

Ausbh KfWBw Nr.9

Ausbildungshilfe

Kraftfahrbetrieb

Skizzenkatalog Fahrzeugtechnik

Zweck der AusbH:
Herausgegeben durch:
Beteiligte Interessenvertretungen:
Gebilligt durch:
Herausgebende Stelle:
Geltungsbereich:
Einstufung:
Einsatzrelevanz:
Berichtspflichten:
Gültig ab:
Frist zur Überprüfung:
Version:
Ersetzt/hebt auf:
Aktenzeichen:
Identifikationsnummer:

Dieses Ausbildungshilfsmittel ist für Lehrgangsteilnehmer zur Verwendung in Lehrgängen der Bundeswehr bestimmt.
Zentrum Kraftfahrwesen der Bundeswehr (ZKfWBw)
entfällt
Kommandeur ZKfWBw
ZKfWBw
Alle DSt Bw
offen
nein
keine
01.06.2019
31.05.2024
1
AH - Skizzenkatalog FzgTechn
offen
offen

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck und Geltungsbereich	4
2	Grundlagen	5
3	Lernziele - Lehrfach Fahrzeugtechnik	6
4	Anlagen	7
4.1	Teil I - Technische Systeme und Baugruppen	7
4.1.1	Zylinder eines Verbrennungsmotors mit wesentlichen Bezeichnungen	7
4.1.2	Kraftstoffversorgungsanlage Dieselmotor: Einspritzpumpe	8
4.1.3	Kraftstoffversorgungsanlage Dieselmotor: Common-Rail	9
4.1.4	Pumpenumlaufkühlung	10
4.1.5	Druckumlaufschmierung	11
4.1.6	Druckumlaufschmierung mit Nebenstromölfilter	12
4.1.7	Trockensumpfschmierung	13
4.1.8	Abgasturboaufladung mit Ladeluftkühlung	14
4.1.9	λ -Regelung	15
4.1.10	Kraftverlauf Vorderradantrieb	16
4.1.11	Kraftverlauf Hinterradantrieb	17
4.1.12	Kraftverlauf Allradantrieb	18
4.1.13	Kraftverlauf bei Krädern mit Kettenantrieb	19
4.1.14	Kraftverlauf bei Krädern mit Kardantrieb	20
4.1.15	Planetenradsatz	21
4.1.16	Achsvorgelege: Portalachse	22
4.1.17	Aufbau Trommelbremse	23
4.1.18	Bauformen von Scheibenbremsen	24
4.1.19	Hydraulische Zweikreisbremsanlage	25
4.1.20	Hydraulische Zweikreisbremsanlage mit ABV	26
4.1.21	Batterieschaltung	27
4.1.22	Strahlengang: Abblendlicht/Fernlicht	28
4.1.23	Aufbau Reifen	29
4.2	Teil II – Fahrphysik	30
4.2.1	Spezifischer Bodendruck Radfahrzeug	30
4.2.2	Spezifischer Bodendruck Kettenfahrzeug	31
4.2.3	Geometrische Größen am Kraftrad	32
4.2.4	Kamm'scher Kreis	33
4.2.5	Schwerpunktverlagerung durch Ladung	34
4.2.6	Kräfte am Fahrzeug bei konstanter Geschwindigkeit	35
4.2.7	Dynamische Achslastverlagerung beim Bremsen	36
4.2.8	Steigungswiderstand (Hangabtriebskraft)	37
4.2.9	Kippen bei Kurvenfahrt	38
4.2.10	Kippen bei geneigter Fahrbahn	39
4.2.11	Kurvenkräfte bei Krafträdern	40

4.2.12	Aufstellmoment	41
4.3	Teil III – Fahrzeugspezifisch Kettenfahrzeuge/geschützte Radfahrzeuge	42
4.3.1	Mechanische Aufladung	42
4.3.2	Bodenfreiheit	43
4.3.3	Stufenüberschreitfähigkeit/Steigfähigkeit	44
4.3.4	Kippsicherheit	45
4.3.5	Grabenüberschreitfähigkeit	46
4.3.6	Verzweigter Kraftverlauf Überlagerungslenkgetriebe	47
4.3.7	Unverzweigter Kraftverlauf: Doppelausgleichlenkgetriebe	48
4.3.8	Verzweigter Kraftverlauf: Überlagerungslenkgetriebe	49
5	Anlagen	50
5.1	Zuordnung zu Fahrerlaubnisklassen	50
5.2	Änderungsjournal	51

1 Zweck und Geltungsbereich

101. Das Zentrum Kraftfahrwesen der Bundeswehr (ZKfWBw) als zentrale Erlaubnisbehörde der Bundeswehr gibt im Rahmen seiner fachlichen Zuständigkeit diese Ausbildungshilfe „Skizzenkatalog Fahrzeugtechnik“ für die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Fahrlehrerinnen bzw. Fahrlehrern der Bundeswehr (FahrlBw) und dem kraftfahrtechnischem Fachpersonal in der Bundeswehr heraus.

102. Die Ausbildungshilfe ist ab 01.06.2019 in der Ausbildung, Leistungsbewertung und Prüfung der zukünftigen FahrlBw in den Klassen A, BE/CE, DE, GE und F zu verwenden.

2 Grundlagen

201. Die Ausbildungshilfe bildet eine gemeinsame Grundlage für die Ausbildung, Leistungsbewertung und Prüfung der FahrlBw in den Klassen A, BE/CE, DE, GE und F. Für die Verwendungslehrgänge beinhaltet sie den Mindestumfang an Skizzen, die in der Ausbildung zu verwenden sind und als Bestandteil von Leistungsbewertungen und Prüfungen herangezogen werden können. Sie gehört in die Hände der angehenden und aktiven FahrlBw und aller Personen, die an deren Ausbildung und Prüfung beteiligt sind. Der Skizzenkatalog ist thematisch geordnet.

202. Zukünftigen FahrlBw genügen gründliche Kenntnisse der Fahrphysik und ausreichende Kenntnisse der Fahrzeugtechnik (vgl. § 4 FahrlG). Dieser Grundsatz ist bei der Nutzung der vorliegenden Ausbildungshilfe in Leistungsbewertungen und Prüfungen im Rahmen der Notenfindung zu beachten.

203. Die vorliegenden Skizzen sind Möglichkeiten der Darstellung von technischen Systemen, Baugruppen und physikalischen Grundlagen beim Betrieb von Kraftfahrzeugen. Sie sollen den FahrlBw ermöglichen, ihren Fahrschülerinnen bzw. Fahrschülern technische und physikalische Zusammenhänge sowie Aufbau und Funktion wichtiger Baugruppen an anschaulichen und einfachen Skizzen zu erläutern.

204. Grundlage für eine Bewertung ist nicht die detailgetreue Wiedergabe der Skizzen. Zu bewerten ist die sachlich richtige Darstellung von Funktionen und Prinzipien, um so im Zusammenhang mit den Erläuterungen auch technisches Verständnis und zu erwartende richtige Umsetzung in der Ausbildung von Fahrschülerinnen bzw. Fahrschülern bewerten zu können. Dies erlaubt es und erfordert es ggf. für die Bewerber einer Fahrlehrerlaubnis, Ausbilder und Prüfer, einzelne Skizzen abzuwandeln, sie ggf. zu vereinfachen oder zu ergänzen. Umfang, Tiefe und Detailtreue sind immer am erforderlichen Niveau für zukünftige FahrlBw auszurichten. Sie besitzen regelmäßig weder eine Berufsausbildung als Kraftfahrzeugmechaniker, noch eine Meister- oder Ingenieurausbildung im Fachbereich Fahrzeugtechnik.

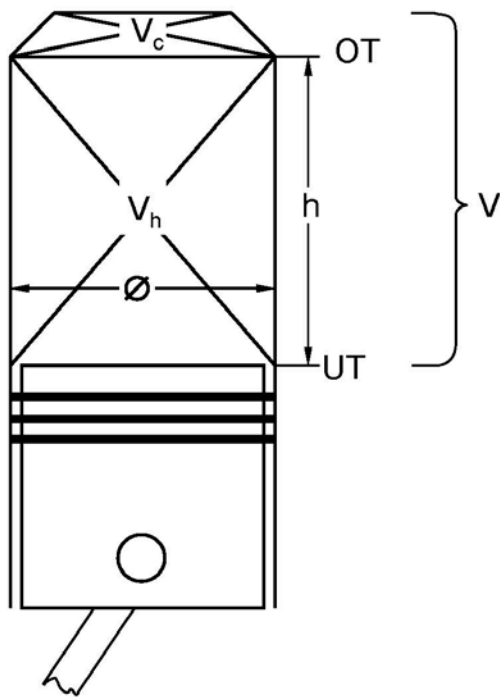
3 Lernziele - Lehrfach Fahrzeugtechnik

- 301.** Bewerber zur bzw. zum FahrlBw verstehen das Kraftfahrzeug als technisches System mit den Teilsystemen Antriebsmaschinen, Kraftübertragung, Räder und Reifen, Lenkungseinrichtungen, Bremsanlage, elektrische Einrichtungen, Elektronik, Karosserie und können deren Funktionen erklären.
- 302.** Bewerber zur bzw. zum FahrlBw können naturwissenschaftliche (physikalische, chemische, biologische) Erklärungen zum Fahrzeug, seinen Teilsystemen und zum Fahren erläutern.
- 303.** Bewerber zur bzw. zum FahrlBw können anhand von vereinfachten Skizzen der Fahrschülerin bzw. dem Fahrschüler Technische Systeme, Baugruppen und die Grundlagen der Fahrphysik bildlich veranschaulichen.

4 Anlagen

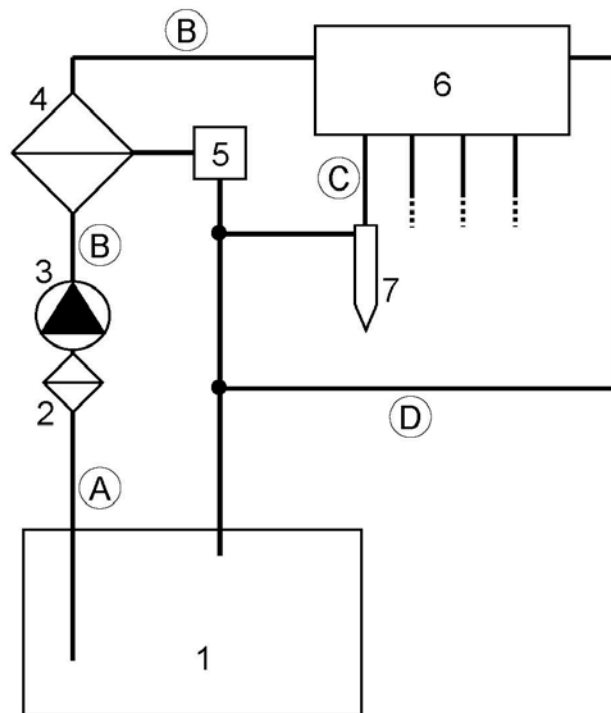
4.1 Teil I - Technische Systeme und Baugruppen

4.1.1 Zylinder eines Verbrennungsmotors mit wesentlichen Bezeichnungen



OT	Oberer Totpunkt
UT	Unterer Totpunkt
h	Zylinderhub
$\varnothing$	Bohrung
V_h	Zylinderhubraum
V_c	Verdichtungsraum
V	Verbrennungsraum (variabel)
V_{Zyl}	Zylinderraum ($V_c + V_h$)
ε	Verdichtungsverhältnis ($\frac{V_h + V_c}{V_c}$)

