Langzeitverhalten hochbelasteter unbewehrter Elastomerlager im Ingenieurbau

Autor(en): **Breitbach, Manfred**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **57/1/57/2 (1989)**

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-44250

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Langzeitverhalten hochbelasteter unbewehrter Elastomerlager im Ingenieurbau

Long Term Behaviour of Plain Elastomeric Bearing Pads under High Stresses

Durabilité des appuis en élastomère non renforcés soumis à un effort élevé

Manfred BREITBACH
Dipl.-Ing.
RWTH Aachen
Aachen, BR Deutschland

Manfred Breitbach, Jahrgang 1957, studierte Bauingenieurwesen an der TH Darmstadt. Seit 1985 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen tätig. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Lagertechnik im Bauwesen.

ZUSAMMENFASSUNG

In bestimmten Anwendunsgsfällen werden unbewehrten Elastomerlagern höhere Pressungen zugewiesen, als sie nach den geltenden Baubestimmungen zulässig sind. Die dauerhafte Lagerfunktion unter solchen Beanspruchungen liegt ausserhalb des bisherigen Erfahrungsbereiches. Es wird das Spektrum des erwartbaren Dauerstandverhaltens marktüblicher Elastomerqualitäten aufgezeigt und es werden Beurteilungskriterien für das Langzeitverhalten formuliert.

SUMMARY

Higher stresses are sometimes assigned to plain elastomeric bearing pads than allowed in the construction codes. The durability of the bearing function is outside our range of experience. Based on the commercially documented elastomeric qualities the spectrum of creep and damage is given as well as hints to estimate long term behaviour.

RÉSUMÉ

Dans certains cas pratiques des appuis en élastomère non renforcés sont soumis à des pressions plus élevées que celles permises dans les réglements en vigueur. La durabilité et l'efficacité des appuis dans de telles conditions ne sont pas connues actuellement. L'étendue des durabilités annoncées pour des qualités d'élastomères commercialiés est présentée. Des critères de jugement du comportement à long terme sont formulés.

1. EINFÜHRUNG

Wirtschaftlichere Fertigungsmethoden im Ingenieurbau erfordern kostengünstige, montagefreundliche und wartungsfreie Lagerausbildungen, die bei niedriger Bauhöhe koinzident ggf. Verschiebungen und Verdrehungen erlauben. Traditionelle Mörtelbettausbildungen führen zu vergleichsweise "starren" Bettungen, die bei Bauteilverdrehungen infolge Kantenpressungen Schäden am Mörtelbett und an angrenzenden Bauteilen hervorrufen können. Stählerne Konstruktionen bedingen Lastkonzentrationen an Roll- und Kippelementen sowie deutlich höhere Bauhöhen und höheren Kosten- und Montageaufwand. Durch die elastische Verformbarkeit unbewehrter Elastomerlager werden innerhalb bestimmter Grenzen Abweichungen von der Ebenheit und Schiefwinkligkeit zu lagernder Bauteildruckflächen ohne kritische örtliche Spannungsspitzen ausgeglichen. Infolge der relativen Volumenkonstanz des inkompressiblen Werkstoffs führen Vertikalverformungen solcher Lager zu Lagerausbreitungen im Lagerspalt bis zum Erreichen eines Gleichgewichtszustandes (Reibungsschluß). Wegen der nur unzutreffend erfaßbaren Reibungsverhältnisse an den Kontaktflächen werden sehr vorsichtige zulässige Beanspruchungen formuliert
[1] .

Bei Lagerungen im Hochbau wird den Elastomerlagern über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks eine vergleichsweise hohe ständige Pressung bei vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteilen zugewiesen. Pulsierende Beanspruchungen sind wegen der Gefahr des Wanderns aus dem Lagerspalt nicht zulässig. Üblicherweise wird die Eignung eines elastomeren Werkstoffs für seinen Verwendungszweck in Kurzzeitversuchen nachgewiesen. Für die Langzeitbeanspruchung unter ständigen sehr hohen Pressungen existieren jedoch auch in anderen Ingenieurbereichen keine gesicherten Erkenntnisse.

