



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Fachkunde Motorradtechnik

3. Auflage

Bearbeitet von Gewerbelehrern, Ingenieuren und Sachverständigen

Lektorat: Dipl.-Ing. Rainer Schäfer, Braunschweig (Nds)

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselderger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 22313

Autoren der Fachkunde Motorradtechnik

Rüdiger Bellersheim	Ibbenbüren
Hans-Georg Delius	Wettenberg
Michael Gressmann	Borken (He)
Peter Ryf	Moosseedorf (CH)
Rainer Schäfer	Braunschweig

Verlag, Autoren und Lektor danken den Herren Roland Fischer (Bildungsobmann 2rad Schweiz), Kilian Gertschen (Schweiz), Henning Demke (MOTUL) und Jörg Hoener (Wirges) für Text- und Bildbeiträge. Besonderer Dank geht an Herrn Raphael Vonaesch (Schweiz), der mit vielen Korrekturhinweisen zur Verbesserung der Fachkunde Motorradtechnik beigetragen hat.

Dank auch den Herren Frank Döring und Ernst Brehm vom Bundesinnungsverband für das Deutsche Zweiradmechaniker-Handwerk, die mit Rat und Tat geholfen haben.

Leiter des Arbeitskreises und Lektorat

Rainer Schäfer, Braunschweig (Nds)
Michael Gressmann, Borken (He) bis zur 2. Auflage
Anke Horst, Verlagslektorat

Bildbearbeitung

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern
Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Alle Angaben in diesem Buch erfolgten nach dem Stand der Technik. Alle Prüf-, Mess- oder Instandsetzungsarbeiten an einem konkreten Fahrzeug müssen nach Herstellervorschriften erfolgen. Der Nachvollzug der beschriebenen Arbeiten erfolgt auf eigene Gefahr. Haftungsansprüche gegen die Autoren oder den Verlag sind ausgeschlossen.

3. Auflage 2016, korrigierter Nachdruck 2018

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-2233-2

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2016 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz und Layout: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlagfoto: BMW AG, München
Druck: M. P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Das Fachkundebuch **Motorradtechnik** vermittelt alle Fachkenntnisse, die im Ausbildungsrahmenplan für die betriebliche Ausbildung und im Rahmenlehrplan für die Fachstufe der Berufsschule aufgeführt sind.

Die Ausbildungsberufe „Zweiradmechaniker(in) – Fachrichtung Motorradtechnik“ und „Kraftfahrzeug-Mechatroniker mit dem Schwerpunkt Motorradtechnik“ sind innerhalb des Berufsfeldes Fahrzeugtechnik neu geschaffene Ausbildungsberufe mit hohen fachspezifischen Anforderungen. Hier soll das Buch eine Hilfe beim Verstehen von technischen Vorgängen und Systemzusammenhängen sein.

Aber auch Gesellen, Meister und Techniker sowie den Studierenden der Fahrzeugtechnik soll das Buch als Nachschlagewerk, zur Informationsbeschaffung und zur Ergänzung der fachlichen Kenntnisse dienen. Und nicht zuletzt soll es allen an der Motorradtechnik Interessierten eine Quelle von nützlichen Informationen sein.

Bei einigen Texten haben wir aus Gründen der Lesbarkeit auf eine geschlechtsneutrale Formulierung verzichtet. Es sind jedoch immer beide Geschlechter im Sinne der Gleichbehandlung angesprochen.

Die Bauteile, Baugruppen und Systeme des motorisierten Zweirades werden in dem Buch unter Einbeziehung der naturwissenschaftlichen Grundlagen beschrieben. Dabei kommt es den Autoren darauf an, die technologischen Zusammenhänge mit verständlichen Worten und Sätzen aufzuzeigen und so die Wirkungsweise der komplexen Systeme des Motorrads verständlich zu machen.

Neu in der 3. Auflage

Die Inhalte wurden insgesamt aktualisiert. Im Fokus standen dabei der Nutzen für die Leserinnen und Leser sowie detaillierte, aktuelle und anschauliche Informationsvermittlung. Insbesondere das Kapitel 2.7.6 zu Bus- und Regelungssystemen wurde inhaltlich ergänzt und überarbeitet.

Der Verlag und die Autoren bedanken sich bei den vielen Firmen und Behörden, die Text- und Bildmaterial zur Verfügung gestellt haben. Nur mit deren Hilfe konnte erst ein solches Fachkundebuch für Auszubildende entstehen. Besonderer Dank gilt den Firmen HONDA und BMW, die ihr fundiertes Ausbildungsprogramm zur Verfügung gestellt haben. Weiterhin bedanken wir uns bei den vielen Berufsschullehrern und Mitarbeitern von Firmen, die das Projekt „Motorradtechnik“ begleitet haben.

Besonderer Dank geht an Herrn Achim Kuschefski vom Institut für Zweiradsicherheit (ifz) für seine Hinweise zum Kapitel „Fahrdynamik“. Auch sind einige Hinweise der Gutachterkommission des österreichischen Bundesministeriums für Unterricht berücksichtigt und aufgenommen.

Wir wünschen allen Auszubildenden und denen, die sich beruflich fortbilden wollen, viel Freude und Erfolg mit diesem Buch.

Kritische Hinweise und Vorschläge, die der Weiterentwicklung der Fachkunde dienen, nehmen wir dankbar per E-Mail entgegen: lektorat@europa-lehrmittel.de.

Inhaltsverzeichnis

1	Krafträder	7
1.1	Historische Entwicklung von Krafträdern	7
1.2	Kraftradarten	10
1.2.1	Leichtmofas (Fahrräder mit Hilfsmotor)	10
1.2.2	Mofas und Mofaroller	10
1.2.3	Kleinkrafträder	11
1.2.4	Leichtkrafträder	11
1.2.5	Vierrädrige Leichtkraftfahrzeuge (ATVs)	11
1.2.6	Trikes	11
1.2.7	Motorroller	12
1.2.8	Motorräder	12
1.2.9	Motorradgespanne	15
1.3	Führerscheinrecht	16
1.4	Betriebserlaubnis	17
1.4.1	ABE für Fahrzeugteile	18
1.4.2	Unbedenklichkeitsbescheinigung	18
1.4.3	Einteilung der Kraftradklassen nach EG-Richtlinie	18
1.4.4	Fahrzeug-Identifizierung	18
2	Kraftradmotoren	20
2.1	Einteilung von Motoren	20
2.2	Physikalische und technische Grundlagen von Verbrennungsmotoren	21
2.2.1	Kolbenkraft, Drehmoment und Leistung	21
2.2.2	Hubverhältnis, Hubraumleistung und Leistungsgewicht	22
2.2.3	Motorkennlinien	22
2.2.4	Gas- und Massenkräfte im Motor	23
2.2.5	Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors	27
2.3	Viertaktmotor	29
2.3.1	Arbeitsweise des Viertaktmotors	29
2.3.2	Ladungswechsel und Ventilsteuerung	31
2.3.3	Steuerdiagramm	32
2.4	Zweitaktmotor	33
2.4.1	Aufbau und Arbeitsweise des Zweitaktmotors	33
2.4.2	Spülverfahren	35
2.4.3	Steuerung des Zweitaktmotors	36
2.4.4	Vergleich von Zweitakt- und Viertaktmotor	38
2.5	Baugruppen und Bestandteile von Viertaktmotoren	39
2.5.1	Motorgehäuse und Zubehör	39
2.5.2	Kurbeltrieb	45
2.5.3	Ventilsteuerung	54
2.6	Zündung	67
2.6.1	Bauarten von Zündanlagen	67
2.6.2	Zündvoraussetzungen	74
2.6.3	Zündzeitpunkt und Zündverstellung	76
2.6.4	Einzelteile und Aufbau einer Zündanlage	79
2.7	Gemischaubereitung von Motoren	89
2.7.1	Verbrennung und Gemischaubereitung	89
2.7.2	Vergaser	91
2.7.3	Kraftstoffanlage	98
2.7.4	Einspritzanlage	100
2.7.5	Fehlersuche und Diagnose	111
2.7.6	Bus-Systeme	115
2.8	Ansaugsystem	119
2.8.1	Saugrohraufladung	120
2.8.2	Luftfilter	122
2.8.3	Drosselklappe	122
2.9	Abgasanlage	123
2.9.1	Schallminderung	123
2.9.2	Abgasanlage Viertaktmotor	125
2.9.3	Abgasanlage Zweitaktmotor	125
2.9.4	Abgasreinigung	126
2.9.5	Abgasuntersuchung AUK	131
2.10	Motorschmierung	133
2.10.1	Schmierung von Zweitaktmotoren	133
2.10.2	Schmierung von Viertaktmotoren	135
2.11	Motorkühlung	140
2.11.1	Luftkühlung	141
2.11.2	Flüssigkeitskühlung	142
2.11.3	Ölkühlung	146
2.12	Kraftstoff und Schmieröl	146
2.12.1	Kraftstoffe für Ottomotoren	146
2.12.2	Kraftstoff-Additive	149
2.12.3	Schmieröle für Motor und Getriebe	150
2.12.4	Grundöle	152
2.12.5	Schmieröl-Additive	152
2.12.6	Klassifizierung von Motorölen	152
2.12.7	Zweitaktöle	154
2.12.8	Getriebeöle	154
2.12.9	Ölverbrauch	154
3	Antrieb	155
3.1	Primärtrieb	155
3.2	Kupplung	156
3.2.1	Trockenkupplung	156
3.2.2	Mehrscheiben-Nasskupplung	157
3.2.3	Anti-Hopping-Kupplung	159
3.2.4	Fliehkraftkupplung	160
3.2.5	Kupplungsbetätigung	161
3.3	Schaltgetriebe	161
3.3.1	Funktion Schaltgetriebe	162
3.3.2	Übersetzungsstufen	163