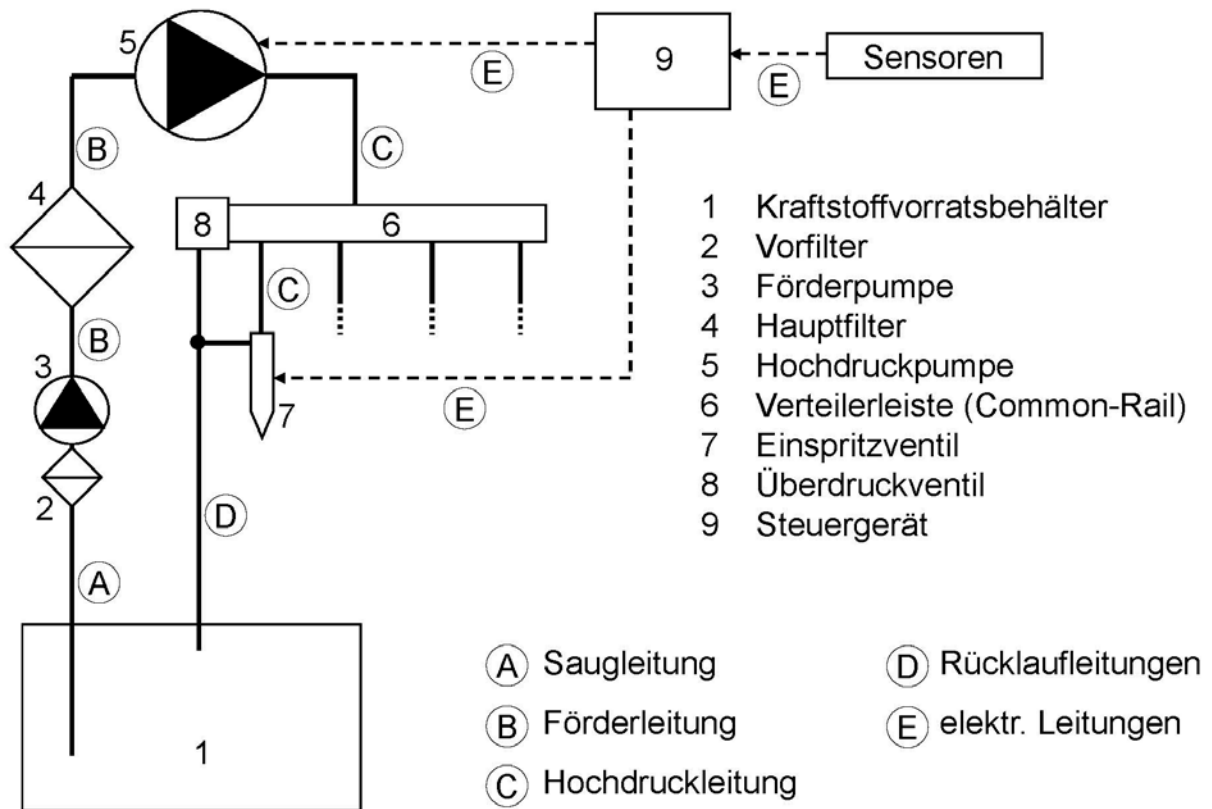
4.1.2 Kraftstoffversorgungsanlage Dieselmotor: Einspritzpumpe



- Ⓐ Saugleitung
- Ⓑ Förderleitung
- Ⓒ Druckleitung
- Ⓓ Rücklaufleitung

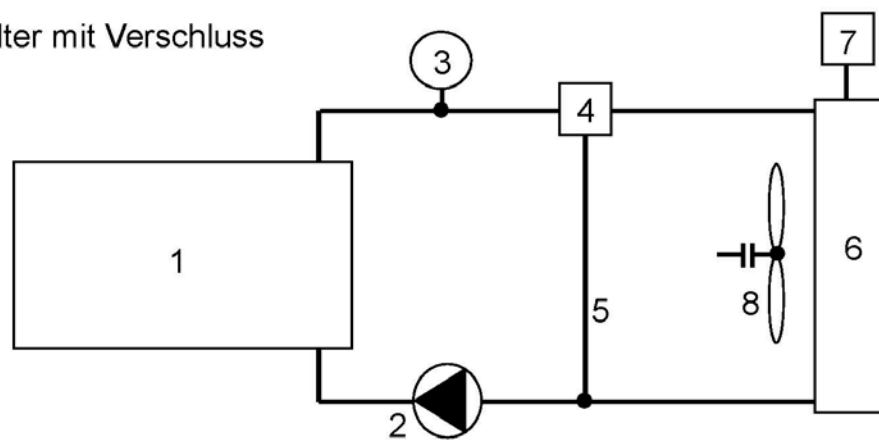
- 1 Kraftstoffvorratsbehälter
- 2 Vorfilter
- 3 Förderpumpe
- 4 Hauptfilter
- 5 Überdruckventil
- 6 Einspritzpumpe mit Drehzahlregler und Spritzversteller
- 7 Einspritzdüse

4.1.3 Kraftstoffversorgungsanlage Dieselmotor: Common-Rail

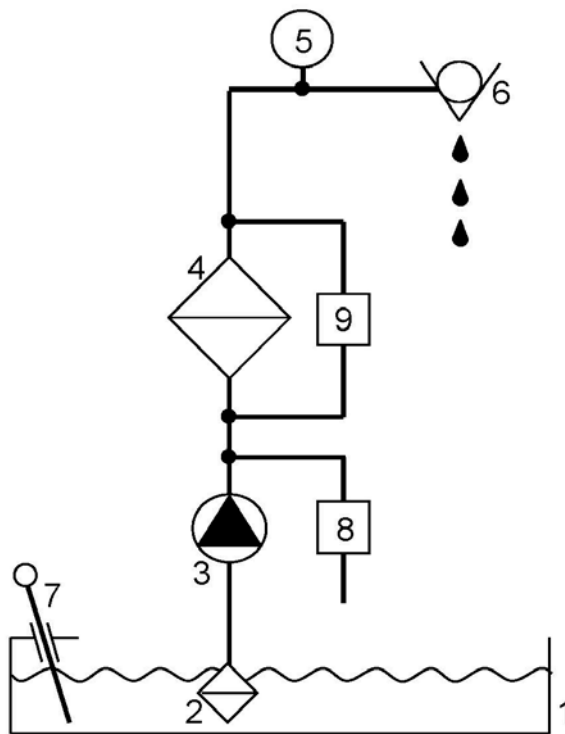


4.1.4 Pumpenumlaufkühlung

- 1 Motor
- 2 Wasserpumpe
- 3 Thermometer
- 4 Thermostat
- 5 Kurzschlussleitung
- 6 Kühler
- 7 Ausgleichbehälter mit Verschluss
- 8 Regellüfter

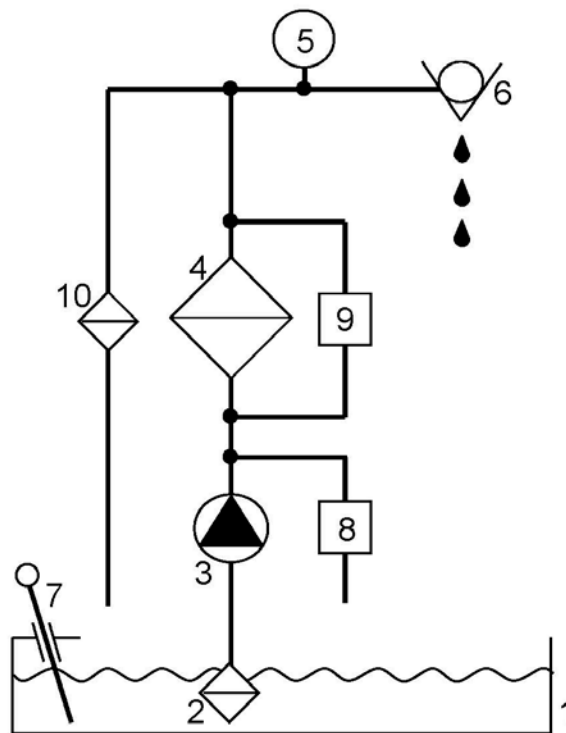


4.1.5 Druckumlaufschmierung



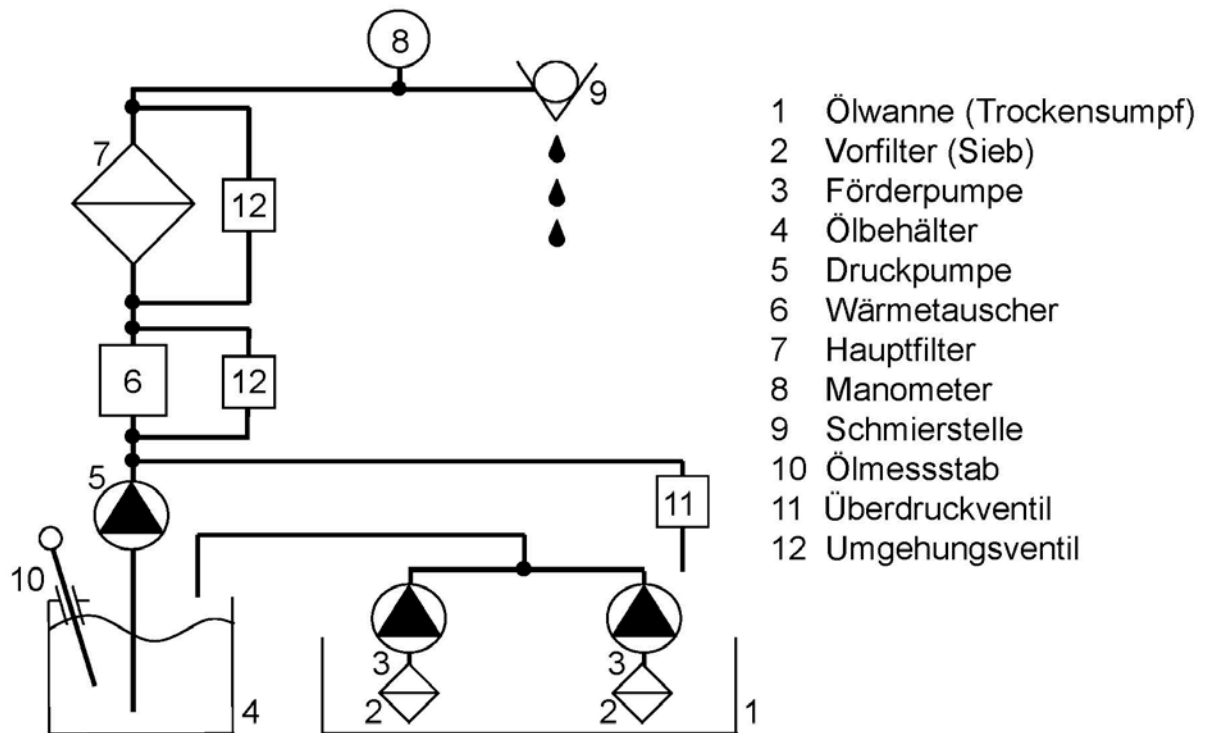
- 1 Ölwanne
- 2 Vorfilter (Sieb)
- 3 Druckpumpe
- 4 Hauptfilter
- 5 Manometer
- 6 Schmierstelle
- 7 Ölmesstab
- 8 Überdruckventil
- 9 Umgehungsventil

