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

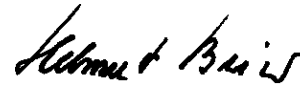
Innovationen bestimmen unsere Zukunft. Experten sagen voraus, dass sich in den Bereichen Antrieb, Elektronik und Sicherheit von Fahrzeugen in den nächsten 15 Jahren mehr verändern wird als in den 50 Jahren zuvor. Diese Innovationsdynamik stellt Hersteller und Zulieferer vor immer neue Herausforderungen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



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 Getriebeschaltungen 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

Der Drehmomentwandler

Marc McGrath
Bruno Müller
Edmund Maucher
Bhaskar Marathe
George Bailey

Einleitung

LuK arbeitet seit vielen Jahren auf dem Gebiet der Torsionsschwingungsdämpfer. Diese Fachkenntnisse ebneten LuK den Weg in den Bereich der Wandlerüberbrückungskupplungen und -dämpfer. Kurz nach dem erfolgreichen Abschluss der ersten Projekte für Wandlerüberbrückungskupplungen konzentrierte LuK alle Energien auf das Komplettsystem Wandler. LuK hat sich inzwischen zu einem führenden Zulieferer von Wandlern und Wandlerüberbrückungskupplungen entwickelt (Bild 1). Heute produziert LuK jährlich 2,5 Mio. Wandlerüberbrückungskupplungen und 350.000 Wandler, und schon im Jahre 2005 wird das Unternehmen pro Jahr über 1,5 Mio. Wandler herstellen.

1983	**LuK produziert den ersten Dämpfer für Automatikgetriebe (Kunde: Ford)**
1990	**LuK beginnt mit der Entwicklung von Wandlern**
1997	**LuK geht mit dem WT Wandler in Serie (Kunde: Allison Transmission)**
1998	**LuK beginnt die Arbeit am ersten reinen LuK Wandler (Kunde: GM)**
2002	**LuK wird 350.000 Wandler und 2,5 Millionen Überbrückungskupplungen produzieren**
2006	**LuK wird 1,5 Millionen Wandler produzieren**

Bild 1: *Wachstum der LuK Wandlerproduktion*

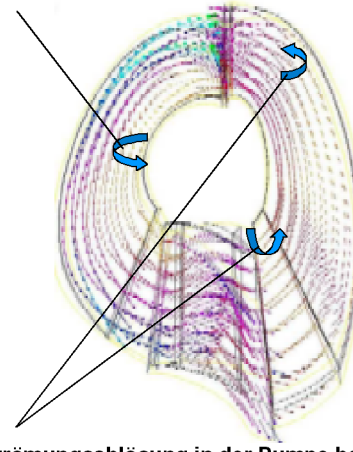
Knowhow

Die Entwicklung von LuK Wandlern basiert auf einem integrierten Designansatz, in den analytische Simulationen, Tests und Optimierungen einfließen. Der Ansatz spiegelt die traditionelle holistische Design- und Entwicklungsmethodik der LuK wider und ermöglicht Problemidentifizierung, Kreativität und Designoptimierung, bevor die ersten Prototypen gebaut werden. LuK entwickelt hierzu eigene Entwicklungsmethoden und greift natürlich auch auf marktgängige Werkzeuge zurück.

LuK erkannte, dass für die effiziente Entwicklung von Wandlern ein Simulations- und Berechnungsprogramm benötigt wird, das einen eindimensionalen Flüssigkeitsstrom (Stromfadentheorie), ein eindimensionales Design, eine zweidimensionale Toruserzeugung und eine dreidimensionale Schaufelarchitektur miteinander verknüpft. Diese Erkenntnis führte zur Schaffung des firmeneigenen Programms „TC Design“. Es dient zur Berechnung von Wandlerleistung, Torusgeometrie, Schaufelwinkel und -konfiguration.

Wie die meisten Programme von LuK bietet „TC Design“ eine Funktion zur Parametervariation, die eine schnelle Wandleranalyse ermöglicht. Zur Komplettierung des Entwicklungsprozesses kann „TC Design“ direkt mit der kommerziellen 3-D CAD- und Analyse-Software von LuK verbunden werden.

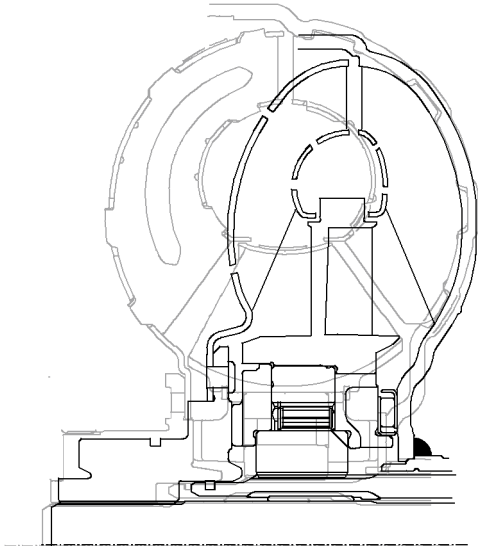
Strömungsablösung in der Turbine bei kleinen Drehzahlverhältnissen



