

# **Radlager – Ursprung der Wälzlager-Industrie in Schweinfurt**

**Herausgeber:** **AKI-Förderkreis Industrie-, Handwerks-  
und Gewerbekultur Schweinfurt e.V.**

**Verfasser:** **AKI-Mitglieder Rainer Deeg, Roland Huttner,  
Hans-Georg Leimbach, Klaus Merkle,  
Wolfgang Rücknagel, August-Georg Ruß,  
Werner Simon und Gerhard Tilch;  
mit besonderer Unterstützung durch  
Heinrich Hofmann**

**Schweinfurt,** **im März 2017**

**Titelbild:** **Schnittmodell eines PKW-Radlagers  
der 3. Generation**

## **Gliederung**

<b>Einleitung</b>	<b>Seite 5</b>
<b>1. Die Stahlkugel</b>	<b>Seite 9</b>
<b>2. Die Entwicklung der Naben von Fahrrädern</b>	<b>Seite 13</b>
<b>3. Die Entwicklung der Naben von Motorrädern</b>	<b>Seite 15</b>
<b>4. Die Entwicklung der Radlager von LKWs</b>	<b>Seite 17</b>
<b>5. Die Entwicklung der Radsatzlager von Eisenbahnen</b>	<b>Seite 21</b>
<b>6. Die Entwicklung der Radlager von PKWs</b>	<b>Seite 25</b>
<b>7. Schlussbetrachtung</b>	<b>Seite 35</b>
<b>8. Literatur</b>	<b>Seite 39</b>
<b>9. Dokumentation der Ausstellung</b>	<b>Seite</b>



## Einleitung

Der AKI-Förderkreis Industrie-, Handwerks- und Gewerbekultur Schweinfurt e.V. hat sich als vordringliche Aufgabe die Erfassung der Industrie-Geschichte der Stadt Schweinfurt und die Erhaltung von wichtigen Meilensteinen der Entwicklung gestellt. Im AKI-Förderkreis sind ehrenamtlich meist Fachleute aus der Schweinfurter Großindustrie, die sich vorwiegend bereits im Ruhestand befinden, tätig.

In Schweinfurt steht die Wiege der Wälzlager-Industrie. Und von Schweinfurt ging durch die vielfach einsetzbaren Wälzlager eine neue weltweite industrielle Entwicklung aus.

In keiner Stadt Deutschlands, und über dessen Grenzen hinaus, wurde die Entwicklung der Radlager, ausgerüstet mit Kugeln und Rollen, in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts so wegweisend und erfolgreich betrieben wie in Schweinfurt durch die drei Großfirmen Fichtel & Sachs AG (heute ZF Friedrichshafen AG), FAG Kugelfischer (heute Schaeffler Technologies AG & Co. KG) und SKF GmbH (ehemals VKF GmbH). Die Entwicklung von Qualitätskugeln und die von Kugel- und anderen Wälzlagern haben bahnbrechend für alle Verkehrsmittel, vom Fahrrad über das Motorrad, den PKW, das NFZ bis hin zur Eisenbahn die Voraussetzungen für die heute weltweite Bedeutung dieser Branche geschaffen.

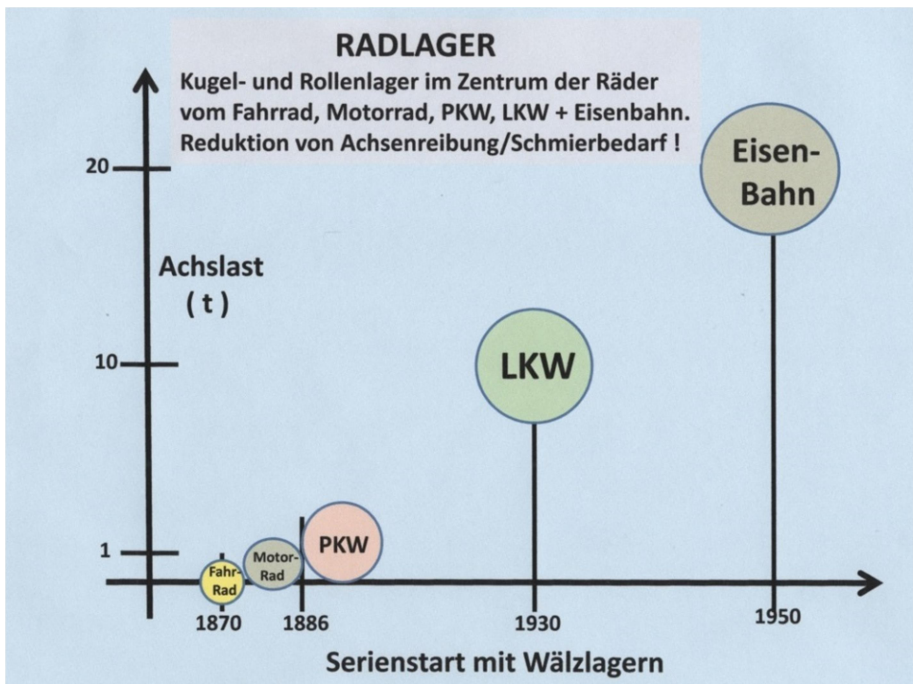
Es ist also nicht vermessen, wenn eine kleine Gruppe von Dipl.-Ingenieuren des AKI-Förderkreises, die früher in den Schweinfurter Großbetrieben tätig waren und teilweise direkt an den Entwicklungen der Radlager beteiligt waren, sich die Aufgabe stellen, die „Entwicklung der Radlager“ zu präsentieren. Diese Gruppe wurde intensiv von Herrn Dipl.-Ing. (FH) Heinrich Hofmann, dem ehemaligen Leiter der Produktentwicklung für Automobillager bei FAG, unterstützt. Herr Hofmann wird zu Beginn der Ausstellung im Rahmen der VDI-Veranstaltungen einen Vortrag halten, der das Thema mit einer weit größeren Spannweite vom Altertum bis in die Gegenwart abdeckt.

Die Grundlage für die Entwicklung der drei Schweinfurter Großfirmen ist die Herstellung der Präzisions-Stahlkugel durch Friedrich Fischer aus Schweinfurt mit seiner Kugelmühle von 1883. Erst seine Qualitätskugeln ermöglichten die Herstellung von Wälzlagern mit erheblich geringerer Reibung und ruhigerem Lauf.

Radlagerungen, die als Gleitlagerung ausgeführt sind, werden deshalb nicht in die vorliegende Aufgabenstellung einbezogen.

Die Radlager haben die Aufgabe, das Gewicht des Fahrzeugs und die Axial- und Radialkräfte aus dem Kontakt Rad/Straße aufzunehmen und das Rad zu führen. Bei den modernen, wälzkörpergelagerten Radlagern ist vielfach die Bremsscheibe und ein Impulsgeber für ABS integriert. Radlager werden für alle Fahrzeuge benötigt, vom Zweirad bis zum Radsatzlager für Lokomotiven und Güterwagen.

Die zeitliche Entwicklung der Radlager für die einzelnen Verkehrsmittel zeigt die folgende Darstellung.



Die zeitliche Entwicklung der Radlager bei den einzelnen Verkehrsmitteln.

Um den Bürgern der Stadt und des Landkreises Schweinfurt die weltweite Bedeutung dieser Entwicklungen bewusst machen zu können – viele Personen aus der Stadt und dem Landkreis haben durch ihre Arbeitsleistung erst den Erfolg der Firmen und die Wohlhabenheit der Region ermöglicht –, hat der AKI-Förderkreis in seinem „Kleinen Industrie-Museum“ im Gebäude der alten Spinnmühle am Main eine kleine Ausstellung mit Produkten und Lagerungsbeispielen zusammengestellt.

Von Fahrrädern bis hin zu Lösungen für die Eisenbahn werden Radlager und Einbaubeispiele angeboten. Sie werden durch Schautafeln erläutert.

In dem vorliegenden Begleitheft sind in den folgenden Artikeln die spezifischen Radlager der einzelnen Verkehrsmittel aufgeführt. Eine jeweils kurze Übersicht über deren Entwicklung soll zum besseren Verständnis beitragen. Dabei wird das Geschehen in Schweinfurt in den Vordergrund gestellt.

Die Bürgerinnen und Bürger der Stadt und des Landkreises Schweinfurt sind herzlich eingeladen, die Ausstellung in der Spinnmühle zu besuchen. Der Eintritt ist frei. Die Öffnungstermine stehen in der örtlichen Presse. In der Ausstellung stehen AKI-Mitglieder zur Beantwortung von Fragen zur Verfügung.

Der Aufbau einer Ausstellung bedurfte der Bereitstellung von Objekten, die von den Firmen SKF GmbH und Schaeffler AG zur Verfügung gestellt wurden. Einige Objekte stammen von Mitgliedern des AKI, von Heinrich Hofmann und aus der Sammlung des AKI.

