

Fahrzeuggetriebe

Bearbeitet von
Werner Klement

3., aktualisierte und erweiterte Auflage 2011. Buch. 232 S. Hardcover

ISBN 978 3 446 42600 9

Format (B x L): 19,3 x 23,3 cm

Gewicht: 536 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Maschinenbau Allgemein > Triebwerkstechnik,
Energieübertragung](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Leseprobe

Werner Klement

Fahrzeuggetriebe

ISBN: 978-3-446-42600-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42600-9>

sowie im Buchhandel.

5 Stufenautomatgetriebe

5.1 Wandlerautomatgetriebe

Die überwiegende Mehrzahl der heute produzierten und verbauten Automatgetriebe sind Getriebe, die sich grundsätzlich in zwei Punkten von den bereits bekannten Schaltgetrieben unterscheiden. Zum einen ist dies das Anfahrlement. Hier findet in der Regel der **Trilok-Wandler** Verwendung. Zum anderen ist es die Fähigkeit, die einzelnen mechanischen Gänge ohne Unterbrechung der Zugkraft zu wechseln. Vor allem diese Eigenschaft der **Lastschaltung** unterscheidet die Automatgetriebe von den automatisierten Schaltgetrieben.

Bereits im Jahre 1925 entwickelte der deutsche Ingenieur *Rieseler* ein Getriebe, das wie die heutigen Automatgetriebe aufgebaut war. Aber ähnlich wie bei der Entwicklung des Trilok-Wandlers erfolgte die Industrialisierung der Automatgetriebe in den USA. Hier war es vor allem die Firma General Motors, die schon vor dem zweiten Weltkrieg mit der Entwicklung automatischer Getriebe für Personenkraftwagen begann.

Der Hintergrund dieser Entwicklung war, das Auto fahren einfacher und bequemer zu machen. Automatgetriebe entlasten den Fahrer und natürlich die Fahrerin eines Kraftfahrzeuges von Routinetätigkeiten. Die Getriebe wählen selbsttätig einen Schaltpunkt und eine passende Übersetzung. Man kann beliebig lange am Berg stehen und das Fahrzeug wird – nachdem die Fahrtrichtung vorgewählt wurde – lediglich durch Gaspedal und Bremspedal gesteuert.

Für die Akzeptanz solcher Automatgetriebe war die Zugkraftschaltung, der Wechsel von einer Übersetzungsstufe zur anderen ohne Unterbrechung der Zugkraft, ein wesentliches Element. Da das Getriebe irgendwann eine Schaltung einleitet, die ohne Wissen des Fahrers erfolgt, kann es passieren, dass eine solche Schaltung auch während eines Über-

holvorganges oder in anderen kritischen Situationen abläuft. Ist im Augenblick des Schaltens für mehr als eine Sekunde keine Zugkraft vorhanden, so kann dies in Bezug auf die Fahrdynamik und Fahr-sicherheit zu Problemen führen. Aus diesem Grund war es unbedingt erforderlich, die Schaltungen ohne Unterbrechung der Zugkraft zu realisieren.

Das andere Problem beim Fahren eines Fahrzeugs ist der Anfahrvorgang. Hier entschied man sich für eine hydrodynamische Lösung. Der Vorteil der Hydrodynamik besteht darin, dass bereits bei Stillstand des Fahrzeuges ein Moment am Abtrieb erzeugt wird und auf Grund der Verschleißfreiheit der Hydrodynamik und der Kühlungsmöglichkeit dieser Zustand ohne zeitliche Limitierung aufrechterhalten werden kann.

Ein weiterer, ganz entscheidender Punkt ist die Ansteuerung bzw. Schaltung eines hydrodynamischen Bauelementes, z. B. einer hydrodynamischen Kupplung oder eines hydrodynamischen Wandlers. Es ist keine äußere Schaltung erforderlich, sondern lediglich ein mit Öl gefüllter Kreislauf. Alle mechanischen Lösungen bedürfen einer äußeren zusätzlichen Steuereinrichtung. Zu Beginn der Entwicklung standen weder die entsprechenden Aktuatoren noch die Steuerlogik und Mikrocomputer zur Verfügung. Daher war eine automatisierte Ansteuerung einer Reibkupplung nur mit sehr viel Aufwand denkbar.

