

Auswertung der Prüfungsergebnisse

nach DIN 51350 – 4 – Kugelapparat / Auszüge

Anwendungstest des Produktes



M | S | H

Mineralstoffhandel GmbH • Nicolaus – Otto – Str. 10 • 89079 Ulm-Donautal

Der 4-Kugelapparat

Der **Shell-Vierkugel-Apparat** (VKA) ist ein in DIN 51 350 Teil 1 genormtes Prüfgerät zur Bestimmung der Schweiß- und Gutkraft (DIN 51 350 Teil 2 und 3) sowie verschiedener Reib- und Verschleißkennwerten von Schmierstoffen (DIN 51 350 Teil 4 und 5).

Bei der Standardprüfung wird eine rotierende Kugellagerkugel unter Last auf drei gleichartige aber stillstehende Kugeln gepreßt.

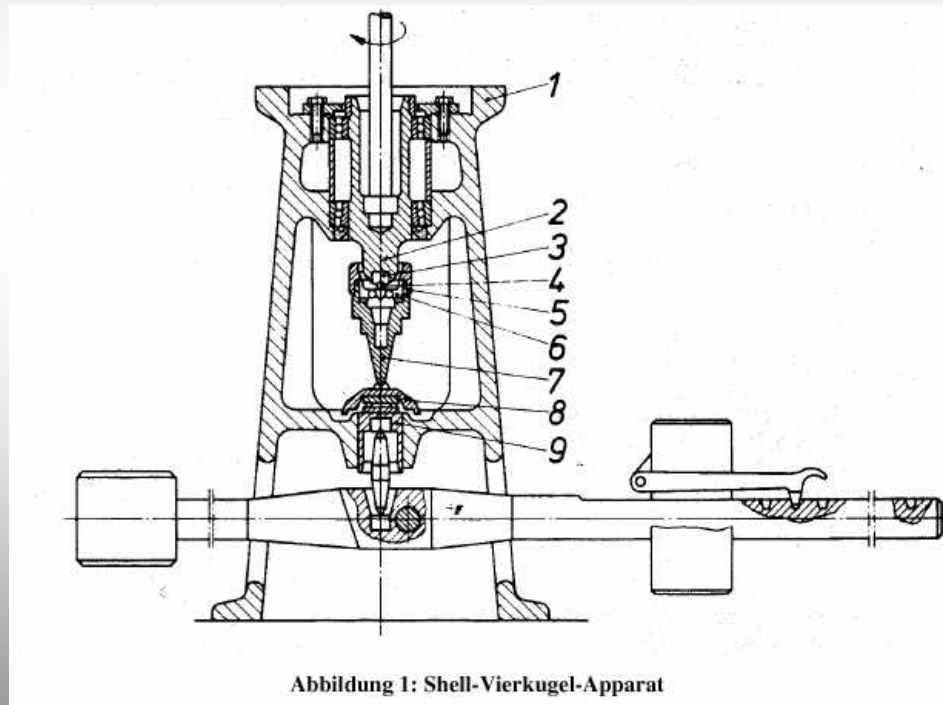
Der Prüfstand ist vor allem in der Schmierstoffindustrie weit verbreitet und wird dort routinemäßig zur Produktentwicklung und Qualitätskontrolle eingesetzt. Das Reibmoment kann kontinuierlich aufgezeichnet werden. Der Verschleiß wird durch optisches Ausmessen der entstandenen Kalotten bestimmt.

Die Prüfstandsparameter

Drehzahl	10 bis 5800 1/min
Belastung	100 bis 12.000 Newton
Temperatur	-30 bis 150 °C
Bewegungsarten	gleiten, wälzen
Reibungszustände	Mischreibung, EHD
Kontaktgeometrie	Punktberührung
Messgrößen	Reibungsmoment, Temperatur, Übergangswiderstand, Kalottendurchmesser

Die Problemstellung

In der Versuchsreihe wurde das Verschleißschutzprodukt „NanoVit-Motor-Renovator“ nach der DIN 51350 auf seine verschleißmindernde Wirkung unter Anwendung von konstanter bzw. sich dynamisch steigender Prüfkraft untersucht. Die Prüfungen wurden an einem Vierkugelapparat und einem Universaltribometer durchgeführt.



