

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
7. September 2007 (07.09.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/098523 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**Nicht klassifiziert**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2007/000108

(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. März 2007 (02.03.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
GM 162/2006 3. März 2006 (03.03.2006) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **MAGNA STEYR FAHRZEUGTECHNIK AG & CO. KG** [AT/AT]; Liebenauer Hauptstrasse 317, A-8041 Graz (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MAYR, Franz** [AT/AT]; Markt 10, A-8323 S.t Marein (AT).

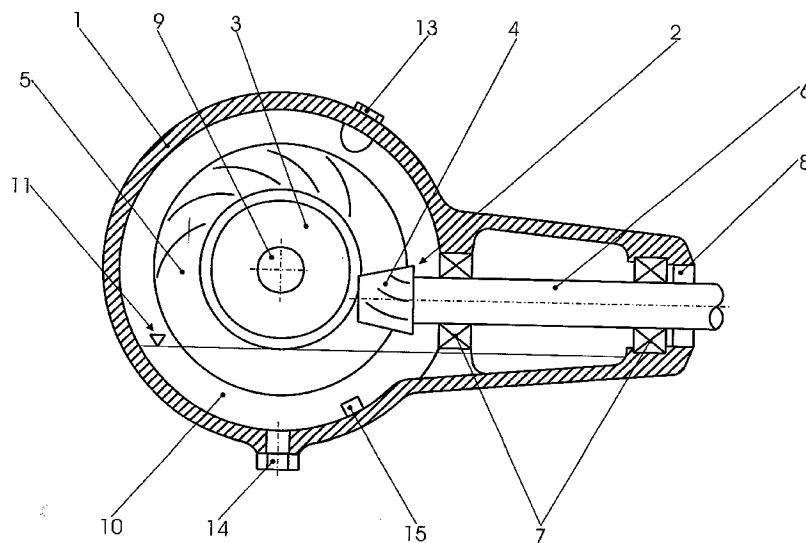
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPERABLE TRANSMISSION, WORKING FLUID FOR SUCH A TRANSMISSION, AND METHOD FOR COMMISSIONING THE SAME

(54) Bezeichnung: BETRIEBSBEREITES GETRIEBE, BETRIEBSFLÜSSIGKEIT FÜR EIN SOLCHES UND VERFAHREN ZU DESSEN ERSTINBETRIEBNAHME



(57) Abstract: Disclosed is an operable transmission comprising toothed wheels. In order to operate said transmission with a lubricant and coolant which is environmentally friendly while providing improved heat dissipation and temperature-independent viscosity, the transmission contains a mixture of water and a glycol or similar, in which graphite particles are suspended. Preferably, said mixture contains 40 to 60 percent per weight of the glycol and 2 to 25 percent by weight of graphite in the form of flaky graphite particles having a grain size of less than 12 micrometers, the remainder being composed of water and other admixtures and/or additives. Also disclosed are said lubricant and coolant as well as a method for starting a transmission operated with said lubricant and coolant.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/098523 A2



**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Rechenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Ein betriebsbereites Getriebe mit Zahnrädern soll mit einem Schmier- und Kühlmittel betrieben werden, das bessere Wärmeabfuhr und temperaturunabhängige Viskosität bietet und umweltfreundlich ist. Dazu enthält das Getriebe eine Mischung aus Wasser und einem Glykol oder dergleichen, in der Graphiteilchen suspendiert sind. Vorzugsweise enthält die Mischung 40 bis 60 Gewichtsprozent des Glykols und 2 bis 25 Gewichtsprozent Graphit in Form flockiger Graphiteilchen mit einer Korngröße unter 12 Mikrometer, Rest Wasser und weitere Beimengungen und/oder Zusätze. Weiters ist das Schmier- und Kühlmittel und ein Verfahren zur Inbetriebnahme eines mit diesem betriebenen Getriebes beschrieben.

5

10

BETRIEBSBEREITES GETRIEBE,  
BETRIEBSFLÜSSIGKEIT FÜR EIN SOLCHES UND  
VERFAHREN ZU DESSEN ERSTINBETRIEBNAHME

15

Die Erfindung betrifft ein betriebsbereites Getriebe mit hoch belasteten Zahn-  
rädern, dessen Gehäuse einen ein Schmier- und Kühlmittel enthaltenden  
Sumpf bildet, in den zumindest ein Zahnrad eintaucht. Derartige Getriebe  
kommen in den verschiedensten Anwendungen vor, insbesondere in Kraft-  
20 fahrzeugen als Schaltgetriebe, Verteilergetriebe von Allradfahrzeugen und als  
Achs- beziehungsweise Differentialgetriebe.

Bei hochbelasteten Zahnrädern wird auch bei bester Schmierung Verlustwär-  
me erzeugt, die abzuführen ist. Das geschieht entweder durch einen Kühl- und  
25 Schmierkreislauf mit Pumpe und einem externen Kühler, oder durch Wärme-  
ableitung an die Umgebung über das Gehäuse des Getriebes. Dazu soll dieses  
eine möglichst große Oberfläche haben. Bei Kraftfahrzeugen ist es meist aus-  
sen verrippt, um die Oberfläche des Wärmeüberganges an den vorbei strei-  
chenden Fahrtwind zu vergrößern. Wenn die Motorleistung gesteigert werden  
30 soll, ohne dass für das Getriebe mehr Bauraum zur Verfügung steht, wird  
schnell eine Grenze erreicht.