Für Lagerungen, bei denen im Falle der Überbeanspruchung oder des Ausfalls der Lager die Standsicherheit des Bauwerks nicht gefährdet ist [2] , oder in Stützenstößen, werden den Lagern häufig höhere mittlere Pressungen als nach den geltenden Baubestimmungen zulässig zugewiesen [3, 4] . Dabei stehen im ersten Fall wirtschaftliche Kriterien, im zweiten Fall vorwiegend konstruktive einschränkende Randbedingungen im Vordergrund.

2 WERKSTOFFE FÜR LAGERUNGEN IM HOCHBAU

2.1 Elastomerqualitäten

In der Bundesrepublik Deutschland hat sich im bauaufsichtlichen Bereich des Hoch- und Brückenbaus der Elastomertyp CHLOROPREN-KAUTSCHUK (CR) durchgesetzt. Seit Beginn der 80er Jahre sind kostengünstigere Elastomerqualitäten auf der Basis von ETHYLEN-PROPYLEN-DIENPOLYMEREN (EPDM) auf dem Markt, vereinzelt wurden für diese Werkstoffe bauaufsichtliche Zulassungen erteilt. Im Normentwurf für die bauliche Durchbildung und Bemessung unbewehrter Elastomerlager [3] sind EPDM-Qualitäten als Werkstoff nicht vorgesehen, und für die bereits zugelassenen EPDM-Qualitäten gelten nach [4] geringere zulässige Beanspruchungen. Für solche Lagerungen, bei denen bei Ausfall der Lagerfunktion die Standsicherheit nicht gefährdet ist, ist nach einem geeigneten Nachweis auch die Verwendung anderer Qualitäten nicht ausgeschlossen [2] .

2.2 Werkstoffverhalten von Elastomeren unter hoher Beanspruchung

Elastomere Werkstoffe bestehen aus weitmaschig vernetzten Molekülketten. Verformungen bewirken Relativbewegungen der Ketten und innere mechanische Beanspruchungen der Vernetzungsstellen. Innerhalb bestimmter Dehnungen weisen Elastomere zeitabhängig reversibles elastisches Verhalten auf, bei Entlastung

gleiten die Polymerketten langsam in den Ursprungszustand zurück. Dagegen führen hohe mechanische Beanspruchungen zu bleibenden plastischen Verformungen infolge chemorheologischer Effekte wie

- irreversible Umstrukturierung der Moleküle
- Bruch von Polymerketten oder Vernetzungsstellen
- Mikrohohlraumbildung als Folge von Molekülkettengleiten oder -bruch
- Ablösen der Polymermatrix von den Füllstoffpartikeln.

Veränderungen in der chemischen oder physikalischen Struktur äußern sich u. a. in der Abnahme der Bruchspannung, in irreversiblen Deformationen oder in der Beschleunigung des Kriechens. Solche Veränderungen sind zeitabhängig und können in der Regel im Kurzzeitversuch auch unter verschärften Versuchsbedingungen nicht beobachtet werden.

3. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Für die baupraktisch orientierte Fragestellung der Eignung und der zulässigen Beanspruchung von CR- und EPDM-Elastomerqualitäten unter hohen Beanspruchungen wurden an allen derzeit auf dem deutschen Markt befindlichen normgerechten oder bauaufsichtlich zugelassenen Elastomerqualitäten Dauerstandversuche durchgeführt. Tabelle 1 gibt Aufschluß über die zugrunde liegenden Versuchsparameter.

Elastomertyp	EPDM						CR				
Elastomer-qualität	EPDM						CR				
	1	2	3	3.1	3.2	4	1	2	2.1	3	4
Lagerfläche A mm^2	100 x 100				100 x 200				200 x 200		
Lagerdicke t mm	5						10				
Drehwinkel α	0						0.3 t/a				
mittlere Pressung N/mm^2	20				40				60		

a : kleinere Lagerseite bzw. Seite rechtwinklig zur Drehwinkelachse

Tabelle 1: Übersicht über die Parametervariationen (nicht vollständiger Faktorversuch)

Für die spezielle baupraktische Fragestellung ist die interaktive Wechselwirkung zwischen Lagerverformung und Reibungsschluß an den Betondruckflächen von besonderer Bedeutung. Als Kontaktflächen wurden daher stahlgerahmte Feinbetonscheiben verwendet /5/.

