

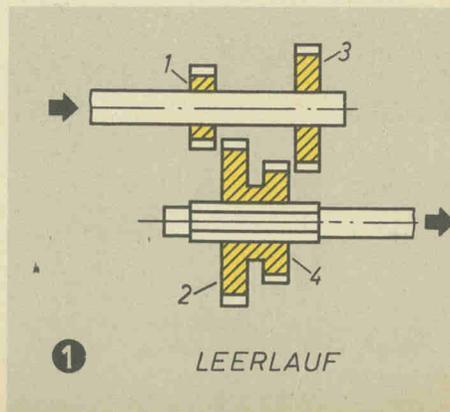
# Wie funktioniert denn das?

**Getriebe: klauengeschaltet und synchronisiert**

Eine Dampfmaschine läuft auch unter voller Belastung an, wenn der in den Zylinder einströmende Dampf den Arbeitskolben bewegt. Da der nötige Dampfdruck unabhängig von der Maschine in einem Kessel erzeugt wird, steht er bei entsprechender Heizung schon beim Anfahren in vollem Umfang zur Verfügung. Aus diesem Grunde brauchen Dampflokomotiven, die selbst Schwerlastzüge ziehen, kein Getriebe. Anders ist das beim Verbrennungsmotor, dessen Arbeitskolben vom Druck des im Motor verbrannten Kraftstoff-Luft-Gemisches angetrieben werden. Hier wird der Druck im Motor selbst erzeugt. Der Motor muß deshalb angeworfen, gestartet werden und braucht dann eine Mindestdrehzahl, den Leerlauf, um nicht wieder stehen-zubleiben.

Die erforderliche Leistung zum Fahren, also zum Beschleunigen des Fahrzeugs, zum Überwinden von Steigungen usw., entwickelt der Verbrennungsmotor erst in mittleren und hohen Drehzahlen. Dieser relativ kleine nutzbare Drehzahlbereich genügt nicht, um nur mit

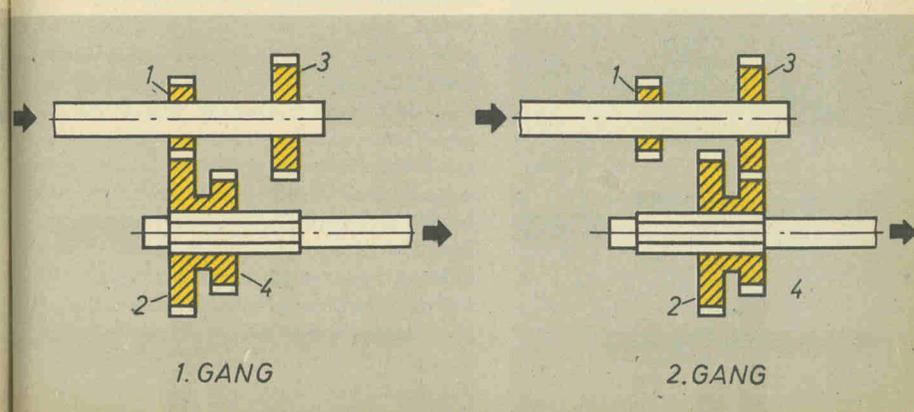
dem Motor sämtlichen unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Belastungen eines Kraftfahrzeugs gerecht zu werden. Deshalb brauchen Autos und Motorräder ein Getriebe, das die Motorleistung den verschiedenen Geschwindigkeiten und Belastungen anpaßt. Das Getriebe ermöglicht es, zum Beispiel im ersten Gang große Steigungen zu überwinden, wobei man aber nicht allzusehr schnell fahren kann. Mit dem vierten Gang sind dagegen in der Ebene hohe Geschwindigkeiten möglich, aber viel Reserven für Steigungen und zum Beschleunigen stehen dann nicht mehr zur Verfügung. Dieser Vergleich läßt schon erkennen, wie ein Getriebe im Prinzip funktioniert: entweder hohe Geschwindigkeit bei geringer Zugkraft oder hohe Zugkraft bei geringer Geschwindigkeit. Je mehr Stufen oder Gänge ein Getriebe hat, um so besser kann man die Motorleistung der jeweils vorhandenen Belastung anpassen. Rennfahrzeuge haben deshalb Getriebe mit sechs und teilweise noch mehr Gängen. Bei Serienfahrzeugen begnügt man sich im allgemeinen mit vier Gängen, damit das Getriebe nicht zu kompliziert und zu teuer wird.



