

# Der VW-Transporter Syncro

## The Volkswagen-Transporter Syncro

### Zusammenfassung

Mit dem VW-Transporter „Syncro“ wird ein neuartiger Allradantrieb vorgestellt. Herzstück ist eine Visco-Kupplung im vorderen Antriebsstrang nach einem Patent der Ferguson Ltd. (Erfinder: Major Tony Rolt). Entgegen den bisher bekannten Anwendungsfällen wird die gesamte Leistungsbeaufschlagung der Vorderachse über diese Visco-Kupplung gesteuert.

Der Vorteil des Konzeptes besteht in: Bedarfsgerechter Beaufschlagung der Vorderachse (automatische Leistungsverzweigung zwischen den Achsen), Ausgleich der aufgrund der unterschiedlichen Bahnradien, Vorder- zu Hinterachse, vorhandenen Drehzahldifferenz und Selbstsperrung bei extremen Drehzahldifferenzen zwischen vorn und hinten (z. B. Anfahren, eine Achse auf Eis, andere Achse auf Beton).

Es wurde somit ein Allradantrieb entwickelt, der keine gezielten Eingriffe des Fahrers erfordert. VW ergänzt mit diesem Angebot seine gesamte Transporterpalette um eine weitere hochtechnische Variante. Ein weiterer hervorzuhebender Produktvorteil ist der vom Serientransporter her bekannte gute Feder- und Dämpfungscomfort, der durch die Allradtechnik nicht negativ beeinflusst wurde. Somit stellt auch in dieser Hinsicht der VW Syncro im Bereich der vierradgetriebenen Nutzfahrzeuge einen neuen Maßstab dar.

### Summary

The VW Transporter Syncro is presented as a novel 4WD. The Visco Coupling is the heart in the forward drive train and it was patented by Ferguson Ltd. (inventor: Major Tony Rolt). Opposite to the former known ranges of application the total performance stress of the front axle is controlled by this Visco Coupling.

The advantage of this concept exists in: Performance oriented stress for the front axle (automatic performance distribution between the axles), speed compensation of front and rear axle due to different path of wheels and self locking at extreme revolution difference between front and rear (e. g.: drive up one axle on icy surface, the other axle on concrete).

So a 4DW was developed, which does not need a destinate driver input. VW supplements with this offer its total Transporter palette by a further high technical variant. A further worth mentioning product advantage from the serial Transporter is the known excellent spring suspension and damping comfort which is not negatively influenced by the 4DW technique. In this aspect the VW Transporter Syncro represents among the 4WD utility vehicles a new criterion.

### 1 Zielsetzung

Ziel war es, ein geländetaugliches Allrad-Straßenfahrzeug unter weitgehender Verwendung von Serienteilen und möglichst ohne gravierende Eingriffe in die vorhandene Fahrzeugstruktur zu entwickeln. Die dem VW-Transporter in dieser

Fahrzeugklasse eigenen richtungsweisenden und allgemein anerkannten guten Komfortwerte sollten erhalten bleiben; auch abseits der befestigten Straßen war ein hoher Komfortwert zu erreichen. Ferner war im Hinblick auf einen bediener- und benutzerfreundlichen Arbeitsplatz eine Lösung zu erarbeiten, die jegliches vorausschauendes Eingreifen des

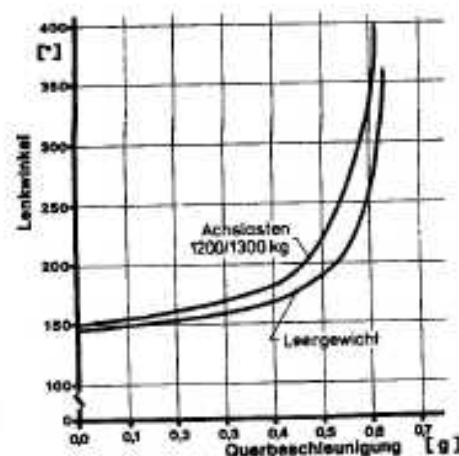


Bild 2: Eigenlenkverhalten auf trockener Fahrbahn

Fig. 2: Self steering characteristic on dry road surface

Fahrers erübrigt, der Antrieb sollte in jeder Lage die erforderliche Traction den Erfordernissen entsprechend zur Verfügung stellen.

### 2 Konstruktive Lösung

Von den äußeren Abmessungen änderte sich lediglich die Fahrzeughöhe, die - bezogen auf das Basisfahrzeug - um ca. 50 mm zunahm, Bild 1 und Tafel 1.

#### 2.1 Achslastverteilung

Besonders hervorzuheben ist die für Allradfahrzeuge wichtige Achslastverteilung von ca. 50/50% im leeren wie im beladenen Zustand. Neben optimaler Traction in den Hauptfahrbereichen ist dies die Basis für ein weitgehend von der Beladung unabhängiges Eigenlenkverhalten. Im gängigen Fahrbereich (bis  $\approx 0,4$  g Querbesehleunigung) ist eine nahezu lineare Lenkwinkelzunahme vorhanden, Bild 2. Ferner läßt sich durch den Allradantrieb eine ca. 9% höhere Querbesehleunigung auf nasser Fahrbahn erzielen. Besonders positiv ist der breitere Übergangsbereich in Richtung Untersteuern anzusehen, Bild 3.

Erreicht wurde dies unter anderem durch Verlagerung des auf 70 Liter vergrößerten Kunststoff-Kraftstofftanks, Bild 4, in den Raum über dem Schaltgetriebe, des Reserverads in den Gepäckraum im Fahrzeugheck sowie der Neukonstruktion der Vorderachse mit Aufnahme für das Vorderachsgetriebe als montagefreundlichen Fahrschemel.

Bild 1: Volkswagen-Transporter mit permanentem Allradantrieb

Fig. 1: Volkswagen-Transporter with permanent four-wheel drive

	Syncro	Serie
Länge×Breite×Höhe (volle Zuladung)	4570×1845×1955 mm	4570×1845×1900 mm
Spur vorne/hinten (volle Zuladung)	1568/1564 mm	1585/1570 mm
Radstand	2455 mm	2460 mm
Bodenfreiheit vorne/hinten		
volle Zuladung	210/190 mm	206/192 mm
Leergewicht	265/235 mm	
Böschungswinkel vorne/hinten		
volle Zuladung	22°/20°	21°/19°
Leergewicht	24°/22°	23°/21°
Rampenwinkel		
volle Zuladung	21°	19°
Leergewicht	24°	22°
Wendekreis	11,9 m	10,9 m
Reifengröße	185 R 14 C/205 R 14 C	185 R 14 C
Federwege vorne/hinten	200/200 mm	180/180 mm
Achslasten, Leergewicht/zul. Achslast		
vorn	780/1300 kg	730/1200 kg
hinten	760/1380 kg	655/1300 kg
Zul. Gesamtgewicht	2500 kg	2390 kg
Anhängelast	2000 kg	1500 kg
Motorleistung	57 kW	57 kW
bei Nenndrehzahl	4600/min	4600/min

Tafel 1: Daten des Volkswagen-Transporters (Kombi)

Table 1: Data of Volkswagen-Transporter (Kombi)

Die Hinterräder werden an den unverändert von der Serie übernommenen Schräglenkern geführt. Entsprechend den größeren Federwegen wurden die Minibloc-Schraubenfedern (mit linearer Kennung) und die Teleskopstoßdämpfer angepaßt.