4. BEURTEILUNG DES LANGZEITVERHALTENS

4.1 Kriechneigung

Unter hoher Belastung stellt sich bei Elastomeren nach bestimmter Belastungsdauer eine mehr oder weniger ausgeprägte Zunahme der Kriechgeschwindigkeit ein, ähnlich wie dies bei anderen Werkstoffen in der Nähe der Zeitstandfestigkeit beobachtet wird. In den Bildern 1a und 1b sind die Kriechkurven aus allen Versuchen differenziert nach den Elastomertypen EPDM und CR dargestellt. Zur Formulierung trendmäßiger Aussagen bleiben an dieser Stelle einzelne Parameterausprägungen unberücksichtigt.

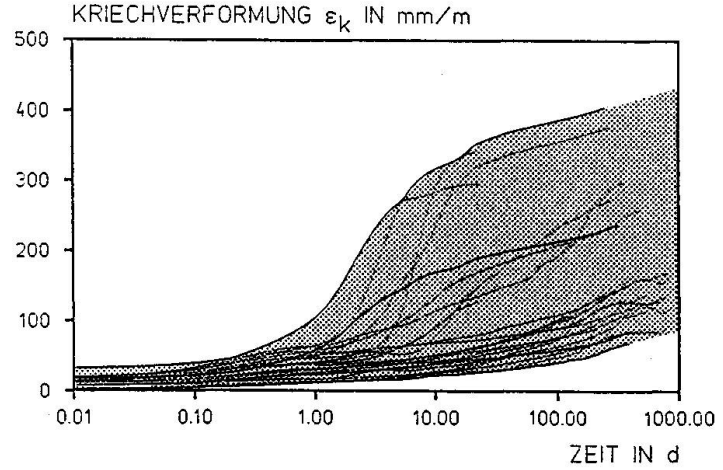

Bild 1a: Kriechkurven aus allen Versuchen mit EPDM-Qualitäten

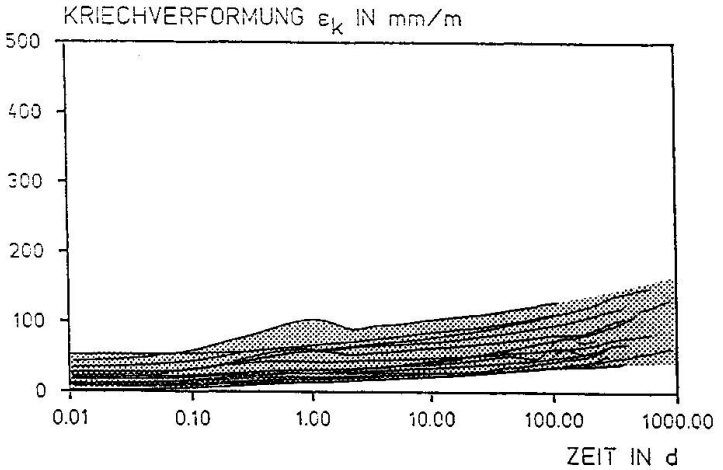

Bild 1b: Kriechkurven aus allen Versuchen mit CR-Qualitäten

Die Bilder 1a und 1b illustrieren, daß

- EPDM-Qualitäten gegenüber solchen aus CR stärkere Kriechneigung aufweisen. Dies gilt für die Kriechverformung und -geschwindigkeit gleichermaßen.
- EPDM-Qualitäten innerhalb der zugrunde liegenden Parametervariation einen relativ großen, CR-Qualitäten dagegen einen engen Streubereich aufweisen.
- nach einer Belastungsdauer deutlich länger als 100 Tage insbesondere EPDM-Qualitäten einen progressiven Kriechanstieg zeigen.

