

Norbert Oberschmidt

DAS RAD

Eine bewegte Geschichte

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Die Geschichte des Rades	8
1.1. Wer, wo, wann und warum	10
1.2 Am Anfang war das Scheibenrad	11
1.3 Vom Scheiben- zum Speichenrad	13
1.4 Räder aus Metall – eine Alternative?	15
1.5 Entwicklungsschritte	17
1.6 Das Handwerk der Rädermacher	19
1.7 Vom Wagenrad zum Artillerierad	21
1.8 Der Beginn der Automobilität	22
1.9 Meilensteine	28
Kapitel 2: Das Automobilrad	30
2.1 Die Räder der ersten Automobile	32
2.2 Die Idee mit der Luft	52
2.3 Der Motorsport als Entwicklungshelfer	69
2.4 Die Entwicklung des Automobilrades	74
2.5 Das Rad aus Metall	78
2.6 Das Drahtspeichenrad	84
2.7 Die internationale Standardisierung der Reifen und Räder	92
2.8 Meilensteine	94
Kapitel 3: Das Leichtmetallrad	96
3.1 Leichtmetall	98
3.2 Erste Versuche	98
3.3 Ettore Bugatti macht Ernst	101
3.4 Leichtmetallräder vor 1945	113
3.5 Der Durchbruch – zunächst im Motorsport	119
3.6 Von der Piste auf die Straße	129
3.7 Der Einzug in die Serie	134
3.8 Meilensteine	140
Kapitel 4: Räder heute	142
4.1 Der Wettbewerb der Radwerkstoffe	144
4.2 Stahlblechräder	145
4.3 Aluminiumräder	149
4.4 Magnesiumräder	166
4.5 Räder aus dem Baukasten: Mehrteilige Räder	173
4.6 Kunststoffräder	175
4.7 Radausführungen im Vergleich	178
4.8 Was Räder können müssen	179

Kapitel 5: Die Zukunft des Automobilrades	198
5.1 Visionen	200
5.2 Das Rad-Gewicht	201
5.3 Das Design	211
5.4 Die Kosten	218
5.5 Das Rad als Motor	220
5.6 Vision Elektromobilität	227
5.7 Resümee und Ausblick	230
 Anhang	 232
Die wichtigsten Radbegriffe	234
Die Hauptkennmaße des Rades	235
Felgenhornformen	236
Felgenschulter-Ausführungen	237
Radkennzeichnung	238
Literaturverzeichnis	239
Bildnachweis	244
Dank	254

sen durch Metall zu ersetzen und die Schmierung der Naben auf den Achszapfen von Teer auf Öl umzustellen, bis die ersten Ende des 18. Jahrhunderts erfundenen Wälzlager bei Wagenrädern erstmals zum Einsatz kamen.

Das Handwerk der Rädermacher

Bis vor 100 Jahren war der Naturstoff Holz das gebräuchlichste Material für die Herstellung von Rädern, weil es mit verhältnismäßig einfachen Werkzeugen bearbeitet werden konnte und weil seine Eigenschaften die Anfertigung von Rädern ermöglichten, welche die damals auf Räder einwirkenden Belastungen ertrugen. Die Anfertigung eines Holzrades war das Resultat regionaler Kunstfertigkeit bei der Holzbearbeitung und ein beachtliches Stück Handwerkskunst. Entsprechend den spezifischen Anforderungen wurde für die Nabe, die Speichen und die Felgen bereits in frühester Zeit die jeweils am besten geeignete Holzart verwendet, selbst wenn man diese aus anderen Ländern importieren musste. So fand man an ägyptischen Wagen beispielsweise Teile aus nordischer Esche, Eiche und sogar Ulme.

Obwohl die Darstellungen fast 3000 Jahre auseinander liegen, verblüfft ihre Ähnlichkeit. Holz ist ein Verbundmaterial, das im Wesentlichen aus festen Zellulosefasern besteht, die durch Lignin miteinander verbunden und verfestigt werden. Zugfestigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Materials, wie weit es gedehnt oder gestreckt werden kann. Das Verhältnis zwischen der Zugfestigkeit und dem spezifischen Gewicht von Holz ist höher als bei jedem künstlich hergestellten Material. Je nach Art und Zustand hat Holz eine Dichte von 0,4 bis 0,9 g/cm³. Ulmenholz erreicht längs des

Abb. I.14 (rechts):
Radmacher
um 1500 v. Chr.

Abb. I.15 (links):
Radmacher 1435 n. Chr.