Strömungsablösung in der Pumpe bei großen Drehzahlverhältnissen

Pumpe = 2000 min^{-1}
Turbine = 0 bis 1800 min^{-1}
Leitrad = 0 min^{-1}

Bild 2: *Wandler-CFD-Analyse*



Torus Charakteristik	Ausgangs-konstruktion	LuK
Masse	**15,2 kg**	**9,7 kg**
Trägheits-moment	**0,21 kg · m²**	**0,12 kg · m²**
Ölvolumen im Torus	**6010 cm³**	**2960 cm³**
K-Faktor	**89**	**89**
Größe	**305 mm**	**280 mm**

Bild 3: *Reduzierung der Wandlergröße*

So wird z. B. die exportierte Torusform in die Schaufel-Designsoftware importiert. Dann wird die 3-D-Schaufeloberfläche vernetzt, sodass die CFD-Analyse (strömungsdynamische Analyse) durchgeführt werden kann. In dieser Störungsanalyse werden die Störungen innerhalb des Wandlers simuliert, was zu wichtigen Erkenntnissen bzgl. der Strömungseigenschaften führt. Diese Erkenntnisse erleichtern die Identifizierung von Potenzialen zur Wandleroptimierung (Bild 2).

Die Programme ermöglichen die Entwicklung von Wandlern mit zuvor nicht realisierbaren Charakteristiken. So stellte sich erst vor kurzem die schwierige Aufgabe, Größe, Gewicht und Massenträgheit eines Wandlers zu reduzieren und gleichzeitig den Lambda-Verlauf über dem Drehzahlverhältnis abzuflachen und das zulässige Drehmoment des Motors zu steigern (Bild 3).

Ferner hat LuK Werkzeuge entwickelt zur Simulation des gesamten Fahrzeugs und zur Abschätzung von Veränderungen in Kraftstoffverbrauch und Fahrleistung. Außerdem werden das Schwingungsverhalten und die Akustik (NVH: Noise Vibration Harshness) für verschiedene Dämpfersysteme mit eigenen Programmen vorausberechnet. Das hierfür wohl bekannteste Beispiel ist der Turbinendämpfer.

Motor- und Getriebekombinationen besitzen eine Eigenform, in der die Turbinenträgheit, die Getriebeträgheit und die Steifigkeit der Getriebeeingangswelle mit der Motorzündungsfrequenz mitschwingen. Bei bestimmten Fahrzeugen tritt eine Resonanz in Erscheinung, die das Betätigen der Überbrückungskupplung aufgrund damit verbundener Geräuschprobleme nicht zuläßt und somit den Kraftstoffverbrauch erhöht. Der Turbinendämpfer beseitigt dieses Problem und verändert die Eigenfrequenzen des Antriebsstrangs, eliminiert diesen Schwingungsmodus und sorgt damit für Verbesserungen bzgl. Verbrauch und NVH. Diese Verbesserungen werden von der Automobilindustrie wie auch von der Fachpresse anerkannt (Bild 4).

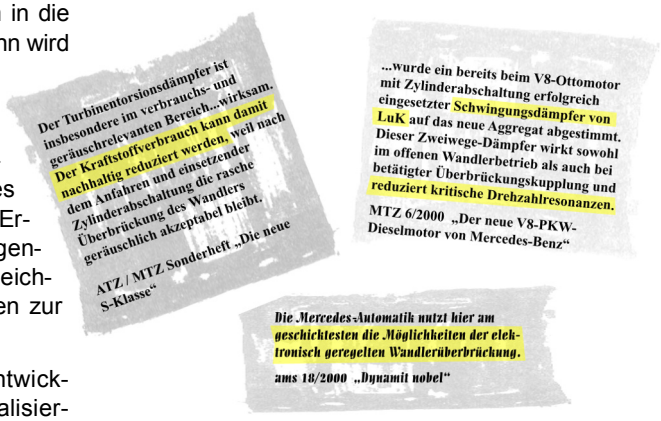


Bild 4: *Turbinendämpfer auf dem Weg zum Erfolg*

Zukunft

Der Schlüssel zum Wachstum des Wandlerbereichs bei LuK liegt im Eingehen auf die Anforderungen von heute und in der Konzentration auf die Herausforderungen von morgen. Bei der Entwicklung innovativer Konzepte für Wandler und Wandlerüberbrückungskupplungen müssen globale Trends in der Antriebstrangtechnologie in Betracht gezogen werden. Die Konsumenten der Zukunft werden weitere Verbesserungen in folgenden Bereichen erwarten:

- Kraftstoffverbrauch
- Lebensdauer
- Leistung
- Komfort
- Kosten

Antriebstrangingenieure werden die Wünsche der Verbraucher in diesem Jahrzehnt ganz anders angehen. In bezug auf die Wandlerentwicklung müssen mehrere neue Antriebstrangvariationen und Tendenzen berücksichtigt werden:

- CVT (stufenloses Getriebe)
- 6-Gang-Automatikgetriebe
- Zylinderabschaltung
- Startergenerator-Systeme
- Gesteigertes Drehmoment / mehr Zylinder
- Dieselmotoren / Benzin Direkteinspritzung
- Niedrigere Überbrückungsdrehzahlen
- Wandler-Leerlaufabkopplung

Aufbauend auf diesen Trends hat LuK zahlreiche kreative, neue Ideen zur Bewältigung zukünftiger Herausforderungen entwickelt. Im Folgenden werden einige der neuen LuK Konzepte näher vorgestellt.

