



Leseprobe

Werner Klement

Fahrzeuggetriebe

ISBN (Buch): 978-3-446-45095-0

ISBN (E-Book): 978-3-446-45254-1

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45095-0>

sowie im Buchhandel.

Vorwort

Jeder Student, der das Fach Konstruktion belegt, muss ein einfaches Getriebe konstruieren können. Das beruht darauf, dass in einem Zahnradgetriebe nahezu alle Maschinenelemente vorkommen. Je mehr man sich aber mit dem Thema „Getriebe“ beschäftigt, umso mehr erkennt man, dass es in der Technik viele Lösungen gibt. Diese haben nur noch wenig mit einem einfachen Zahnradgetriebe gemein. Ziel dieses Buches ist es, die ganze Vielfalt der Getriebe zur Leistungsübertragung in Fahrzeugen aufzuzeigen. Ausführlich wird auf die speziellen Anforderungen von Antrieben für mobile Anwendungen eingegangen. Neben dem „Anfahren“ ist das vor allem bei Personenkraftwagen das „Schalten“, welches entscheidend zum Komfort beiträgt. Die Gangzahl und die Schaltpunkte beeinflussen den Kraftstoffverbrauch genauso wie der Wirkungsgrad eines Getriebes. Die bestehenden Anforderungen an Komfort, Fahrverhalten und Abgasemissionen sind ohne moderne Getriebetechnik nicht lösbar. Nur durch Ausschöpfen aller technischen Möglichkeiten sind die zukünftigen Rahmenbedingungen überhaupt zu erfüllen.

In diesem Lehrbuch werden die vielfältigen Möglichkeiten, Drehzahlen und Drehmomente für die Anforderungen eines Fahrzeuges zu wandeln, eingehend erläutert. Dem Leser wird ein Überblick über die verschiedenen Getriebesysteme vermittelt, so dass ihm eine unabhängige Bewertung und Einordnung der derzeit laufenden Entwicklungen und angebotenen Konzepte möglich ist. Ich habe ver-

sucht, alle realisierten Getriebeentwicklungen sowohl als System als auch in Form von Beispielen darzustellen. Wichtig ist mir hierbei der Konzeptgedanke und nicht die technischen Details.

An dieser Stelle bedanke ich mich ganz herzlich bei allen, die durch Ihre Unterstützung zum Gelingen dieses Buches beigetragen haben. Das sind alle genannten und ungenannten Firmen mit den dahinterstehenden Personen und ihre Beiträge, auf die ich zurückgegriffen habe. Mein Dank gilt auch dem Carl Hanser Verlag, vertreten durch Frau *Ute Eckardt* und Frau *Katrin Wulst*. Besonders erfreulich war für mich die sehr effektive konstruktive Zusammenarbeit. Mein besonderer Dank gilt meiner Frau *Brigitte*, die mich tatkräftig bei der Erstellung des Manuskriptes unterstützt hat.

Ihnen, liebe Leserin und lieber Leser, wünsche ich viele neue Erkenntnisse und Impulse. Sie halten die vierte Auflage dieses Buches in Ihren Händen. Neu ist ein Kapitel zu speziellen Bauformen von Planetengetrieben, in welchem diese näher beschrieben und wichtige Ableitungen getroffen werden. Den Hybridantrieben wurde, bedingt durch die inzwischen gewachsene Bedeutung und dem damit verbundenen Umfang, ein eigenes Buch gewidmet (Klement, Hybridfahrzeuge). Lassen Sie sich von der faszinierenden Welt der Fahrzeuggetriebe begeistern.

