

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 63/64 (1914)
Heft: 13

Artikel: Die Kugellager und ihre Verwendung im Maschinenbau
Autor: Ahrens, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-31526>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Die Kugellager und ihre Verwendung im Maschinenbau. — Die Schweizerstädte an der Landesausstellung in Bern 1914. — Die deutsche Ausstellung „Das Gas“ in München. — Hilfspumpenanlage der Genfer Seewasserleitung. — Miscellanea: Aufhebung englischen Patentschutzes gegenüber Deutschen und Oesterreichern. Triebwagendienst auf den schwedischen Staatsbahnen. Die Architektur an der Schweiz. Landesausstellung in Bern 1914, Berichtigung. Schweizerische Landesausstellung in Bern

1914. Eidg. Technische Hochschule. Der Cape Cod-Kanal. Internationale Verbreitung der Funkentelegraphie. Notstandsarbeiten in Basel. Neubauten der Vereinigten Schweiz. Rheinsalinen. Centovallbahn. Seil-Schwebbahn S. Nazzaro-Indemini. — Preisausschreiben: Selbsttätige Kupplung der Brems- und Heizungsleitungen bei Eisenbahnen. — Literatur: Die Kugellager und ihre Verwendung im Maschinenbau. Eingegangene literarische Neuigkeiten.

Band 64.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 13.

Die Kugellager und ihre Verwendung im Maschinenbau.¹⁾

von Ingenieur W. Ahrens, Winterthur.

Die Betriebsbrauchbarkeit des heutigen Präzisionskugellagers beruht in erster Linie auf der Verwendung vorzüglicher Materialien von absolut gleichmässigem Gefüge und hoher Belastungsfähigkeit, auf richtiger Formgebung der Laufrollen, auf den hohen Genauigkeitsgraden der Kugeln und Laufringe, sowie auf dem richtigen Einbau der Kugellager in die Gehäuse. Das Material ist von ausserordentlichem Einfluss auf die Tragfähigkeit des Lagers. Ein Lager aus gehärtetem Chromstahl kann beispielsweise etwa zwanzigmal so hoch belastet werden, als ein gleichartiges Lager aus ungehärtetem Flusseisen. Neben dem Material spielt die Form der Lager eine sehr wesentliche Rolle, da von ihr Tragfähigkeit und Verschleiss abhängen. Da sich die Kugeln, sobald das Lager belastet wird, in die Laufbahnen eindrücken und Formänderungen sowohl der Kugeln wie auch der Laufbahnen unvermeidlich sind, ist ein theoretisch genaues Abrollen nicht möglich.

Der Einfluss der Kugelaufgeläche ist aus Abb. 1 ersichtlich. Bei gleicher Belastung der Kugeln ist in den drei zum Vergleich herangezogenen Fällen die Flächenpressung gleich. Wenn also zwei gegeneinander gedrückte, gleich grosse Kugeln derselben Flächenpressung ausgesetzt werden sollen, wie eine gegen eine ebene Fläche gedrückte Kugel, so muss im ersteren Fall ihr Querschnitt viermal so gross sein als im letzteren und der Querschnitt der gegen die ebene Fläche gedrückten Kugel muss bei gleicher Flächenpressung 2,52 mal so gross sein als der Querschnitt der gegen eine mit $d_1 = 2,7 d$ kugelig ausgedehnten Pflanze gedrückten. Die in Abbildung 1 angegebenen Zahlen $1/4$, 1 und 2,52 sind die sog. *Anschmiegungsfaktoren*, aus denen der Einfluss der Form auf die Belastungsfähigkeit ersichtlich ist. Bei Laufringsystemen pflegt man die Laufrollen eng an die

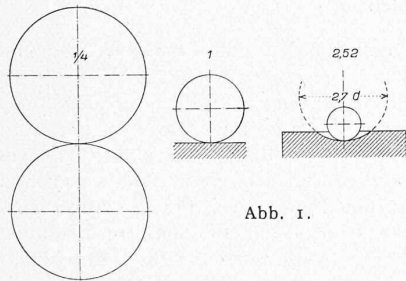


Abb. 1.

Kugeln sich anschmiegen zu lassen, d. h. den Laufrillradius etwa gleich dem 1,1-fachen Kugelradius anzunehmen; bei Stützkugellagern nimmt man diesen zu etwa 1,2 bis 1,5 des Kugelradius an.

Die Belastung eines Stützkugellagers bestimmt sich, wenn n die Kugelzahl, d der Kugeldurchmesser und k ein aus der Erfahrung angenommener Koeffizient ist, aus

$$P = n \cdot k \cdot d^2$$

und die Belastung eines Traglagers aus

$$P = 0,2 \cdot n \cdot k \cdot d^2$$

Wenn d in cm eingesetzt wird, schwankt k bei Traglagern von 5 bis 200, je nach den Betriebsverhältnissen der Lager²⁾.

Eine wesentliche Eigenschaft des Kugellagers und überhaupt der rollenden Reibung besteht darin, dass der

Reibungskoeffizient der Ruhe gleich dem Reibungskoeffizienten der Bewegung ist. Ein auf Kugellagern ruhender Eisenbahnwagen kann daher beispielsweise mit ausserordentlich geringen Kräften in den Zustand der Bewegung versetzt werden. Wie gross in dieser Beziehung die Unterschiede sind, ergibt sich aus der Gegenüberstellung der betreffenden Reibungskoeffizienten; dieser beträgt beim Kugellager 0,0011 bis 0,0014, beim Gleitlager etwa 0,14. Im Augenblick des Anlaufens treten im Gleitlager also 100 mal grössere Widerstände als im Kugellager auf.

