



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 signature is written in a cursive, slightly slanted style.

Helmut Beier

Vorsitzender
der Geschäftsführung LuK Gruppe

Inhalt

1	ZMS – nichts Neues?	5
2	Der Drehmomentwandler	15
3	Kupplungsausrückssysteme	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

Neue Chancen für die Kupplung?

Wolfgang Reik
Karl-Ludwig Kimmig
Hans-Dieter Elison
Rolf Meinhard
Christoph Raber

Einleitung

Über eine längere Zeit schien das Handschaltgetriebe gegenüber den Automatikgetrieben immer mehr an Boden zu verlieren. Amerika und Japan sind Beispiele, wo moderne Automaten die Handschalter fast vollständig verdrängt haben. Europa koppelte sich von dieser Entwicklung ab. Die Automatikgetriebe setzten sich nur in den oberen Klassen durch, Käufer kleinerer Fahrzeuge bevorzugen nach wie vor den Handschalter wegen Fahrspaß, Kosten, Verbrauch oder Leistung.

Tatsächlich verbrauchen Automatikgetriebe, wie in dieser Vortragsreihe wiederholt angesprochen wird, deutlich mehr Kraftstoff und passen deshalb nicht so richtig in die Szenarien, die im Kyoto-Protokoll angedeutet werden.

Deshalb laufen bei allen Herstellern Anstrengungen, den guten Wirkungsgrad von Stirnradgetrieben, wie sie in Handschaltern eingesetzt werden, mit dem Komfort eines Automatikgetriebes zu verbinden oder zumindest einen akzeptablen Kompromiss zu erreichen. Und genau hier rückt die gute alte Kupplung plötzlich wieder in den Mittelpunkt des Interesses, und das von zwei Stoßrichtungen. Die eine strebt an, dem Handschaltgetriebe durch Automatisierung den nötigen Komfort zu geben, die andere versucht, die Verluste des Automatikgetriebes zu reduzieren, zum Beispiel indem der Wandler durch eine ölgekühlte Anfahrkupplung ersetzt wird.

Im Folgenden wird über neue Entwicklungstrends bei Kupplungen berichtet, die für die Automatisierung der Kupplung von Bedeutung sind. Die Beschränkung auf trockene Kupplungen wurde bewusst gewählt, weil nur dadurch die letzte Reserve an Wirkungsgrad herausgeholt werden kann. Dies wird in [5] detailliert betrachtet.

Entwicklungsziele bei trockenen Kupplungen

Um die Kupplung für solche zukünftigen Anwendungen vorzubereiten, müssen einige Entwicklungsziele erreicht werden.

Die Lebensdauer und Verschleißreserve muss weiter steigen, damit die bei Automatikgetrieben gewohnte Fahrzeuglebensdauer sicher erreicht wird, auch dann, wenn die Kupplung aus Komfortgründen mit geringem Schlupf betrieben wird. Rupfen, oder genauer jede Art von Momentenanregung, die eine rutschende Kupplung verursachen kann, muss weiter reduziert werden. Eine Aufgabe, die nicht nur für trockene Kupplungen gilt, sondern auch bei Nasskupplungen wegen der Ölalterung eine besondere Herausforderung darstellt.

Bei automatisierten Systemen wird eine genaue Regelbarkeit gefordert, also genügend große Empfindlichkeit bei geringen Hysteresen. Und nicht zuletzt soll die Betätigungsarbeit möglichst gering sein. Gerade diese Eigenschaft dürfte der Schlüssel sein für die Entscheidung, ob komfortable Systeme mit Kupplungen realisiert werden können.

Denn je kleiner die Betätigungskraft ist, mit der eine Kupplung moduliert werden kann, desto eher erscheint es möglich, Drehmomentenschwankungen, die von der Kupplung direkt oder indirekt hervorgerufen werden, herauszuregulieren. Dass dies in Zukunft erforderlich sein dürfte, deutet sich bei den wirkungsgradoptimierten Antriebssträngen an, die selbst fast keine Dämpfung mehr besitzen. So können bereits Momentenschwankungen von 1 Nm, hervorgerufen durch geringste Reibwertschwankungen oder geometrische Ungenauigkeiten, rupfähnliche Erscheinungen bewirken. Bezogen auf ein Motormoment von zum Beispiel 400 Nm bedeutet dies eine Ungenauigkeit des Moments von nur 0,25%. Mit rein mechanischen Maßnahmen lassen sich diese Momentenschwankungen kaum noch reduzieren. Hier werden große Hoffnungen auf schnelle Aktoren gesetzt, mit denen diese kleinen Momentenschwankungen herausgeregelt werden können. Weiter ist zu erwarten, dass kleine Betäti-

gungskräfte an den Kupplungen Kosten und Bauraum für die Aktoren sparen werden.

Möglicherweise werden auch neue Aktorkonzepte denkbar. Bereits in der Vergangenheit war der Übergang von hydraulischer Aktuatorik auf elektromotorische Betätigung nur möglich, weil durch Kraftabsenkung an der Kupplung, hauptsächlich durch die SAC, der Weg bereitet wurde.

Stand der Technik

Bereits vor acht Jahren stellte LuK die selbst-einstellende Kupplung (SAC) vor, mit der sich erstmalig in der Kupplung selbst die Betätigungskräfte reduzieren ließen [1].

Bild 1 vergleicht den konstruktiven Aufbau dieser SAC mit einer konventionellen Kupplung. Wesentliches Merkmal ist ein Rampenring, der die Verschleißnachstellung bewirkt in Kombination mit einer Sensortellerfeder zur Auslösung des Nachstellmechanismus. Eine genaue Beschreibung findet sich in [1-4].