3.4 Variomatik168

3.5 Sekundärtrieb170

3.5.1 Zugmittelantrieb170

3.5.2 Gelenkwellenantrieb175

4 Fahrwerk von Motorrädern 180

4.1 Fahrwerksgeometrie180

4.1.1 Radstand180

4.1.2 Nachlauf181

4.1.3 Lenkkopfwinkel182

4.1.4 Schwerpunkt182

4.1.5 Schwingenwinkel183

4.2 Fahrwiderstände183

4.2.1 Radwiderstand184

4.2.2 Steigungswiderstand187

4.2.3 Luftwiderstand187

4.2.4 Beschleunigungswiderstand187

4.3 Rahmen188

4.3.1 Standard-Bauarten von Rahmen188

4.3.2 Rahmenwerkstoffe und Rahmenprofile191

4.3.3 Rahmendiagnose192

4.4 Vorderradaufhängung und Lenkung ..197

4.4.1 Teleskopgabel197

4.4.2 Vorderradschwinge201

4.5 Lenkkopf203

4.5.1 Lenkopflagerung203

4.5.2 Prüfen und Einstellen der Lagerung ..206

4.5.3 Demontage und Montage der Lenkopflager207

4.6 Hinterradaufhängung208

4.6.1 Ausführungen von Hinterradaufhängungen208

4.6.2 Hinterradfederungen215

4.7 Federung und Dämpfung216

4.7.1 Grundlagen der Federung216

4.7.2 Federelemente217

4.7.3 Dämpfung220

4.7.4 Dämpfer im Zentralfederbein222

4.7.5 Dämpfer in der Teleskopgabel227

4.7.6 Wartung von Feder-Dämpfer-Einheiten232

4.7.7 Einstellung von Federung und Dämpfung233

5 Räder und Reifen 234

5.1 Laufräder234

5.1.1 Guss- und Schmiederäder234

5.1.2 Speichenräder235

5.1.3 Verbundräder237

5.2 Felgen237

5.3 Nabe238

5.4 Motorradreifen239

5.4.1 Reifenmechanik239

5.4.2 Bauarten von Motorradreifen240

5.4.3 Aufbau von Motorradreifen240

5.4.4 Reifenbauarten241

5.4.5 Reifenkennzeichnung und gesetzliche Bestimmungen243

5.4.6 Reifen-Zusatzinformationen244

5.4.7 Auswuchten245

5.4.8 Aquaplaning247

6 Bremsen 248

6.1 Begriffe und Vorschriften248

6.1.1 Begriffe248

6.1.2 Gesetzliche Vorschriften248

6.2 Physikalisch-technische Grundlagen des Bremsens249

6.2.1 Bremskraft249

6.2.2 Bremsmoment249

6.2.3 Bremsenergie249

6.2.4 Bremsdauer, Bremsweg und Bremsleistung250

6.2.5 Statische und dynamische Radlastverlagerung250

6.2.6 Umfangskraft und Schlupf252

6.2.7 Kamm'scher Kreis253

6.3 Bauarten von Bremsen254

6.3.1 Trommelbremsen255

6.3.2 Scheibenbremsen257

6.4 Verbundbremsanlagen264

6.5 Antiblockiersysteme267

6.5.1 Funktionsbereiche ABS267

6.5.2 Einzelteile267

6.5.3 Arbeitsweise268

6.6 Automatische Stabilitätskontrolle ...273

7 Fahrdynamik 274

7.1 Wirkung der Kreiselkräfte274

7.2 Phasen der Stabilisierung275

7.2.1 Instabiler Fahrzustand275

7.2.2 Stabiler Fahrzustand275

7.2.3 Quasistabiler Fahrzustand276

7.3 Einfluss von Hinterrad und Motorenteilen276

7.4 Störungen der Eigenstabilität277

7.4.1 Lenkerflattern277

7.4.2 Lenkerschlagen278

7.4.3 Pendeln278

7.5 Kurvenfahrt279

7.5.1 Kurvenfahrt mit konstanter Geschwindigkeit279

7.5.2 Einleiten und Beenden der Kurvenfahrt283

7.5.3 Schräglaufwinkel284

7.5.4 Untersteuern, Übersteuern285

7.5.5	Fahrstile in der Kurve	285	10.2	Motorradhelm	363
7.5.6	Bremsen in der Kurve	286	10.2.1	Genormte Sicherheit	363
7.6	Aerodynamik und Verkleidung	286	10.2.2	Helmformen	364
7.6.1	Formen des Luftwiderstandes	286	10.2.3	Material und Aufbau eines Motorradhelmes	366
7.6.2	Aufstell- und Seitenwindmoment	289	10.2.4	Auswahlkriterien	367
7.6.3	Verkleidungen	290	10.2.5	Fahrkomfort	367
8 Elektrische Anlage		291	11	Umweltschutz, Arbeitsschutz	368
8.1	Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik	291	11.1	Entsorgung	368
8.1.1	Elektrische Größen	291	11.2	Transport	369
8.1.2	Berechnung elektrischer Größen	294	11.3	Arbeitsschutz	369
8.1.3	Messen elektrischer Größen	295	12	Betriebsorganisation und Wirtschaftskunde	370
8.1.4	Schaltungen	298	12.1	Grundlagen des Wirtschaftens	370
8.1.5	Bauelemente	300	12.1.1	Bedürfnisse	370
8.2	Ladesystem, Stromspeicher und Starter	315	12.1.2	Bedarf und Nachfrage	370
8.2.1	Generator (Lichtmaschine)	315	12.1.3	Wirtschaften	370
8.2.2	Gleichrichter und Regler	326	12.1.4	Der Markt	371
8.2.3	Messungen im Ladestromsystem	330	12.2	Betrieb, Unternehmen, Konzern und Holding	372
8.2.4	Fahrzeuggatterie	333	12.2.1	Merkmale der Unternehmung	372
8.2.5	Startervorrichtungen	338	12.2.2	Rechtsformen	372
8.3	Beleuchtungs- und Signalanlage	345	12.2.3	Organisation eines Betriebes	374
8.3.1	Leuchtmittel	345	12.2.4	Lagerhaltung	375
8.3.2	Scheinwerfersysteme	348	12.2.5	Auftragsabwicklung	376
8.3.3	Schaltschema Beleuchtungsanlage	349	12.2.6	Die Ware	378
8.3.4	Signal- und Warnanlage	350	12.3	Kostenrechnung	380
9 Instrumente und Komfortsysteme		352	12.3.1	Zuschlagskalkulation	380
9.1	Instrumente	352	12.3.2	Handelskalkulation	381
9.1.1	Kombiinstrument	352	12.3.3	Vor- und Nachkalkulation	382
9.1.2	Ladekontrollleuchte	354	12.4	Haftung	382
9.1.3	Kühlmittel-Temperaturmesser	354	12.4.1	Vertragliche Haftung	383
9.1.4	Öldruckanzeige	354	12.4.2	Gesetzliche Haftung	386
9.1.5	Tankanzeige	354	12.4.3	Garantie	387
9.1.6	Geschwindigkeitsanzeiger	355	12.4.4	Kulanz	387
9.1.7	Drehzahlmesser	355	12.5	Kaufvertrag	387
9.2	Heizgriffe	356	12.6	Werk- und Dienstvertrag	388
9.3	Wegfahrsperr	356	12.7	Allgemeine Geschäftsbedingungen	388
9.4	Navigation	356	13	Sponsoren	389
9.5	Gepäcksysteme	358		Firmenverzeichnis	403
10 Schutzausrüstung		359	14	Fachwörterbuch Deutsch-Englisch	404
10.1	Schutzkleidung	359		Fachwörterbuch Englisch-Deutsch	410
10.1.1	Anforderungen an die Schutzkleidung	359	15	Sachwortverzeichnis	416
10.1.2	Lederbekleidung	359			
10.1.3	Textilanzug	360			
10.1.4	Regenüberzug	361			
10.1.5	Protektoren	361			
10.1.6	Handschuhe	362			
10.1.7	Motorradstiefel	363			
10.1.8	Nierengurt	363			

1 Krafträder

Krafträder sind mit Ausnahme von Motorrad-gespannen Einspurfahrzeuge.

1.1 Historische Entwicklung von Krafträdern

Als erstes motorisiertes Zweirad der Welt gilt der Reitwagen (**Bild 1**) von *Gottlieb Daimler*. Zusammen mit *Wilhelm Maybach* montiert er 1885 einen kleinen 0,5-PS-Einzylindermotor in ein hölzernes zweirädriges Fahrzeug.



Bild 1: Daimler-Reitwagen

Als Antrieb verwendeten sie einen Benzinmotor mit Glührohrzündung (**Bild 2**). Um den Motor in Gang zu setzen, wird unter dem Glührohr eine Flamme entzündet. Der Brenner erhitzt das Glührohr, das eine Verbindung zum Verbrennungsraum hat. Ist hier die Temperatur hoch genug, kann der Motor mittels einer Kurbel angeworfen werden.

Das Einlassventil öffnet bei der Abwärtsbewegung des Kolbens durch den entstehenden Unterdruck und schließt beim Durchgang des Kolbens durch den oberen Totpunkt mithilfe der Schließfeder. Das Auslassventil wird durch einen Nocken betätigt.

