

# Stromdurchgang in einem Wälzkontakt

Autor(en): **Botö, Per Arne**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70579>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

das heisst, die Spannung an den Lagern darf unter keinen Umständen 0,4 bis 0,8 V übersteigen. Andererseits hat man aber auch keine Gewähr gegen das Auftreten von Stromschäden, wenn die Spannung kleiner als die angegebenen Werte ist.

Eine niedrige Spannung am Lager erreicht man meist mit Hilfe eines geeigneten Schmiermittels. Man muss aber bei der Schmiermittlwahl einen Kompromiss schliessen zwischen der Forderung nach einem dünnen Schmiermittelfilm, der den Stromdurchgang erleichtert, und einem ausreichend tragfähigen Film, der die mechanische Zerstörung des Lagers verhindern soll.

Wenn ein vom Gesichtspunkt des Stromdurchganges aus geeignetes Schmiermittel aus irgendwelchen Gründen nicht verwendet werden darf, kann man durch eine Nebenschlussverbindung ver-

hindern, dass die Spannung im Lager die genannten Werte übersteigt [6]. Mit Strombrücken, die Bürsten aus Bronzekohle enthalten, bleibt der Spannungsabfall kleiner als 0,3 V. Manchmal werden Wälzlager auch so eingebaut, dass mehrere Lager elektrisch gesehen parallel geschaltet sind. Die Kurzschlussspannungen (Frittspannungen) der einzelnen Lager sind jedoch verschieden, weshalb unter Umständen ein einziges Lager den gesamten Strom aufnehmen muss. Dies führt innerhalb kurzer Zeit zur Lagerzerstörung. Um den Strom gleichmässig zu verteilen und dadurch die Entstehung ernsterer Stromschäden soweit wie möglich hinauszuschieben, kann man einen Widerstand von 0,05 bis 0,10  $\Omega$  zu jedem Lager in Serie schalten. Versuche an Eisenbahn-Rollenachslagern bestätigten die gute Wirkung dieser Schutzmassnahmen.

## Stromdurchgang in einem Wälzkontakt

DK 621.822.8.004.64

Von Per Arne Botö, Göteborg

Die Gefahr von Stromschäden in einem von elektrischem Strom durchflossenen Lager vermindert sich, wenn die Spannung am Lager unterhalb eines bestimmten Wertes gehalten werden kann. Mehrjährige Laboratoriumsversuche über den Stromdurchgang durch Lager und praktische Erfahrungen mit durch Strom beschädigten Lagern deuten darauf hin, dass das Schmiermittel hierbei eine nicht unbedeutende Rolle spielt, und dass die Spannung durch Verminderung der Dicke des Schmiermittelfilms begrenzt werden kann. Um diese Möglichkeit zu untersuchen und die im vorausgehenden Aufsatz aufgestellten Theorien zu belegen, wurde im Zentrallaboratorium der SKF ein Prüfstand mit Wälzkontakt entwickelt, in dem die Probleme des Stromdurchganges unter genau definierten Verhältnissen untersucht werden können.

### Die Versuchsausrüstung

Der Wälzkontakt besteht aus zwei verschiedenen grossen Zylinderrollenlager-Innenringen, Bild 7. Der Aussendurchmesser der Ringe beträgt 77 bzw. 38 mm. Der grössere Ring hat eine gerade Laufbahn, während der kleinere eine Balligkeit von 7  $\mu\text{m}$  je 10 mm aufweist. Die Umfangsgeschwindigkeit der Ringe 2 beträgt 4 m/s. Dies entspricht der Umfangsgeschwindigkeit einer Rolle in einem Eisenbahn-Rollenachslager bei einer Zuggeschwindigkeit von 100 km/h. Der Strom wird der Kontaktstelle über Schleifringe 4 und zwei parallel geschaltete Bürsten 3 je Schleifring zugeführt. Mit Hilfe eines Druckkolbens 1 kann die Belastung verändert werden.

Bei den Versuchen wurde die Spannung am rotierenden Kontakt mit Hilfe eines motorgetriebenen Potentiometers in sechs Sekunden linear von null auf sechs Volt gesteigert. Die Stromstärke wird vom Widerstand im Kontakt und in den Zuleitungen, sowie einem 1- $\Omega$ -Widerstand begrenzt, über dem der Strom gemessen wird, Bild 8.