Durch die insgesamt um 20 mm vergrößerten Federwege ergibt sich besonders im Gelände ein besserer Bodenkontakt, die Federwegaufteilung entspricht prozentual den Serienwerten.

Der gesamte Fahrkomfort wurde insgesamt durch die Federwegvergrößerung, angepaßte Dämpfung, Fahrschemel-Vorderwagenkonstruktion usw. auf ein in dieser Klasse bisher nicht gekanntes Niveau gebracht. Verglichen mit handelsüblichen „guten“ Mittelklasse-Personenwagen liegt der VW Syncro dicht am Streufeld der nach VDI-Richtlinie 2057 gemessenen Komfortwerte (K-Werte). Ermittelt wurden diese Werte auf einer definierten Meßstrecke im VW-Prüfgelände Ehra; die Fahrzeuge waren jeweils mit zwei Personen auf den Vordersitzen besetzt, Bild 6.

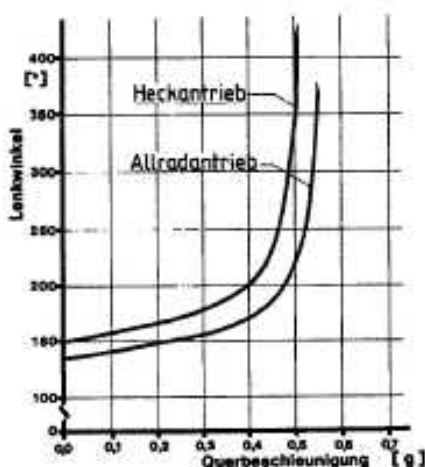


Bild 3: Eigenlenkverhalten nur Heckantrieb gegenüber Allradantrieb auf nasser Fahrbahn. Achslasten: vorn = 1200 kg, hinten = 1300 kg

Fig. 3: Self steering characteristic at rear wheel drive versus 4WD on wet road surface. Axle loads: front = 2640 lbs, rear = 2860 lbs

Bild 5. Hierdurch wird die gesamte Strukturfestigkeit des Vorderwagens den zu erwartenden härteren Einsatzbedingungen angepaßt. Ferner wurde der gesamte Unterboden mit einzelnen (durchgehenden) Schutzvorrichtungen wie Steinschlagblechen und Schutzkufen für die Kardanwelle versehen.

Die allradspezifische Gewichtserhöhung beträgt 135 kg, siehe Tafel 1. Da die Änderungen hauptsächlich unterhalb des Fahrzeugschwerpunkts erfolgten, hat sich die Karosserieanhebung um  $\approx 50$  mm nicht nachteilig auf die Kippgrenze ausgewirkt. Ähnlich der Serienausführung liegt die Kippgrenze bei ca. 42° ( $\approx 90\%$  Seitenneigung); geübte Fahrer können somit ca. 30° (58% Seitenneigung) fahren. Erfahrungsgemäß liegt die praktische Seitenneigung, die ein Durchschnittsfahrer bewältigt, bei ca. 15°.

## 2.2 Radaufhängung

Die Vorderräder werden wie bei der Serienausführung an doppelten Querlenkern geführt, Federung und Dämpfung erfolgt über Schraubenfedern und Teleskopstoßdämpfer und Querstabilisator.



Bild 4: 70-Liter-Kraftstofftank aus Lupolen 4361 A geblasen (mit Einfüllstutzen)

Fig. 4: 70 ltr. fuel tank material: blown Lupolen 4361 A (inclusive filler tube)

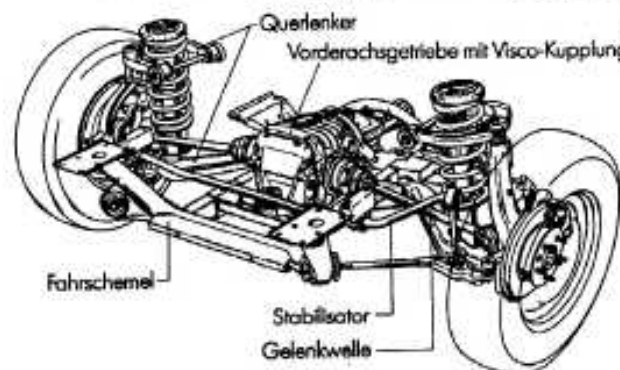


Bild 5: Fahrschemel mit Vorderachse und vorderem Getriebe

Fig. 5: Equalising truck with front axle and transmission

Bild 6: Schwingungskomfort auf den Vordersitzen

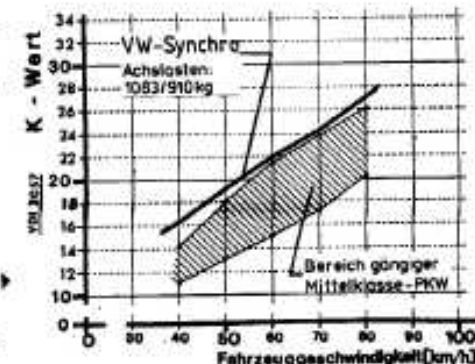
Fig. 6: Vibration comfort for the front seats

## 2.3 Antriebsstrang

Der Vorderradantrieb erfolgt über gleichlange Wellen mit homokinetischen Gelenken. Das Schwenklager ist unter Benutzung der Finiten-Elemente-Methode in festigkeits- und gewichtsoptimierter Gussausführung konstruiert, Bild 7. Als Vorderradbremse wurde erstmals am Transporter die Faustsattelbremse eingeführt.

Im Fahrschemel ist das Vorderachsgetriebe gelagert, in dem die für den Allradantrieb gewählte Visco-Kupplung untergebracht ist, Bild 8. Diese Kupplung, die die Funktion des Ausgleichsdifferentials, der optimalen Momentenverteilung und der Zentralsperre übernimmt, wird von üblichem Getriebeöl umspült und gekühlt.