Eine weitere wichtige Eigenschaft des Kugellagers ist die nur unwesentliche Schwankung des Reibungskoeffizienten bei den verschiedensten Geschwindigkeiten und den verschiedensten Belastungen. Die Kugellager stehen auch hier im Gegensatz zu den Gleitlagern, deren Reibungskoeffizienten in sehr starkem Masse von der Geschwindigkeit, der Flächenpressung, den Temperaturen und dem Einlaufen abhängig sind. Die Verhältnisse der Gleitlager werden beispielsweise sehr deutlich durch die in Abbildung 2 wiedergegebenen Kurven dargelegt. Die 8 Uml/min machende Gleitlagerwelle hat bei rund 1 kg/cm^2 Flächenpressung ihren günstigsten Reibungskoeffizienten; bei einer Belastung von 4 kg/cm^2 beträgt dieser schon 0,045, also etwa das zehnfache. Er steigt jedoch, wie die Kurve zeigt, nicht nur bei Erhöhung, sondern auch bei Verminderung der Last. So hat eine Druckverminderung von 1 kg/cm^2 auf $0,3 \text{ kg/cm}^2$ seine Vergrösserung auf das dreifache zur Folge. In der Praxis ist es daher in den wenigsten Fällen möglich, ein Gleitlager so zu gestalten, dass es wirklich die günstigsten Reibungsverhältnisse aufweist.

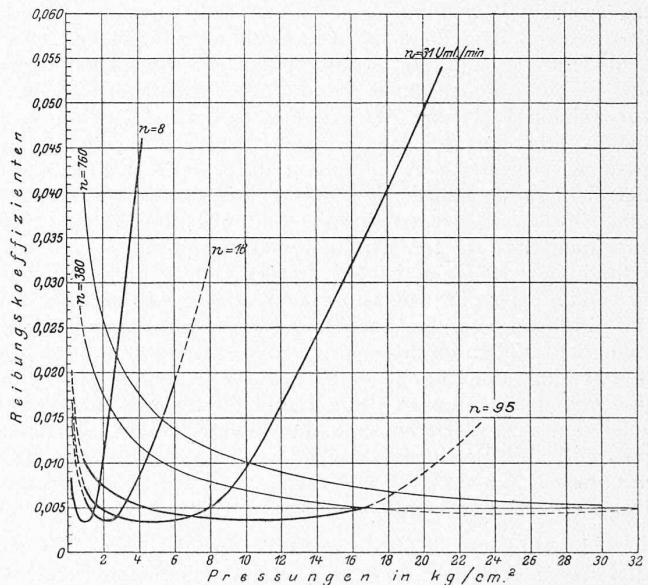


Abb. 2. Veränderung des Reibungskoeffizienten von Gleitlagern bei verschiedenen Pressungen und Umlaufzahlen.

Aus den vorerwähnten Eigenschaften erklärt es sich, dass die Vorzüge des Kugellagers als kraftsparendes Element besonders ins Gewicht fallen für die Lagerung von Wellen mit wechselnder Umlaufzahl und wechselnden Drucken, sowie für die Lagerung von Wellen, die sich aus andern Gründen überhaupt nicht einlaufen können.

Anwendungsgebiete des Kugellagers.

Zu den wichtigsten Anwendungsgebieten des Kugellagers gehören heute die Transmissionswellen, Schneckengetriebe, Kreiselpumpen und Wasserturbinen, Krane, kleinere

¹⁾ Auszug aus einem Vortrag, gehalten im Technischen Verein Winterthur, Sektion des S. I. A. V. am 3. April 1914.

²⁾ Näheres über die Berechnung der Kugellager siehe: W. Ahrens „Die Kugellager und ihre Verwendung im Maschinenbau.“ Heft 4 der „Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau.“ Verlag von Julius Springer 1913 (vergl. unter Literatur, Seite 154 dieser Nr.).

Elektromotoren, Werkzeug- und Holzbearbeitungsmaschinen, Textilmaschinen und Schienenfahrzeuge usw.; auch zur Aufnahme der zum Teil sehr bedeutenden Drucke der Schraubenwellen von Schiffen werden Kugellager benutzt, besonders wenn, wie beispielsweise im Kriegsschiffbau (Unterseeboote), die Platz-, Gewichts- und Energieersparnis von grosser Wichtigkeit ist. Auf sämtliche Anwendungsgebiete näher einzugehen, würde zu weit führen. Es sollen hier nur einige davon näher behandelt werden, die in der Schweiz in hervorragender Weise entwickelt wurden.