Für eine angemessene Präsentation der Objekte, die Anfertigung von Schautafeln und die Erstellung eines Begleitbandes bedurfte es der finanziellen Unterstützung durch Sponsoren.

Der AKI-Förderkreis bedankt sich für die Unterstützung und Förderung der Radlager-Ausstellung durch den Spendenfonds der Schweinfurter Industrie und durch die Kulturstiftung Schweinfurt.





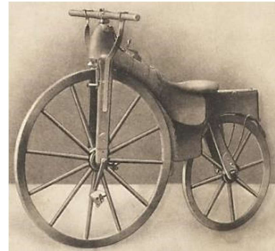
# 1. Die Stahlkugel

Die Entwicklung der Stahlkugel ist die Grundlage für die Entwicklung der Kugellager und damit der Radlager.

Die industrielle Entwicklung der Schweinfurter Metallindustrie geht auf das Ende des 19. und den Anfang des 20. Jahrhunderts zurück. Ausgelöst wurde diese Entwicklung durch die Herstellung von Qualitätskugeln, die erst mittels der von Friedrich Fischer erfundenen Kugelmühle produziert werden konnten.

Die für die Fahrradlagerung benötigten Kugeln – es gab zahlreiche Firmen, die sich mit der Fahrradfertigung beschäftigten – wurden meist aus England angeliefert. Die Qualität der zu dieser Zeit dort teuer gekauften Kugeln entsprach bezüglich deren Rundheit und deren Maßhaltigkeit noch nicht den Bedürfnissen.

Es war der Schweinfurter Bürger Friedrich Fischer (1849-1899), Sohn des Erfinders des Trekkurbelfahrrades Philipp Moritz Fischer (1812-1890), der durch seine Erfindung der Kugelmühle die qualitativ hochwertige industrielle Herstellung von Kugeln ermöglichte. Durch Friedrich Fischers Kugelmühle wurde eine deutlich verbesserte Rundheit, eine feinere Oberflächenstruktur sowie eine verbesserte Maßgleichheit erreicht.



**Das erste Trekkugelfahrrad**



**Friedrich Fischer**

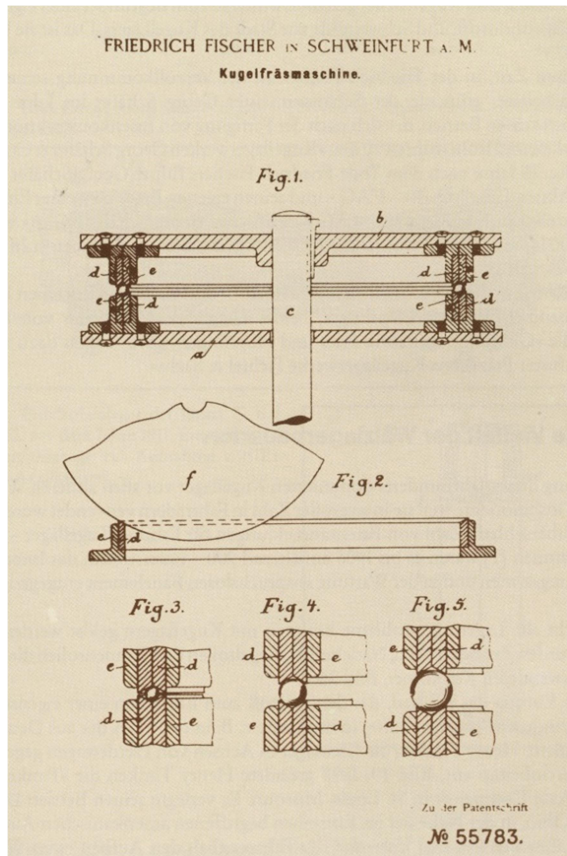


**Fischers Kugelmühle von 1883**

Bei der Fischer-Kugelmühle von 1883 werden die obere, ebene Schleifscheibe und die untere, gerillte Regelscheibe angetrieben. Die Drehachsen sind exzentrisch. Die Exzentrizität bewirkt eine ständige Änderung der Momentandrehachse der Kugel durch Drallerzeugung. Die Kugeln werden „centerless“ rund und maßgenau geschliffen. Bei einer hohen Schleifleistung wird eine Präzision von kleiner 20 µm erzeugt.

Jahre später, am 17. Juli 1890, erhielt Fischer das Deutsche Reichspatent DRP Nr. 55783 für seine Kugelschleifmaschine.

Die Maschine wurde zur Weichbearbeitung der Kugeln vor dem Härten eingesetzt. Friedrich Fischer und Wilhelm Höpfinger entwickelten die Fräsmaschine gemeinsam. Friedrich Fischer bekam das Patent, Wilhelm Höpfinger erhielt die kostenlose Mitbenutzung.



Auszug aus Fischers Patent-Schrift Nr. 55783.

Mit der hohen Kugelqualität „made in Schweinfurt“ waren die Voraussetzungen für eine mögliche Kugellagerproduktion, die eine hohe Genauigkeit gehärteter Stahlkugeln fordert, gegeben. Um die Jahrhundertwende wurde die Kugellagerproduktion in zahlreichen Firmen aufgenommen. Schweinfurt wurde mit den Firmen „Erste Automatische Gussstahl-Kugelfabrik vorm. Friedrich Fischer Aktiengesellschaft“, „Deutsche Gussstahlkugelfabrik Aktien-Gesellschaft vorm. Fries & Höpflinger“ und „Schweinfurter Präzisions-Kugellager-Werke Fichtel & Sachs oHG“ zum Zentrum der deutschen Kugellager-Industrie.

Die von Friedrich Fischer 1883 gegründete Firma geriet nach seinem Tod 1899 in wirtschaftliche Schwierigkeiten, wurde 1909 von Georg Schäfer übernommen und zur neuen wirtschaftlichen Blüte gebracht. Die Firma wurde zur späteren „FAG Kugelfischer Georg Schäfer & Co.“.

Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurde die Qualität von Kugeln weiter deutlich verbessert. Vielfach waren es neue, empfindlichere Messverfahren, die Verbesserungsmöglichkeiten erkennen ließen. Heute ist durch eine verbesserte Materialqualität, durch feinste Oberflächenbehandlungen, durch größte Maßstabilität und vielfach automatisierte Qualitätsprüfungen die Kugelproduktion den Anforderungen der Industrie gewachsen. Die Maßunterschiede eines Loses und die Abweichungen von der geometrischen Form einer Kugel bewegen sich in kleinen Bruchteilen von 1 µm, d.h. im Bruchteil eines tausendstel Millimeters.



**Plakette zu Ehren Friedrich Fischers,  
angebracht an der Spinnmühle**

**Kugel- und  
\* Rollen-  
\*\* Lager.**

Kugeln  
Vollkommener Rundung,  
**UNVERWÜSTLICHER HÄRTE.**  
Von 1-150 mm. Diam.  
Messgenauigkeit  
bis  $\frac{1}{1000}$  Millimeter.

**Erste Automatische Gussstahlkugel-  
Fabrik** Höchste Festigkeit.

vormals **FRIED. FISCHER A.G. SCHWEINFURT**  
gegründet 1883.

Spezialität:

**Präzisions-Kugeln** aus bestem Tiegelgussstahl für Fahrräder.  
Kugeln, sphärisch rund aus Messing, Bronze und andern Metallen.

**Kugel- und Rollenlager** bewährter Construction, besten Materials.

Patentirter **Sensenring „EOS“**, unfallverhütend.

Geteilte Schmierringe **DRUM** für Ringschmierlager. \* \* \*  
\* \* \* \* \* Gehärtete Stahlrollen für Rollenlager

Reklameplakat der „Ersten Automatischen Gussstahlkugelfabrik  
vormals Fried. Fischer A. G. Schweinfurt“  
gegründet 1883

## 2. Die Entwicklung der Naben von Fahrrädern

Das Fahrrad ist auch noch heute mit dem Namen Ernst Sachs eng verbunden. Ernst Sachs wurde 1867 im schwäbischen Petershausen bei Konstanz geboren. Über Frankfurt kam der begabte Handwerker und erfolgreiche Hochradfahrer nach Schweinfurt. Im April 1894 fand er in Schweinfurt bei einem Freund in dessen Radgeschäft Arbeit. Die in Schweinfurt vorhandene Radrennbahn (sie befand sich in der Pfnz) war sicherlich für Ernst Sachs ein Grund, in dieser Stadt zu bleiben.

