

# Auswertung der Prüfungsergebnisse / Auszüge

Untersuchung und Simulation von Reibungs- und Verschleißvorgängen  
bei Gleitbeanspruchungen – Universaltribometer

Anwendungstest des Produktes



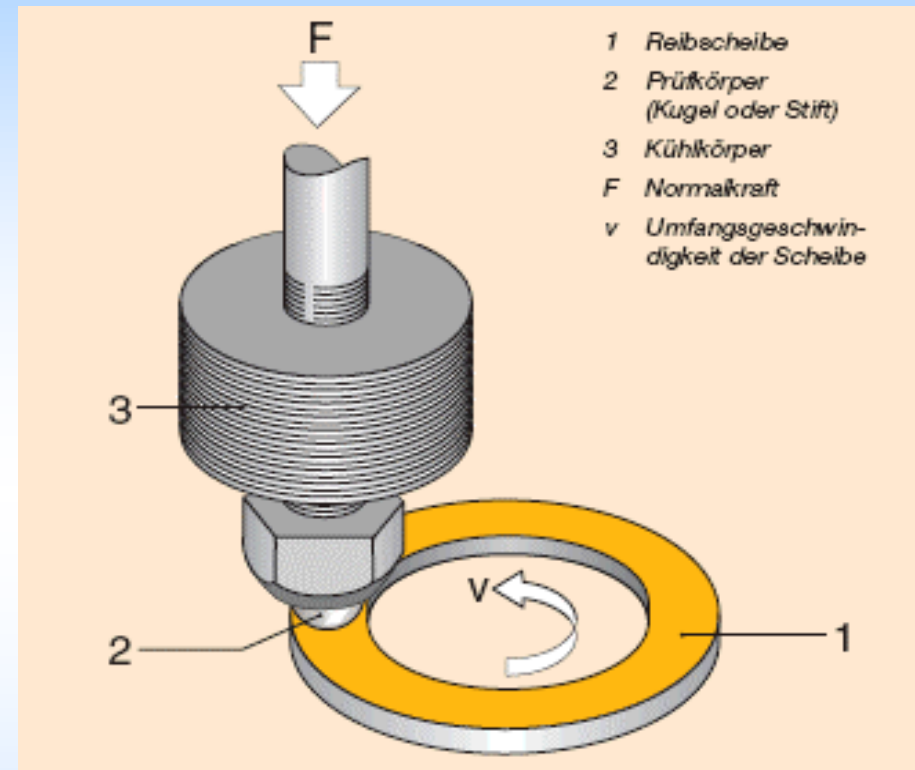
**M | S | H**

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

# Das Universaltribometer

Das **Universaltribometer, Typ TRM 1000** dient zur Untersuchung und Simulation von Reibungs- und Verschleißvorgängen bei Gleitbeanspruchungen.

Bei der Reibwertmessung wird ein stationärer Probekörper (Stift aus 100Cr6 Stahl) mit einer definierten Kraft gegen die Stirnfläche einer rotierenden Scheibe (Gegenpartner aus 100Cr6 Stahl) gedrückt. Beide Prüfkörper sind senkrecht übereinander angeordnet, wobei sich die rotierende Scheibe oben befindet. Die Kraft wird über die Bewegung des Motorblockes über ein Motorspindelsystem aufgebracht.



# Die Prüfstandsparameter

**Geprüft wird mit NanoVit additiviertes Getriebeöl vom Typ 85W90 GL-4 im Vergleich zu nicht addiviertem Getriebeöl vom Typ 85W90 GL-4**

## 1. Prüfung - Ermittlung des Reibwertes

- 0,5 % Arbeitskonzentration ( 5 ml NanoVit<sup>®</sup>-ASC181 / 1 L Neutralöl) – Prüföl A
- 2,0 % Arbeitskonzentration ( 5 ml NanoVit<sup>®</sup>-ASC181 / 1 L Neutralöl) – Prüföl B

