

Der Technik-Report

von Martin Stypa

Das Differential und die Hinterachswellen

Das Differential - oder auch Hinterachsmittelstück genannt - tut bei unseren Fahrzeugen unscheinbar im Verborgenen seinen Dienst. Erst wenn nach Jahren der Zahn der Zeit an den Zähnen der Räder im Inneren des Differentials genagt hat, dann macht es sich durch Jaul- oder Mahlgeräusche bemerkbar; und nun erst verschwenden wir ein paar Gedanken an das Differential: wozu ist denn das Ding da unter dem Wagen gut, welche Funktion erfüllt es und warum muß das olle Ding jetzt solch häßliche Geräusche von sich geben?

Auf den ersten Blick erfüllt das Hinterachsmittelstück eine ganz simple Funktion: es leitet die Kräfte vom Motor des Fahrzeuges, die am Hinterachsmittelstück in Form der rotierenden Kardanwelle ankommen, in die linke und rechte Hinterachswelle und somit direkt zu den beiden angetriebenen Hinterrädern! Doch ganz so simpel wie der erste Augenschein es darstellt, ist der Innere Aufbau des Hinterachsmittelstücks ganz und gar nicht! Eine gravierende Aufgabe dieses „Kräfteverteilers“ ist es, unter bestimmten Fahrbedingungen die Motorkräfte differenziert - also unterschiedlich - zu den angetriebenen linken Hinterrad und dem rechten Hinterrad weiter zu leiten.

Daher auch die Bezeichnung Differential für das Hinterachsmittel-Stück!

Das Problem, welches ein Differential bei einem hinterachsgetriebenem Fahrzeug bewältigen muß, ist folgendes: fährt dieses Fahrzeug auf einer geraden Strecke, so drehen sich beide Hinterräder mit der gleichen Umdrehungszahl, da sie ja auch beide die gleiche Wegstrecke zurücklegen; fährt dieses Fahrzeug nun aber in einer Kurve, so werdet auch Ihr bei logischem Nachdenken zu der Erfahrung gelangen, daß das kurveninnere Rad einen kleineren Kreisbogen befährt als das kurvenäußere Rad. Das kurveninnere Rad legt somit einen kürzeren Weg zurück als das kurvenäußere Rad; zwangsläufig muß es sich also mit einer geringeren Umdrehungszahl bewegen als das kurvenäußere Rad bei der gleichen Gesamtstrecke, die das Fahrzeug zurücklegt. Diese Aufgabe bewältigt das Differential.

Würden beide angetriebenen Hinterräder starr miteinander verbunden sein, so würde bei Kurvenfahrt das kurveninnere Rad ständig durchdrehen, während das kurvenäußere Rad den eigentlichen Antrieb auf der Kurvenbahn vollzieht! Das hätte zur Folge, daß erstens die Reifen nach kürzester Zeit abradert wären, und zweitens während Kurvenfahrten keine genügende Bodenhaftung gegeben wäre!

