



7. LuK Kolloquium

11./12. April 2002



Herausgeber: LuK GmbH & Co.
Industriestrasse 3 • D -77815 Bühl/Baden
Telefon +49 (0) 7223 / 941 - 0 • Telefax +49 (0) 7223 / 2 69 50
Internet: www.LuK.de

Redaktion: Ralf Stopp, Christa Siefert

Layout: Vera Westermann

Druck: Konkordia GmbH, Bühl
Das Medienunternehmen

Printed in Germany

**Nachdruck, auch auszugsweise, ohne
Genehmigung des Herausgebers untersagt.**

Vorwort

Innovationen bestimmen unsere Zukunft. Experten sagen voraus, dass sich in den Bereichen Antrieb, Elektronik und Sicherheit von Fahrzeugen in den nächsten 15 Jahren mehr verändern wird als in den 50 Jahren zuvor. Diese Innovationsdynamik stellt Hersteller und Zulieferer vor immer neue Herausforderungen und wird unsere mobile Welt entscheidend verändern.

LuK stellt sich diesen Herausforderungen. Mit einer Vielzahl von Visionen und Entwicklungsleistungen stellen unsere Ingenieure einmal mehr ihre Innovationskraft unter Beweis.

Der vorliegende Band fasst die Vorträge des 7. LuK Kolloquiums zusammen und stellt unsere Sicht der technischen Entwicklungen dar.

Wir freuen uns auf einen interessanten Dialog mit Ihnen.



Bühl, im April 2002

A handwritten signature in black ink that reads "Helmut Beier". The script is cursive and somewhat stylized.

Helmut Beier

Vorsitzender
der Geschäftsführung LuK Gruppe

Inhalt

1	ZMS – nichts Neues?	5
2	Der Drehmomentwandler	15
3	Kupplungsausrücksysteme	27
4	Der Interne Kurbelwellendämpfer (ICD)	41
5	Neueste Ergebnisse der CVT-Entwicklung	51
6	Wirkungsgradoptimiertes CVT-Anpresssystem	61
7	Das 500 Nm CVT	75
8	Das Kurbel-CVT	89
9	Bedarfsorientiert ansteuerbare Pumpen	99
10	Die temperaturgeregelte Schmierölpumpe spart Sprit	113
11	Der CO2 Kompressor	123
12	Komponenten und Module für Getriebebeschaltungen	135
13	Die XSG Familie	145
14	Neue Chancen für die Kupplung?	161
15	Elektromechanische Aktorik	173
16	Denken in Systemen – Software von LuK	185
17	Das Parallel-Schalt-Getriebe PSG	199
18	Kleiner Startergenerator – große Wirkung	213
19	Codegenerierung contra Manufaktur	227

Elektromechanische Aktorik

So kommen Getriebesysteme in die Gänge

Burkhard Pollak

Markus Kneissler

Norbert Esly

Viggo Norum, Kongsberg DevoTek

Gunter Hirt, Kongsberg DevoTek

Einleitung

Mit der Einführung des elektronischen Kupplungsmanagements (EKM), beispielsweise in der Mercedes A-Klasse, wurde auch schnell der Wunsch nach der Automatisierung der Schaltung laut. Das LuK ASG ist das erste automatisierte Schaltgetriebe mit elektromotorischer Schaltung in Add-on-Bauweise. Erstmals wird das System im Opel Corsa Easytronic® eingesetzt [1]. Dabei waren Opel und Bosch an der Entwicklung beteiligt.

Für diese erste Generation wurde die Aktorik an vorhandene Getriebe angepasst, die Schnittstellen zur Betätigungseinrichtung wurden einschließlich der hydraulischen Strecke übernommen. Dieses Konzept kommt dem Wunsch nach Modularität entgegen, bewährte Fertigungseinrichtungen konnten einfach erweitert werden.



Bild 1: Add-on Aktoren des Opel Corsa

Bild 1 zeigt die beiden Aktormodule. Der Kupplungsaktor bildet mit dem Steuergerät eine Einheit. Zum Einsatz kommt ein hydraulischer Zentralausrücker. Das Einlegen der Gänge übernimmt ein Aktor mit zwei Motoren. Das Wählen erfolgt durch Verschieben, das Schalten durch Verdrehen.

Bei der Neuentwicklung eines Getriebes ist zukünftig eine stärkere Integration möglich, da die Automatisierung von Anfang an berücksichtigt werden kann.

Kupplungsaktorik

Anforderungen und Wirkprinzipien

Die Basisanforderungen für die Kupplungsaktorik lassen sich zunächst vom Handschaltgetriebe ableiten. Hier sind es die Vorgänge Anfahren, Schalten und Anhalten.

Das Anfahren - insbesondere auch beim Rangieren - erfordert feinfühliges Dosieren der Kupplung. Dies muss in Abhängigkeit von den jeweiligen Betriebszuständen erfolgen, unterscheidet sich doch z. B. eine Berganfahrt von einer Anfahrt in der Ebene erheblich.

Bei den Schaltvorgängen muss das Kupplungsmoment zunächst abgebaut werden, um dann nach dem Einlegen des neuen Ganges wieder aufgebaut zu werden. Damit eine solche Schaltung komfortabel wird, muss dies zum einen sehr präzise und exakt erfolgen, zum anderen aber auch mit der entsprechenden Dynamik, um die Schaltung zügig abzuschließen.