Wandlerautomatgetriebe mit Trilok-Wandler bestehen aus zwei Getrieben. Es gibt das hydrodynamische Getriebe mit seiner hydrodynamischen Wandlung und diesem nachgeschaltet ein mechanisches Getriebe mit Übersetzungsstufen. Wenn wir die **Gesamtwandlung** betrachten, dann müssen wir die mechanische Wandlung und die hydrodynamische Wandlung miteinander multiplizieren. Das gleiche gilt analog für den Getriebewirkungsgrad.

Bild 5.1 zeigt das Grundprinzip aller Wandlerautomatgetriebe. Da das „Anfahrlement“ Wandler mit

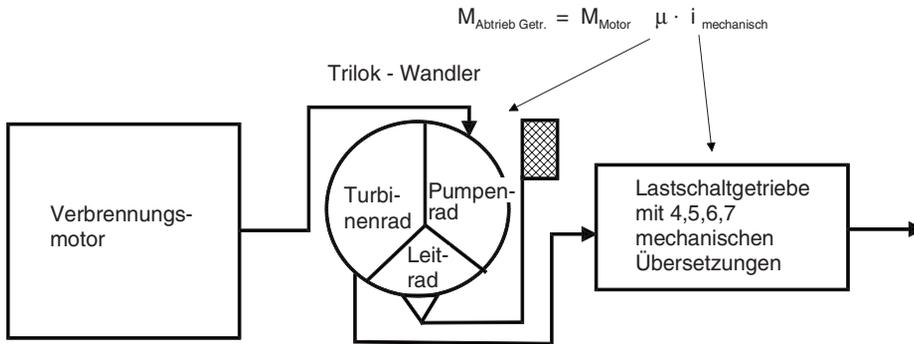


Bild 5.1: Prinzipieller Aufbau Wandlerautomat

dem gleichen Öl wie das Getriebe betrieben wird, ist es auch ein integraler Bestandteil des Gesamtgetriebes. Hier sind Anfahelement und nachgeschaltete Übersetzungsstufen in einem Aggregat vereinigt. Dass es sich bei dem hydrodynamischen Wandler in erster Linie um ein Anfahelement handelt, zeigt auch die Entwicklung der Automatgetriebe. So baute die Mercedes Benz AG zunächst

ein Viergang-Automatgetriebe (Bild 5.2), welches eine hydrodynamische Kupplung zum Anfahren hatte. Erst mit der Massenproduktion des Trilok-Wandlers und dem zusätzlichen Vorteil einer Momentenwandlung – speziell für das „Losbrechen“ und Starten eines Fahrzeuges – setzte sich der Trilok-Wandler auf breiter Front durch. Einer Anekdote zufolge soll die Umstellung von einer hydro-

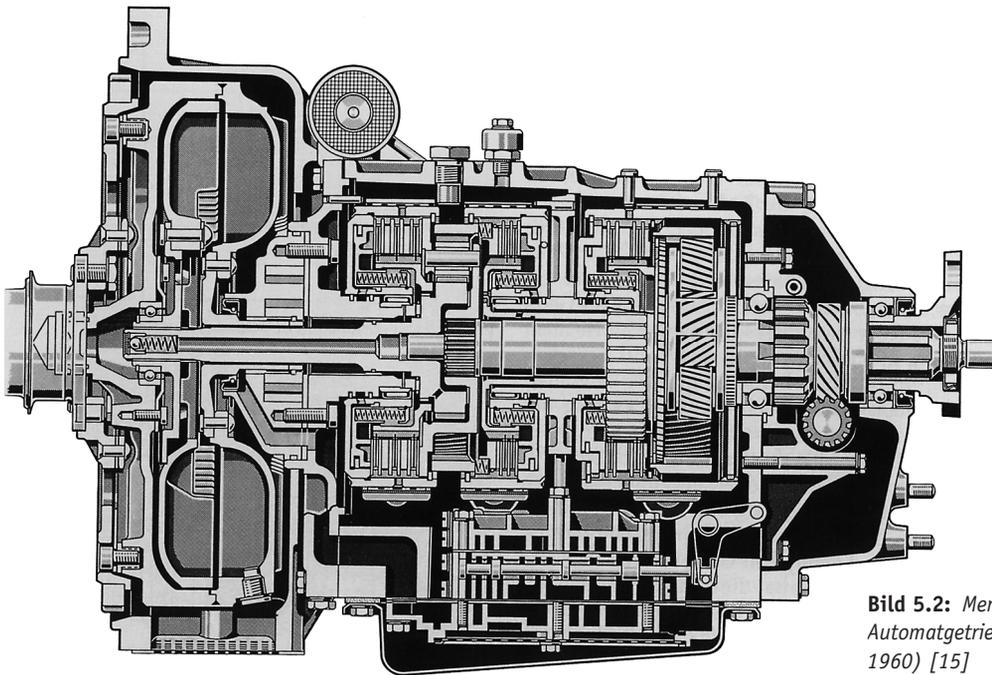


Bild 5.2: Mercedes-Benz-4-Gang-Automatgetriebe (Baujahr ca. 1960) [15]

