



# **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](http://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

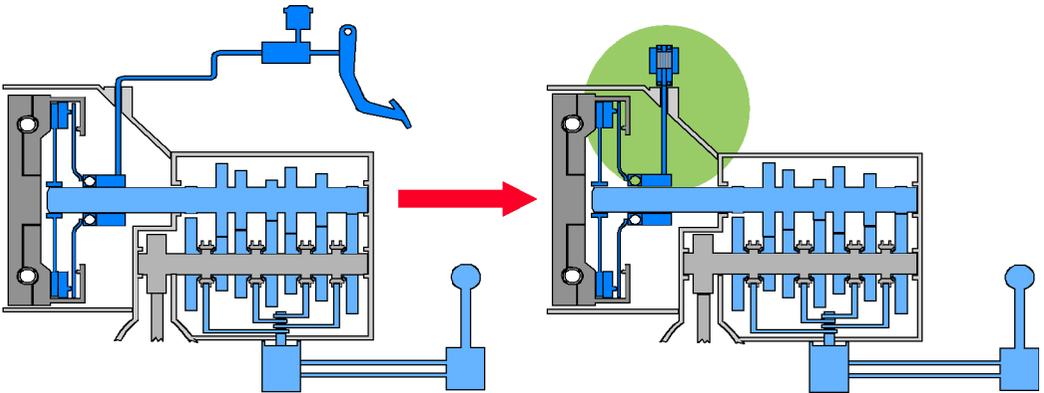
---

# Die XSG Familie

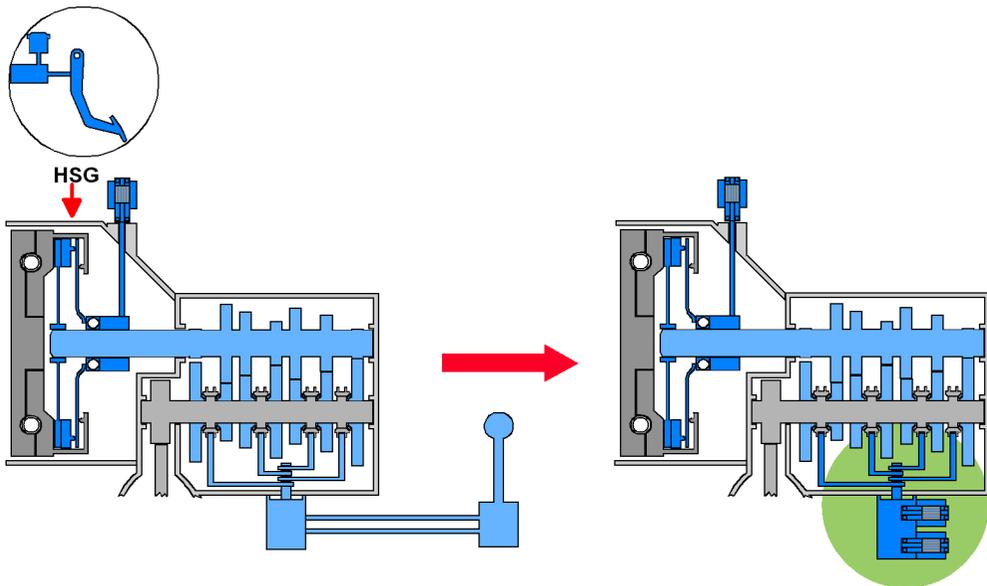
## Trockenkupplungen und E-Motoren als Kernelemente zukünftiger Automatikgetriebe

Robert Fischer  
Georg Schneider





**Bild 2:** Vom HSG zum EKM

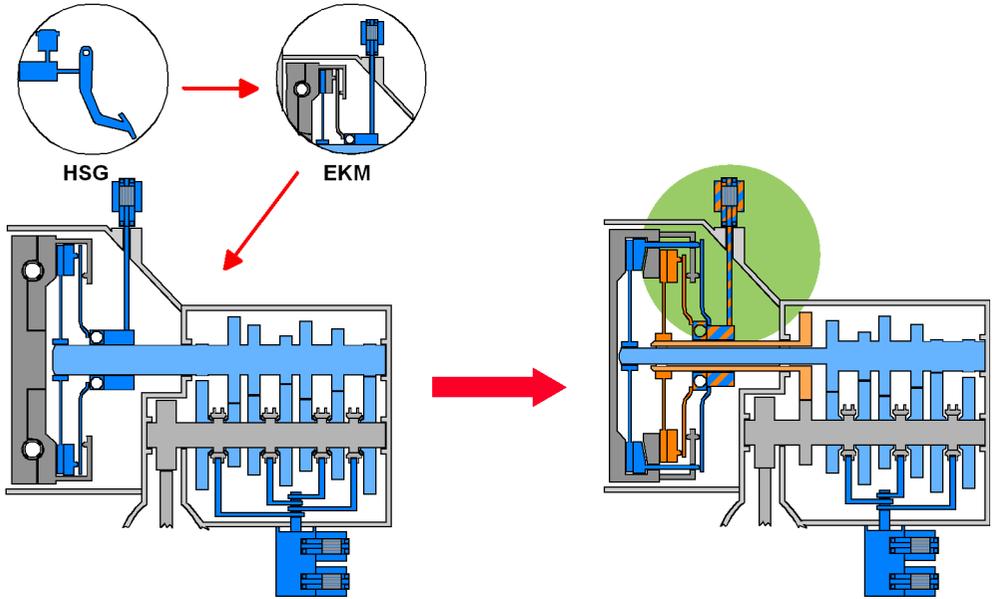


**Bild 3:** Vom EKM zum ASG

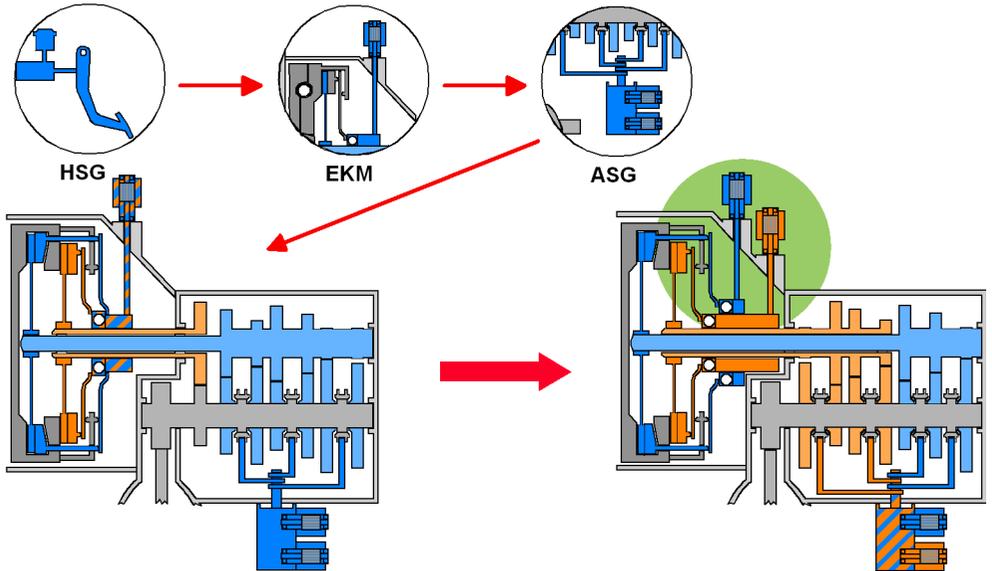
Beim **unterbrechungsfreien Schaltgetriebe (USG, Bild 4)** wird durch eine weitere Kupplung eine Teilauffüllung des Momenteneinbruchs bei einer Schaltung erreicht.