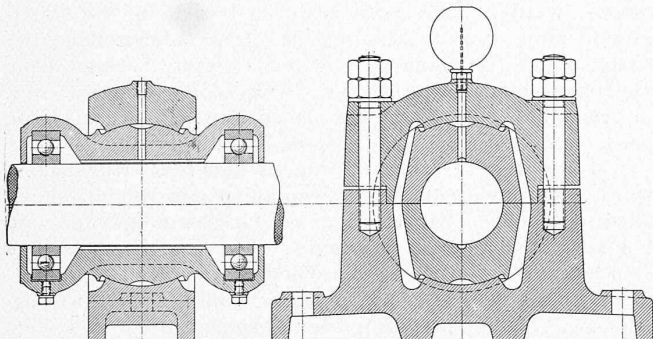


Abb. 3. Transmissionslager von J. Schmid-Roost A. G., Oerlikon.
Masstab 1 : 10.

Inbezug auf die Transmissionswellenlager, denen wegen der schweren Auswechselbarkeit im Fall von Defekten zumeist starkes Misstrauen entgegengebracht wird, dürfte es interessieren, dass einzelne Firmen Kugellager in sehr grossem Umfang verwenden; so laufen z. B. in dem neuen Werk Oberwinterthur der Firma Gebrüder Sulzer A.-G. sämtliche Transmissionswellen auf Kugellagern. Es handelt sich dort um über 500 Transmissionskugellager, sowohl für Transmissionsstränge (50 bis 60 mm Bohrung), als für Vorgelege (30 bis 50 mm Bohrung), die vorwiegend von den Kugellagerwerken J. Schmid-Roost A.-G., Oerlikon, zum Teil von den Schwed. Kugellagerfabriken Gothenburg stammen. Verschiedene Transmissionsstränge haben bis 30 Lager, wobei nur je ein Lagergehäuse mit doppeltwirkendem Stützlager zur axialen Fixierung der Welle versehen ist; die übrigen haben alle auf der Welle axial verschiebbare Lauf ringsysteme. Diese in Abbildung 3 dargestellte Konstruktion hat sich gut bewährt. Dort, wo Lager hohen Belastungen und Stössen ausgesetzt sind, besteht wohl die Gefahr, dass sich nicht fixierte Innenringe allmählich in die Wellen einschneiden. Dagegen ist bei den einfachen Belastungsverhältnissen der Transmissionslager diese Ausführung, wie die Erfahrung gezeigt hat, ohne Bedenken. Wenn die Gefahr der Wellendurchbiegung gross ist, empfiehlt sich die Verwendung der Kugellager der Schwed. Kugellagerfabriken, die sich durch eine kugelige Laufbahn im Aussenring auszeichnen. Die letztere gibt den Ringen die Möglichkeit, während des Betriebes dauernd zu schwenken, ohne dass mit diesen Schwenkungen Verklebungen der Ringe und Kugeln verbunden sind.

In ähnlicher Weise wie für Transmissionswellen hat sich das Kugellager auch auf andern Gebieten (Kreiselpumpen, Zentrifugen, Textilmaschinen) trotz der ursprünglichen Vorurteile dauernd einzuführen vermocht. Abbildung 4 zeigt die Spezialkonstruktion einer Sulzer-Hochdruck-Zentrifugalpumpe, bei der der Tragdruck durch ein Lauf ringsystem aufgenommen wird, während für die axiale Führung der Welle ein Stützkugellager dient. Die Welle ist hydraulisch ausgeglichen, sodass das Lager keine dauernd nach einer Richtung hin wirkende Axialdrücke aufzunehmen hat. Das Lager ist durch Einbau in einen besondern Support von den Wasserräumen der Pumpe getrennt und durch gute Dichtung vor dem Zutritt von Spritzwasser und Staub geschützt. Lauf ringsysteme und Stützkugellager sind durch eine gemeinsame Mutter mit Hilfe von Distanzrohren fixiert. Eine richtige Einstellung der stillstehenden Stütz-

kugellageringeringe ist durch die ballige Ringform und die ballige Unterlagplatte ermöglicht.

Seit mehreren Jahren hört man gelegentlich auch von der Verwendung von Stützkugellagern im Wasserturbinenbau. Den meisten Firmen fehlte es jedoch anscheinend an dem nötigen Vertrauen zu diesen Lagern, und diejenigen, die sich auf diesem Gebiet versuchten, haben ihre Erfahrungen möglichst geheim gehalten. Nur von grossen Anlauf-Rollenlagern ward inbezug auf die grossen Turbinen der Niagarafall-Power Co. näheres bekannt.

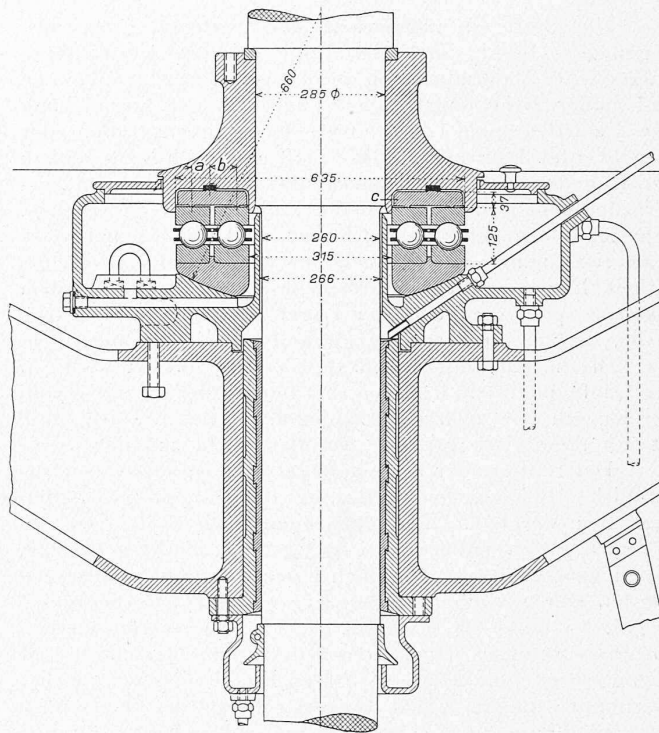


Abb. 5. Turbinen-Traglager für 40 t, J. J. Rieter & Cie. A.-G., Winterthur. — 1 : 15.