Heidenheim, im März 2017

Werner Klement

Inhaltsverzeichnis

1 Die Notwendigkeit eines Fahrzeuggetriebes	9	5 Stufenautomatgetriebe	112
1.1 Definition „Getriebe“	9	5.1 Wandlerautomatgetriebe	112
1.2 Anforderungen an ein Fahrzeuggetriebe	13	5.2 Lastschaltung	117
1.3 Wandlungsbereiche von Fahrzeuggetrieben	20	5.3 Schaltelemente	121
1.4 Wirkungsgrad	22	5.4 Steuerung von Automatgetrieben ...	128
1.5 Einteilung der Kennungswandler für Fahrzeuge	22	5.5 Doppelkupplungsgetriebe	130
2 Prinzipien für Drehmoment-/Drehzahlwandlung	25	6 Schaltprogramme	134
2.1 Mechanische Drehmoment-/Drehzahlwandlung	25	6.1 Grundlagen	134
2.2 Mechanische Übersetzung in Stufen	27	6.2 Schaltprogramm für Pkw-Automatgetriebe der DaimlerChrysler AG	138
2.3 Hydraulische Getriebe	34	7 Mechanisch stufenlose Automatgetriebe	142
2.3.1 Hydrodynamische Drehzahl-/Drehmomentwandler	34	7.1 Grundlagen	142
2.3.2 Hydrostatische Getriebe	44	7.2 Multitronic-Getriebe von Audi	149
2.4 Elektrische Getriebe	48	8 Getriebe mit Leistungsverzweigung	154
3 Planetengetriebe	51	8.1 Grundlagen	154
3.1 Allgemeine Definition	51	8.2 Hydrodynamische Getriebe	162
3.2 Drehzahlverhältnisse	53	8.3 Hydrostatische Getriebe	165
3.3 Drehmomentverhältnisse	58	8.3.1 Fendt-Vario-Getriebe	165
3.4 Symbole für Getriebekombinationen	61	8.3.2 ZF-Eccom-Getriebe	169
3.5 Beispiele für Planetengetriebe	65	8.3.3 John-Deere-Getriebe	170
3.6 Wirkungsgradberechnung von Planetengetrieben	78	8.3.4 Zusammenfassung	170
4 Schaltgetriebe	83	8.4 Elektrische Getriebekonzepte	172
4.1 Getriebeaufbau	83	8.4.1 Toyota-Prius-Antriebskonzept	172
4.2 Anfahrlement „Reibkupplung“	86	8.4.2 Fazit	174
4.3 Synchronisierung	91	9 Spezielle Bauformen von Planetengetrieben	177
4.4 Automatisierung von Schaltgetrieben	93	9.1 Erweiterung Kutzbachplan	177
4.5 Torsionsschwingungsdämpfer	97	9.2 Spezielle Bauformen	178
4.6 Schaltgetriebe für Nutzfahrzeuge ...	101	9.2.1 Stufenplanetensatz	178
4.7 VIAB®-Verschleißfreies integriertes Anfahr- und Bremselment	103	9.2.2 Doppelplanetensatz	179
		9.2.3 Ravigneaux Konzept	181
		9.2.4 Differenzial	182
		9.3 Beispiele	184
		9.3.1 Getriebe mit Ravigneaux Planetenradsatz	184
		9.3.2 Torque Vectoring	185

10 Übungen	189	11.3 Lösungen Auslegung hydro-	
10.1 Fahrmechanik.....	189	dynamischer Wandler.....	222
10.2 Planetengetriebe	195	11.4 Lösungen Getriebe in Leistungs-	
10.3 Auslegung hydrodynamischer		verzweigung.....	223
Wandler.....	202	Literatur	228
10.4 Getriebe in Leistungsverzweigung ..	206		
11 Lösungen	213	Sachwortverzeichnis	230
11.1 Lösungen Fahrmechanik.....	213		
11.2 Lösungen Planetengetriebe	216		