4.1.6 Druckumlaufschmierung mit Nebenstromölfilter

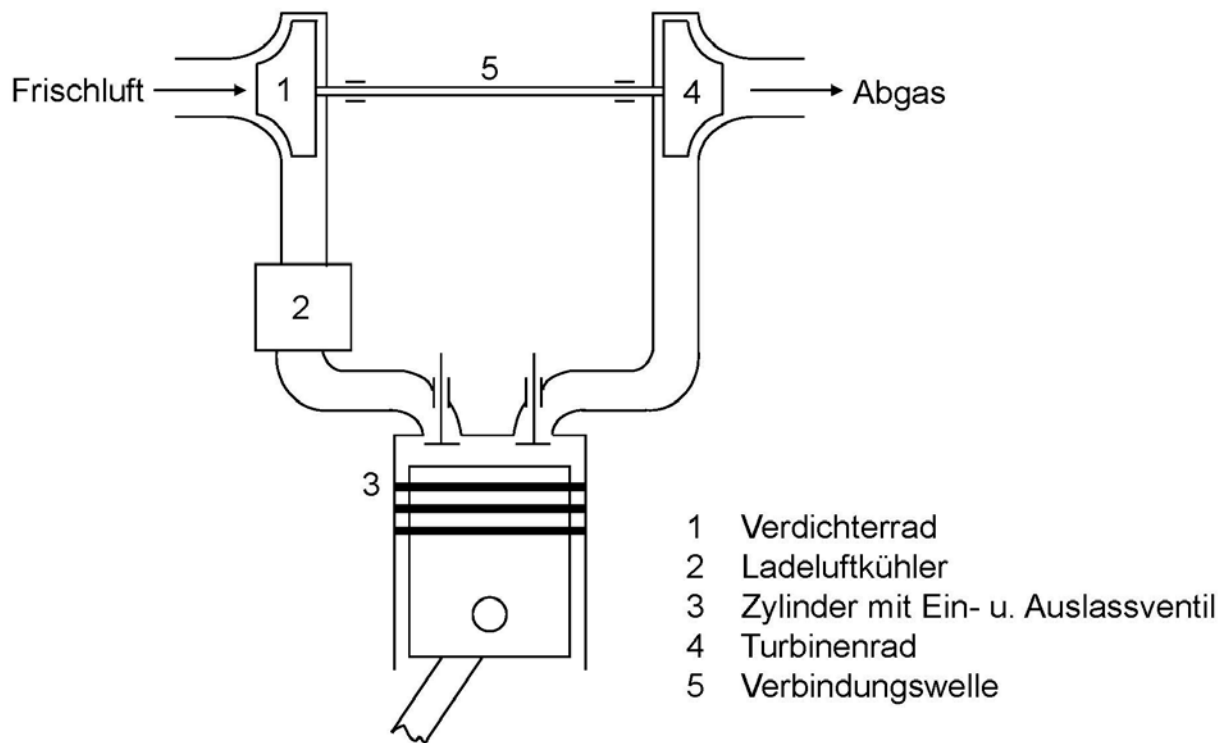


- 1 Ölwanne
- 2 Vorfilter (Sieb)
- 3 Druckpumpe
- 4 Hauptfilter
- 5 Manometer
- 6 Schmierstelle
- 7 Ölmesstab
- 8 Überdruckventil
- 9 Umgehungsventil
- 10 Nebenstromölfilter

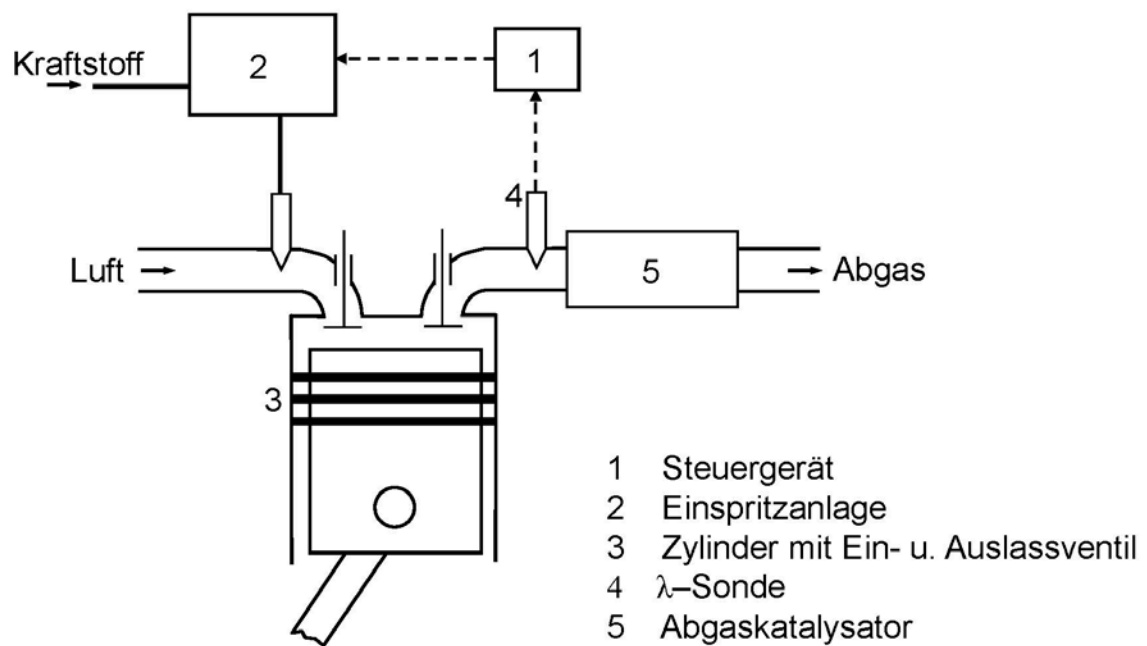
4.1.7 Trockensumpfschmierung



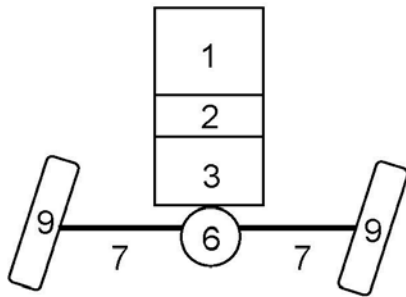
4.1.8 Abgasturboaufladung mit Ladeluftkühlung



4.1.9 λ -Regelung



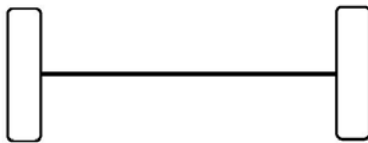
4.1.10 Kraftverlauf Vorderradantrieb



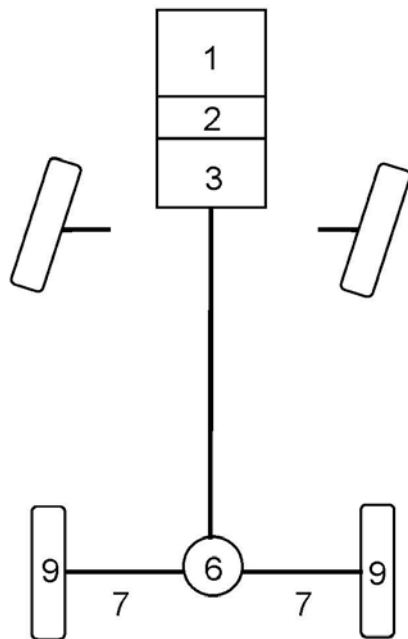
- 1 (Motor)
- 2 Kupplung
- 3 Wechselgetriebe

- 6 Achsgetriebe mit
Achsantrieb/ Ausgleichgetriebe
- 7 Achswellen

- 9 (angetriebene Räder)



4.1.11 Kraftverlauf Hinterradantrieb

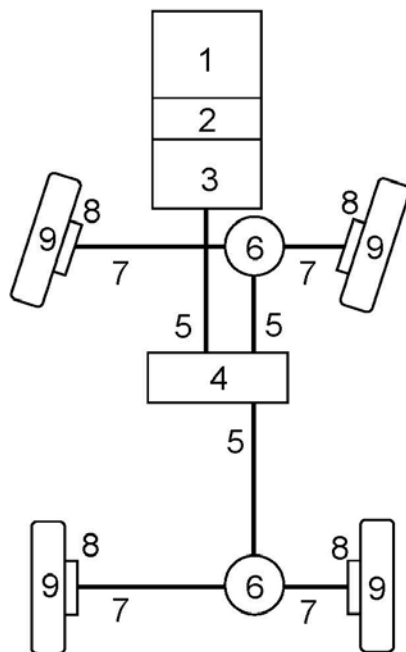


- 1 (Motor)
- 2 Kupplung
- 3 Wechselgetriebe

- 6 Achsgetriebe mit
Achsantrieb/ Ausgleichgetriebe
- 7 Achswellen

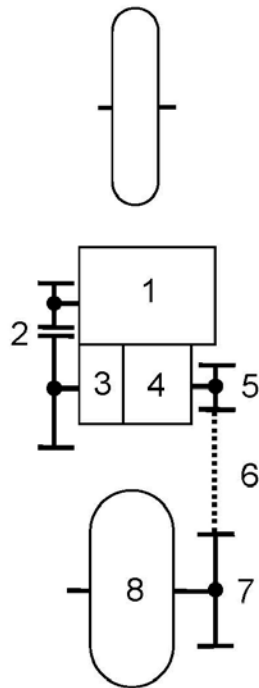
- 9 (angetriebene Räder)

4.1.12 Kraftverlauf Allradantrieb



- 1 (Motor)
- 2 Kupplung
- 3 Wechselgetriebe
- 4 Verteilergetriebe
- 5 Gelenkwellen
- 6 Achsgetriebe mit Achsantrieb/ Ausgleichgetriebe
- 7 Achswellen
- 8 Radvorgelege
- 9 (angetriebene Räder)

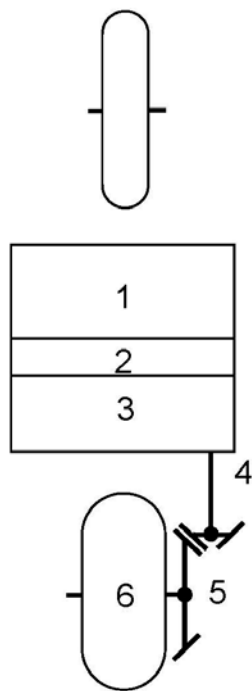
4.1.13 Kraftverlauf bei Krädern mit Kettenantrieb



- 1 (Motor)
- 2 Primärtrieb
- 3 Kupplung
- 4 Wechselgetriebe
- 5 Ritzel
- 6 Kette
- 7 Kettenrad
- 8 (angetriebenes Rad)

(z.B. KTM 400 LS-E/MIL)

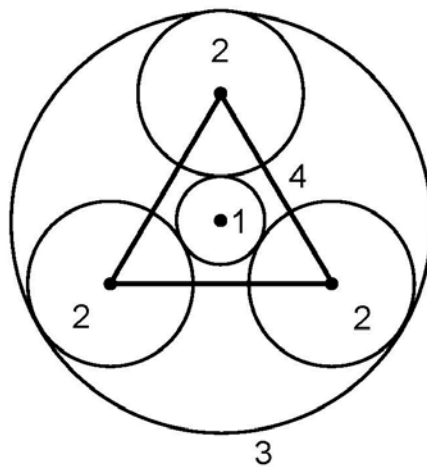
4.1.14 Kraftverlauf bei Krädern mit Kardantrieb



- 1 (Motor)
- 2 Kupplung
- 3 Wechselgetriebe
- 4 Kardanwelle
- 5 Kegelradgetriebe
- 6 (angetriebenes Rad)