Der Motorsport als Entwicklungshelfer

Der Krieg ist der Vater aller Dinge. (aus dem Griechischen)

Damit soll natürlich nicht behauptet werden, Automobilsport sei Krieg. Aber anders als heute haben die frühen Wettbewerbsfahrten mit Automobilen, die sich anfangs kaum von den ganz normalen Fahrzeugen unterschieden, deren Schwächen gnadenlos aufgedeckt. Räder und Reifen waren hiervon ganz besonders betroffen.

Nur wenige Jahre, nachdem der Patent-Motorwagen von Carl Benz aus eigener Kraft mit seinen hartgummibereiften drei Rädern erstmals über die Straßen Mannheims gerattert war, wurde 1894 von einer Pariser Zeitung auf der Strecke von Paris nach Rouen ein erstes Automobilrennen veranstaltet. Sechs Jahre später startete das erste Gordon-Bennett-Rennen. Nach Berichten aus der damaligen Zeit war die Defektanfälligkeit der Räder und Reifen bei diesen Wettbewerben ganz erheblich mitentscheidend für Sieg oder Niederlage.

Der erste Grand Prix 1906

In weiser Voraussicht hatte Michelin deshalb für den ersten Grand Prix der Geschichte, der am 26. und 27. Juni 1906 in der Nähe von Le Mans ausgetragen wurde, das „jante amovible“ entwickelt.

Es handelte sich hierbei um ein Rad, bei dem die Felge zusammen mit dem Reifen vom restlichen Rad abgeschraubt werden konnte, wofür Gaston Vinet Ende 1904 ein Patent erhalten hatte, das er an Michelin verkaufte.

Das Reglement verbot das Wechseln des ganzen Rades, weil es als integraler Bestandteil des Rennwagens betrachtet wurde. Der Reifen durfte jedoch zusammen mit der Felge ausgetauscht werden. Das dauerte gerade mal vier Minuten. Dagegen benötigten die Fahrer der Wagen, die nicht mit abnehmbaren Felgen gestartet waren, gut 15 Minuten, um ihre defekten Reifen unter extremen körperlichen Anstrengungen mit Messern und anderen Hilfsmitteln von der Felge zu „schnitzen“ und den neuen Reifen zu montieren und aufzupumpen. Deshalb spielte das „jante amovible“ eine ganz entscheidende Rolle für den Ausgang dieses ersten Grand Prix.

Der 103 Kilometer lange Dreieckskurs zwischen Le Mans, St. Calais und Le Ferté Bernhard war an beiden Tagen je 6-mal zu umrunden. Nach 1263 Kilometern siegte Ferenc Szisz mit seinem Renault mit einer Durchschnitts-

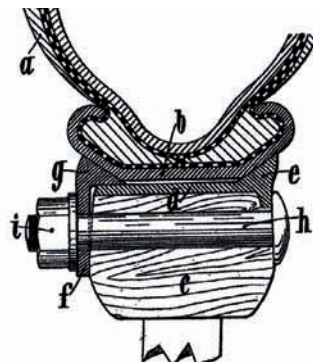


Abb. 2.62:
Jante amovible von
Gaston Vinet

- a – Luftreifen
- b – abnehmbare Felge
- c – Radfelge
- d – Metallreifen
- e – Randleiste
- f/g – Klemmring
- h/i – Verbindungssteile