Dadurch wird der Schaltkomfort noch einmal stark verbessert. Der Mehraufwand im Vergleich zu einem ASG ist gering; wie in [5] ausgeführt, ist beim USG für die beiden Kupplungen nur ein Kupplungsaktor notwendig. Allerdings ist dieses Getriebe nur bis zu bestimmten Motormomenten einsetzbar.

Das **Parallelschaltgetriebe (PSG)** gehört zur Gruppe der Doppelkupplungsgetriebe. LuK hat dem PSG (Bild 5) einen eigenen Namen gegeben, da es sich um eine ganz spezielle Ausführungsform handelt. Es werden Trockenkupplungen und eine elektromotorische Aktorik verwendet. Eine weitere Besonderheit ist, dass für die Schaltung der beiden Teilgetriebe nur **eine** dem ASG ähnliche Aktorik eingesetzt werden muss.



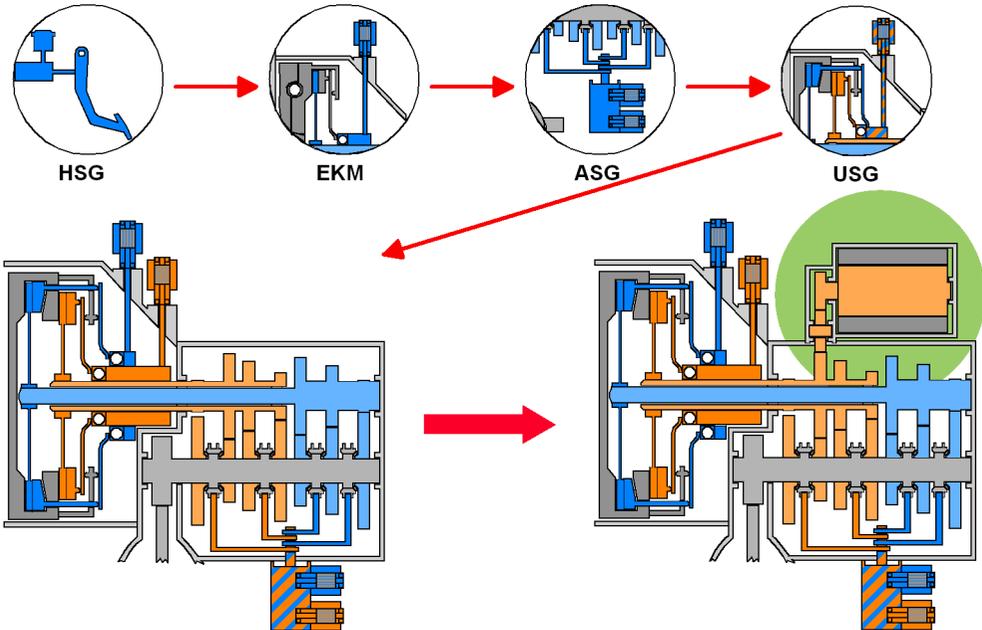
**Bild 4:** Vom ASG zum USG



**Bild 5:** Vom USG zum PSG

Gegenüber ASG und USG wird mit dem PSG noch einmal ein deutlicher Komfortgewinn erreicht, da nun eine voll momentenaufgefüllte Lastschaltung möglich ist. Anders als beim

USG sieht LuK hier keine Begrenzung für hohe Motormomente. Der Verbrauchsvorteil ist fast genauso hoch wie beim ASG.



**Bild 6:** Vom PSG zum ESG

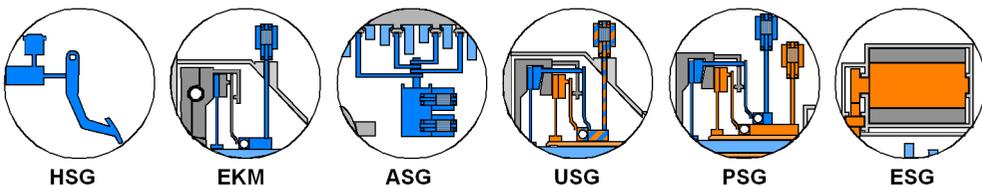
Der nächste Schritt besteht darin, den Startergenerator mit dem Getriebe zu vereinen. Ein PSG lässt sich sehr elegant zu einem **elektrischen Schaltgetriebe (ESG, Bild 6)** erweitern, indem an eine der beiden Eingangswellen ein achsparalleler Startergenerator angekoppelt wird.

Wird diese Option schon beim Entwurf des PSG berücksichtigt, sind am Getriebe nur geringfügige Modifikationen für das ESG notwendig. Der Vorteil des ESG ist eine deutliche weitere Verbrauchssenkung und ein zusätzlicher Komfortgewinn.

Damit ist die XSG Familie vollständig (Bild 7) - zumindest vorläufig, wer weiß, was die Zukunft noch bringt.

Gemeinsamkeiten der XSG Familie sind demnach:

- ähnliche Fertigungstechnologien (wie Stirnradverzahnung),
- der Einsatz von Trockenkupplungen [6],
- der Einsatz ähnlicher Aktorik,
- der Einsatz von Elektromotoren,
- gemeinsame Strategien [7].