Das normale Anhalten schließlich stellt im Wesentlichen weniger Anforderungen an

die Genauigkeit. Bei einer Notbremsung beispielsweise oder einem Haltewunsch unmittelbar während einer Anfahrt sind jedoch hohe Dynamikanforderungen vom Kupplungsaktor zu erfüllen.

Die Anforderungen an Genauigkeit, Dynamik und Lebensdauer werden zusätzlich durch weitere Funktionen beeinflusst. Diese Funktionen werden durch die Automatisierung der Kupplung überhaupt erst möglich und erhöhen insbesondere den Komfort der Vertreter der XSG Familie:

- Adaptionroutinen laufen ab, um den Betriebszustand des Antriebsstrangs exakt zu erfassen
- Kriechen des Fahrzeugs für leichtes und komfortables Rangieren
- Schlupfregelung zur Schwingungsdämpfung bei Fahrzeugen ohne ZMS [4]

Der derzeit erfolgreich eingesetzte Kupplungsaktor aus Bild 1 ist je nach Kupplungsgröße auf ein maximales Motormoment von 300 Nm ausgelegt. Der zukünftige Ausbau der XSG Familie wird jedoch auch größere Motoren einschließen.

Das bisher begrenzende Element ist im Wesentlichen das Schneckengetriebe. Es wird daher in der nächsten Generation durch ein neues Übersetzungsgetriebe abgelöst. Verschleißraten und Festigkeiten des Getriebes müssen für die höheren Ausrückkräfte geeignet sein - insbesondere für das Parallel-Schalt-Getriebe (PSG) [2], [3].

Das Sicherheitskonzept der XSG Familie [3] verlangt selbsthemmende Eigenschaften. Im Folgenden werden beispielhaft zwei Wirkprinzipien vorgestellt:

- eine Spindel mit flächigem Kontakt zur Mutter,
- das in [5] im Zusammenhang mit dem elektrischen Zentralausrücker (EZA) vorgestellte Prinzip des Federbands.

Beide Prinzipien arbeiten ohne hydraulische Strecke. Die Kräfte können über Hebel oder konzentrisch zur Eingangswelle mit Rampen

auf das Ausrücklager übertragen werden. Dies ergibt die folgenden Kombinationen:

	Spindel	Federband
konzentrisch	RCA	EZA
Hebel	externer Ausrücker	

Im Folgenden werden RCA und eine Variante eines externen Ausrückers beispielhaft vorgestellt.

Automatisierung mit mechanischem Zentralausrücker

Der mechanische Zentralausrücker (MZA) ersetzt das hydraulische Ausrücksystem. Rampen oder Kugelrampen wandeln eine Rotationsbewegung um die Eingangswellen des Getriebes in die axiale Ausrückbewegung um. Bild 2 zeigt die Darstellung eines solchen Ausrückers, wie er beispielsweise in [6] vorgestellt wird.

Die Kombination des MZA mit einem Spindeltrieb und einem Seilzug ergibt einen Kupp-

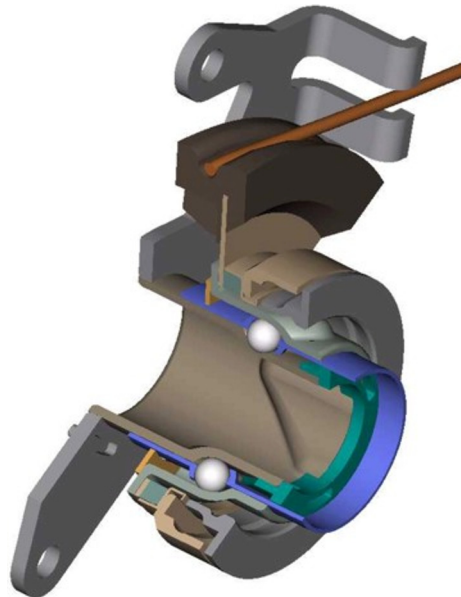


Bild 2: Mechanischer Zentralausrücker

lungsaktor für die XSG Familie, den Robotized Clutch Actuator (RCA), (Bild 3). Dabei wird die Drehbewegung des Elektromotors direkt auf eine Spindel übertragen. Auf dieser Spindel läuft verdrehgesichert eine Mutter, die mit einem Seilzug verbunden ist. Das Ziehen am MZA erzeugt die Ausrückbewegung.

Mit einem bürstenlosen Motor [2] lässt sich ein solches System auch in die engen Bauräume verschiedener der Kupplungsglocken einsetzen. Bild 4 zeigt ein Beispiel.

Der RCA erhöht die maximale Ausrückkraft sowie die Dynamik gegenüber dem in Bild 1 gezeigten Kupplungsaktor erheblich. Weiteres Potenzial ergibt sich durch Einsatz einer Kompensationsfeder.