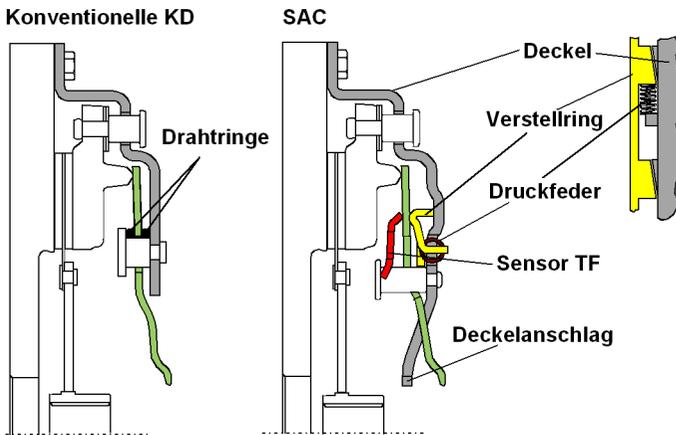


Bild 1: Konventionelle und verschleißnachstellende Kupplung

Bild 2 vergleicht die Ausrückkräfte einer konventionellen Kupplung, bei der über den Belagverschleiß die Betätigungskraft am Kupplungspedal zunimmt mit der SAC. Hier brachte die SAC einen entscheidenden Fortschritt. Die Ausrückkräfte bleiben näherungsweise konstant über der Lebensdauer, weil die interne

— SAC I für Fußkraftbetätigung
 ... SAC I für automatische Kupplung

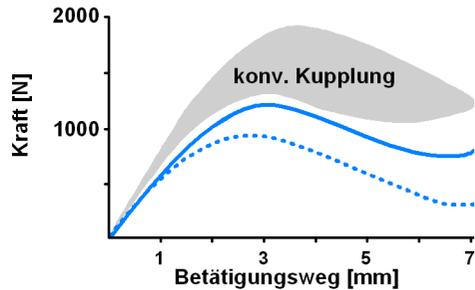


Bild 2: Betätigungskräfte konventioneller und verschleißnachstellender Kupplungen

Verschleißnachstellung den Tellerfederwinkel konstant hält.

Selbst im Neuzustand lassen sich niedrigere Kräfte realisieren. Wenn auf die Form des Kraftverlaufs keine Rücksicht genommen werden muss, weil der Fuß des Fahrers durch eine Aktorik ersetzt wird, lässt sich die Kraft weiter reduzieren.

Die SAC ist inzwischen weit verbreitet. Ihr Anteil wird 2003 voraussichtlich 40% der LuK Kupplungsproduktion in Europa ausmachen (Bild 3). Diese Entwicklung wird gefördert durch die rasanten Steigerungen der Drehmomente, insbesondere bei Dieselmotoren. Mit einer normalen Kupplung wären viele moderne Fahrzeuge kaum noch komfortabel mit Fußkraft zu betätigen.

Selbstverständlich kann ein Kraftabbau auch außerhalb der Kupplung erfolgen, zum Beispiel durch eine Übertotpunktfeder am Kupplungspedal. Aber je weiter weg die Kompensation von der Kupplung erfolgt, desto uneffektiver wird sie wegen der Verfälschungen, die über Elastizitäten und Toleranzen in der langen Kette der Verbindungsglieder hinzukommen. Dem Abbau der Kräfte direkt in der Kupplung ist deshalb

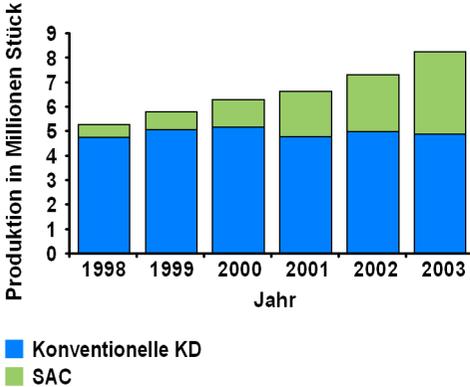


Bild 3: Produktionsvolumen von konventionellen und verschleißnachstellenden Kupplungen

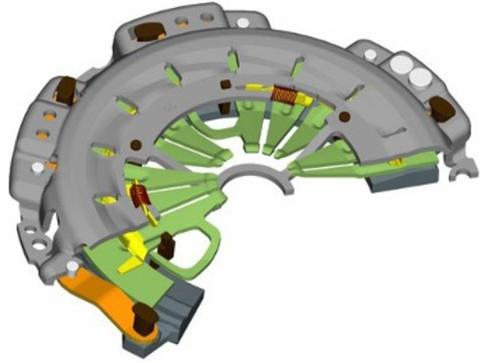


Bild 4: SAC II Serienausführung

stets der Vorzug zu geben. Darauf werden auch die folgenden Ausführungen beschränkt.

SAC II

Vor wenigen Jahren wurde bei LuK mit der Entwicklung der SAC II begonnen, bei der die Sensorkraft nicht durch eine zusätzliche Sensortellerfeder erzeugt werden sollte, sondern durch die Blattfedern und speziell geformten Zungen an der Haupttellerfeder. Was zunächst wie ein Kosteneinsparungsprogramm aussah, erwies sich sehr schnell als Möglichkeit zur weiteren Verringerung der Betätigungskraft, wie Bild 5 zeigt. Außerdem lassen sich damit flachere Be-

tätigungskraftkennlinien erzeugen, was der Modularität der Kupplung entgegenkommt.