Genuteter Deckel

Zur Lösung von NHV-Problemen kann auch eine schlupfende Wandlerüberbrückungskupplung eingesetzt werden. Im Gegensatz zur Dämpfermethode bietet eine schlupfende Überbrückungskupplung eine Schwingungsisolierung, indem die Schwingungsenergie des Motors absorbiert oder gefiltert wird, bevor sie den Antriebstrang anregt (Bild 5). Obwohl Schlupf eine Verlustenergie erzeugt, ist der Wirkungsgrad einer schlupfenden Überbrükkungskupplung im Allgemeinen wesentlich höher als der des unüberbrückten Wandlers.

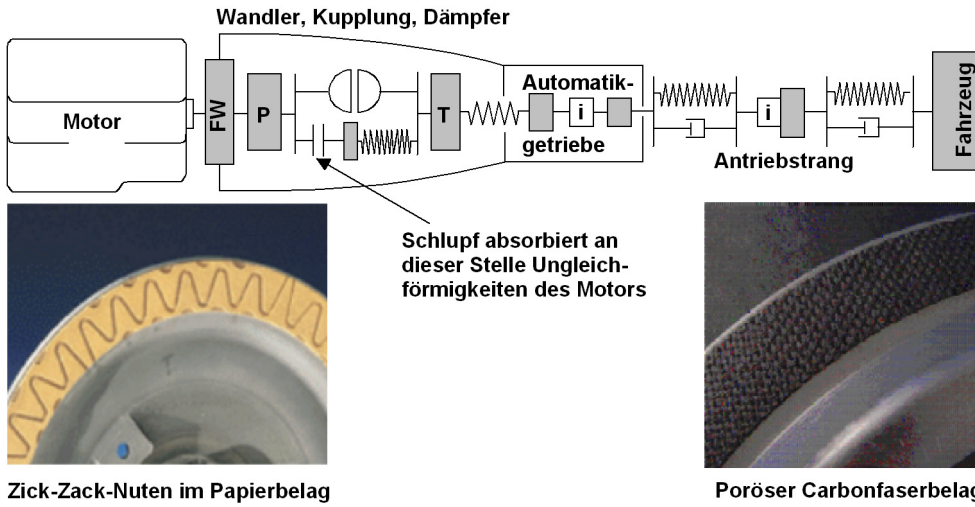


Bild 5: *Schlupfende Wandlerüberbrückungskupplung – Theorie und Komponenten*

Durch den Betrieb des Motors in einem günstigeren spezifischen Verbrauchspunkt wird eine Reduktion des Verbrauchs bei schlupfender Kupplung erzielt. Der unerwünschte Energieverlust durch den Schlupf wird in Wärme umgewandelt, die durch das Getriebeöl abgeführt wird. Eine Absenkung der Temperatur ist von entscheidender Bedeutung, damit sich die Eigenschaften des Reibmaterials und des Getriebeöls nicht verschlechtern. Geschädigtes Reibmaterial und/oder Öl können ein nachteiliges Rupfen oder Probleme mit der Ansteuerbarkeit der Wandlerüberbrückungskupplung und der restlichen Schaltelemente im Getriebe zur Folge haben.

Heute verfügt LuK über Entwicklungs- und Fertigungserfahrungen mit zwei Konzepten von schlupfenden Überbrückungskupplungen (Bild 5):

- organische Beläge mit Kühlnuten
- Carbonfaserbeläge

Der genutete organische Belag bietet sehr gute Reibeigenschaften sowie einen potentiellen Kostenvorteil, während die Carbonfasertechnologie eine verbesserte Lebensdauer, insbesondere für Hochleistungsanwendungen, bereitstellt.

Wenn die derzeit gebräuchlichen Reibmaterialien mit der Zeit verschleißen, nimmt die Nuthöhe und damit der Kühlölstrom ab und mindert die Kühlleistung. LuK befaßt sich derzeit mit der Entwicklung von Nuten in der Gegenlauffläche, die in den Wandlerdeckel eingeprägt werden. Bei diesem Konzept wird ein über der Lebensdauer nahezu konstanter Kühlölstrom beibehalten (Bild 6). Da die Nuten im Deckel nicht verschleißen, müssen sie auch nicht so tief sein wie bisher im Papierbelag. Daher ist eine größere Anzahl von Nuten möglich, wodurch das Durchspülen der Reibfläche verbessert wird (Bild 7). Darüber hinaus bewirken die Seiten der Nuten und die geringere Nuttiefe eine bessere Wärmeübertragung. Das Ergebnis ist eine bessere Kühlleistung an der Reibfläche als bei einer Wandlerüberbrückungskupplung mit genutetem Belag bei gleicher Durchflussrate.