Prüfergebnisse nach Teil 3 DIN 51350 / Reibwerte

Kraftbelastung in N	mittlerer Reibwert μ	Kalottendurch- messer in mm	Mindestverschleiß nach DIN in mm
150 N	μ 0,067	0,29 mm	0,22 mm
300 N	μ 0,053	0,38 mm	0,27 mm

Prüfergebnisse nach Teil 3 DIN 51350 / Verschleißvolumen

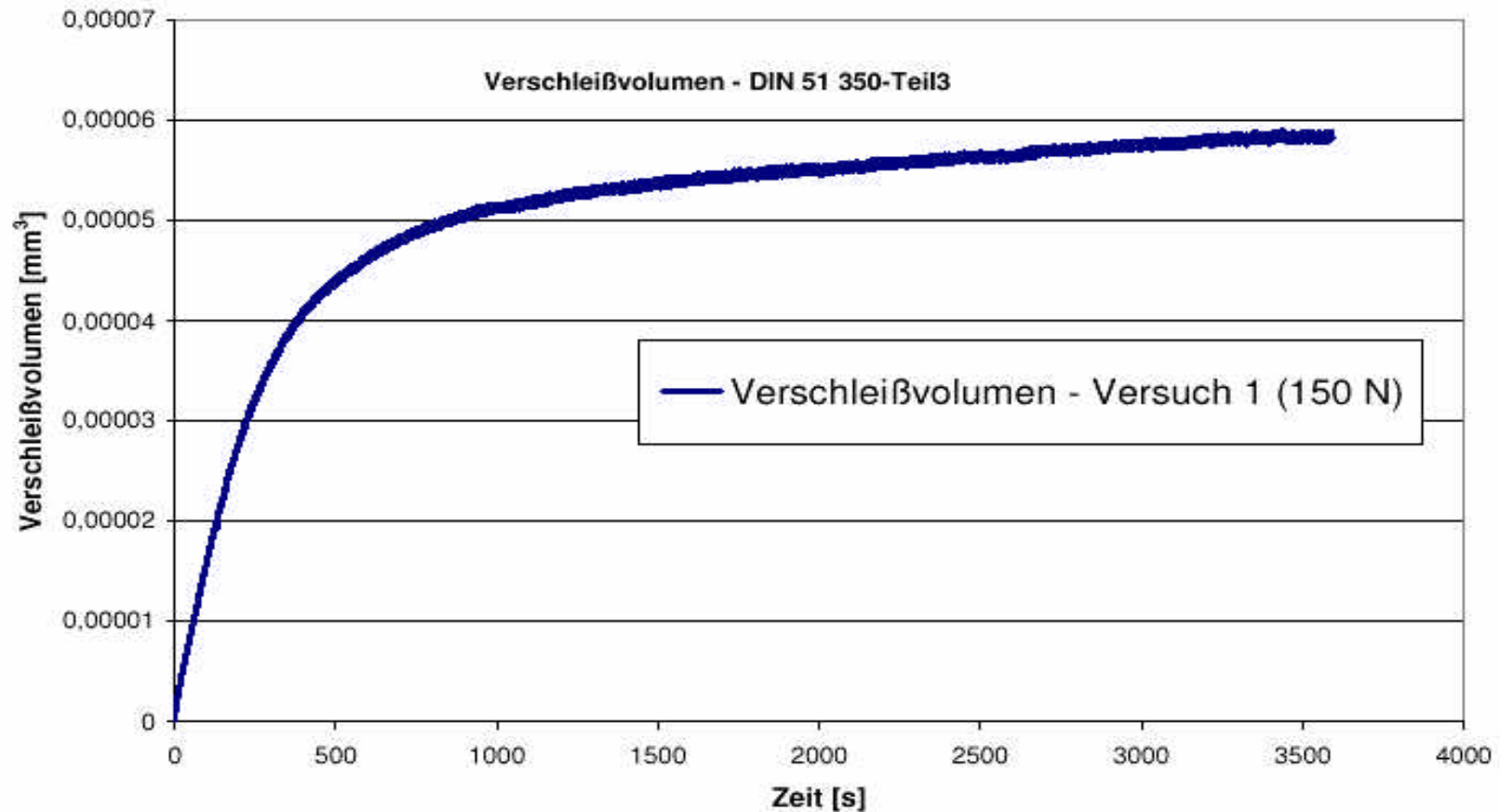


Abbildung 8: Verschleißvolumen - DIN 51 350-Teil 3

Die Kurve des Verschleißvolumens hat zu Beginn der Prüfung eine Anlaufphase, bei der das Volumen linear ansteigt. Anschließend flacht die Kurve ab und steigt nahezu linear mit geringer Steigung weiter. Für den Versuch mit 150 N ergibt sich am Ende ein Verschleißvolumen von $5,82 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$.

Prüfergebnisse nach Teil 4 DIN 51350 / Ermittlung Gut – und Verschweißkraft

Der Testlauf wurde mit einer Prüfkraft von 2000 N begonnen und bei 4800 N um 200 N gesteigert. Bei Belastungen, die der Schweißgrenze entsprechen, bleibt der Motor nach mehr oder weniger langer Zeit infolge des Verschweißens der Kugeln stehen.

Bei den durchgeführten Test konnte jedoch kein Verschweißen der Kugeln festgestellt werden. Deswegen wurden weitere Testläufe bei höheren Prüfkraften bis maximal 12.000 N durchgeführt.

Da es sich bei dem getesteten Produkt um additiviertes mineralisches Öl 10W40 handelte, hätte die Gut – und Verschweißkraft zwischen 3200 N bis 3400 N liegen müssen.