In der Verwendung der Kugellager für Wasserturbinen ist die A.-G. vorm. J. J. Rieter & Cie. in Winterthur besonders bahnbrechend vorgegangen. Schon im Jahre 1907 hat sie in eine vertikale Turbiné mit 300 Uml/min und 6000 kg Stützdruck ein Stützkugellager eingebaut. Diesem ersten Lager folgten verschiedene andere von noch wesentlich höheren Belastungen, unter denen drei für die 2000 PS-Turbinen des Elektrizitätswerks am Oelberg in Freiburg (Schweiz) ausgeführte Lager besonderes Interesse verdienen (Abbildung 5). Die Lager laufen bei 25 000 kg Normal- und 40 000 kg Maximallast mit einer Geschwindigkeit von 187,5 Uml/min. Die Anwendung nur eines Stützkugellagers für 40 000 kg Belastung wäre hier infolge seiner sehr grossen Abmessungen nicht empfehlenswert gewesen. Es wurden daher zwei Lager verwendet. Die entsprechende Konstruktion ist von der genannten Firma in Gemeinschaft

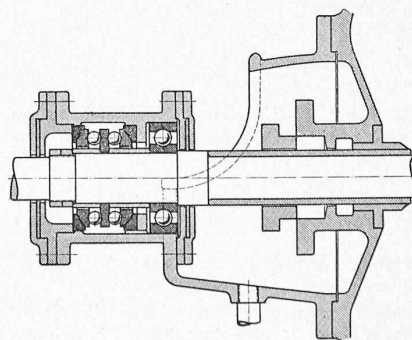


Abb. 4. Lager zur Zentrifugalpumpe von Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur.

mit den Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken, welche die Kugellager lieferten, entworfen worden. Sie kennzeichnet sich durch die Verwendung von zwei konzentrisch angeordneten Stützkugellagern und die aus Flachstahl hergestellten Lastverteilungssegmenten C, welche letztere die Belastung auf die

beiden Lager nach Massgabe ihrer Tragkraft verteilen. Um eine gleichmässige Verteilung zu erreichen, sind die Segmente so hergestellt, dass die Hebellängen a und b sich umgekehrt wie die Kugelzahlen der beiden Stützkugellager verhalten. Die Lagergehäuse sind aus Stahlguss, die Segmente aus Flusstahl. Das Lager sitzt zwischen dem elektrischen Generator und der darunter liegenden Turbine, und hat nur das Gewicht des Turbinenrotors aufzunehmen. Bezüglich der spezifischen Kugelbelastung ist zu sagen, dass die beiden Lager zusammen 42 Kugeln von $2\frac{1}{2}'' = 63,5 \text{ mm}$ Durchmesser enthalten, sodass bei einer Belastung von 40000 kg eine spezifische Kugelbelastung von $k = \frac{40000}{6,35^2 \cdot 42} = 24$ (Kugeldurchmesser in cm) auftritt. Die Stützkugellager können mit Hilfe des balligen Unterlagers der Belastung entsprechend eingestellt werden; sie haben eine von denjenigen des Halslagers gesonderte Schmierung (Oelbad).

Die Turbinen sind schon seit über drei Jahren im Betrieb. Die Kugellager haben sich bisher ausgezeichnet bewährt und es konnten auch keine merkbaren Spuren eines Verschleisses festgestellt werden.

Bei dem in Abbildung 6 dargestellten Lager einer horizontalen 1700 PS-Rieter-Turbine, von der drei Stück in einer Anlage in Südfrankreich zur Aufstellung gekommen sind, ist darauf Bedacht genommen, dass eine genau zentrische Lage der Stützkugellager bei horizontalen Wellen sehr schwer erreichbar ist. Das Kugellagergehäuse wurde als eine vom Gleitlager unabhängige Konstruktion ausgeführt, durch ein eigenes Traglager auf der Welle zentriert und mit Hilfe von zwei aus dem Gleitlager herausragenden, verhältnismässig langen und durchbiegungsfähigen Stehbolzen axial fixiert.