Bild 6: *Kühlung mit genutetem Deckel*

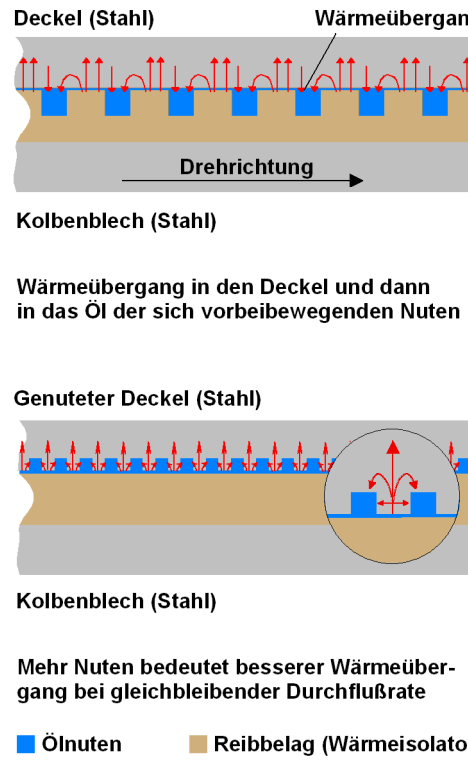


Bild 7: *Vergleich von Deckel- und Belagnuten*

Schlupfleistungs-abhängige Kühlung

Für einen verbesserten Fahrkomfort ist es von Vorteil, die Wandlerüberbrückungskupplung bei einer hohen Differenzdrehzahl und/oder hohen Drehmomenten zu betätigen, wodurch große Energiemengen abgeführt werden müssen. Für dieses Szenario ist es sinnvoll, den Kühlölstrom im Verhältnis zur Leistung zu steigern. Bei den heutigen Konzepten hängt die Durchflussrate jedoch nur vom Druck und damit vom erforderlichen Drehmoment der Überbrückungskupplung ab. Um dieser Anforderung gerecht werden zu können, ist LuK derzeit mit der Entwicklung eines innovativen Konzepts beschäftigt (Bild 8).

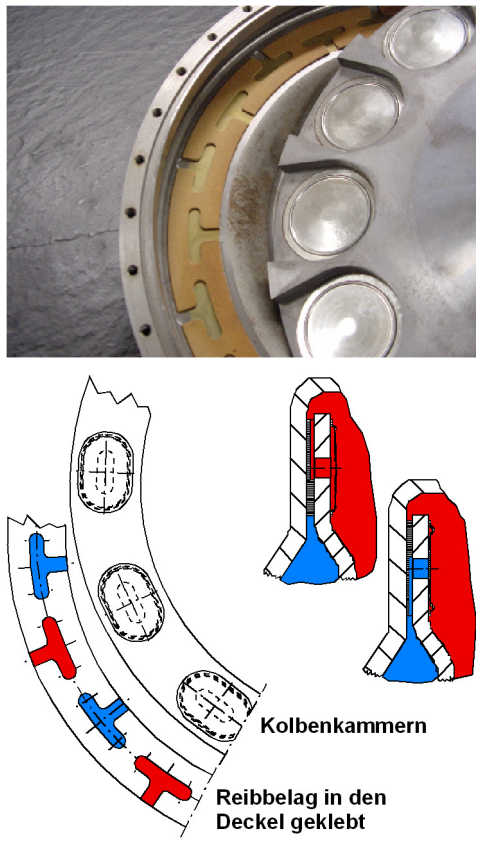


Bild 8: *Konstruktive Ausführung der verlustleistungsproportionalen Kühlung*

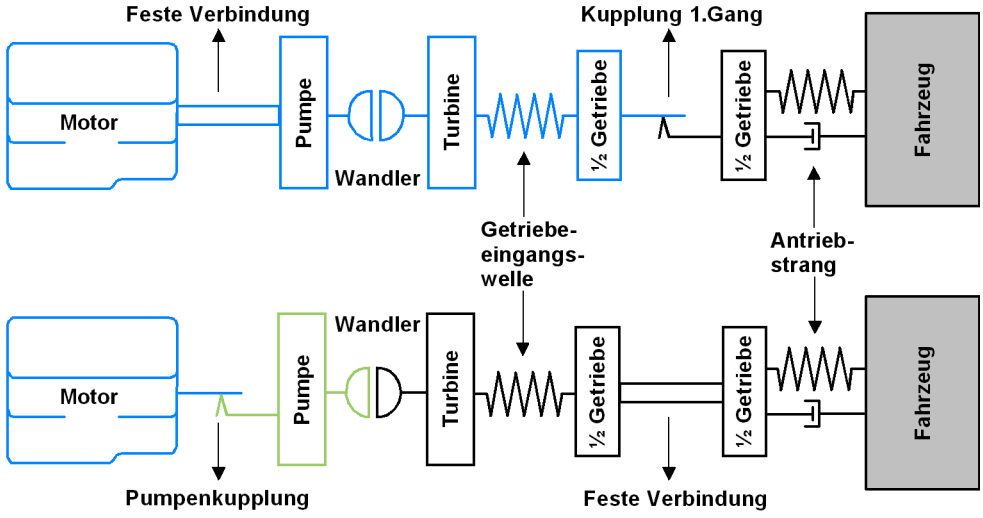
Der Kühlölstrom über die Kupplung wird durch eine Weiterleitung des Öles in den Nuten des Deckels von der Hochdruckseite zu den Kolbenkammern und dann zu den Nuten der Niedrigdruckseite sichergestellt. Das Befüllvolumen der Kolbenkammern steigt mit dem Druck, und damit mit dem Kupplungsmoment, proportional an. Der Kühlölstrom hängt ferner von der Relativdrehzahl zwischen dem Wandlerdeckel (Motor) und dem Kolben der Überbrückungskupplung (Getriebe) ab, da die Kolbenkammern mehr oder weniger Nuten überstreichen. Demzufolge variiert der Kühlölstrom proportional zur jeweiligen Verlustleistung, da er sowohl von der Differenzdrehzahl als auch vom Moment der Überbrückungskupplung proportional abhängt.