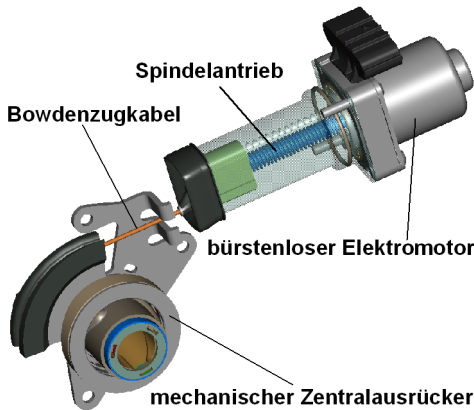


Bild 3: Kupplungsaktor mit Spindeltrieb

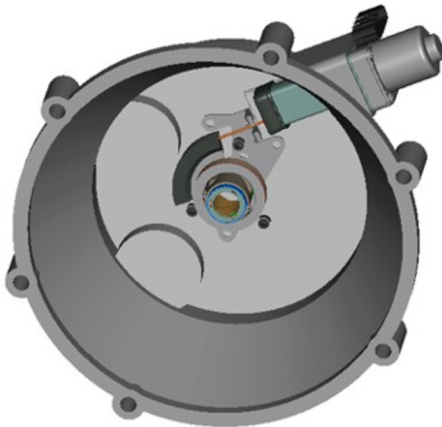


Bild 4: Einbaubeispiel RCA

Kupplungsbetätigung mit Hebeln

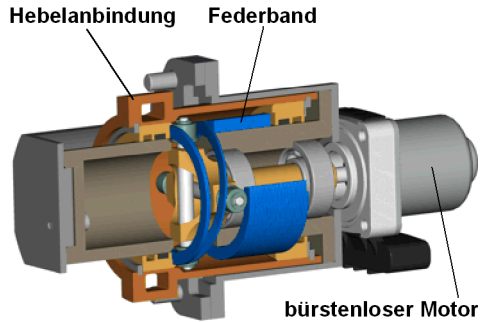


Bild 5: Externer Federbandausrücker

Die Kupplungsbetätigung mit einem Hebel gibt es schon wesentlich länger als den hydraulischen Zentralausrücker [7]. Ein Aktor mit Federbandgetriebe oder einer Spindel übernimmt für die XSG Familie die Funktion des Kupplungsgeberzylinders.

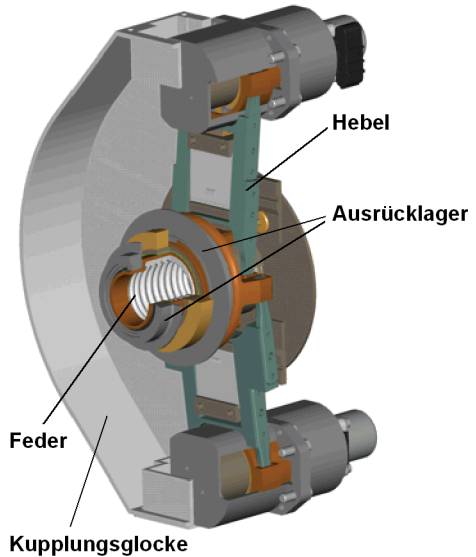


Bild 6: PSG Betätigung mit Hebeln

Bild 5 zeigt die Darstellung eines externen Federbandausrückers. Mit der Drehung eines bürstenlosen Motors wird ein Federband auf- bzw. abgespult. Dadurch entsteht die axiale Bewegung analog zum in [5] dargestellten elektrischen Zentralausrücker (EZA).

Eine Hebelmechanik überträgt diese Bewegung direkt auf das Ausrücksystem. Bild 6 zeigt eine Anordnung für ein PSG-System [2], [3]. Hier werden mit zwei Hebeln zwei Kuppelungen betätigt. Die Anordnung der beiden Hebel einander gegenüber ermöglicht die gewünschte kurze Bauform.

Durch die Optimierung der gesamten Übertragungskette vom bürstenlosen Motor bis zur SAC können Momente bis ca. 900 Nm bedient werden.

Getriebeaktorik

Startpunkt für die Überlegungen zur Getriebeaktorik ist die in Bild 1 gezeigte Serienlösung. Hauptziele für aktuelle Entwicklungen sind Bauraumreduktion, Modularität und Integration.

Schaltwalzenkonzepte zur Getriebebetätigung

Zur Integration der Aktorik in das Getriebe wird u. a. der Einsatz von Schaltwalzen untersucht. Der Antrieb erfolgt mit einem Elektromotor. Damit ist der Aufwand gegenüber der in Bild 1 gezeigten Schalt-Wähl-Aktorik reduziert. Solche Lösungen bringen zwei entscheidende Nachteile mit sich:

- Der hohe Aufwand durch die Eingriffe in die Getriebebauweise ist nur bei einer hundertprozentigen Automatisierung gerechtfertigt (vgl. Smart).
- Die freie Gangwahl ist beim Einsatz einer Schaltwalze nicht gegeben, die Gangfolgen sind zwangsweise sequenziell.

Der zuletzt genannte Punkt kann weitgehend umgangen werden, wenn zwei Schaltwalzen eingesetzt werden. Bild 7 zeigt beispielhaft eine Lösung mit einem externen Antrieb der Schaltwalzen. Die Übersetzung wird mit jeweils zwei Stirnradstufen erreicht.