Ohne den Versuch zu wagen, die SAC II vollständig erklären zu wollen, sei nur soviel gesagt: Die Sensorkraft zum Erkennen des Belagverschleißes wird durch die aus der Tellerfeder herausgebogenen Zungen zusammen mit einer speziellen Blattfederkennlinie erzeugt (Bild 4).

Vorteilhaft wirkt sich bei der SAC II ein Anstieg der Sensorkraft über dem Ausrückweg aus. Dies erlaubt flache Betätigungskraftkennlinien. Bei der SAC I tritt dagegen ein Abfall auf, der zu teilweise unerwünschten degressiven Betätigungskraftkennlinien führt.

Die SAC II befindet sich in Dauererprobung und wird voraussichtlich 2002 in Serie gehen.

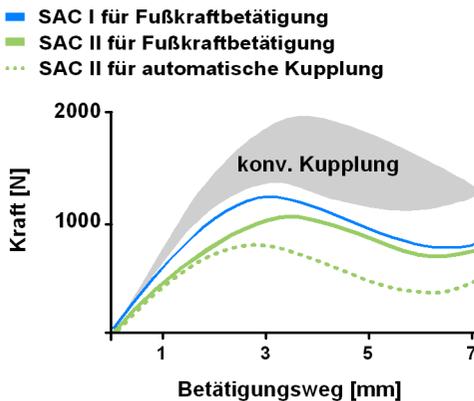
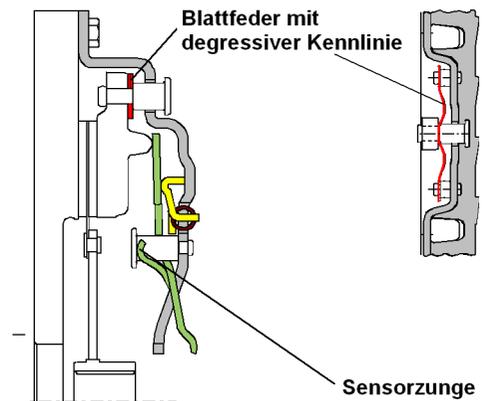


Bild 5: SAC II eine Weiterentwicklung der selbststellenden Kupplung



Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der Betätigungskraft

Reibwerte sind großen Schwankungen unterworfen, die von den Umgebungsbedingungen und auch der vorangegangenen Belastung abhängen. Da eine Kupplung unter allen Bedingungen sicher funktionieren muss, werden Sicherheitsfaktoren aufgeschlagen, um ein Rutschen der Kupplung auch bei niedrigen Reibwerten zu verhindern.

Dies bedeutet aber, dass die Kupplung im Normalfall überdimensioniert ist. Und genau dies ist der Ansatzpunkt für die folgenden Betrachtungen.

Bild 6 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kupplungsmomente über dem Sicherheitsfaktor S (= übertragbares Moment / maximales Motormoment). Darin sind alle Einflussparameter auf den Reibwert berücksichtigt, wie zum Beispiel Temperatur, Lebensdauer und Verschleiß. Demnach wird die Kupplung meist etwa das 1,5- bis 2-fache Motormoment übertragen können.

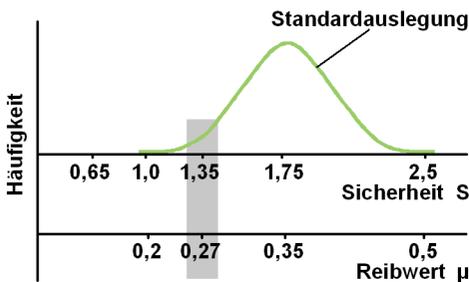


Bild 6: Häufigkeitsverteilung der Kupplungsmomente über dem Sicherheitsfaktor S . Näherungsweise lassen sich dem Sicherheitsfaktor S entsprechende Reibwerte μ zuordnen.

Die Auslegung wurde so gewählt, dass auch in ungünstigsten Fällen noch die Übertragungsfähigkeit gewährleistet bleibt. Die Häufigkeitsverteilung darf sich also nicht unter einer Übertragungssicherheit von $S = 1,0$ erstrecken. Bei einer richtig ausgelegten Kupplung wird also

die Häufigkeitsverteilung bei $S = 1,0$ "enden", wie in Bild 6 gezeigt.

Da die Variation des Kupplungsmomentes in erster Linie von den veränderlichen Reibwerten abhängt, kann auch näherungsweise eine Skala mit Reibwerten angegeben werden. Es lässt sich jetzt ablesen, dass bei einem Reibwert von 0,2 die Kupplung gerade noch das Motormoment überträgt. Bei einem Reibwert von 0,27 wird das 1,35-fache Motormoment übertragen. Dies entspricht übrigens den üblichen Auslegungskriterien: Bei einem Auslegungsreibwert von 0,27 wird eine Rutschsicherheit von 1,35 verlangt.

Und jetzt beginnt das Gedankenexperiment:

Bräuchte man sich um die selten auftretenden Fälle mit Rutschsicherheit $< 1,35$ nicht zu kümmern, könnte die Häufigkeitsverteilung um 0,35 nach links verschoben werden (Bild 7): Der Reibwertmaßstab verschiebt sich dabei mit.

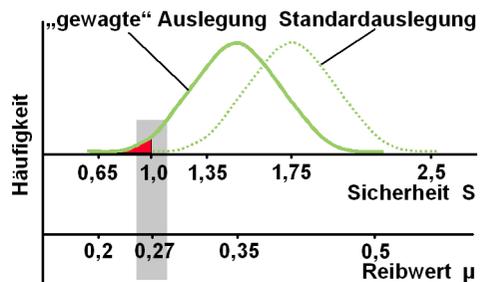


Bild 7: Um $S = 0,35$ nach links verschobene Häufigkeitsverteilung. Im roten Bereich liegt nicht genügend Übertragungssicherheit vor.