Prüfergebnisse nach Teil 4 DIN 51350 / Ermittlung Gut – und Verschleißkraft

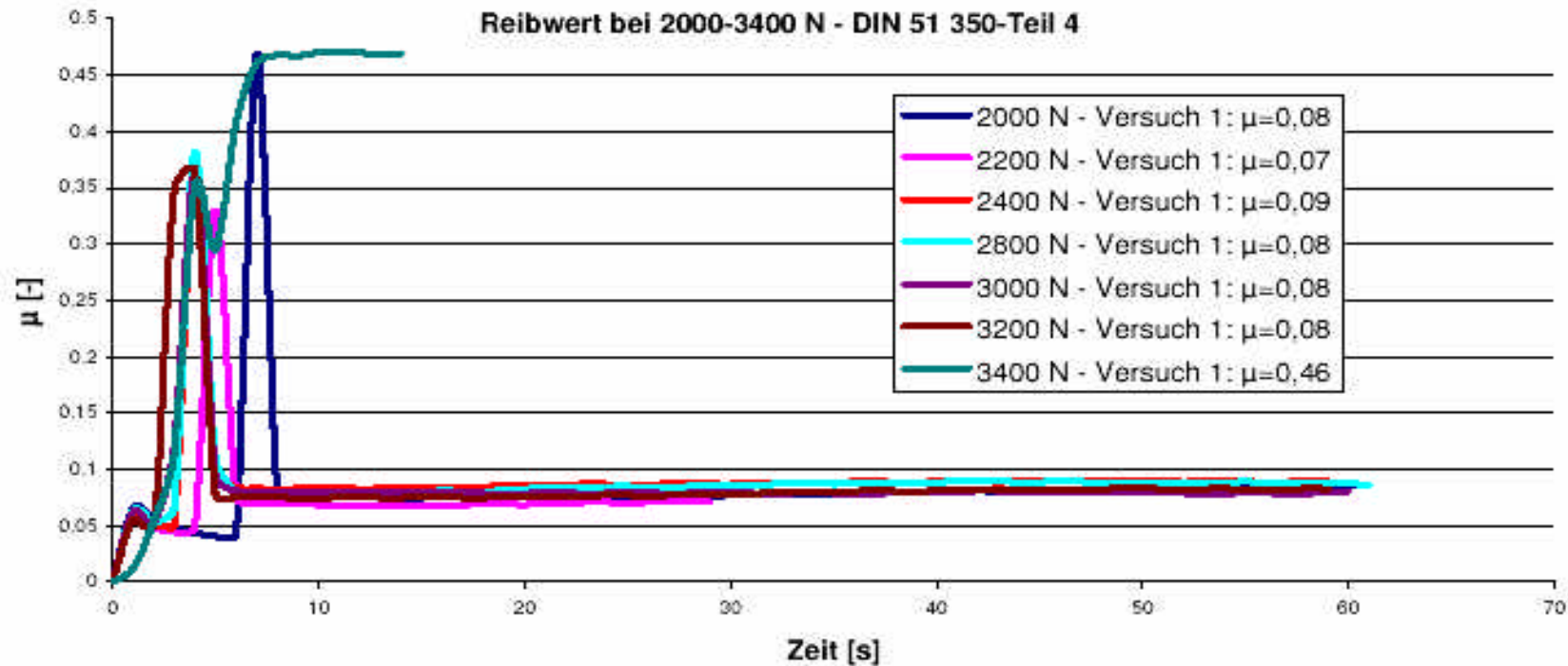
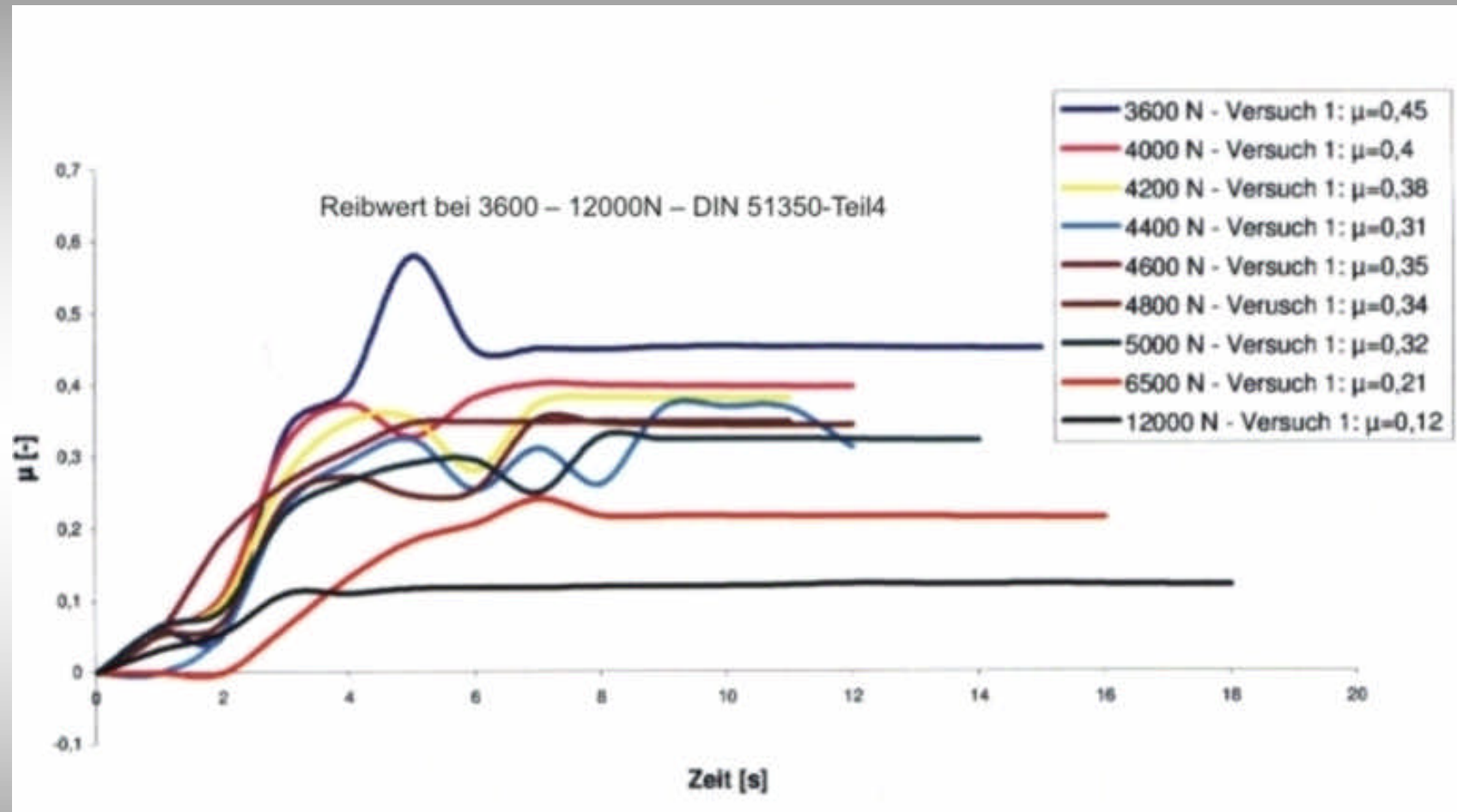