## Das Wechselrädigergetriebe

Den prinzipiellen Aufbau eines Getriebes zeigt Bild 1. Damit die Darstellung übersichtlich bleibt, wurden nur zwei Gänge eingezeichnet. Die über die Kupplung mit dem Motor verbundene Antriebswelle (oben) trägt die Zahnräder 1 und 3. Die Zahnräder 2 und 4 sind in einem Block zusammengefaßt, der auf der mit einer Verzahnung versehenen Abtriebswelle sitzt. Dieser Zweierblock kann auf der Abtriebswelle verschoben werden, seine Zahnräder können sich aber nicht gegenüber der Welle verdrehen. In Leerlaufstellung steht der Block zwischen den Zahnrädern 1 und 3, es befindet sich kein Zahnrad im Eingriff. Wird der Block nach links verschoben, so greifen die Zähne der Räder 1 und 2 ineinander. Da das Rad 1 nur halb so groß ist wie das Rad 2, dreht sich in diesem Gang die Abtriebswelle nur halb so schnell wie die Antriebswelle, die Kraft an der Abtriebswelle ist aber dafür doppelt so groß. Im zweiten Gang, beim Eingriff der gleich großen Zahnräder 3 und 4, sind die Drehzahlen beider Getriebewellen gleich groß, und die

Abtriebswelle kann auch nur die gleiche Kraft abgeben wie die Antriebswelle. (Tatsächlich hängen die Drehzahlen der beiden Wellen von den Zahnzahlen der Räder ab, nicht vom Durchmesser der Zahnräder.) Solche einfachen Wechselrädigergetriebe mit drei und vier Gängen hatte in den dreißiger Jahren noch die überwiegende Mehrheit der Autos. Das Schalten war damals nicht so einfach und erforderte viel Fingerspitzengefühl. Wenn es keine knarrenden bis kreischenden Schaltgeräusche geben sollte, so mußte der Fahrer dafür sorgen, daß die Umfangsgeschwindigkeiten der beiden einzuschaltenden Zahnräder übereinstimmten. Beim Fahren im ersten Gang drehte sich die Antriebswelle entsprechend der unterschiedlichen Zahnzahl der Räder 1 und 2 schneller als die Abtriebswelle. Vor dem Umschalten mußte deshalb die zu hohe Drehzahl der Antriebswelle vermindert werden, denn das Schalten ging nur dann geräuschlos vor sich, wenn sich die Zahnräder 3 und 4 gleich schnell drehten. Beim Umschalten wurde deshalb zunächst nur in den Leerlauf geschaltet und dort eine Pause



eingelegt, damit die Drehzahl der Antriebswelle sinken konnte. War die Schaltpause zu kurz oder zu lang, so gab es trotzdem Geräusche. Um die notwendige Schaltpause abzukürzen, gab es noch den Trick des Zwischenkuppelns. Man nahm Gas weg, kuppelte aus, schaltete auf Leerlauf und kuppelte wieder ein, damit die sich inzwischen im Leerlauf drehende Kurbelwelle die Getriebeantriebswelle bremste.

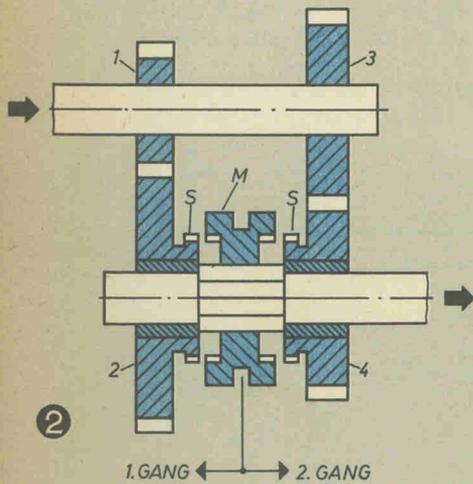
Noch komplizierter war das Abwärtschalten zum Beispiel vom zweiten in den ersten Gang (bei manchen Lastkraftwagen ist das heute noch so). Da sich beim Fahren im zweiten Gang beide Getriebewellen gleich schnell drehten und für den ersten Gang etwa die doppelte Drehzahl der Antriebswelle gegenüber der Abtriebswelle gebraucht wurde, mußte Zwischengas gegeben werden. Der Schaltvorgang