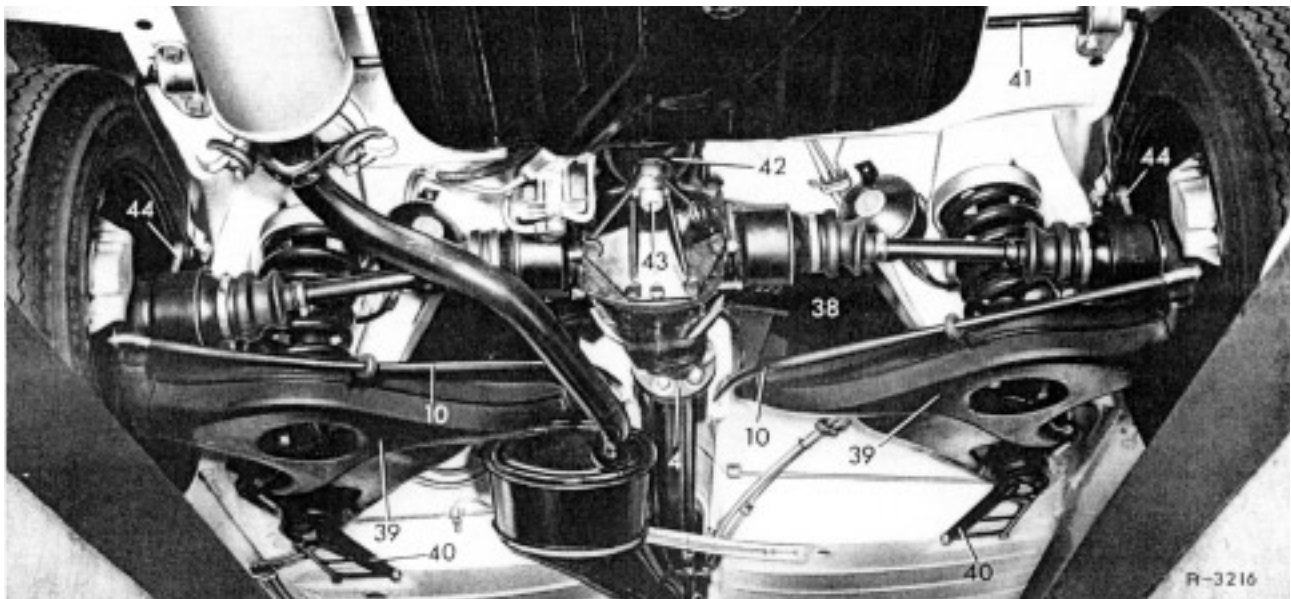


Bild 1

4 Gelenkscheibe
10 Bremsseilzug

38 Hinterachsträger
39 Schräglenker

40 Absstützblech
41 Drehstab

42 Hinteres Gummilager
43 Innensechskantschraube

44 Drehstabgestänge

Zu dem Funktionsprinzip des Differentials werde ich anschließend noch ein paar Worte sagen; wohlwissend, das es nur äußerst schwierig zu erklären ist, ein Funktionsmodell wirkt bei der Erklärung Wunder: die Zusammenhänge im Ablauf zeigen sich auch Laien sogleich.

Das Bild 1 zeigt Euch den Gesamtanblick der Hinterachse des /8ers von hinten unten aus gesehen. Vor dem Kraftstofftank das Differential, da heraus nach links und rechts zu den Rädern führend seht Ihr die Hinterachswellen, nach vorne hin führt die Kardanwelle zum Getriebe.

Die Verbindung zwischen Kardanwelle und dem Differential stellt die Gelenkscheibe, die sogenannte Hardyscheibe (nach ihrem Erfinder benannt), dar, auf dem Bild als Position 4 zu sehen.

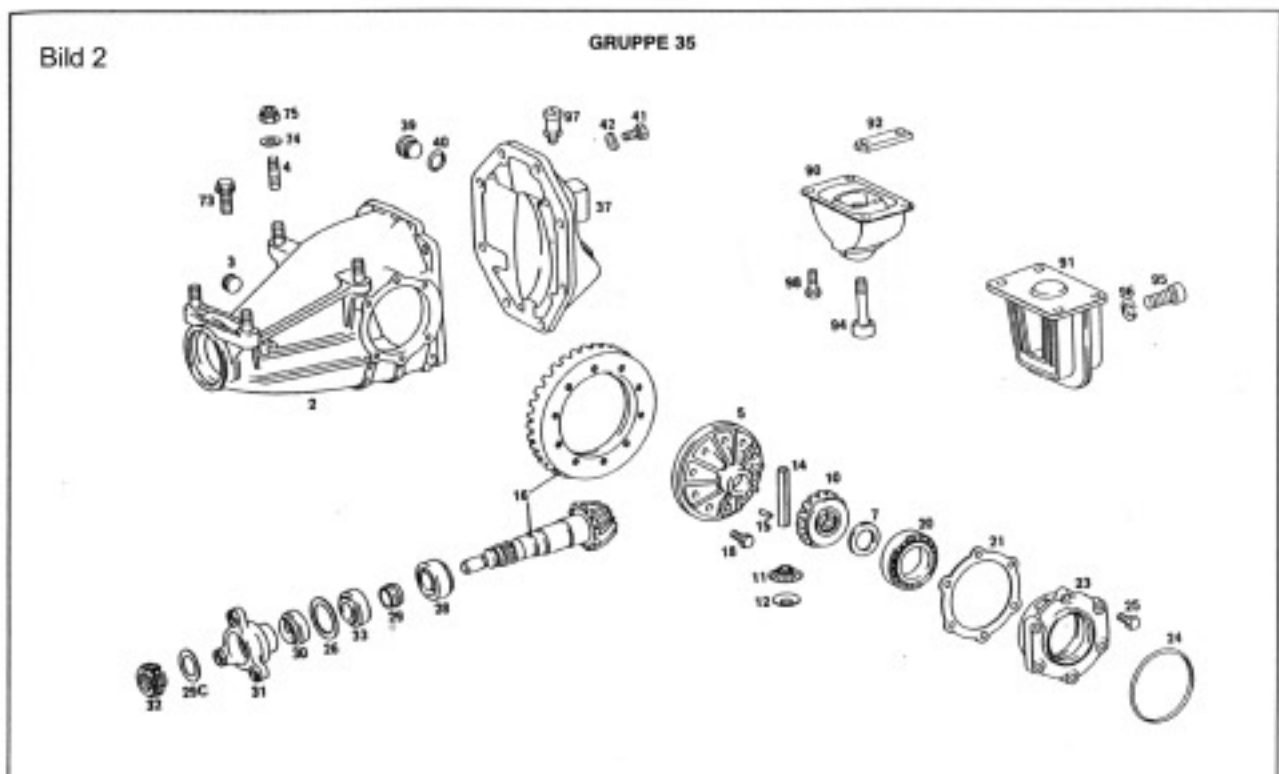
Das Bild 2 zeigt die Einzelteile des Differentials und eben auch die Übeltäter, die diese Jaul- oder Mahlgeräusche verursachen. Man sieht unter der Position 16 die kleine kurze Differential-Eingangswelle mit dem kleinen Kegelzahnkranz, und das große Kegel-Tellerzahnrad. Wie Ihr seht, hat die Eingangswelle, die die gesamte Motorkraft weiterleiten muß, nur relativ wenig Zähne, das große Tellerzahnrad dagegen recht viele; dadurch ergibt sich ein Untersetzungsverhältnis