Heutzutage findet man Motoren mit ähnlichem Arbeitsprinzip noch als Kleinmotoren im Modellbau.

Für das als Brennstoff benutzte Benzin entwickelt Maybach einen speziellen Vergaser, der für eine konstante Gemischzusammensetzung sorgt.

Der Reitwagen von Daimler bleibt als Versuchsfahrzeug ein Einzelstück.

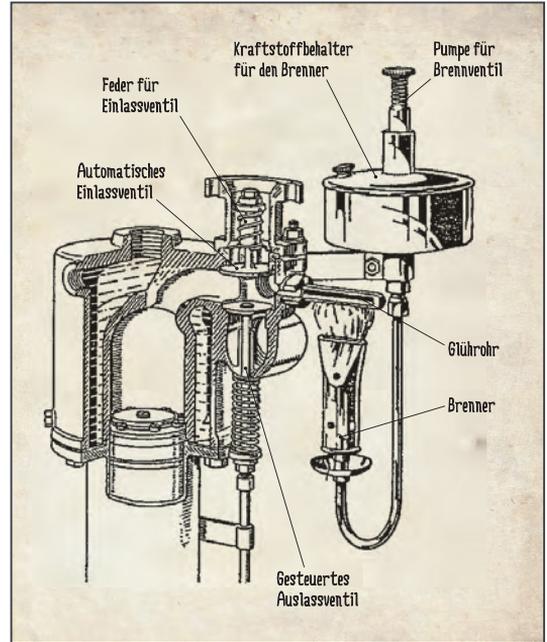


Bild 2: Motor mit Glührohrzündung

Neun Jahre später bauen *Hildebrand* und *Wolfmüller* das weltweit erste Serienmotorrad (**Bild 3**) und erhalten das Patent mit der Bezeichnung „Motorrad“. Der Zweizylindermotor mit 1490 cm³ Hubraum und Wasserkühlung leistet 2,5 PS. Über Pleuelstangen wird das Hinterrad angetrieben, das gleichzeitig als Schwungscheibe dient.



Bild 3: Das Hildebrand- und Wolfmüller-Motorrad mit Glühzündung

Die Zündtechnik erweist sich als zu unhandlich und wird um 1900 von elektrischen Zündmechanismen ersetzt. Damit ist der Siegeszug des Motorrads nicht mehr aufzuhalten.

1887 baut *Robert Bosch* eine Magnetzündung für Verbrennungsmotoren, die aber noch im Niederspannungsbereich mit einem Abreißfunken arbeitet. Erst 1902 mit dem Bau der Hochspannungszündung (**Bild 1**) in Verbindung mit einer Zündkerze, wie sie auch heute noch bekannt ist, verbessern sich die Verbrennungsmotoren.

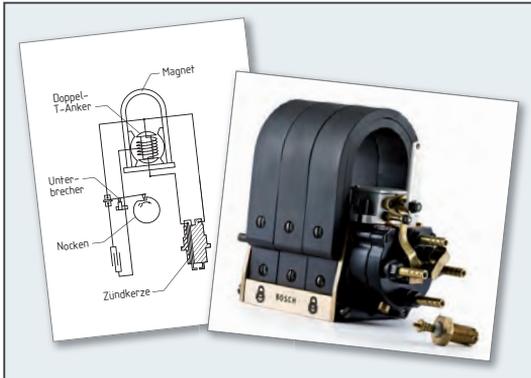


Bild 1: Hochspannungs-Magnetzünder (Fa. Bosch, 1902)

1889 erfindet *John Dunlop* den Luftreifen. Die Gummivulkanisation hatte der Amerikaner *Charles Goodyear* schon im Jahr 1839 entwickelt.

1893 erfindet *Maybach* den Spritzdüsenvergaser, der nach dem Venturiprinzip arbeitet. Dabei wird der Kraftstoff nicht mehr von einem Oberflächenvergaser aufbereitet, sondern über kalibrierte Düsen bemessen.

Weitere wesentliche Entwicklungen gingen vom Ausland aus:

- Frankreich. Die Gebrüder *Michael* und *Eugen Werner* entwickeln 1899 Rahmenformen, in denen der Motor integriert ist.
- Belgien. Das erste Vierzylinder-Motorrad mit Kardanwelle der Firma F.N. entsteht 1904.
- England. *Alfred Scott* baut 1908 Zweitakt-Motorräder mit Kickstarter und Bremse.
- USA. Die Firma *Indian* baut 1914 Motorräder mit elektrischem Anlasser und elektrischer Beleuchtung. Bis zum ersten Weltkrieg ist *Indian* die weltweit größte Motorradfabrik¹.

Die Popularität des Fahrrades, die um die Jahrhundertwende einen Höhepunkt hat, überträgt sich schnell auf das Motorrad.

Zwischen 1901 und 1906 gibt es in Deutschland 36 Betriebe, die Motorräder produzieren. In Frankreich sind es eben so viele, in England etwa 25

und in den USA 50. Zeitweilig fahren auf Deutschlands Straßen mehr Motorräder als Autos: 1907 verzeichnet die Statistik 15700 Motorräder und 10115 Automobile. In dieser Zeit ist das Motorrad billiger in der Anschaffung, Reparatur und Unterhalt als das noch sehr teure Automobil.

Zu den vielen Firmengründungen gehört auch 1903 *Harley-Davidson* in Milwaukee (USA). Es ist die älteste Motorradfabrik der Welt.

Die erste *Harley Davidson* hat einen seitengesteuerten Einzylindermotor mit 3 PS Leistung. Der Antrieb erfolgt über einen breiten Lederriemen (**Bild 2**).



Bild 2: Die erste Harley

Eine weitere Steigerung der Motorradproduktion bringt der erste Weltkrieg, wobei sich das Motorrad dort bewährt, wo das Automobil nicht hinkommt.

Auch in der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen gibt es in Deutschland mehr Motorräder als Automobile: 1938 sind es 1,5 Millionen gegenüber 1,3 Millionen Automobile. Der Motorradsport fasziniert die Massen und verhilft dem Motorrad zu weiteren Verkaufserfolgen.

Die Firma *Krupp* (Essen) baut 1919 den ersten Motorroller deutscher Produktion. 1922 folgt das *DKW-Sesselmotorrad „Losmos“* mit einem blechverkleideten Motor, 142 cm³ Hubraum, Riemenantrieb und Vorderradfederung mit Kurzschwinge (**Bild 3**).



Bild 3: Sesselmotorrad Losmos

¹ Später produziert *Harley Davidson* weltweit die meisten Motorräder, gefolgt von *DKW* (ab 1928) und *NSU* (ab 1945). Heute sind japanische Hersteller die führenden Motorradproduzenten.

Mit dem Ende des zweiten Weltkrieges beginnt die nächste Motorisierungswelle. Auch jetzt erweist sich das Motorrad als Transportgefährt „des kleinen Mannes“, denn Automobile sind Mangelware und teuer im Unterhalt. Die meisten Motorräder jener Zeit haben leichte, einfach gebaute Motoren mit häufig weniger als 200 cm³ Hubraum. In den 50er und 60er Jahren sind es die „Scooter“ (Roller) mit den Marktführern Vespa und Lambretta, die weite Verbreitung finden.

Mit dem Anstieg des Wohlstandes und dem Aufkommen von billigen Kleinwagen erlebt die Motorradindustrie einen starken Umsatzrückgang. Viele Firmen geben die Produktion auf. 1977 sind in der BRD nur noch 133000 Motorräder zugelassen.

Das nutzen die Japaner und besetzen mit Honda, Yamaha, Suzuki und Kawasaki weltweit die Marktlücke. Eine neue Philosophie macht sich zuerst in den USA breit: Das Motorrad ist nicht mehr das Fortbewegungsmittel des kleinen Mannes, der sich kein Auto leisten kann, sondern es ist ein Freizeitmobil, das Unabhängigkeit und Fahrvergnügen verkörpert. Hinzu kommt bei vielen kaufinteressierten Personen die Begeisterung für ein besonders hochwertiges technisches Produkt (Bild 1).



Bild 1: BMW K 1300 R

Das Motorrad als Zweitfahrzeug wird für viele eine Selbstverständlichkeit und in dieser Phase erlebt auch der Motorroller einen neuen Aufschwung.

1985 sind wieder rund 1 Millionen Motorräder zugelassen, im Jahr 2003 sind es rund 3 Millionen oder 7 % der Bestandszahlen von Pkw.

In letzter Zeit stagnieren in Deutschland die Zulassungszahlen von Motorrädern. Der Grund liegt nicht nur in schärferen Gesetzen hinsichtlich der Abgas- und Geräuschemission und des Kraftstoffverbrauchs, eher in der wirtschaftlichen Rezession. Motorradfahren ist für viele zu einem teuren Vergnügen geworden.

Ob das Motorrad oder der Motorroller zur Lösung der Verkehrsprobleme – besonders in Innenstädten – beitragen kann, bleibt abzuwarten. Neben der großen Wendigkeit kann hier der geringe Bedarf an Verkehrsfläche (Bild 2) ein Vorteil sein.