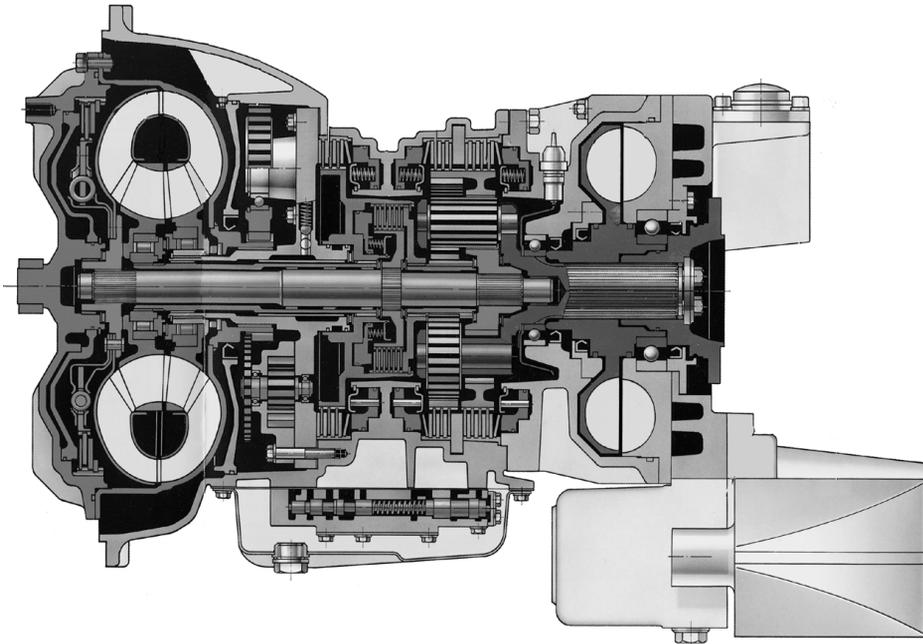


Bild 5.3: Längsschnitt 3-Gang-Wandlerautomatgetriebe „Midimat“ [Voith]

dynamischen Kupplung auf einen Trilok-Wandler im Hause Mercedes Benz dadurch ausgelöst worden sein, dass ein Vorstandsmitglied mit einem Fahrzeug mit Automatgetriebe nicht auf einen Bordstein fahren konnte. Dabei sollte man die damalige Motorisierung eines 190 D mit 55 PS bei fast unverändertem Gewicht beachten und dass bei entsprechender Bordsteinhöhe dies durchaus einer Steigung von 40 % entsprechen kann.

Ein Getriebe mit einem modifizierten Trilok-Wandler zeigt Bild 5.3. An diesem Getriebe werden die **Baugruppen** eines Automatgetriebes beschrieben. Neben dem bereits angesprochenen hydrodynamischen Trilok-Wandler, der in diesem Falle zwei Leiträder für eine höhere Momentenwandlung und zusätzlich eine Überbrückungskupplung besitzt, folgt nachgeschaltet ein Planetensatz. Bild 5.4 zeigt das Schema dieses Getriebes. Die drei mechanischen Gangstufen und der Rückwärtsgang werden mittels dreier **Lamellenbremsen** und einer **Lamellenkupplung** geschaltet.

Zur Bildung der Übersetzungsstufen wird nun ein Planetengetriebe verwendet; in diesem Falle ein sehr kompakt bauender **Ravigneaux-Planetenrad-satz**. Diese Konfiguration eines Planetengetriebes ist eine sehr beliebte Bauform, da man drei Vorwärtsgänge einschließlich der Übersetzung 1:1 und einen Rückwärtsgang mit einem axial sehr kurz bauenden Getriebe realisieren kann. Dies sieht man auch in Bild 5.3. Der Lastschaltgetriebeteil ist kaum länger als der hydrodynamische Wandler. Die Baulänge wird in erster Linie durch die Schaltelemente bestimmt.