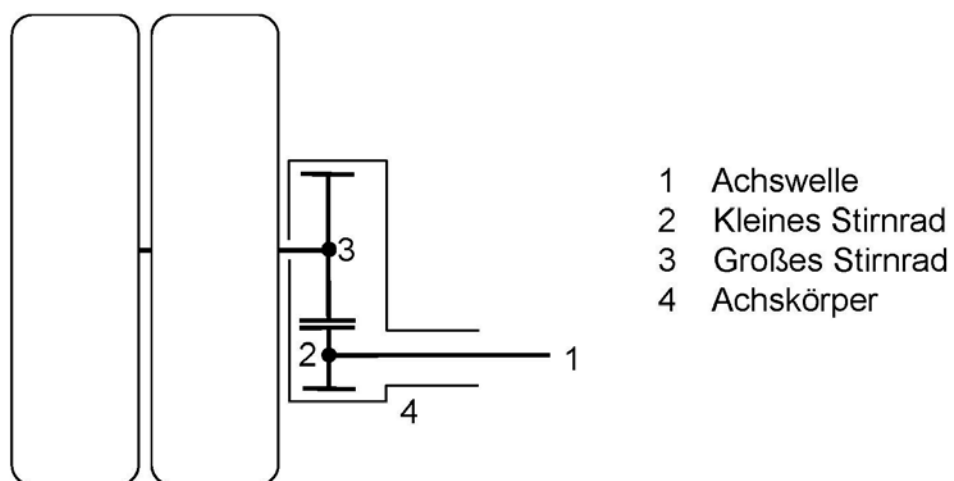
(z.B. BMW R-Reihe)

4.1.15 Planetenradsatz

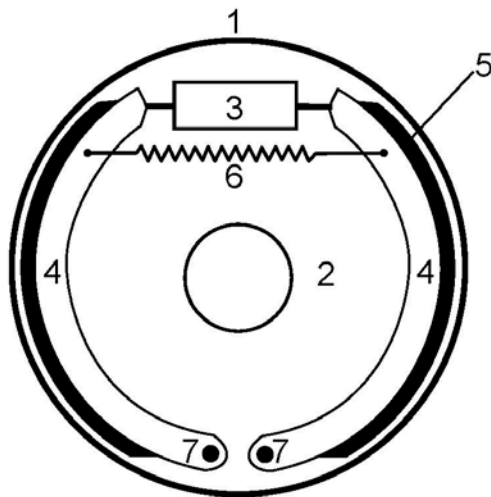


- 1 Sonnenrad
- 2 Planetenräder
- 3 Außenrad
- 4 Planetenradträger

4.1.16 Achsvorgelege: Portalachse

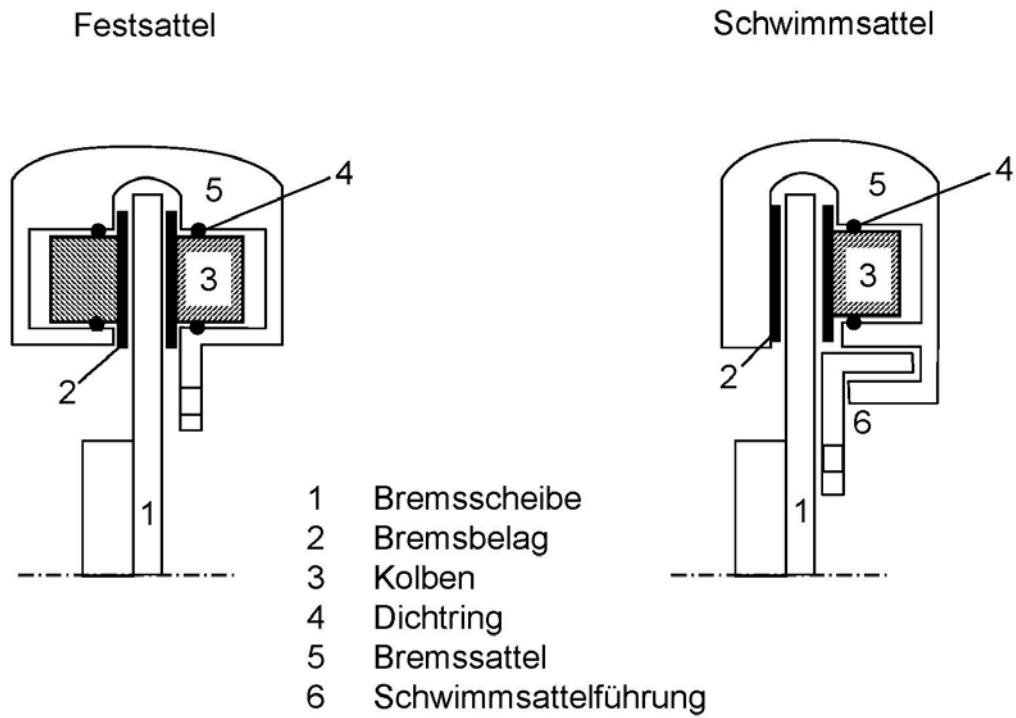


4.1.17 Aufbau Trommelbremse

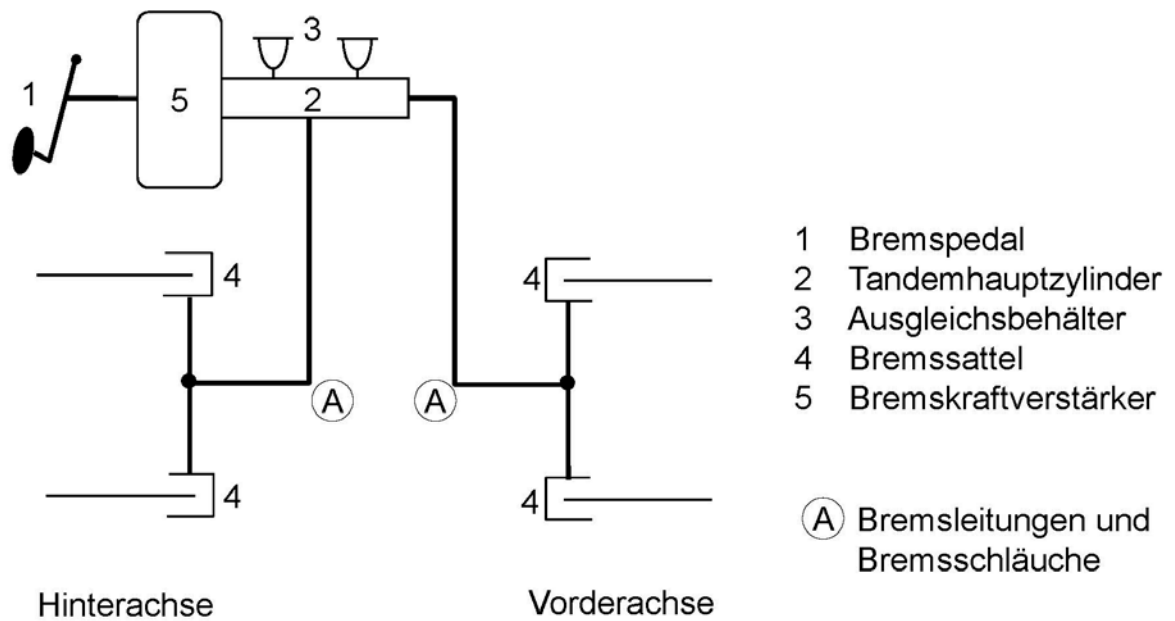


- 1 Bremstrommel
- 2 Bremsankerplatte
- 3 Spannvorrichtung
- 4 Bremsbacke
- 5 Bremsbelag
- 6 Rückholfeder
- 7 Drehpunkt

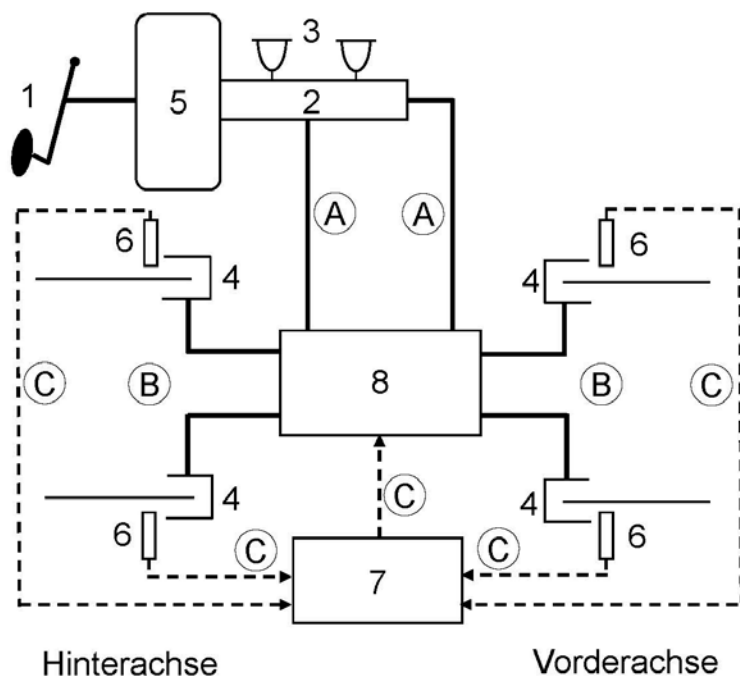
4.1.18 Bauformen von Scheibenbremsen



4.1.19 Hydraulische Zweikreisbremsanlage



4.1.20 Hydraulische Zweikreisbremsanlage mit ABV

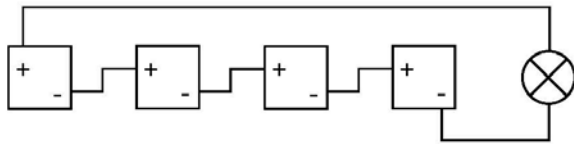


- 1 Bremspedal
- 2 Tandemhauptzylinder
- 3 Ausgleichsbehälter
- 4 Bremssattel
- 5 Bremskraftverstärker
- 6 Drehzahlsensoren
- 7 Steuergerät
- 8 Hydraulikeinheit

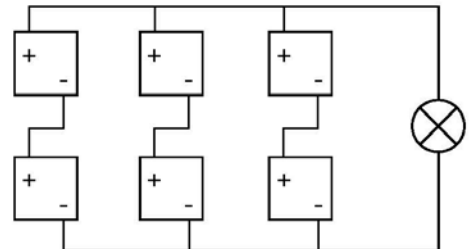
- Ⓐ Bremsleitungen mit unregelmäßigem Druck
- Ⓑ Bremsleitungen mit regelmäßigem Druck
- Ⓒ elektr. Leitungen