umfaßte dabei: Gas wegnehmen, auskuppeln, auf Leerlauf schalten, einkuppeln, Zwischengas geben, auskuppeln, ersten Gang einschalten. Natürlich mußte die Menge des Zwischengases genau stimmen, wenn das Schalten geräuschlos vor sich gehen sollte. Bei groben Schaltfehlern kommt es vor allem bei Lkw-Getrieben vor, daß man den gewünschten Gang überhaupt nicht mehr hineinbekommt und anhalten muß. Es hat auch schon schwere Unfälle gegeben, weil sich Lkw-Fahrer beim Bergabfahren verschalteten und ihren voll beladenen Lastzug mit den Bremsen nicht mehr halten konnten.

Aus diesen Vorfällen resultiert die alte Kraftfahrerregel, daß man bergab im gleichen Gang fahren soll wie bergauf und daß man vor allem schon vor Beginn des Gefälles den richtigen Gang eingeschaltet haben muß.

### Die Klauenschaltung

Im Laufe der technischen Weiterentwicklung wurde nach Wegen gesucht, die einmal das Schalten der Gänge erleichterten und zum anderen die Getriebe Geräusche insgesamt verminderten. Die alten Wechselrädergetriebe brauchten nämlich Zahnräder mit geraden, parallel zur Getriebewelle angeordneten Zähnen, sonst hätte man die Zahnräder beim Schalten nicht in Eingriff bringen können. Diese geraden Verzahnungen sorgten dafür, daß die Getriebe auch mit dem besten Öl recht hörbar heulten, vor allem bei höheren Drehzahlen. Schräg verzahnte Getriebe laufen wesentlich ruhiger, obwohl sich hier nicht nur die beiden Räder des gerade eingeschalteten Ganges, sondern die Radpaare sämtlicher Gänge ständig im Eingriff befinden. Die einzelnen Gänge werden hier mit besonderen Schaltklauen eingeschaltet,



die das zu schaltende Rad mit der Welle verbinden. Bild 2 zeigt das Bauprinzip eines klauengeschalteten Wechselgetriebes, wie es noch im Trabant 500, im P 70 und im Wartburg 900 der ersten Baujahre zu finden ist. Die Räder 1 und 3 sitzen fest auf der Antriebswelle, während sich die mit ihnen im ständigen Eingriff befindlichen Räder 2 und 4 auf ihrer Welle frei drehen können. Die Schaltmuffe M zwischen den Rädern 2 und 4 sitzt mit einer Verzahnung auf der Abtriebswelle, damit sie sich gegenüber der Welle nicht verdrehen, aber hin- und hergeschoben werden kann. Die beiden Zahnräder 2 und 4 tragen außerdem je eine Schaltverzahnung S, in die die Schaltklauen der Muffe M eingreifen. Wird die Muffe nach links geschoben, so greift sie in die Schaltklauen S des Zahnrades 2 ein und verbindet es mit der Abtriebswelle. Das vom Zahnrad 3 getriebene Rad 4 dreht sich dabei leer auf seiner Welle und nimmt an der Kraftübertragung nicht teil. Beim Umschalten vom ersten zum zweiten Gang wird die Schaltmuffe nach rechts geschoben, das Zahnrad 2 dreht sich dann leer auf der Welle, und die Kraft wird vom Räderpaar 3 und 4 auf die Abtriebswelle übertragen.