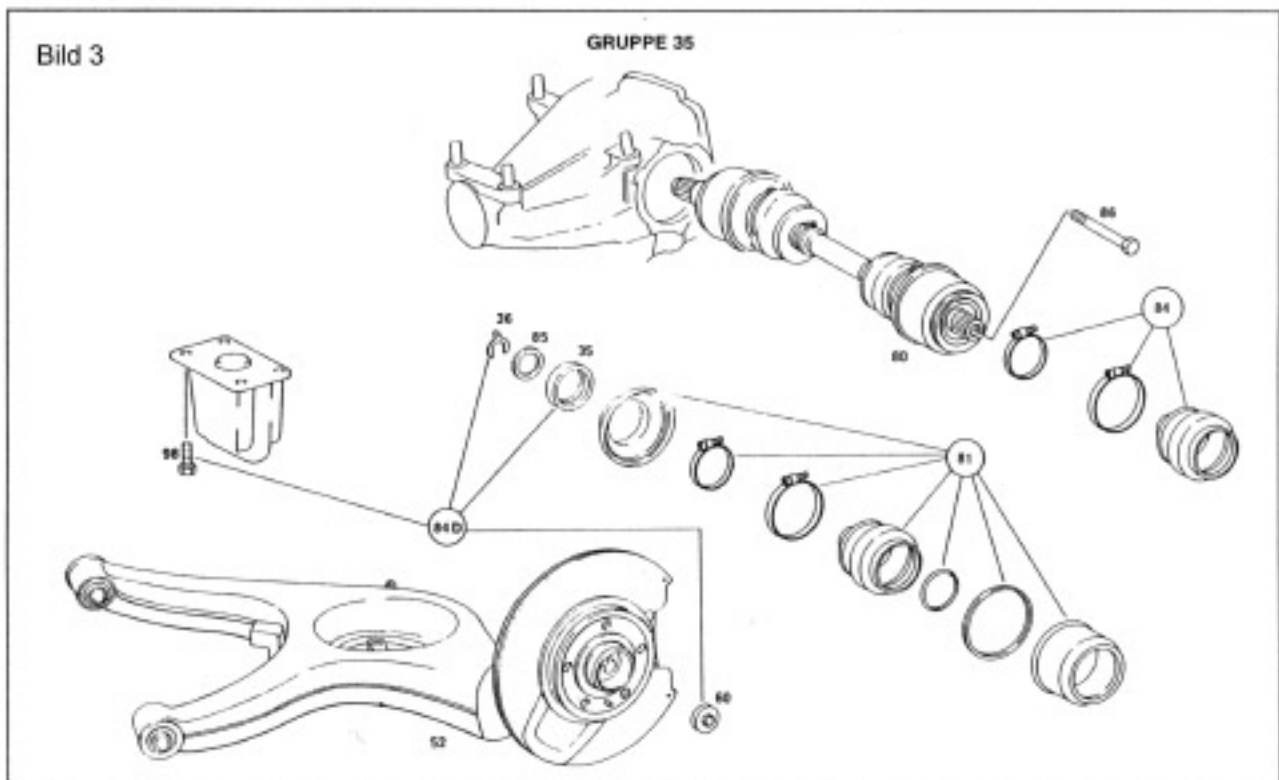
in der Drehzahl von Getriebe-Ausgangswelle und Hinterradantrieb. Das Übersetzungsverhältnis variiert je nach. Motortyp bei unseren /8ern.

Die Verzahnung dieser beiden Kegelräder im Differential ist eine sehr aufwändig und präzise herzustellende Spezialverzahnung. Da diese Verzahnung hohe Kräfte aufnehmen muß, eine lange Lebensdauer haben und auch geräuscharm abrollen soll, kommt hier die so genannte „Hypoid-Verzahnung“ zur Anwendung. Ein normales Zahnrad hat - zur Radachse gesehen - eine gerade Verzahnung, in Fahrzeuggetrieben kommen schräg verzahnte Zahnräder zur Anwendung, da sie gleichmäßiger und kraftschlüssiger ineinandergreifen und beim Gangwechsel besser ineinandergleiten. Die Hypoid-Verzahnung ist eine schräggestellte und in Kreisbogenform angeordnete Verzahnung!

Sind diese Zahnräder im Differential nun schon verschlissen, dann geben sie diese typischen Jaul- oder Mahlgeräusche im Last- oder Schubetrieb von sich, die auf die ganze Karosserie übertragen werden, und sich dadurch noch verstärken. Nun sollte das Differential gewechselt werden, entweder durch ein komplett neues Teil, welches beim Mercedes-Händler gut 3000,- DM kostet, oder durch ein Original-Austauschteil, das mit knapp 2000,- DM zu Buche

HINTERACHSE





schlägt. Eine Reparatur lohnt meist nicht, da nur das Kegelradpaar schon 1000,- DM kostet, dann die Arbeit dazukommt (eventuell ein Spezialbetrieb in Anspruch genommen werden muß) und die anderen Komponenten dann immer noch alt und eventuell auch schon teilverschlissen sind.

Der günstigste Weg ist der, daß man ein sehr gutes gebrauchtes Teil erwirbt, dieses sicherheitshalber komplett neu dichtet, und dann jenes Differential wieder einbaut. Für wenige Hundert Mark bekommt man schon ein gutes Differential.