Zur Aufnahme der Visco-Kupplung wurde das vordere Getriebe mit einem nach hinten weisenden langen Hals versehen, Bild 8. Es war dadurch möglich,





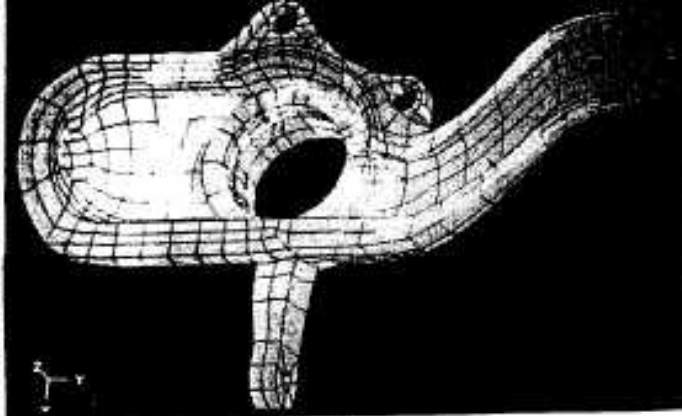


Bild 7: FEM-Modell des Schwenklagers  
Fig. 7: FEM-model of the swivel bearing

trotz der relativ hohen Drehzahl von ca. 5500/min bei 125 km/h eine einteilige Kardanwelle mit dauergeschmierten Kreuzgelenken zu verwenden. Durch die Montage des vorderen und hinteren Getriebes in Gummimetall-Elementen ist eine zusätzliche Schiebesticke in der Gelenkwelle nicht erforderlich.

Das Serien-Viergang-Schaltgetriebe wurde zur Aufnahme des hoch übersetzten Gelände- und Rückwärtsgangs sowie für den Durchtrieb zum Vorderachsantrieb abgeändert. Bild 9. Durch die Verwendung des Seriengetriebes und der Serien-Achsübersetzung ist im normalen Fahrbetrieb der 1. Gang der Anfahrang, im 4. Gang wird die Höchstgeschwindigkeit des Wagens erreicht. Der G.-Gang wird nur im schweren Gelände für das

Fahren im Schrittempo bzw. beim Schleppen von schweren Lasten und zum Befahren extremer Steigungen benötigt.

Da ein Fahrzeug vor- wie rückwärts möglichst max. Zugkraft aufbringen sollte, wurde trotz der geringeren Rückfahrgeschwindigkeit auch für den Rückwärtsgang die hohe Geländeübersetzung von 6,03 gewählt.

Durch diese Auslegung der Getriebeabstufung ist eine Vorgelegegruppe nicht erforderlich, ferner ist der Vorteil der Nutzung des gesamten Geschwindigkeitsbereiches ohne Zwischenhalt gegeben. Ein Vergleich der  $V_{1000}$ -Werte, Tafel 2, mit Wettbewerbern bei speziellen Geländewagen ergibt, daß meistens eine Doppelung ab 1. Gang „Straßengruppe“

zwischen den Gängen des Straßen- und Geländebereichs vorhanden, der Fahrbereich entsprechend der Übersetzung im Verteilergetriebe jedoch begrenzt ist. Die Niedrigstgeschwindigkeit der herkömmlichen „1. Gang-Geländegruppe“ liegt größtenteils um die 4 km/h ( $V_{1000}$ -Werte), dies war mit ein Auslegungskriterium des Gelände- und Rückwärtsgangs.

Für besondere Einsätze bzw. für erschwerten Winterbetrieb sind Differentialsperren vorn und hinten lieferbar. Die mechanische Betätigung der Schaltgabel erfolgt durch ein Unterdruck-Schaltelement, die Ansteuerung über je einen Schaltschieber in der Instrumententafel.

Gegen unbeabsichtigtes Betätigen der vorderen Sperre ist der Schaltschieber zusätzlich durch eine Drehsperre gesichert (Beeinträchtigung der Lenkfähigkeit auf festem Untergrund).

Tafel 2: Fahrgeschwindigkeit in den einzelnen Gängen bei einer Drehzahl des Motors von 1000/min

Table 2: Traveling speed in the individual gears at 1000 engine revolution per minute

$V_{1000}$ -Werte in km/h		Synco G+4		Serie M4
		Reifen 185 R 14 $i_{Achse} = 34:7$	Reifen 205 R 14 $i_{Achse} = 38:7$	Reifen 185 R 14 $i_{Achse} = 34:7$
Gang	G.	4,0	3,8	—
	1.	6,5	6,1	6,5
	2.	11,8	11,1	11,8
	3.	19,9	18,8	19,9
	4.	28,5	26,9	28,5
	R.	4,0	3,8	6,6

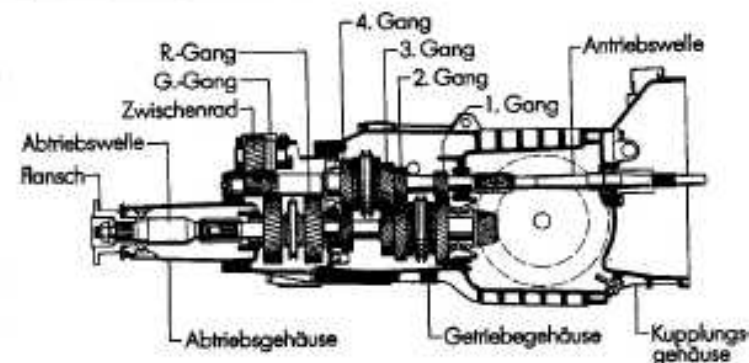


Bild 9: Hinterachsgetriebe mit hochübersetztem Gelände- und Rückwärtsgang

Fig. 9: Rear axle transmission with highly geared traction and reverse gear

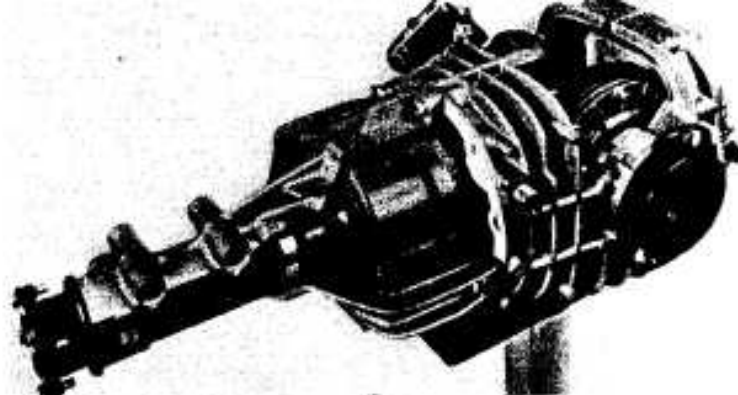


Bild 8: Vorderachsgetriebe mit Visco-Kupplung

Fig. 8: Front axle transmission with visco coupling

### 3 Visco-Kupplung zur direkten Leistungsverzweigung

Für den VW-Transporter wurde ein völlig neuer Lösungsweg für den permanenten Allradantrieb beschritten. Es wurde hier erstmalig eine Visco-Kupplung allein zur Leistungsverzweigung in einem permanenten Allradantrieb eingesetzt.