Dies ergibt eine Kupplungsauslegung, bei der die Anpresskraft um den Faktor 1,35 und damit auch die Betätigungskraft um fast 30% verringert ist, allerdings zum Preis der nicht ausreichenden Übertragungsfähigkeit für die relativ seltenen Fälle mit niedrigem Reibwert.

Liegt solch ein Fall vor, kann die Anpresskraft der Kupplung erhöht werden, indem an den Zungen der Tellerfeder gezogen wird. Die Kennlinie der Betätigungskraft wird also nach links zu negativen Kräften erweitert (Bild 8).

- SAC II
- SAC II mit 30% reduziertem Übertragungsmoment

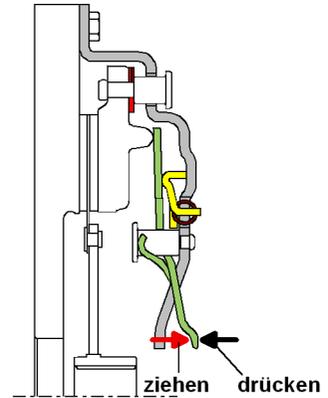
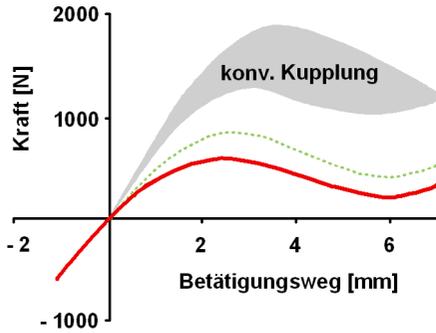


Bild 8: SAC II mit 30% reduzierter Anpresskraft. Bei ungünstigen kleinen Reibwerten wird die Anpresskraft erhöht, indem an den Tellerfederungen gezogen wird (roter Pfeil).

- SAC II
- SAC II mit 30% reduziertem Übertragungsmoment
- PPP Kupplung

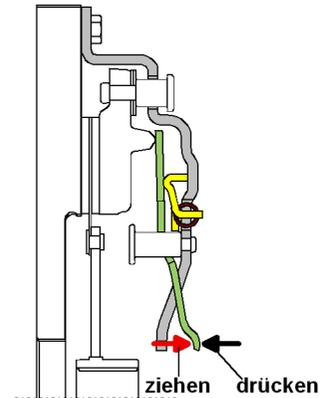
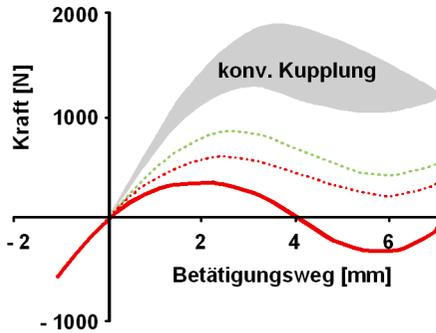


Bild 9: Pull-Push-Pull (PPP)-Kupplung für maximale Absenkung der Betätigungskraft

Selbstverständlich ist solch eine Kupplung für eine Fußkraftbetätigung nicht geeignet. Aber elektromotorische Aktoren können prinzipiell in beiden Richtungen Kraft aufbringen. Die Größe des Elektromotors hängt dabei im Wesentlichen von der maximalen Kraft ab, und die ist bei einer solchen Kupplung eben um den Faktor 1,35 geringer. Damit ist eine wirkungsvolle Kraftkompensation innerhalb der Kupplung erreicht. Besondere Aufmerksamkeit

muss dann einem spielfreien Wechsel der Betätigungsrichtung von Druck nach Zug gewidmet werden.

Hat man sich erst einmal mit einem Wechsel der Betätigungskraft abgefunden, kann eine weitere Kraftabsenkung erzielt werden, indem das Minimum der Ausrückkraftkennlinie unter die Nulllinie abgesenkt wird (Bild 9). Es ergibt sich dann noch ein zweiter Nulldurchgang in der Be-

tätigungskraftkennlinie, der allerdings außerhalb des Modulationsbereiches in der Lüftphase der Kupplung auftritt (Bild 10). Der ganze Betätigungsweg wird jetzt also in den Phasen Ziehen - Drücken - Ziehen oder **P**ull - **P**ush - **P**ull durchlaufen. Daher auch der Name PPP-Kupplung.

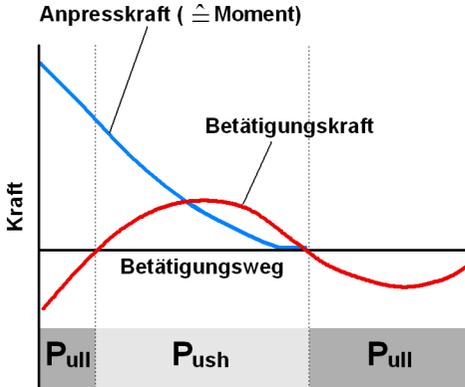


Bild 10: Betätigungs- und Anpresskraftverlauf über dem Betätigungsweg für eine PPP-Kupplung

Bei diesem Aufbau handelt es sich ebenfalls um eine kraftgesteuerte selbsteinstellende Kupplung, die jetzt aber nur noch eine ganz geringe Sensorkraft benötigt. Diese kann über die Blattfedern erzeugt werden. Eine Sensortellerfeder kann damit entfallen. Die Haupttellerfeder braucht auch nicht mehr die kompliziert angeformten Sensorzungen wie bei der SAC II. Die PPP-Kupplung ist deshalb von ihrem mechanischen Aufbau her denkbar einfach und ergibt dabei trotzdem kleinste Betätigungskräfte.