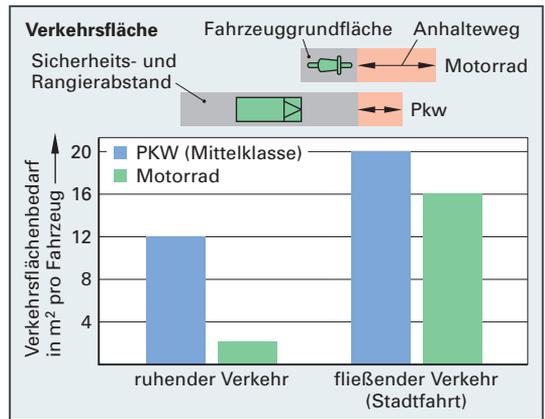


Bild 2: Verkehrsflächenbedarf Auto/Motorrad

Der Trend im Motorradbau geht in Richtung zu mehr Hubraum, mehr Leistung und weniger Gewicht. Die Leistungen der Motoren haben sich in den letzten 30 Jahren mehr als verdoppelt (Bild 3).

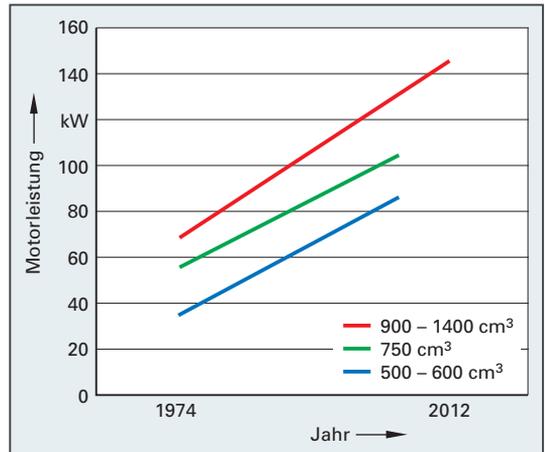


Bild 3: Steigerung der Motorleistung von 1974 bis 2012

Trotz steiferer Rahmen und Hinterradfürungen, größeren Bremsen, breiteren Reifen und Rädern, Verkleidungen und erheblich mehr an Ausstattung hat sich auch das Leistungsgewicht mehr als verdoppelt.

Das **Leistungsgewicht** (richtiger ist die Bezeichnung Masse-Leistungs-Verhältnis) ist der Quotient aus der Masse-Leistung und der Leistung des Motorrades. Es wird in Kilogramm Leergewicht (einschließlich gefülltem Tank) pro Nennleistung angegeben.

Beispiel: Die BMW S 1000 RR mit einem Leergewicht von 209 kg und einer Nennleistung von 142 kW (193 PS) weist ein Leistungsgewicht von 1,47 kg/kW auf. Wird das „Trockengewicht“ ins Verhältnis gesetzt, beträgt das Leistungsgewicht 1,29 kg/kW.

Der Gesetzgeber nutzt den Kehrwert des Leistungsgewichts: Die Leistungsdichte bzw. die spezifische Leistung in kW/kg. Beispiel: In der Führerscheinklasse A1 (Mindestalter 16 Jahre) dürfen Leichtkrafträder mit einer spezifischen Leistung von höchstens 0,1 kW/kg gefahren werden (Mindestgewicht 110 kg, Höchstleistung 11 kW). Neu seit Januar 2013 in der Klasse A1: Es gibt keine Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit mehr.

Die im Verhältnis zum Pkw höhere spezifische Leistung ermöglicht Beschleunigungswerte von weniger als 3 Sekunden von 0 auf 100 km/h und Geschwindigkeiten von über 300 km/h.

In Europa haben sich die Importeure und Hersteller eine freiwillige Geschwindigkeitsobergrenze von 299 km/h auferlegt, um einer gesetzlichen Regulierung entgegenzuwirken.

Die rasante technische Entwicklung der Automobile überträgt sich zunehmend auf das Motorrad. Fahrassistenzsysteme wie ABS, Verbundbremsen und Antriebsschlupfregelung sind größtenteils Standard.

Die Begrenzung der Schadstoffemissionen und der Geräuschentwicklung verlangen neue Motor-konzeptionen. Um dem nachzukommen, befinden sich schon Flüssiggas-Anlagen für Motorräder in der Erprobung.

Aerodynamisch optimierte Verkleidungen (**Bild 1**) verringern den Luftwiderstand und den Kraftstoffverbrauch und verbessern den Fahrkomfort. Informationssysteme (Reifendruckanzeige, Motorölqualität) und Komfortelemente (Navigation und Kommunikation) sind bereits jetzt als Sonderausstattung erhältlich und gehören in naher Zukunft zur Standardausrüstung.



Bild 1: Motorrad der Zukunft¹

1.2 Kraftradarten

In der Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (StVZO) § 18 ist festgelegt, dass Kraftfahrzeuge mit einer bauartbestimmten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 6 km/h auf öffentlichen Straßen nur gefahren werden dürfen, wenn sie eine Betriebserlaubnis (bzw. EG-Typgenehmigung) und von der Zulassungsstelle ein amtliches Kennzeichen erhalten haben.

1.2.1 Leichtmofas (Fahrräder mit Hilfsmotor)

Leichtmofas sind motorisierte Zweiräder, die in ihrer Bauart vom Fahrrad abgeleitet sind (**Bild 2**).



Bild 2: Leichtmofa mit Verbrennungsmotor (Saxonette Salux Fa. Sachs Fahrzeug und Motorentechnik)

Das Gewicht darf 30 kg nicht überschreiten und die Reifengröße muss zwischen 26 und 28 Zoll liegen.

Der Antrieb kann über eine elektrische Antriebsmaschine oder einen Verbrennungsmotor erfolgen, wobei die maximale Höchstleistung 500 Watt, der Hubraum 30 cm³ und eine Geschwindigkeit von 20 km/h nicht überschritten werden darf.

1.2.2 Mofas und Mofaroller

Das Wort **Mofa** ist abgeleitet von „Motorisiertes Fahrrad“. Im Gegensatz zum Fahrrad, das mit Muskelkraft angetrieben wird, besitzt das Mofa meist einen Verbrennungsmotor² (**Zweitaktmotor Bild 1, Seite 11**), dessen Hubraum 50 cm³ nicht überschreiten darf. Die Antriebskraft wird über eine Kette oder einen Riemen auf das Hinterrad oder eine Reibrolle auf das Vorderrad übertragen.

Fast alle modernen Mofas haben Vollautomatik, d. h. Kuppeln und Schalten ist nicht notwendig.

¹ Quelle: Projekt HONDA OBREE

² Möglich ist auch ein Elektromotor < 1 kW Nennleistung



Bild 1: Mofa Herkules Prima

Wie das Fahrrad hat das klassische Mofa Pedale. Sie werden zum Starten des Motors, zum Bremsen (Rücktrittbremse) und beim Fahren als Fußstützen benutzt. Sie können auch zum Treten eingesetzt werden, um an Steigungen die Leistung des Motors durch Muskelkraft zu ergänzen.

Mofas sind grundsätzlich einsitzig. Nachteile sind das Fehlen einer Blinklichtanlage und der wenig umweltverträgliche Zweitaktmotor.

Ein Mofa benötigt in Deutschland ein Versicherungskennzeichen, in der Schweiz ein Motorfahrrad-Kontrollschild.

Das Mindestalter zum Fahren eines Mofas ist 14 Jahre (Schweiz) bzw. 15 Jahre in Deutschland und Österreich. In der Schweiz ist eine Drosselung auf 30 km/h vorgeschrieben; in Österreich 45 km/h und in Deutschland darf die Höchstgeschwindigkeit 25 km/h (Toleranz bis 27,5 km/h d. h. 10 % Toleranz) nicht überschreiten.

1.2.3 Kleinkrafträder

Kleinkrafträder sind motorisierte Zweiräder mit einem Hubraum bis 50 cm³, deren Höchstgeschwindigkeit auf 45 km/h begrenzt ist. Für Fahrzeuge, die vor 2002 in den Verkehr gekommen sind, beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h.

Übliche Formen des Kleinkraftrades sind:

- Motorradähnliche Moped- bzw. Mokick-Bauform
- Roller-Bauform

Das Moped entstammt den Begriffen Motor und Pedale. Es wird über die Pedale angetreten. Das Mokick ist aus den Begriffen Motor und Kickstarter abgeleitet. Die Roller-Bauform hat einen freien vorderen Durchstieg.

1.2.4 Leichtkrafträder

Die maximale Leistung von Leichtkrafträdern beträgt 11 kW. Das Hubvolumen muss größer als 50 cm³ sein, darf aber 125 cm³ nicht überschreiten. Die spezifische Leistung darf maximal 0,1 kW/kg betragen.

Leichtkrafträder dürfen mit 16 Jahren gefahren werden, wobei seit Januar 2013 die Geschwindigkeitsbegrenzung entfällt.

1.2.5 Vierrädrige Leichtkraftfahrzeuge (ATVs)

In den Geltungsbereich der EU-Betriebserlaubnis fallen vierrädrige motorradähnliche Fahrzeuge bis zu einem Gewicht von 400 kg (550 kg zum Lastentransport). Zwei Kategorien dieser auch als **All Terrain Vehicle (ATV)** bezeichneten Fahrzeuge werden unterschieden:

- Quads mit einem maximalen Hubraum von 50 cm³ und einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h (**Bild 2**).
- Vierrädrige Kraftfahrzeuge mit einem Hubraum von mehr als 50 cm³.