Alle früheren Untersuchungen über die Erscheinungen des Stromdurchganges, bei SKF und anderswo, galten kompletten Lagern. Die Ergebnisse wurden in Form von Kurven vorgelegt, in denen die Spannung als eine Funktion der Stromstärke aufgezeichnet war. Wenn man jedoch dazu übergeht, die Verhältnisse nur in einem Wälzkontakt zu untersuchen, so findet man, dass die oben erwähnte Art der Darstellung oft schwer zu deuten ist.

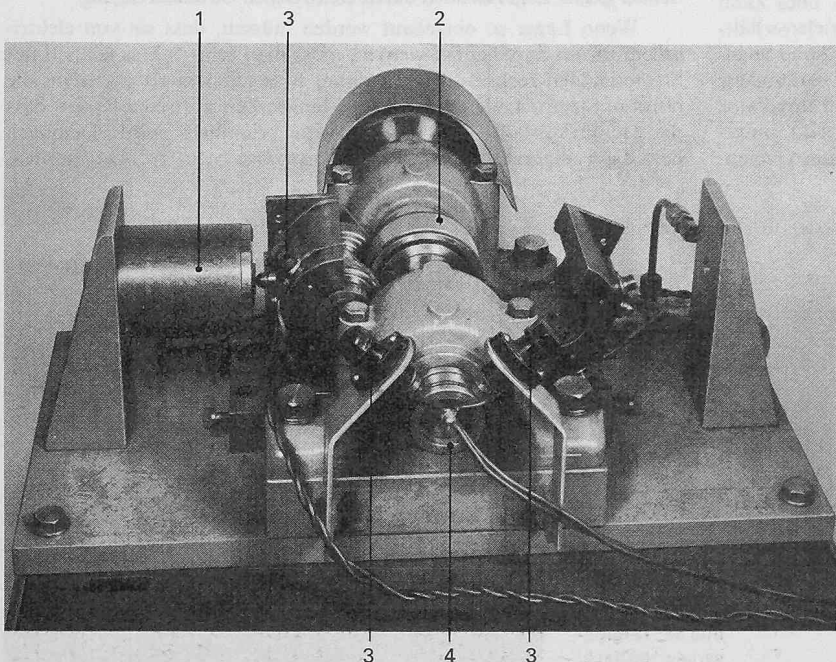
Alle Aufzeichnungen wurden daher mit einem Zweistrahl-Oszillographen gemacht, auf dem die Kurven Spannung und Stromstärke als Funktion der Zeit darstellen.

### Versuche und Ergebnisse

#### Einfluss der Viskosität

Nachdem der oben beschriebene Prüfstand fertiggestellt war, wurden systematische Untersuchungen mit Ölen eingeleitet. Es zeigte sich, dass die Spannung linear von null bis zu einer bestimmten Höhe, der sogenannten Frittspannung (Kurzschlussspannung) steigt. Die Stromstärke ist dabei gleich null. Wenn die Frittspannung erreicht ist, erhöht sich der Strom augenblicklich, während die Spannung gleichzeitig auf den Betrag der Frittspannung (Übergangsspannung) abnimmt. Während einer kurzen Übergangszeit wechseln Spannung und Stromstärke zwischen zwei Werten, das heisst der Stromkreis wird in kurzen Abständen unterbrochen und wieder geschlossen, was auf das Entstehen von Lichtbögen aus glühendem Metall im Kontakt zurückzuführen ist.

Die Messungen mit den Ölen ergaben, dass sich die Frittspannung mit der Viskosität änderte und, wenn letztere nicht zu hoch war, ein Zusatz von Graphit die Form der Strom-Spannungs-Kennlinie beeinflusste. Da jedoch die Mehrzahl der Wälzlager mit Fett geschmiert wird, wurde der Versuch mit etwa 100 Fettsorten mit ver-



Legende:

- 1 Druckkolben
- 2 Zylinderrollenlager-Ring
- 3 Bürsten
- 4 Schleifring

Bild 7. Prüfstand für die Untersuchung des Stromdurchganges in einem Wälzkontakt

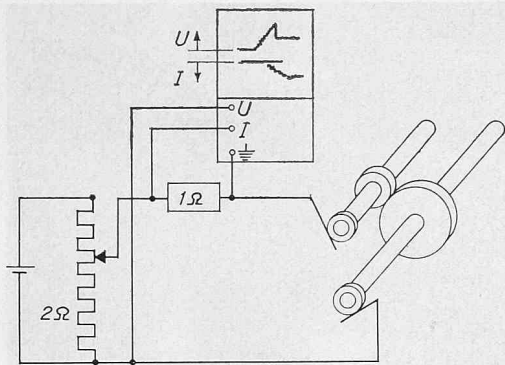
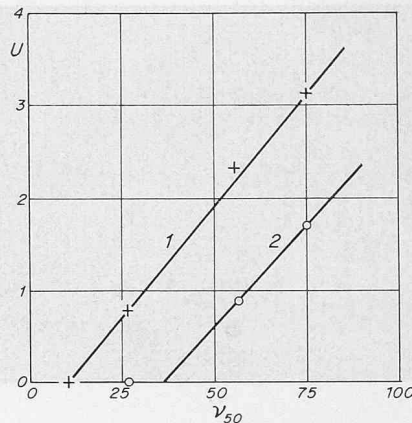


Bild 8 (links). Schaltschema für den Prüfstand nach Bild 7

Bild 9 (rechts). Graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Frittspannung  $U$  und Viskosität  $\nu_{50}$  des im Fett enthaltenen Grundöls nach Tabelle 1

- 1 für eine Betriebstemperatur von etwa 20 °C  
2 für eine Betriebstemperatur von etwa 50 °C



schiedener Grundöl-Viskosität fortgesetzt. In Tabelle 1 ist die in verschiedenen Fällen gemessene Frittspannung angegeben; aus Bild 9 geht hervor, dass ein nahezu linearer Zusammenhang mit der Viskosität des im Fett enthaltenen Öles besteht.

Bei erhöhter Temperatur vermindert sich die Viskosität des Grundöles und damit die Filmdicke. Die Frittspannung müsste dadurch niedriger werden, was auch durch die Versuche bewiesen wurde.

#### *Einfluss der Belastung*

Wenn die Belastung erhöht wurde, sank beim Versuch mit Fett A nach Tabelle 2 die Frittspannung. Angenommen, die Frittspannung wird erreicht, wenn sich eine bestimmte elektrische Feldstärke gebildet hat, dann muss nach der elasto-hydrodynamischen Schmiertheorie der Ausdruck  $U \cdot P^{0,13}$  konstant sein. Tabelle 2 zeigt, dass dies mit genügender Genauigkeit gilt.

#### *Versuche mit Wechselstrom*

Die bisher beschriebenen Versuche wurden mit Gleichstrom durchgeführt, und die erhaltenen Kurven sind unabhängig von der Stromrichtung.

Es interessiert auch, was geschieht, wenn der rotierende Kontakt von Wechselstrom durchflossen wird. Bei dem in Bild 10 gezeigten Versuch wird Wechselstrom von 50 Hz verwendet. Der grössere Ring dreht sich mit 750 U/min. Das bedeutet, dass er während einer Wechselstromperiode eine Viertelumdrehung macht. Nach vier Perioden hat der Ring also eine ganze Umdrehung gemacht, und alles Fett auf der Ringoberfläche war dem elektrischen Strom ausgesetzt.

Versuche mit dem Fett A zeigen, dass nach vier Perioden die Spannung (obere Kurve in Bild 10a) nur noch in Ausnahmefällen den Wert der Frittspannung bei Versuchen mit Gleichstrom erreicht. Aus der Stromkurve (untere Kurve) geht entsprechend hervor, dass während der ersten vier Perioden die Stromstärke zwischen null und dem Momentanwert der Sinuskurve pendelt. Danach folgt die Stromstärke nahezu vollständig dem Momentanwert. Die Lichtbogenbildung nimmt also ab, wenn das Schmiermittel einmal elektrischem Strom ausgesetzt war. Bisher gibt es für dieses Phänomen keine zufriedenstellende Erklärung. Eine Theorie nimmt an, dass die Lichtbögen das Schmiermittel erwärmen, wodurch sich mit der Viskosität des Grundöles auch die Frittspannung vermindert. Bild 10b zeigt das Ergebnis eines gleichen Versuches mit dem Fett D nach Tabelle 1. In diesem Falle folgt die Stromstärke ohne Unterbrechung dem Momentanwert.