Allerdings müssen beim Betätigungssystem höhere Anstrengungen unternommen werden, um eine weitgehende Spielfreiheit beim Wechsel von Ziehen auf Drücken zu gewährleisten. Betätigungssysteme, die aus einer langen Kette von Einzelkomponenten bestehen, werden deshalb eher ungünstig sein. Gesucht wird nach einer möglichst direkten Anbindung des elektrischen Aktors an das Ausrücklager.

Einen idealen Aufbau stellt der elektrische Zentralausrücker EZA dar, ein Hohlwellenmotor mit Federbandgetriebe. Das Federbandgetriebe besteht aus einem aufgewickelten Federband geringer Dicke (Bild 11).

Rollen, die zwischen den Federwicklungen laufen, erzeugen pro Umdrehung einen axialen Vorschub, der der Dicke des Bandes entspricht. Die Funktion ist also ähnlich einer Schraube, aber mit sehr kleinem Vorschub und das auch noch mit geringster Reibung, bedingt durch die wälzgelagerten Rollen.

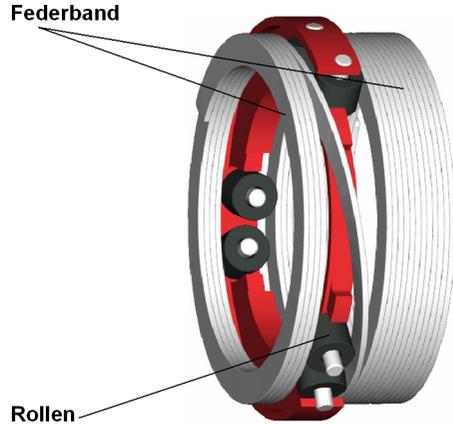


Bild 11: Das Federbandgetriebe ist ein Gewindetrieb mit geringem Vorschub und gutem Wirkungsgrad

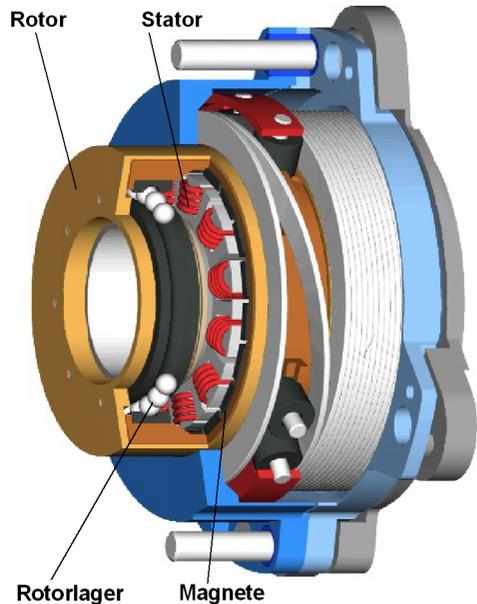


Bild 12: EZA - eine Kombination eines Federbandgetriebes mit einem Hohlwellenmotor

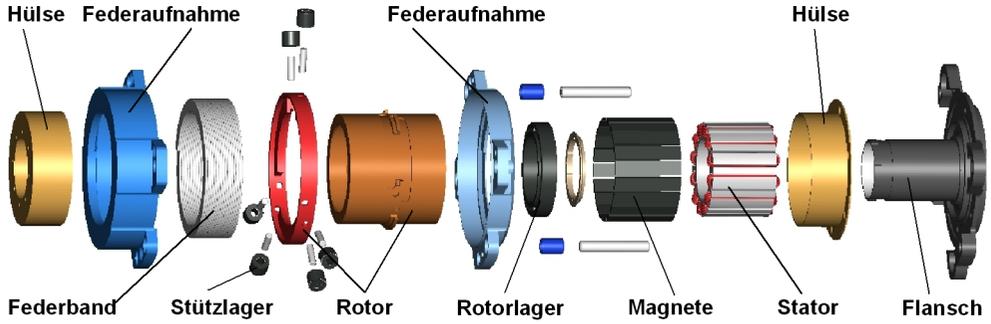


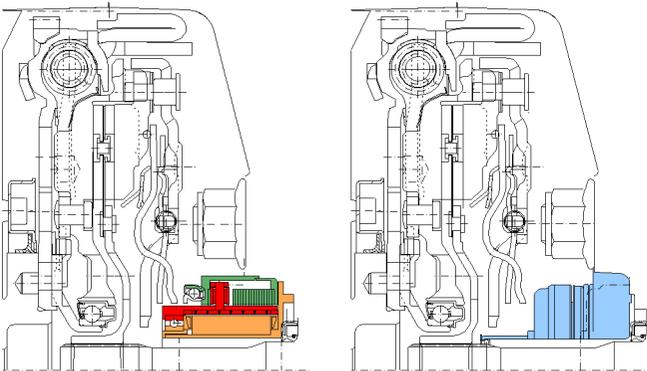
Bild 13: EZA - eine Kombination eines Federbandgetriebes mit einem Hohlwellenmotor

Dieses Getriebe ist deshalb geradezu geeignet in Kombination mit einem Hohlwellenmotor, bei dem viele Motorumdrehungen in einen vergleichsweise geringen axialen Weg transformiert werden müssen (Bild 12).