## 2. Prüfung - Ermittlung des Verschleißes

- 0,5 % Arbeitskonzentration ( 5 ml NanoVit<sup>®</sup>-ASC181 / 1 L Neutralöl) – Prüföl A
- 2,0 % Arbeitskonzentration ( 5 ml NanoVit<sup>®</sup>-ASC181 / 1 L Neutralöl) – Prüföl B

## 3. Prüfung – Oberflächenstruktur des Prüfkörpers

- Verschleißbildanalyse

## Prüfbedingungen am Universaltribometer

Vorbehandlung: Einlagerung der Prüfkörper in das NanoVit<sup>®</sup>-GR – Prüföl

- Zeit: 120 Minuten
- Temperatur: 50 °C

Prüfkraft: 300 N bis 1.000 N / Laststufenprofil

Schmiermittel: kontinuierlicher Schmiermittelzusatz

Notabschaltung: bei zu hohem Verschleiß

# Die Problemstellung

Ein modernes Getriebeöl muss auf der einen Seite synchronfreundlich, auf der anderen Seite jedoch widerstandsfähig gegenüber hohen Flächenpressungen und Oberflächenbeanspruchungen sein, um Verschleiß, Pitting usw. zu vermeiden.

Die allgemeinen Anforderungen an ein Getriebeöl ergeben sich damit schon aus der nötigen Arbeitsweise eines Getriebes.

Die Reibungsoberflächen berühren sich ganzflächig, es bestehen entsprechende Drücke. In Folge von Reibungsprozessen entwickeln sich thermische Einflüsse.

Somit hat ein Getriebeöl folgende Funktionen zu gewährleisten:

- Schmierung
- Scherstabilität des Schmierstoffes
- zuverlässiger Verschleißschutz für Getriebekomponenten sowie Dichtungen
- Anti-Schaumverhalten
- Temperaturkontrolle
- Korrosionsschutz
- Lasttragevermögen
- Verhinderung von Grübchenbildung (Pitting)
- Dispergiervermögen
- Unempfindlichkeit gegenüber Metallen
- Mischbarkeit mit anderen Schmierstoffen

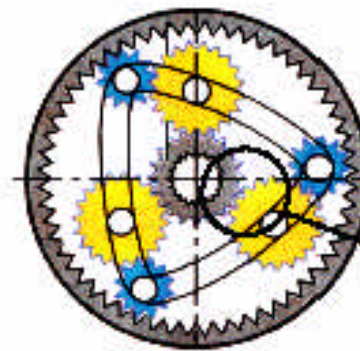
# Das Produkt NanoVit-Getriebe Renovator

Der NanoVit-Getriebe-Renovator gewährleistet einen Langzeit-Verschleißschutz für alle Getriebearten, einschließlich, **Differenzialen und Lager**. Die speziell abgestimmten Wirkstoffkomponenten gewährleisten auf der Oberfläche der rotierenden Getriebeteile einen fest anhaftenden und elastischen Antifrikationsbelags mit lang anhaltendem, tragenden Effekt. Dieser Belag geht mit den, durch die Reibung belasteten Metallflächen im Getriebe eine metallorganische Verbindung ein, wodurch Verschleiß und Reibung reduziert und die Lebensdauer des Getriebes entscheidend verlängert wird. NanoVit nimmt keinen Einfluss auf die Formulierungen bzw. Rezepturen von Schmierstoffen und bildet keine starren Filmschichten. NanoVit wirkt auch nach dem Ölwechsel.

NanoVit Getriebe Renovator für Schaltgetriebe besteht aus 99,9% 85W90 GL-4 und <0,1% NanoVit

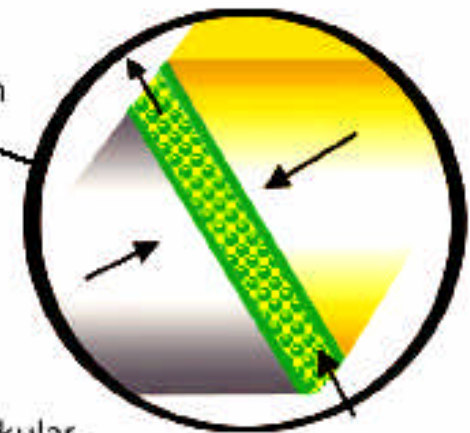
NanoVit Getriebe Renovator für Automatikgetriebe besteht aus 99,9% ATF 75W und <0,1% NanoVit