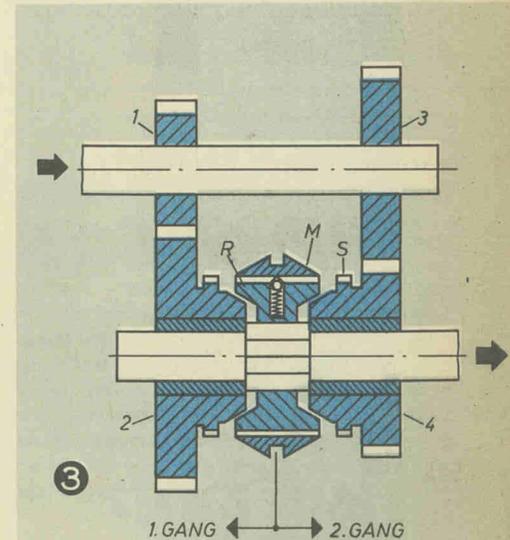
Schaltgeräusche traten auch bei diesem klauengeschalteten Getriebe auf, wenn man nicht aufpaßte. Auch das Zwischengas blieb dem Fahrer beim Abwärtsschalten nicht erspart. Die Gänge ließen sich aber hier schon wesentlich leichter einlegen, weil beim Schalten nur die kleine Muffe und nicht ein ganzer Zahnradblock verschoben wurde. Außerdem war die Umfangsgeschwindigkeit im Bereich der Schaltklauen S auf Grund des kleineren Durchmessers der Verzahnung wesentlich niedriger.

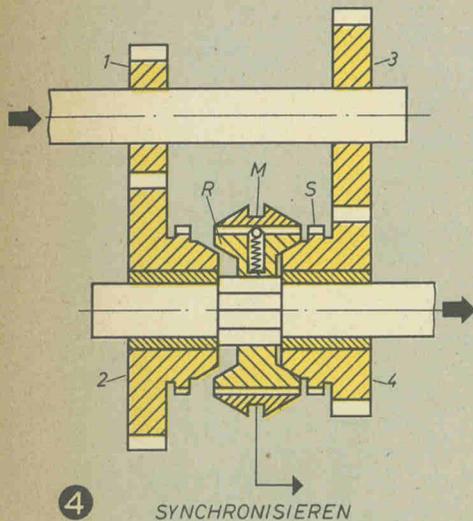
Auch dadurch wurde das Schalten erleichtert.

### Das synchronisierte Getriebe

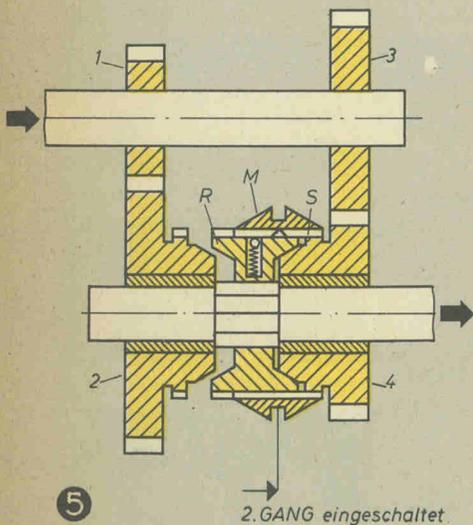
Der nächste Schritt zum synchronisierten Getriebe war nun nicht mehr weit. Bild 3 zeigt den Aufbau. Zwischen den auf der Abtriebswelle drehbar gelagerten Zahnrädern 2 und 4 sitzt auch eine Schaltmuffe, die auf der Welle hin- und hergeschoben werden kann. Die Verzahnung auf der Welle und in der Muffe sorgt dafür, daß sich die Muffe nicht gegenüber der Welle drehen kann. Die Muffe selbst besteht aber hier nicht aus einem Stück, sondern ihr äußerer Teil M kann gegenüber dem inneren Teil R verschoben werden. Eine Verzahnung zwischen diesen beiden Teilen verhindert, daß sie sich gegeneinander verdrehen.