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

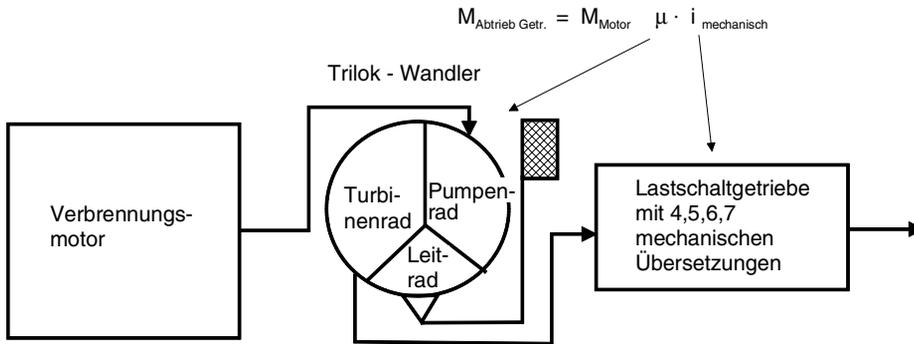


Bild 5.1: Prinzipieller Aufbau Wandlerautomat

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-

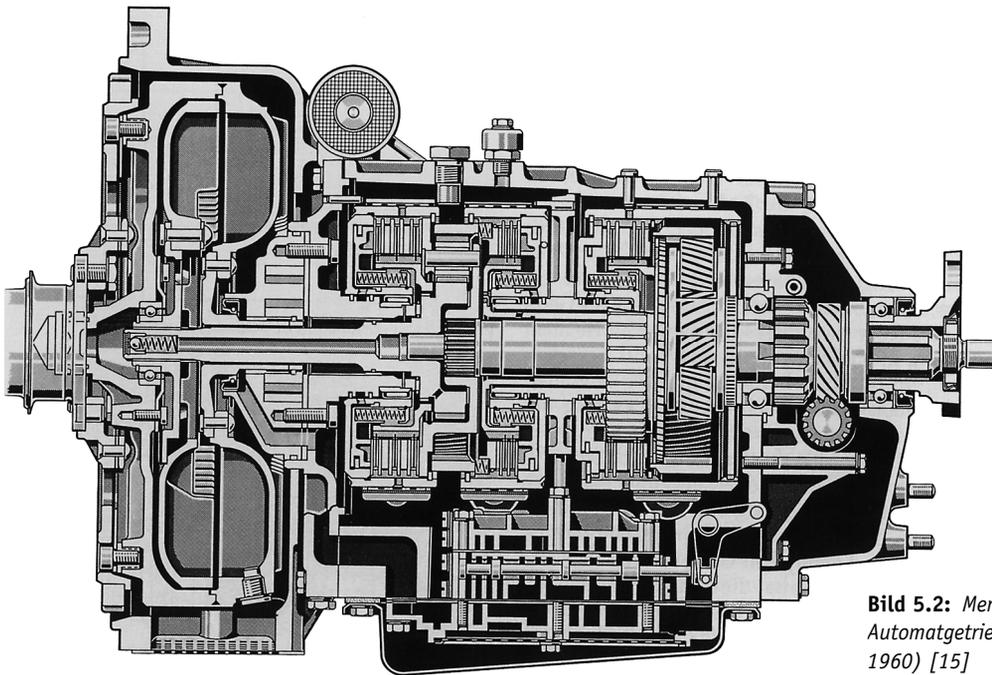


Bild 5.2: Mercedes-Benz-4-Gang-Automatgetriebe (Baujahr ca. 1960) [15]