Abbildung 12: DIN 51 350-Teil 4: Prüfkräfte 2000-3400 N

Fazit: Beim Anfahren ist bei allen Kurven, wie es für Reibungsvorgänge charakteristisch ist, ein kurzer Anstieg der Reibung festzustellen. Nach einer Minute Versuchsdauer stellt sich bei allen Prüfkräften, außer bei 3400 N, ein konstanter Reibwert von 0,08. Ab 3400 N steigt der Reibwert an. Ein Verschweißen der Kugeln konnte nicht festgestellt werden.

Prüfergebnisse nach Teil 4 DIN 51350 /bei maximaler Kraftbelastung von 12000 N



Fazit: Ein Verschweißen der Kugeln konnte bei 12000 N (1,2 Tonnen punktuelle Kraftbelastung) nicht festgestellt werden. Der Reibwert beträgt bei dieser Kraft μ 0,12.

Prüfergebnisse nach Teil 5 DIN 51350 / Reibwerte

Kraftbelastung in N	mittlerer Reibwert μ	Kalottendurch- messer in mm	Mindestverschleiß nach DIN in mm
150 N	μ 0,068	0,28 mm	0,22 mm
300 N	μ 0,057	0,42 mm	0,27 mm
1000 N	μ 0,055	0,45 mm	0,46 mm