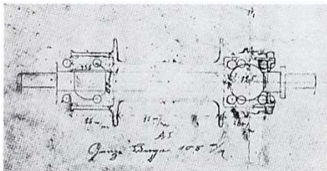


**Familienbild Geheimrat Dr. Ernst Sachs mit Frau Betty, geb. Höpflinger, Schwiegertochter Elinor Sachs, geb. von Opel, Sohn Willy Sachs und dessen erstem Sohn Ernst Wilhelm Sachs.**

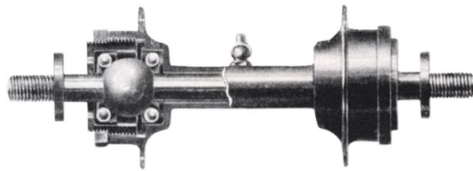


**Baustein für die Schweinfurter Radrennbahn.  
(Ende des 19. Jahrhunderts)**

Ernst Sachs war auch ein begabter Konstrukteur. Er konstruierte Fahrrad-Naben und erhielt bereits 1893 das kaiserliche Reichspatent Nr. 84.793.



**Die Skizze von Ernst Sachs.**



**Die erste „Schweinfurter Patent Präzisions-Nabe“.**

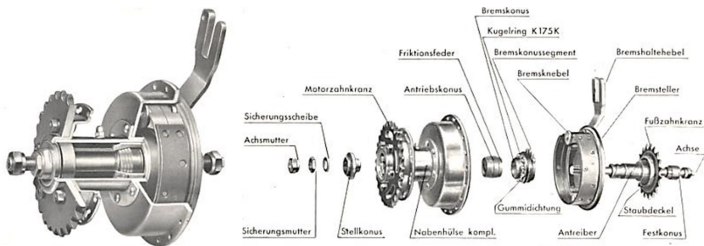
Ernst Sachs gründete 1895 zusammen mit dem erfahrenen Kaufmann und Geldgeber Karl Fichtel die Firma „Schweinfurter Präzisions-Kugellagerwerke

Fichtel & Sachs“. Der Durchbruch der Firma gelang 1903 durch die von Sachs konstruierte „Torpedo“-Freilaufnabe. Die kugelgelagerte Nabe von hoher Qualität erleichterte ein leichtlaufendes Radfahren. Sie war die erste Großserien-Anwendung, ausgerüstet mit Wälzlagern.

Der Erfolg der „Torpedo“-Freilaufnabe lag in der Verknüpfung der Radlager mit Freilauf und einer Bremse. Diese bahnbrechende Erfindung wird als letzte große Erfindung für das Fahrrad bezeichnet. In vielen folgenden Jahrzehnten erfolgten nur kleine Verbesserungen. Ernst Sachs` „Torpedo“-Freilaufnabe wurde jetzt auch international anerkannt. Ernst Sachs starb 1932, als „Geheimer Kommerzienrat“ und mit der Ehrendoktorwürde Dr.-Ing. e. h.

Der Fahrradbereich der Fichtel & Sachs AG wurde 1997 an das US-amerikanische Unternehmen SRAM verkauft. SRAM ist heute sehr erfolgreich in Schweinfurt tätig.

In den Jahren vor dem 2. Weltkrieg wurde für Sachs-Motorfahrräder mit Motor Modell 50 die Hinterrad-Bremstrommelnabe HR 115 mit Freilauf eingebaut.

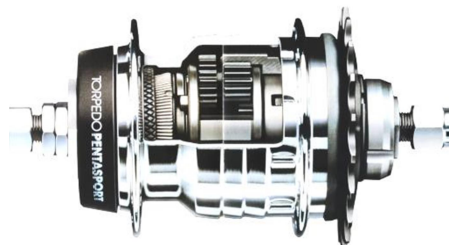


**Hinterrad-Bremstrommelnabe HR 115 im Schnitt und auseinandergezogen**

Die Lagerung der modernen vielgängigen Naben basiert immer noch auf dem Prinzip der „Torpedo“-Freilaufnabe, wie folgende Beispiele zeigen:



**Torpedo Freilaufnabe**

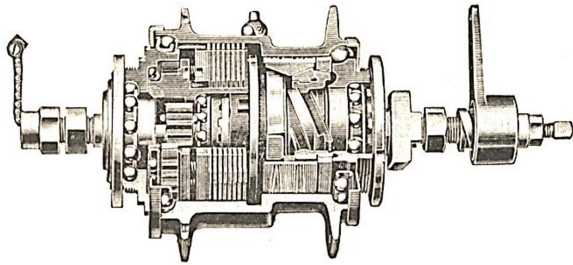


**Fünfgang-Nabenschaltung von SRAM**

### 3. Die Entwicklung der Naben von Motorrädern

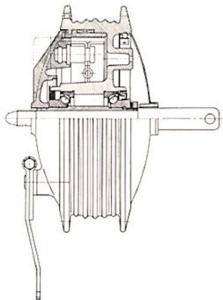
Auch im Bereich der Motorräder hat die „Fichtel & Sachs AG“ Geschichte geschrieben. Wer von den älteren Personen kann sich nicht noch an das Geknattere der „Sachser“ erinnern. Es ist der „98er“ gemeint, der von 1930 bis 1949 in großen Stückzahlen gebaut wurde und große internationale Erfolge durch seine Zuverlässigkeit errang. Angefangen hat es 1930 mit dem „74er“ Sachs-Motor, der 1,25 PS leistete.

Die ersten Motorrad-Radlagerungen waren Weiterentwicklungen von Erfahrungen für Fahrräder.

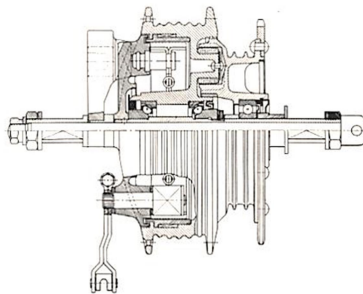


**F & S leichte Motorradübersetzungsnahe von 1923**

Für Krafräder und Motorroller bis 450 kg Gesamtgewicht wurden die Naben V 150 und H 150 in den 1950er Jahren eingebaut.

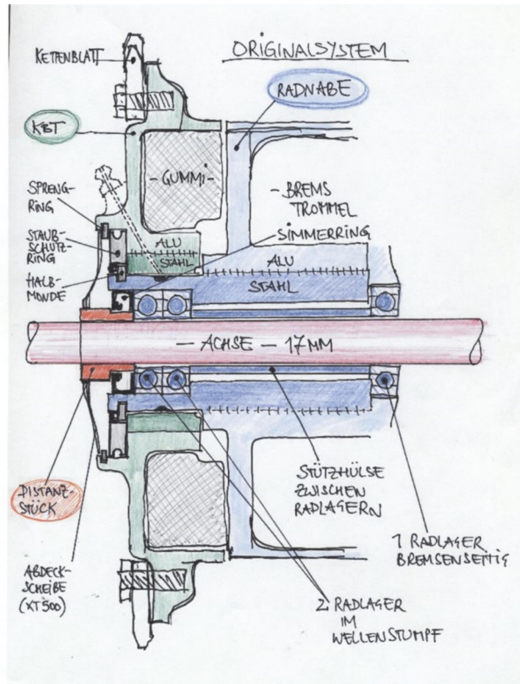


**SACHS-Vorderrad-Vollbrems-Nabe  
V 150**



**SACHS-Hinterrad-Vollbrems-Nabe  
H 150**

Im weiteren Verlauf der Entwicklung wurden für die steigenden Gewichte der Motorräder Radlagerungen für größere Belastungen entwickelt.



**Aufbau einer Radnabe**



**Montageteile einer Radnabe**



# 4. Die Entwicklung der Radlager für LKWs und Nutzfahrzeuge

Bei den LKWs dominieren auch heute noch die zwei einzelnen Kegelrollenlager. Die Entwicklung lässt sich an den folgenden Übersichten ablesen.

### Das moderne Radlager

**Vom klassischen Standard-Radlager ...**

FAG-Kegelrollenlager fragen auf kleiner Fläche enorme Lasten und vertikalen Lastwechsel problemlos. Seit über 100 Jahren haben sie daher ihren festen Platz als klassische Radlagerung für Nutzfahrzeuge. Der Trend geht dabei mehr und mehr vom Standardlager zur kompletten Baueinheit.

**... zur modernen Lösung mit Kegelrolleneinheiten**

Als langjähriger Entwicklungspartner der NFZ-Industrie bieten wir Ihnen ein technologisch fortschrittliches Programm an kompletten Kegelrolleneinheiten für Vorder-, Hinter- und Talerachsen an.

**Wachstumsbereiche**

- Gewichtsreduzierung von über 1 Mio. km
- leichte Montage, sicherer Betrieb
- wartungsfrei – durch for-life-Schmierung mit besonders langlebigen Fetten und optimiertes Dichtungssystem.