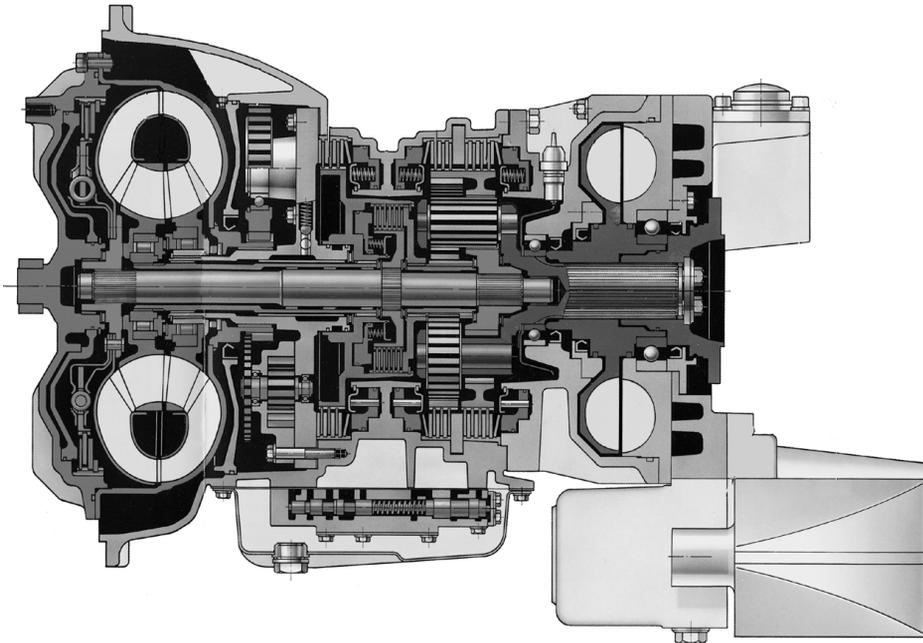


Bild 5.3: Längsschnitt 3-Gang-Wandlerautomatgetriebe „Midimat“ [Voith]

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-

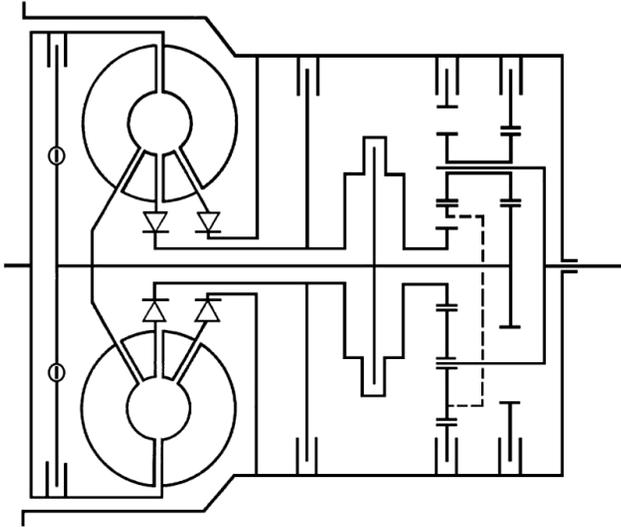


Bild 5.4: Schemabild 3-Gang-Wandlerautomatgetriebe „Midimat“ [Voith]

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 Tauchschmierung 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