Prüfergebnisse nach Teil 5 DIN 51350 / Verschleißvolumen

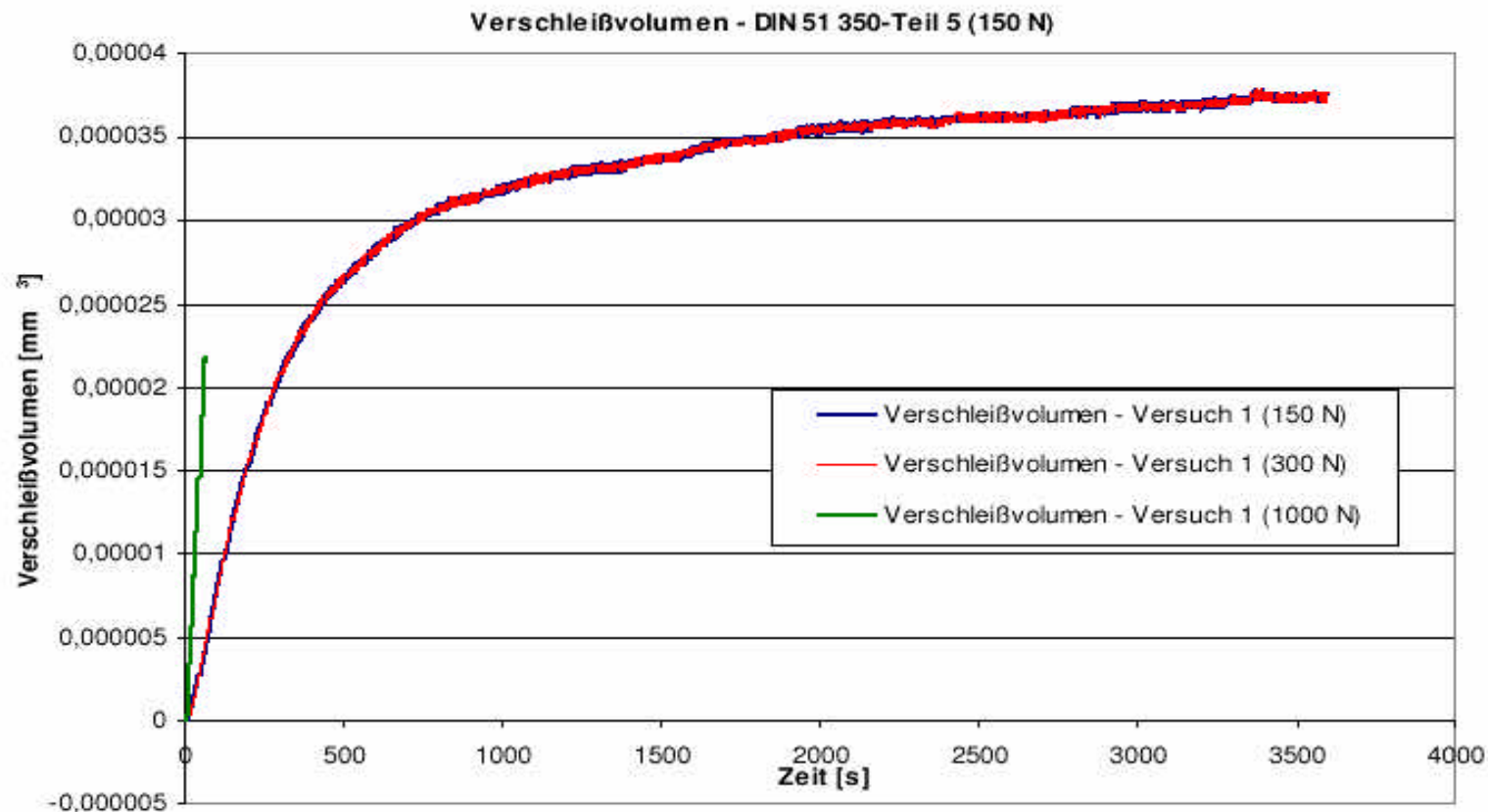


Abbildung 25: Verschleißvolumen - DIN 51 350-Teil 5

Zum Beginn des Testlaufes hat die Kurve bei 150 N und 300 N eine Anlaufphase. Danach flacht die Kurve ab und erreicht nach 1 h einen Wert von $3,8 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$.

Während 1 min Prüfdauer bei 1000 N nimmt das Verschleißvolumen kontinuierlich zu. Am Ende des Testlaufes beträgt das Verschleißvolumen $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$. Zwar steigt die Reibung ab ca. 20 min deutlich an, der ermittelte Verschleiß nimmt nach 60 min einen nahezu konstanten Wert an.

Zusammenfassung / Interpretation

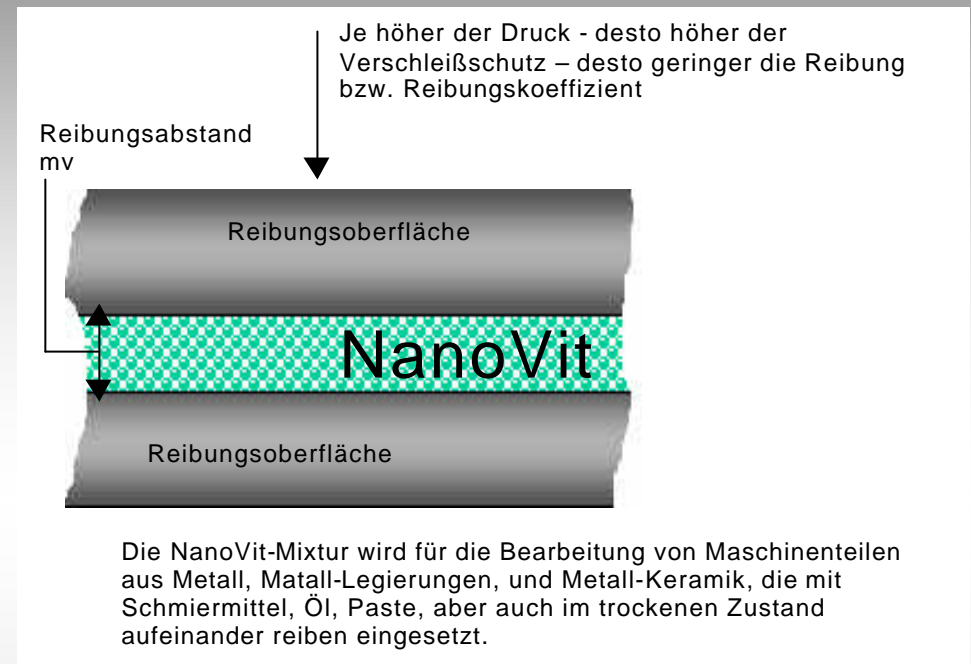
Der Ausgangspunkt in der Betrachtung dieser Ergebnisse ist die Produktdefinition von NanoVit:

NanoVit ist eine...

- sich unter Druck selbstregulierende
- flexible, elastische
- seine Schmiereigenschaften auch bei einer Temperatur von 1200°C beibehaltende
- stabil und permanent haftende
- mit einem geringen Reibungskoeffizienten
- in nano-kristalliner Form

...bestehende Verschleißschutzschicht

Die NanoVit-Arbeitskonzentration beträgt weniger als **Eintausendstel %** Anteil im Schmiermedium und arbeitet im Nanobereich. Diese Mixturen führen zu einer sich selbstregulierenden Öl-Molekül-Verbindung. Diese Verbindung führt dazu, dass sich die Öl-Moleküle neu ordnen und eine flexible und elastische Molekularstruktur bilden und sich den Arbeitsbedingungen flexibel anpassen. NanoVit kann mit jedem Erdölraffinat-Produkt, wie Öl, Paste, Fette, Kunststoffe etc. gemischt werden. Die Arbeitskonzentration kann flexibel nach den Anforderung der Antriebsaggregate abgepasst werden. Die Wirkung von NanoVit liegt auch nach dem Wechsel des Schmiermediums vor. NanoVit beeinflusst nicht die Formulierung von Ölen und bildet auch keine starren Schichten.



Zusammenfassung / Interpretation

1. Das in dem Produkt NanoVit Motor Renovator additivierte Öl vom TYP 10W40 besitzt eine Gut – und Verschleißkraft zwischen 3200 N bis 3400 N. Mit NanoVit erhält dieses Öl einen VKA – Wert von 12 KN und einen Reibwert von μ 0,12.

Die Arbeitskonzentration betrug Eintausendstel % Anteil zum ÖL.