4.1.21 Batterieschaltung

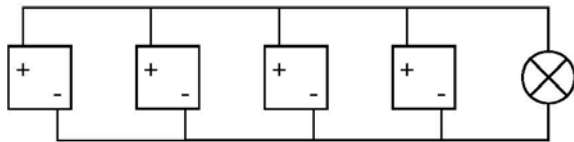
Reihenschaltung



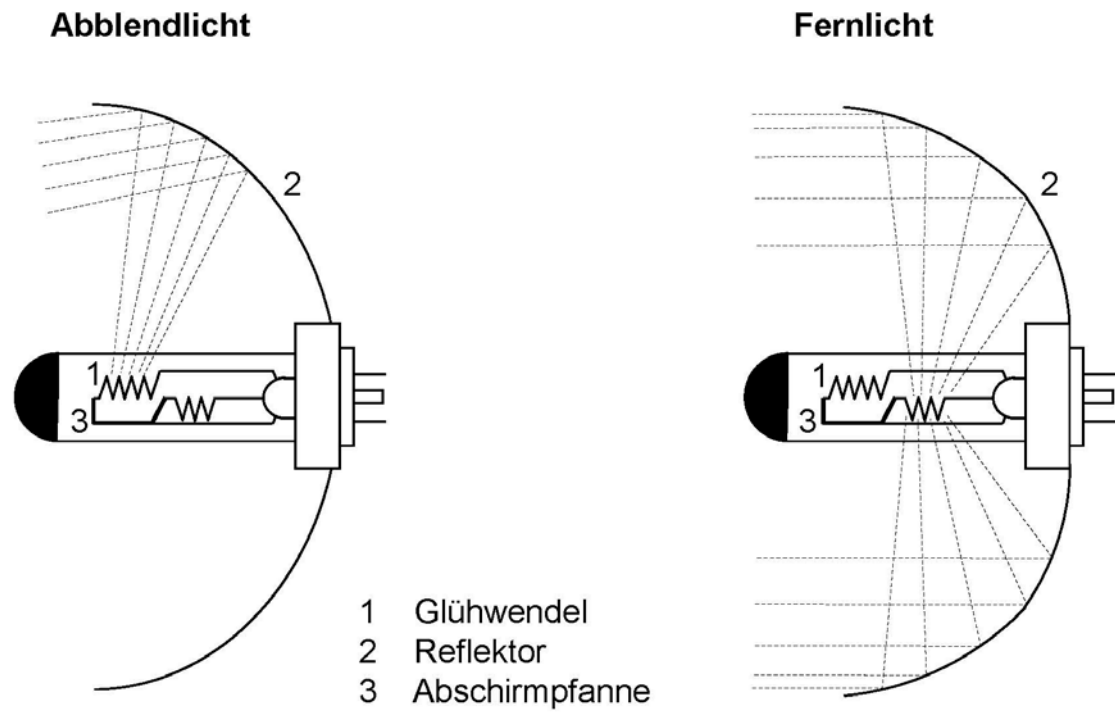
Gruppenschaltung



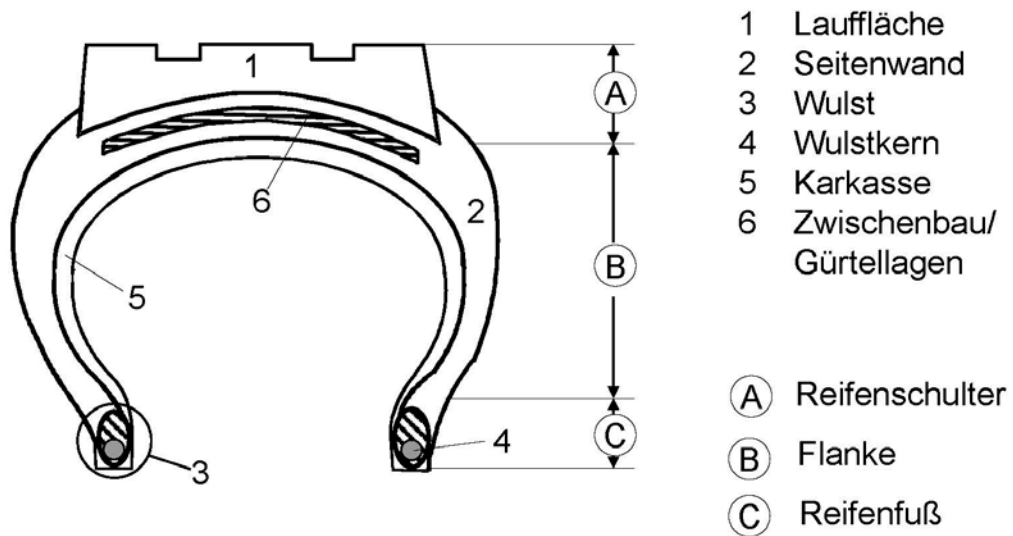
Parallelschaltung



4.1.22 Strahlengang: Abblendlicht/Fernlicht



4.1.23 Aufbau Reifen



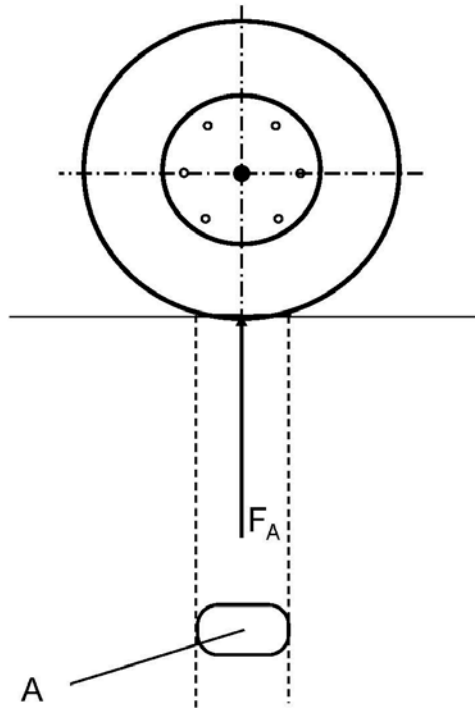
4.2 Teil II – Fahrphysik

4.2.1 Spezifischer Bodendruck Radfahrzeug

$$p_{\text{spez}} = \frac{F_A}{A}$$

F_A = Aufstandskraft

A = Reifenaufstandsfläche

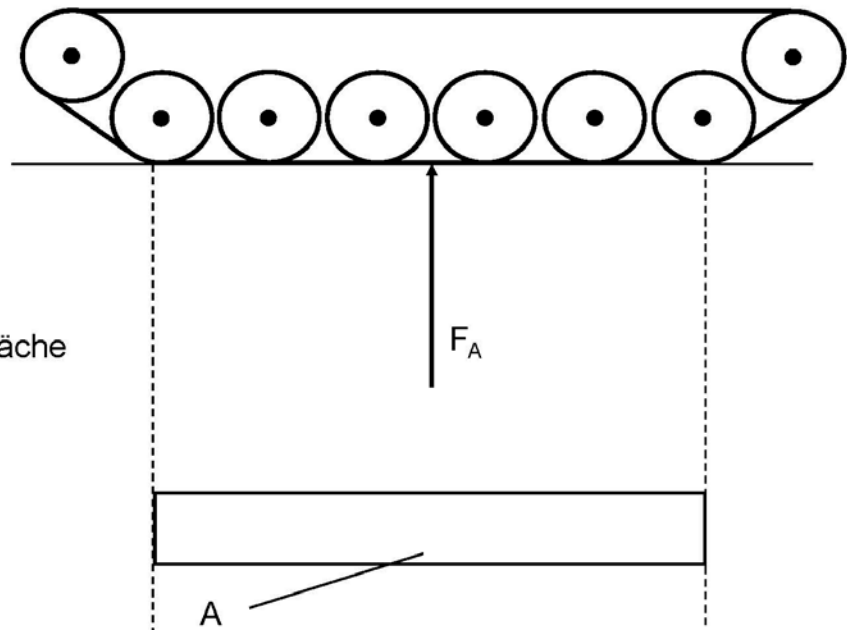


4.2.2 Spezifischer Bodendruck Kettenfahrzeug

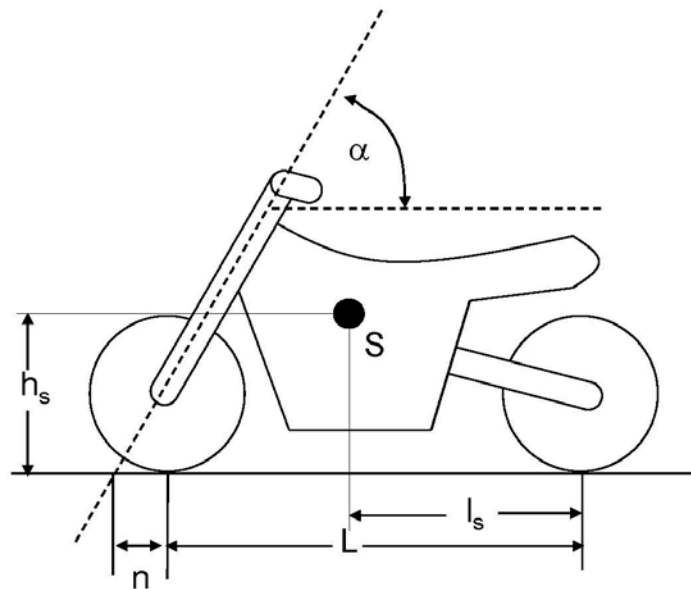
$$p_{\text{spez}} = \frac{F_A}{A}$$

F_A = Aufstandskraft

A = Kettenaufstandsfläche



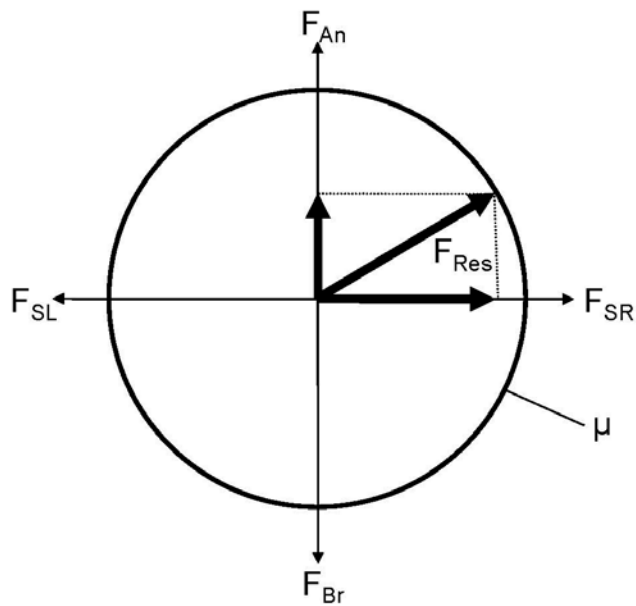
4.2.3 Geometrische Größen am Kraftrad



n Nachlauf
L Radstand
 α Lenkkopfwinkel

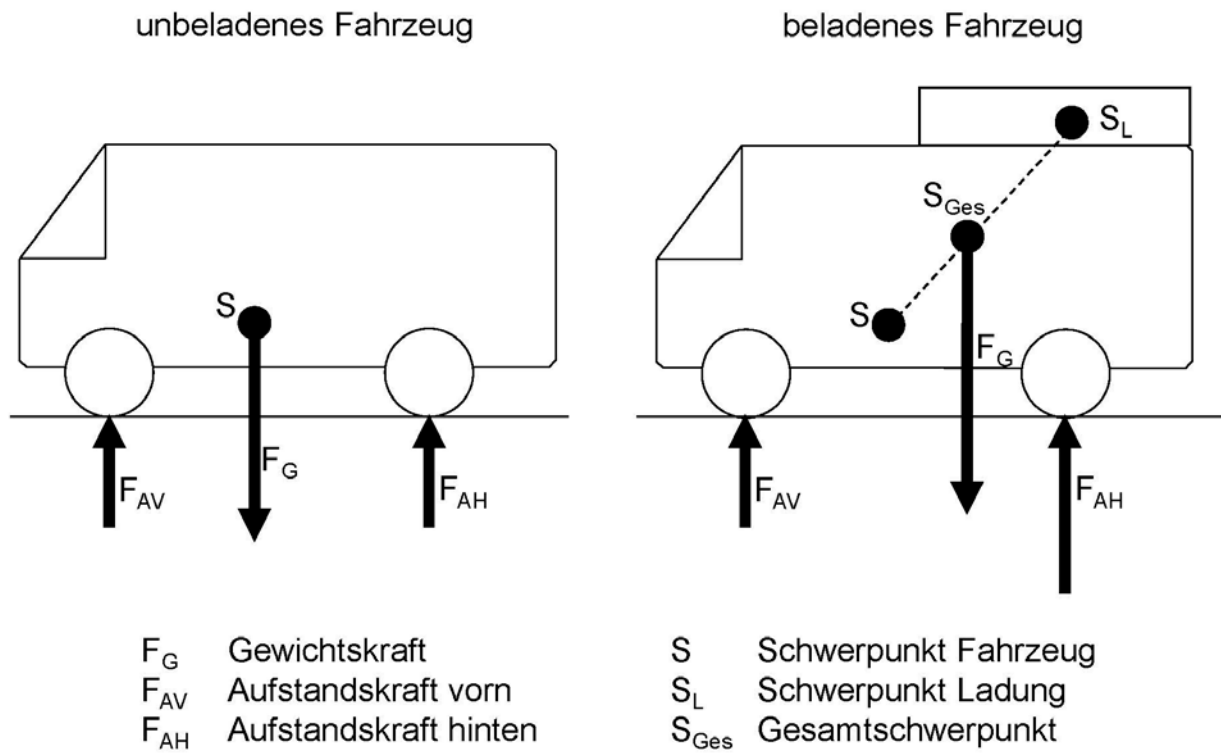
S Schwerpunkt des Motorrades
 h_s Höhe des Schwerpunktes
 l_s Lage des Schwerpunktes vor der Hinterachse