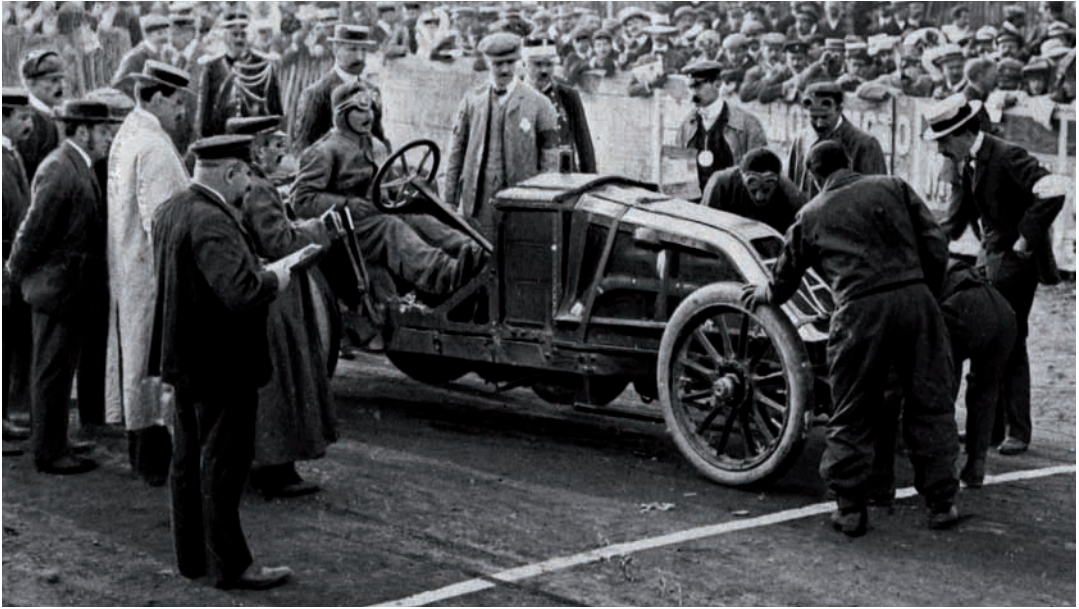


Abb. 2.63:
Der erste GP 1906: Der
spätere Sieger Ferenc
Szisz und sein Renault
AK am Start

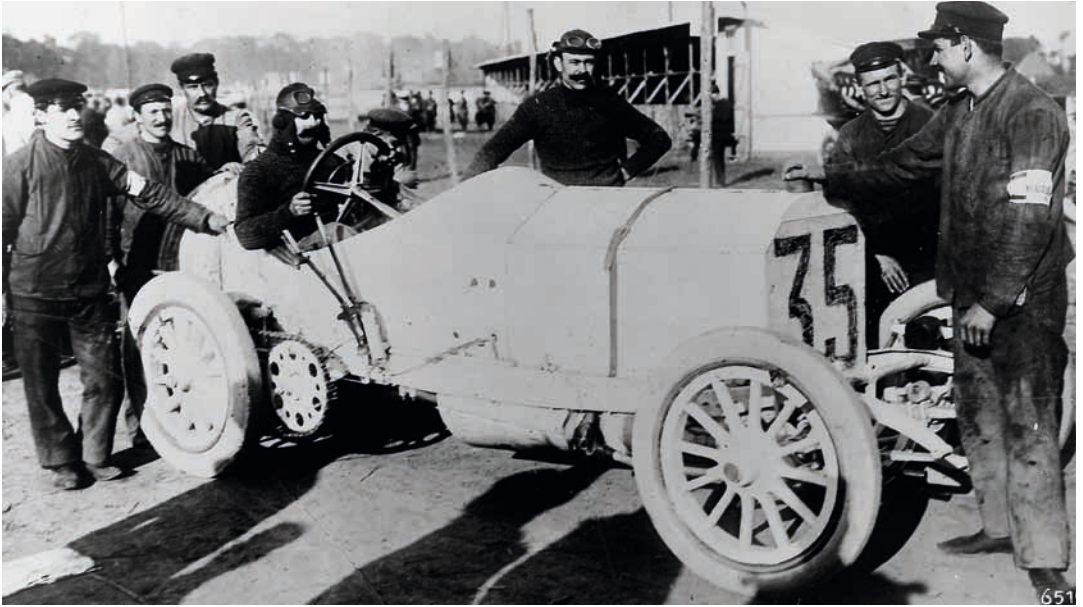
geschwindigkeit von 101 km/h in einem Rennen, dessen Ausgang erwartungsgemäß von zahllosen Reifenschäden bestimmt war. Der Renault – man ahnt es – war mit den neuen, abnehmbaren Rädern ausgerüstet. Szisz musste 19-mal Reifen wechseln. Auf den Felgen der 12-speichigen Holzspeichen-Räder waren Michelin-Wulstreifen nach dem Beaded-Edge-System in der Größe 870×90 vorn und 880×120 hinten montiert. Der einzige Nachteil der neuen, von Renault, Fiat und Itala verwendeten Michelin-Räder war, dass sie ca. neun Kilogramm (!) pro Rad schwerer als die einteiligen Räder waren. Einige Teams konnten sie deshalb nicht verwenden, weil sie damit das Gewichtslimit von 1000 Kilogramm überschritten hätten. Auch der siegreiche Renault von Szisz war deshalb nur an der Hinterachse mit den Michelin-Rädern ausgerüstet.