#### *Art der Stromschäden bei Versuchen mit verschiedenen Schmiermitteln*

Nach der Entstehung des Stromschadenphänomens kann man zwei Arten von Schäden unterscheiden. Der Schaden, der am schnellsten

zur Lagerzerstörung führt, ist ein sogenannter Umhärtungsschaden, der in elektrisch isolierenden Kontaktflächen entsteht, zum Beispiel bei Verwendung von Schmiermitteln, die ein Grundöl mit hoher Viskosität enthalten. Der Schaden entsteht durch einen Lichtbogen bei Stromunterbrechung. Der Lichtbogen, dessen Dauer 10 bis 100  $\mu$ s beträgt, und der im verdunkelten Raum gut sichtbar ist, erwärmt den Stahl. Durch die nachfolgende schnelle Abkühlung erfolgt eine Umhärtung. Eine einzelne umgehärtete Zone hat einen Durchmesser von 5 bis 50  $\mu$ m je nach Stromstärke und Dauer des Lichtbogens. Eine grössere Anzahl solcher Krater führt zu einer Art Riffelbildung.

Eine andere Schadensart, der Anlassschaden, entsteht, wenn die Viskosität des im Fett enthaltenen Grundöles niedrig ist. Es bildet sich kein Lichtbogen, sondern der Strom durchläuft den Kontakt infolge des sogenannten quantenmechanischen Tunneleffekts in Verbindung mit Frittung. Dabei erwärmt sich der Stahl bis zur Anlassstemperatur, und die Oberfläche wird weich. Die Härte in den vom Lichtbogen umgehärteten Zonen beträgt 69 HRC, während die angelassene Zone, die das umgehärtete Material umgibt, eine Härte

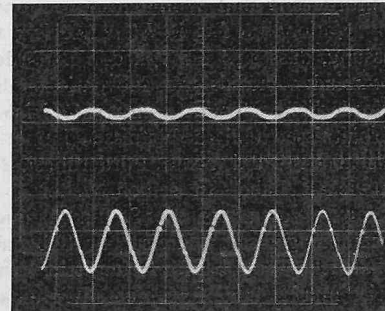
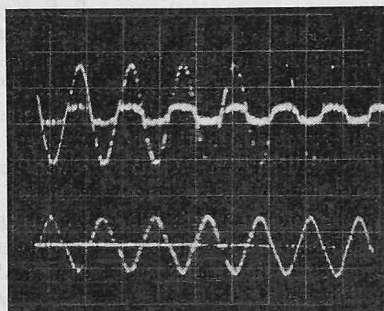
Tabelle 1. Gemessene Frittspannungen am Wälzkontakt-Prüfstand bei verschiedenen Fetten mit unterschiedlichen Viskositäten der Grundöle und bei verschiedenen Betriebstemperaturen

Fett	Konsistenz-Nr. nach NLGI	Ölviskosität bei 50 °C cSt	Frittspannung	
			bei 20 °C Volt	bei 50 °C Volt
A	3	75	3,1	1,7
B	3	56	2,3	0,9
C	2	27	0,8	0
D	2	10	0	0
E	2	7	0	0

Tabelle 2. Einfluss der Belastung auf die Frittspannung, ermittelt beim Versuch mit Fett A nach Tabelle 1

Belastung $P$ kp	Frittspannung $U$ Volt	$U \cdot P^{0,13}$
120	2,7	5,0
240	2,6	5,2
480	2,3	5,1
720	2,1	4,8

a (rechts): Fett A nach Tabelle 1, Grundöl-Viskosität 75 cSt  
b (rechts aussen): Fett D, Grundöl-Viskosität 10 cSt



Bilder 10a und 10b. Bei Versuchen mit Wechselstrom aufgezeichnete Spannungs- und Stromkurven

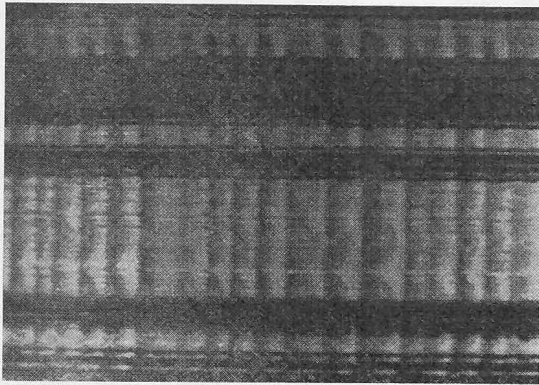


Bild 11 (links). Riffelbildung nach sechsständigem Stromdurchgang bei Verwendung des Fettes A nach Tabelle 1