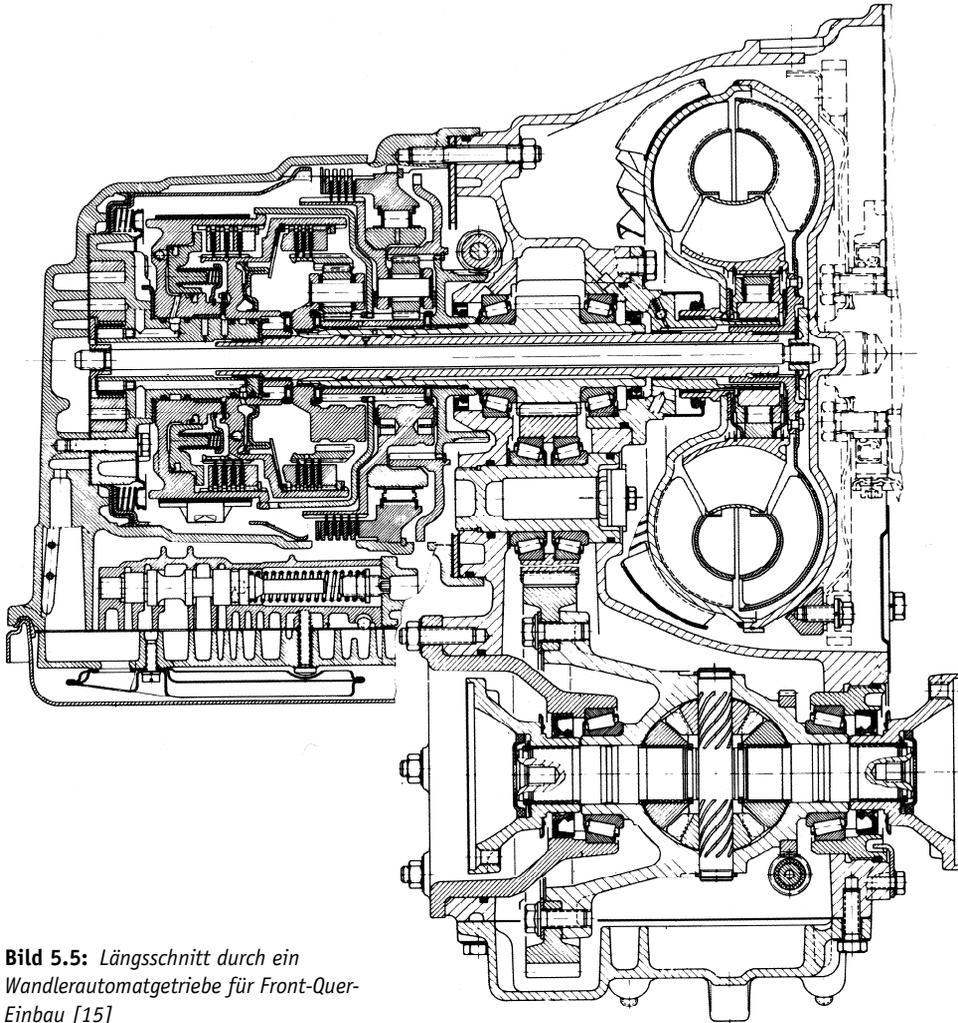


Bild 5.5: Längsschnitt durch ein Wandlerautomatgetriebe für Front-Quer-Einbau [15]

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

Sachwortverzeichnis

8-Gang-Automatgetriebe 71

A

Abstandsradar 141
 Abwälzleistung 55
 Achsdifferenzial 182
 Anfahrlement
 – hydrodynamisches 109
 Anforderung 13
 Antriebsmotor 12
 Ausführung
 – gedrückte 87
 – gezogene 87
 Ausgangsleistung 12, 22
 Außenverzahnung 79, 178
 Automatgetriebe 71, 83
 – mechanisch stufenloses 142

B

Bauform
 – koaxiale 83
 Belagverschleiß 89
 Beschleunigungsreserve 18
 Beschleunigungswiderstand 19
 Blindleistung 158
 Bohrrreibung 26
 Bremsband 52
 Bremseneingriff 183

C

CAN-Bus 129
 Continuous Variable Transmission 26
 CVT 26, 144

D

DAF-Variomatic 142
 Dauerbremse
 – verschleißfreie hydrodynamische 110
 Differenzial 182
 Differenzialgetriebe 154, 162

Direktschaltgetriebe 131
 DKA-Reiblamellenprüfstand 124
 Doppelkupplungsgetriebe 23, 130
 Doppelplanetensatz 181
 Drehmoment 11
 Drehmomentmessfühler 150
 Drehmomentverhältnis 58
 Drehmomentwandler
 – hydrodynamischer 34
 Drehmomentwandlung 25
 Drehrichtung 12
 Drehrichtungsumkehr 16, 29
 Drehzahlverhältnis 39, 53
 Drehzahlwandler 15, 89
 – hydrodynamischer 34
 Drehzahlwandlung 25
 Drucköleinspritzung 115
 DSG 131
 Durchkupplung 164
 Dynaflo 43

E

Ecomat 65
 Eingangskupplung 162
 Eingangsleistung 22
 Eingangswelle 12
 Eingriffslinie 180
 Eingriffswirkungsgrad 78
 Elastomer-Riemen 143
 Elektromotor 48
 Energierückgewinnung 50
 Energieumwandlung 13