Abb. 2.64 (links):
Das Hinterrad als „jante
amovible“



Abb. 2.65 (rechts):
Szisz bei einem seiner
19 Reifenwechsel





651

Die Perfektionierung einer Idee

Nach dem Sieg von Nazarro 1907 auf Fiat organisierte der ACF am 7. Februar 1908 den dritten Grand Prix auf einem Rundkurs nahe Dieppe. Das Rennen fand an einem Tag statt, und es waren nur noch 770 Kilometer zurückzulegen. Wie gewöhnlich kam es im Rennen zu zahlreichen Reifendefekten, aber die Jantes amovibles waren erneut für den Sieg entscheidend. Für dieses Rennen hatte Michelin das Rad weiterentwickelt. Die Felge war zusammen mit dem Reifen jetzt nur noch mit einer einzigen Schraube am Rad befestigt. Obwohl sich diese Methode für einige Fahrer als weniger zuverlässig erwies – der Sieger von 1906, Ferenc Szisz, fiel aus, weil er bei hoher Geschwindigkeit eine Felge verlor! –, waren die Mercedes mit dem System erfolgreich. Sie verwendeten sicherheitshalber Felgen, deren Wandstärke mit fünf Millimeter doppelt so stark war wie die der Konkurrenz, und fuhren mit einem auf sieben bar erhöhten Reifendruck. Christian Lautenschlager siegte mit seinem Mercedes nach zehn Radwechseln mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 111 km/h. Benz-Rennwagen belegten die Plätze zwei und drei. Nach diesem Rennen zog sich Renault vom Grand Prix-Sport zurück und kehrte erst 1976 wieder auf diese Bühne zurück.

Dies war der letzte Grand Prix, der von einem Rennwagen mit Artillerierädern gewonnen wurde.



Abb. 2.66:

Das siegreiche Automobil beim GP 1908 in Dieppe: ein Mercedes-Rennwagen mit 140 PS

Abb. 2.67:

Reifen und Felge ist mit einer einzigen Schraube am Rad befestigt



A. Benzoni & C. SNC

Dieser italienische Hersteller mit Sitz in Mailand begann Leichtmetallräder unter dem Namen BWA ebenfalls Mitte der 1960er Jahre in den Größen 3,5×10" bis 4,5×15" anzubieten. Die Räder wurden von der Gießerei Mario Mazzuconi S.p.a. in Ponte San Pietro im Schwerkraft-Kokillenguss-Verfahren gegossen.



DELTA MICS

In der zweiten Hälfte der 1960er Jahre produzierte der französische Hersteller Delta Mics Leichtmetallräder in vielfältigen Formen und Größen. Das Unternehmen begann mit den einteiligen Monobloc-Rädern. 1969 kamen zweiteilige Duolite-Räder mit Aluminiuminnenteil und Stahlfelgen hinzu, 1971 wurde das Angebot um dreiteilige Räder erweitert.



REMOTEC

Im März 1968 stellte der deutsche Hersteller REMOTEC in „Auto Motor und Sport“ erstmals seine Räder vor. Es handelte sich dabei um Leichtmetallräder in sechs unterschiedlichen Größen. Das Modell LM (Aluminiumsandguss) kostete zwischen 110 und 155 Mark, das Modell MG (Magnesiumsandguss) zwischen 196 und 276 Mark.



RONAL

Als weiterer deutscher Hersteller bot die Karl Wirth GmbH in Walldorf ab April 1969 Räder unter der Bezeichnung „RONAL“ an. Es handelte sich um Aluminiumsandgussräder in acht unterschiedlichen Größen zu Preisen zwischen 100 und 170 Mark. Ende 1970 startete die eigene Fertigung in Kokillenguss in Forst bei Bruchsal.

Abb. 3.60–3.63
(von oben nach unten)



Die dabei entstehenden inneren Spannungen werden danach durch eine mehrstündige Warmauslagerung bei 160 °C beseitigt.

Technische Daten von Werkstoffen für Aluminiumgussräder

Chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent nach DIN EN 1706

Werkstoff	Si	Fe ≤	Cu ≤	Mn ≤	Mg ≤	Zn ≤	Ti ≤	Einzelne/ Gesamt
AlSi12	10,5–13,5	0,40	0,03	0,35	---	0,07	0,15	0,05/0,15
AlSi11	10,0–11,8	0,15	0,03	0,10	0,45	0,07	0,15	0,03/0,10
AlSi7Mg0,3	6,5–7,5	0,15	0,03	0,10	0,30–0,45	0,07	0,10–0,18	0,03/0,10

Für das Gießen von Rädern werden diese Zusammensetzungen bei einigen Elementen, insbesondere bei Fe (max. 0,15), Mn (max. 0,05) deutlich eingengt, um ein feines eutektisches Gefüge und bessere Festigkeitseigenschaften zu erreichen. Ein in der EN 1706 nicht erfasster Bestandteil ist die sogenannte Dauer-, besser Langzeitveredelung mittels ca. 0,03 Prozent Strontium (Sr) oder Antimon (Sb).