Zwischen dem mechanischen Teil und dem hydrodynamischen Teil befindet sich die **Zahnradpumpe**, die zur Ölversorgung des Getriebes dient. Diese Zahnradpumpe wird von der Motorseite über das Pumpenrad des Wandlers angetrieben. Die Notwendigkeit eines Zahnradpumpenantriebs ist ein Grund für die Anordnung des Pumpenrades bei einem Trilok-Wandler. Das Pumpenrad befindet sich immer auf der Getriebeeingangsseite, da nur so die Mög-

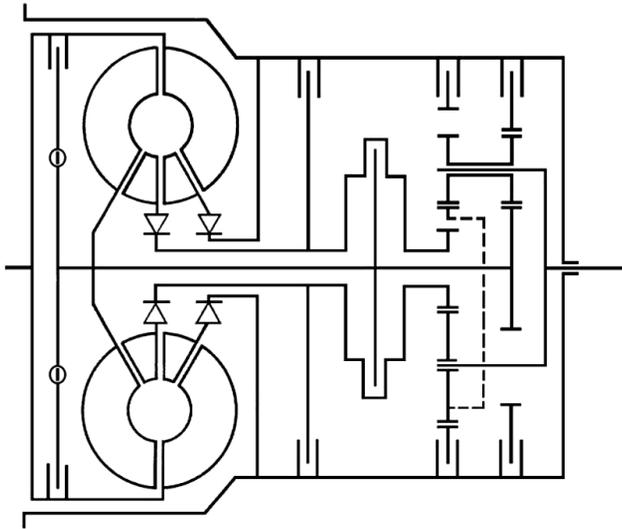


Bild 5.4: Schemabild 3-Gang-Wandlerautomatgetriebe „Midimat“ [Voith]

lichkeit besteht, eine Zahnradpumpe mit Motor-drehzahl anzutreiben.

Diese Zahnradpumpe sorgt für die Kühlung des Wandleröles, liefert den notwendigen Druck zum Schalten der Lamellenelemente und sorgt für Schmieröl. Das Öl in einem Automatgetriebe hat mehrere Funktionen. Es dient sowohl zur Energieübertragung als auch zur Steuerung und zur Schmierung.

Komplettiert wird das Automatgetriebe durch einen zusätzlichen **Wärmeaustauscher**, der auf der einen Seite an das Ölsystem des Getriebes angeschlossen ist und auf der anderen Seite von dem Kühlwasser des Motors durchflossen wird. Die Auslegung und Kapazität dieses Wärmeaustauschers richtet sich nach dem Punkt im Fahrkennfeld, den man dauerhaft fahren möchte. Dies ist in der Regel eine definierte Geschwindigkeit mit der dabei möglichen Steigfähigkeit. Die bei diesem Betriebspunkt anfallende Verlustleistung muss dauerhaft abgeführt werden. Bei höheren anfallenden Wärmeleistungen kommt es zu einer Aufheizung des Getriebeöles, die dann beim Überschreiten von Grenzwerten zur Abschaltung bzw. zu Reaktionen auf der Steuerungsseite führt.

Bauteile wie Abdichtungen, Lager und Gehäuse sind technisch bekannte Elemente. Die Abdichtung zwischen dem hydrodynamischen Teil und dem Getriebe ist wegen des Durchmessers auf Grund der Hohlwellen hoch beansprucht. Je nach Ausführung des Getriebegehäuses ist es schwierig, eine stabile Gegenstelle für die Abdichtung zu ermöglichen.

Die Möglichkeit, die Schmierung mit gezielter **Drucköleinspritzung** zu realisieren, erlaubt die Verwendung einer **Trockensumpfschmierung**. Dies bedeutet, dass die Zahnräder, und vor allem die umlaufenden Lamellen, nicht ins Öl eintauchen und daher vor allem bei hohen Drehzahlen keine höheren Schleppverluste haben.

Gerade bei hohen Drehzahlen haben Automatgetriebe gegenüber Schaltgetrieben Vorteile beim Wirkungsgrad. Der Grund liegt in der Schmierung der Zahnräder. Bei Tauchschnierung nehmen die Verluste theoretisch mit dem Quadrat der Drehzahl zu. Bei einer Schmierung mittels einer Zahnradpumpe sind bei einer entsprechenden Abregelung des Ölvolu-menstromes und des Öldruckes die Verluste nur bedingt von der Drehzahl abhängig, aber auch bereits bei geringen Drehzahlen vorhanden. Ganz entscheidend für den Getriebewirkungsgrad ist bei