F

Fahren an der Leistungsgrenze 137
 Fahrleistungsdiagramm 31
 Fahrwiderstand 13
 Fahrwiderstandskennlinie 14
 Fahrzeugmanagement 169
 Fendt-Vario-Getriebe 165
 Festbremspunkt 37
 Freilauf 122

Frontantriebsfahrzeug 29
 Front-Quer-Einbauten 83

G

Gang
 – direkter 59
 Gangabstufung
 – progressive 33
 Gänge 23
 geared neutral 176
 Gegenlaufwandler 164
 Generator
 – elektrischer 48
 Gesamtwandlung 15, 112
 Gesamtwirkungsgrad 80
 Getriebe 9, 87
 – elektrisches 48
 – hydraulisches 34
 – hydrodynamisches 39, 162
 – hydrostatisches 44, 45, 165
 – ideales 15
 – mit Achsversatz 29, 85
 – mit Leistungsverzweigung 154
 – stufenloses 12, 142
 Getriebekombination 61
 Getriebekonzept
 – elektrisches 172
 Getrieberegelbereich 13, 20, 160
 Getriebespreizung 22
 Getriebesynthese 58
 Getriebewandlung
 – ideale 16
 Global Positioning Systems 141
 GPS 141
 Grundschaftprogramm 138
 Gruppengetriebe 33, 102
 Gummibandeffekt 105, 108
 GWK 127

H

HM8-Getriebe 172
 Hohlrad 51

Hybridantrieb 49, 177
 Hydromotor 46
 Hydropumpe 46
 Hydrostat 165
 Hydrostatgetriebe 48
 HZMS 99

I

Innenverzahnung 79

J

John-Deere-Getriebe 170
 Joystick 169

K

Kennungswandler 22
 Kettenwandler 26
 Kettenwandlergetriebe 144
 kick down 138
 kiss point 90, 96
 Klemmkörper-Freilauf 122
 Konstante 28
 Kräftegleichgewicht 15
 Kraftstoffverbrauch 134
 Kriechen 108
 Kugelventil 122
 Kupplung 59, 63
 – hydrodynamische 34, 105, 108
 Kupplungsleistung 78
 Kupplungsverzahnung 53, 61
 Kurbeltrieb 9
 Kutzbachplan 53, 155

L

Lamellenbremse 122
 Lamellenkupplung 122
 Lastschaltung 112, 117
 Leerlaufdrehzahl 27
 Leistungsaufnahme 36
 Leistungsaufnahmezahl 40
 Leistungsbedarf 17
 Leistungsfluss 12, 62, 157
 Leistungsteilung 161
 Leistungsverzweigung 52
 Luftwiderstand 14

M

Maximaldrehzahl 27
 Mindestschlupf 36
 Mittendifferenzial 182
 Modul 11
 Momentengleichgewicht 58
 Momentenplan 156
 Multitronic 149, 151
 Multitronic-Getriebe 149
 Muschelkennfeld 16

N

Nachschaltgruppe 102
 Nulldurchgang 159
 Nulllast 138

O

Öldruck 44
 Ölkühlung 103
 Ölstand 116
 Ölversorgung 84

P

Papierbelag 124
 Planetengetriebe 51, 65, 66, 154
 Planetenkoppelgetriebe 71
 Planetenrad 51
 Planetenraddrehzahl 178
 Planetenradsatz 29
 Planetenstandgetriebe 78
 Pumpenbremse 164
 Pumpenrad 34

R

Ravigneaux 181
 Ravigneaux-Planetenradsatz 114
 Regelbereich 159
 Reibbeiwert 124
 Reibkupplung 86
 – trockene 15
 – trockenlaufende 83
 Reibpaarung 118
 Reibradgetriebe 25
 Reibung 25

Retarder 65
 Ruck 23
 Rückschaltlinie 139
 Rückwärtsfahrt 12
 Rückwärtsgang 71, 76
 Rutschgrenze 15