Der Hohlwellenmotor besteht aus einem Rotor mit Magneten und einem Stator mit der Wicklung (Bild 13). Der bürstenlose Motor wird elektronisch kommutiert.

Dadurch leidet die Verstelldynamik, weil ein Teil der Energie zum Beschleunigen des Rotors benötigt wird. Der Hohlwellenmotor wird deshalb auf möglichst kleine Drehzahlen ausgelegt, um diesem Einfluss entgegenwirken zu können.

Denkbar ist auch ein "Hülseausrücker" (Bild 15).



Kupplungsbetätigung mit integrierter Aktorik (EZA)

Serienstand mit CSC

Bild 14: Bauraumvergleich EZA mit einem hydraulischen konzentrischen Zentralausrücker

Besonders günstig bei diesem Konzept ist, dass der komplette EZA nicht mehr Bauraum benötigt als ein hydraulischer Zentralausrücker (Bild 14). Über diesen Aktor wird das Ausrücklager betätigt, das ebenfalls auf Zug-Druck ausgelegt sein muss.

Grundsätzlich wird ein Hohlwellenmotor ein höheres Massenträgheitsmoment haben als ein kleiner konventioneller Elektromotor.

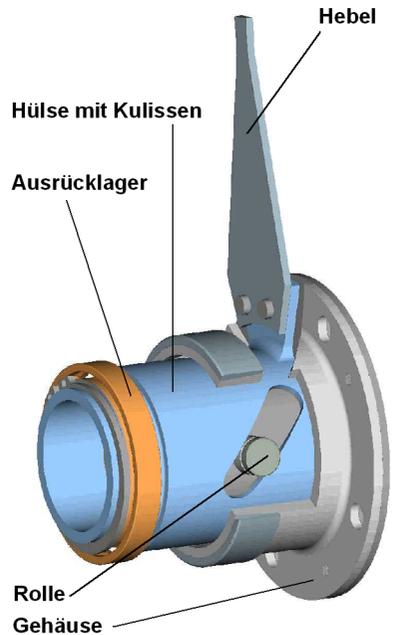


Bild 15: Hülseausrücker für Ziehen und Drücken

Durch Verdrehen der Hülse schraubt sich das Ausrücklager vor bzw. zurück. Die Verdrehung erfolgt über einen Hebel, der zum Beispiel über einen Spindeltrieb bewegt wird.

Doppelkupplungen

Eine der stark favorisierten zukünftigen Getriebetypen ist das Parallelschaltgetriebe (PSG) bzw. Doppelkupplungsgetriebe [5], das in einem anderen Beitrag genauer beschrieben wird.

Hier nur soviel: Das Getriebe hat zwei Eingangswellen, die unabhängig voneinander durch je eine Kupplung mit dem Motor verbunden werden müssen (Bild 16).

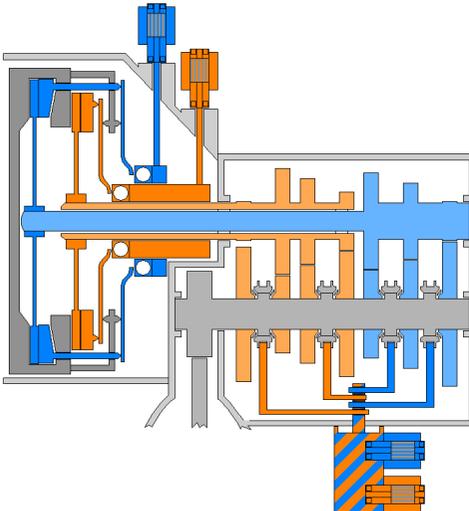


Bild 16: Prinzip des Parallelschaltgetriebes (PSG)

Diese Aufgabenstellung ist nicht neu. Bei Acker-schleppern gibt es Varianten mit einer unabhängigen Zapfwelle, bei denen ebenfalls Doppelkupplungen eingesetzt werden (Bild 17). Da bei diesen Anwendungen die Betätigungskraft nicht ganz so kritisch ist, können beide Teilkupplungen sogar mit derselben Tellerfeder angespresst werden.

Für Doppelkupplungsgetriebe geeignete Doppelkupplungen müssen sehr kompakt aufgebaut sein und über kleine Aktoren betätigt

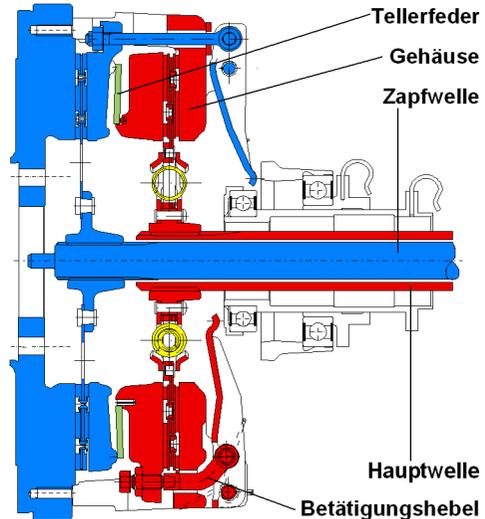


Bild 17: Doppelkupplung für Schlepper für Zapfwelle (linke Kupplung) und mit Fahrtrieb (rechte Kupplung)

werden können. Die Erkenntnisse zur Kraftreduzierung bei Einfachkupplungen sollten deshalb auch dafür eingesetzt werden.