### Vier Bauarten für die Großserie

**Insertlager**

Das Insertlager bildet die Basis des wartungsfreien Radlagerdesigns. Es ist die logische Weiterentwicklung der Standard-Kegelrollenlager.

- mit eingestellter Vorspannung für Truck Hub Units kompatibel
- hocheffizientes Dichtungssystem sichert hohe Zuverlässigkeit und langer Lebensdauer des Radkopfs
- nach Kundenwunsch werkseitig montiert.

**1T-Generation**

Die 1T-Generation sind kompakte Kegelrolleneinheiten, die unter Vorspannung laufen.

- definierte Lagerluft, werkseitig voreingestellt
- for-life-geschmiert und hochwirksam abgedichtet
- hohe Tragfähigkeit bei Platz sparsamer Bauweise
- können einfach und schnell ein- und ausgebaut werden.

### Truck Axle Module (TAM)

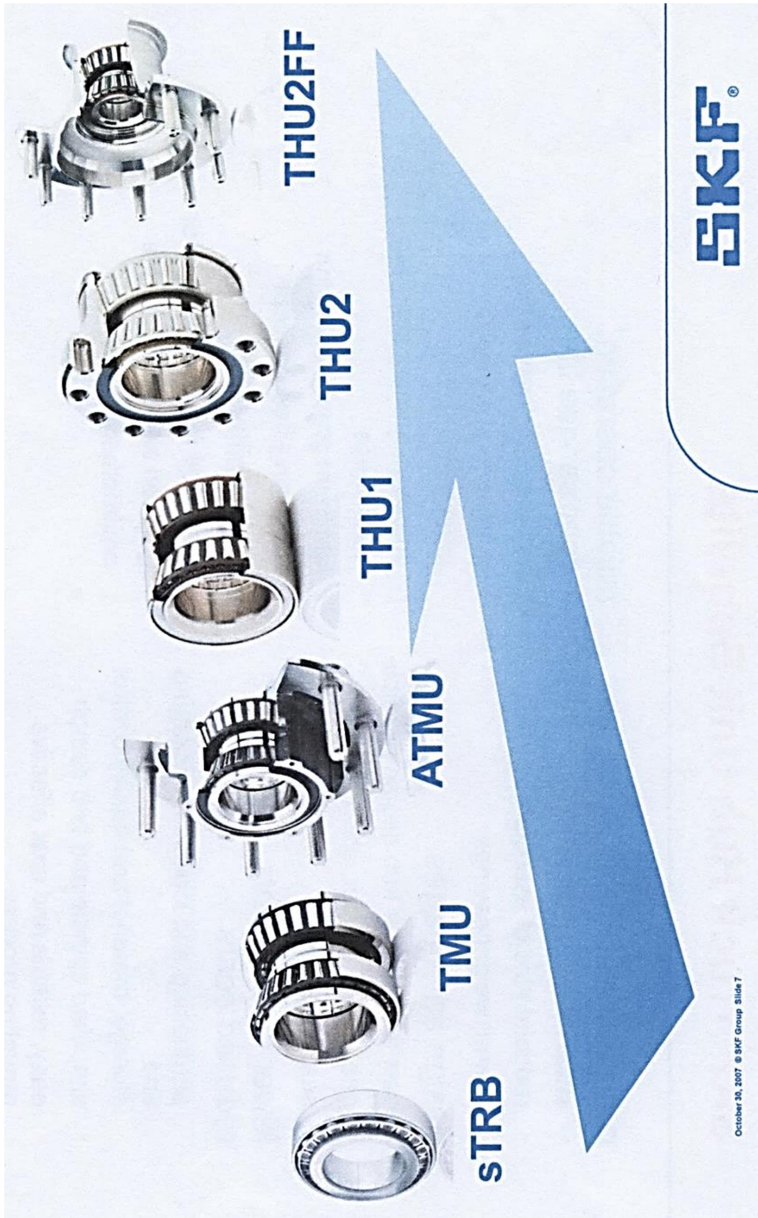
Das TAM wird in Vorderachsen und Talerachsen eingesetzt, insbesondere bei einer als Topfscheibe ausgeführten Brems Scheibe.

- wirtschaftliche Lösung – Einheit muss bei Wartungsarbeiten an der Brems Scheibe nicht von der Achse demontiert werden
- i. d. R. mit ABS-Polrad ausgestattet.

**Truck Hub Unit Design**

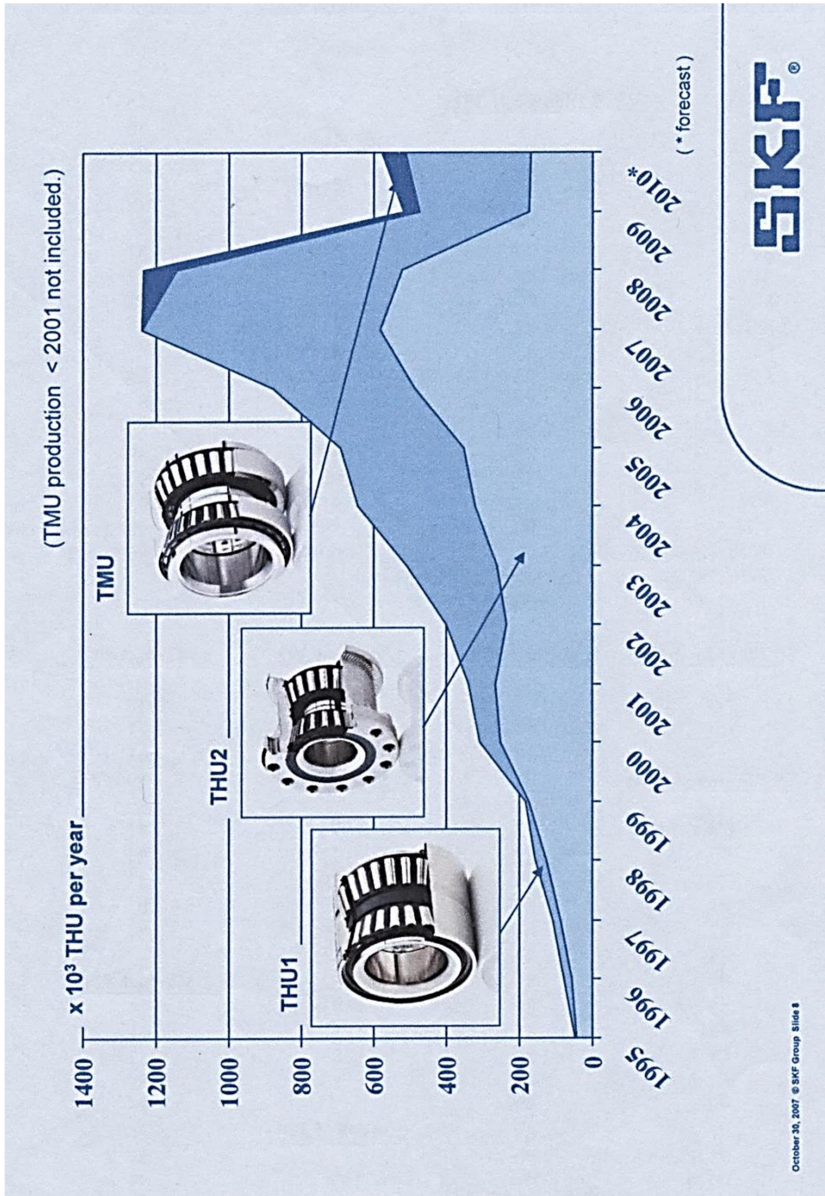
Truck Hub Units sind Baueinheiten auf der Basis von FAG-Insertlagern, die nach Kundenwunsch montiert werden.

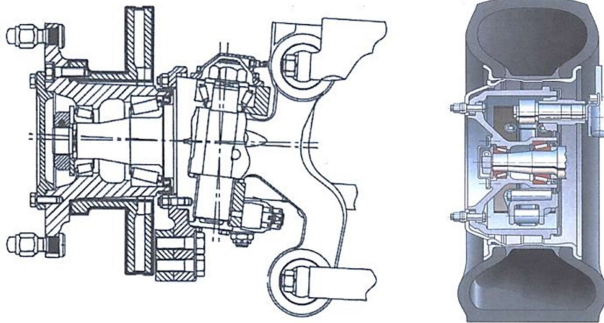
- i. d. R. mit ABS-Polradern ausgestattet
- FAG-Kompetenz: Montage in eine speziell entwickelte Sphingussnaube auf vollautomatischen Großflächmontageanlagen
- Radkopf kann auch als Kompletteneinheit mit Brems Scheibe angeliefert werden.