Zur Zeit werden auch in Getrieben ausschließlich Schmieröle verwendet, in  
hochbelasteten sind es meist vollsynthetische Öle. Allen Ölen sind jedoch fol-  
35 gende Nachteile gemein:

- 5 - Relativ geringe Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit und niedriger Wärmeübergangskoeffizient, (zum Vergleich: ungefähr halb so groß wie die von Wasser)
- Die Viskosität ist stark temperaturabhängig, dadurch erhöhte Verluste in kaltem Zustand und folglich höherer Treibstoffverbrauch,
- 10 - Nicht umweltverträglich (Entsorgung !) und auf die Dauer nicht alterungsbeständig.

Deshalb wird schon lange über Alternativen nachgedacht und wurden dazu Versuche angestellt, ohne dass sich solche Alternativen in der Praxis bewährt hätten. Dabei bot sich Wasser wegen seiner hervorragenden thermischen Eigenschaften an. Seine Viskosität ist weitgehend konstant – was einerseits ein Vorteil ist – aber andererseits für die Bildung eines tragfähigen Schmierfilmes zwischen den Zahnflanken nicht ausreicht. Dem versuchte man, durch geeignete Beschichtung der Zahnräder abzuweichen. Welche Beschichtung man auch immer versuchte, sie war bisher entweder dem Flankendruck oder der Gleitgeschwindigkeit nicht gewachsen, oder sie war überhaupt schon nach kurzer Betriebsdauer verschwunden. Letzteres hat sich auch bei Kohlenstoff – Beschichtungen gezeigt.

25 Die Suche nach Alternativen findet auch in der Patentliteratur ihren Niederschlag. So ist es etwa aus der US 4,714,414 bekannt, die Zahnräder der Übersetzungsstufe eines Kompressors für ölfreie Druckluft durch versprühtes Wasser zu schmieren. Dass dabei die Zahnräder aus Kunststoff bestehen können, deutet auf geringe zu übertragende Leistung. Es handelt sich somit nicht um  
30 hoch belastete Zahnräder.

In dem DE Patent 196 05 162 C1 ist eine synthetische Funktionsflüssigkeit beschrieben, die im wesentlichen nur aus einem Alkylenglykol besteht, dem

5 Korrosions- und Oxydationsinhibitoren zugesetzt sind. Die thermischen Eigenschaften eines Alkylenglykols sind zwar besser als die von Öl, reichen aber an die von Wasser nicht heran. Vor allem ist dessen Viskosität höher, und auch wieder temperaturabhängig.

10 Es ist somit Aufgabe der Erfindung, ein betriebsbereites Getriebe zu schaffen, das die Nachteile von Schmieröl vermeidet und die Vorteile von Wasser in möglichst hohem Maße nutzt, ohne dessen Nachteile.

Erfindungsgemäß ist als Schmier- und Kühlmittel eine Mischung aus Wasser  
15 und einem aliphatischen Kohlenwasserstoff mit mindestens zwei Hydroxilgruppen beziehungsweise mit einer solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden Verbindung, in der Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 50 Mikrometer suspendiert sind. Aliphatische Kohlenwasserstoffe mit mindestens zwei Hydroxilgruppen sind höherwertige Alkohole, beispielsweise Alkylenglykole,  
20 insbesondere Äthylenglykol, Propylenglykol, Triäthylenglykol, etc. Solche Alkohole enthaltende Verbindungen können beispielsweise deren Polymerisate, Oxyde, Äther oder Ester sein.

Bei dem Schmier- und Kühlmittel handelt es sich im Wesentlichen um eine  
25 Glykol – Wasser Mischung von der Art, die in Verbrennungskraftmaschinen mit Wasserkühlung als Kühlmittel verwendet wird, die zusätzlich feine Graphit-Teilchen enthält. Die überraschende Wirkung dieses Gemisches beruht darauf, dass Graphit dieser Teilchengröße sich trotz der Anwesenheit von Wasser mit dem Glykol auf den Zahnrädern zu einer Beschichtung vereinigt,  
30 die auch bei höchsten Zahnkräften und Gleitgeschwindigkeiten bestens schmiert und die sich durch die von dem mindestens einen eintauchenden Zahnrad geförderte Menge ständig erneuert und verjüngt.

5 Diese Wirkung wurde in Dauerversuchen und Tests überprüft und mit einem  
gleichartigen Getriebe mit serienmäßiger Ölfüllung verglichen. Das ist in den  
weiter unten beschriebenen Ausführungsbeispielen näher ausgeführt. Vorweg-  
genommen sei, dass in serienmäßigen Getrieben mit der erfindungsgemäßen  
Betriebsflüssigkeit die lastlosen Verluste um bis zu 50% niedriger als in dem-  
10 selben Getriebe mit einer konventionellen Ölfüllung und dessen Temperatur in  
identischem Fahrbetrieb um mindestens 15 Grad tiefer war. Verschleiss war  
nicht festzustellen. Die mit dem erfindungsgemäßen Schmier- und Kühlmittel  
erzielte hohe Wärmeaufnahme und Wärmeableitung erlaubt es auch, das Ge-  
häuse des Getriebes näher an die Zahnräder heranzuführen, wodurch ein Ge-  
15 triebe bei gleicher Leistungsfähigkeit weniger Bauraum in Anspruch nimmt.