Bild 18 zeigt eine Doppelkupplung in Verbindung mit einem Zweimassenschwungrad. Die beiden Kupplungen sind radial etwas verschachtelt, um eine kompakte Bauweise zu erreichen. Die größere der beiden Kupplungen wird man sinnvollerweise als Anfahrkupplung verwenden und mit den Gängen 1, 3 und 5 verbinden.

Eine kompaktere Einheit kann dann erreicht werden, wenn die Schwingungsisolation über Schlupfregelung erzeugt wird [6]. In Verbindung mit zwei torsionsgedämpften Kupplungsscheiben ersetzt sie bei automatisierten Kupplungen das ZMS (Bild 19). Das Massenträgheitsmoment wird dadurch ebenfalls geringer und ergibt damit eine Kraftstoffverbrauchsreduzierung, die näherungsweise den Mehrverbrauch durch die Schlupfregelung kompensiert.

Um ein PSG vor Einbau in das Fahrzeug komplett prüfen zu können, sollte die Doppelkupplung ein Bestandteil des Getriebes sein. Die Montage an den Motor kann dann ähnlich wie bei Wandlerautomaten über eine Flexplate erfolgen.

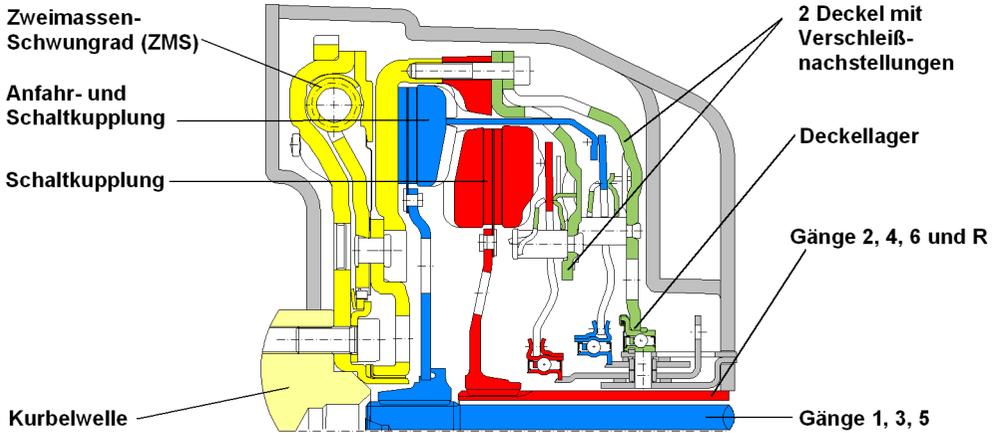


Bild 18: Doppelkupplung mit ZMS

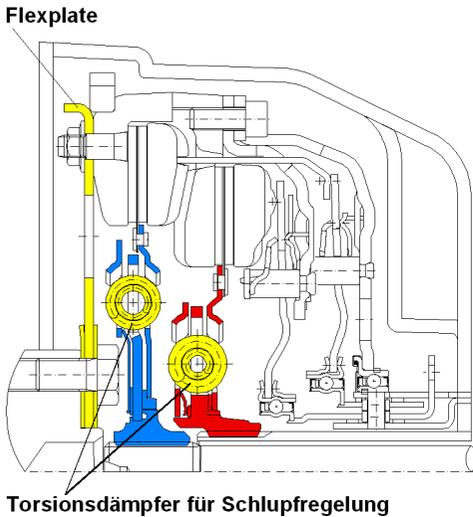


Bild 19: Doppelkupplung in Verbindung mit Schlupfregelung

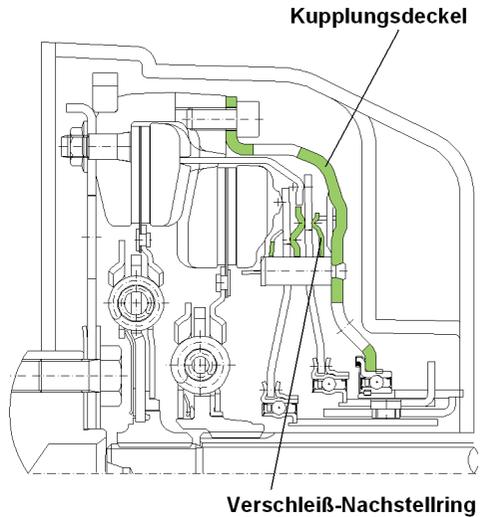


Bild 20: Doppelkupplung mit einem Deckel und einer gemeinsamen Verschleißnachstellung

Für besonders enge Bauräume ist auch ein Aufbau der beiden Kupplungen mit nur einem Deckel und einer Verschleißnachstellung denkbar (Bild 20). Der Verschleiß der beiden Kupplungen muss dann näherungsweise synchron verlaufen. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass gegebenenfalls Anfahrvorgänge über den 2. Gang erfolgen. Da der Mehr-

verschleiß nur bei der geringer verschleißenden Kupplung erzeugt wird, verkürzt sich die Lebensdauer des Gesamtaggregate nicht.

Eine weitere Variante ist in Bild 21 gezeigt. Sie hat zwei getrennte Verschleißnachstellungen, die beidseitig eines Kupplungsdeckels angeordnet sind.