## vereinfachte Darstellung der Wirkung



NanoVit: Je höher der Druck – desto höher der Verschleißschutz – desto geringer die Reibung

Zoom



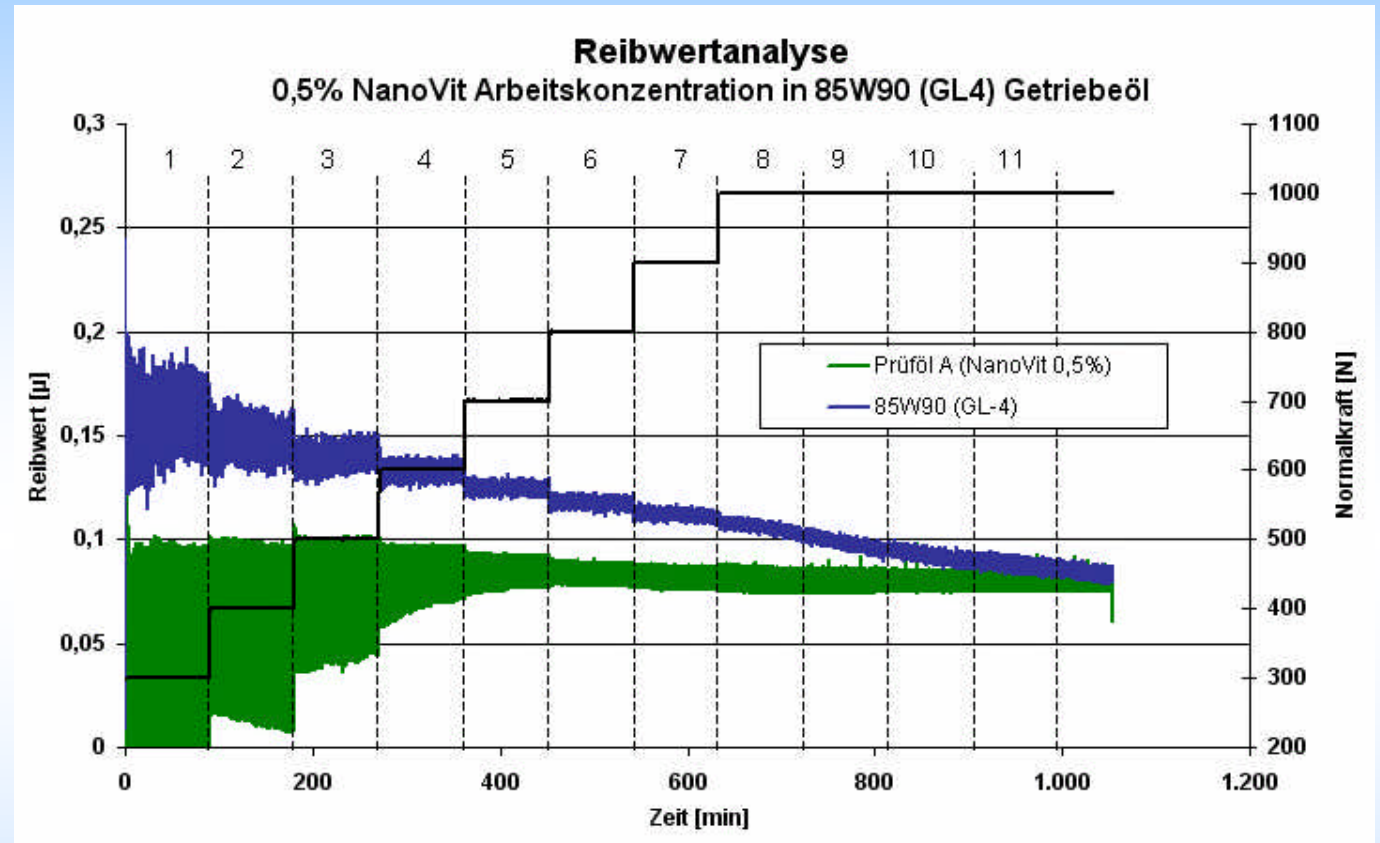
NanoVit Getriebe-Renovator passt sich den jeweiligen Arbeitsbedingungen flexibel an und wirkt dabei ähnlich wie ein "dynamischer Schwamm". Durch seine kugelförmige Molekularstruktur wirkt es reibungsmindernd und durch seine Elastizität abfedernd gegenüber hohen Druckbelastungen.