Durch Unterlegen von federnden Scheiben unter die Muttern wird noch eine grössere Nachgiebigkeit des Kugellagergehäuses erreicht. Diese Anordnung gibt eine weitgehende Gewähr für eine richtige Einstellung der Stützkugellager. Da das Stützkugellagergehäuse noch durch besondere Gleitlager auf der Welle zentriert ist, äussern sich etwaige Durchbiegungen der Stehbolzen nicht als Axialbelastungen der Stützlager. Die Verwendung der federnden Unterlagscheiben war um so mehr angängig, als es sich nicht gerade um eine grosse Belastung, dafür aber um eine verhältnismässig hohe Tourenzahl handelt, wo eine genaue Zentrierung von Wichtigkeit ist. Die Belastung beträgt 3000 kg, die Tourenzahl pro Minute 750. Die spezifische Flächenpressung ist somit bei neun Kugeln von $1\frac{3}{4}'' = 44,5 \text{ mm}$ Durchmesser

$$k = \frac{3000}{4,45^2 \cdot 9} = 167,$$

Kugeldurchmesser in cm.

In Abbildung 7 ist die Lagerung der hängenden Welle

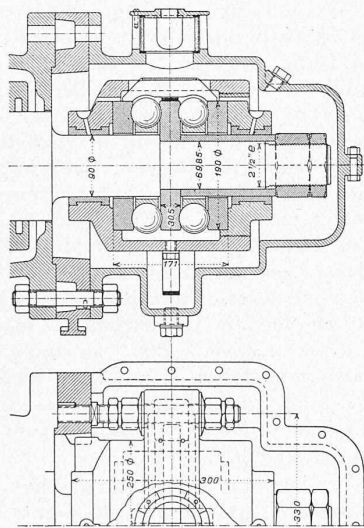


Abb. 6. Nachgiebig aufgehängtes Turbinen-Stützlager (750 Uml/min) von J. J. Rieter A.-G., Winterthur. — 1:10.

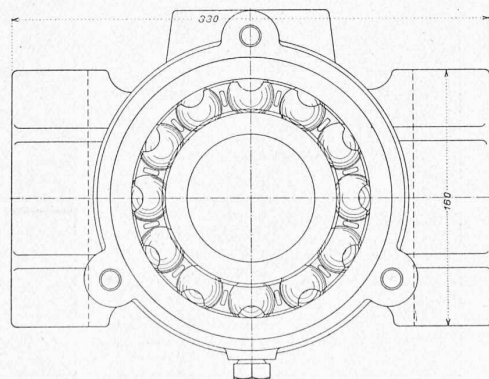


Abb. 8. Eisenbahn-Achslager der Kugellagerfabrik J. Schmid-Roost A.-G., Oerlikon. — 1:5.

einer zweistufigen Francis-Turbine von 18 PS Leistung und 485 Uml/min dargestellt. Die ebenfalls von der A.-G. J. J. Rieter & Cie. (für die L. von Roll'schen Eisenwerke) ausgeführte Konstruktion bietet Interesse durch die sinnreiche Art der Schmierung. Wegen Platzmangel musste nämlich das Lager so gedrungen als möglich ausgeführt werden, sodass die Verwendung eines sogenannten Oelstandsrohres, mit Oelbad nicht in Frage kam. Als Ersatz wurde kontinuierliche Schmierung von dem unter dem Gehäuse liegenden, als Oelbehälter ausgebildeten Kegelrad aus vorgesehen. Das Oel kreist mit dem Kegelrad gemeinsam und das Oelrohr ist so gebogen, dass fortwährend ein Teil des in Bewegung befindlichen Oeles auf Grund der Massenwirkung durch das Rohr gedrückt wird. Das Lager, das eine Last von 1600 kg aufzunehmen hat, läuft seit 1909 anstandslos.

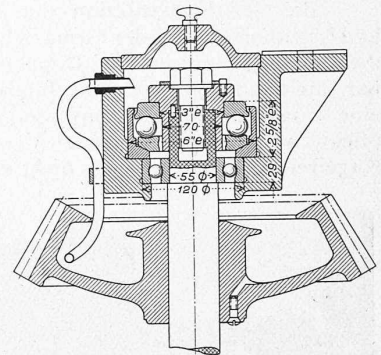
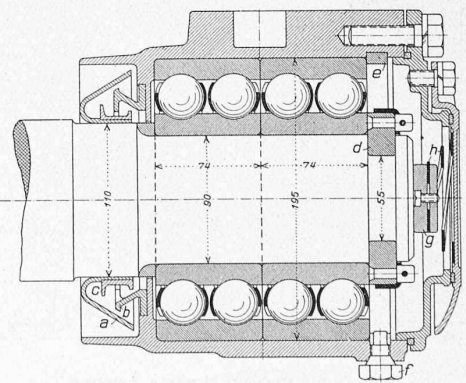


Abb. 7. TurbinenTraglager mit Zirkulationsschmierung. — 1:10. J. J. Rieter & Cie. A.-G., Winterthur.

Die Einführung der Kugellager bei Schienenfahrzeugen ist bei den Eisenbahnverwaltungen auf bedeutenden Widerstand gestossen, weil deren Einführung sehr weitgehende Konsequenzen hat. Die Anforderungen in bezug auf Betriebssicherheit sind im Eisenbahnbetrieb sehr hoch. Ob das Kugellager diesen Ansprüchen genügen wird, ist insbesondere bei den schnelllaufenden, hoch belasteten Personenwagen der Staatsbahnen noch nicht völlig geklärt. Die meisten Versuche, Kugellager für Strassenbahnen einzuführen, scheiterten daran, dass die Kugellager sich als nicht hinreichend widerstandsfähig erwiesen, und dass vermeintlich der Energiegewinn gering sei. Da es sich bei den ersten Ausführungen meistens um den Umbau vorhandener Strassenbahnwagen handelte, bei denen nicht genügend Platz für die errechneten Kugellager zur Verfügung stand, waren die Lager auch zu hoch belastet, zumal man die Stösse unterschätzt hatte. Selbst die Kugellagerfabriken schienen davon überzeugt zu sein, dass die Kugellager für Schienenfahrzeuge ungeeignet seien. Nun hat sich aber in neuester Zeit gezeigt, dass sie durchaus brauchbar sind, und heute werden sie in der Schweiz, vereinzelt auch im Ausland, in grossem Masstab angewendet.