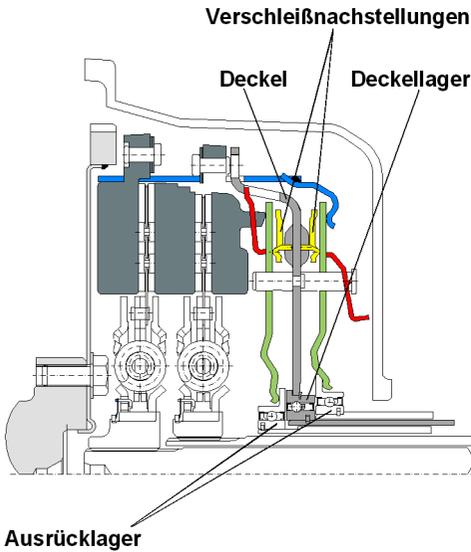


Bild 21: Doppelkupplung mit gemeinsamem Deckel, aber zwei getrennten Verschleißnachstellungen

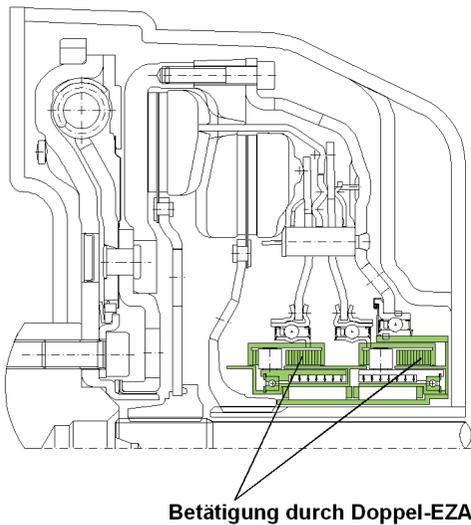


Bild 22: Vision eines Doppel-EZA für Doppelkupplungen

Bei dieser Anordnung sind auch nur drei Gussreibpartner notwendig, weil die mittlere Masse von beiden Kupplungen genutzt wird. Diese Masse muss wegen der schlechteren Wärmeabfuhr dicker ausgeführt werden und

erfordert gegebenenfalls eine Innenbelüftung.

Alle diese gezeigten Doppelkupplungskonzepte lassen sich mit den zuvor beschriebenen betätigungskraftreduzierenden Maßnahmen kombinieren.

Bild 22 zeigt eine Variante mit einem Doppel-EZA für drückende und ziehende Betätigung, ähnlich wie Bild 11 bis 14. Eine äußerst kompakte Einheit, die allerdings niedrigste Betätigungskräfte und damit alle denkbaren Kraftreduzierungsmaßnahmen erfordert. Nur dann werden die zwei aus platzgründen kleinen Hohlwellenmotoren in der Lage sein, über ein Federbandgetriebe die Kupplung zu betätigen.

Als weitere Alternative bietet sich ein doppelter Hülsenausrücker an, der weniger Anforderungen an die Kupplung stellt, dafür aber zwei außerhalb angeordnete Aktoren benötigt (Bild 23).

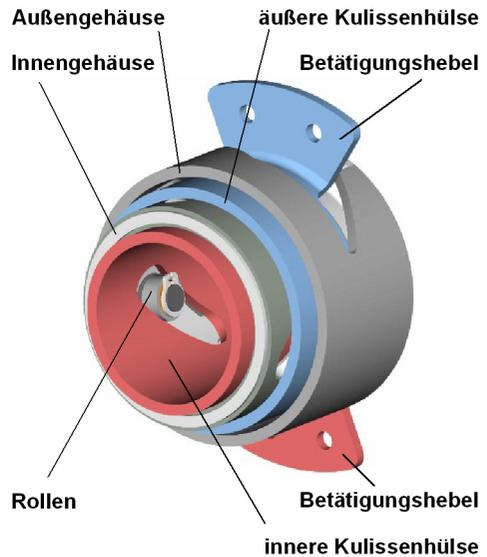


Bild 23: Doppelter Hülsenausrücker

Zusammenfassung

Neue Getriebekonzepte, deren Hauptzielrichtung Kraftstoffeinsparung ist, setzen stark auf trockene Kupplungen, die den besten Wirkungsgrad versprechen. Forderungen nach kostengünstiger Aktorik und schneller Regelbarkeit erfordern Kupplungen mit möglichst geringen Betätigungskräften. LuK zeigt Wege auf, mit denen diese Ziele erreicht werden können.

Ein besonderer Entwicklungsschwerpunkt liegt auf dem Gebiet der trockenen Doppelkupplungen. Es wurden verschiedene konstruktive Möglichkeiten vorgestellt.

Die Entscheidung, welchem Konzept der Vorzug gegeben wird, wird in Zukunft sicher stark von den Bauraumverhältnissen beeinflusst werden. Was für ein Projekt ideal erscheint, kann für die nächste Anwendung bereits ungeeignet sein.

Deshalb entwickelt LuK für verschiedene Doppelkupplungsprojekte maßgeschneiderte Lösungen.

Literatur

- [1] Reik, W.: Die selbsteinstellende Kupplung, 5. LuK Kolloquium 1994.
- [2] Kimmig, K.-L.: Die selbsteinstellende Kupplung SAC der 2. Generation, 6. LuK Kolloquium 1998.
- [3] Reik, W.; Kimmig, K.-L.: Selbsteinstellende Kupplungen für Kraftfahrzeuge, VDI Bericht 1323 (1997), S. 105 -116.
- [4] Albers, A.: Selbsteinstellende Kupplung (SAC) und Zweimassenschwungrad (ZMS) zur Verbesserung des Antriebsstrangkomforts, VDI-Berichte 1175, (1995) S. 153 - 168.
- [5] Berger, R.; Meinhard, R.; Bündler, C.: Das Parallel-Schalt-Getriebe PSG – Doppelkupplungsgetriebe mit Trockenkupplungen, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [6] Küpper, K.; Seebacher, R.; Werner, O.: Denken in Systemen – Software von LuK, 7. LuK Kolloquium 2002.