4.2.4 Kamm'scher Kreis

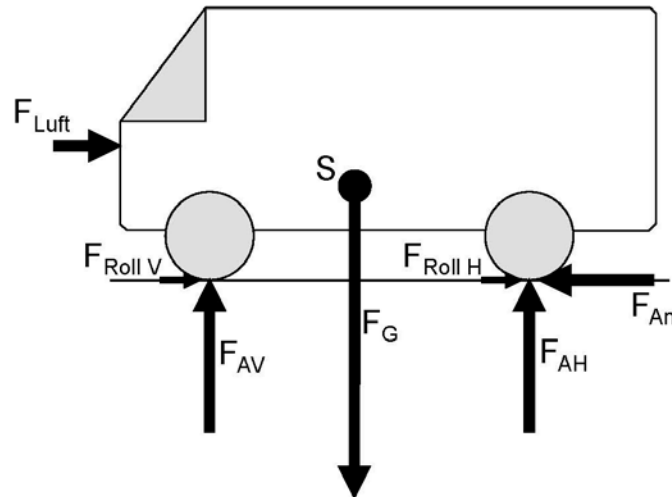


F_{An}	Antriebskraft
F_{Br}	Bremskraft
F_{SL}	Seitenführungskraft (nach links)
F_{SR}	Seitenführungskraft (nach rechts)
F_{Res}	vom Reifen zu über- tragende Gesamtkraft
μ	Kraftschlussgrenze bei Reibbeiwert μ

4.2.5 Schwerpunktverlagerung durch Ladung



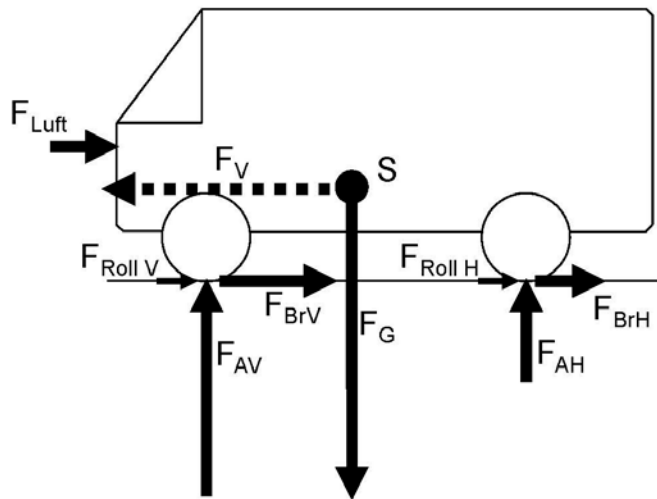
4.2.6 Kräfte am Fahrzeug bei konstanter Geschwindigkeit



F_G Gewichtskraft
 F_{AV} Aufstandskraft vorn
 F_{AH} Aufstandskraft hinten
 S Schwerpunkt Fahrzeug

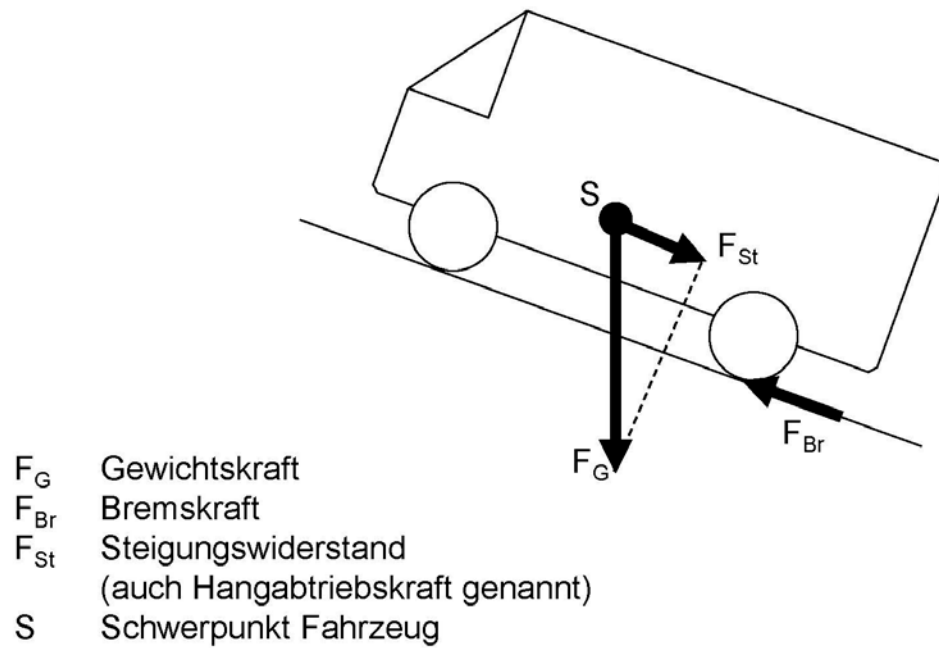
F_{An} Antriebskraft
 F_{Luft} Luftwiderstand
 $F_{Roll V}$ Rollwiderstand vorn
 $F_{Roll H}$ Rollwiderstand hinten

4.2.7 Dynamische Achslastverlagerung beim Bremsen



F_G	Gewichtskraft	F_{BrV}	Bremskraft vorn
F_{AV}	Aufstandskraft vorn	F_{BrH}	Bremskraft hinten
F_{AH}	Aufstandskraft hinten	F_{Luft}	Luftwiderstand
S	Schwerpunkt Fahrzeug	$F_{Roll V}$	Rollwiderstand vorn
F_V	Verzögerungswiderstand	$F_{Roll H}$	Rollwiderstand hinten

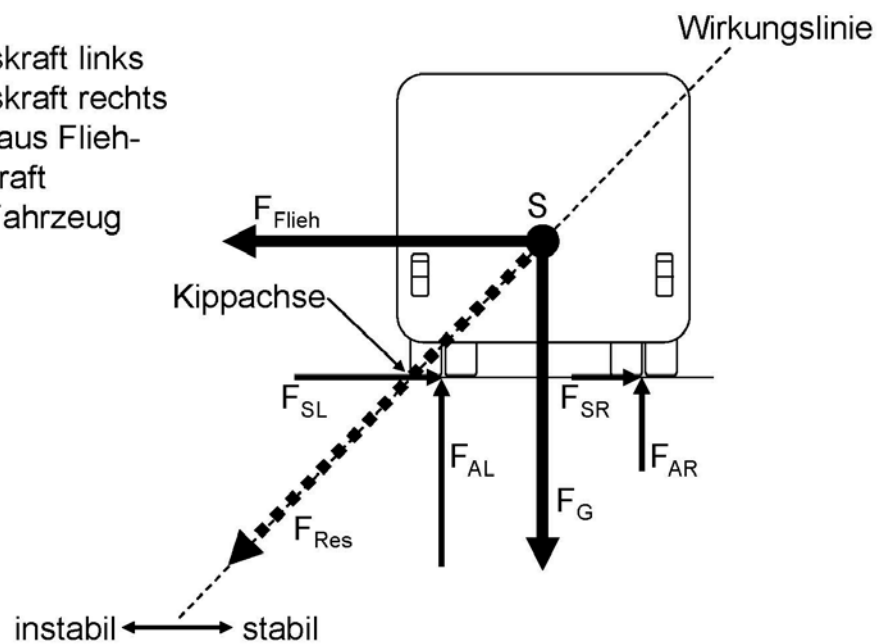
4.2.8 Steigungswiderstand (Hangabtriebskraft)



4.2.9 Kippen bei Kurvenfahrt

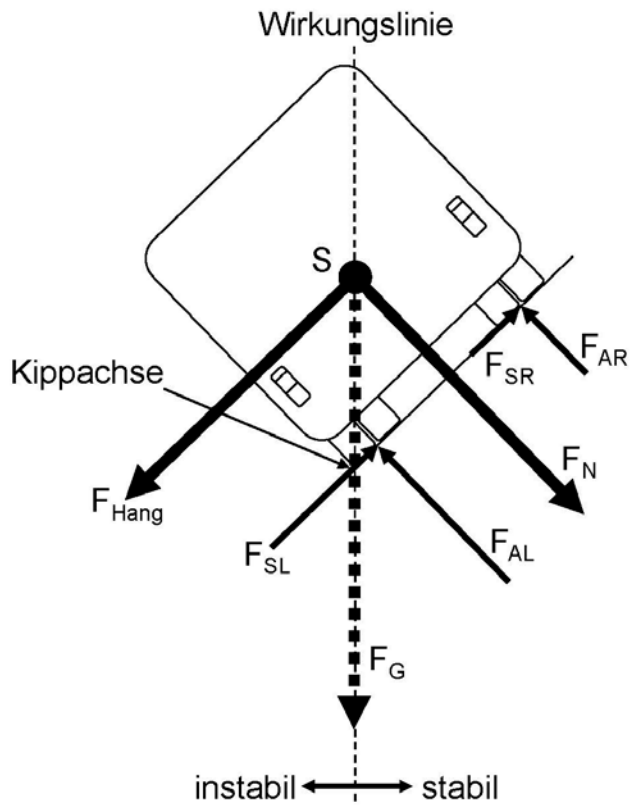
- F_G Gewichtskraft
- F_{AL} Aufstandskraft links
- F_{AR} Aufstandskraft rechts
- F_{Flieh} Fliehkraft
- F_{SL} Seitenführungskraft links
- F_{SR} Seitenführungskraft rechts
- F_{Res} Resultierende aus Flieh- und Gewichtskraft
- S Schwerpunkt Fahrzeug