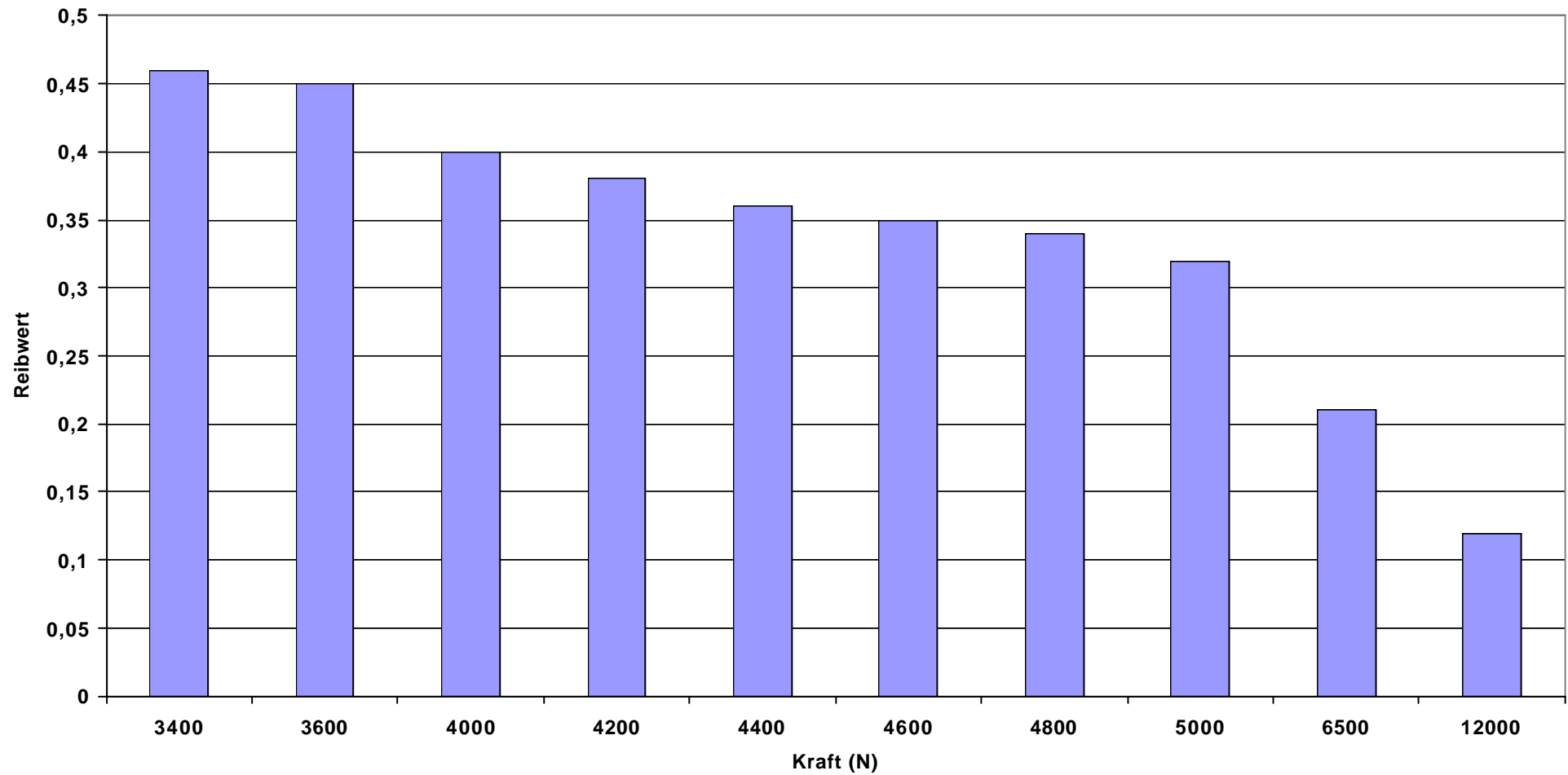
Zusammenfassung / Interpretation

2. Im Vergleich der Reibwerte nach steigender Kraftbelastung (von 3400 N bis 12000 N) wird deutlich, dass je höher der Druck, desto geringer der Reibwert. Lt. Herstellerangaben stellt sich diese Verschleißschutz unter Belastung des Antriebsaggregates am besten auf, welches hiermit deutlich wird. s. Abb. 9

Zusammenfassung / Interpretation

Abb. 9

Vergleich der Reibwerte



Zusammenfassung / Interpretation

3. Im Vergleich der Reibwerte nach steigender Kraftbelastung von (300 N bis 12000 N) wird deutlich, dass ab 3400 N ein Ansteigen der Reibwerte zu verzeichnen ist. Jedoch mit steigender Kraftbelastung der Reibwert sinkt und damit der Verschleißschutz sich erhöht.

Zwischen 3200 N bis 3400 N liegt die eigentliche Gut – und Verschweißkraft des Öls vom Typ 10W40.

Nach den Ergebnissen des Diagramms Abb. 10 ist davon auszugehen, dass hier die Grenzwerte des Öls erreicht wurden.

Da sich aber NanoVit unter Druck und Temperatur in den den Aktivzentren den Reibungszonen als elastische, fest anhaftende Schicht aufbaut, ist hier davon auszugehen, dass die Schicht bei 3400 N bis 12000 N die eigentliche Verschleißwirkung gewährleistete.

Zusammenfassung / Interpretation

Abb. 10

Vergleich der Reibwerte