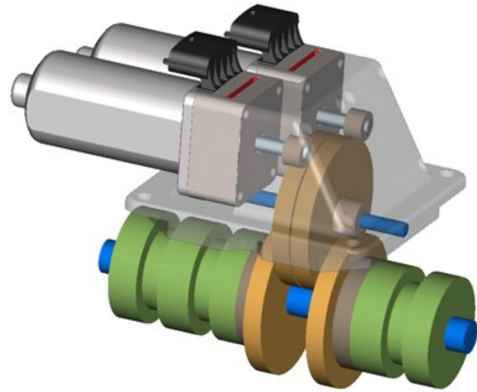


Bild 7: Doppelschaltwalze mit externem Antrieb

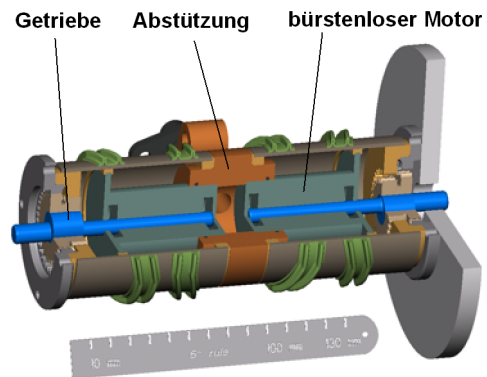


Bild 8: Doppelschaltwalze mit internem Antrieb

Eine Integration der Motoren in das Innere der Schaltwalzen reduziert den benötigten Bauraum (siehe Bild 8). Die kleinere Bauform der bürstenlosen Motoren [2] kommt dem entgegen. Die Übersetzung wird durch innen liegende Planetenstufen erreicht. Die gesamte Schaltwalzeneinheit mit den innen liegenden Motoren kann vor dem Einbau getestet werden. Sie wird direkt in das Getriebe zwischen die Gehäusewände montiert.

Mit dieser Doppelschaltwalze sind aber genauso zwei Motoren notwendig wie mit der normalen Schalt-Wähl-Aktorik, wobei beide Motoren die Schaltkräfte aufbringen müssen. Deshalb erscheint der Einsatz einer aufwändigen Doppelschaltwalze bei einem PSG eher sinnvoll als im ASG. Die zwei Ganggruppen

des PSG-Getriebes können mit je einer der beiden Schaltwalzen unabhängig voneinander betätigt werden.

Dies ist aber auch mit dem im Folgenden vorgestellten, neu entwickelten Konzept möglich, mit zusätzlichen Vorteilen.

Active Interlock

Die Forderung nach Modularität wird von den bisher bekannten Konzepten nur unzureichend erfüllt. Die Vision ist, sowohl einen Handschalter als auch die Vertreter der XSG Familie mit ein und demselben Konzept zu betätigen.

Analyse und Abstraktion der Schaltbewegungen

Durch Analyse und Abstraktion der unterschiedlichen Bewegungen während des Schaltvorganges bekannter Getriebebetätigungen ergeben sich ganz neue Lösungsansätze.

Bei einem Handschalter oder einem ASG mit Schalt-Wähl-Aktorik laufen drei Aktionen in einer festen Reihenfolge ab.

- Gang auslegen
- Wählen
- Gang einlegen

In der Abfolge **Auslegen – Wählen – Einlegen** ist es zwingend, dass das Auslegen vor dem Einlegen erfolgen muss. Die Wählbewegung hingegen könnte beispielsweise auch vor der Auslegebewegung erfolgen.

Um dies zu ermöglichen, bedient man sich eines Tricks. Er besteht darin, dass zusätzliche Geometrien eingeführt werden. Diese befinden sich zum einen an der zentralen Schaltwelle, zum anderen am Schaltmaul. In Kapitel *Geometrien und Modularität* werden Details gezeigt.

Diese zusätzlichen Geometrien übernehmen die Funktion des Auslegens. Der nach wie vor vorhandene Schaltfinger ist nur noch für das Einlegen der Gänge zuständig.

Die Auslegegeometrien wirken in Gassen, in denen der Schaltfinger nicht aktiv ist. Die feste Zuordnung zwischen Schaltfinger und Auslegegeometrie stellt dabei gleichzeitig eine aktive Gangsperre dar. Aus diesem Grund hat die konstruktive Umsetzung dieses Ansatzes den Namen **Active Interlock**.

Grundprinzip

Der Clou ist, dass bei Active Interlock der Schaltfinger auch bei eingelegtem Gang in die Mittelposition zurückbewegt werden kann, ohne den Gang auszulegen. Eine Wählbewegung wird möglich, bevor der Gang ausgelegt wird.

In allen Gassen, in denen der Schaltfinger nicht positioniert ist, wirkt eine Auslegegeometrie. Sie legt den alten Gang aus, unmittelbar bevor ein neuer Gang vom Schaltfinger eingelegt wird.

Bild 9 zeigt eine Kaskade für eine Schaltung mit Gassenwechsel. In der Ausgangsposition ist zuvor der 2. Gang vom Schaltfinger eingelegt worden. Für einen Gangwechsel wird der Schaltfinger in die Mittelstellung zurückbewegt, ohne dass die Schaltschiene für den 1. und 2. Gang bewegt wird. Aus dieser Position heraus wird in die Gasse 3/4 gewählt. Dabei bleibt der 2. Gang nach wie vor eingelegt. Durch die nun folgende Drehung der zentralen Schaltwelle wird zunächst über die Auslegegeometrie der 2. Gang ausgelegt. Im weiteren Verlauf der Drehung legt der Schaltfinger den 3. Gang ein.