Bild 2: Quad

1.2.6 Trikes

Als Trikes werden motorisierte dreirädrige Kraftfahrzeuge bezeichnet (**Bild 1, Seite 12**). Es werden zwei Bauformen angeboten, die sich durch den verwendeten Fahrzeugrahmen und die Antriebs-einheit unterscheiden:

- Fahrzeugrahmen mit Motor- und Getriebeeinheit aus dem Pkw-Bereich
- Durch den Umbau von bekannten Motorradtypen hergestellte Fahrzeuge

§ 21a StVO: Wer Krafträder oder offene drei- oder mehrrädrige Kraftfahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von über 20 km/h führt, sowie auf oder in ihnen mitfährt, muss während der Fahrt einen geeigneten Schutzhelm tragen. Das gilt nicht, wenn vorgeschriebene Sicherheitsgurte angelegt sind.



Bild 1: Trikes

1.2.7 Motorroller

Motorroller sind besondere Bauformen von Kraft-
rädern (Bild 2). Die Fahrerlaubnis wird im Ge-
gensatz zu Motorrädern nicht nach der Leistung,
sondern der Höchstgeschwindigkeit eingeteilt.



Bild 2: Motorroller

Am meisten verbreitet sind Motorroller mit einem
Zweitaktmotor, die aber aufgrund schärferer Ab-
gasvorschriften durch moderne Viertakter ersetzt
werden.

Weitere Unterschiede zum Motorrad sind:

- Motorroller werden nicht mit Knieschluss ge-
fahren, d. h. es gibt einen Durchstieg zwischen
Sitzbank und Front.
- Ein Trittbrett ersetzt die Fußrasten für den Fahrer.
- Motor und Kraftübertragung befinden sich im
hinteren Teil und sind verkleidet.
- Das Anlassen des Motors kann nur bei angezo-
gener Handbremse erfolgen.

Die Kombination von Vollautomatik (Variomatik,
Bild 1, Seite 169) und Triebssatzschwinge (Bild 3,
Seite 168) ist durch die preiswerte Herstellung
weit verbreitet. Von Nachteil ist, dass der Antrieb
und die Kraftübertragung komplett zu den unge-
federten Massen gehören. Außerdem benötigt
der Motor eine Zwangskühlung, die zu einem hö-
heren Kraftstoffverbrauch führt. Auch eine Flü-
sigkeitskühlung ist möglich, aber kostenintensiver.

Die Hinterradföhrung erfolgt meist über eine Trieb-
satzschwinge. Das Vorderrad wird entweder in
einer gezogenen bzw. geschobenen Kurzschiwin-
ge oder in einer Teleskopgabel geföhrt (Bild 3).

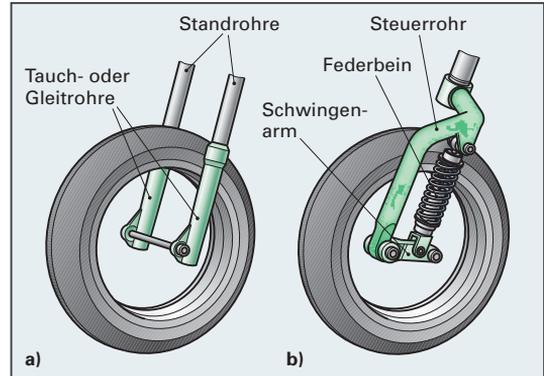


Bild 3: Vorderradföhrung
a) Teleskopgabel b) Kurzschiwin-ge

Die kleinen Räder halten das Fahrzeug niedrig
und föhren zu besserer Wendigkeit. Außerdem
benötigen kleine Räder weniger Raum und schaf-
fen Platz für ein Helmface. Die Nachteile kleiner
Räder sind die Empfindlichkeit gegenüber Une-
benheiten und die geringere Fahrstabilität
(siehe Kreiseleffekt Seite 274).

1.2.8 Motorräder

Motorräder sind Krafräder ohne Hubraum-,
Leistungs- und Geschwindigkeitsbegrenzung.

Nach dem Haupteinsatzgebiet unterscheidet man
Chopper, Cruiser, Tourenmaschinen, Enduros,
Reiseenduros, Allrounder, Sporttourer, Super-
sportler, Supermoto und Moto-Cross-Motorräder
sowie Trialmotorräder.

Chopper

Ein klassischer Chopper (engl. „chop“ = „hacken“)
ist ein Motorrad mit verlängerter Vorderradga-
bel, einem hohen und weiten Lenker, nach vorne
gelegten Fußrasten und niedriger Sitzhöhe
(Bild 4). Die Aggregate und Bauteile sind frei
sichtbar und meist verchromt.



Bild 4: Chopper

Cruiser

Der Cruiser ist hinsichtlich Ausstattung und Ergonomie tourentauglicher als ein Chopper. Die Sitzposition ist relativ niedrig und die Fußrasten sind so angebracht, dass die Beine in einem angenehmen Kniewinkel positioniert sind. Der breite Lenker ermöglicht eine fast aufrechte Sitzposition.

Die Motorcharakteristik zeichnet sich durch ein hohes Drehmoment bereits im niedrigen Drehzahlbereich aus, wodurch sich die Motorräder gut zum ruhigen und dennoch kraftvollen Dahingleiten eignen. Der Motor ist meist ein großvolumiger V-Twin.

Enduro

Als Enduro (aus dem spanischen *duro* = hart; englisch *endurance* = Ausdauer) wird ein geländegängiges Motorrad mit Straßenzulassung und den dafür notwendigen Sicherheitseinrichtungen bezeichnet (**Bild 1**).



Bild 1: Enduro

Die Sitzposition ist aufrecht mit bequemem Kniewinkel, wobei kleinere Motorradfahrer aufgrund der hohen Sitzposition (lange Federwege!) Probleme mit dem sicheren Stand haben.

Enduros haben eine vergleichbare Fahrwerksgeometrie wie Crossmaschinen, sind jedoch von der Leistungscharakteristik her stärker auf Langstrecke bzw. Ausdauer ausgelegt als auf Geschwindigkeit und kurzzeitige hohe Leistung.

Ursprünglich entstanden die Enduros durch einfache Umbauten von Straßenmotorrädern. Durch eine hochgelegte Auspuffanlage und stärker profilierte Reifen wurde eine beschränkte Geländegängigkeit erzielt. Im englischen Sprachraum wurden solche Umbauten als „Scrambler“ bezeichnet.

Sportenduro/Hardenduro entsprechen weitestgehend den Wettkampfmotorrädern. Sie sind durch geringe Veränderungen an eine alltägliche Nutzung mit Lichtenanlage und Elektrostarter angepasst.

Rallyeenduros sind Wettkampf-Maschinen, die speziell für Langstreckenrallyes (z. B. Rallye Paris-Dakar) entwickelt wurden. Sie besitzen ein großes Tankvolumen und ein an das höhere Gewicht entsprechend angepasstes und verstärktes Fahrwerk, Windschutz und GPS-Navigationssystem.

Reiseenduros/Softenduros sind für längere Motortourfahrten ausgelegte Maschinen, meist mit größerem Tank, geringerem Federweg, längeren autobahn-tauglichen Getriebeübersetzungen und Anbaumöglichkeiten für Koffer und Windschutz. Dadurch bedingt ist das Fahrgewicht erhöht und die Geländetauglichkeit eingeschränkt.

Motocross-Maschinen

Bei **Motocross** handelt es sich um eine Sportart für Motorrad- und Quadfahrer. Gefahren wird auf geländetauglichen Maschinen mit kurzem Radstand, langen Federwegen und grobstolligen Reifen. Sie gelten im Sinne der StVZO als Sportgerät ohne Straßenzulassung und sind nur für den Wettbewerb bestimmt. Es wird ausschließlich auf dafür vorgesehenen und immissions-schutzrechtlich genehmigten Strecken gefahren.

Die Fahrer sind mit einer umfangreichen Schutzausrüstung ausgestattet. Sie tragen Helme, Stiefel, Handschuhe, Knie-, Rücken- und Brustprotektoren.

Man unterscheidet In- und Outdoor-Rennen. Motorräder für Indoor-Rennen werden gewöhnlich als Supercross, für Outdoorrennen als Motocross bezeichnet.

Trial-Motorräder sind enduroähnliche Zweiräder, mit dem Parcours (das „Trial“) im Gelände oder in Hallen gefahren werden (**Bild 1, Seite 14**). Es wird im Stehen gefahren und deshalb hat das Motorrad keinen Fahrersitz, sondern nur eine „Sitzmulde“.

Der 50 cm³ bis 320 cm³ große Motor ist sehr drehfreudig und bis zum dritten Gang kurz übersetzt. Von den insgesamt sechs Gängen werden die ersten drei Gänge in den Sektionen benutzt, die weiteren für die Zwischenstrecke.

Da das Motorfahrzeug mit einem Gewicht um 75 kg extrem leicht gebaut ist, kann es fast wie ein BMX-Fahrrad oder ein Mountainbike bewegt werden.



Bild 1: Trial-Motorrad

Tourer

Tourer sind Motorräder, die besonders zum Fahren längerer Motorradreisen geeignet sind. Sie sind in der Regel großzügig verkleidet, um den Fahrer wirksam vom Fahrtwind zu entlasten. Die klassische Sitzposition ist leicht nach vorne gebeugt bei etwas erhöhtem Lenker. Der Kniewinkel beträgt etwa 85° (Bild 2).



Bild 2: Tourer

Der Motor ist eher auf Elastizität als auf Höchstleistung ausgelegt, sodass eine ruhige, aber deshalb nicht unbedingt langsame Fahrweise möglich ist. Die Technik ist wartungsarm.

Ein Kardantrieb ist in dieser Motorradkategorie häufig. Zum großen Angebot an Zubehör gehören meist Topcase und Seitenkoffer.