#### 3.1 Konstruktiver Aufbau

Der prinzipielle Aufbau einer Visco-

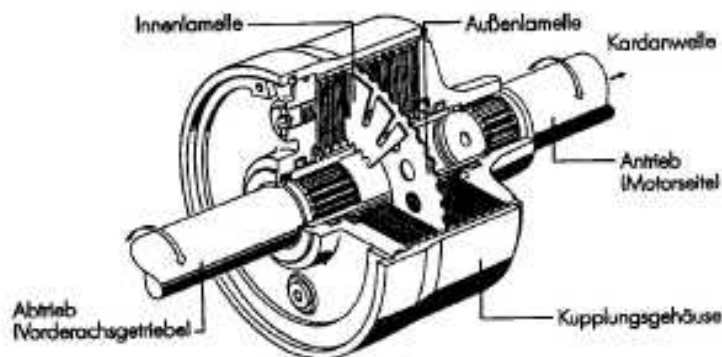


Bild 10: Visco-Kupplung als neues Bauelement für den permanenten Allradantrieb

Fig. 10: Visco coupling as new featured element for permanent 4WD

Kupplung ist mechanisch einfach, Bild 10.

In einem trommelförmigen, allseits abgedichteten Gehäuse sind jeweils abwechselnd zwei Lamellenpakete geschichtet: die Antriebslamellen und die Abtriebslamellen. Angetrieben wird über das Gehäuse, und dieses ist direkt über eine formschlüssige Verzahnung mit den Außenlamellen verbunden.

Die Abtriebslamellen laufen in diesem Fall auf der innenliegenden Abtriebswelle, mit der sie Formschiß haben. Die beiden Lamellenpakete berühren sich in den normalen Betriebszuständen der Visco-Kupplung nicht, so daß keine metallische Reibung und damit auch kein direkter Verschleiß eintreten kann.

Zur Drehmomenterhöhung der Visco-Kupplung dienen Bohrungen in den ausgeführten und Schlitze in den innengeführten Lamellen. Die Ausbildung dieser Durchbrüche der einzelnen Lamellen, die empirisch entwickelt worden sind, ermöglicht den Aufbau einer stabilen Strömung zwischen den Lamellenpaketen, deren Spaltweite je nach gewünschtem Drehmoment zwischen 0,2 und 0,4 mm betragen kann.

### 3.2 Wirkungsweise

Besteht zwischen den rotierenden Antriebs- und Abtriebslamellen eine Drehzahl Differenz, werden in der Silikonflüssigkeit zwischen den Lamellenpaketen Scherkräfte erzeugt, die das eingeleitete Moment auf die Abtriebslamellen übertragen. Diese Scherkräfte wachsen degressiv mit dem Geschwindigkeitsgradienten an.

Der Grund für die Degressivität liegt in den nicht-newtonschen Eigenschaften von Silikonölen. Nicht-newtonsche Flüssigkeiten weisen eine mit der Scher- bzw. Deformationsgeschwindigkeit variierende Viskosität auf.

Technisch werden für Visco-Einheiten Silikonöle mit scheinbaren Viskositäten von 150 000 bis 20 000 mm<sup>2</sup>/s verwendet.

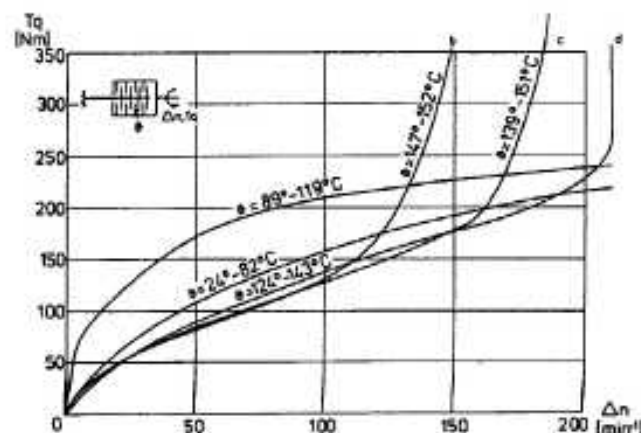


Bild 11: Kennlinien einer Visco-Kupplung in verschiedenen Temperaturbereichen

Fig. 11: Characteristic curves of visco coupling at various temperature ranges

Bild 13: Aufbau des mathematischen Modells

Fig. 13: Layout of the mathematical model

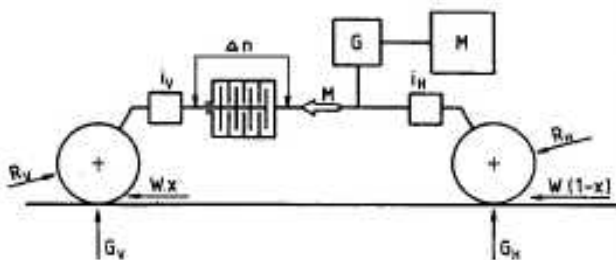


Bild 11 zeigt typische Drehmomentkurven einer Visco-Kupplung, wie sie zur Drehmomentübertragung eingesetzt wird. Bei der Messung dieser Kennlinien wird durch eine kontinuierliche Steigerung der Differenzdrehzahl zwischen Antrieb und Abtrieb der Visco-Kupplung das degressiv steigende Drehmoment erzeugt.

In der im VW-Transporter eingesetzten Visco-Kupplung ist ein wirksamer Überlastungsschutz gegen zu hohe Temperaturen eingebracht. Mit Hilfe des Füllungsgrades der Kupplung und mit einer exakt bearbeiteten Form der Schlitze und Bohrungen in den Lamellen läßt sich ein steiler Anstieg des Drehmoments bei einer einstellbaren Temperatur erzeugen. Dieser steile Drehmomentanstieg verhindert im praktischen Einsatz der Visco-Kupplung ein Ansteigen der Temperatur durch die extreme Beschränkung der Verlustleistung, so daß vornehmlich Dichtungsmaterial und Silikon vor Schädigung durch Temperaturüberschreitungen geschützt werden, Bild 11, Kurve b, c und d.

Der Testzyklus für Visco-Kupplungen verlangt eine 200malige extreme Drehmomentsteigerung. Nach diesem Mißbrauchstest darf die Kennlinie der Kupplung nicht mehr als 2,5% abfallen. Die im Transporter eingesetzten Kupplungen erfüllen jetzt diese Forderungen.

Als Beispiel der Funktionsweise der Visco-Kupplung ist in Bild 12 das von der Kupplung übertragene Drehmoment und die Relativdrehzahl zwischen den Achsen beim Beschleunigen durch alle Gänge als Meßergebnis dargestellt.