Multifunktionswandler

Die Verluste innerhalb des Wandlers können noch weiter minimiert werden. Für eine Optimierung des Wirkungsgrads sollte die Überbrückungskupplung so lange wie möglich geschlossen bleiben. Eigenfrequenzen des Antriebstrangs begrenzen den Betrieb der Kupplung jedoch auf höhere Motordrehzahlen. Bei Fahrzeugen mit Handschaltgetriebe wird diese Begrenzung durch den Einsatz eines Zweimassenschwungrads überwunden, das diese Eigenfrequenzen absenkt und niedrigere Betriebsdrehzahlen zulässt.

Wenn ein Fahrzeug an einer Ampel steht, pumpt der Wandler Öl, ohne dass jedoch nutzbare Arbeit verrichtet wird. Manche Hersteller schalten das Getriebe in den Leerlauf, indem sie eine Kupplung im Getriebe öffnen. Um das Fahrzeug in Bewegung zu versetzen, muss die Kupplung schnell wieder betätigt werden, was voraussetzt, dass die freilaufenden Getriebekomponenten abrupt zum Stillstand kommen (Bild 9). Dies muss vorsichtig erfolgen, um einen Stoß beim Betätigen der Kupplung zu vermeiden – ähnlich dem Stoß, der spürbar ist, wenn ein Getriebe in „D“ geschaltet wird.

Schaltvorgang von Leerlauf nach "D"



Betätigung der Kupplung zwischen Deckel und Pumpe

Bild 9: *Vorteil der Leerlauf-Abkopplung des Wandlers*

LuK hat den Multifunktionswandler für Zwei- und Dreikanalkonzepte entwickelt, um:

1. die Eigenfrequenzen des Antriebstrangs abzusenken und
2. eine Leerlauf-Abkopplung zu verwirklichen.

In Bild 10 ist der Querschnitt eines Zweikanalkonzepts zu sehen. Eine zweite Kupplung wurde zwischen Deckel und Pumpe eingesetzt. Der Öffnungsdruck der Überbrückungskupplung (Kanal 2 in Bild 10) wird zwischen der Eingangswelle und der Leitradwelle zugeführt, und der Betätigungsdruck der Kupplung (Kanal 1 in Bild 10) wird zwischen dem Pumpenhals und der Leitradwelle zugeführt. Da beim Stillstand für beide Drücke hohe Werte aufrechterhalten werden, wird kein Drehmoment auf die Pumpe übertragen, und der Wandlerwiderstand wird eliminiert.

Wenn der Fahrer den Fuß vom Bremspedal nimmt, liegt kein Betätigungsdruck an und der Öffnungsdruck aktiviert die Kupplung zwischen Deckel und Pumpe, die eine ausreichende Drehmomentkapazität bereitstellt und den Kühlölstrom aufrechterhält (Bild 11). Das Betätigen ist für den Fahrer kaum wahrnehmbar, da nur die relativ geringe Pumpenträgheit beschleunigt wird, anstatt dass die Turbinen- und Getriebekomponenten verlangsamt werden.

Zum Betätigen der Wandlerüberbrückungskupplung wird Druck zwischen Pumpe und Deckel zugeführt, und die Pumpe verschiebt sich zur Turbine hin (Bild 12). Jetzt fließt das Motormoment vom Deckel über den Dämpfer und über die Überbrückungskupplung zur Eingangswelle. Die Deckelträgheit ist fest mit dem Motor, die Pumpe und die Turbine sind fest mit der Eingangswelle verbunden. Die Pumpenträgheit wird dadurch vom Motor entkoppelt und an den Getriebeeingang angekoppelt, wodurch dessen Eigenfrequenz herabgesetzt wird. In diesem Betriebszustand übernimmt der Wandler zusätzlich die Funktion des ZMS, weswegen die Bezeichnung „Multifunktionswandler“ gewählt wurde. Die Leerlaufresonanz und die Geräuschprobleme in Verbindung mit Start/Stop werden bei diesem Konzept gänzlich vermieden.