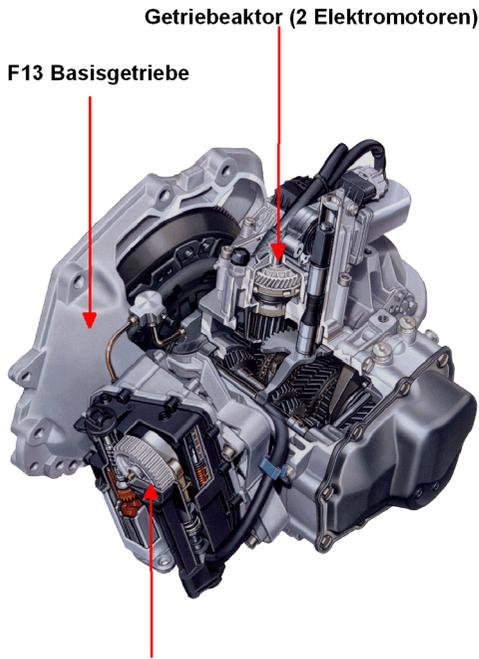


**Bild 7:** Die XSG Familie

## Zwei XSG Mitglieder etwas detaillierter (ASG und USG)

### Das automatisierte Schaltgetriebe

In [2] wurde das ASG ausführlich vorgestellt. Nun ist dieses System bereits seit einem Jahr in Form der Easytronic® bei Opel (Bild 8) in Serie.



**Kupplungsaktor und Steuergerät**

**Bild 8:** Easytronic® (Quelle: Opel), [9]

Das LuK ASG ist das erste und bis jetzt einzige elektromotorisch automatisierte Schaltgetriebe,

- bei dem eine freie Gangwahl möglich ist,
- das als Add-on Konzept ausgeführt ist,
- das ein Moment von über 200 Nm ermöglicht.

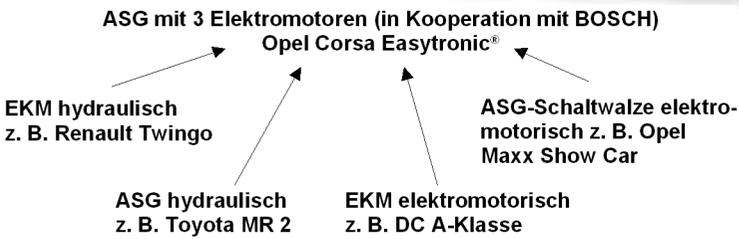
Jede dieser Eigenschaften ist ein Alleinstellungsmerkmal für sich.

Allerdings nicht mehr lange – die Serieneinführung der LuK ASG-Komponenten beim nächsten Fahrzeughersteller steht bevor.

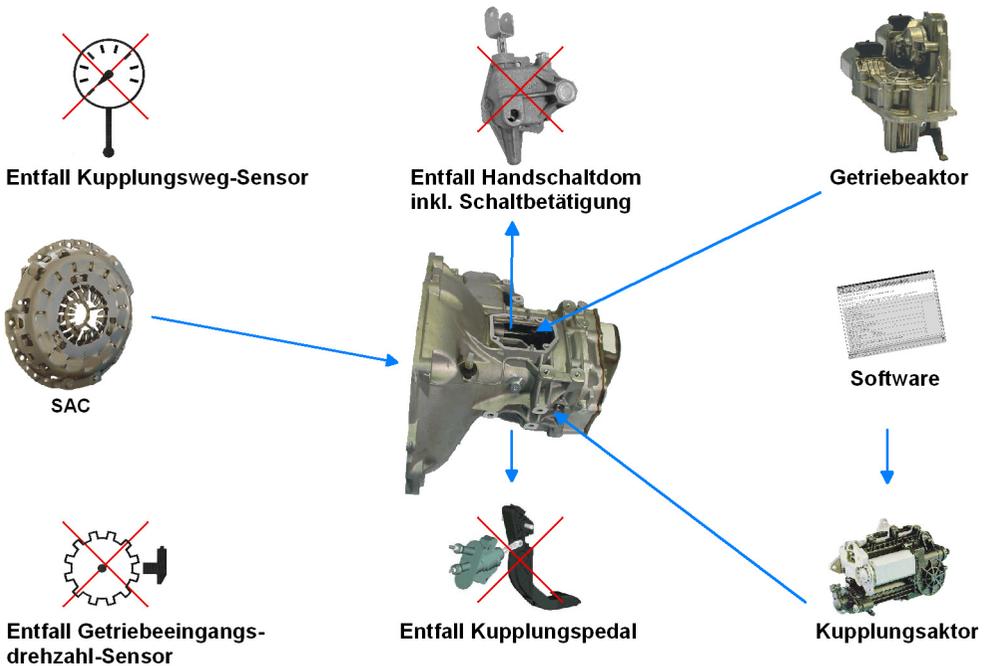
LuK hat auch Serienerfahrung mit hydraulisch betätigten ASG (Bild 9), die zwar technologisch gut, aber teuer und schwerer sind. Nach dem erfolgreichen Anlauf der Corsa Easytronic® hat LuK deshalb entschieden, sich auf den elektromotorischen Weg zu konzentrieren. Dieser Weg entspricht auch dem Trend, heute noch hydraulisch umgesetzte Funktionen elektromotorisch auszuführen.

Das LuK ASG ist in dieser Ausführung ein Add-on System (Bild 10). Das Handschaltmodul inkl. Schaltzügen oder Schaltgestängen und Schalthebel entfällt und wird durch den Getriebeaktor (zwei Motoren) ersetzt. Der Kupplungsaktor ersetzt das Kupplungspedal. Er enthält in diesem Fall auch die Steuer- und Leistungselektronik inkl. Software für das gesamte System und ist am Getriebe befestigt. Er betätigt im Corsa den gleichen hydraulischen Zentralausrücker, der auch bei der nicht automatisierten Variante verwendet wird. Als Kupplung wird eine SAC eingesetzt, die niedrige Ausrückkräfte gewährleistet. Wie schon beim EKM in der A-Klasse ist es gelungen, ohne Kupplungswegsensor am Ausrücksystem und ohne Drehzahlsensor an der Getriebeeingangswelle auszukommen. Das erspart nicht nur die Sensoren an sich, sondern auch die Änderungen am Getriebe und die entsprechende Verkabelung.

Mit dem LuK ASG hat die Corsa Easytronic® ein Mehrgewicht von unter 4 kg. Die Mehrkosten für den Endkunden sind nur ca. 50% der eines Automatikgetriebes. Die Spontaneität und der Fahrspaß sind deutlich höher als mit einem Automatikgetriebe. Der Verbrauch ist wesentlich geringer als beim Automaten, er ist sogar geringer als beim Handschaltgetriebe. Beim 1,2 l Motor wurde ohne eine besonders verbrauchsoptimierte Abstimmung ein Minderverbrauch von 2% erreicht. Beim Corsa Eco 1,0 l ist ein wesentlicher Anteil der mehr als 10%igen Verbrauchssenkung durch ökonomische Schaltpunktwahl erreicht worden.