Bei der in Bild 3 gezeichneten Leerlaufstellung berühren die Teile der Schaltmuffe keines der beiden Zahnräder 2 und 4. Wird ein Gang einge-





4 SYNCHRONISIEREN



5 2. GANG eingeschaltet

schaltet, so legt sich entsprechend dem Bild 4 zunächst der konische Teil des Reibkörpers R an den Reibkonus des einzuschaltenden Zahnrads 4 und bringt es auf die gleiche Drehzahl. Bei weiterem Druck auf den Schalthebel gibt der von federbelasteten Kugeln gehaltene äußere Ring M nach, seine Zähne greifen in die Schaltklauen S des Zahnrads 4 ein und stellen die formschlüssige Verbindung vom Zahnrad zur Abtriebswelle her. Bild 5 zeigt die Lage der Teile bei eingeschaltetem zweiten Gang.

Das Schalten findet hier geräuschlos statt, da der Reibkörper R schon vor dem Eingreifen der Ringmuffe M in die Schaltklauen S für gleiche Drehzahlen gesorgt hat. Synchronisieren heißt übrigens nichts anderes als Gleichlauf herstellen. Beim Aufwärtsschalten zum nächsthöheren Gang bremst der Reibkörper das zu schaltende Zahnrad und damit auch die Antriebswelle ab. Beim Abwärtsschalten muß er das betreffende Zahnrad und die Antriebswelle beschleunigen, um den Drehzahlgleichlauf herzustellen. Die synchronisierenden Reibkörper ersetzen sowohl die Schaltpause als auch das Zwischengas. Bei großem Drehzahlunterschied der zu schaltenden Teile braucht der Reibkörper aber einige Zeit zum Synchronisieren. Man muß dann den Schalthebel etwas länger auf Druckpunkt halten und nicht gleich mit Gewalt den Gang einlegen.

Bei modernen Synchrongetrieben wird in zunehmendem Maße eine sogenannte Sperrsynchrisierung eingebaut. Hier gestattet eine besondere Sperrvorrichtung das Verschieben der Schaltmuffe M gegenüber dem Reibkörper R erst dann, wenn der Drehzahlgleichlauf hergestellt ist. Vorher läßt sich der Gang auch mit Gewalt nicht einschalten. Übrigens schadet es keinem Synchrongetriebe, wenn man

die vom einfachen Getriebe her gewohnten Schaltpausen beim Aufwärtsschalten einhält und beim Abwärtsschalten Zwischengas gibt. Man nimmt damit den Reibkörpern die Arbeit ab, und sie unterliegen dann auch einem geringeren Verschleiß. Besonders wenn beim Abwärtsschalten größere Drehzahldifferenzen synchronisiert werden müssen, geht das mit etwas Zwischengas wesentlich schneller als bei alleiniger Reibarbeit der Synchronrichtung.

Wie es im Getriebe des Škoda 1000 MB aussieht, zeigt Bild 6. Die obere, durch die Kupplung mit der Kurbelwelle des Motors verbundene Antriebswelle trägt die vier schräg verzahnten Zahnräder der Vorwärtsgänge, die mit den Rädern der Abtriebswelle ständig im Eingriff stehen. Das zwischen den Radpaaren des ersten und zweiten Ganges angeordnete kleine Zahnrad mit gerader Verzahnung gehört zum Rückwärtsgang, der keine Synchronrichtung hat. Er wird wie in alten Zei-

ten durch Verschieben des auf einer besonderen Nebenwelle gelagerten Zwischenrads eingeschaltet. Die Kraft wird vom Zwischenrad zur untenliegenden Abtriebswelle über das große gerade verzahnte Rad übertragen, das auf der Schaltmuffe für den ersten und zweiten Gang angebracht ist. Die aufgeschnittene Schaltmuffe zwischen den Radpaaren des dritten und vierten Ganges läßt die Verzahnung des äußeren Ringes, die Schaltklauen an den Zahnradern und eine der federbelasteten Kugeln erkennen, die den äußeren Ring gegenüber dem inneren Reibkörper festhalten. Neben dem Zahnrad des vierten Ganges (unten links) ist auch ein Teil der konischen Reibfläche zu sehen, an die sich der Reibkörper beim Synchronisieren anlegt. Das am rechten Ende der Abtriebswelle sitzende Kegelrad treibt über das hier nicht eingezeichnete Ausgleichsgetriebe die beiden zu den Hinterrädern führenden Achsantriebswellen.

Ing. Eberhard Preusch