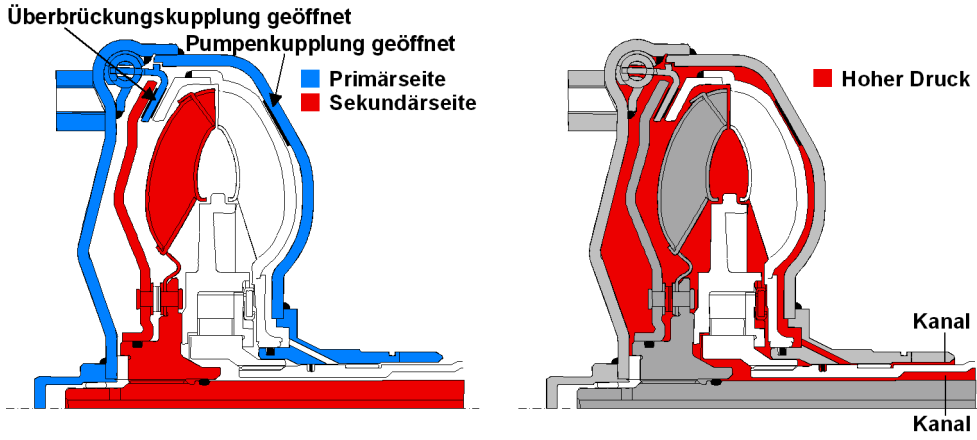


Bild 10: *Multifunktionswandler (Modus abgekoppelt im Leerlauf)*

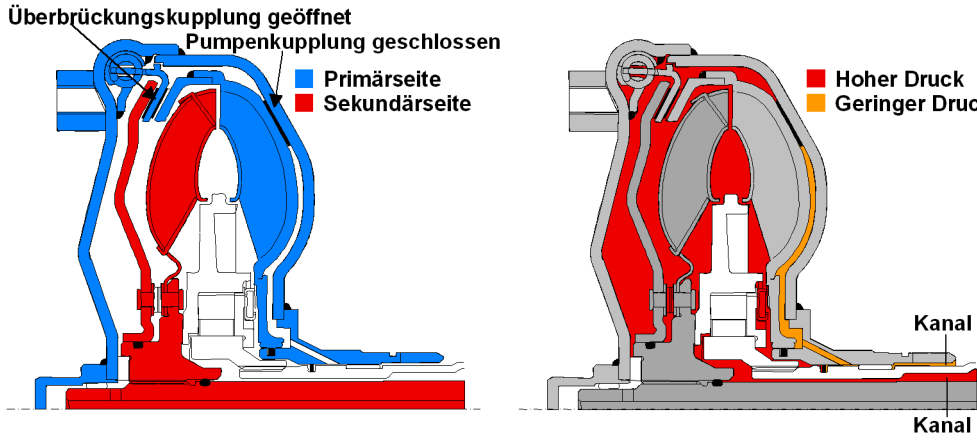


Bild 11: *Multifunktionswandler (Wandlermodus)*

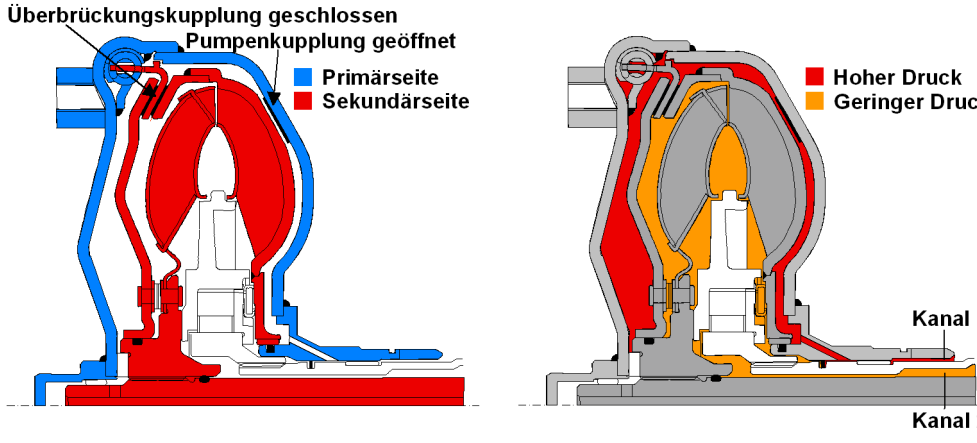


Bild 12: *Multifunktionswandler (Modus Überbrückungskupplung betätigt)*

Wandler mit Rückwärtsgang

Zum Rückwärtsbetrieb benötigt ein stufenloses Automatikgetriebe (CVT) ein Planetengetriebe mit zwei Kupplungspaketen (Wendesatz). Das Anfahren erfolgt nach derzeitigem Stand der Technik über einen Wandler, eine Nasskupplung oder eine Magnetpulverkupplung. Der Zeitanteil bei dem das Anfahrelement oder der Rückwärtsgang zum Einsatz kommen, ist sehr gering. Trotzdem wird ein erheblicher Teil der CVT-Kosten vom Planetengetriebe für den Rückwärtsgang und dem Anfahrelement verschlungen. Zur Kostensenkung entwickelte LuK die Idee einer Kombination beider Funktionen zu einem einzigen Bauteil.

Bei der Vorwärtsfahrt leitet das Wandlerleitrad die aus der Turbine abströmende Flüssigkeit in die Pumpe um und ermöglicht dadurch eine Drehmomentverstärkung. Die Flüssigkeitsumleitung resultiert in einer Kraft, die versucht, das Leitrad in die der Pumpe und Turbine entgegengesetzte Richtung zu drehen. Die entgegengesetzte Drehung des Leitrads wird normalerweise durch den Freilauf verhindert. Würde man jedoch das Leitrad mit der Getriebeeingangswelle verbinden, würde das Fahrzeug in Rückwärtsrichtung bewegt werden. Um das erforderliche Moment zu erzielen, kann die Momentenverstärkung durch Verbinden der Turbine mit dem Getriebegehäuse erzeugt werden.