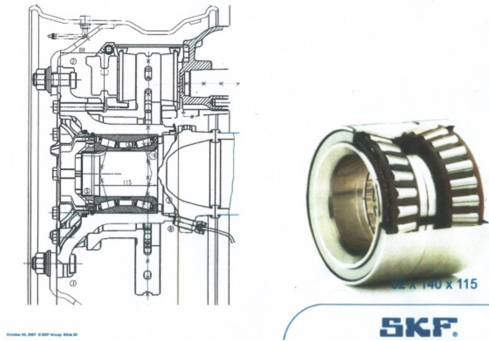
Darstellung der SKF GmbH über die Entwicklung der LKW-Radlager

Die Herstellung der einzelnen Ausführungen zeigt folgende Übersicht:

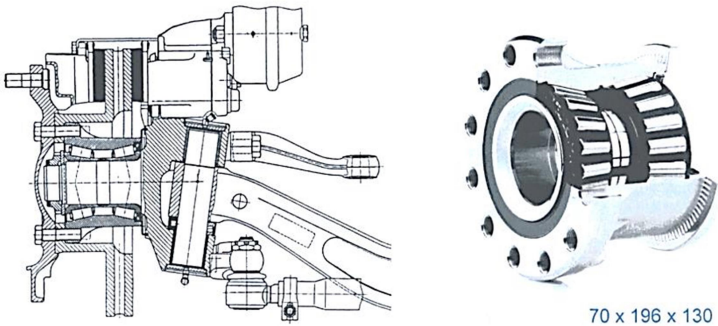




**Konventionelle Lagerung mit 2 einzelnen Kegelrollenlagern**



**Lagerung mit der 1. Generation**



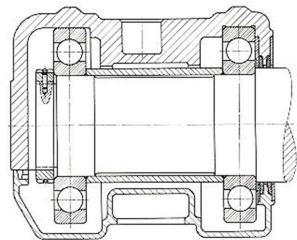
**Vorderrad-Lagerung mit einem THU2  
(70 mm Bohrungs-Ø, 196 mm Außen-Ø, 130 mm Gesamtbreite)**

## 5. Die Entwicklung der Radsatzlager für Eisenbahnen

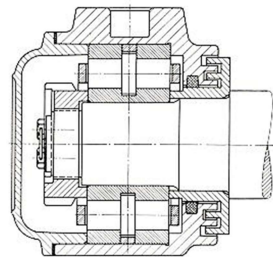
Die Darstellung der Entwicklung der Radsatzlager für Eisenbahnen kann mit einem zeitlichen Versatz an die Entwicklung der Wälzlagerbauformen angelehnt werden. So wurden 1903 die ersten Versuche mit Kugellagerachsen bei Personenwagen durchgeführt, 1913 mit Bundrollen-Achslagern und 1923 mit zweireihigen Pendelrollenlagern.

Die in diesem Überblick verwendeten Bilder sind aus Unterlagen der Firmen G. u. J. Jaeger, Wuppertal-Elberfeld, von FAG Kugelfischer AG, Schweinfurt, und SKF-Kugellagerfabriken GmbH, Schweinfurt, übernommen.

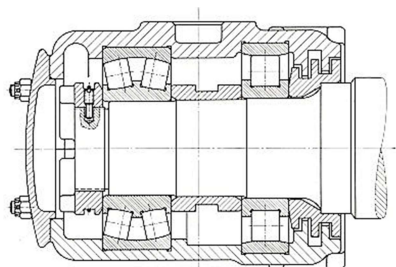
1903 wurden erstmals Versuche mit Kugelachslagern für Personenwagen begonnen. Die Kugellager hatten keine Käfige, der Kugeldurchmesser betrug ca. 30 mm. Sie waren für die Belastung zu schwach.



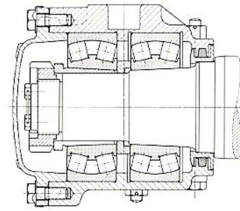
1913 wurden Bundrollen-Achslager eingebaut, um die Axialkräfte übertragen zu können. Die Lager waren mit zylindrischen Rollen bestückt. Sie waren für Großgüterwagen gedacht.



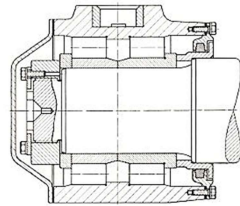
1923 wurde erstmals das neu entwickelte zweireihige Pendelrollenlager für Güterwagen eingesetzt. Es war mit einem zusätzlichen Zylinderrollenlager kombiniert. Es wurde für Güterwagen bis 20 t Achslast verwendet.



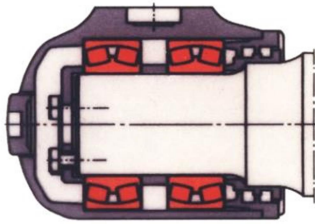
1927 wurden bei der Berliner Stadtbahn zum ersten Mal Rollenschlager mit zwei Pendelrollenlagern und Abziehhülsen eingesetzt. Die Gehäuse mussten geteilt sein. Für Großgüterwagen mussten die Gehäuse verstärkt werden.



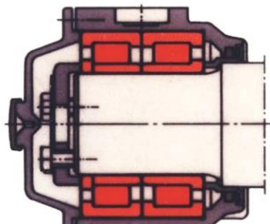
Das außenringlose Rollenschlager erforderte, die Achslagergehäuse aus vergütbarem Stahl herzustellen. (1950) Die Laufbahnen wurden „schalengehärtet“.



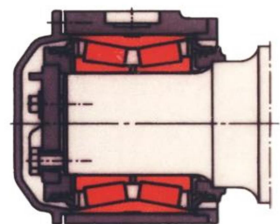
Die in den 90iger Jahren bewährten Radsatzrollenlager:



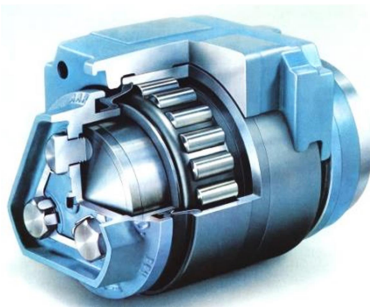
**Pendelrollenlager**



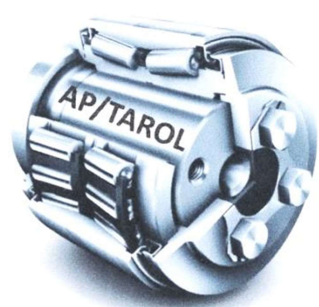
**Zylinderrollenlager**



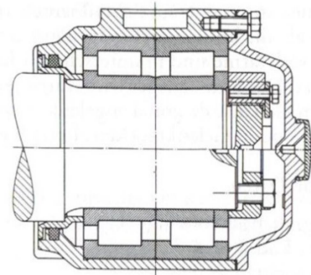
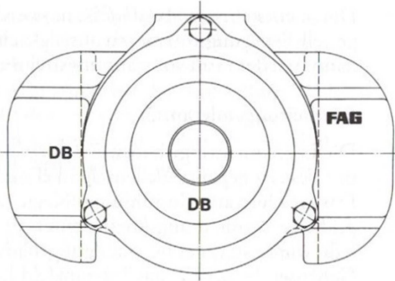
**Kegelrollenlager**



**SKF – RBU-Lager  
(Roller Bearing Unit)**

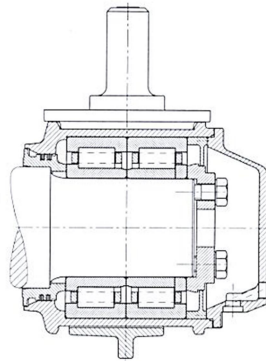
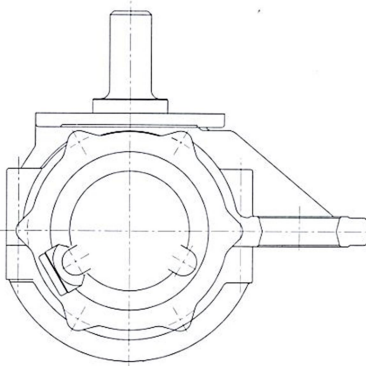


**FAG – TAROL-Lager  
(Taper Roller)**



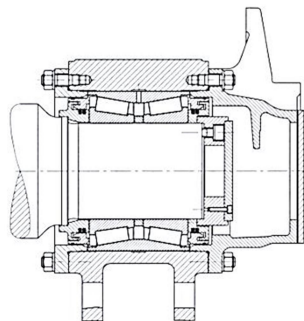
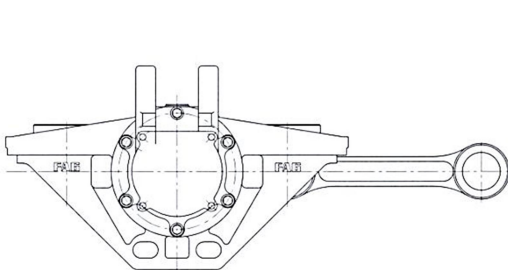
**UIC – Radsatzlager für Güterwagen**

(UIC = Internationaler Eisenbahnverband; Abkürzung aus dem Französischen)



**Radsatzlager eines IC-Reisezugwagen**

(IC = Intercity - früher Inter City -, international verwendete Zugattung)



**ICE – Triebkopf-Radlagersatz**

(ICE = Intercity-Express, schnellste Zugattung der Deutschen Bundesbahn)



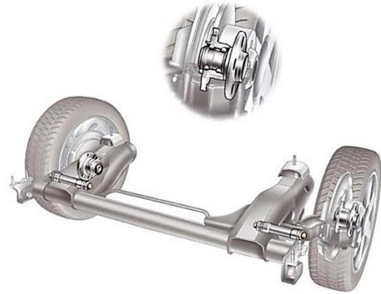


## 6. Die Entwicklung der Radlager für PKWs

Dem Laien werden zum besseren Verständnis zwei Skizzen angeboten, welche die Positionen der Radlager in einer Vorderachse und einer Hinterachse eines Autos zeigen.