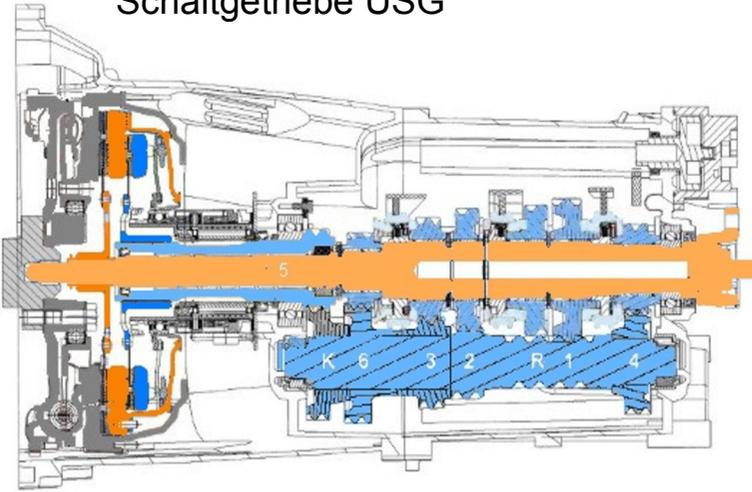


**Bild 9:** LuK's Weg zur Corsa Easytronic®



**Bild 10:** ASG als Add-on-System

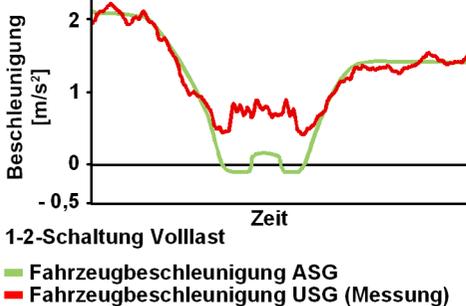
# Das unterbrechungsfreie Schaltgetriebe USG



**Bild 11:** Das unterbrechungsfreie SG - USG

In [5] wurde das USG vorgestellt. In der Zwischenzeit sind ein erster Prototyp für ein Front-quer-Getriebe und ein ausgereifterer Prototyp für ein Fahrzeug mit Heckantrieb aufgebaut worden. Der Schnitt eines mit BMW und Getrag aufgebauten USG (Bild 11) zeigt, dass sich das USG sehr gut für Heckantrieb eignet. Es konnte auch auf einen großen Teil der Synchronisierungen verzichtet werden.

Die Messung in Bild 12 zeigt beispielhaft, wie die Momentenauffüllung verläuft. Je nach Gang und Gaspedalstellung beträgt diese Auffüllung zwischen 40% und 100%. Interessanterweise kann man auch bei Teilauffüllung subjektiv kaum mehr einen Einbruch feststellen.

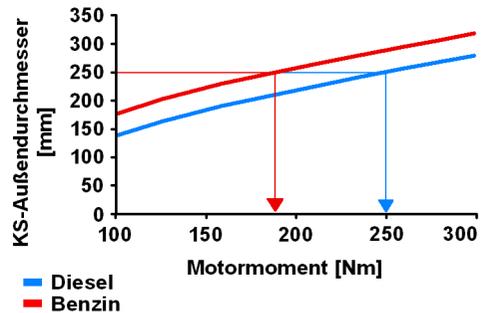


**Bild 12:** USG - Komfortgewinn

Wesentlich scheint hier zu sein, dass die Fahrzeugbeschleunigung nicht ins Negative geht, wie es bei einer Schaltung mit ASG passiert.

Die Zugkraftauffüllung wird dadurch erreicht, dass die mit dem höchsten oder zweithöchsten Gang verbundene Lastschaltkupplung nicht nur die Synchronisierung bewirkt, sondern das dafür notwendige Moment auch an den Abtrieb weiterleitet. Die Kupplung ist vor allem bei Schaltungen in den unteren Gängen dabei die ganze Zeit mit einer relativ hohen Drehzahl-differenz beansprucht. Das

Lastschaltmoment hängt von dem gewünschten Auffüllungsgrad ab. Diese hohe Belastung bei jeder Schaltung erklärt, dass diese Kupplung deutlich stärker als die Anfahrkupplung belastet ist. In Bild 11 ist die größere Kupplung daher auch die Lastschaltkupplung. Zwischen dem Motormoment und dem notwendigen Außendurchmesser der Scheibe der Lastschaltkupplung kann man einen Zusammenhang herstellen (Bild 13). Durch die Baubedingungen ergibt sich, dass das USG auf Motormomente von max. 200 bis 250 Nm begrenzt ist. Für eine Getriebegeneration, die diese Drehmomentklasse nicht überschreitet, ist das USG eine Lösung, die viel Komfort bei vernünftigen Kosten bringt. Neue, leistungsfähigere Reibbeläge könnten diese Grenze jedoch nach oben verschieben.

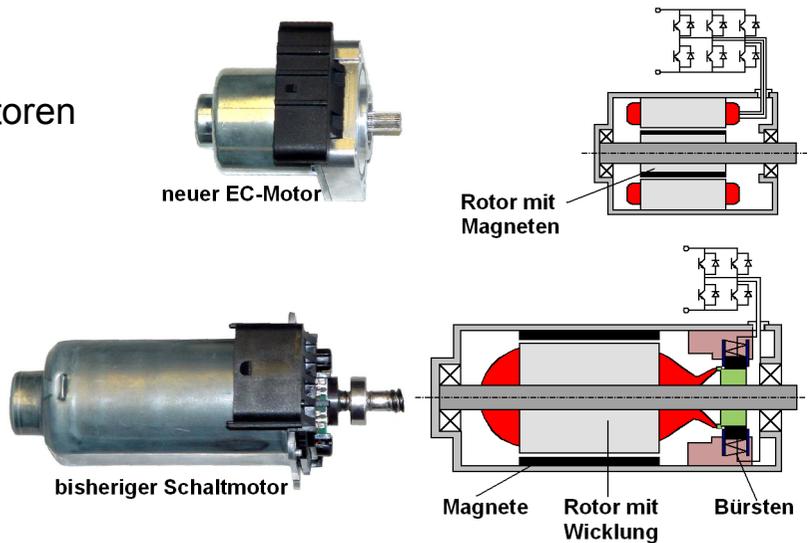


**Bild 13:** USG - Drehmomentgrenze

# Die gemeinsamen Komponenten der XSG Familie

## Neue Elektromotoren

LuK setzt bei der Automatisierung des Handschaltgetriebes auf Elektromotoren. Die Gründe wurden zum Teil schon genannt: Das System kann ohne Hydraulikflüssigkeit auskommen - was dem Trend entspricht -, es ist kostengünstig, hat geringes Gewicht, ist robust etc.