Beispiel: Rechtskurve

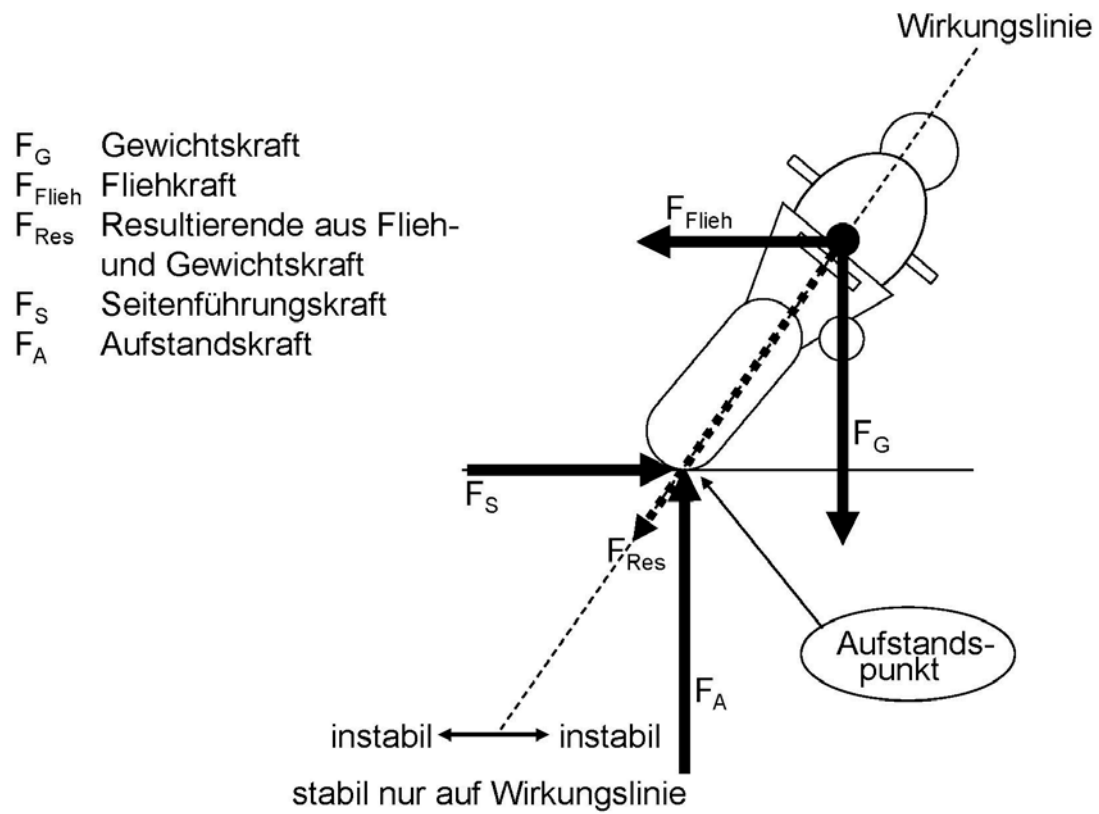


4.2.10 Kippen bei geneigter Fahrbahn

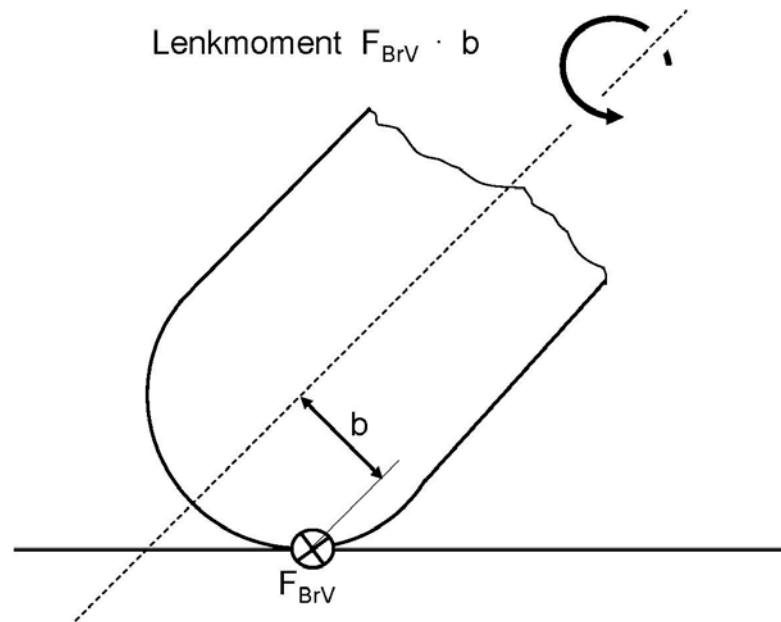
F_G	Gewichtskraft
F_{AL}	Aufstandskraft links
F_{AR}	Aufstandskraft rechts
F_{Hang}	Hangabtriebskraft (Anteil der Gewichtskraft parallel zur Fahrbahnebene)
F_{SL}	Seitenführungskraft links
F_{SR}	Seitenführungskraft rechts
F_N	Normalkraft (Anteil der Gewichtskraft senkrecht zur Fahrbahnebene)
S	Schwerpunkt Fahrzeug



4.2.11 Kurvenkräfte bei Krafträdern



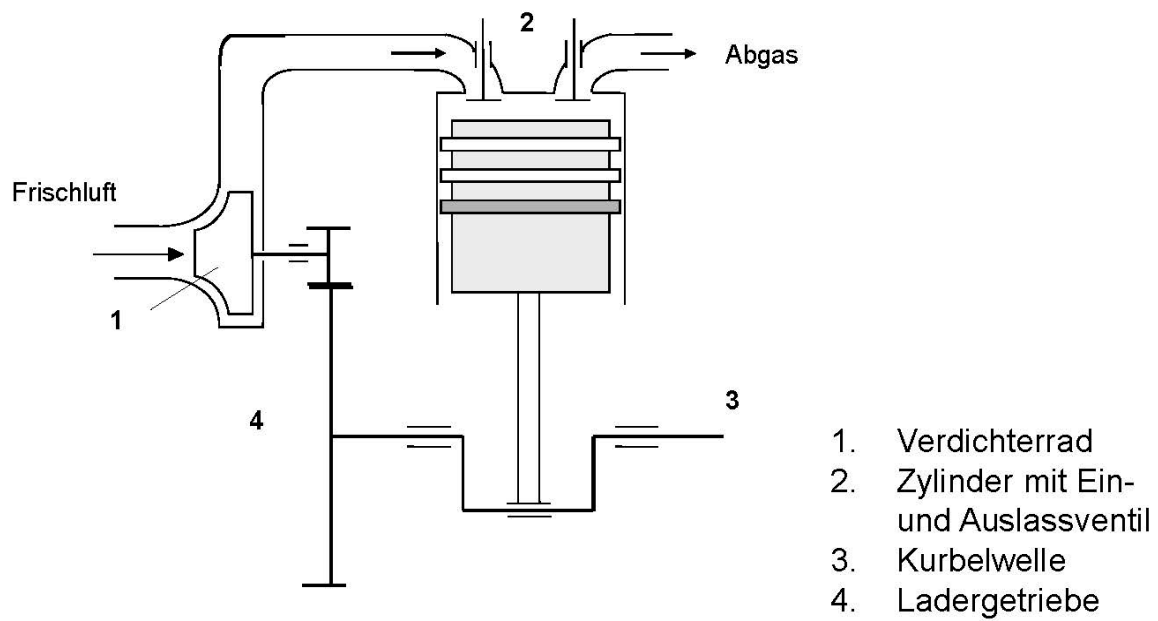
4.2.12 Aufstellmoment



- b kürzester Abstand zwischen Lenkachse und Reifenaufstandspunkt (Hebelarm)
 F_{BrV} Bremskraft am Vorderrad

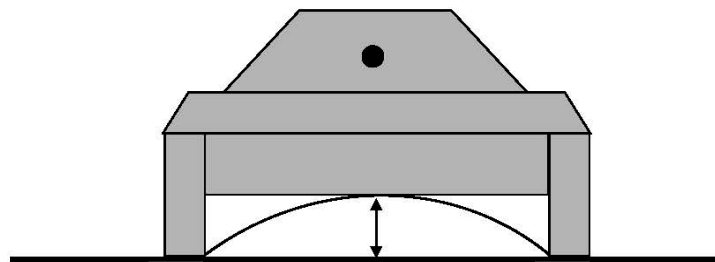
4.3 Teil III – Fahrzeugspezifisch Kettenfahrzeuge/geschützte Radfahrzeuge