**Vorderachse eines PKWs**

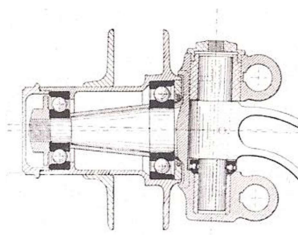


**Hinterachse eines PKWs**

Die Entwicklung der Radlager für PKWs wurde weltweit von den Schweinfurter Firmen FAG Kugelfischer Georg Schäfer & Co., SKF GmbH, Fichtel & Sachs AG (bis 1929) und Fries & Höpflinger AG (bis 1929) geprägt. In den ersten Jahrzehnten wurden nur einzelne Wälzlager für Radlager eingebaut. So war der Benz-Patentwagen von 1866 mit zwei einzelnen Schrägkugellagern gelagert. Die Montage dieser einzelnen Lager war sehr zeitraubend und erforderte Fingerspitzengefühl, um Spiel/Vorspannung richtig einzustellen.

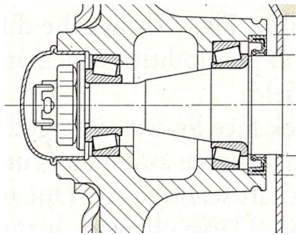
Die PKW-Radlager müssen hohe Radial- und Axialkräfte sowie Kippmomente übertragen.

Die hochtechnisierte Entwicklung vollzog sich ab ca. 1970 bis heute für die Automobilindustrie durch die Firmen SKF und FAG. Aus den einzelnen Lagern entwickelten sich Lagereinheiten. Der Wälzlagerbereich der Fichtel & Sachs AG und die Fries & Höpflinger AG wurden mit weiteren Firmen 1929 zur VKF, die in der SKF GmbH aufging.

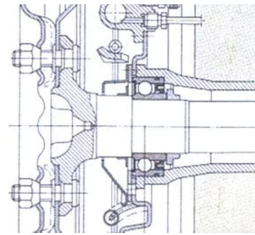


**PKW-Radlagerung um 1908**

Bis 1970 waren die PKWs meist mit einem Heckantrieb ausgestattet.



**Vorderachse des VW-Käfers ab 1968  
2 Kegelrollenlager**

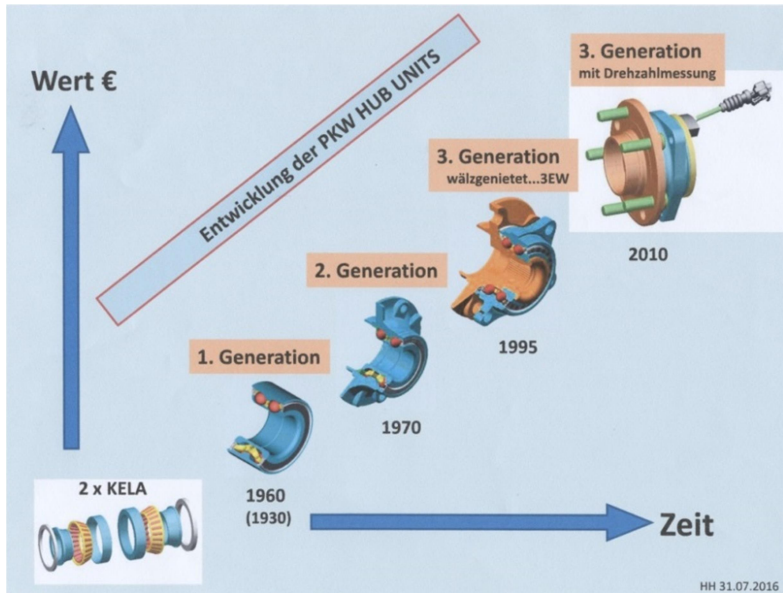


**Hinterachse des Opel Olympia  
abdichtetes Rillenkugellager**

Um die Montage der Radlager einfacher und damit kostengünstiger zu gestalten, wurden die einzelnen Wälzlager zu Einheiten, den sogenannten HUB UNITS (engl. Hub = Radnabe), zusammengebaut. Die Herstellung von Spiel/Vorspannung liegt nun in der Verantwortung der Wälzlagerhersteller. So entwickelten sich neue Lagersysteme, die entsprechend dem Entwicklungsstand verschiedenen sogenannten Generationen zugeordnet wurden.



**Unterschiedliche Entwicklungsstufen von Radlagern**



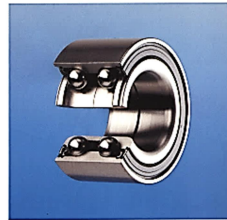
## Entwicklung der Radlager in 50 Jahren

Im Laufe der Jahre wurden zusätzliche Funktionen in die Radlager integriert. Die Radlager wurden aufwendiger und teurer.

In der **1. Generation** sind zwei Lager zu einer Einheit verbunden.

### Hub Unit 1

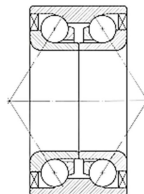
Hub Unit 1 ist im Prinzip ein zweireihiges Schrägkugellager. Die Hauptbestandteile, der einteilige Außenring und die beiden Innenringe, werden mit den Kugelsätzen so gepaart, daß sich eine genau definierte Axialluft ergibt. Der Druckwinkel dieser Lagerungseinheit ist so gewählt, daß er der Beanspruchung eines typischen Radlagers voll entspricht.



Die Käfige für die beiden Kugelsätze werden aus glasfaserverstärktem Polyamid hergestellt.

Die Hub Unit 1 ist auf Lebensdauer gefettet und abgedichtet. Das Schmierfett gewährleistet eine optimale Gebrauchsdauer und verhindert zuverlässig Stillstandserschütterungen auf der Laufbahn. Je nach Anordnung der Lagerungseinheit kann unter Berücksichtigung der umgebenden Bauteile für die Hub Unit unter verschiedenen Dichtungen gewählt werden.

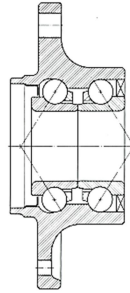
Typische Anwendungsfälle für eine Hub Unit 1 sind angetriebene Vorder- und Hinterräder mit umlaufendem Innenring.



Bei der **2. Generation** wurde die Lagereinheit mit einem Flansch versehen, so dass die Befestigung an der Achse mit den Bremsscheiben und den Rädern wesentlich vereinfacht wurde. Diese Ausführung erforderte neue Fertigungsverfahren, die erst noch entwickelt werden mussten, wie das Schmieden der Flansche, die Aufnahme der Flansche in den Schleif- und Honmaschinen sowie das Induktionshärten. Diese Entwicklung begann um ca. 1970.

**Hub Unit 2**

Hub Unit 2 basiert auf der Konstruktion von Hub Unit 1 und den damit gewonnenen Erfahrungen. Der Außenring hat einen gewichts- und festigkeitsoptimierten Flansch, der die herkömmliche Radnabe ersetzt. Die Außenringlaufbahnen sind induktivgehärtet. Der Flansch ist zäh und besitzt Gewindebohrungen oder Bolzen sowie Zentriersätze für die Bremsscheibe und das Rad. Die konstruktive Gestaltung von Flansch und Nabe wird dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßt.

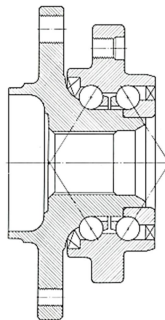


Die sonstigen lagerungsspezifischen Merkmale sind die gleichen wie bei einer Hub Unit 1. Die Hub Unit 2 mit drehendem Außenring wird für nicht angetriebene Vorder- oder Hinterräder verwendet. Für Fahrzeuge mit ABS kann die Hub Unit 2 mit einem Impulsring geliefert werden. Die Hub Unit 2 kann auch für angetriebene Räder geliefert werden. In diesem Fall dreht der Innenring, und der Außenring wird mit dem Radträger verschraubt.