Ein progressiver Kriechanstieg deutet auf Versagensvorgänge in der Mikrostruktur hin, die nach bestimmter Beanspruchungsdauer zu visuell erkennbaren äußeren Veränderungen des Lagerkörpers führen.

4.2 Schädigungsgrad der Lager und maximale rechnerische Schubspannungen

Aus visuell an den Lagerkörpern beobachtbaren Schädigungsmerkmalen

- Riss
- Oberflächentextur
- Ablösen der Randschicht
- Gefügezerstörung

kann entsprechend der Wichtigkeit des Merkmals für die dauerhafte Lagerfunktion

ein sogenannter "Schädigungsgrad" der einzelnen Lagerprobe gefunden werden. Die Vergleichbarkeit der Versuche mit unterschiedlichen Parametern kann durch eine rechnerische maximale Schubspannung, die von der mittleren Pressung, der Lagerfläche, der Lagerdicke und vom Drehwinkel abhängt [6] , herbeigeführt werden. Diese Schubspannung ist in starkem Maße von der Lagergeometrie (Formfaktor) abhängig. In Bild 2 ist der Zusammenhang zwischen Schädigungsgrad und Schubspannung für eine EPDM-Qualität mit hoher Kriechneigung (EPDM 1) und eine CR-Qualität mit geringer Kriechneigung (CR-1) zusammengefaßt.

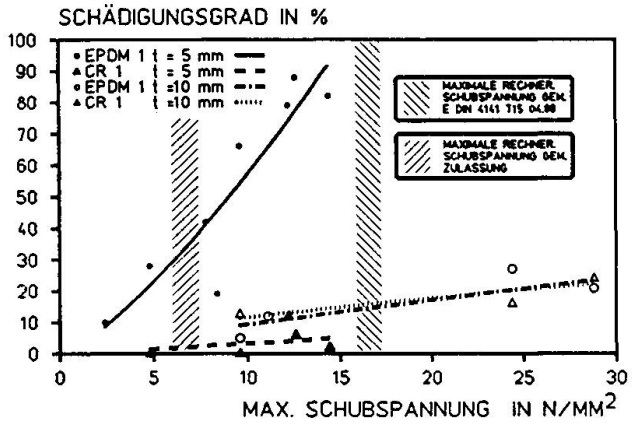

Bild 2: Schädigungsgrad in Abhängigkeit von der maximalen Schubspannung EPDM 1 und CR 1

In das Diagramm sind die aus den zulässigen Beanspruchungen der Zulassungen [3] bzw. der Norm [4] resultierenden maximalzulässigen Schubspannungen eingetragen. Danach führen Beanspruchungen oberhalb derjenigen der Zulassungen bei dünnen EPDM-1 Lagern zu Schädigungen, die die dauerhafte Lagerfunktion in Frage stellen. Aufgrund der speziellen Definition des Schädigungsgrades kann ein Schädigungsgrad bis 25 % für die Lagerfunktion noch als akzeptabel angesehen werden. Innerhalb der normgerechten Beanspruchung zeigen dünne CR-1 Lager vernachlässigbare Schädigungen. Bei 10 mm dicken Lagern aus EPDM 1 und auch bei 5 mm dicken Lagern aus CR 1 werden oberhalb der zulässigen Beanspruchungen der entsprechenden Norm Schädigungen an der Akzeptanzgrenze registriert.

4.3 Beurteilungskriterium für das Langzeitverhalten

Eine im Bauwesen geläufige Beschreibung des Kriechverhaltens ist die Extrapolation nach Ross; das einfach handhabbare Verfahren scheint auch für Polymere geeignet [7] . Das Verfahren unterstellt eine hyperbolische Kriechfunktion und gilt für einen Bereich mit konstanter Kriechgeschwindigkeit. Dies trifft bei der Mehrzahl der vorliegenden Kriechkurven bis zu einer Belastungsdauer von einem Tag zu (Bilder 1a und 1b). Aus diesem Zeitintervall wird ein die Kriechneigung charakterisierendes Endkriechmaß bestimmt. Die Dauerhaftigkeit der Lagerfunktion kann wesentlich durch eine aus

- dem Endkriechmaß (aus dem Zeitintervall bis zu einem Tag)
- dem Schädigungsgrad (in %)

abgeleitete Rechengröße, dem "Gütewert" (GW) beurteilt werden. Dieser Gütewert wird nach folgendem Zusammenhang ermittelt:

GW = (Endkriechmaß/Schädigungsgrad) . 100.