Eine 4 → 2 Rückschaltung hat einen analogen Ablauf, wobei in diesem Fall die Schaltrichtung für beide Gänge die gleiche ist. Bild 10 zeigt den Ablauf. Der 4. Gang ist vom Schaltfinger eingelegt.

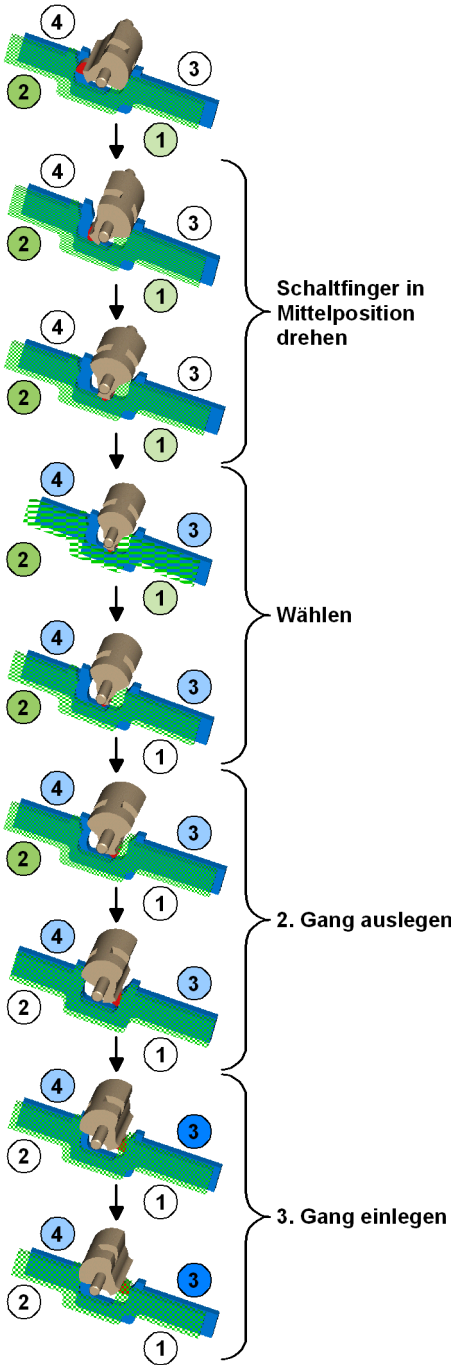


Bild 9: 2 → 3 Schaltung mit Active Interlock

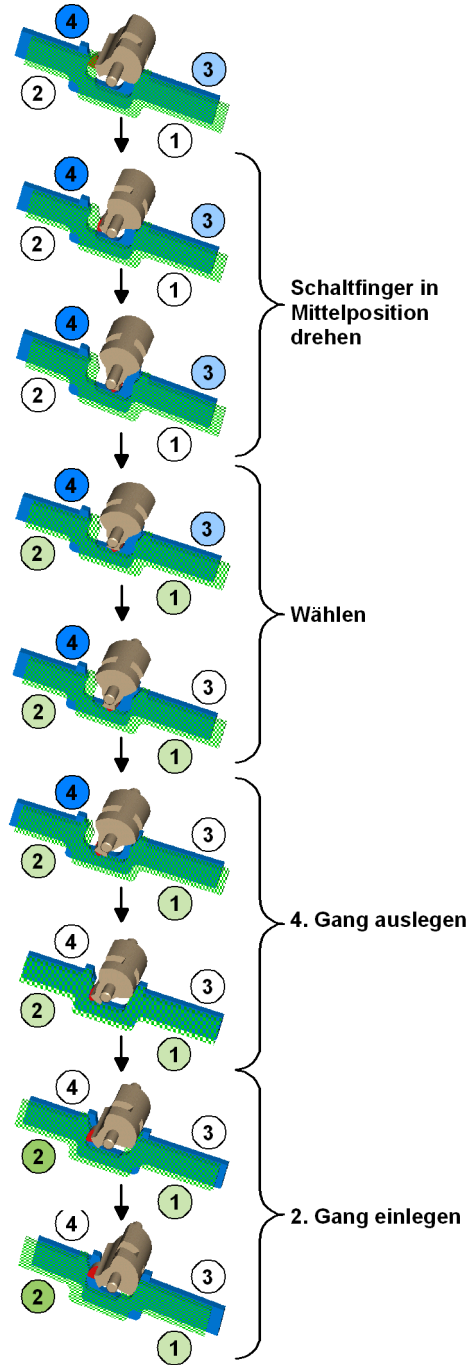
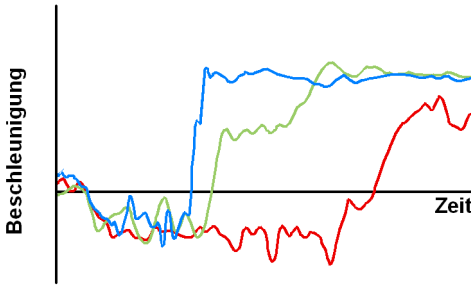


Bild 10: 4 → 2 Schaltung mit Active Interlock



- LuK ASG mit Active Interlock 5 → 2
- LuK ASG 5 → 2
- Schaltwalze 5 → 3

Bild 11: Schaltzeitenvergleich

Die zentrale Schaltwelle dreht sich in die Mittelstellung zurück. Die anschließende Wählbewegung in die Gasse 1/2 kann beispielsweise während des Öffnens der Kupplung geschehen. Die folgende Drehung der Schaltwelle wird über die Auslegegeometrie zuerst den 4. Gang auslegen und in der gleichen Bewegung dann den 2. Gang einlegen.