Damit ist es gelungen, die thermischen Vorteile von Wasser zu nutzen. Die  
Anwesenheit von Glykol in dem Fluid bannet nebstbei einen großen Nachteil  
von Wasser: es kann nun nicht mehr einfrieren. Als zusätzlicher Nutzen ist  
20 Glykol biologisch abbaubar und Graphit vollkommen inert und daher auch  
nicht umweltschädlich. Zu betonen ist, dass konstruktive Änderungen an kon-  
ventionellen Getrieben nur in Sonderfällen erforderlich sind. Es ist nur sicher-  
zustellen, dass der Kunststoff der Dichtringe nicht angegriffen wird und der  
Schmierkreislauf auch mit dem niedrigviskosen Medium funktioniert.

25

Die optimalen Mischungsverhältnisse der Komponenten hängen in hohem  
Maße von der Bauweise des Getriebes und der Art der Zahnräder ab, und auch  
von den Betriebsbedingungen. Vorzugsweise enthält das Schmier- und Kühl-  
mittel 25 bis 75 Gewichtsprozent des aliphatischen Kohlenwasserstoffes be-  
30 ziehungsweise der solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden Verbindung und  
1 bis 30 Gewichtsprozent Graphit in Form flockiger Graphitteilchen mit einer  
Korngröße unter 20 Mikrometer, Rest Wasser und weitere Beimengungen

5 und/oder Zusätze (Anspruch 2). Bei den höheren Werten für den Graphit ist an Zahnräder mit Hypoidverzahnung gedacht.

Für Getriebe enthält das Schmier- und Kühlmittel vorzugsweise 40 bis 60 Gewichtsprozent des aliphatischen Kohlenwasserstoffes beziehungsweise der  
10 solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden Verbindung und 2 bis 20 Gewichtsprozent Graphit in Form flockiger Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 12 Mikrometer, Rest Wasser und weitere Beimengungen und/oder Zusätze (Anspruch 3).

15 In Weiterbildung der Erfindung enthält das Schmier- und Kühlmittel als weiteren Zusatz ein Dispergieradditiv (Anspruch 4). Dieses sorgt für eine dauerhafte Beschichtung nicht nur der unmittelbar zu schmierenden Teile (Zahnräder, Lager), sondern aller Bauteile und auch der Gehäusewände, welche so vor Korrosion geschützt sind. Das Dispergieradditiv sichert auch nach langem  
20 Stillstand einen Anlauf der Zahnräder ohne Trockenreibung. Dispergieradditive sind in der Regel hochmolekulare Block – Copolymere. Vorzugsweise ist die Konzentration des Dispergieradditives im Schmier- und Kühlmittel in Gewichtsprozent die Hälfte bis ungefähr gleich der der Kohlenstoffteilchen (Anspruch 5).

25

Gemische von Graphit, Wasser und Glykol neigen bisweilen zum Schäumen, was bei kleinen Gehäusen störend ist. Deshalb kann dem Schmier- und Kühlmittel als weiterer Zusatz ein Entschäumer (Anspruch 6) und/oder als weiterer Zusatz auch ein Korrosionsinhibitor (Anspruch 7) zugesetzt sein.

30

Die Erfindung betrifft auch eine Betriebsflüssigkeit für ein Getriebe mit hoch belasteten Zahnrädern, dessen Gehäuse einen ein Schmier- und Kühlmittel

5 enthaltenden Sumpf bildet, in den die Zahnräder eintauchen, welches Schmier- und Kühlmittel eine Mischung nach einem der Ansprüche 8 bis 14 ist.

Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Erstinbetriebnahme eines Getriebes, etwa bevor dieses in eine Maschine oder in ein Kraftfahrzeug  
10 eingebaut wird. Mit diesem wird das Ziel verfolgt, die Vorteile der erfindungsgemäßen Betriebsflüssigkeit möglichst sofort und ohne Einlaufverluste und erhöhten Verschleiß zur Wirkung zu bringen.

Das Verfahren besteht darin, dass das aus der mechanischen Fertigung kom-  
15 mende trockene Getriebe mit dem zuvor ausserhalb des Getriebes vermischten Schmier- und Kühlmittel nach Anspruch 1 zumindest bis zum Betriebs-Pegelstand so weit befüllt wird, dass zumindest eines der Zahnräder in das Schmier- und Kühlmittel eintaucht, dann lastlos durchgedreht wird, bis alle Zahnräder und sonstigen zu schmierenden und schützenden Organe benetzt  
20 sind, wobei sich auf den Zahnrädern und überall im Getriebe ein beständiger Schmier- und Schutzfilm bildet (Anspruch 15).