Die Durchbildung eines Lagers, das einerseits trotz sehr geringen Raumbedarfes grosse Tragfähigkeit besitzt, andererseits den Ansprüchen in bezug auf Dichtung gegen Staub, Wasser und Schmutz in hervorragender Weise genügt, ist das besondere Verdienst der Kugellagerwerke J. Schmid-Roost A.-G., Oerlikon. Gerade die Abdichtung spielt, wie die Erfahrungen gezeigt haben, eine sehr wesent-



liche Rolle. Bei den Fahrzeugen, die mit den sonst im Kugellagerbau üblichen Abdichtungen ausgerüstet waren, machte sich nämlich schon nach verhältnismässig kurzer Zeit auf Grund hineingedrungenen Staubes oder Wassers ein Zerschleifen bzw. Verrosten der Kugellager bemerkbar. Es muss eben berücksichtigt werden, dass während des Fahrens durch den Luftzug und die Luftwirbelung, die z. T. durch die Bewegung im Kugellager selber entsteht, von aussen Staub angesaugt wird, weshalb sehr zuverlässige Abdichtungen erforderlich sind.

Bei der Konstruktion der Kugellager für Strassen- und Eisenbahnwagen der Firma Schmid-Roost bietet zunächst die Verwendung von zwei Doppelrillenlagern, die unmittelbar aneinander gerückt sind, Interesse. Es entsteht dadurch eine Konstruktion, die sonst gerade vermieden zu werden pflegt, weil die gleichmässige Verteilung der Last auf vier Kugelreihen nebeneinander nicht erreichbar zu sein scheint.

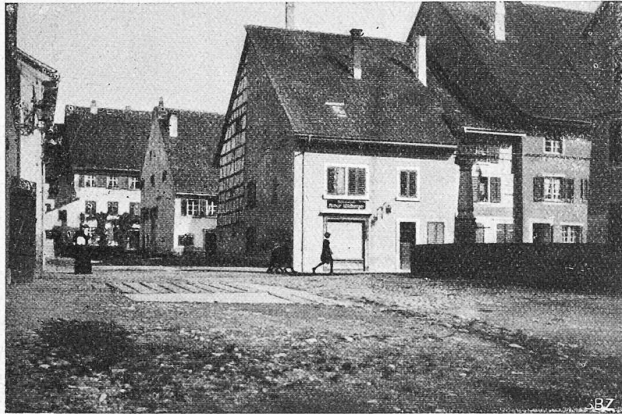


Abb. 13. Westliche Querstrasse im schaffhausischen Neunkirch.

Dort, wo die Wellen grosser Durchbiegung ausgesetzt sind, und wo im übrigen der Platz ausreicht, um statt der vier Laufrillen zwei zu verwenden, ist auch in der Tat die Vermeidung dieser Konstruktion angebracht. Der vorliegende Fall bietet aber nun gerade ein Beispiel dafür, wie bedenklich Verallgemeinerungen sind. Bei dem Lager nach Abbildung 8 wird durch die Verwendung von vier Kugelreifen mit praktisch noch zulässigen Kosten ein sehr tragfähiges Lager erhalten, das wegen des kleinen Lager-Durchmessers im verfügbaren Raum leicht unterzubringen ist. Dabei steht diesem Vorteil der vorhin erwähnte Nachteil der ungleichmässigen Lastverteilung nicht gegenüber. Zunächst vermag sich nämlich wegen der Nachgiebigkeit der Wagenfedern das Lagergehäuse im Wagenrahmen ohne Schwierigkeit zu drehen und sich so einzustellen, dass beide Doppelrillenlager ungefähr gleich hoch belastet sind. Aber auch die beiden Rillen eines Laufringes werden ungefähr gleich

hoch belastet. Sie sind es selbst genau, so lange sich die Wellen nicht durchbiegen. Bei mässiger Durchbiegung könnten allenfalls die beiden äusseren der vier neben einander liegenden Laufbahnen anders belastet sein, als die beiden innern. Erfahrungsgemäss biegen sich die Eisenbahnachs-Zapfen aber nur sehr wenig durch. Daher lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass von den vier Kugelreihen nicht nur zwei tragen, sondern dass auch die beiden andern noch in starkem Masse an der Aufnahme der Last teilnehmen. Durch die Verwendung von vier Kugelreihen ist natürlich eine so gedrungene Konstruktion erreicht, dass ein sehr niedriger Belastungskoeffizient gewählt werden kann, worauf auch ein Teil des mit diesen Lagern erzielten Erfolges zurückzuführen ist.