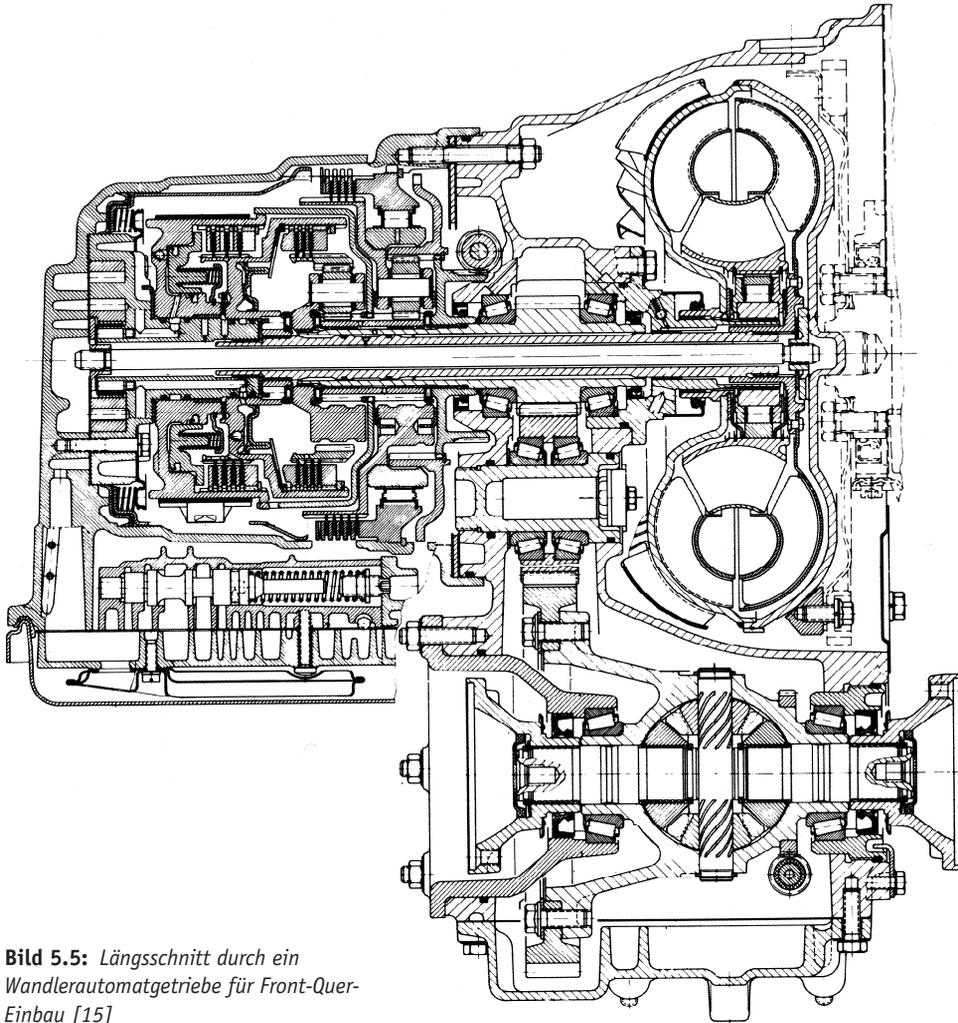


Bild 5.5: Längsschnitt durch ein Wandlerautomatgetriebe für Front-Quer-Einbau [15]

Automatgetrieben die Koppelstruktur. Je weniger Kupplungen ein Planetenradsatz hat und je geringer die Relativedrehzahlen der freilaufenden Schaltelemente sind, umso geringer sind die **Ventilationsverluste** und umso besser wird der Wirkungsgrad. Dies wirkt sich direkt auf den Kraftstoffverbrauch aus.

Der **Ölstand** ist bei der Betrachtung der Verlustleistung ein wichtiger Punkt. Er muss immer mindestens eine solche Höhe haben, dass die Zahnradpumpe keine Luft ansaugt. Dies muss auch bei

schneller Kurvenfahrt, maximaler Beschleunigung und Fahren mit der maximalen Steigfähigkeit sichergestellt sein. Wird zu viel Öl eingefüllt, so laufen mindestens die Hohlräder oder die Belaglamellen im Öl, was zu sehr hohen Verlusten führt. Das Problem in der Praxis besteht darin, dass eine Messung des Ölstandes nur bei laufendem Getriebe möglich ist. Nur dann befindet sich das Öl im Umlauf und es ergibt sich der Ölstand, den man auch im Betrieb vorfindet.