Hohe Motorleistung, guter Windschutz, leicht gebückte Sitzposition und ein relativ hohes Gewicht zeichnen **Sporttourer** aus.

Allrounder

Allrounder werden in der Fachpresse als Straßenmotorräder bezeichnet. Sie vereinen weitgehend die Eigenschaften von Touren- und Sportmotorrädern. Kriterien für Allrounder sind:

- Ein Mindestmaß an Tourentauglichkeit durch einen ergonomisch erträglichen Soziussitz und einfache Zulademöglichkeiten.
- Ein robuster Motor, der in allen Drehzahlbereichen ein ausreichendes Drehmoment entwickelt.
- Ein für den gelegentlichen Einsatz auf der Rennstrecke geeigneter Motor mit entsprechendem Fahrwerk und Bremsen.
- Eine handliche, wendige Fahrwerks- und Geometrieauslegung für das Fahren auf engen Landstraßen.
- Ein Mindestmaß an Kontrollierbarkeit auch auf losem Untergrund.

Die Einordnung eines Motorrades in die Allrounder-Kategorie ist fließend; es müssen auch nicht alle Kriterien erfüllt sein. So schließen sich Geländetauglichkeit und Rennstreckeneinsatz in der Regel aus. Oftmals wird ein Motorrad als Allrounder bezeichnet, weil es sich nicht eindeutig einer anderen Kategorie zuordnen lässt.

Naked Bike

Das Naked Bike ist ein von der Motorradindustrie geprägter Begriff. Es bezeichnet ein Motorrad ohne Verkleidung, das für den Straßengebrauch konzipiert ist (Bild 3). Ein Vorteil ist die Wartungsfreundlichkeit, von Nachteil der höhere Luftwiderstand.



Bild 3: Naked Bike

Supersportler

Supersportler sind kompromisslos auf Sportlichkeit getrimmte Motorräder (**Bild 1**). Nicht die maximale Motorleistung, sondern ein optimales Gewichts/Leistungsverhältnis stehen hier im Vordergrund. Angestrebt wird ein Leistungsgewicht von 1 kg/PS bzw. 1,4 kg/kW.



Bild 1: Sportler

Um die Leistung auf die Straße zu bringen, ist ein entsprechend ausgelegtes Fahrwerk erforderlich. Die Federung und Dämpfung ist komplett einstellbar und kann so individuell auf den jeweiligen Einsatzzweck (Landstraße, Rennstrecke) abgestimmt werden.

Doppelscheibenbremsen mit Durchmessern bis 320 mm in Verbindung mit radial verschraubten Vier- oder Sechskolben-Festsattel-Bremszangen an den Vorderrädern sorgen für fein dosierbare, extrem hohe Bremsverzögerungen.

Supersportler werden meist von flüssigkeitsgekühlten kurzhubigen Reihenvierzylinder-Motoren mit Benzineinspritzung, zwei oben liegenden Nockenwellen und vier Ventilen pro Zylinder in den Hubraumklassen von 600 cm³ bis 1000 cm³ (Superbike) angetrieben.

Im normalen Straßenverkehr kann man die Supersportler kaum mehr ausfahren. Einige Rennstrecken (z. B. die Nordschleife des Nürburgrings) sind zeitweise für Privatfahrer geöffnet. Verschiedene Veranstalter bieten Sportfahrerlehrgänge an, um die Motorradfahrer mit der richtigen Fahrtechnik vertraut zu machen.

Aufgrund der Leistungsdaten sowie des Fahrverhaltens eignen sich Supersportler weder für Fahranfänger noch für Wiedereinsteiger.

1.2.9 Motorradgespanne

Ein **Motorradgespann** ist ein Motorrad mit Seitenwagen. Der Seitenwagen, auch als „Beiwagen“ oder „Boot“ bezeichnet, wird seitlich am bestehenden Motorradrahmen angeschraubt, der oft spezielle Verstärkungen benötigt.

Meist besteht der Seitenwagen aus einem Rahmen, der Karosserie und der Radaufhängung. In Verbindung mit der Zugmaschine spricht man von einem Gespann (**Bild 2**).



Bild 2: Motorradgespann (Motorrad mit Beiwagen)

Moderne Renn- und Motocross-Gespanne werden wegen der höheren Festigkeit meist direkt auf einem speziellen einteiligen Gespannrahmen aufgebaut, der Motorrad- und Seitenwagenrahmen ersetzt.

Besondere Seitenwagenkonstruktionen sind selbsttragende Karosserien zur Aufnahme der Radaufhängungen und der Seitenwagenanschlüsse.

Der Seitenwagen ist in der Regel mit einem außen liegenden Rad ausgestattet, das eine Stütz-, Brems- und mitunter zur Verbesserung der Geländegängigkeit auch eine Antriebsfunktion übernimmt.

Beim **Schwenker** neigt sich bei Kurvenfahrt nur das Motorrad. Beim **Pendelgespann** oder **Parallelneiger** senken sich bei einer Kurvenfahrt Motorrad und Beiwagen.

Es finden beim Schwenker gleichzeitig mehrere Bewegungsabläufe statt:

- Schräglage des Motorrades
- Spurversatz des Beiwagenrades
- Geringe Neigungsänderung des Beiwagens durch Heben bzw. Senken der Drehgelenke

Einfache Schwenker mit zwei Kugelgelenken unter dem Motorrad sorgen dafür, dass nur das Motorrad in Kurvenneigung schwenkt (**Bild 1**).



Bild 1: Schwenker

Eine aufwändigere Bauart sind **Parallelschwenker**, bei denen über zusätzliche Anlenkungen auch der Beiwagen in Kurvenneigung schwenkt. Bei beiden Bauformen bleibt die Zugmaschine bis auf die montierten Gelenkpunkte und die nach vorn versetzte Vorderradachse im Solozustand.

Bis in die 1960er Jahre waren Solomaschinen fast aller Hersteller gespanntauglich. Ein Seitenwagen konnte ohne größere Änderungen am Motorrad angeschraubt werden.

Mit der Entwicklung leistungsstärkerer Motoren und den daraus resultierenden Fahrleistungen sowie den ausschließlich auf Solobetrieb optimierten Motorradrahmen wird bei modernen Gespannen das Fahrwerk des Motorrades stark verändert.

Meist wird die Bauhöhe gegenüber dem Ausgangsfahrzeug vermindert, da keine Schräglagenfreiheit benötigt wird und ein tieferer Schwerpunkt die Fahreigenschaften verbessert. Darüber hinaus fallen bei einer auf Solobetrieb ausgelegten Lenkgeometrie im Gespannbetrieb extrem hohe Lenkkräfte an.

Preisgünstige Maßnahmen wie die Umrüstung auf ein kleineres Vorderrad oder einen breiteren Lenker bringen nur geringe Verbesserungen.

Effizienter, aber auch teurer, ist die Umrüstung auf eine Langschwinge mit zwei Federbeinen und verkürztem Nachlauf, die zugleich unempfindlicher gegen Torsion ist. Die Konstruktion ist häufig sogar elastischer als eine Telegabel.

Bei einer Umrüstung von Gespannen mit einem Rahmen aus Leichtmetall kommt die aufwändige Achsschenkellenkung (**Bild 2**) in Betracht. Der

Seitenwagen erhält einen Hilfsrahmen, der einen Teil der Lenkkräfte aufnimmt.

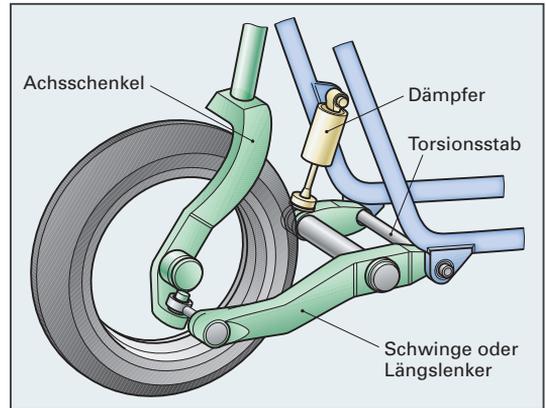


Bild 2: Achsschenkellenkung

Fahrtechnik. Ein Gespann ist ein Zweispurfahrzeug und wird auch so gelenkt: Der Lenkeinschlag erfolgt in Richtung der Kurve.

Im Verlauf einer Rechtskurve (Kurvenfahrt in Richtung des Seitenwagens) wird der Seitenwagen von der Fliehkraft entlastet und kann abheben. Durch eine Absenkung der Geschwindigkeit lässt sich dieser Zustand gut kontrollieren, solange der Fahrer nicht zu Schreckreaktionen neigt. In diesem Fall würde er geradeaus in den Gegenverkehr lenken.

In entgegengesetzter Kurvenrichtung (Linkskurve) wird das Seitenwagenrad stark belastet und das Hinterrad der Antriebsmaschine entlastet. In dieser Situation ist das Gespann nur noch über das Vorderrad abzubremsen, um die Geschwindigkeit zu verringern. Die dabei entstehende Massenträgheitskraft entlastet das Hinterrad weiter und die Gefahr des Überschlags ist groß. Berührt die Front des Seitenwagens zusätzlich den Boden, kann die Situation nur noch durch eine Gewichtsverlagerung durch den Fahrer und den Beifahrer unter Kontrolle gebracht werden.