4.3.1 Mechanische Aufladung



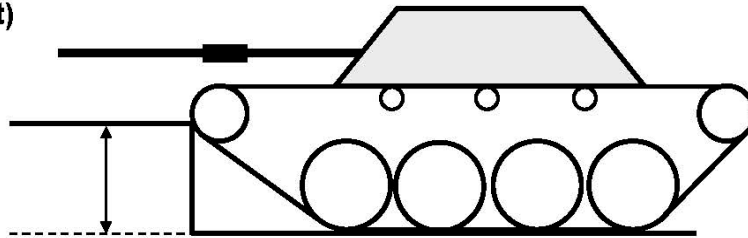
4.3.2 Bodenfreiheit

Bodenfreiheit

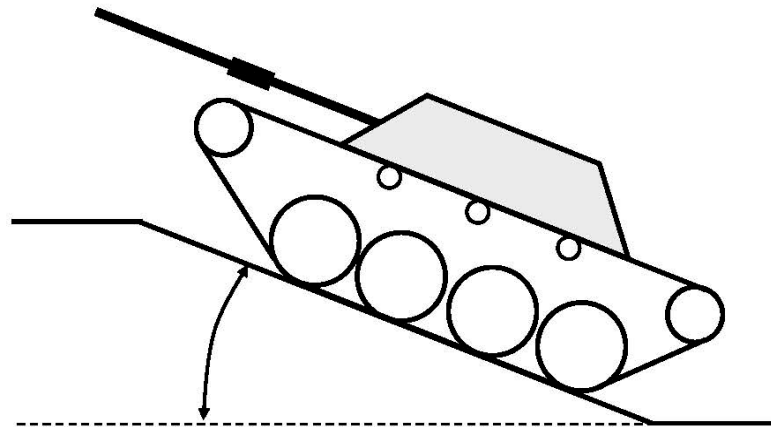


4.3.3 Stufenüberschreitungsfähigkeit/Steigfähigkeit

**Stufenüberschreitungsfähigkeit
(Kletterfähigkeit)**

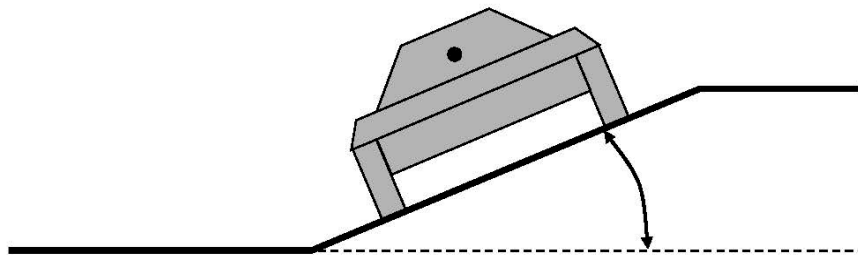


Steigfähigkeit



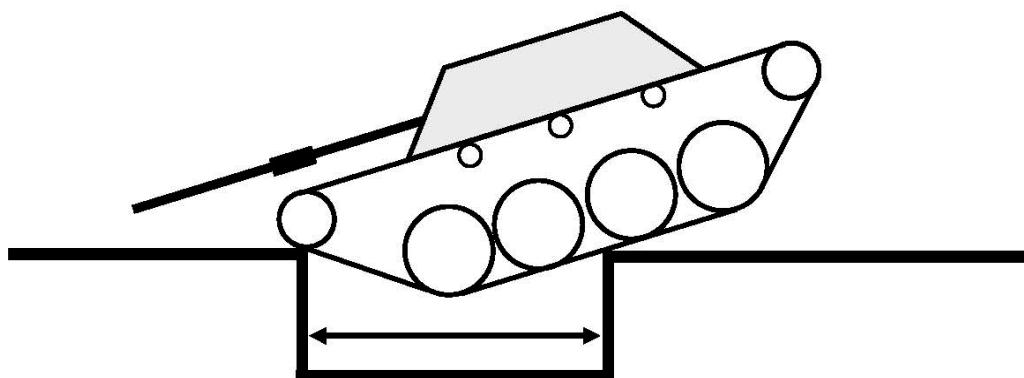
4.3.4 Kippsicherheit

**Kippsicherheit
(Querneigung)**



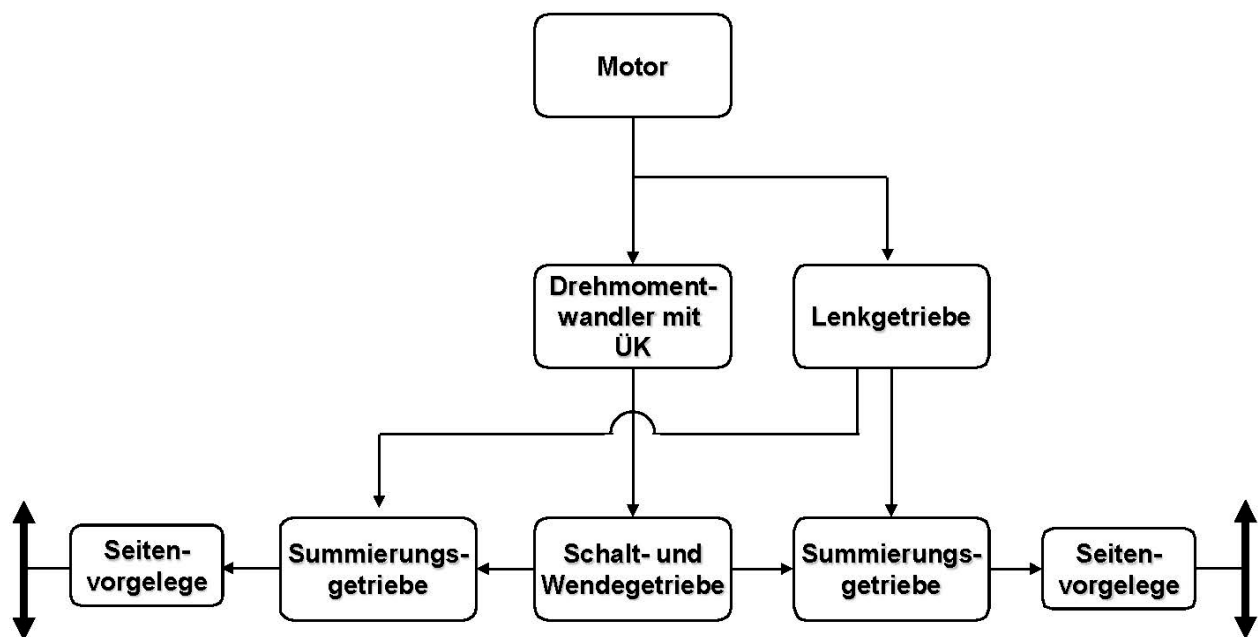
4.3.5 Grabenüberschreitungsfähigkeit

Grabenüberschreitungsfähigkeit

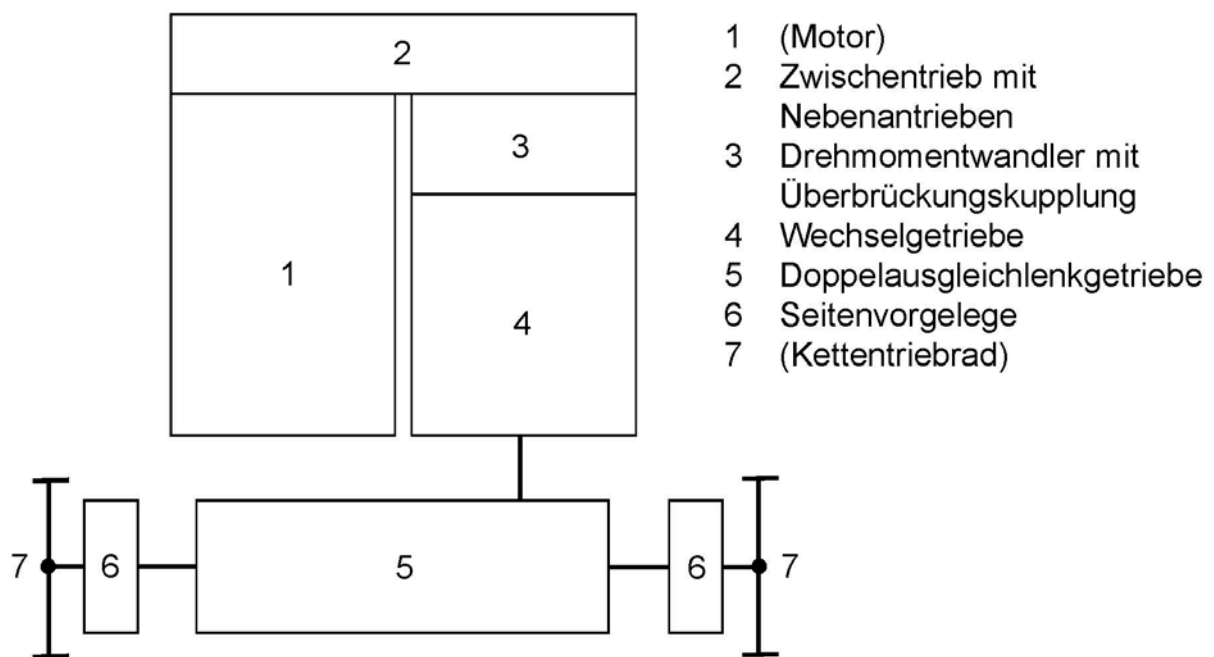


4.3.6 Verzweigter Kraftverlauf Überlagerungslenkgetriebe

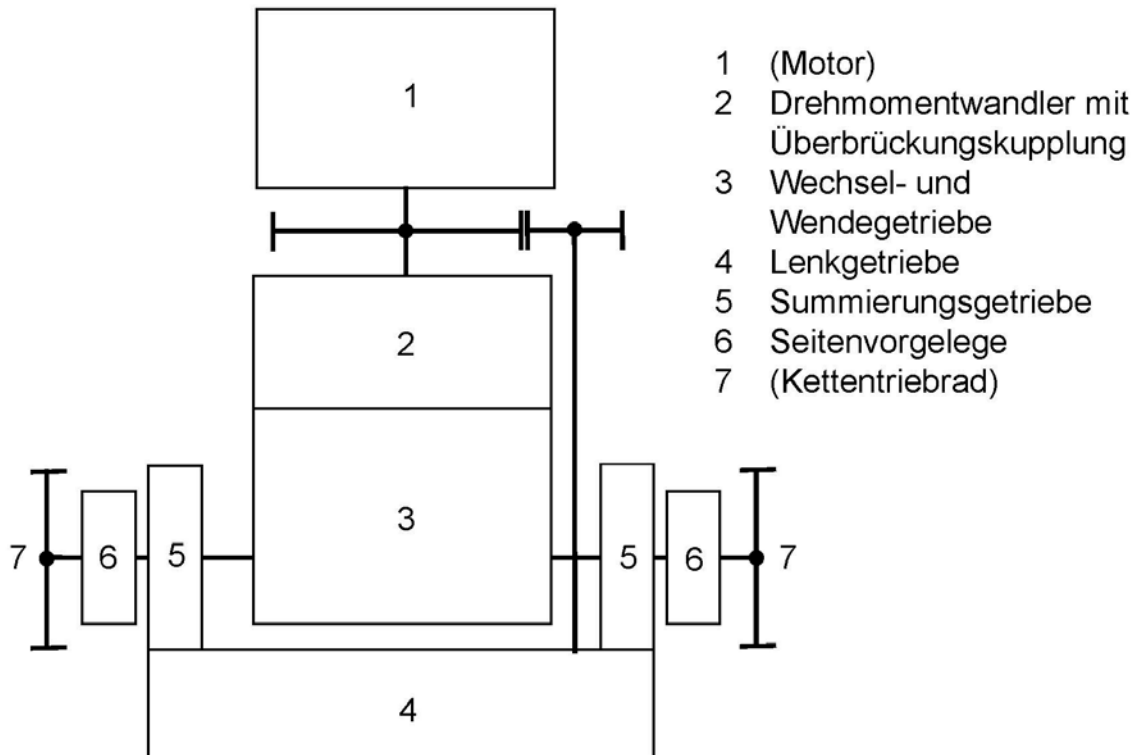
Verzweigter Kraftverlauf



4.3.7 Unverzweigter Kraftverlauf: Doppelausgleichlenkgetriebe



4.3.8 Verzweigter Kraftverlauf: Überlagerungslenkgetriebe



5 Anlagen

5.1 Zuordnung zu Fahrerlaubnisklassen

4.1 Teil I - Technische Systeme und Baugruppen

4.1.1 Zylinder eines Verbrennungsmotors mit wesentlichen Bezeichnungen	A/BE/CE/DE/GE/F
4.1.2 Kraftstoffversorgungsanlage Dieselmotor: Einspritzpumpe	BE/CE/DE/GE
4.1.3 Kraftstoffversorgungsanlage Dieselmotor: Common-Rail	BE/CE/DE/GE
4.1.4 Pumpenumlaufkühlung	A/BE/CE/DE/GE/F
4.1.5 Druckumlaufschmierung	BE/CE/DE/GE/F
4.1.6 Druckumlaufschmierung mit Nebenstromölfilter	BE/CE/DE/GE/F
4.1.7 Trockensumpfschmierung	F
4.1.8 Abgasturboaufladung mit Ladeluftkühlung	BE/CE/DE/GE/F
4.1.9 λ -Regelung	BE/CE/DE/GE
4.1.10 Kraftverlauf Vorderradantrieb	BE/CE/DE/GE
4.1.11 Kraftverlauf Hinterradantrieb	BE/CE/DE/GE
4.1.12 Kraftverlauf Allradantrieb	BE/CE/GE
4.1.13 Kraftverlauf bei Krädern mit Kettenantrieb	A
4.1.14 Kraftverlauf bei Krädern mit Kardantrieb	A
4.1.15 Planetenradsatz	BE/CE/DE/GE/F
4.1.16 Achsvorgelege: Portalachse	DE
4.1.17 Aufbau Trommelbremse	BE/CE/DE/GE
4.1.18 Bauformen von Scheibenbremsen	A/BE/CE/DE/GE/F
4.1.19 Hydraulische Zweikreisbremsanlage	BE/CE/GE
4.1.20 Hydraulische Zweikreisbremsanlage mit ABV	BE/CE/GE
4.1.21 Batterieschaltung	A/BE/CE/DE/GE/F
4.1.22 Strahlengang: Abblendlicht/Fernlicht	A/BE/CE/DE/GE/F
4.1.23 Aufbau Reifen	A/BE/CE/DE/GE

4.2 Teil II – Fahrphysik

4.2.1 Spezifischer Bodendruck Radfahrzeug	A/BE/CE/DE/GE
4.2.2 Spezifischer Bodendruck Kettenfahrzeug	F
4.2.3 Geometrische Größen am Kraftrad	A
4.2.4 Kamm'scher Kreis	A/BE/CE/DE/GE
4.2.5 Schwerpunktverlagerung durch Ladung	A/BE/CE/DE/GE
4.2.6 Kräfte am Fahrzeug bei konstanter Geschwindigkeit	A/BE/CE/DE/GE
4.2.7 Dynamische Achslastverlagerung beim Bremsen	A/BE/CE/DE/GE
4.2.8 Steigungswiderstand (Hangabtriebskraft)	BE/CE/DE/GE
4.2.9 Kippen bei Kurvenfahrt	BE/CE/DE/GE

4.2.10 Kippen bei geneigter Fahrbahn	BE/CE/DE/GE
4.2.11 Kurvenkräfte bei Krafträdern	A
4.2.12 Aufstellmoment	A
4.3 Teil III – Fahrzeugspezifisch Kettenfahrzeuge/geschützte Radfahrzeuge	
4.3.1 Mechanische Aufladung	F
4.3.2 Bodenfreiheit	GE/F
4.3.3 Stufenüberschreitfähigkeit/Steigfähigkeit	GE/F
4.3.4 Kippsicherheit	GE/F
4.3.5 Grabenüberschreitfähigkeit	GE/F
4.3.6 Verzweigter Kraftverlauf Überlagerungslenkgetriebe	F
4.3.7 Unverzweigter Kraftverlauf: Doppelausgleichlenkgetriebe	F
4.3.8 Verzweigter Kraftverlauf: Überlagerungslenkgetriebe	F

5.2 Änderungsjournal

Version	Gültig ab	Geänderter Inhalt
1	01.06.2019	• Erstveröffentlichung