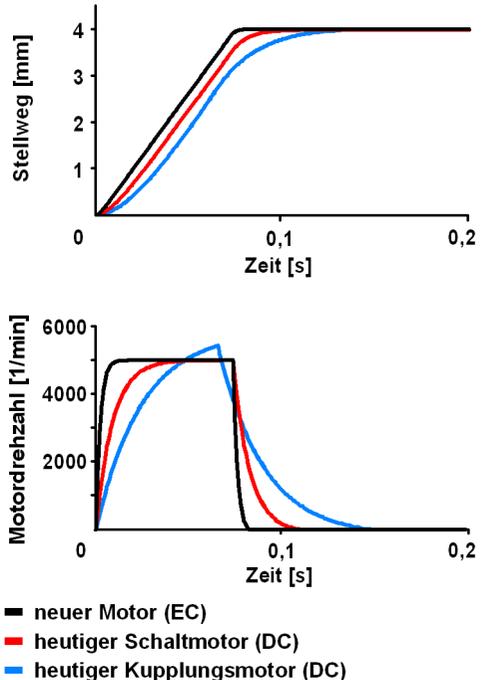
**Bild 14:** Vergleich Elektromotoren

Die bei der Easytronic® eingesetzten Motoren basieren auf Fensterhebermotoren (**DC-Motoren**). Die Beanspruchung beim ASG ist aber weit höher als beim Fensterheber. Die Motoren sind relativ hohen Temperaturen ausgesetzt, werden mit starken Schwingungen beaufschlagt, sind Salzwasser ausgesetzt usw. Mit Bosch wurden auf Basis von Bürstenmotoren hochleistungsfähige Motoren für diesen Einsatzfall entwickelt (Bild 14 unten).

Dass die Motoren auf Grund der Einsatzbedingungen aufwändig geworden sind, sieht man z. B. an dem großen Lager, das auf Grund der Schwingbeanspruchung notwendig ist.

LuK hat Wege gesucht, um den Bauraum und auch die Kosten noch weiter zu reduzieren bei gleichzeitig höherer Leistungsfähigkeit. Dazu werden bürstenlose Motoren eingesetzt (Bild 14 oben).

Bei diesen elektrisch kommutierten Motoren (**EC-Motoren**) werden als zusätzliche Maßnahme Seltene-Erden-Magnete verwendet. Dadurch wird der Motor sehr kompakt und hat



**Bild 15:** Dynamik neue Elektromotoren (Beispiel Kuppeln)

	heutiger Kupplungs- motor (DC)	heutiger Schaltmotor (DC)	neuer Motor (EC)
<b>Leistungsdichte</b>	101 W/kg 100%	163 W/kg 162%	267 W/kg 266%
<b>Massenträgheit</b>	$30,4 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$ 100%	$25,0 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$ 82%	$6,5 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$ 21%
<b>mechanische Zeitkonstante</b>	27,75 ms 100%	7,46 ms 27%	1,88 ms 6,8%
<b>Gewicht</b>	693 g 100%	813 g 117%	438 g 63%
<b>Volumen</b>	166 cm <sup>2</sup> 100%	162 cm <sup>2</sup> 98%	62 cm <sup>2</sup> 37%

**Bild 16:** Kennwerte neue Elektromotoren

eine hohe Leistungsdichte. Die Seltene-Erden-Motoren sind zwar teuer und auch für die elektrische Kommutierung sind zusätzliche elektronische Bauteile im Steuergerät vorzusehen. Diese Mehraufwände werden aber mehr als kompensiert durch den einfachen Aufbau des Motors. Da keine Bürsten verwendet werden, sind auch keine aufwändigen Maßnahmen erforderlich, um den Bürstenträger schwingungs- und temperaturfest zu machen. Da die Masse des Rotors sehr gering ist, ist keine aufwändige Lagerung notwendig. Wie im nächsten Kapitel dargestellt wird, kann dann auch an der mechanischen Aktor-Ausführung einiges eingespart werden, da durch die geringere Masse der Motoren auch die Beanspruchung der Aktorik geringer wird.

Aber auch bei der Dynamik gibt es Vorteile. Durch die kleinere Massenträgheit des Rotors wird die Nenndrehzahl wesentlich schneller erreicht. Damit ergibt sich bei einer Sprungvorgabe auch eine schnellere Verstellzeit. In Bild 15 unten werden die Drehzahlverläufe verglichen und in Bild 15 oben die daraus resultierenden Stellwege. Bei den bisherigen Motoren (DC) sind der Kupplungsmotor und der schon weiter optimierte Schaltmotor dargestellt.

Die Vorteile der neuen Elektromotoren sind in der Tabelle (Bild 16) noch einmal zusammengefasst.

## Neuentwicklung der Kupplungsaktorik [8]

Durch die Kompaktheit der neuen Motoren eröffnen sich neue konstruktive Möglichkeiten. Der Motor kann z. B. direkt an der Kupplungsglocke angebracht werden - die Betätigung kann dann über eine Spindel auf einen MZA wirken (Bild 17 links).

Ein weiterer Vorteil ist das Potenzial für höheres Drehmoment. Die heute eingesetzten Motoren können nicht mehr verlängert (Wellendurchbiegung) und auch nicht dicker werden (Bauraum, Dynamik). Bei den EC-Motoren ist eine Verlängerung des Motors problemlos machbar.

LuK kann aber auch noch eine weitere Innovation anbieten, und zwar den elektrischen Zentralausrücker, der in den Bauraum des herkömmlichen hydraulischen Zentralausrückers passt [6].

Diese neuen Kupplungsaktoren können für die Kupplungsautomatisierung sämtlicher XSG Familienmitglieder eingesetzt werden.

## Neuentwicklung der Getriebeaktork [8]

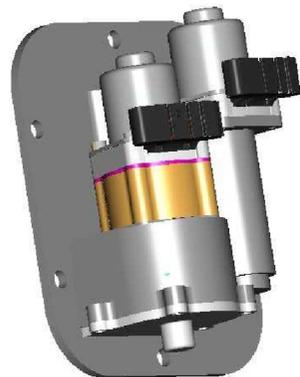
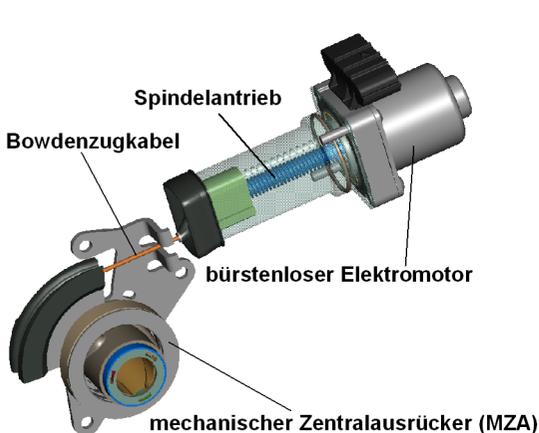
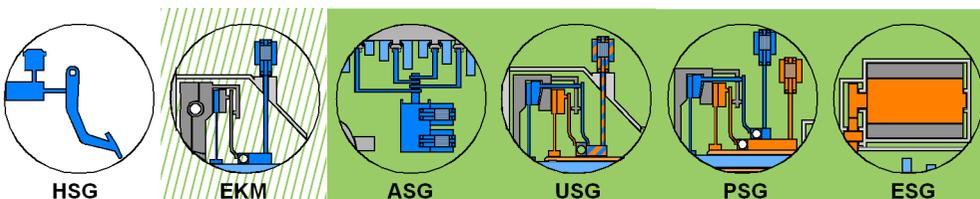
Mit den neuen EC-Motoren ist es möglich, die Getriebeaktork wesentlich kompakter zu bauen, als sie bisher schon war. In den meisten Fällen ist es sogar möglich, dass der komplette Getriebeaktork in den ansonsten von der Handschaltmechanik ausgefüllten Raum passt. Durch die geringe Masse der Motoren wird auch die Schwingungsbelastung des Aktorgehäuses reduziert - dadurch können Gewicht und Volumen deutlich verringert werden.