Der Ablauf bei doppeltem Gassenwechsel ist prinzipiell gleich. Solche Gassenwechsel sind bei den automatisierten Schaltgetrieben der XSG Familie häufiger als bei einem Handschaltgetriebe. Auf Grund der verbrauchsoptimierten Schaltkennlinien wird in einem möglichst hohen Gang gefahren. Mit dieser Charakteristik sind häufig Mehrfachrückschaltungen gefordert, die der Fahrer durch spontanes Betätigen des Gaspedals anfordert. Hier haben Systeme mit einer Schaltwalze deutliche Nachteile.

Als Beispiele zeigt Bild 11 Zugkraftverläufe von Rückschaltungen mit den unterschiedlichen Systemen.

Zum Vergleich ist der Momentenverlauf einer 5 → 2

Schaltung eines ASG mit konventioneller Schalt-Wähl-Aktorik gezeigt. Deutlich länger fällt die Zugkraftunterbrechung bei dem System mit Einfach-Schaltwalze aus. In diesem Fall handelt es sich um eine 5 → 3 Schaltung.

Beim Active Interlock ist die Schaltung gegenüber dem konventionellen System durch den Wegfall der Wählzeit merklich verkürzt. Die Reduktion der Zeit der Zugkraftunterbrechung wird ohne Erhöhung der Synchronkräfte erreicht.

Active Interlock für PSG-Anwendung

Active Interlock ist die einfachste Lösung für die Betätigung eines PSG. Auf Grund der aktiven Verriegelung und der Möglichkeit, bei eingelegtem Gang zu wählen, können **beide** Teilgetriebe eines PSG mit **einer** Active Interlock-Aktorik bedient werden. Dabei sind Auslegegeometrien und Schaltfinger so zueinander angeordnet, dass sie jeweils für ein Teilgetriebe wirken.

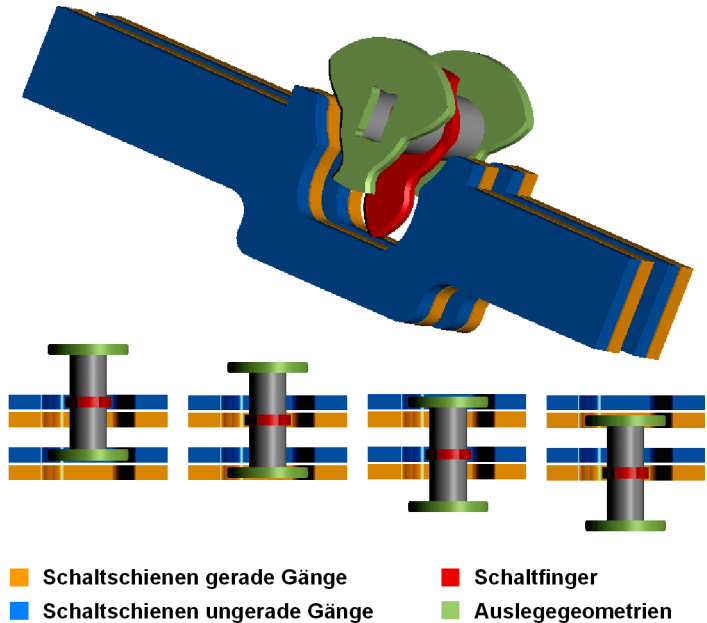


Bild 12: Active Interlock für PSG

Die in Bild 12 gezeigte zentrale Schaltwelle hat in der Mitte einen Schaltfinger und zwei Auslegegeometrien, die in einem Abstand entsprechend einer Gassenbreite angebracht sind. Die Schaltschienen gleicher Farbe bilden eine Ganggruppe, gerade und ungerade. In jeder Position des Schaltfingers wirkt eine Auslegegeometrie auf die andere Schaltschiene der gleichen Gruppe.

Damit ist sichergestellt, dass innerhalb jeder Gruppe immer nur **ein** Gang geschaltet ist. Zeitgleich können jedoch je ein Gang der beiden Gruppen (ein gerader und ein ungerader Gang) geschaltet sein. Wird ein Gang einer Gruppe ein- oder ausgelegt, bleibt in der anderen Gruppe alles unverändert.

Die Anordnung in Bild 12 zeigt die einfachste Anordnung. Sind zwischen den Schaltschienen größere Abstände, wird ein zweiter Schaltfinger ergänzt (wie in allen Varianten in Bild 17).

Bild 13 zeigt einen Active Interlock-Aktor für Anwendungen bei Fahrzeugen mit Heckantrieb. Das Modul wird seitlich angeflanscht.