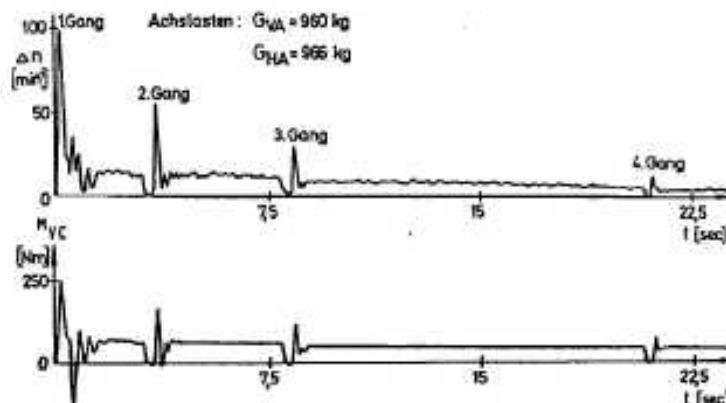


Bild 12: Drehmomentübertragung  $M_{VC}$  und Differenzdrehzahl  $\Delta n$  der Visco-Kupplung bei Vollastbeschleunigung auf trockener Straße

Fig. 12: Torque  $M_{VC}$  and differential revolution  $\Delta n$  in the visco coupling at full-load acceleration on dry road surface

## 4 Automatische Leistungsverzweigung

Neben der im Fahrversuch sich als sehr günstig erwiesenen Leistungsverteilung wurde natürlich die Wirkungsweise dieses Antriebssystems auch durch theoretische Betrachtungen untersucht.

Für alle für den Vortrieb des Fahrzeugs erforderlichen Elemente, Bild 13, sind mathematische Formulierungen weitgehend vorhanden [2]. Der Reifenschlupf ist in Abhängigkeit vom Antriebsmoment und dem Straßenzustand mathematisch darstellbar. Achslasten verändern sich durch Steigung, Beschleunigung und Luftkräfte. Die Kennung der Visco-Kupplung (VC) ist bekannt und in Bild 11 dargestellt. Fahrwiderstände sowie innere Wirkungsgrade lassen sich ebenso erfassen.

Unter Berücksichtigung aller Faktoren ergeben sich folgende Darstellungen:

Bild 14 zeigt die Vortriebsverteilung über der Geschwindigkeit. Bei ebener Fahrbahn ( $s = 0\%$ ) und gerader Fahrt ist

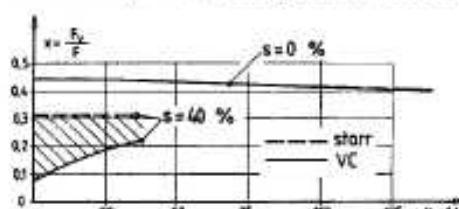


Bild 14: Anteil der Vorderachs-Vortriebskraft  $F_v/F$  bei verschiedenen Steigungen  $s$  und Geschwindigkeiten  $v$

Fig. 14: Portion of front axle propelling force  $F_v/F$  at various inclinations  $s$  and speeds  $v$



der Momentbedarf bis etwa 75 km/h so gering, daß aufgrund des inneren Reibmoments der Kupplung sich keine Relativedrehzahl zwischen Vorder- und Hinterachse ergibt. Dadurch entspricht die Vortriebsverteilung mit der Visco-Kupplung in diesem Falle weitgehend jener eines starren 4x4-Systems.

Bei z. B. 40% Steigung wird mittels der Visco-Kupplung das gesamte Feld zwischen der theoretischen Visco-Kupplungs-Kennlinie (ausgezogen) und der 4x4-starr-Linie (gestrichelt) ausgenutzt, da der Grenzfall immer durch die volle Ausnutzung der Traktion gegeben ist.

Bild 15 zeigt die Verhältnisse bei unterschiedlichem Reibwert und Steigungen. Das schraffierte Feld stellt den Arbeitsbereich mit Visco-Kupplungs-Antrieb dar. Für den Fall eines Kraftschlußbeiwerts von 0,2 (vereiste Straße) ergeben sich folgende maximale Steigungswerte: Mit 4x2-Antrieb über die Hinterachse ( $\alpha = 0$ ) ca. 10%. Mit Visco-Kupplung wird über den Selbstregelleffekt der Kupplung auf jeden Fall der für dieses Fahrzeug maximal mögliche Steigungswert von 18% bei voller Ausnutzung der Kraftschlußbeiwerte an Vorder- und Hinterachse erreicht.

Entsprechend der Antriebskraftverteilung im Zugbetrieb ist bei Abbremsung des Fahrzeugs der Einfluß der Visco-Kupplung vorhanden. Bei Ausnutzung des Motorschleppmoments z. B. erfolgt entsprechend der Visco-Kupplungs-Kennlinie (Bild 11) eine Bremskraftverteilung auf beide Achsen. Neben dem Vorteil einer optimalen Kraftschlußausnutzung auf allen Straßenreiwerten wird dadurch das vorzeitige Blockieren der Hinterräder vermieden.

Ähnlich positiv ist die Kraftschlußausnutzung beim normalen Bremsen. Die

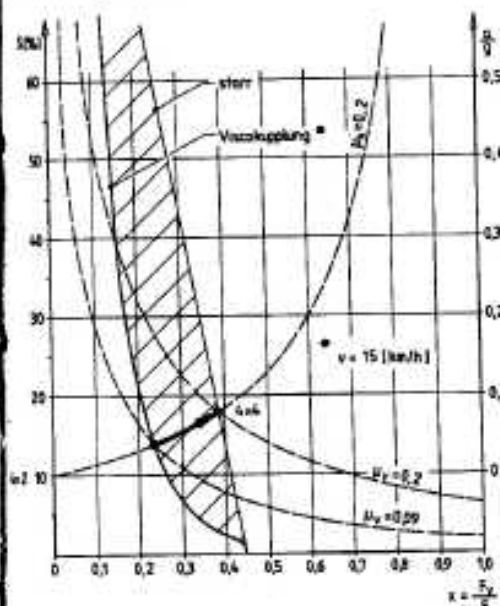


Bild 15: Arbeitsbereich der Visco-Kupplung zur Erzielung maximal möglicher Haftwertausnutzung

Fig. 15: Capacity of visco coupling to get max possible traction

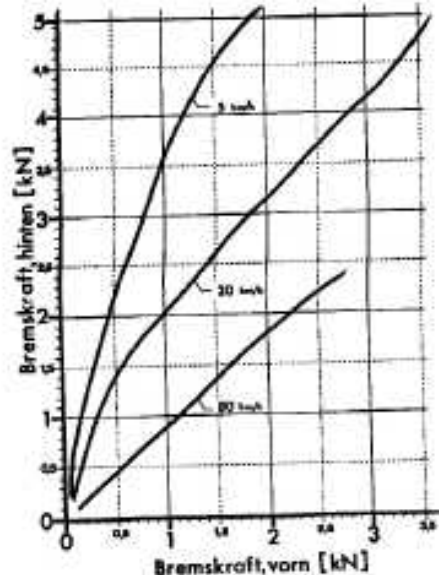


Bild 16: Verteilung der Bremskraft (durch Handbremsbetätigung) bei verschiedenen Prüfungsgeschwindigkeiten

Fig. 16: Brakeforce distribution (by hand brake activation) at various test speeds

durch geringe Achslast eher zum Blockieren neigende Achse wird über die Visco-Kupplung durch die noch rollenden Räder angetrieben.