1.3 Führerscheinrecht

Ab 2007 wurden die Fahrerlaubnisklassen 1, 1a, 1b und 4 durch die Klassen M, A1 und A ersetzt. Ab 19.1.2013 gelten in Deutschland die neuen Führerscheinklassen AM, A1, A2 und A für alle, die eine neue Fahrerlaubnis beantragen. Für die Inhaber älterer Fahrerlaubnisse gelten die alten Rechte, hinzu kommen für sie einige Verbesserungen (**siehe Tabelle Seite 17**).

Geblichen ist der stufenweise Zugang zu Motorrädern mit unbegrenzter Leistung. Hier hat man das Mindestalter für den Direkteinstieg in die Klasse A von 25 auf 24 Jahre verkürzt.

Tabelle 1: Motorrad-Führerscheinklassen AM, A1, A2 und A¹

AM	Zweirädrige Kleinkrafträder/Zweirädrige Fahrräder mit Hilfsmotor Dreirädrige Kleinkrafträder/Leichtkraftfahrzeuge	
	<ul style="list-style-type: none"> Krafträder/Fahrräder mit Hilfsmotor bis 45 km/h bbH <ul style="list-style-type: none"> – Elektromotor max. 4 kW Nennleistung, – Verbrennungsmotor max. 50 ccm. Dreirädrige Kleinkrafträder/vierrädrige Leichtfahrzeuge bis 45 km/h <ul style="list-style-type: none"> – Fremdzündungsmotor (z. B. Benziner), Hubraum max. 4 kW Nutzleistung, – Andere Verbrennungsmotoren (z. B. Diesel) max. 4 kW Nutzleistung, maximal 50 ccm, – Elektromotoren max. 4 kW Nenndauerleistung, – bei vierradrigen Leichtkraftfahrzeugen Leermasse max. 350 kg (bei Elektromotor ohne Batterie). 	Mindestalter: 16 Vorbesitz: – Eingeschlossene Klassen: –
A1	Leichtkrafträder/Dreirädrige Kraftfahrzeuge	
	<ul style="list-style-type: none"> Kraftrad bis 125 ccm Hubraum, max. 11 kW Motorleistung, spezifische Leistung max. 0,1 kW/kg, Wegfall der 80 km/h-Begrenzung (!) Dreirädrige Kraftfahrzeuge mit mehr als 45 km/h bbH, max. 15 kW Motorleistung. 	Mindestalter: 16 Vorbesitz: – Eingeschlossene Klassen: AM
A2	Mittelschwere Krafträder	
	<ul style="list-style-type: none"> Kraftrad bis 35 kW (!, bisher 25 kW) Motorleistung, Leistungsgewicht max. 0,2 kW/kg. Bei zweijährigem Vorbesitz der Klasse A1 nur praktische Prüfung (das gilt auch für „Altbesitzer“ mit einem vor dem 1.4.1980 erworbenen Führerschein der Klasse 3 oder 4 (!))	Mindestalter: 18 Vorbesitz: – Eingeschlossene Klassen: A1, AM
A	Schwere Krafträder/Dreirädrige Kraftfahrzeuge	
	<ul style="list-style-type: none"> Kraftrad über 45 km/h bbH <ul style="list-style-type: none"> – über 35 kW Motorleistung, – spezifische Leistung von mehr als 0,2 kW/kg. Dreirädrige Kraftfahrzeuge <ul style="list-style-type: none"> – Motorleistung mehr als 15 kW, – Hubraum mehr als 50 ccm. Wer die Klasse A2 mindestens seit zwei Jahren besitzt, kann die Klasse A nach einer praktischen Prüfung erteilt bekommen. Nur mit dieser Fahrerlaubnis dürfen Kraftfahrzeuge der Klasse A gefahren werden; dreirädrige Kraftfahrzeuge jedoch erst mit 21 Jahren	Mindestalter: – Krafträder: 24 (Direkteinstieg) – bei zweijährigem Vorbesitz von A2: 20 – Dreirädrige Kraftfahrzeuge: 21 Eingeschlossene Klassen: A1, A2, AM

¹ Neue EU-Fahrerlaubnis ab 19.1.2013, Mofa-Klasse siehe Tabellenbuch Fahrradtechnik

1.4 Betriebserlaubnis

Die Zulassung des Kraftrades für den Straßenverkehr erfolgt durch die Erteilung der Betriebserlaubnis. Man unterscheidet:

- Allgemeine Betriebserlaubnis (ABE)
- EG-Betriebserlaubnis (EG-Typgenehmigung)
- Einzelbetriebserlaubnis (Einzel-BE)

Für Serienfahrzeuge wird nach Prüfung durch das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) für die gesamte Serie

eine ABE erteilt. Einzelfahrzeuge oder Serienfahrzeuge, an denen Veränderungen vorgenommen wurden, erhalten nach Prüfung durch das KBA eine Einzel-BE.

Im Gegensatz zur Einzelbetriebserlaubnis gilt eine ABE grundsätzlich für alle Fahrzeuge des betreffenden Typs.

Die ABE wird bei Neufahrzeugen immer mehr nach EG-Richtlinien geprüft und durch die EG-Typgenehmigung ersetzt.

Unerlaubte Veränderungen am Kraftfahrzeug führen zum Erlöschen der ABE.

1.4.1 ABE für Fahrzeugteile

Bei einer Änderung an einem Fahrzeug ist in den meisten Fällen eine „Allgemeine Betriebserlaubnis für Fahrzeugteile“ erforderlich. Die Hersteller oder Importeure von **Austausch- oder Zubehörteilen** können diese beim KBA beantragen. Das lohnt sich meist nur für Teile, die in großer Stückzahl gefertigt werden. Aus der Teile-ABE geht auch hervor, für welches Modell eines Herstellers das Teil genehmigt ist und wie es anzubauen ist.

ABE-Teile dürfen montiert werden, ohne dass dabei die Betriebserlaubnis erlischt¹.

Meist muss das Fahrzeug nach dem Anbau des Teiles nicht mehr zur Prüfung vorgeführt werden. Es genügt, dass die dem Teil beigefügte Ablichtung der ABE zusammen mit der Zulassungsbescheinigung (Kfz-Schein) mitgeführt und bei Fahrzeugkontrollen auf Verlangen vorgezeigt wird. Ausnahme: Aus der ABE geht hervor, dass nach dem Einbau eine Prüfung zu erfolgen hat.

Anstelle einer vergleichsweise teuren Teile-ABE können Hersteller von Umbau-, Austausch- oder Zubehörteilen auch **Prüfberichte** (TÜV-Gutachten) oder **Teilegutachten** (TGA) erstellen lassen. Der ordnungsgemäße Anbau muss von einem Prüfer (Sachverständiger oder Prüfenieur) abgenommen werden.

Ein TGA bezieht sich ausschließlich auf das betreffende Bauteil – nicht jedoch auf eine Prüfung am betreffenden Fahrzeug.

1.4.2 Unbedenklichkeitsbescheinigung

Eine Unbedenklichkeitsbescheinigung (**Bild 1**) ist erforderlich, wenn am Fahrzeug Umbauten oder Umrüstungen ausgeführt werden, die die Fahrsicherheit beeinträchtigen können. Das bekannteste Beispiel sind die Reifen (**siehe Kapitel 5.4**).

1.4.3 Einteilung der Kraftrad-Klassen nach der EG-Richtlinie

Klasse L1e und L2e:

Kleinkrafträder (L1e für zwei-, L2e für dreirädrige Kleinkrafträder) mit bauartbestimmter Höchstgeschwindigkeit 45 km/h, einem Verbrennungsmotor bis 50 cm³ Hubraum oder einem Elektromotor mit maximaler Nenndauerleistung bis 4 kW.

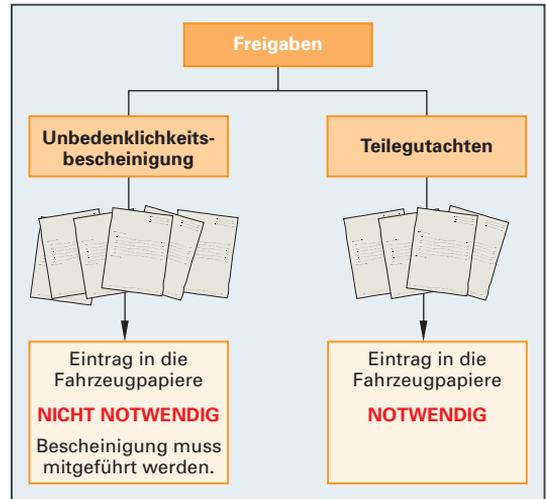


Bild 1: Freigaben

Klasse L3e, L4e und L5e:

Krafträder (L3e für zweirädrige Krafträder ohne Beiwagen, L4e mit Beiwagen, L5e Kraftfahrzeuge mit 3 symmetrisch angeordneten Rädern) mit einem Hubraum von mehr als 50 cm³ und/oder bauartbestimmter Höchstgeschwindigkeit von mehr als 45 km/h.

Klasse L6e:

Vierrädrige Leicht-Kraftfahrzeuge mit einer Leermasse bis 350 kg². Weitere Anforderungen wie Klasse L2e.

Klasse L7e:

Vierrädrige Kraftfahrzeuge mit einer Leermasse bis 400 kg (bzw. 550 kg bei Fahrzeugen zur Güterbeförderung) und einer maximalen Nutzleistung bis 15 kW.

1.4.4 Fahrzeug-Identifizierung

Mit der **Fahrzeug-Identifizierungsnummer (FIN)** ist über einen Zeitraum von 30 Jahren ein Kraftfahrzeug eindeutig vom Hersteller identifizierbar. Die FIN ist in der dritten Zeile der Zulassungsbescheinigung Teil I (früher Kraftfahrzeugschein) und Teil II (früher Kraftfahrzeugbrief) eingetragen (**Bild 1, Seite 19**).