# Prüfergebnisse nach 1. Prüfung – Reibwertanalyse mit 0,5% NanoVit

**FAZIT:** Der NanoVit®-Getriebe-Renovator liegt durchgängig unter den Reibwerten des unadditiven Getriebeöl.

Der kleinste Reibwert des NanoVit®-GR liegt bei  $0,0001 \mu$ , beim unadditiviertem Öl bei  $0,08\mu$ , der größte Wert liegt bei  $0,075 \mu$ , beim unadditiviertem Öl  $0,2\mu$ .

D.h. durch geringere Reibung besteht auch eine geringere Temperatur. In Folge dessen auch ein geringere Ölverschleiß und geringerer Materialverschleiß !



Denn je höher die Reibung, desto höher die Temperatur des Öles. Die Folge sind ein verschlechterter Kühleffekt des Getriebeöls und Verschleißschutz. Es droht die Gefahr eines Schmierfilmabrisses, welcher durch die üblichen Verschleißschutzzusätze im Getriebeöl nicht mehr kompensiert werden können. Es kommt zu einem gesteigerten Materialverschleiß.



# Ergebnisbetrachtung zur 1.Prüfung- Reibwertanalyse mit 0,5% NanoVit

Für die Prüfung wurde ein Prüfkraftprofil von 300 N – 1.000 N vorgegeben. Aus der Grafik ist eine deutliche Differenz zwischen den Reibungswiderständen des nicht additivierten Getriebeöls und dem NanoVit®-GR-Prüföl zu verzeichnen. NanoVit unterschreitet in allen Prüfkraftstufen den ermittelten Reibungswiderstand.