Die zentrale Schaltwelle besitzt für diesen Anwendungsfall einen Schaltfinger und zwei Auslegegeometrien. Diese sind auf der Schaltwelle beweglich angeordnet und werden beim Wählen auf der rechteckigen Schaltwelle verschoben. Damit baut diese Aktorik sehr kompakt.

Ein bürstenloser Motor dreht über eine doppelte Planetenradstufe und ein Zahnsegment die Schaltwelle. Ein zweiter treibt eine Spindel an, die Schaltfinger und Auslegegeometrie verschiebt.

Mit Active Interlock wurde gezeigt, dass man für den Anwendungsfall PSG zwei Teilgetriebe unabhängig voneinander schalten kann. Daraus resultiert die Frage, ob noch weitere Betätigungsaufgaben mit dem Aktor erfüllt werden können. In der Tat ist es denkbar, die für ein PSG-System oft geforderte Parksperrung

auch mit dem Active Interlock-Getriebeaktor zu betätigen.

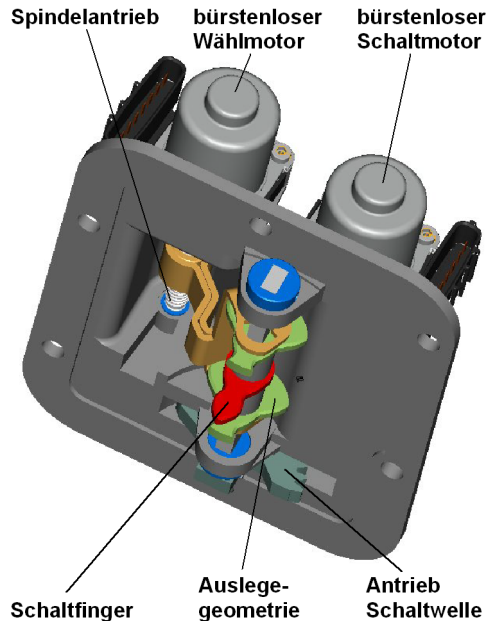


Bild 13: Active Interlock für Inline-Getriebe mit Parksperrbetätigung

Dazu wird zwischen die beiden oberen und die beiden unteren Schaltschienen aus Bild 12 eine weitere ergänzt. Diese betätigt eine Parksperrung, ein Beispiel findet sich in [3].

Geometrien und Modularität

Mit Active Interlock steht ein System zur Verfügung, das sowohl für ASG- als auch für PSG-Systeme eingesetzt werden kann. Der Unterschied besteht lediglich in Größe, Anzahl und Anordnung von Schaltfingern bzw. Auslegegeometrien. Die neuartigen Schaltmäuler sind für ASG und PSG gleich.

Die Grundformen sind in Bild 14 gezeigt. Der rote Schaltfinger ist für das Einlegen der Gänge verantwortlich. Die grüne Geometrie übernimmt das Auslegen der Gänge. Je nach Betätigungsrichtung wirken unterschiedliche Abschnitte, um die Schaltschienen in die

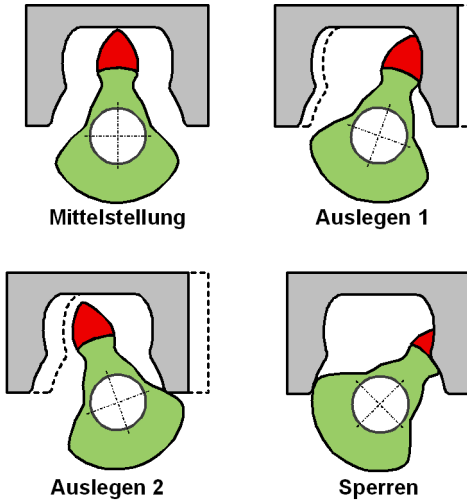


Bild 14: Active Interlock Geometrien

Neutralposition zu bewegen. Die Kreisflächen schließ­lich bilden den Sperrzylinder. Dieser hat dieselbe Funktion wie bei den bekannten Lösungen für Handschaltgetriebe.

Ein Ausführungsbeispiel eines Active Interlock-Getriebeaktors zeigt Bild 15.

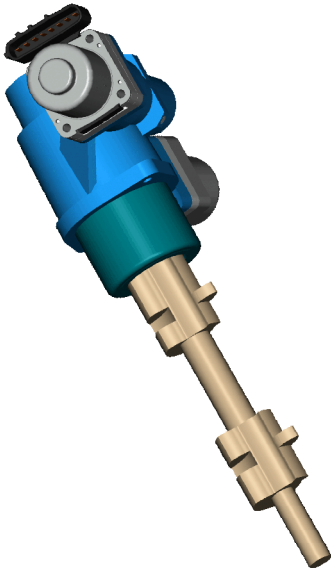


Bild 15: Ausführungsbeispiel Active Interlock Front-quer

Die Schnittstellen für die Montage sind beim Handschalter und automatisierten Getriebe identisch. Das Gegenlager für die zentrale Schaltwelle wird ggf. vom Getriebeaktor mit verwendet. Mit den in [2] gezeigten bürstenlosen Motoren ergeben sich sehr kompakte Aktoren. Der Getriebeaktor hat in der Regel keinen größeren Bauraumbedarf als das Handschaltmodul (siehe auch Bild 17).