Die Verbindung vom Differential zu den Hinterrädern stellen - wie schon erwähnt - die Hinterachswellen dar. Auf dem Bild 3 seht Ihr sie sehr gut mit der Position 80. Sie sind nur mit der Schraube Nummer 86 im Hinterradflansch befestigt, diese ist von außen bei abgenommenem Radzierdeckel (oder Nabenabdeckung bei Alufelgen) zu sehen. Im Inneren des Differentials hält nur ein Sicherungsring die Welle in Position, hier die Nummer 36.

Soll nur das Differential gewechselt werden, so müssen die Hinterachswellen nicht mit ausgebaut werden. Stellt man aber fest, daß die Gummimanschetten an den Hinterachswellen - hinter denen sich Gelenke befinden und die mit einer Fettsfüllung versehen sind - porös oder gar schon gerissen sind, so sollten diese gleich mit ausgebaut werden und zur

Mercedes-Fachwerkstatt gebracht werden, damit dort neue Gummimanschetten montiert werden.

Diese Arbeit muß mit Spezialwerkzeug erledigt werden, da der das Gelenk umhüllende Blechkörper aufgetrennt und später ein neuer zusammengebördelt werden muß. Diese Arbeit ist mit Materialkosten und Arbeitslohn nicht gerade billig, aber sie muß erledigt werden, da bei eindringender Nässe und Schmutz in die Gummimanschetten die Gelenke langfristig gesehen zerstört werden. Um beide Hinterachswellen mit neuen Gummimanschetten zu versehen, müssen knapp 300,- DM Materialkosten und wohl gut 300,- DM an Arbeitslohn eingerechnet werden.

Auf dem Bild 4 seht Ihr eine Hinterachswelle, und dort die Anordnung der verbördelten Blech-Schutzhülse (Position 20) und der Gummimanschette (Position 14).

Die sich im Inneren der Blech-Schutzhülsen befindenden Achsgelenke bestehen aus zwei dreiklaugigen Metallkörpern, zwischen denen sich Stahlkugeln bewegen können; diese Konstruktion erlaubt ein achsiales Bewegungsspiel von cirka bis zu 15 mm je Gelenk, welches beim Ein- und Ausfedern der Hinterräder erforderlich ist. Die Gelenk-Einzelteile verdeutlicht Euch das Bild 5.

Die Bilder 6 bis 9 zeigen Euch den Zusammenbau der Gelenkkapselung und verdeutlichen Euch sicherlich auch, daß hierfür Spezialwerkzeug benötigt wird!



Bild 4

- | | |
|--------------------|------------------|
| 11 Abstandring | 18 Anschlaghülse |
| 14 Gummimanschette | 20 Schutzhülse |
| 15 Hinterachswelle | |

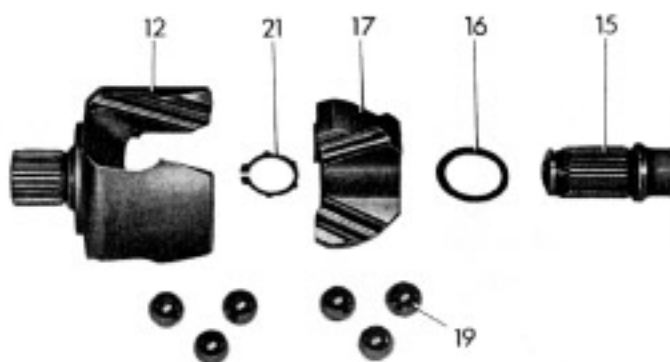


Bild 5

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 12 Gelenksterne | 17 Stern gelenkknabe |
| 15 Hinterachswelle | 19 Kugeln |
| 16 Tellerfeder | 21 Sicherungsring |

Die drei Hinterachskomponenten - Differential, linke Hinterachswelle und rechte Hinterachswelle - kann man jede für sich einzeln ausbauen, oder aber auch alle drei in einem Stück.

Der Ausbau einer oder auch aller Komponenten kann sowohl bei einem aufgebockten (angehobenem) Fahrzeug, als auch bei einem über einer Grube stehendem Fahrzeug erfolgen. Es sollte nur auch ein Grubenlift oder Wagenheber noch unter der Hinterachse platziert werden können! Die Auspuffanlage sollte entfernt werden, um unterhalb der Hinterachse genügend Arbeitsraum zur Verfügung zu haben.

Zum Ausbau des Differentials wird dieses erst einmal mit einem Wagenheber unterstützt, dann werden die vier Schrauben des hinteren Gummilagers aus dem Fahrzeug-Querträger herausgeschraubt, und das hintere Gummilager vom hinteren Deckel des Differentials abgeschraubt und entfernt. Es gibt zwei verschiedene Ausführungen des hinteren Gummilagers; das Bild 10 zeigt beide Versionen.

Nun säubert man das Differential-Gehäuse und läßt das Differential-Getriebeöl ab, danach kann man den hinteren Deckel vom Differential abschrauben, und man bekommt einen Einblick in die Innereien des Differentials. Das zeigt das Bild 11.