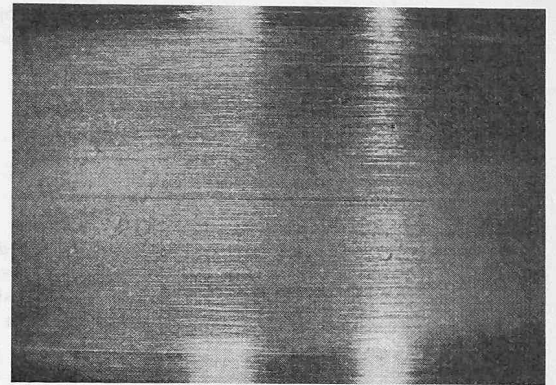


Bild 12 (rechts). Unbedeutender Lagerschaden nach rund zwanzigständigem Stromdurchgang bei Verwendung des Fettes E nach Tabelle 1

von 58 HRc, die Grundmasse eine Härte von 64 HRc aufweist. Der Versuch wurde mit einem Fett ausgeführt, dessen Grundöl eine Viskosität von 60 cSt hatte.

Der Anlassschaden entstand bei Verwendung eines Fettes mit der niedrigen Viskosität von 10 cSt. Die Härte in der angelassenen Zone ist 58 HRc, in der Grundmasse 64 HRc.

Bei normalem Anlassen müsste die Temperatur im Stahl eine Stunde bei 300 °C gehalten werden, um die genannte, niedrige Härte zu erhalten. Da derart lange Zeiten nicht in Frage kommen, muss die Temperatur an der Berührungsstelle bedeutend höher gewesen sein, wahrscheinlich etwa 500 °C.

Langzeitversuche mit Wechselstrom von 3 A unter Verwendung der bereits genannten Fettsorten bei 50 °C haben sehr verschiedene Stromschäden ergeben. Bereits nach einer Versuchsdauer von zehn Minuten wurde mit dem Fett A ein deutlicher Umhärtungsschaden festgestellt, und nach 6,5 h hatte der kleinere Ring eine deutliche Riffelbildung aufzuweisen (Bild 11). Mit dem Fett B entstand nach 6 1/2 h ein Anlassschaden, und nachdem sich der Kontakt dadurch verschlechtert hatte, bildeten sich einzelne Umhärtungsschäden. Auch mit den Fettsorten C und D entstanden am kleineren Ring Anlassschäden. Bei Verwendung des Fettes E wurde der Stahl auch nach 6 1/2 h noch nicht angegriffen. Der Versuch mit diesem Fett wurde um weitere 15 h verlängert; erst danach konnte ein sehr kleiner Anlassschaden festgestellt werden, Bild 12.

#### Schlusswort

Das Lichtbogenphänomen und die dadurch verursachten Umhärtungsschäden im Lager treten auf, wenn das Grundöl eine hohe Viskosität hat und das Schmiermittel eine verhältnismässig grosse Filmstärke aufweist.

Auch wenn die Viskosität des im Fett befindlichen Öles niedrig ist, entstehen bei Stromdurchgang Schäden, in diesem Fall infolge des Anlassens. Wenn die Kontaktflächen dadurch weich werden, sind sie wahrscheinlich mit einer isolierenden Schicht belegt; dies ist vom elektrischen Standpunkt aus gleichbedeutend mit einem dickeren Schmiermittelfilm. Man kann sich vorstellen, dass die Kontaktflächen dann ihre Eigenschaft ändern, so dass ernstere Schäden zu entstehen beginnen.

Enthält das Fett dagegen ein sehr dünnes Öl, etwa 7 cSt, und wird die Stromdichte mit Hilfe von Graphit vermindert, erhält man

wesentlich geringere Lagerschäden. Die Graphitteilchen sollen von der gleichen Grössenordnung wie die Schmiermittelschichtdicke zwischen den Kontaktflächen sein, damit die stromführende Fläche wirklich vergrössert wird; sie dürfen nicht so klein sein, dass sie im Film schweben. Nach diesen Richtlinien wurde das in Tabelle 1 aufgenommene Fett E speziell für SKF entwickelt. Für Lager, die Stromdurchgang ausgesetzt sind, erwies sich dieses Fett als überlegen gegenüber den besten bisher verfügbaren Sorten, weil mit ihm nicht so ausgedehnte und schwerwiegende Schäden entstehen.