Positiv ist auch die Auswirkung auf die Handbremse, die im dynamischen Betrieb zur Vierrad-Hilfsbremse werden kann. Messungen auf einem Vier-Rollen-Prüfstand der TU Braunschweig ergaben Bremskraftaufteilungen entsprechend Bild 16. Deutlich zu erkennen ist der Anstieg des Vorderachsanteils an der Gesamtabbremsung mit steigender Prüfungsgeschwindigkeit.

Auf die allgemeine Fahrpraxis bezogen bedeutet dies insgesamt, daß selbst bei Ausfall eines Bremskreises entsprechend den Reibwertverhältnissen alle vier Räder zum Bremsen herangezogen werden. Bei entsprechender Auslegung der Handbremse sind sogar Abbremsungen möglich, die üblicherweise nur mit dem Hauptbremsystem erreichbar sind.

## 5 Fahrleistungen

Entsprechend dem höheren Leergewicht (+ 135 kg) sowie dem höheren  $C_w \times A$ -Wert (+ 10%) ergeben sich folgende Fahrleistungsdaten des VW Syncro mit 57-kW-Motor:

$v_{max}$	125 km/h
$b_{0 \dots 80 km/h}$	15,7 s
Kraftstoffverbrauch bei 90 km/h Stadt	11,0 l/100 km 14,6 l/100 km

Im praktischen Kundenbetrieb bedeutet dies bei gleichem Einsatzprofil und gleicher Zuladung gegenüber dem Serienfahrzeug ein Mehrverbrauch von  $\approx 10\%$ .

Im Rahmen der Entwicklung wurde auch die Abschaltung des Vorderachs-

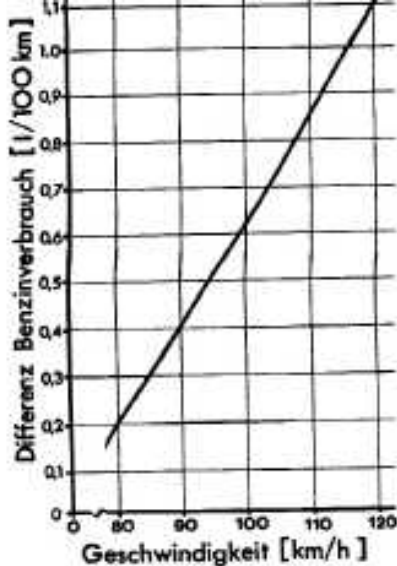


Bild 17: Einfluß des permanenten Allradantriebs auf den Kraftstoffverbrauch bei höheren Geschwindigkeiten

Fig. 17: Influence of the permanent 4WD for the mileage

triebs untersucht. Bild 17 zeigt die Differenz der Konstantverbrauchskurve des VW Syncro mit Bereifung 205 R 14 und Achsantriebsübersetzung 38:7 als vierrad- gegenüber dem zweiradgetriebenen Fahrzeug. Besonders bei höheren Geschwindigkeiten zeigt sich deutlich der Vorteil des permanenten Allradantriebs. Die Ursache liegt hauptsächlich im günstigeren Rollwiderstand und geringerem Schlupfverlust der zum Vortrieb angetriebenen vier Reifen statt der sonst üblichen Leistungsübertragung durch zwei Reifen [1].

Im praktischen Kundeneinsatz (gemischter Verkehr auf Autobahn, Landstraße und dichter Stadtverkehr) wurde mit Allradantrieb über Visco-Kupplung gegenüber einem vergleichsweise mitlaufenden VW Syncro mit nur Heckantrieb eine Verbrauchsreduzierung von 3% gemessen.

Weiterhin spricht für den permanenten Allradantrieb mit Visco-Kupplung das wesentlich verbesserte Beschleunigungsverhalten auf Fahrbahnen mit geringen Kraftschlußbeiwerten in leistungs- und fahrdynamischer Betrachtung.

Bei Ausnutzung des Beschleunigungsvermögens auf Eis wird aufgrund der Zusammenhänge, möglicher Kraftübertragung des rollenden Rades (Kamm'scher Kreis), beispielsweise das einachsgetriebene Fahrzeug relativ früh instabil, während das zweiachsgetriebene Fahrzeug mit geringen Lenkwinkelkorrekturen auf der Bahn gehalten werden kann, Bild 18. Gegenüber dem nur mit Hinterachsantrieb angetriebenen VW Syncro kann der zweiachsgetriebene VW Syncro selbst vom unerfahrenen Fahrer z. B. von 0 bis 30 km/h ca. doppelt so schnell beschleunigt werden.

Beachtenswert ist auch der durch je fünf

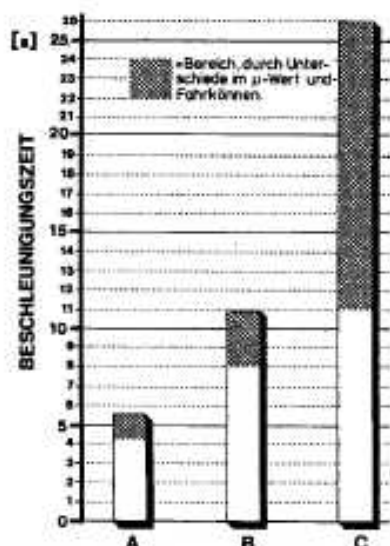


Bild 18: Beschleunigung auf Eis ( $\mu = 0,25$ ) von 0 bis 30 km/h

A syncro-Antrieb, Vollastbeschleunigung  
B nur Hinterachsantrieb, kontrolliertes Beschleunigen (nicht durchdrehende Räder)  
C nur Hinterachsantrieb, Vollastbeschleunigung

Fig. 18: Acceleration on icy surface ( $\mu = 0,25$ ) from 0 ... 30 km/h

A syncro drive, full-load acceleration  
B controlled acceleration with only rear wheel drive (no wheel spin)  
C only rear wheel drive, full-load acceleration

Versuche ermittelte Streubereich, in dem die 30 km/h erreicht werden. Der enge Bereich des Fahrzeugs A zeigt direkt den positiven Einfluß auf die Verkehrssicherheit.

Beim Beschleunigen in höhere Geschwindigkeiten wird dieser Bereich beim „syncro“-Antrieb immer enger, während er beim „nur“ Heckantrieb etwa gleich groß bleibt (schraffierter Bereich der Säulen im Bild 18). Im Fall C ist das Fahrverhalten aufgrund der versuchten Vollastbeschleunigung bereits instabil, die Beschleunigungszeit aufgrund der durchdrehenden Hinterräder am längsten.