Diese Aktork findet bei der ganzen XSG Familie für die Automatisierung der Schaltung Einsatz.

Bei Doppelkupplungsgetrieben sind zwei Teilgetriebe zu automatisieren. Es müssten also zwei ASG-Aktoren eingesetzt werden. Durch eine innovative LuK Entwicklung, genannt Active Interlock, ist das Schalten der beiden Teilgetriebe mit einem Aktork, wie beim ASG, möglich - dies ist eines der wesentlichen Merkmale des PSG (Bild 18).

Ein Ausführungsbeispiel eines Active Interlock-Getriebeaktork für ein PSG wird für ein Fahrzeug mit Heckantrieb in Bild 17 rechts gezeigt.

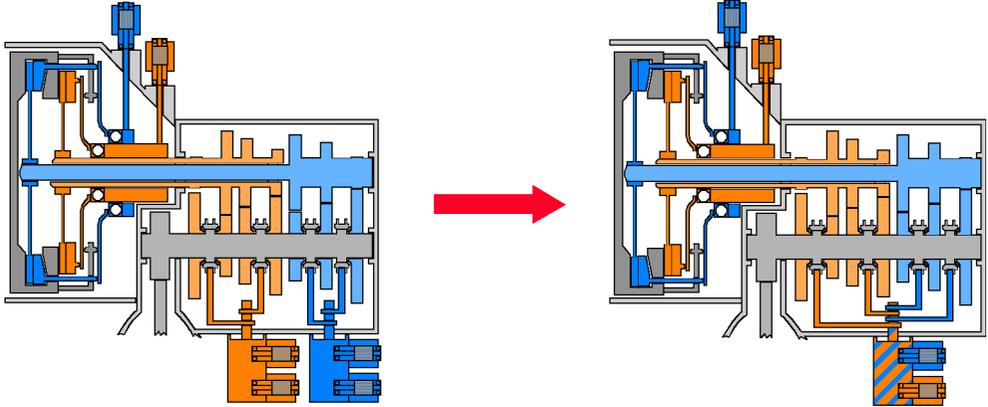
Die Technologie Active Interlock beschleunigt durch Entfall der Wählzeiten auch die Schaltungen beim ASG. Das Active Interlock ist also für die Getriebebeschaltung bei allen XSG Familienmitgliedern einsetzbar und sehr modular (Bild 19).



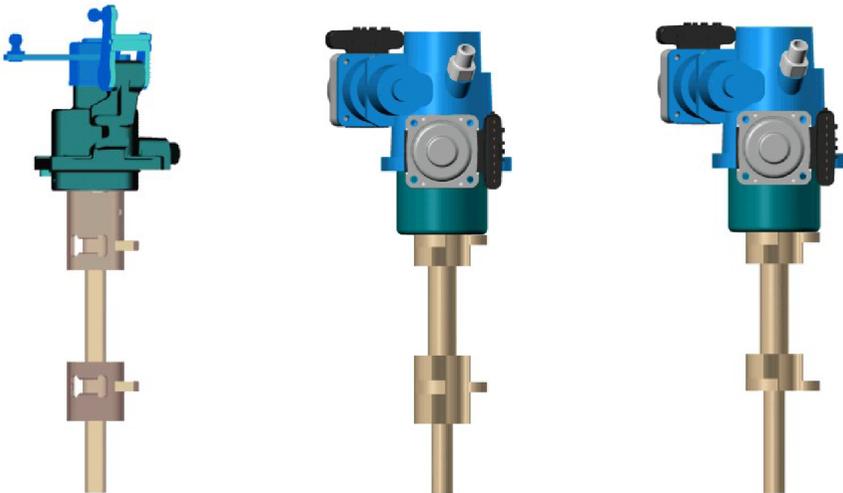
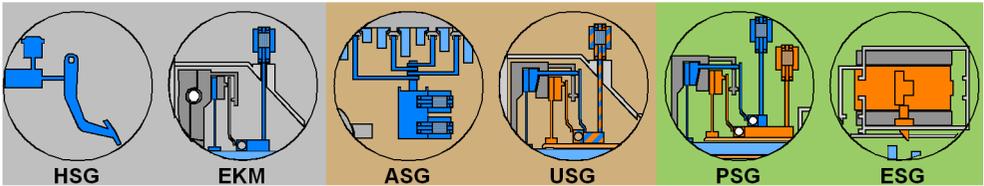
Kupplungsaktork

Getriebeaktork

**Bild 17:** Neuentwicklung XSG Aktork



**Bild 18:** PSG mit nur einem Getriebeaktor



auf der Basis der neuen Elektromotoren

**Bild 19:** Active Interlock

## Systemvergleich

Ein ganz wichtiges Argument für die Automatisierung von Handschaltgetrieben, also für die XSG Familie, ist der günstige Verbrauch. Nimmt man das Handschaltgetriebe als Basis, so haben Automatikgetriebe bei gleicher Schaltpunktwahl zunächst einmal einen Mehrverbrauch durch hydraulische Verlustleistungen (Bild 20 oben, roter Pfeil mit Buchstaben „H“). Dieser Mehrverbrauch beträgt mehrere Prozent. Automatikgetriebe (wie auch automatisierte Getriebe) können den Vorteil nutzen, durch automatische Schaltpunktwahl günstigere Betriebspunkte im Motorkennfeld auszuwählen und damit in den gesetzlichen Zyklen den Verbrauch zu senken (Bild 20 oben, grüner Pfeil mit Buchstaben „S“). Diese Verbrauchsminderung durch die automatische Schaltpunktwahl ergibt sich übrigens auch im Praxisbetrieb, da der Durchschnittsfahrer mit Handschaltgetriebe das verbrauchsgünstige niedertourige Fahren zu meist vermeidet.