Um den letzteren Effekt weiter zu verstärken, zu beschleunigen und auch in schwer zugänglichen Bereichen zu nutzen, wird in Weiterbildung des Verfah-  
25 rens als Schritt a) das Getriebe zunächst bis über das Niveau der Achsen mit dem Schmier- und Kühlmittel nach Anspruch 1 befüllt, wobei dieses aber einen höheren Anteil an Graphit (5 bis 30 Gewichtsprozent) enthält, dann eine Weile langsam durchgedreht wird, sodann das Schmier- und Kühlmittel zumindest teilweise abgelassen und das Getriebe schließlich mit einem Schmier-  
30 und Kühlmittel nach Anspruch 1 auf den Betriebs - Pegelstand befüllt wird, wobei dieses gegebenenfalls einen entsprechend der Restmenge verminderten Gehalt an Graphitteilchen enthält (Anspruch 16).



5 Als zusätzlichen Schutz nicht benetzter Stellen, zum Beispiel gegen Reibrost in Steckverzahnungen, kann diese bei der Montage durch Eintauchen oder Bestreichen mit dem Gemisch erreicht werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Abbildungen beschrieben und  
10 erläutert. Es stellen dar:

- Fig. 1: Schematisch ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Getriebes.
- Fig. 2: Diagramm mit dem Ergebnis von Vergleichsmessungen an einem beispieleweisen Getriebe.

15 In **Fig. 1** handelt es sich um ein beliebiges serienmäßiges Getriebe, hier um ein Vorderachsgetriebe eines Kraftfahrzeuges mit einem Hypoidtrieb und einem Differential. Es könnte ebenso gut ein Verteilergetriebe oder ein Untersetzungsgetriebe für den Antrieb einer Maschine, beispielsweise in der Lebensmittelindustrie sein. In dem Gehäuse 1 befindet sich der Hypoidtrieb 2  
20 und das Differential 3. Der Hypoidtrieb 2 besteht aus einem auf einer Welle 6 sitzenden Triebfling 4 und einem Tellerrad 5. Die Welle 6 ist in Lagern 7 geführt, an deren Äusseres ein Dichtring 8 anschließt. Das Differential 3 ist auch von der üblichen Bauart, und daher nicht aufgeschnitten. Eine zu einem Rad führende Halbwelle 9 ist zu sehen.

25

Unten im Inneren des Gehäuses ist ein Ölsumpf 10, dessen Flüssigkeitsspiegel bei Stillstand mit 11 bezeichnet ist. Das Tellerrad taucht in den Ölsumpf 10 ein. Weiters ist eine Einfüllöffnung und Entlüftung 13 und ein Ablass 14 für das Schmier- und Kühlmittel sowie ein Temperatursensor (nur für die Versu-  
30 che eingebaut) angedeutet.

Dieses Getriebe ist jedoch statt mit Getriebeöl mit einem Schmier- und Kühlmittel befüllt, das im wesentlichen aus einem aliphatischen Kohlenwasserstoff

5 mit mindestens zwei Hydroxylgruppen beziehungsweise einer solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden Verbindung, darin suspendierten Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 50 Mikrometer und Wasser besteht. Als aliphatische Kohlenwasserstoffe mit mindestens zwei Hydroxylgruppen kommen beispielsweise in Frage: Alkylenglykole, insbesondere Äthylenglykol, Propyl-  
 10 lenglykol, oder Triethylenglykol. Mit verschiedenen solchen Verbindungen, Mischungsverhältnissen und weiteren Zusatzstoffen wurden verschiedene in Versuchen, auch im Fahrversuch mit einem serienmäßig mit Öl befüllten Getriebe, erfolgreich erprobt. Beispielsweise:

15 Mischung 1:

Glysantin® G48: 100 Gramm

VE\* Wasser: 100 Gramm

Graphit FL1199 4 Gramm

VE\*: Vollentsalzt.

FL1199: Graphit-Flocken, das sind Lamellen, mit einer Korngröße von 11 Mikron ( $\mu$ ) und einer Reinheit von 99 % C.

20

Im Versuchsprotokoll vermerkt: Geringe Schaumentwicklung, kurzfristig keine Entmischung, geringe Benetzung.

25 Mischung 2:

Äthylenglykol: 100 Gramm

VE Wasser: 100 Gramm

Entschäumer: 1 Gramm

Entschäumer 150 der Firma Kluthe, Zusammensetzung gemäß Sicherheitsdatenblatt.

30

Dispergieradditiv: 16 Gramm

Additol® VXW6394 der Firma Cytek, Zusammensetzung gemäß technischem Merkblatt.

5

Korrosionsinhibitor: 4 Gramm BWT CW-CS 8 der Firma BWT, Zusammensetzung gemäß Merkblatt von BWT.

Graphit FL1199: 16 Gramm Wie in Mischung 1.

10 Im Versuchsprotokoll vermerkt: keine Schaumentwicklung, Dispersion stabil, ausgezeichnete und stabile Benetzung, nach Benetzung keine Korrosion nicht dauerhaft benetzter Bereiche, ausgezeichnetes Temperaturverhalten im Verteilergetriebe und Start Dauererprobung, keine ausreichende Schmierung in einem Achsgetriebe mit Hypoidverzahnung.

15

Mischung 3:

Äthylenglykol: 100 Gramm

VE Wasser: 100 Gramm

Entschäumer: 1 Gramm Entschäumer 150 der Firma

20

Kluthe, Zusammensetzung gemäß Sicherheitsdatenblatt.