Laboratoriumsversuche an kompletten Rollenlagern haben bestätigt, dass die in diesem Aufsatz beschriebenen Untersuchungen über die Eignung verschiedener Fettsorten bereits nach sehr kurzer Zeit eindeutige Ergebnisse bringen. Im Frühjahr 1967 begann SKF in Zusammenarbeit mit der Industrie und mit Verkehrsgesellschaften Betriebsversuche durchzuführen, um in grösserem Rahmen die Zuverlässigkeit des Prüfverfahrens zu ermitteln.

In den Laboratorien der SKF wird die umfassende Forschung auf diesem Gebiet fortgesetzt. Man beabsichtigt dabei, nicht nur eine Fettsorte zu entwickeln, die überhaupt keine Lagerschäden durch Stromdurchgang verursacht, sondern überhaupt Lösungen für den sehr schwierigen Fragenkomplex zu finden, den man unter dem Begriff Stromschäden zusammenfasst.

#### Literaturverzeichnis

- [1] *N.N.*: Stromverteilung in elektrisch parallelgeschalteten Rollenlagern. «Kugellager-Zeitschrift» Nr. 3, 1961.
- [2] *Burstyn, W.*: Elektrische Kontakte und Schaltvorgänge. Berlin 1956, Springer-Verlag.
- [3] *Holm, R.*: Electric Contact. Almqvist und Wiksel, 1946.
- [4] *Kohaut, A.*: Riffelbildung in Wälzlagern infolge elektrischer Korrosion. «Zeitschrift für angewandte Physik» 1 (1948), H. 5, S. 197.
- [5] *Pearson, G.L.*: The Formation of Metallic Bridges between Separated Contacts. «Phys. Rev.» 51 (1937), S. 1015 und 56 (1939), S. 471.
- [6] *Pittroff, H.*: Wälzlager im elektrischen Stromkreis. Erscheint demnächst in «Elektrische Bahnen».
- [7] *Simpson, F.F.* und *Crump, W.J.J.*: Effect of Electrical Currents on the Life of Rolling-contact Bearings. «Sci. Lub.», Juni 1963, S. 25.
- [8] *Tallian, T.E., McCool, J.I.* und *Sibley, L.B.*: Partial Elastohydrodynamic Lubrication in Rolling Contact. Proc. IME, 180, 3B, 1965-66.

## Diskussion der Wohnbau-Subventionen

DK 338.983:728.1/3

Der Jahresversammlung 1968 (Bern) der Schweizerischen Zentralstelle für die Förderung des Wohnungsbaues folgte ein öffentliches Podiumsgespräch über das aktuelle Thema «Wohnbauförderung und Wohnbausubventionen».

Nationalrat Dr. *R. Eibel* (Zürich) vertrat einführend die Auffassung, dass sich die von den Behörden in Bund, Kantonen und Gemeinden praktizierte Subventionspolitik von einer ursprünglich erforderlichen Nothilfe und «Medizin» unter veränderten Marktverhältnissen und -bedürfnissen immer mehr zu einem marktverfälschenden und echte Förderungsinitiativen lähmenden «Gift» entwickelt habe. In seinen weiteren Ausführungen umriss der Referent vor allem die Stellungnahme der in der Zentralstelle zusammengefassten Kreise zur Subventionsfrage. Die privatwirtschaftliche Wohnbauförderung tritt konsequent für eine möglichst freie, markt- und zielgerechte Wohnbaupolitik ein.

Die im Referat Eibel entwickelten Thesen wurden anschliessend in einem von Prof. Dr. *H. Marti* (Bern) geleiteten Rundgespräch diskutiert. Daran nahmen, ausser dem Referenten, teil: *R. E. Hatt*, Immobilienkonsulent (Zürich), Kantonsrat *U. Nauer*, Präsident der ASIG-Wohnbaugenossenschaft (Zürich), Stadtrat *A. Maurer*, Präsident des Schweiz. Verbandes für Wohnungswesen (Zürich) und *H. Aregger*, Stadtplaner (Bern). Entsprechend den verschiedenen politischen Standorten der Gesprächsteilnehmer ergaben sich in der Beurteilung der Subventionen und ihrer sozialen und volkswirtschaftlichen Wirkungen erhebliche Unterschiede. Unwiderrspochen blieb die Forderung des Planers *H. Aregger* nach Förderungsmassnahmen, welche auch im Wohnungsbau vom «Verkäufermarkt» zum «Käufermarkt» führen sollten. Als Form der öffentlichen Hilfe zieht Aregger den rückzahlbaren Darlehen gegenüber à fonds-perdu-Subventionen vor.