S

Sammelgetriebe 154
 Schaltelemente 121
 Schaltgetriebe 83
 – automatisiertes 23
 – für Nutzfahrzeuge 101
 Schalthäufigkeit 124
 Schaltkraft 93
 Schaltmuffe 93
 Schaltpendelung 135
 Schaltprogramm 134
 Schaltpunkt 134
 Schaltstrategie 138
 Schaltung 28
 – automatisierte 94
 Schluckvolumen 46
 Schlupfzustand 22
 Schnellgangauslegung 16
 Schnellgangfaktor 21
 Schrägachsenbauart 47
 Schrägachsenpumpe 46
 Schrägscheibenbauart 47
 Schrägscheibenpumpe 46
 Schubgliederband 145
 Selbstsperrdifferenzial 183
 S-Matic 172
 Sonne 51
 Sperreinrichtung 183
 Sperrung 92
 stall point 37
 Steg 51
 Steigfähigkeit 15
 Steigungswiderstand 19
 Steuereinheit 144
 Steuerstrategie 152
 Strömungsbremse 165
 Stufenautomatgetriebe 112
 Stufengetriebe 83
 Stufenplanetensatz 178
 Stufensprung 102
 – geometrischer 33

- Stufung
 – geometrische 102
 Stützmoment 12
 Summenwelle 58
 Synchrondrehzahl 121
 Synchronelement 92
 Synchronisation 92
 Synchronisierung 28, 91
- T**
- Teillast 138
 Toroidgetriebe 26
 Toroid-Getriebe 142
 Torque Vectoring 184, 185
 Torsionsschwingungsdämpfer 83, 97
 Toyota-Prius-Antriebskonzept 172
 Traktionsgrenze 14
 Trilok-Wandler 34, 41, 112
 Trockensumpfschmierung 115
 Turbinenbremse 162
 Turbinengleichung
 – Euler'sche 34
 Turbinenrad 34
 Turbogetriebe 44
 Turboloch 105
- U**
- Überbrückungskupplung
 – mechanische 109
 Überschneidungszeit 119
 Übersetzung 10
 Übersetzungsänderung 25
 Ungleichförmigkeit 35
- V**
- Variator 149
 Verschleißfreies integriertes Anfahr- und
 Bremsenelement 103
 Verschleißfreiheit 35
 Verteilergetriebe 154
 Verteilerplanetensatz 165
 VIAB 103
 Voith-DIWA-Getriebe 162
 Voith-Turbogetriebe 45
 Volllast 138
 Vorgelegegetriebe 28
 Vorgelegegetriebebauweise 102
 Vorschaltgruppe 102
 Vorwählgetriebe 52
 Vorwärtsfahrbereich 14
 Vorwärtsfahrt 12
- W**
- Wälzleistung 78
 Wälzleistungsfluss 55, 57
 Wandler
 – mehrphasiger 41
 – mehrstufiger 41
 Wandlerautomatgetriebe 23, 65, 112
 Wandlersystem
 – mehrphasiges 43
 Wandlerüberbrückungskupplung 126
 – geregelte 127
 Wandlungsbereich 20
 Wärmeaustauscher 115
 Wärmeverhalten 126
 Wendegetriebe 170
 Wendeschaltung 169
 Wilson-Getriebe 52
 Winkelbeschleunigung 30
 Winkelgeschwindigkeit 9
 Wirkungsgrad 9, 22, 39
 – hydraulisch-mechanischer 46
 – volumetrischer 46
 Wirkungsgradkennfeld 82
 Wolf'sche Schema 58
 Wolf'sches Schema 59
- Z**
- Zähnezahlverhältnis 11
 Zahnradgetriebe 27
 Zahnradpaar 29
 Zahnradpumpe 114
 Zahnradübersetzung 83
 Zentralwelle 178
 ZF-Eccom-Getriebe 169
 ZMS 99
 Zugkette 149
 Zugkraftdiagramm 43
 Zugkraftkennfeld 43
 Zweiflächenkupplung 88
 Zweimassenschwungrad 99
 Zweischeibenkupplung 88
 Zwischengas 91