Dispergieradditiv: 20 Gramm Additol® VXW6394 der Firma Cytek, Zusammensetzung gemäß technischem Merkblatt.

25

Korrosionsinhibitor: 2 Gramm BWT CW-CS 8 der Firma BWT, Zusammensetzung gemäß Merkblatt von BWT.

Graphit FL1199: 40 Gramm Wie in Mischung 1.

30 Im Versuchsprotokoll vermerkt: geringe Schaumentwicklung, Dispersion sehr stabil, ausgezeichnete und stabile Benetzung, nach Benetzung keine Korrosion nicht dauerhaft benetzter Bereiche, gutes Temperatur- und Schmierverhalten im Vorderachsdifferential.

5

Die Mischung 2 wurde im Fahrversuch mit einer konventionellen und serienmäßigen Ölfüllung im Verteilergetriebe verglichen, wobei ein und dasselbe Getriebe (das Verteilergetriebe eines luxuriösen Allradfahrzeuges, enthaltend eine Stirnradstufe und ein Planetendifferential,) einmal mit der einen und  
10 einmal mit der anderen Betriebsflüssigkeit befüllt war.

Es wurden mindestens 150 km mit jeweils konstanter Geschwindigkeit von 100 km/h und 140 km/h auf ebener Autobahn gefahren, um die Beharrungstemperaturen im Getriebe zu ermitteln. Dabei wurde die Temperatur der Betriebsflüssigkeit im Sumpf mit einem Thermo-Messfühler gemessen. Die  
15 durchschnittliche Beharrungstemperatur liegt mit der Mischung 2 unabhängig von der Umgebungstemperatur um ca. 13°C niedriger als mit serienmäßiger Ölfüllung. Dies gilt für beide Geschwindigkeitswerte.

20 Die Mischung 3 wurde im Fahrversuch mit einer konventionellen und serienmäßigen Ölfüllung im Vorderachsgetriebe verglichen, wobei ein und dasselbe Getriebe (das Vorderachsgetriebe eines luxuriösen Allradfahrzeuges, enthaltend eine Hypoid-Kegelradverzahnung und ein Differential,) einmal mit der einen und einmal mit der anderen Betriebsflüssigkeit befüllt war.

25

Es wurden mindestens 150 km mit jeweils konstanten Geschwindigkeiten von 100 km/h und 140 km/h auf ebener Autobahn gefahren, um die Beharrungstemperatur im Getriebe zu ermitteln. Die durchschnittliche Beharrungstemperatur liegt mit der Mischung 4 unabhängig von der Umgebungstemperatur um  
30 16°C bzw. 13°C niedriger, gültig für 100km/h bzw. 140km/h, als mit serienmäßiger Ölfüllung.

- 5 Weiters wurde am Prüfstand ein Vorderachsdifferential mit der Mischung 3 eine halbe Stunde lang mit einer konstanten Eintriebsdrehzahl von 1700 Umdrehungen pro Minute, das entspricht ca. 70 km/h, betrieben und das Temperaturverhalten und das Schleppmoment gemessen.
- 10 **Fig. 2** zeigt den Verlauf mit  $1700 \text{ min}^{-1}$  der beiden gemessenen Größen Temperatur T der Betriebsflüssigkeit in Grad Celsius und Schleppmoment S in Nm auf der Ordinate, die Zeit auf der Abszisse. Begonnen wird der Versuch mit circa  $23^\circ\text{C}$  kaltem Getriebe. Die entsprechenden Kurven sind T1 und S1 für das mit Öl und T2 und S2 für das mit der erfindungsgemäßen Betriebsflüssigkeit befüllte Getriebe. Es ist zu erkennen, dass während der Betriebszeit die Temperatur T1 wesentlich steiler ansteigt und  $57^\circ\text{C}$  erreicht, die Temperatur T2 hingegen langsam bis etwas über  $36^\circ\text{C}$  ansteigt. Das Schleppmoment ist die Summe aller lastlosen Verluste im Getriebe (hauptsächlich Reibungs- und Planschverluste). Das Schleppmoment S1 im Getriebe mit der Ölfüllung ist wegen der stark temperaturabhängigen Viskosität von Öl anfangs sehr hoch (über 5,5 Nm) und sinkt im Laufe des Betriebes auf ungefähr 1,4 Nm ab. Das Schleppmoment S2 ist vom ersten Moment an annähernd konstant zwischen 1,3 und 1,0 Nm. Daraus ergibt sich als Verlustarbeit in dem Zeitraum von 1800 Sekunden 0,173 kWh für das Öl und 0,106 kWh für die erfindungsgemäße Betriebsflüssigkeit, somit eine Reduzierung der lastlosen Verluste von 38,6 %. Bei winterlichem Kaltstart (bei  $-30^\circ\text{C}$ ) wurde eine Verringerung der Verlustleistung um über 50% ermittelt.
- 15  
20  
25

Aus den Bemerkungen in den Versuchsprotokollen ist zu erkennen, wie wichtig die Benetzung aller Teile des Getriebes ist. Außerdem wurde bei der Vorbereitung der Versuche beobachtet, dass eine rührende Bewegung während einer gewissen Zeit die innige Aufnahme der Graphitlamellen in das Flüssigkeitsgemisch verbessert (homogene Suspension). Daraus wurde ein diesen