In der **3. Generation** werden zwei Flansche eingesetzt.

**Hub Unit 3E**

Hub Unit 3E, ebenfalls abgeleitet von einem zweireihigen Schrägkugellager, enthält alle Funktionen eines Radlagerungssystems. Innen- und Außenring besitzen einen Flansch. Eine optimale Tragfähigkeit kann durch einen separaten Innenring auf der Fahrzeuginnenseite erreicht werden. Dieser ist mit Übermaß montiert. Der Innenringverband muß jedoch axial verpannt werden.








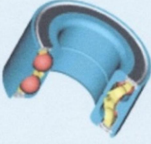
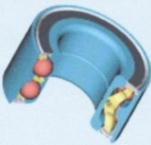




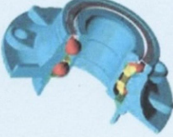


Der Außenringflansch wird mit dem Radträger verschraubt. Der rotierende Innenring mit seinem zähen Flansch, den Zentriersätzen und den Gewindebohrungen oder Bolzen dient zur Aufnahme der Bremsscheibe und des Rades. Die Übertragung des Antriebsmomentes erfolgt über die keilverzahnte Innenringbohrung. Die konstruktive Gestaltung aller Bauteile wird den Kundenbedürfnissen angepaßt. Die auf Lebensdauer gefettete und abgedichtete Hub Unit 3E eignet sich besonders für angetriebene Vorderräder.

Alle Einheiten sind abgedichtet und auf Lebenszeit geschmiert.

In die Generationen wird schließlich auf unterschiedliche Weise der Impulsgeber für die Funktion des ABS integriert.

Die folgenden Übersichten von den PKWs Käfer/Golf von VW und dem 5er von BMW zeigen die Radlagerentwicklung der letzten Jahrzehnte.

# Radlagerentwicklung vom VW Käfer/Golf

<p>Käfer 1968 Heckantrieb</p> 	<p>Golf I ab 1974 Frontantrieb</p> 	<p>Golf IV ab 1997 Frontantrieb</p> 	<p>Golf VII ab 2012 Frontantrieb</p> 
			
			
			
			
<p>Vorder- Achse</p>	<p>Hinter- Achse</p>		

HH 04.10.2016

VW-Käfer/Golf - Radlagerentwicklung von 1968 bis 2012

# Radlagerentwicklung vom 5er BMW...Heckantrieb

E12 1972



E28 1981



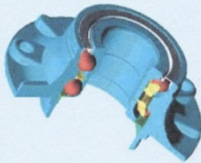
E39 1985



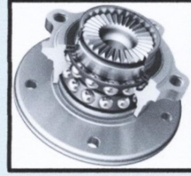
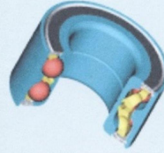
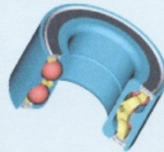
E60 2010



Vorder-  
Achse



Hinter-  
Achse

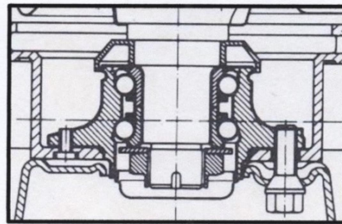


HH 04.10.2016

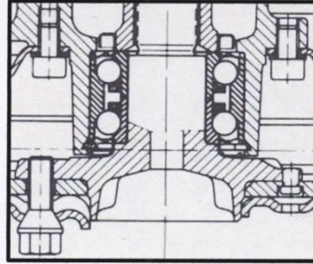
Die Konstruktionen der Vorder- und Hinterachsen-Radlager des 5er BMW von 1995 zeigt folgende Gegenüberstellung:



**5er BMW  
1995**

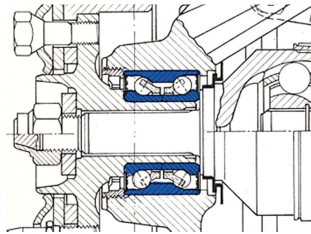


**Vorderachse...Gen. 3.2** wälzgenietet  
Ablösung der Gen. 2  
IR-Sicherung durch Wälznießbund

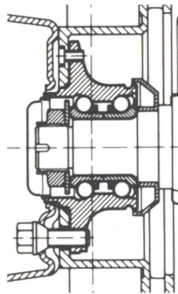


**Hinterachse...Gen 1**  
IR durch Gelenk gesichert

Einige weitere Einbau-Beispiele.:

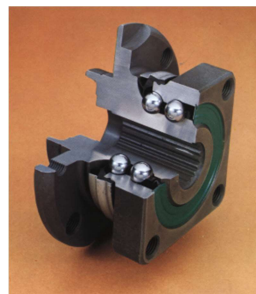
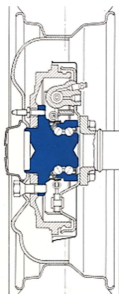
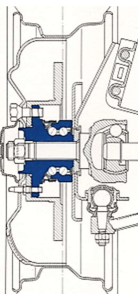


**VW-Golf Vorderachse ab 1974 – HUB UNIT 1.Generation  
(1 Außenring mit 2 Schrägkugellager-Innenringen)**



**5er BMW Vorderachse ab 1981 – HUB UNIT 2.Generation  
(1 Flansch-Außenring mit 2 Schrägkugellager-Innenringen)**

Der Fiat Panda war 1980 mit einer HUB UNIT 3.Generation ausgestattet.



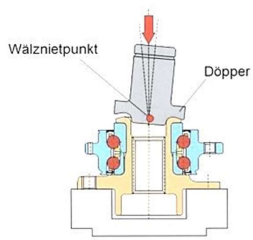
**FIAT PANDA 1980**  
Vorderachse angetrieben    Hinterachse geschleppt  
(3.Generation - die Wälzlager-Innenringe sind in den Flansch eingearbeitet)

**FIAT PANDA 1980**  
Vorderachse angetrieben

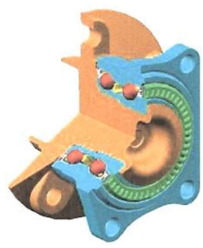


Das Vorderachsen-Radlager vom FIAT PANDA stellt ein 2-Ring-Lager dar. Ähnlich wie beim Kugellager werden die Kugeln in exzentrischer Lage der beiden Ringe montiert. Diese SKF-Entwicklung wurde gemeinschaftlich von den Werken in Holland, Italien und Schweinfurt erarbeitet. Der Füllgrad, d.h. die mögliche Kugelanzahl, liegt bei 60%. Diese Ausführung wurde durch die HUB UNIT Generation 3E abgelöst, die als 3-Ringlager mit einem Füllgrad von 90% eine höhere Belastung ermöglicht.

Was heißt wälzgenietet verspannt? Diese Methode der Verbindung der Wälzlager mit dem Flansch zu einer Einheit wurde neu entwickelt. Sie wird seit 1995 angewendet.



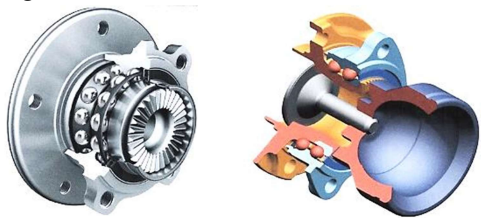
**Schemazeichnung Wälzgenieten**



**Schnitt durch wälzgenietetes Lager  
Vorderachse 5er BMW, Serie 1995, Generation 3.2**

Ein Döpper rotiert unter Druck und vernietet den weichen Flanschrand mit dem Wälzlager-Paket zu einer Einheit. Die Wälzlager sind gegen Schmutz abgedichtet und auf Lebensdauer geschmiert.

Ein Beispiel für die laufende Weiterentwicklung stellt die Generation 3EWS mit Stirnverzahnung dar, die für den BMW X1, Serie 2009 entwickelt wurde. Nach dem Wälzgenieten wird in einem zweiten Arbeitsschritt die Stirnverzahnung im Taumelverfahren kalt gewalzt.

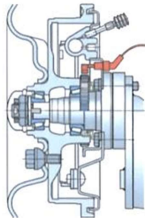


**BMW X1 – Serie 2009 (3.Generation wälzgenietet)**

In das moderne Maschinenelement Radlager ist die Funktion des ABS einbezogen. Der Impulsgeber für die Drehzahlmessung ist ins Lager integriert. Das kann z.B. über eine Impulsdichtung oder einen perforierten Ring, wie in den aufgeführten Beispielen, erfolgen.