Das erste Mitglied der XSG Familie, das EKM, hat den gleichen Verbrauch wie das Hand-

schaltgetriebe. Die Leistungsaufnahme der Aktorik liegt unter 10 W, was im Treibstoffverbrauch nicht nachweisbar ist. Die automatisierten Getriebe ASG, USG und PSG können bei gleicher Spreizung die gleichen Verbrauchsvorteile durch automatische Schaltpunkte erreichen wie die Automatikgetriebe. Die Differenz zwischen diesen automatisierten Getrieben und dem Automatikgetriebe ist der Mehrverbrauch durch hydraulische Verlustleistung, die das Automatikgetriebe hat. Das gilt auch dann, wenn der Zyklusverbrauch des Automatikgetriebes sogar unter dem des Handschaltgetriebes (HSG) liegt. Das heißt nichts anderes, als dass die Vorteile durch die automatische Schaltpunktwahl den Mehrverbrauch durch hydraulische Verlustleistung überwiegen. Die automatisierten Handschaltgetriebe bleiben immer noch um diese hydraulische Verlustleistung besser.

Durch Rekuperation kann noch einmal ein deutlicher Minderverbrauch erreicht werden (Bild 20 unten, grüner Pfeil mit Buchstaben „R“). Deshalb hat das ESG den niedrigsten Verbrauch.

### Verbrauch Automatikgetriebe



### Verbrauch XSG-Familie

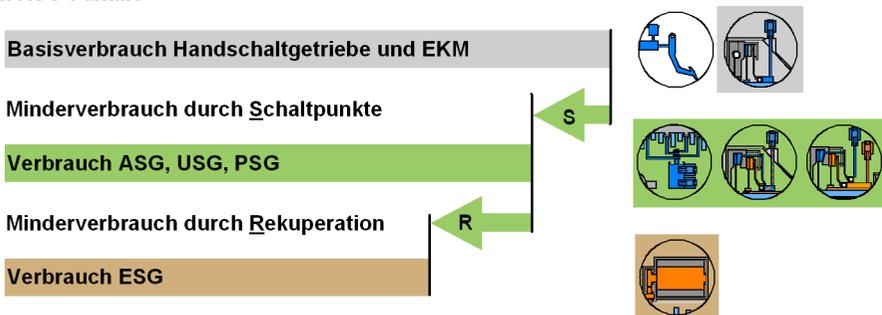
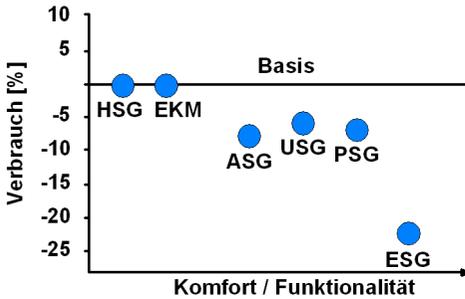


Bild 20: Verbrauchsbetrachtung

Müssen Komfortsteigerung und Verbrauchssenkung ein Widerspruch sein? Dass dem nicht so ist, zeigt Bild 21.



**Bild 21:** Vergleich Verbrauch und Komfort

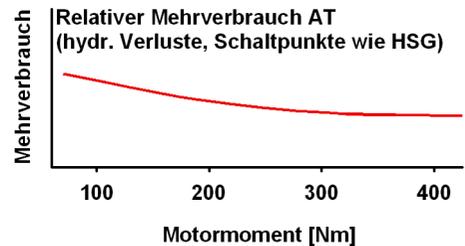
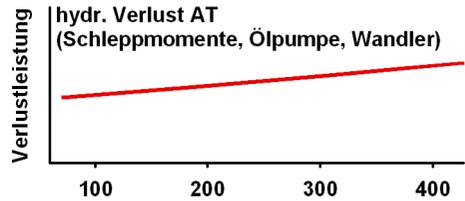
Trotz zunehmenden Komforts und zunehmender Funktionalität nimmt der Verbrauch ab. Durch die Lastschaltungen wird der Verbrauchsvorteil durch das automatisierte Schalten beim USG und PSG im Vergleich zum ASG etwas reduziert, wobei beim PSG diese Lastschaltverluste geringer sind (diese Verluste wurden in der vereinfachten Darstellung im Bild 20 nicht berücksichtigt, auch nicht beim AT, vgl. auch [3]). Mit Abstand am besten steht das ESG da.

Diese Verbrauchswerte sind grobe Anhaltswerte; sie hängen von vielen Größen ab, unter anderem vom Motormoment. Hierbei gibt es zwei wesentliche Effekte. Der eine Effekt rührt daher, dass beim absoluten Betrag der Verlustleistungen ein nicht momentenabhängiger Sockelbetrag vorhanden ist. Der andere Effekt beruht darauf, dass das Verbrauchssenkungspotenzial durch Schaltpunktwahl bei einem kleinen Motor geringer ist als bei einem großen.

Der erste Effekt ist qualitativ in Bild 22 erläutert. Die Verlustleistungen von Ölpumpe und Ölkühler, die Schleppverluste der Lamellenkupplungen sowie Plansch- und Wandlerverluste haben einen recht großen Konstantanteil und nehmen deshalb mit abnehmender Motorgröße, genauer gesagt mit abnehmendem Motormoment, unterproportional ab. Der relative Mehrverbrauch des Automatikgetriebes nimmt deshalb mit kleiner werdendem Motormoment deutlich zu. Eine elektrisch angetriebene Ölpumpe reduziert die

se Verluste kaum. Überschlüssmäßige Begründung: Für 100% mechanische Leistung der Ölpumpe benötigt der Elektromotor 200% elektrische Leistung. Um diese bereit zu stellen, benötigt der Generator 400% mechanische Leistung. Das heißt, erst wenn die mechanische Energieaufnahme der Ölpumpe durch das gezielte Einschalten auf ein Viertel reduziert wird, ist diese Maßnahme verbrauchsneutral.

Der zweite Effekt ist in Bild 23 erläutert. Der Fahrer wünscht eine bestimmte Fahrleistung, die durch unterschiedliche Kombination von Motormoment und Motordrehzahl und entsprechende Getriebeübersetzung erreicht werden kann. Das heißt, durch die Getriebeübersetzung wird der Betriebspunkt im Motorkennfeld entlang der Linie gleicher Leistung verschoben. Die Verbrauchssenkung beruht nun darauf, dass normalerweise der spezifische Verbrauch bei hoher Last und geringer Drehzahl niedriger ist. Hier gibt es bei einem starken Motor wesentlich mehr Potenzial als bei einem kleinen Motor. Außerdem kann man Bild 23 entnehmen, dass eine größere Getriebebespreizung besonders bei starken Motoren Sinn macht.