30

5 Faktoren Rechnung tragendes Verfahren zur Erstinbetriebnahme eines mit der erfindungsgemäßen Betriebsflüssigkeit zu befüllenden Getriebes entwickelt:

Das vorher mit konventionellem Schmiermittel befüllte Getriebe wurde entleert und gründlich gereinigt, sodass es einem aus der mechanischen Fertigung  
10 kommenden neuen Getriebe gleich kam. Beziehungsweise wurde in der Serienfertigung ein trockenes Getriebe ohne Bandende-Prüfung hergestellt. Das trockene Getriebe wurde mit einer zuvor in einem Behälter vermischten Betriebsflüssigkeit der Mischung 2 bzw. 3 so weit befüllt, dass eines der Zahnräder in das Schmier- und Kühlmittel eintauchte. Dann wurde das Getriebe auf  
15 eine entsprechende Vorrichtung aufgespannt und lastlos durchgedreht, bis das von dem einen Zahnrad geförderte und umher geschleuderte alle Zahnräder und sonstige inneren Flächen und Teile mit dem Schmier- und Kühlmittel benetzt hatte. Nach 5 Minuten hatte sich auf den Zahnflanken ein beständiger Schmierfilm gebildet.

20

In einer Variante wurde das trockene Getriebe zunächst bei Schritt a) bis über das Niveau zumindest einer der Achsen mit einer Betriebsflüssigkeit befüllt, die mindestens 10 Gewichtsprozent Graphit enthielt. Nach dem Durchdrehen gemäß Schritt b) wurde die Betriebsflüssigkeit komplett abgelassen und dann  
25 das Getriebe mit einer Betriebsflüssigkeit auf den Betriebs - Pegelstand 11 befüllt. Alternativ könnte die Flüssigkeit auch nur teilweise abgelassen und mit einer Flüssigkeit ohne oder mit sehr wenig Graphit aufgefüllt werden. Die richtige Mischung stellt sich dann im Betrieb ein.

5

## P a t e n t a n s p r ü c h e

10

1. Betriebsbereites Getriebe mit hoch belasteten Zahnrädern, dessen Gehäuse einen ein Schmier- und Kühlmittel enthaltenden Sumpf bildet, in den die Zahnräder eintauchen, dadurch **gekennzeichnet**, dass es als Schmier- und  
15 Kühlmittel eine Mischung aus Wasser und einem aliphatischen Kohlenwasserstoff mit mindestens zwei Hydroxylgruppen beziehungsweise einer solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden Verbindung enthält, in der Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 50 Mikrometer suspendiert sind.

20 2. Betriebsbereites Getriebe nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel 25 bis 75 Gewichtsprozent des aliphatischen Kohlenwasserstoffes beziehungsweise der solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden Verbindung und 1 bis 30 Gewichtsprozent Graphit in Form flockiger Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 20 Mikrometer enthält, Rest  
25 Wasser und weitere Beimengungen und/oder Zusätze.

3. Betriebsbereites Getriebe nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel 40 bis 60 Gewichtsprozent des aliphatischen Kohlenwasserstoffes beziehungsweise der solche Kohlenwasserstoffe  
30 enthaltenden Verbindung und 2 bis 20 Gewichtsprozent Graphit in Form flockiger Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 12 Mikrometer enthält, Rest Wasser und weitere Beimengungen und/oder Zusätze.

5

4. Betriebsbereites Getriebe nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel als weiteren Zusatz ein Dispergieradditiv enthält.

10

5. Betriebsbereites Getriebe nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Konzentration des Dispergieradditives im Schmier- und Kühlmittel in Gewichtsprozent die Hälfte bis ungefähr gleich der der Kohlenstoffteilchen ist.

15

6. Betriebsbereites Getriebe nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel als weiteren Zusatz einen Entschäumer enthält.

20

7. Betriebsbereites Getriebe nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel als noch weiteren Zusatz einen Korrosionssinhibitor enthält.

25

8. Betriebsflüssigkeit für ein Getriebe mit hoch belasteten Zahnrädern, dessen Gehäuse einen ein Schmier- und Kühlmittel enthaltenden Sumpf bildet, in den die Zahnräder eintauchen, dadurch **gekennzeichnet**, dass es als Schmier- und Kühlmittel eine Mischung aus Wasser und einem aliphatischen Kohlenwasserstoff mit mindestens zwei Hydroxylgruppen beziehungsweise einer einen solchen Kohlenwasserstoff enthaltenden Verbindung enthält, in der Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 50 Mikrometer suspendiert sind.

30

9. Betriebsflüssigkeit nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel 25 bis 75 Gewichtsprozent des aliphatischen Kohlenwasserstoffes beziehungsweise der solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden



5 Verbindung und 1 bis 30 Gewichtsprozent Graphit in Form flockiger Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 20 Mikrometer enthält, Rest Wasser und weitere Beimengungen und/oder Zusätze.

10 10. Betriebsflüssigkeit nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel 40 bis 60 Gewichtsprozent des aliphatischen Kohlenwasserstoffes beziehungsweise der solche Kohlenwasserstoffe enthaltenden Verbindung und 2 bis 25 Gewichtsprozent Graphit in Form flockiger Graphitteilchen mit einer Korngröße unter 12 Mikrometer enthält, Rest Wasser und weitere Beimengungen und/oder Zusätze.