Das Bild 11 dokumentiert auch, wie dann im Inneren des Differentials der Sicherungsring der jeweiligen Hinterachswelle mittels eines Schraubendrehers aus der Nut gestoßen wird, oder mittels eines Hakens herausgezogen wird. Nach dem Entfernen der beiden Sicherungsringe (je einer am inneren Ende der linken und rechten Hinterachswelle) können dann die Bolzenschrauben aus der Hardyscheibe, die die Kardanwelle mit der Differential-Eingangswelle verbindet, entfernt werden.

Die Position der Hardyscheibe zeigt das Bild 12. Als letztes müssen im Kofferraum-Boden, vorne an der Trennwand zum Fahrgastraum hin, vier Gummistopfen entfernt werden, unter denen die Muttern zugänglich werden, die das komplette Differential am bumerangförmigen Hinterachskörper befestigen.

Nach dem Lösen der Vier Muttern kann nun das Differential mittels des Wagenhebers langsam abgelassen werden; eventuell sollte der bumerangförmige Hinterachskörper mittels eines weiteren Wagenhebers so weit als möglich hinten abgestützt werden, da die hintere Achshalterung - das Gummilager am Differential-Deckel - ja entfernt wurde, und der Achskörper durch die Hinterfedern eventuell zu stark heruntergedrückt wird.

Das Bild 13 zeigt Euch die vier Öffnungen im Kofferraum-Boden.

Während des vorsichtigen Ablassens des Differentials führt man dieses etwas nach hinten, um die Kardanwelle vom Differential zu trennen; nun zieht man beim weiteren Ablassen eine der beiden Hinterachswellen seitlich aus dem Differential heraus und legt sie auf dem Schräglenker ab, um nun die andere Hinterachswelle zur anderen Seite herauszuziehen. Jetzt kann das Differential weggenommen werden.

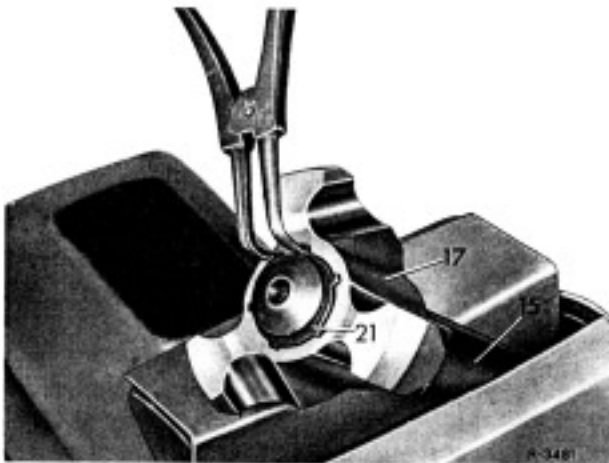


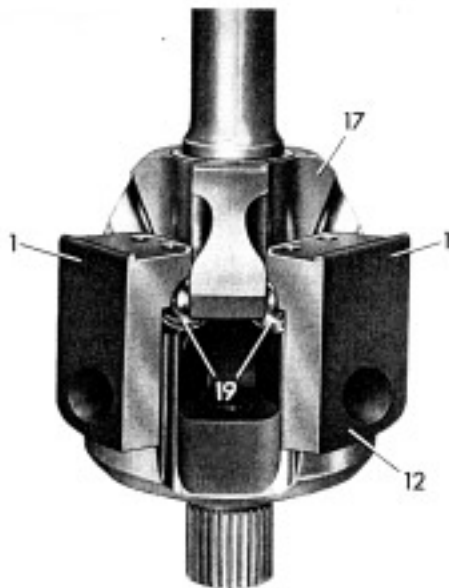
Bild 6

15 Hinterachswelle
17 Sterngelenknabe
21 Sicherungsring



Bild 7

12 Gelenktern
13 Dichtring
18 Anschlaghülse
20 Schutzhülse
22 Dichtring



R 3648

Bild 8

1 Magnet-Kugelhalter
115 589 05 63 00
12 Gelenksterne
17 Sterngelenknabe
19 Kugel

11 Hinterachswelle komplett in die Bördelvorrichtung (1) einlegen und den geteilten Auflagering (2) einsetzen (Bild 35-4/11).



Bild 9

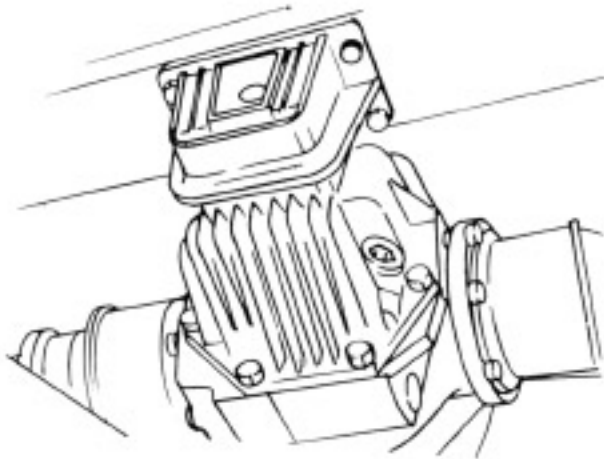
1 Bördelvorrichtung
115 589 00 63 00
2 Geteilter Auflagering

Soll nur die eine oder andere Hinterachswelle oder beide zur Überholung ausgebaut werden, so muß das Differential nicht ausgebaut werden; dieses kann am Hinterachsträger montiert bleiben, nur muß es selbstverständlich geöffnet werden, um die Sicherungsringe im Inneren von den Hinterachswellen zu entfernen. Dann muß nur noch die Schraube, die die Hinterachswelle im Hinterachswellenflansch hält, herausgeschraubt werden, dann kann die Hinterachswelle zuerst aus dem Hinterachswellenflansch herausgezogen werden, um dann ganz entfernt zu werden, so wie es das Bild 14 zeigt.