Mechanische Eigenschaften nach DIN EN 1706

Werkstoff	Zustand	Zugfestigkeit R _m (N/mm ²)	Dehngrenze R _{p0,2} (N/mm ²)	Bruchdehnung A ₅ (%)	Härte (HB)
AlSi12	F	≥ 170 (170–230)	≥ 80 (80–110)	≥ 6 (6–12)	≥ 55 (50–65)
AlSi11	F	≥ 170 (170–230)	≥ 80 (80–110)	≥ 7 (7–13)	≥ 45 (45–65)
AlSi7Mg0,3	T6	≥ 290 (250–320)	≥ 210 (200–280)	≥ 4 (5–9)	≥ 90 (80–115)

Werte in Klammern nach DIN 1725 Teil 2



Abb. 4.16:
„Weißes Gold“ – gesta-
pelte Aluminiummasseln
vor dem Einschmelzen

Hierbei handelt es sich um Mindestwerte von getrennt gegossenen Probe­stäben für Kokillenguss. Für aus den Gussteilen entnommene Probestäbe ergeben sich je nach Lage und Wandstärke auf Grund unterschiedlicher Erstarrungsbedingungen Werte, die teilweise erheblich von der Norm abweichen. Deshalb gelten für die verschiedenen Radbereiche wie das vordere und hintere Felgenhorn, das Tiefbett, die Speichen und die Nabe des Rades unterschiedliche Mindestwerte. Um diese einhalten zu können, werden mittels der Gieß- und Erstarrungssimulation spezielle Kühlmetho­den und Kühlmedien verwendet, immer mit dem Ziel, die Erstarrung zu beschleunigen.

Fernmuss der Einfluss von Höhe und Dauer der Einbrenntemperatur(en) bei der Lackierung auf die Festigkeitswerte berücksichtigt werden, um eine Entfestigung zu vermeiden. Aus diesem Grund sind auch nachträgliche Re­paraturen, die höhere Temperaturen erfordern, nicht möglich.

Physikalische Eigenschaften

Werkstoff	Dichte (g/cm ³)	Wärmeleitfähigkeit (W/m·K)
AlSi12	2,65	130–160
AlSi11	2,65	140–170
AlSi7Mg0,3	2,65	160–180

Gießverfahren

Je nach dem Material, aus dem die Gießform besteht, unterscheidet man zwischen Sand- und Kokillenguss, bei denen sich zwar die gleichen Vorgän­ge wie Formfüllung, Erstarren, Gussstückentnahme abspielen, die sich aber auf Grund ihrer spezifischen Prozessabläufe und Gießformkonstruktionen vor allem darin unterscheiden, wie schnell und wie gezielt das in die Form gefüllte Material erstarrt. Denn die Geschwindigkeit der Erstarrung beein­flusst die Qualität des Gussgefüges und damit die Festigkeit erheblich.

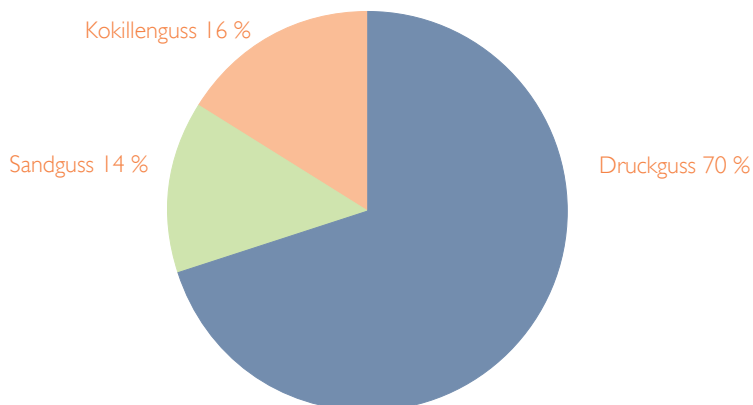


Abb. 4.17:
Gießverfahren für
Leichtmetall-Gussteile