15

11. Betriebsflüssigkeit nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel als weiteren Zusatz ein Dispergieradditiv enthält.

20 12. Betriebsflüssigkeit nach Anspruch 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Konzentration des Dispergieradditives im Schmier- und Kühlmittel in Gewichtsprozent die Hälfte bis ungefähr gleich der der Kohlenstoffteilchen ist.

13. Betriebsflüssigkeit nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel als weiteren Zusatz einen Entschäumer enthält.

25

14. Betriebsflüssigkeit nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Schmier- und Kühlmittel als noch weiteren Zusatz einen Korrosionsinhibitor enthält.

30 15. Verfahren zur Erstinbetriebnahme eines Getriebes, ausgehend von dem trockenen Getriebe, in folgenden Schritten:

a) Vermischen von Wasser, einem aliphatischen Kohlenwasserstoff mit mindestens zwei Hydroxylgruppen beziehungsweise einer einen solchen Koh-

5 lenwasserstoff enthaltenden Verbindung und den Graphitteilchen in einem Behälter ausserhalb des Getriebes.

b) Füllen des Getriebes mit dem Schmier- und Kühlmittel nach Anspruch 1  
10 zumindest so weit, dass zumindest eines der Zahnräder in das Schmier- und Kühlmittel eintaucht.

c) Lastloses Durchdrehen des Getriebes, bis alle Zahnräder mit dem Schmier- und Kühlmittel benetzt sind, wobei sich auf diesen ein beständiger Schmierfilm bildet.

15

16. Verfahren zur Erstinbetriebnahme eines Getriebes nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass als Schritt a) das Getriebe bis über das Niveau zumindest einer der Achsen mit dem Schmier- und Kühlmittel nach Anspruch 1 befüllt wird, wobei dieses 5 bis 20 Gewichtsprozent Graphit, enthält, und  
20 dass nach Schritt b) das Schmier- und Kühlmittel zumindest teilweise abgelassen und das Getriebe mit einem Schmier- und Kühlmittel nach Anspruch 1 auf den Betriebs - Pegelstand befüllt wird, wobei dieses gegebenenfalls einen entsprechend der Restmenge verminderten Gehalt an Graphitteilchen enthält.