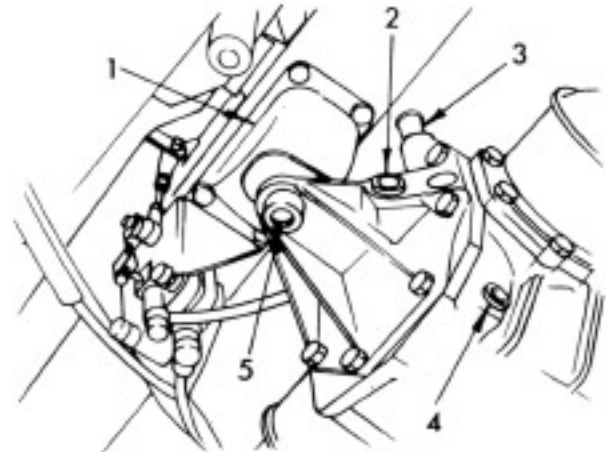
Soll das Differential durch ein gutes gebrauchtes Differential gewechselt werden, da das alte schon zu laute Jaul- oder Mahlgeräusche verursachte, so sollte das neu einzusetzende gebrauchte Differential zuvor aber mit neuen Wellendichtringen versehen werden. Das Auswechseln der beiden seitlichen Simmerringe zu den Hinterachswellen hin ist sehr einfach und schnell vollzogen.

Jedoch der Wellendichtring, der die Differential-Eingangswelle abdichtet, ist problematischer zu wechseln. Auf dem Bild 2 sieht ihr die genaue Anordnung der Lager, Dichtring, Anschlußflansch

Bild 10



Zum Ausbau des Hinterachsmittelstücks (2. Ausführung).



Hinterachsmittelstück (1. Ausführung).

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1 Hinteres Gummilager | 4 Ölablaßschraube |
| 2 Verschlußschraube | 5 Innensechskantschraube |
| 3 Entlüfter | |

und Befestigung der Differential-Eingangswelle im Differential-Gehäuse; im Genauen sind es hier die Positionen 28 bis 33. Die Position 30 stellt den Wellendichtring dar; um ihn zu wechseln, muß die Position 31 - der Kardanwellenflansch - entfernt werden. Dazu muß die Mutter, Nummer 32, abgeschraubt werden. Nun ist aber diese Mutter, wenn es denn noch die Original-Mutter ist, keine normale Sechskantmutter, sondern eine Nutmutter, die nur mit Spezialwerkzeug zu lösen ist. Man kommt also nicht drum herum, zumindest zum Lösen dieser Mutter eine nette Werkstatt aufzusuchen, die das Spezialwerkzeug hat, und jene Mutter kundenfreundlich entfernt. Eine neu zu kaufende selbstsichernde neue Mutter gibt es bei Daimler nur noch in der für uns geeigneteren Sechskantform! Nach Abnahme des Kardanwellenflansches kann nun der Wellendichtring einfach gewechselt werden.

Äußerst wichtig beim folgenden Zusammenbau von Kardanwellenflansch und Differential-Eingangswelle ist, daß man weiß, daß die Eingangswelle in zwei Kegelrollenlagern gelagert ist und diese Kegelrollenlager mit dem Festziehen der Mutter zur Befestigung des Kardanwellenflansches zusammengepresst werden! Mit dem Festziehen der Mutter stellt man also das Lagerspiel der beiden Kegelrollenlager ein, es ist genau so, wie bei der Vorderrad-Lagerung! Zieht man die Mutter nur ein wenig zu fest an, dann laufen die Lager zu stramm, und nach wenigen gefahrenen Kilometern zerstören sich die Lager selbst! Den gleichen Schaden verursacht man, wenn man die Mutter zu lose läßt und die Kegelrollenlager dadurch zu viel Spiel haben! Es ist also ein gefühlsvolles Anziehen und Einstellen dieser wichtigen Mutter unabdingbar; man muß den Reibwert - also den

Widerstand beim Drehen der Welle im Lager - recht genau einstellen. Dieses erfordert etwas Erfahrung! Ein weiterer kompletter Zusammenbau der Hinterachskomponenten und das anschließende Wiederbefüllen des Differentials mit dem speziellen Öl erfolgt - wie immer- in der umgekehrten Reihenfolge. Beachten sollte man noch, daß die rechte und linke Hinterachswelle nicht vertauscht werden; denn bei den älteren Wellen ist ein sogenannter Ölrückförderungsdrall an den inneren Wellenenden eingearbeitet, damit eventuell nach Außen drängendes Differentialöl während der Drehbewegung der Wellen ins Innere des Differentials zurückgedrängt wird. Diese Hinterachswellen sind auf den inneren Stirnseiten je mit einem R oder L gekennzeichnet!