Die in der Tafel 1 angegebene Steigfähigkeit bezieht sich auf 100% Zuladung.

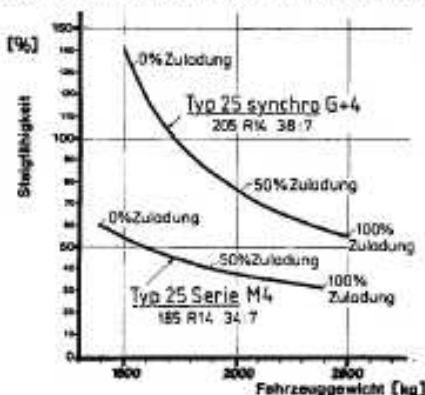


Bild 19: Theoretische Steigfähigkeit in Abhängigkeit der Zuladung (jeweils 57-kW-Ottomotor)

Fig. 19: Theoretical climbing ability in dependence of loading (always 57 kW Otto engine)

Bild 19 zeigt die Steigfähigkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit von der Zuladung.

Absolut betrachtet sind Steigfähigkeiten mit Werten  $> 70\%$  mehr theoretischer Natur, da aufgrund von Kraftschlußbeiwerten zwischen Reifen und Fahrbahn diese Werte nur äußerst selten gefahren werden können. Andererseits zeigt das Diagramm die mögliche Zugleistung des Fahrzeugs im schweren Gelände, bei Tiefschnee sowie Betrieb mit Anhänger (mögliche Anhängelast 2000 kg). Um die möglichen Zugkräfte auch bei Reibwertschwankungen bzw. Radlastunterschieden links zu rechts aufzubringen, sind die bereits erwähnten Differentialsperren lieferbar.

Dieses von üblichen allradgetriebenen Straßenfahrzeugen abweichende hohe Leistungsvermögen wurde bewußt angestrebt, da aufgrund der weltweiten Verwendbarkeit des VW-Transporters mit relativ häufigem Einsatz abseits der Straße gerechnet werden muß.

## 6 Fahrzeugdauererprobung und Ausblick

Die Grundforderung an das in wesentlichen Punkten vom Serienprodukt abweichende Fahrzeug war das Bestehen der bei VW für den Transporter vorgesehenen gerafften Dauerläufe im VW-Prüfgelände Ehra.

Um jedoch auch für das beim VW Syncro zu erwartende breitere Anwendungsspektrum eine entsprechende Lebensdauer zu erzielen, wurde ein an das Produkt angepaßtes Dauerlaufprogramm erstellt. Eine Zusammenstellung dieses Programms kann der Tafel 3 entnommen werden. Dabei ist zu beachten, daß die auf dem Schöckel gefahrene Erprobung für dieses Fahrzeug als Mißbrauchstest zu bezeichnen ist. Die Streckenführung war dabei ähnlich jener, auf

der die Dauerläufe des von Steyr-Daimler-Puch gefertigten Geländefahrzeugs Pinzgauer erfolgen.

Neben den angeführten Dauerläufen erfolgten auch Mißbrauchstests, wobei einige, die sich auf das gewählte Antriebssystem beziehen, aufgezählt seien: Fahren mit Frontantrieb (Hinterachsantriebswellen demontiert) auf Alpenpässen, Ziehen von Lasten mit dieser Antriebsart, Fahren auf der Autobahn mit um einen Dimensionssprung unterschiedlichen Reifen an den Achsen usw.

Neben diesen Erprobungen mit dem Gesamtfahrzeug wurden natürlich auch alle dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Prüfstandserprobungen durchgeführt. Besonders wurden eingesetzt: Hydropuls-, Getriebeprüfstände, spezielle Dauerprüfstände für die Visco-Kupplung sowie ein Prüfstand für die vollständige Vorderachs-(VC)-Einheit.

In Summe wurde durch all diese positiv durchgeführten Erprobungen die entsprechende Serienreife erreicht.

Für weitere Einsatzfälle wird das Lieferprogramm in Kürze um folgende Umlänge erweitert:

- Wassergekühlter Boxermotor mit 2,1 l Hubraum in den Leistungsstufen 82 kW für Superkraftstoff und 70 kW mit Katalysator für bleifreien Kraftstoff
- Wassergekühlter Reihen-Vierzylinder-Dieselmotor mit 1,6 l Hubraum mit frühladendem Abgasturbolader in der Leistungsstufe 51 kW

Alle drei Motorvarianten stammen aus dem Lieferprogramm der VW-Transporter-Baureihe.

- 16"-Räder für Einsatzzwecke mit erhöhter „off road“-Anforderung in Verbindung mit zusätzlicher Karosserieverstärkung und erhöhter Wadfähigkeit (14"-Version = 350 mm).

Damit besteht die Möglichkeit, für jeden

Tafel 3: Einzelne Erprobungsstrecken sowie Detailuntersuchungen des Gesamtfahrzeugs

Table 3: Single test tracks as well as detailed checks of the whole vehicle

Erprobungsstrecke		Haupterprobungsziele
Schöckel	Felsiger Naturweg mit großen Steigungen, Querneigungen und Verbindungen	Antriebsstrang bezüglich hoher Momente, Schmierölversorgung, Festigkeit von Karosserie und Fahrwerk, Geländetauglichkeit (Mißbrauchstests).
St. Valentin	Naturstraße mit Sinuswellen, wackelartigen Passagen und Wasserdurchfahrt mit Salzlösung.	Fahrgestell, Federn, Stoßdämpfer, Aggregatdichtungen, Karosseriefestigkeit und Korrosion.
Pfisterbrunn	Rundkurs über Alpenpässe, wird auch im Winter befahren.	Antriebsstrang (hohe Last und hohe Temperaturen), Kühlsystem, Bremsen.
Stadtrundkurs	Gemischte Strecke bei üblichem Stadtverkehr.	Alltagstauglichkeit und Reifenverschleiß unter Berücksichtigung des Antriebssystems.
Autobahn	Befahren der Autobahn mit höchst möglicher Geschwindigkeit.	Antriebsstrang.
Schlammwanne	Gehobte Schlammrundenstrecke mit variabler Wasser- bzw. Schlammiefe	Abdichtung der Aggregate und Radlagerungen, Funktionstauglichkeit von: Regellierung, Schaltung, Bremsen und Kühlung.
Afrika	Tunesien: Piste, Wackelbrett, Gipsstaub, Sand, hohe Außentemperaturen.	Verbrennungsluftansaugsystem, Kraftstoffversorgung, Motor- und Aggregateabdichtungen, Temperaturbeständigkeit von Aggregaten und Stoßdämpfern, Fähigkeiten im Sand bezüglich Antriebssystem.
Finnland	Winterrundkurs in Nordfinland.	Kaltstart, Kaltabfahren, Heizung, Bedienungselemente, Fahrverhalten bezüglich Antriebssystem.