**Bild 22:** AT-Mehrverbrauch durch Hydraulikverluste

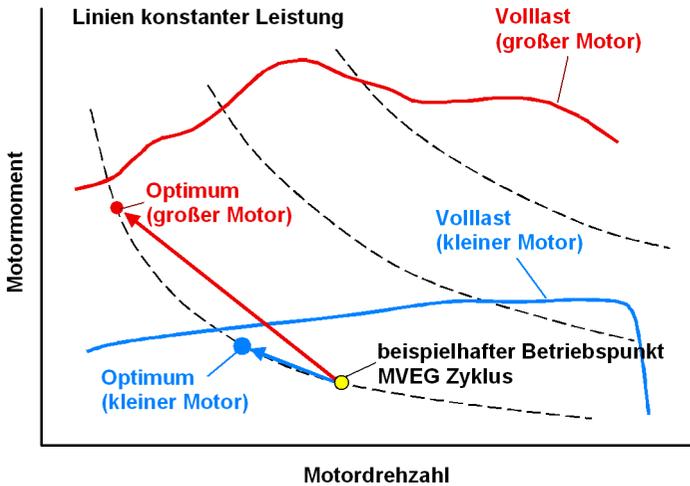


Bild 23: Verbrauchsreduktion durch optimalen Motorbetriebspunkt

- Corsa 1.0 I
- ◆ Corsa 1.2 I
- ▲ Corsa 1.0 I Eco

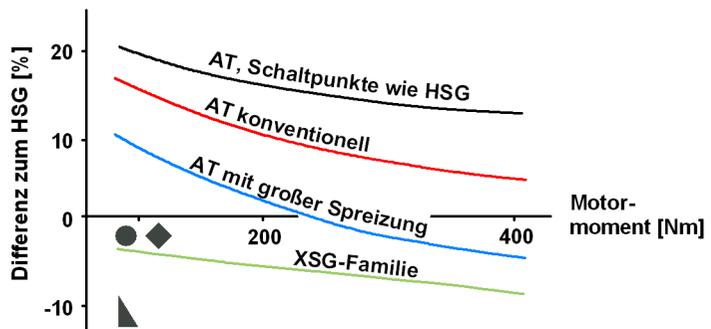


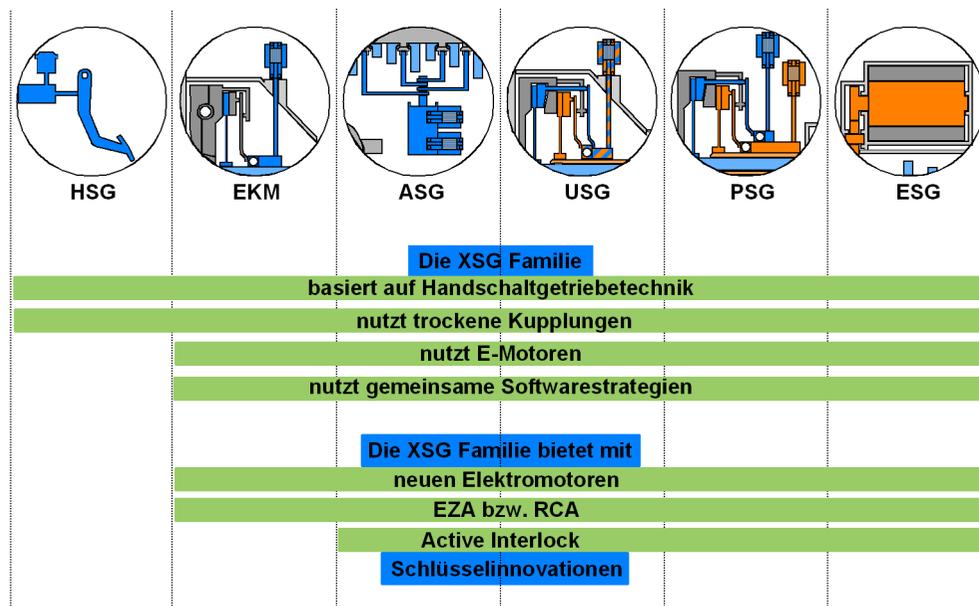
Bild 24: Verbrauch automatischer Getriebe bezogen auf HSG

Motoren modernster Bauart haben allerdings einen größeren Bereich geringeren spezifischen Verbrauchs durch die Entdrosselung, d. h. das Potenzial für Verbrauchsreduzierung durch Overdrive und Gangauswahl wird geringer und der Wirkungsgrad des Getriebes an sich immer wichtiger.

In Bild 24 sind diese Erkenntnisse zusammengefasst. Man erkennt, dass moderne

Automatikgetriebe sogar den Verbrauch von Handschaltgetrieben unterschreiten können. Die Familienmitglieder ASG, USG und PSG liegen aber immer deutlich besser, da sie die hydraulischen Verluste des Automatikgetriebes nicht haben, vgl. auch noch einmal Bild 20 und Bild 22. Eingetragen sind in Bild 24 ebenfalls drei im Feld befindliche automatisierte Schaltgetriebe mit Komponenten der Firma LuK.

## Zusammenfassung



**Bild 25:** Zusammenfassung XSG Familie

Die XSG Familie ist dadurch

- günstig in Kosten und Gewicht,
- unübertroffen im Wirkungsgrad
- und hat damit besten Verbrauch.

LuK prophezeit deshalb dieser Familie eine große Zukunft.

## Literatur

- [1] Kremmling, B.; Fischer, R.: Automatisierte Kupplung, 5. LuK Kolloquium 1994.
- [2] Fischer, R.; Berger, R.: Automatisierung von Schaltgetrieben, 6. LuK Kolloquium 1998.
- [3] Berger, R.; Meinhard, R.; Bündler, C.: Das Parallel-Schalt-Getriebe PSG – Doppelkupplungsgetriebe mit Trockenkupplungen, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [4] Pels, T.; Vestgård, B.; Mán, L.; Reitz, D.: Kleiner Startergenerator – große Wirkung, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [5] Fischer, R.; Hirt, G.: Integration automatisierter Schaltgetriebe mit E-Maschine, Fachtagung 1999.
- [6] Reik, W.; Kimmig, K.-L.; Meinhard, R.; Elison, H.-D.; Raber, C.: Neue Chancen für die Kupplung? 7. LuK Kolloquium 2002.
- [7] Küpper, K.; Werner, O.; Seebacher, R.: Denken in Systemen – Software von LuK, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [8] Pollak, B.; Kneißler, M.; Esly, N.; Norum, V.; Hirt, G.: Elektromechanische Aktorik - So kommen Getriebesysteme in die Gänge, 7. LuK Kolloquium 2002.
- [9] Eine Marke von Opel