25

30

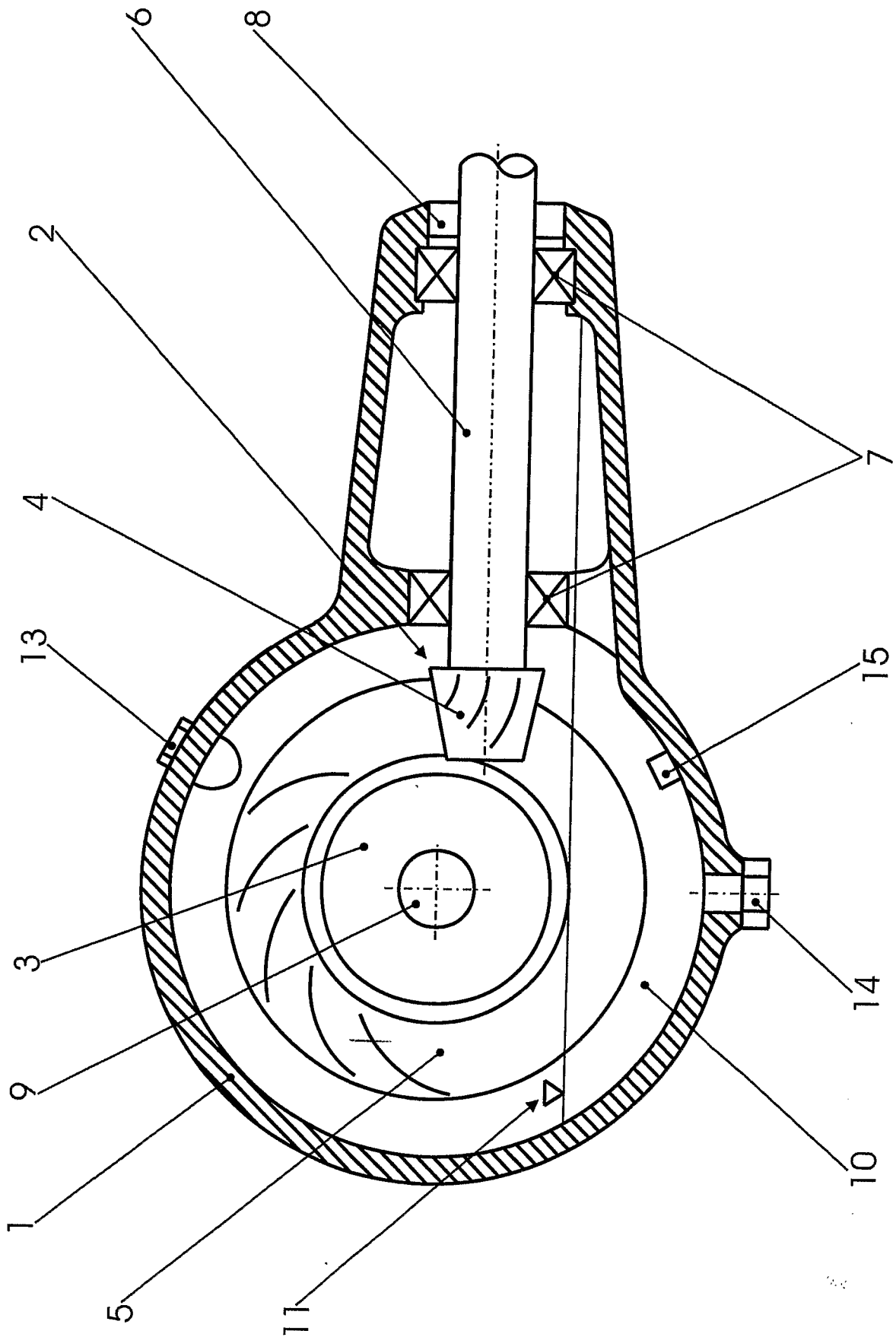
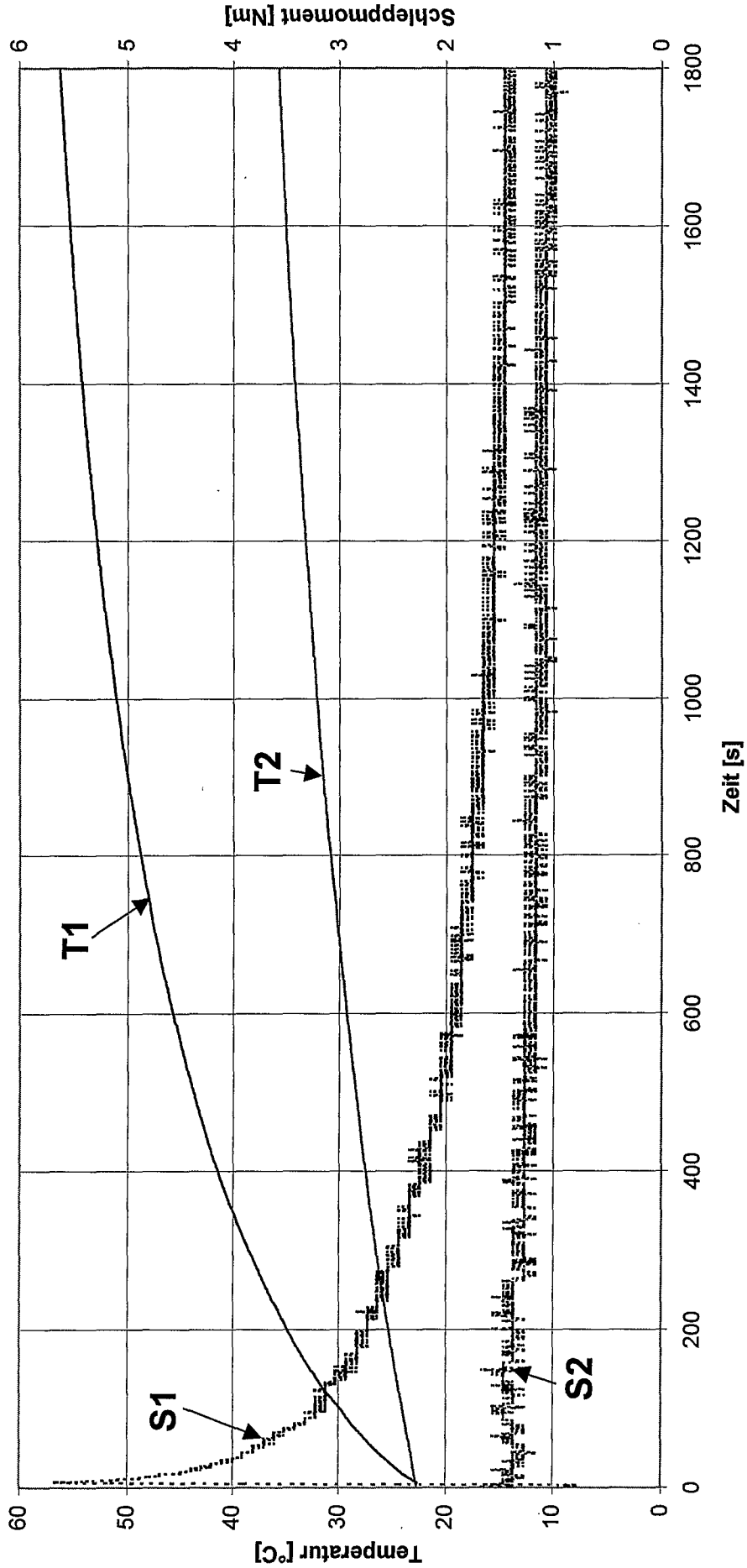


Fig. 1

**Vorderachsdifferential - Vergleich Serie Öl : Betriebsflüssigkeit (Bf)**

Arbeit Öl = 0,173 [kWh], Arbeit Mischung 1 = 0,106 [kWh], Differenz = 38,6%

n=1700 U/min (identer Füllstand)



**Fig.2**

— T\_VAG Öl [°C]    — T\_VAG Bf [°C]    ..... Md\_VAG Öl [Nm]    ..... Md\_VAG Bf [Nm]