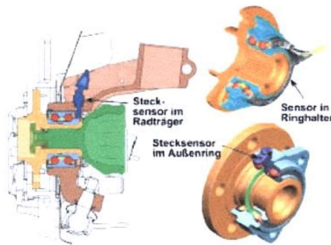
**Dichtung als Impulsgeber**



**Ring als Impulsgeber**



**Impulsgeber-Ringe**



### **Möglichkeiten der Sensormontage**

Die PKW-Radlager wurden in den letzten 50 Jahren zu komplexen mechatronischen Baueinheiten entwickelt. Wie bereits erwähnt, fand und findet diese Entwicklung führend in Schweinfurt durch die Firmen SKF und FAG-Schaeffler statt. Die Produktion der Radlager wurde weitgehend ins Ausland verlagert. Die Entwicklung der Radlager bleibt in Schweinfurt.

Durch die Integration von zahlreichen Funktionen wurden die PKW-Radlager zu einer wertvollen Montage-Einheit entwickelt.

Die Zahl der jährlich weltweit produzierten HUB UNITS wird auf 350 Millionen Stück mit einem Wert von ca. 6 Milliarden € geschätzt.

Der Marktanteil der Schweinfurter Firmen SKF und FAG-Schaeffler wird auf ca. 25 % geschätzt.

## 7. Schlussbetrachtung

Aus den zahlreichen Werkstätten, die in Schweinfurt in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts gegründet wurden, haben sich drei zu Industriebetrieben entwickelt, die auch heute noch für die Region Arbeit und Brot sichern.

Es war Friedrich Fischer, der in einer kleinen Werkstatt eine Kugelmühle erfand, mit der man erstmals gehärtete Qualitätskugeln fertigen konnte. Diese Qualitätskugeln waren um die Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert der Startschuss für zahlreiche Kugellagerfabriken in Schweinfurt. Friedrich Fischer und Georg Schäfer entwickelten FAG Kugelfischer. Ernst Sachs brachte einen Großteil seiner Gesellschaft, den Kugellagerbereich, 1929 in die neu gegründete VKF ein, die in die SKF überging. In gleicher Weise brachten Fries & Höpflinger ihre Fabrik 1929 in die VKF ein.

Schweinfurt war zum Kugellagerzentrum geworden. Bis zum 1. Weltkrieg 1914 kann man Schweinfurt als „Ball Bearing Valley“ oder als „Friction Town“ bezeichnen.

Wie wichtig die Produktion von Wälzlagern für die ganze Industrie ist – in Schweinfurt werden Anwendungen für Land, Luft und Wasser hergestellt – musste die Stadt im 2. Weltkrieg durch massive Bombardierungen erfahren. Denn Kugel- und Rollenlager „bewegen“ die Welt.

Die Erfolge in der Region Schweinfurt gehen auf den Erfindungsreichtum, auf die Bereitschaft zur Zusammenarbeit und zur Weiterentwicklung, auf eine große Zahl qualifizierter Mitarbeiter, welche auf die Verbundenheit mit ihrer Firma stolz sind, zurück. Das FAG-Denkmal symbolisiert den Erfolg, der aus dem guten Miteinander des Unternehmers mit dem Angestellten und dem Arbeiter wächst.



**FAG-Denkmal im Werk Schweinfurt**

Auf dieses Potential greifen auch noch heute zahlreiche Firmen zurück. Die Firmen-Zentralen der Großbetriebe befinden sich nicht mehr in Schweinfurt. Doch stellen die Schweinfurter Standorte wichtige Firmenteile innerhalb der Firmen ZF Friedrichshafen, Schaeffler AG und SKF GmbH dar und sind nicht zu verlängerten Werkbänken verkommen.

Auf dem Gebiet des Fahrradwesens sind mit dem Ausbau der Firma SRAM (ehemals der Nebenbereich von F&S) und der Firma „velotech.de“ weiterhin wichtige Kompetenzen in Schweinfurt vertreten.

Die Radlager haben die Wälzlageretechnik stark beeinflusst, speziell die Kugellager und die Kegelrollenlager. Bis 1960 war die Entwicklung der Radlager für Fahrräder, Motorräder sowie Eisenbahnräder weitgehend abgeschlossen. Im LKW-Rad dominieren auch heute noch 2 Einzel-Kegelrollenlager.

Bei den PKW-Radlagern fanden die größten Entwicklungsschritte statt. Mit Einzel-Schräggugellagern begann es 1866 im Benz-Patentwagen. Im Laufe von Jahrzehnten wurden aus den Einzel-Lagern autarke Lagereinheiten (HUB UNITS), in die heute der Impulsgeber für die Drehzahlmessung integriert ist. Die Integration von zusätzlichen Funktionen steigerte den Wert der Radlager.

Jährlich werden weltweit mehr als 350 Millionen HUB UNITS (1. bis 3. Generation) gefertigt. Sie stellen einen Wert von ca. 6 Milliarden Euro dar. Die 3. Generation von HUB UNITS gewinnt immer mehr an Bedeutung. Der Marktanteil von SKF und FAG/Schaeffler beträgt ca. 25 %.

Wie geht es mit der Produktion von Radlagern weiter?

Heute werden weniger Radlager als in der Vergangenheit in Schweinfurt hergestellt, da die Produktion in kostengünstigere Länder verlagert wurde. Die Firmen versuchten, die dadurch freien Mitarbeiter mit neuen, innovativen Produkten zu beschäftigen und am Standort zu halten.

Sowohl bei der Schaeffler Technologie AG & Co. KG (FAG) als auch bei der SKF GmbH sind Entwicklungszentren mit Prüfständen für Wälzlager entstanden, die eine Weiterentwicklung ermöglichen. ZF Friedrichshafen AG bündelt seine Aktivitäten in der Elektromobilität am Standort Schweinfurt.

Auch bei der SRAM Deutschland GmbH in Schweinfurt, der velotech.de GmbH und der ILJIN Bearing GmbH, beide Firmen mit Sitz in Schweinfurt, wird in die Zukunft entwickelt.

Schweinfurt produziert heute wenig Radlager, bleibt aber ein Entwicklungszentrum für Radlager im Fahrrad, PKW/LKW-Rad, Eisenbahnrad, Windrad, Riesenrad



**FAG**



**SRAM**<sup>®</sup>



ZF bündelt ab 2016 an seine Aktivitäten in der Elektromobilität am Standort Schweinfurt in der neuen Division E-Mobility.



# Menge und Anwendung der Radlager steigen weiter!

Jahresproduktion der Straßenfahrzeuge

170 Mio. Fahrräder +

85 Mio. PKW/LKW +

40 Mio. Motorräder ergeben eine  
jährliche Radlagerproduktion von

## 760 Mio Radlagern

Der Radlageraußendurchmesser in Fahrzeugen erstreckt  
sich von 22mm bis 1000mm!

600t Muldenkipper



INLINE-Skater



## 8. Literatur

August Bauschlicher:

Die Kugellagerungen. Ihre Konstruktion und ihre Anwendung für den  
Motorwagen- und Maschinenbau.

Verlag von M. Krayn, 1898 und 1908

Moritz (Mosko) Finzi:

Achsenwechsel beim Kugelschleifen

Dissertation

Breslau 1916

Alfred Illmann, Hans Kurt Obst:

Wälzlager in Eisenbahnwagen und Dampflokomotiven

Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn

Berlin 1957

Paul Eschmann:

Das Leistungsvermögen der Wälzlager

Springer-Verlag 1964

Prof. Dr.-Ing. K. Kollmann (Hrsg.):

W. Hampp : Wälzlagerungen, Berechnung und Gestaltung

Springer-Verlag 1968

SKF Kugellagerfabriken GmbH

Radsatzlager

Druckschrift 2720 T

SKF 1971

Hubert Büchs

Dissertation TU München:

Technologie Kugelbearbeitung

München 1986

FAG OEM und Handel AG  
Die Gestaltungen von Wälzlagerungen  
WL 00 200/5 DA/85/1/01  
FAG 2000

FAG Kugelfischer Georg Schäfer KGaA  
Wälzlager auf den Wegen des technischen Fortschritts  
Weppert KG, Schweinfurt, 1984

Fichtel & Sachs AG  
Sachs-Journal, 100 Jahre Sachs 1895 / 1995  
Schweinfurt, 1995

<http://www.google.de/search?q=motorrad+naben>

[www.hochschule-technik.de](http://www.hochschule-technik.de)

<http://www.mein-autolexikon.de>

<http://menze-fahrzeugteile.de>

<http://motorang.com/bucheli-projekt>

<http://www.sscycle.de/SSC/products/Raeder>

<http://www.winni-scheibe.com>