Zum Abschluß möchte ich noch - wie eingangs angekündigt - ein paar Worte zur Funktionsbeschreibung des Differentials anbringen. Das Bild 15 zeigt Euch die schematische Zeichnung des inneren Gelenkes der rechten Hinterachswelle und deren Eingriff in das Innere des Differentials. Wenn Ihr diese Zeichnung an der linken Schnittkante spiegelt, und das Spiegelbild links anlegt, dann habt Ihr quasi auch die linke Hinterachswelle im Bild. Blickt nun zurück auf das Bild 11, dort seht Ihr die gleiche Situation als Foto - also etwas plastischer. Das Einzige, was Ihr auf dem Foto zusätzlich seht, im Gegensatz zur Zeichnung, ist das große Antriebskegelzahnrad.

Dieses große Kegelzahnrad wird ja direkt vom kleinen Kegelzahnrad der Differential-Eingangswelle angetrieben. An dieses große Kegelzahnrad ist fest das Ausgleichsgetriebegehäuse befestigt (im Bild 11 die Position 30); dieses ganze Gebilde rotiert frei im Differential um die Hinterachswellen-Achse, es besteht so noch keine direkte oder indirekte

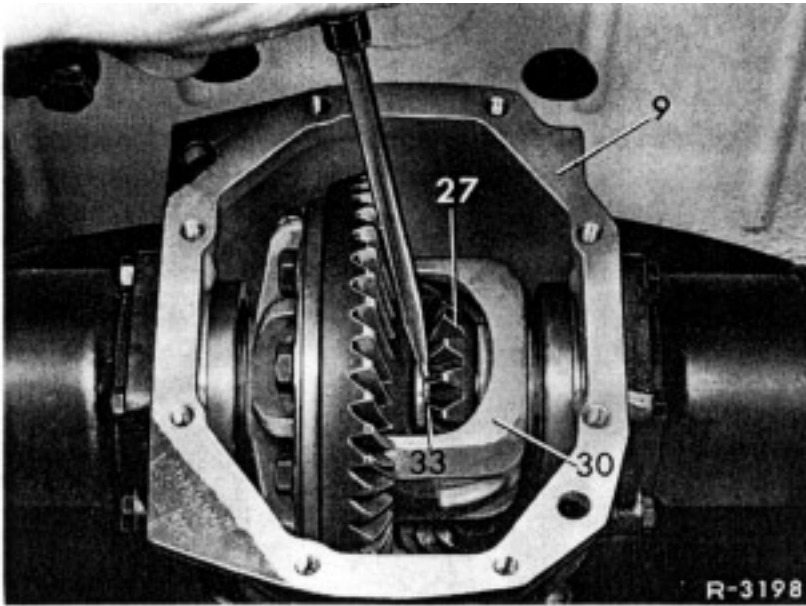


Bild 11

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 9 Hinterachsgehäuse | 30 Ausgleichgetriebegehäuse |
| 27 Hinterachswellenrad | 33 Sicherungsring |

Verbindung zur Hinterachswelle! Nun ist aber auf dem inneren Ende der Hinterachswellen je ein Kegelzahnrad in Nutverzahnung aufgesetzt, dieses seht Ihr auf den Bildern als Position 27. Es ist fest mit der Hinterachswelle durch die Nutverzahnung verbunden und ragt seitlich - je eins links und rechts - in das rotierende Ausgleichsgetriebegehäuse hinein. Noch besteht immer noch keine Verbindung zwischen dem Antrieb vom Motor zu den Hinterachswellen! Diese Verbindung - also den Kraftschluß zwischen dem Antriebskegelrad und den Hinterachswellen - stellen nun zwei kleine Kegelzahnräder dar, welche im Bild 15 oben und unten als Position 54 dargestellt sind, sie können sich um den Ausgleichsbolzen (Position 36) drehen, und sie rotieren ständig mit dem Ausgleichsgetriebegehäuse um die Hinterachswellen-Achse.



Bild 12

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 2 Hintere Gelenkwelle | 12 Hinterer Bremsseilzug |
| 4 Gelenkscheibe | 13 Federklammer |
| 7 Sechskantschraube | 14 Halter am Rahmenboden |
| 9a Scheibe | |

Die vier kleinen Kegelzahnräder - Positionen 27 und 54 - bilden zusammen gesehen ein Rechteck, welches innerhalb des Ausgleichsgetriebegehäuses zu liegen kommt. Stehen die zwei Ausgleichskegelräder (54) still, und dreht sich durch den Motorantrieb das komplette Ausgleichsgetriebegehäuse im Differential, so nehmen die Ausgleichskegelräder (54) die beiden Hinterachswellenräder (27) gleichmäßig und konstant mit; es ist ein direkter Kraftfluß vorhanden, und die beiden Hinterachswellen drehen sich mit der gleichen Drehzahl wie das ganze Ausgleichsgetriebegehäuse - das Auto fährt geradeaus!