Vor 1981 gab es keine allgemeinverbindlichen Normen für diese Nummer, sodass Fahrzeughersteller individuell vergebene Fahrgestellnummern benutzen.

¹ In einzelnen Ländern der Europäischen Union werden die Bestimmungen, ob der Einbau ABE-pflichtiger Teile ein Erlöschen der Betriebserlaubnis zur Folge hat, unterschiedlich gehandhabt.

² Ohne Massen der Batterien bei Elektrofahrzeugen



Bild 1: FIN im Kfz-Schein

Aufbau der FIN

Es gibt zwei verschiedene Normen für die FIN. Hersteller in den Ländern der Europäischen Union verwenden die ISO-Norm 3779, während nordamerikanische Hersteller ein strengeres, aber mit der ISO-Norm konformes System nutzen. Die Fahrzeug-Identifizierungsnummer wird in Europa nach der Richtlinie 76/114/EWG vergeben. Jede FIN ist einmalig.

Die 17-stellige FIN besteht aus einer Herstellerkennung (WMI – *World Manufacturer Identifier*), einem herstellereigenen Schlüssel und einer meist vom Baujahr abhängigen, fortlaufenden Nummer. Manchen Herstellern sind mehrere Herstellerkennungen zugeordnet. Seit 2003 besteht die FIN aus 17 Zeichen.

Beispiel einer FIN für eine Honda XL 650 V Transalp:

VTMRD11A06E510933

Die ersten drei Buchstaben sind der Ländercode (Bild 2).

- VTM** Produktionsort Spanien
- R** zwischen 600 und 800 cm³
- D** Enduro
- 11A** Modell Honda Transalp
- 0** Produktnummer zur Identifizierung
- 6** Baujahr 2006
- E** Ausstattung
- 510933** Seriennummer

Besonders beim Kauf eines Gebrauchtfahrzeuges sollte die im Kraftfahrzeugbrief eingetragene FIN mit der Kennzeichnung am Fahrzeug (Bild 3) auf Übereinstimmung verglichen werden.

Die EG-Richtlinie 1999/0117 und die StVZO schreibt vor, dass die FIN dauerhaft an der rechten Fahrzeugseite eingepreßt sein muss. Bei den meisten Motorrädern befindet sich der Prägeort der FIN im Bereich des Lenkkopfes rechts vorne am Rahmen.

WMI	Region	Bemerkungen	
A – H	Afrika	AA – AH	= Südafrika
J – R	Asien	J	= Japan
		KL – KR	= Südkorea
		L	= VR China
		MA – ME	= Indien
		MF – MK	= Indonesien
		ML – MR	= Thailand
		NM	= Türkei
		PA – PE	= Philippinen
		PL – PR	= Malaysia
S – Z	Europa	SA – SM	= Vereinigtes Königreich
		SN – ST, W	= Deutschland
		SU – SZ	= Polen
		TA – TH	= Schweiz
		TJ – TP	= Tschechische Republik
		TR – TV	= Ungarn
		UA – UM	= Dänemark
		UN – UT	= Irland
		VA – VE	= Österreich
		VF – VR	= Frankreich
		VS – VW	= Spanien
		X3 – X0	= Russland
		YA – YE	= Belgien
		YF – YK	= Finnland
		YS – YW	= Schweden
		ZA – ZR	= Italien
1 – 5	Nordamerika	1, 4, 5	= USA
		2	= Kanada
		3	= Mexiko
6 – 7	Australien Ozeanien	6A – 6W	= Australien
		7A – 7E	= Neuseeland
8 – 0	Südamerika	8A – 8E	= Argentinien
		8X – 82	= Venezuela
		9A – 9E, 93 – 99	= Brasilien
		9F – 9J	= Kolumbien

Bild 2: WMI-Ländercode (Auszug)

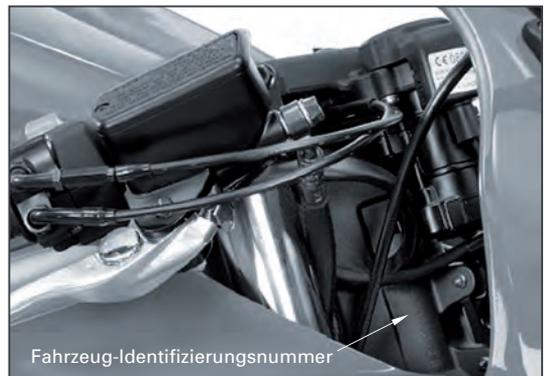


Bild 3: Lage der FIN (Fahrzeug-Identifizierungsnummer)

2 Kraftradmotoren

Die meisten Kraftradmotoren sind Verbrennungsmotoren. In naher Zukunft werden Zweiräder vermehrt mit Elektromotoren auf den Markt kommen.

Verbrennungsmotoren sind Wärmekraftmaschinen, die bei der Verbrennung von Kraftstoffen frei werdende Wärme in mechanische Arbeit umwandeln. Dies geschieht bei einem Ottomotor durch Entzünden des verdichteten Kraftstoff-Luftgemisches mit einem elektrischen Funken.

Das Kraftstoff-Luftgemisch verbrennt und dehnt sich aus. Im abgeschlossenen Verbrennungsraum entsteht ein hoher Druck, der auch auf den Kolbenboden wirkt. Der Kolben wird mit großer Kraft nach unten gedrückt.

Vom Kurbeltrieb aus wird das Drehmoment über den Primärtrieb oder direkt über die Kupplung auf das Getriebe und den Sekundärtrieb übertragen.

2.1 Einteilung von Motoren

Alle heutigen Motorradmotoren sind Hubkolbenmotoren (Ausnahme Elektromotor). Die Unterteilung erfolgt nach der Gemischbildung, der Zündung, der Arbeitsweise, der Anzahl und Anordnung der Zylinder, der Lage der Kurbelwelle, der Art des Ladungswechsels und der Kühlung.

Einteilung nach der **Gemischbildung und Zündung**

- **Ottomotoren** werden vorwiegend mit Benzin und äußerer Gemischbildung durch Vergaser oder Einspritzanlage betrieben. Die Verbrennung wird durch Fremdzündung (Zündkerze) eingeleitet. Ottomotoren arbeiten im Zweitakt- oder Viertaktverfahren.
- **Dieselmotoren** haben eine innere Gemischbildung und werden mit Dieselmotorkraftstoff betrieben. Die Verbrennung wird im Innern des Verbrennungsraumes durch Selbstzündung ausgelöst.

Motorräder mit Dieselmotoren sind die Ausnahme. Sie werden in diesem Buch nicht behandelt.

Einteilung nach der **Arbeitsweise**

- **Zweitaktmotoren** haben einen offenen Gaswechsel. Die Aus- und Überströmkanäle sind während des gesamten Spülvorgangs geöffnet. Ein Arbeitsspiel umfasst zwei Kolbenhübe oder eine Kurbelwellenumdrehung.
- **Viertaktmotoren** haben einen geschlossenen Gaswechsel und benötigen für ein Arbeitsspiel vier Kolbenhübe mit zwei Kurbelwellenumdrehungen.

Einteilung nach der **Anzahl der Zylinder**

- **Einzylindermotoren**
- **Mehrzylindermotoren**

Einteilung nach der **Anordnung der Zylinder (Bild 1)**

- **Boxermotoren**
- **V-Motoren**
- **Reihenmotoren**

Bei Boxermotoren (a) liegen sich die Zylinder in einer Ebene gegenüber. Beispiele: BMW R-Modelle, Honda Gold Wing.

Bei V-Motoren (b) stehen die Zylinder in V-Form oben auseinander. Beispiele für einen längs eingebauten V-Motor: Suzuki Intruder, Honda Shadow, Yamaha Virago, Harley-Davidson. Beispiele für einen quer eingebauten V-Motor: Moto Guzzi, Honda CX.

Bei Reihenmotoren (c) befinden sich die Zylinder nebeneinander über der Kurbelwelle. Beispiel für einen liegenden Reihenmotor: BMW K-Reihe. Beispiel für einen stehenden Reihenmotor: Yamaha XJ 600

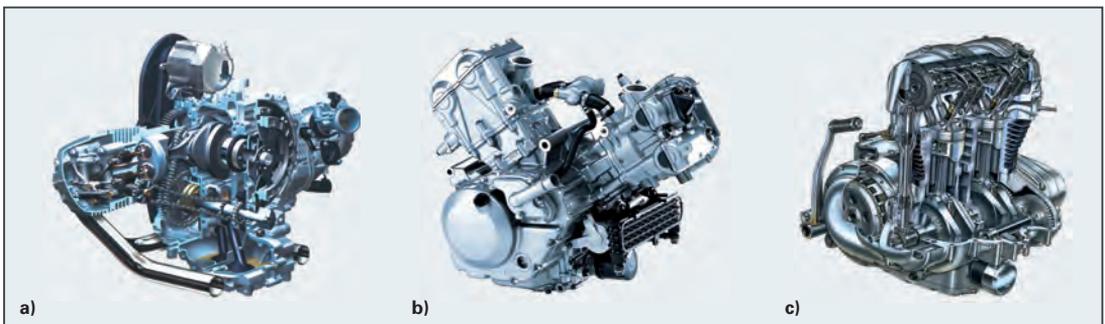


Bild 1: Anordnung der Zylinder a) Boxermotor b) V-Motor c) Reihenmotor