Planetenradsätze eignen sich hervorragend für die koaxiale Getriebebauweise, da sie schon koaxial gebaut sind. Für Front-Quer-Einbauten sind Planetenradsätze auf Grund ihrer axialen Baulänge weniger geeignet, sodass hier auch andere Lösungen untersucht und umgesetzt wurden. Ein Beispiel für ein Getriebe in Front-Quer-Anordnung zeigt Bild 5.5. Bei genauer Betrachtung kann man erkennen, dass die Antriebswelle in das Planetengetriebe hineinläuft und dass über eine Hohlwelle der Abtrieb zurückkommt. Dies bedeutet, dass sich An- und Abtrieb koaxial auf der gleichen Seite befinden.

Eine wesentliche Entwicklung der letzten Jahre war die Erhöhung der Gangzahl bei Automatgetrieben.

Während man bei den früheren Entwicklungen davon ausging, dass die Wandlerüberhöhung, die einen Wert um den Faktor 2 hat, einen mechanischen Gang ersetzt, so haben heutige Automatgetriebe gleiche Gangzahlen wie entsprechende Schaltgetriebe. Dies bedeutet, dass der Fahrbereich des hydrodynamischen Wandlers reduziert und die Hydrodynamik nur zum Anfahren verwendet wird.

Der Grund für die Beschränkung auf wenige Gänge lag darin, dass es vor der Einführung der heute bekannten Mikrocomputertechnologie als äußerst schwierig galt, die Umschaltung der einzelnen Gänge eines Automatgetriebes zu steuern. Diese Getriebe hatten rein hydraulische Steuerungen. So erzeugte u. a. eine Öldruckpumpe das Signal für die Fahrgeschwindigkeit. Man kann sich leicht vorstellen, welche Einflüsse von Temperatur, Sauberkeit des Öles usw. vorhanden waren.

An dem Getriebe der Mercedes Benz AG kann man den hydraulischen Aufbau im unteren Teil sehr gut erkennen. Die Steuerung der Schaltpunkte sowie die Ansteuerung der Schaltelemente erfolgten rein hydraulisch in Abhängigkeit von Federn, Drosseln und entsprechender Kolbenstellung. Daher war man bemüht, möglichst wenig Gänge schalten zu müssen, um die Steuertechnik klein zu halten.

Die ersten amerikanischen Automatgetriebe waren Zweigang-Automatgetriebe, die sehr komplexe hydrodynamische Wandler hatten, die entsprechend gute Fahrbereiche aufwiesen (siehe hierzu auch Abschnitt 2.2.1). In Verbindung mit großvolumigen mehrzylindrigen Motoren und entsprechenden Fahrzeuggewichten – man sprach ja von Straßenkreuzern – boten diese Lösungen sicherlich einen hervorragenden Fahrkomfort, da sie einer stufenlosen Lösung doch recht nahe kamen.

5.2 Lastschaltung

Unter einer Lastschaltung versteht man den Wechsel von einer Übersetzungsstufe zur nächsten ohne Unterbrechung der Zugkraft. Die Benennung beruht darauf, dass unter Last – Motor gibt auch während der Schaltung Moment ab – ein Wechsel der Übersetzung erfolgen kann, was bei Getrieben mit einer Trennung des Leistungsflusses nicht möglich ist. Es wird auch der Begriff **Zugkraftschaltung** verwendet, weil bei einer Hochschaltung die Zugkraft erhalten bleibt. Die Funktion einer solchen Lastschaltung kann man an einem einfachen Beispiel erläutern. Bild 5.6 zeigt einen Motor, der über zwei Kupplungen an den Abtrieb des Fahrzeuges angekoppelt ist. Die eine Kupplung liegt in einem Übersetzungsweg mit der Übersetzung $i = 1,5$, die andere Kupplung hängt direkt am Abtrieb des Fahrzeuges. Die Fahrzeugmasse denkt man sich am Abtrieb angreifend.

Eine Umschaltung von der Übersetzung 1,5 auf den direkten Gang ohne Unterbrechung des Momentes am Abtrieb muss nun wie folgt ablaufen: Zunächst ist die Kupplung K1 geschlossen und der Motor dreht entsprechend schneller als die Ausgangswelle des Getriebes. Nun wird zu der geschlossenen Kupplung K1 die Kupplung K2 dazugeschaltet. Sobald nun das Moment, welches die Kupplung K2 übertragen kann, größer ist oder mindestens gleich dem Motormoment, kann Kupplung K1 geöffnet werden. Man könnte auch bei ganz exakter Steuerung das Moment an Kupplung K1 so weit reduzieren, wie