Durch Einsatz der Inkrementalwegmessung – sowohl für die elektronische Kommutierung der Motoren als auch für die Positionsbestimmung der Getriebeaktor – sind zusätzliche Sensoren oder Eingriffe ins Getriebe überflüssig.

Im Fall eines manuell betätigten Getriebes wird die neue Schaltmaulgeometrie aus Bild 14 mit einem breiten Schaltfinger kombiniert, wie in Bild 16 gezeigt.

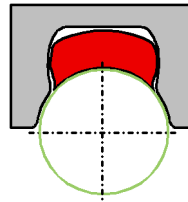


Bild 16: Schaltfinger und Schaltmaul für Handschaltgetriebe

Damit ist auch die Handschaltvariante ein Teil des modularen Systems. Die einzelnen Varianten sind in Bild 17 nebeneinander dargestellt:

- links eine Variante für das Handschaltgetriebe,
- in der Mitte die ASG-Variante,
- rechts die Ausführung für ein PSG.

Die beiden linken Varianten in Bild 17 können im gleichen Getriebe eingesetzt werden. Durch die Verwendung gleicher Schnittstellen für Handschaltgetriebe und die Mitglieder der XSG Familie bieten die Konzepte höchste Flexibilität bei der Planung der Fertigungseinrichtungen.

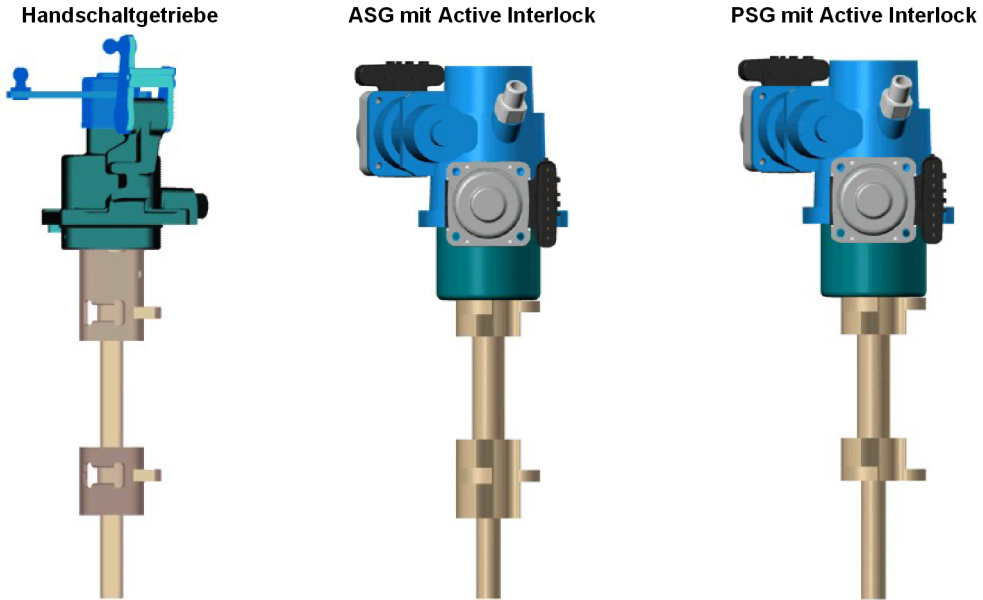


Bild 17: Betätigungsmodule für Handschalter, ASG und PSG

Zusammenfassung

Mit RCA, dem externen Hebelausrücker und dem in [5] vorgestellten EZA stehen maßgeschneiderte Kupplungsbetätigungen für verschiedene Getriebe zur Verfügung. Diese Aktoren können Kupplungen mit hohen Momenten bei geringem Bauraumbedarf und hoher Dynamik bedienen. Ein wesentlicher Baustein ist - wie auch beim Getriebeaktor - der Einsatz bürstenloser Motoren [2].

Active Interlock ist eine kompakte und universelle Getriebebetätigung für die XSG Familie. Ein erster ASG-Prototyp beweist die Vorteile des Funktionsprinzips eindrucksvoll. Dies zeigt sich in dem positiven Feedback von zahlreichen Testfahrten. Active Interlock fließt derzeit in erste Serienprojekte ein.

Literatur

- [1] Fischer, R.; Berger, R.; Bührl, P.; Ehrlich, M.: Vorteile des elektromotorischen LuK ASG am Beispiel der Easytronic im Opel Corsa, VDI.
- [2] Fischer, R.; Schneider, G.: Die XSG Familie – Trockenkupplungen und E-Motoren als Kernelemente zukünftiger Automatikgetriebe, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [3] Berger, R.; Meinhard, R.; Bündler, C.: Das Parallel-Schalt-Getriebe PSG – Doppelkupplungsgetriebe mit Trockenkupplungen, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [4] Küpper, K.; Werner, O.; Seebacher, R.: Denken in Systemen – Software von LuK, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [5] Reik, W.; Kimmig, K.-L.; Meinhard, R.; Elison, H.-D.; Raber, C.: Neue Chancen für die Kupplung? 7. LuK Kolloquium 2002.
- [6] Kooy, A.: Der Mechanische Zentralausrücker für SAC, eine Alternative? 5. LuK Kolloquium 1994.
- [7] Zink, M.; Welter, R.; Shead, R.: Kupplungsausrücksysteme, 7. LuK Kolloquium, 2002.