Eine spezielle Konstruktion innerhalb des Wandlers ermöglicht sowohl Vorwärts- als auch einen Rückwärtsbetrieb des Fahrzeugs. Bei dieser Konstruktion wird die Verbindung vom Wandler zur Getriebeeingangswelle und zum Getriebegehäuse miteinander vertauscht.

Zur unabhängigen Steuerung der Vorwärts- und Rückwärtseigenschaften wird ein Vier-Element-Wandler eingesetzt. Drei Elemente des Wandlers sind im Vorwärtsmodus aktiv (Bild 13), während im Rückwärtsmodus alle vier Wandlerelemente aktiv sind (Bild 14).

Der Wandler mit Rückwärtsgang von LuK realisiert die benötigte Anfahr- und Rückwärtsfunktion in einem einzigen Bauteil. Diese Konfiguration spart nicht nur Kosten, sondern ist auch ausgesprochen platzsparend.

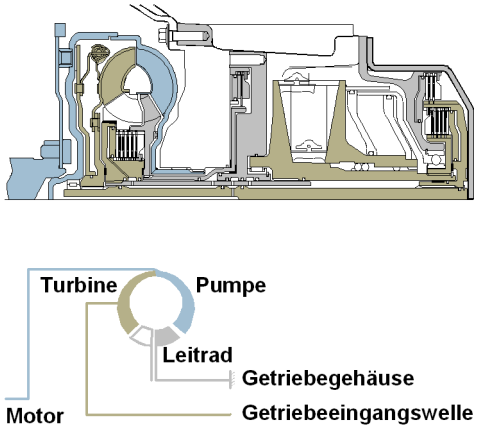


Bild 13: *Wandler mit Rückwärtsgang (Vorwärtsfahrt)*

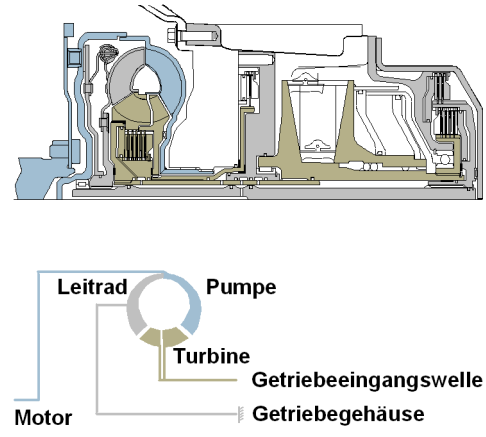


Bild 14: *Wandler mit Rückwärtsgang (Rückwärtsfahrt)*

Startergenerator-Wandler

LuK ist seit Anfang der 80er Jahre mit der Entwicklung von Systemen mit Startergenerator befasst. Die Vorteile von Startergeneratoren bestehen in der gesteigerten verfügbaren elektrischen Leistung und einem reduzierten Kraftstoffverbrauch, womit Komfort und Wirtschaftlichkeit erhöht werden.

Durch den Einbau eines Startergenerators in einen Antriebstrang mit Wandler werden neue Forderungen an das Wandlerdesign gestellt. Außerdem wird die Möglichkeit geschaffen, den Motor vom Wandler und Startergenerator abzukoppeln, während der Betrieb der Getriebepumpe aufrechterhalten wird. Diese Erwartungen müssen erfüllt werden, um Impulsstarts und die Bremsenergierückgewinnung zu unterstützen.

LuK konzentriert sich auf Wandlerlösungen, die diesen Anforderungen gerecht werden können. LuK entwickelt derzeit in Zusammenarbeit mit verschiedenen Anbietern von Startergeneratoren eine Reihe von möglichen Anordnungen von Wandler- und Startergenerator (Bild 15).

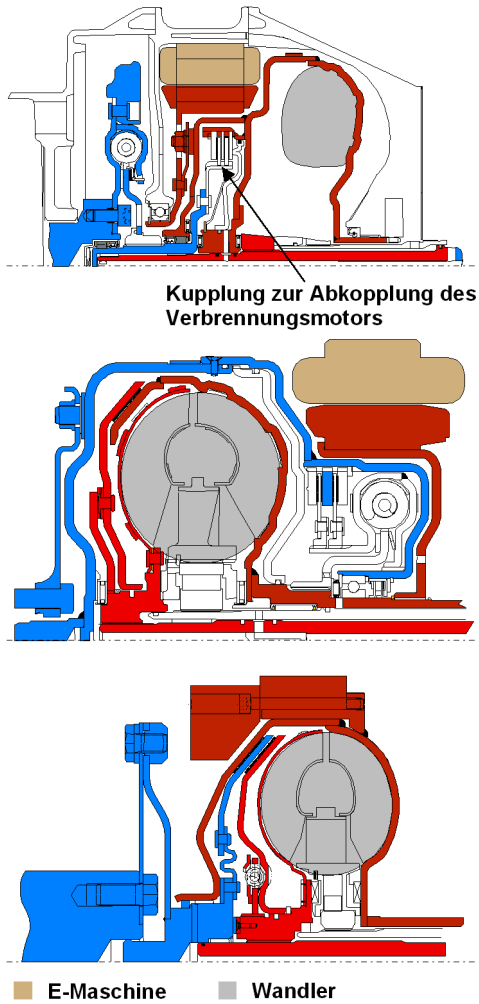


Bild 15: *Startergenerator Lösungen*

Die mit Blick auf die Zukunft unternommenen Entwicklungsbemühungen konzentrieren sich auf mögliche Kombinationen mit dem Multifunktionswandler, mit denen die Anforderungen ohne zusätzliche Bauteile erfüllt werden können (Bild 16).