Was nun die Staabdichtung anbetrifft, so geht diese aus der Abbildung hervor. Am äussern Ende ist das Gehäuse vollkommen geschlossen; nach innen wird die Wellendurchdringung des Gehäuses durch eine Reihe von Dichtungsringen so geschützt, dass Fremdkörper oder Flüssigkeit durch den äussern Ring abgeschleudert werden und die abgetropfte Flüssigkeit leicht wieder abfliessen kann. Wenn trotzdem Teile bis an das Innere des Ringes *a* gekommen und von dort auf den Ring *c* getropft oder geschleudert sein sollten, wird beim Ring *c* wiederum ein Abschleudern erfolgen. Ausserdem ist die Formgebung der Ringe *b* und *c* so getroffen, dass auch das Abfliessen leicht möglich ist. Eine zuverlässige und billige Fixierung der Laufringsysteme auf der Welle ist dadurch erreicht, dass diese an ihrem Ende einen Einschnitt besitzt, über den ein zweiteiliger Ring *d* geschoben wird, der wiederum durch leichte Blechschellen zusammengehalten ist. Am Aussenring sind die Laufringsysteme durch einen ebenfalls mehrteiligen in das Gehäuse eingesetzten Ring *e* befestigt. Die Segmente des dreiteiligen Ringes werden an einer Stosstelle durch eine Stellschraube *f* auseinander gehalten.

Da der Strom durch die Schienen abgeleitet wird, muss ein zuverlässiger Kontakt zwischen dem rotierenden

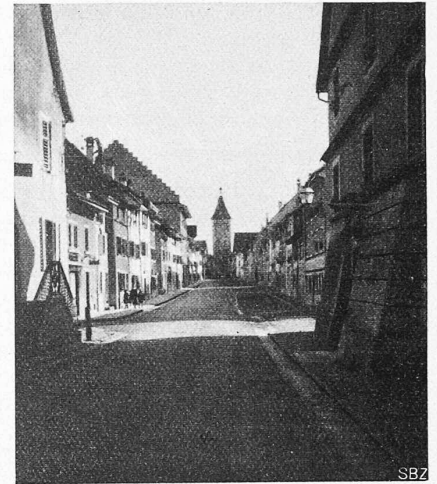


Abb. 14. Blick von West nach Ost durch Neunkirch.

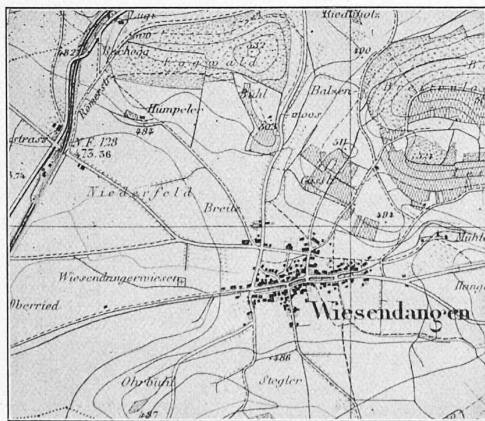


Abb. 7. Ein Bachdorf in offener Landschaft.

Mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie vom Januar 1914.

Alte Städtchen- und Siedlungsformen der Schweiz.



Abb. 8. Ausgesprochenes Strassendorf.



Abb. 9. Mittelalterliches Herbergstädtchen.

und dem festen Teil geschaffen werden. Die Berührungsflächen zwischen Kugeln und Laufbahn reichen zur Stromübertragung erfahrungsgemäss nicht aus. Wenn die Berührungsflächen sehr klein sind, besteht die Gefahr, dass das Schmiermaterial zersetzt wird. Um eine absolut zuverlässige Stromableitung zu erhalten, wurde daher ein besonderer Schleifkontakt *g* verwendet, der durch eine am Deckel befestigte kupferne Spiralfeder *h* gegen die Stirnfläche der Achse gedrückt wird.



Abb. 15. Oestliche Querstrasse in Neunkirch.

Die beschriebenen Lager, die für die verschiedenen Achsbuchsdurchmesser normalisiert sind, wurden bereits in grossem Masstab mit gutem Erfolg erprobt. Allein bei der Rhätischen Bahn laufen 300 Wagen, bei den Strassenbahnen in Zürich und Bern sowie bei der Berner Oberlandbahn je 60 Wagen auf diesen Kugellagern, und auch bei den Strassenbahnen in Basel, St. Gallen, Lausanne, Genf, Paris, Konstantinopel u. a. m. sind die Lager eingeführt.

Bemerkenswert ist die vielfach bei Versuchen gemachte Feststellung, dass anscheinend beim Betrieb von elektrischen Strassenbahnen durch die Kugellager keine Energieersparnis eintritt. Es darf wohl angesichts der sehr zuverlässigen Untersuchungen inbezug auf die Zugkraft, die von der Preussischen Staatseisenbahn und von anderer Seite angestellt worden sind, ohne weiteres angenommen werden, dass die im Betrieb von elektrischen Bahnen gemachten ungünstigen Feststellungen Trugschlüsse sein müssen. Es ist denn auch wohl möglich, dass beispielsweise der Motor auch bei Verwendung von Kugellagern während des Anfahrens ebensoviel Strom aufnimmt, als bei Verwendung von Gleitlagern, dass aber das Anfahren viel schneller vor sich geht. Hiermit stimmt auch die Beobachtung überein, dass die Wagenführer in der ersten Zeit sich erst an die Kugellagerwagen gewöhnen müssen, da diese leichter und plötzlicher anfahren, als die ihnen vertrauten Gleitlagerwagen. Wegen der ausserordentlich viel geringeren Widerstände beim Anfahren darf die Annahme zu Grunde gelegt werden, dass es möglich sein muss, die Stromstösse

beim Anfahren wesentlich zu vermindern. Bei kleineren Betrieben, wo nur wenige Wagen gleichzeitig verkehren, kann die Verminderung der Stromstösse auch wohl eine Einschränkung oder Beseitigung der Pufferbatterien zur Folge haben.