Bild 20: Schutz der Boden- und Antriebsanlage durch stabile Profile und Formbleche

Fig. 20: Protection for chassis and drive train by rigid profiles and formed sheet metals



Einsatzzweck im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge ein den Anforderungen entsprechendes Fahrzeug zu liefern.

Besonders aufgrund der Produktvorteile

hoher Federungskomfort  
hohe Zugleistung im Gelände- und Rückwärtsgang  
durchgehender Schutz der Bodenplatte, Bild 20  
vergrößerter Kunststofftank  
bei Bedarf lieferbare Sperren für das vordere und hintere Achsdifferential  
selbstregelnde Allradtechnik  
unterschiedliche Motoren/Reifenkombination

und der Verbreitung des Basisfahrzeugs ist auch aus logistischer Sicht das Fahrzeugkonzept für eine große Bandbreite von Anwendungen interessant, zumal das gesamte bisherige Bauprogramm auch mit „synco“-Allradantrieb geliefert werden kann.

#### Literaturhinweise

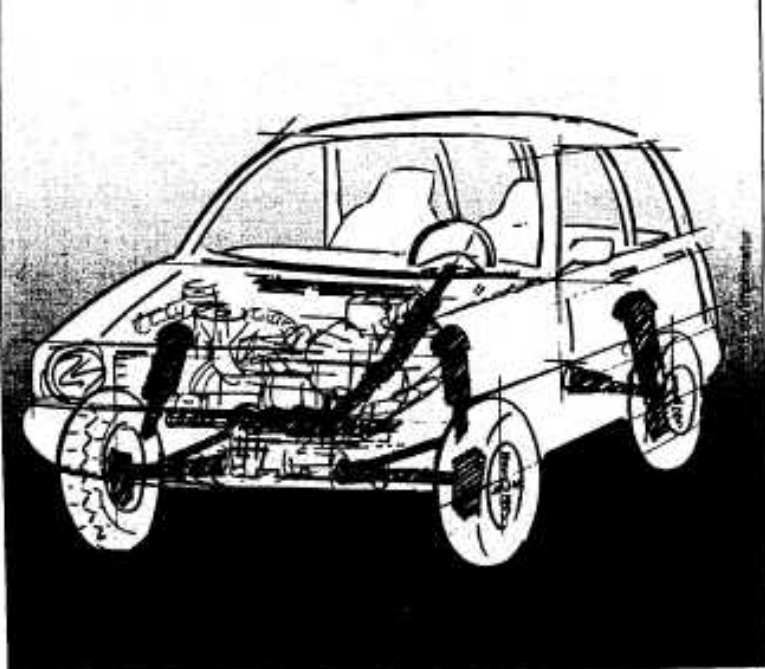
- [1] Treser, W., F. Indra, E. Möller und K. Barnreiter: Der Audi Quattro. ATZ 82 (1980) 6, S. 309-318
- [2] Lanzer, H.: Allradantriebe und systembedingte Leistungsverzweigung. Vortrag Kolloquium Aachen, Prof. Helling, 1985

#### Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Ing. Henning Duckstein  
Im Holzwinkel 12, D-3300 Braunschweig  
Dipl.-Ing. Herwig Leinfellner  
Sankt-Peter-Hauptstraße 31 d-12, A-8042 Graz  
Dipl.-Ing. Hans-Dieter Sommer  
Auspengengasse 8, A-8010 Graz

12 Hefte jährlich DM 188,40, für Studierende DM 127,20, jeweils zuzüglich Versand- oder Zustellgebühr. Einzelheft DM 20,70 zuzüglich Versand- oder Zustellgebühr. Das Abonnement ist jeweils nur zum Jahresende kündbar, unter Einhaltung einer Frist von 6 Wochen.  
Bezug durch den Buch- und Zeitschriftenhandel oder den Verlag. Zur Zeit gilt der Anzeigentarif Nr. 28.

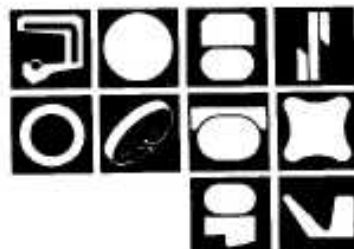
Alle Manuskripte sind direkt an die Chefredaktion zu richten. Durch das Einsenden von Fotografien und Zeichnungen stellt der Absender den Verlag von Ansprüchen Dritter frei. Grundsätzlich werden nur solche Arbeiten angenommen, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind. Die Manuskripte dürfen auch nicht gleichzeitig anderen Blättern zum Abdruck angeboten werden. Mit der Annahme des Manuskriptes erwirbt der Verlag das Recht der honorarfreien Anfertigung von Sonderdrucken. Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form - durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren - reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestraße 49, 8000 München 2, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.



B+L - Ihr Partner für  
Präzisions-Dichtungen im

## Automobilbau

B+L ist dabei, wo immer es auf zuverlässige Abdichtung in der Automobilbranche ankommt: In Lenkung, Stoßdämpfer, Getriebe, Einspritzpumpe, Anti-Blockier-System, Bremskraftverstärker... Maßstäbe hinsichtlich Sicherheit und Qualität:



Mit Präzisions-O-Ringen, Original-Quad-Ringen<sup>®</sup> und PTFE-Stützringen, Turcon-Glyd<sup>®</sup>-Ring, Turcon-Double-Delta<sup>®</sup>-Seals und Turcon-Stepseal<sup>®</sup> K, mit Kolbenführungsringen aus Turcite<sup>®</sup>-B und Compound 353, Radial-Wellendichtringen (RWD) und V-Seals, mit Sonderformteilen aus vielen Elastomeren bis hin zum Metall-O-Ring im Turbolader.

gen von B+L eingebaut sind - für viele Automobilzulieferfirmen ist B+L ein anerkannter Partner. Wir bieten maßgeschneiderte Lösungen für anspruchsvolle Aufgaben und individuelle Anwendungsbereiche - informieren Sie sich noch heute über unsere Leistungsbreite.

Wenn es darum geht, welche Zulieferteile verwendet werden sollen - machen Sie Ihre Entscheidung mit davon abhängig, ob Dichtung

Sicherheit durch Qualität und Erfahrung



**BUSAK+LUYKEN GMBH & CO**

Postfach 800206, D-7000 Stuttgart 80  
Telefax 7 25 511-0, Fax 7 80 31 71/72  
Telefon 07 11/78 64-0 Btx \*33 336 \*

## Coupon

Busak+Luyken  
Postfach 800206  
D-7000 Stuttgart 80

- ☐ Dichtungen für den Automobilbau  
☐ Lieferprogramm  
☐ Besuch nach Terminabsprache

Absender nicht vergessen!