In Bild 3 ist der Zusammenhang zwischen dem Gütewert und der maximalen rechnerischen Schubspannung für die EPDM 1 und die CR 1 Qualität in Abhängigkeit von der Lagerdicke aufgetragen.

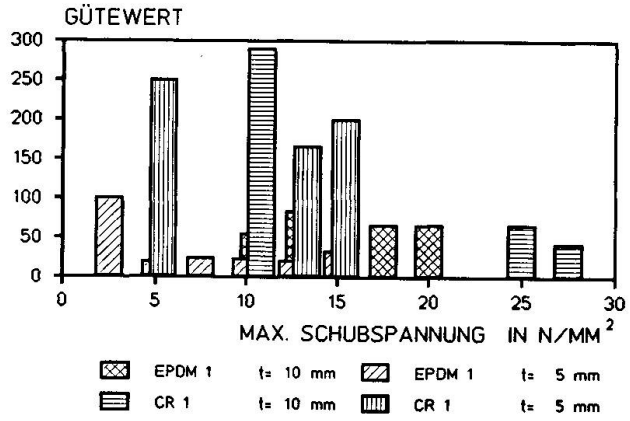

Bild 3: Gütewerte für EPDM 1 und CR 1 Lagerproben

Die Darstellung illustriert, daß EPDM 1-Lager unabhängig von der Lagerdicke innerhalb eines Schubspannungsbereiches zwischen 5 N/mm² und 15 N/mm² Gütewerte kleiner 50 annehmen. Für die dauerhafte Lagerfunktion unter hohen Beanspruchungen muß ein Gütewert größer 75 erwartet werden.

5. BAUPRAKTISCHE SCHLUßFOLGERUNGEN

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können nachfolgende Hinweise für die Verwendung unbewehrter Elastomerlager unter hohen Beanspruchungen gewonnen werden:

- CR-Qualitäten weisen ausreichendes Dauerstandverhalten bis zu mittleren Pressungen von 20 N/mm² auf.
- EPDM-Qualitäten zeigen innerhalb der zugrunde liegenden Versuchsparameter relativ große Streuungen in der Kriechverformung und kleine Gütewerte auf. Innerhalb geringer Beanspruchungen muß bei diesem Elastomertyp unter Umständen mit hohen Schädigungen des Lagerkörpers gerechnet werden. Solche Qualitäten sollten nicht ohne besonderen Nachweis für hochbeanspruchte Lagerungen verwendet werden.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Sasse, H.R., Gleit- und Verformungslager im Hochbau. VDI-Berichte Nr. 384, 1980.
2. DIN 4141 Teil 3 09.84. Lager im Bauwesen - Lagerung für Hochbauten
3. DIN E 4141 Teil 15 04.88. Lager im Bauwesen - unbewehrte Elastomerlager
4. Richtlinien für die Herstellung und Verwendung von unbewehrten Elastomerlagern. In: Mitteilungen des Instituts für Bautechnik (IfBt), Berlin, 1972, Nr. 6
5. Breitbach, M., Dauerstandverhalten hochbelasteter unbewehrter Elastomerlager in Stützenstößen des Betonfertigteilbaus. Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (IBAC), Forschungsbericht F 179, 1988
6. Topaloff, B., Gummilager für Brücken - Berechnung und Anwendung. In: Der Bauingenieur 39, Nr. 2, 1964
7. Ehrenstein, G. W., Das Kriechen von Thermoplasten. In: Konstruktion Elemente Methoden (KEM), 1977.