Die vorerwähnten Untersuchungen der Preussischen Staatseisenbahnen ergaben folgende Resultate:

Zugkräfte beim Anziehen

	Gewicht in kg	Anzugskraft in kg	
		Gleitlager	Kugellager
1. Wagen . . .	16130	350	25
2. Wagen . . .	17020	400	40
Beide Wagen . .	33150	448	63

Die Messungen auf der Strecke ergaben bei 40 km/h Geschwindigkeit für die Kugellagerwagen 88 kg und für

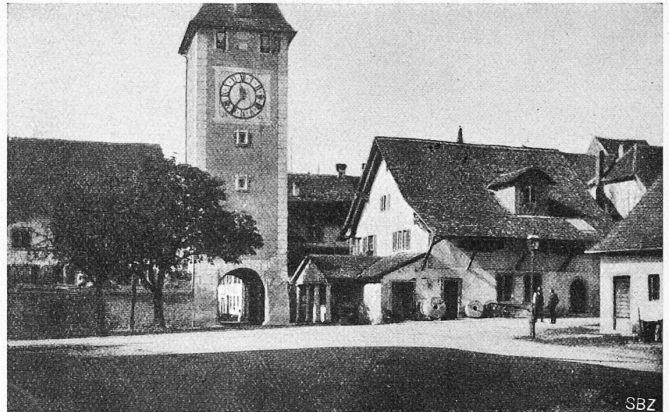


Abb. 16. Osteingang zum Städtchen Neunkirch mit Zollhäuschen.

die Gleitlagerwagen 98 kg. Es wurde also mit Kugellagern während der Fahrt 10% Energieersparnis erzielt. Während des Anfahrens sind die Widerstände der Gleitlagerwagen, wie die vorstehende Tabelle zeigt, 10 bis 14 mal so gross als diejenigen der Kugellagerwagen.

Die Schweizerstädte an der Schweiz. Landesausstellung in Bern 1914.

(Fortsetzung von Seite 8.)

Aus dem historischen Teil dieser vielseitigen Ausstellungsgruppe sei hier noch einiges über „die alten Städtchen und Siedlungsformen der Schweiz“ im Raum A (vergl. Abbildungen 1 und 3, Seite 8) mitgeteilt. Diese von Ingenieur Carl Jegher zusammengestellte Sammlung besteht aus Ausschnitten der Siegfriedkarten-Blätter, ergänzt durch

Aus der Kollektiv-Ausstellung des Schweiz. Städteverbandes.

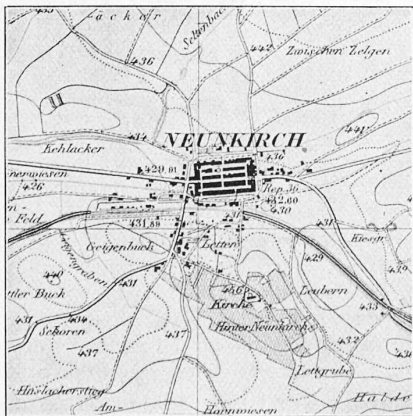


Abb. 10. Planmässige Gründung XIV. Jahrhundert.

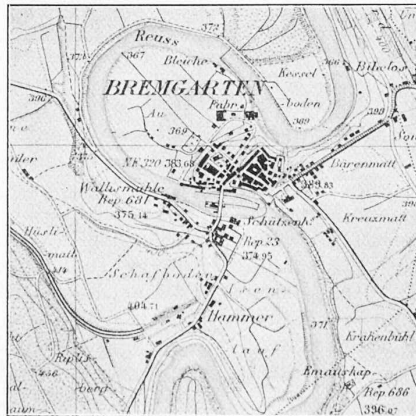


Abb. 11. Mittelalterliches Brückenstädtchen.

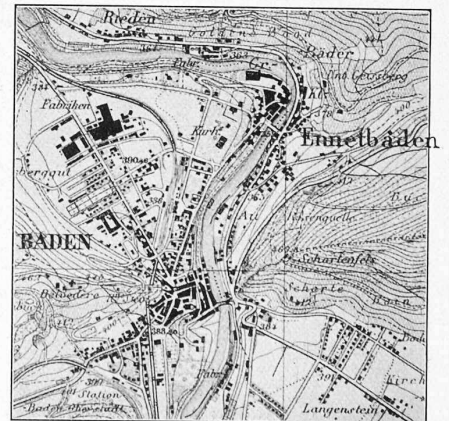


Abb. 12. Dreierlei: Altrömischer Badeort; Wehrhaftes Brückenstädtchen im Mittelalter; Neuzzeitliche Industriesiedlung an der Bahn.