die Kugel sind in ein Blechgehäuse eingeschlossen, was den Teileverlust bei der Montage verhindert. Die einfache Montage dank dem Ein-Teil-Design, keine Bohrungen im Synchronträgerkörper und der günstige Preis zeichnen die INA Kugel-Druckstücke aus.

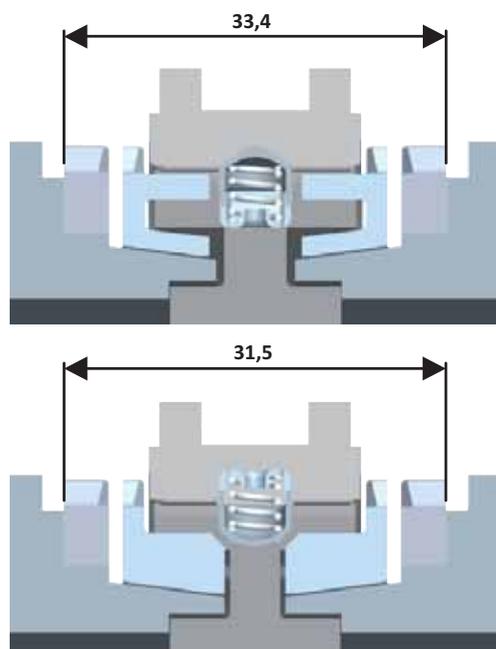
Das flache Druckstück von INA (Bild 25) ermöglicht durch die schmale Bauform eine Verkürzung der Getriebebelänge, indem es den Abstand zweier Gangräder reduziert. Die geringe Bauhöhe ist durch die Ausnutzung des Bauraums unter dem Profil für die Federlänge erreicht.



**Bild 24** INA Druckstücke in einem Synchronisationspaket



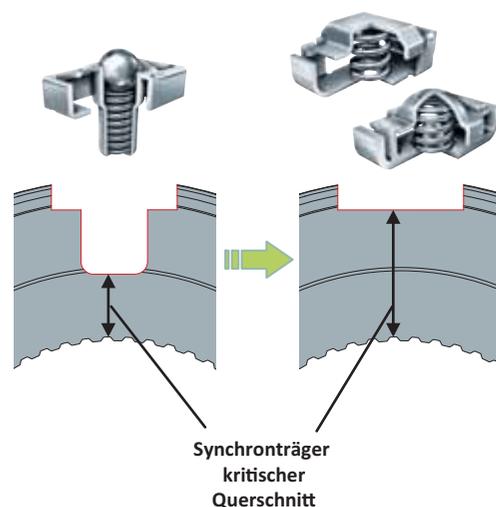
**Bild 25** Evolution der Druckstücke



**Bild 26** Oben: Ein Synchronisationssystem mit flachem Druckstück. Unten: Reduzierte Getriebelänge durch „Strut-in-Sleeve“ Design.

INA entwickelt das so genannte „Strut-in-Sleeve“ Design (Bild 26). Diese Anordnung erlaubt eine weitere Verkürzung der Getriebelänge, indem das flache Druckstück in eine Vertiefung der Schiebemuffe gefügt und beim Schalten in Schalterichtung mitbewegt wird.

Flache Druckstücke ermöglichen des Weiteren eine Verkleinerung der Aussparungstiefe im Synchronträger-Körper (Bild 27). Flache Aussparungen verringern die Spannungen im kritischen Restquerschnitt um bis zu 25 % und erlauben bei ansonsten unveränderter Getriebegeometrie ein höheres Übertragungsmoment des Synchronträger-Körpers. Die Bruchgefahr im Restquerschnitt wird so wirkungsvoll minimiert.



**Bild 27** Spannungsminimierung im kritischen Querschnitt

Die flachen Druckstücke von INA liefern eine angemessene Antwort auf die Anforderungen an diese Bauteile, die durch heutige DCTs und ASGs gestellt werden. Ihre auf Massenfertigung orientierte Technologie erlaubt die Systemkostensenkung bei reduziertem Bauraum und höherer Systemzuverlässigkeit.

## Ausblick

Die Produktlinie Schaltungssysteme arbeitet verstärkt sowohl an der Optimierung vorhandener Produkte als auch an ganz neuen Themen, um den heutigen und zukünftigen Marktanforderungen gerecht zu werden. Auch in Zukunft werden in Zusammenarbeit mit den Kunden neue Produkte und Technologien entwickelt.