Nun stellt Euch vor, daß eine Hinterachswelle festgehalten wird, also ein Hinterachswellenrad (27) sich nicht drehen kann, was passiert nun, wenn vom Motor eine Kraftübertragung, also eine Rotation des Antriebskegelrades erfolgt? Das ganze Ausgleichsgetriebegehäuse dreht sich, das (beispielsweise) rechte Hinterachswellenrad steht fest, nun müssen um das feststehende Hinterachswellenrad die zwei Ausgleichskegelräder (54) ihrerseits

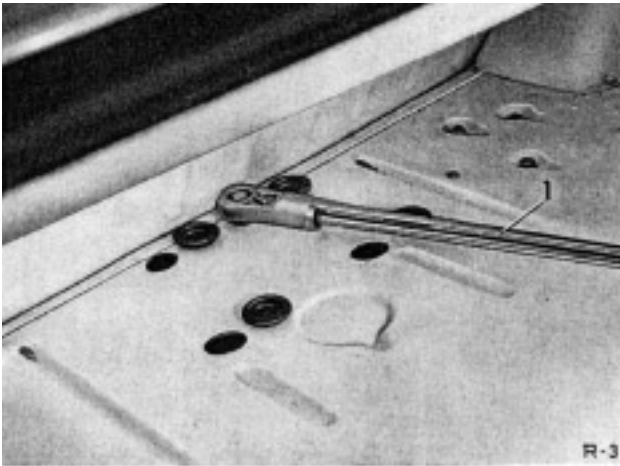


Bild 13

1 Drehmomentschlüssel

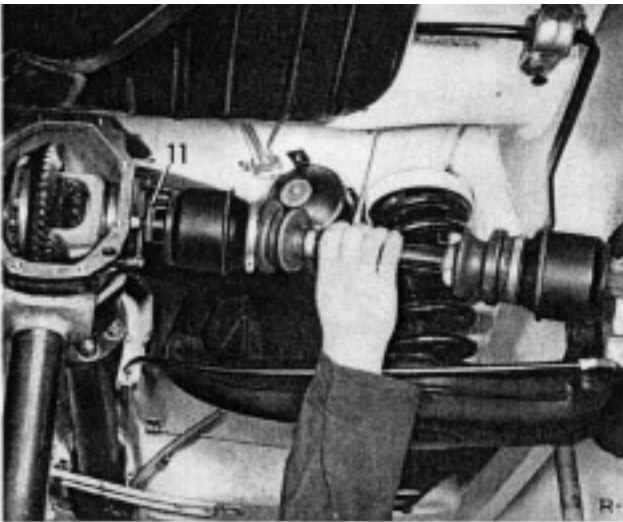


Bild 14

11 Abstandring

rotieren - also in den Zahnflanken abrollen - eines linksherum um den Ausgleichsbolzen (56) rotierend und eines rechtsherum!

Durch diese Drehung der beiden Ausgleichskegelräder um den Ausgleichsbolzen herum wird zwangsläufig das andere nicht feststehende Hinterachswellenrad der linken Hinterachswelle gedreht, es erfolgt also ein Antrieb des linken Hinterrades! Gleichzeitig steht das rechte Hinterrad fest; es ist die Situation, die man kennt, wenn ein Hinterrad auf einer Eispfütze steht, und man anfahren will, wobei dann das eine Rad durchdreht und das andere sich gar nicht dreht! In diesem Fall macht das durchdrehende Rad genau

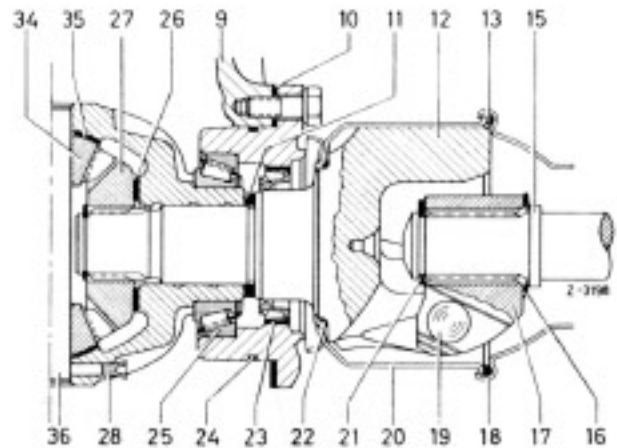


Bild 15

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 9 Hinterachsgehäuse | 21 Sicherungerring |
| 10 Ausgleichscheibe | 22 Dichtring |
| 11 Abstandring | 23 Abdichtring |
| 12 Gelenksterne innen | 24 Dichtring |
| 13 Dichtring | 25 Kegelrollenlager |
| 15 Hinterachswelle | 26 Anlaufscheibe |
| 16 Tellerfeder | 27 Hinterachswellenrad |
| 17 Stern Gelenknaabe | 28 Sicherungsstift |
| 18 Anschlaghülse | 34 Ausgleichkegelrad |
| 19 Kugel | 35 Kugelscheibe |
| 20 Schutzhülse | 36 Ausgleichbolzen |

die doppelte Umdrehungszahl als das rotierende Antriebskegelrad im Differential. Hiermit ist der Funktionsnachweis erbracht, daß trotz Zahnradverbindung der beiden Hinterachswellen diese Wellen auch mit unterschiedlicher Drehzahl zum gleichen Zeitpunkt rotieren können. Und je langsamer die eine Welle rotiert, desto schneller wird zwangsläufig die andere angetrieben!

Somit sind Kurvenfahrten kein Problem für heckgetriebene Fahrzeuge.

Trichau Martin