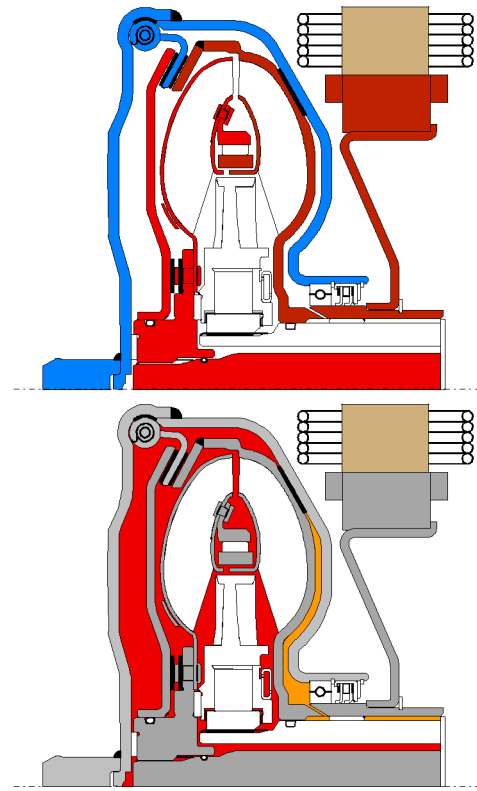


Bild 16: *Multifunktionswandler mit Startergenerator*

Zusammenfassung

Bei LuK erfolgen Entwicklung und Design von Wandlern auf der Basis eines integrierten Design-Ansatzes, in den analytische Simulationen, Tests und Optimierungen einfließen. Dieser Ansatz ist ein systematischer Design- und Entwicklungsprozess, bei dem mehrere Analyse-Werkzeuge zum Einsatz kommen. Wenn zur Durchführung der notwendigen Aufgaben keine kommerzielle Software zur Verfügung steht, werden entsprechende Programme firmenintern entwickelt. Diesem Prozess liegt das Bestreben nach Optimierung und Verbesserung zugrunde. Er ermöglicht aber auch die Erkennung von Problembereichen, bevor mit dem Bau von Prototypen begonnen wird. Dies führt zu optimalen und effizienten Wandlerdesigns.

Die Wandlerüberbrückungskupplung und der Dämpfer sind wesentliche Elemente des Wandlers. LuK besitzt ähnliche Analyse-Werkzeuge für das Design dieser Komponenten und die Vorhersage ihrer Leistung. 20 Jahre Erfahrung führen zu einer perfekten Verbindung zwischen Überbrückungskupplung und Wandler. Es wurden Entwicklungsmethoden entwickelt, mit denen Torsionsschwingungen des Antriebsstrangs vorausberechnet und dadurch die Dämpfereigenschaften optimiert werden können. Es werden Wärmemodelle für die Überbrückungskupplung entwickelt, damit Kühlkonzepte entworfen werden können, die einen Dauerschlupf der Kupplung zum Isolieren von Schwingungen ermöglichen.

Ferner hat LuK firmeneigene Softwareprogramme entwickelt, welche das Verhalten des gesamten Fahrzeugs simulieren. Änderungen im Kraftstoffverbrauch und der Fahrzeugleistung bei verschiedenen Wandlerdesigns können vorhergesagt werden, noch bevor der erste Prototyp gebaut wird.

Ein weiterer Vorteil dieses integrierten Design- und Entwicklungsansatzes besteht darin, dass innovative Lösungen, die andernfalls leicht übersehen würden, gefunden werden.

LuK arbeitet derzeit an folgenden innovativen Konzepten im Bereich Drehmomentwandler:

- Genutete Deckel anstatt genuteter Beläge zur Verbesserung der Kühlleistung der Überbrükkungskupplung bei Betrieb mit Schlupf.
- Schlupfabhängige Kühlung, bei der sich der Volumenstrom durch die Überbrückungskupplung proportional zur Schlupfleistung einstellt.
- Multifunktionswandler als Kombination aus Wandler und ZMS.
- Wandler mit Rückwärtsgang
- Wandler für Startergeneratoren

Literatur

[1] Middlemann, V.; Wagner, U.: Der Wandler als System, 6. LuK Kolloquium 1998.

[2] Jürgens, G.: Vergleich von Getriebesystemen, 5. LuK Kolloquium 1994.

[3] Middlemann, V.; Gundlapalli, R.; Halene, C.; Marathe, B.: Development of Axially-Squashed Torque Converters for Newer Automatic Transmissions, Jährliche Sommerkonferenz der International Fluids Engineering Division (2000 ASME), 11.-15. Juni 2000, Boston, MA, FEDSM2000-11326.

[4] Kozarekar, S.; Maucher, E.; Marathe, B.: Analysis of 3-Element Torque Converter as Reverse Gear, Jährliche Sommerkonferenz der International Fluids Engineering Division (2000 ASME), 11.-15. Juni 2000, Boston, MA, FEDSM2000-11327.