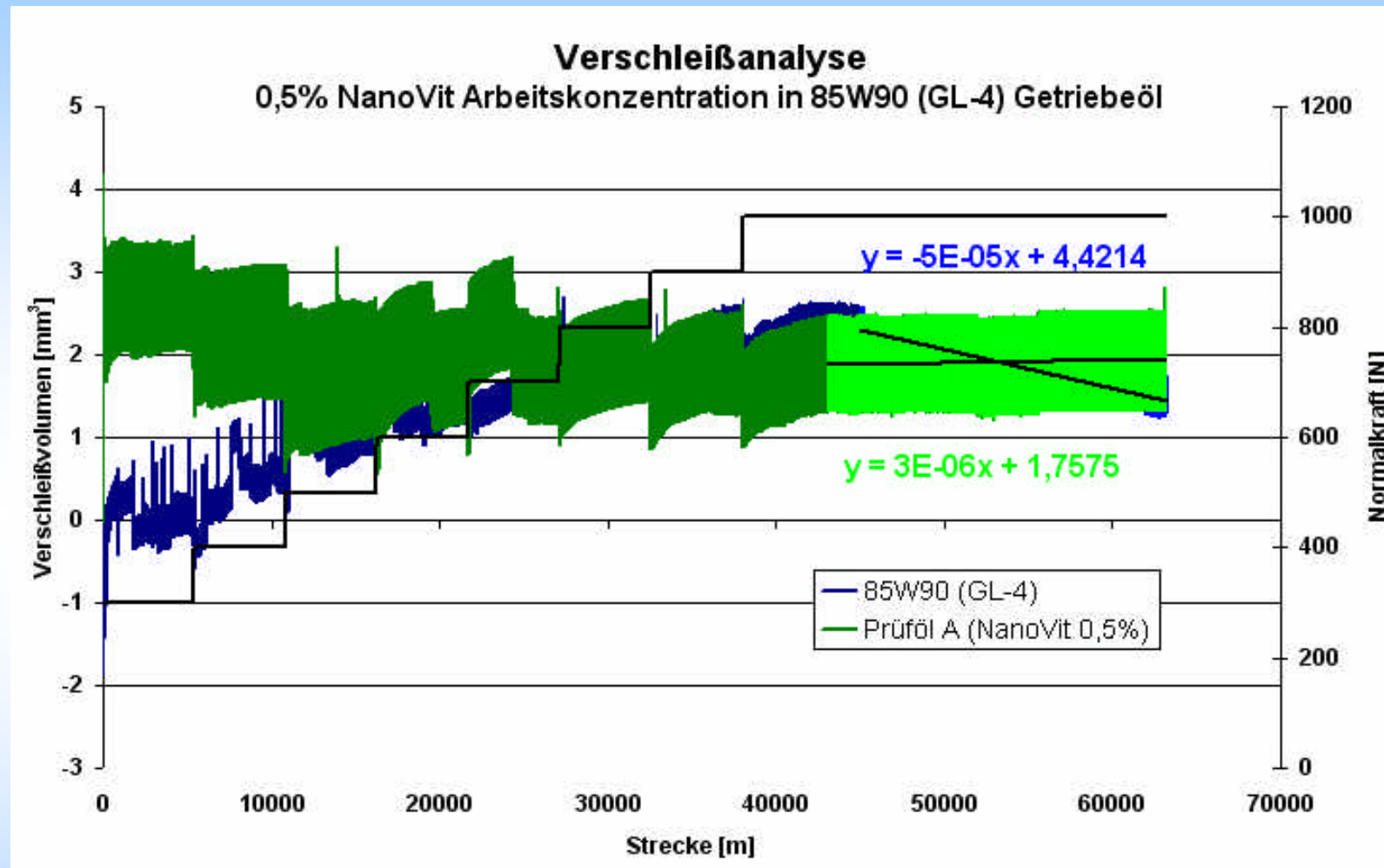
Vergleicht man die Reibungskurven untereinander so fällt auf, dass die Reibwerte beim NanoVit stärker als bei dem nicht additivierten Getriebeöl pendeln. (Schwingen oder pendeln ist für diese Prüfung typisch)

Der maximal erreichte Reibwert beträgt 0,1 $\mu$  der kleinste 0,0001 $\mu$ . Hervorgerufen wird dies durch den an den Reibungsflächen angelagerten NanoVit-Komponenten. Diese wirken dem extern einwirkenden Druck entgegen und schützen damit die Reibungsoberfläche gegen Verschleiß.

Interessant ist der Effekt, dass die Reibwertschwingung mit zunehmender Prüfkraft abnimmt. Der Reibungswert pendelt sich ab 700 N bei 0,075  $\mu$  ein und bleibt unabhängig von der Prüfkraft bis 1000 N konstant. Dieses Ergebnis ist beachtlich, da durch die auftretende Reibung auch Reibungswärme erzeugt wird, welche sich negativ auf die Viskosität des Getriebeöls auswirkt.

Mit steigender Temperatur sinkt die Viskosität und damit der auch Reibungswiderstand (siehe Reibwertkurve vom nicht additivierten Getriebeöl). Die Gefahr eines Schmierfilmabrisses ist dadurch recht groß. Das mit NanoVit behandelte Getriebeöl weist diesen Effekt nicht auf. Die NanoVit- Komponenten gleichen den durch die Temperatur hervorgerufen Viskositätsabfall im Getriebeöl aus. Ein Schmierfilmabriss wird wirksam verhindert.

# Prüfergebnisse nach 1. Prüfung – Verschleißvolumen mit 0,5% NanoVit



**FAZIT:** Damit ergibt sich für das 85W-90 GL-4 ein spezifische Verschleißrate  $k_s$  von  $5 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$  und für das NanoVit<sup>®</sup>-GR- Prüföl A ein  $k_s$ -Wert von  $3 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ .



# Ergebnisbetrachtung zur 1.Prüfung- Verschleißvolumen mit 0,5% NanoVit

Der in mit diesem Prüfaufbau dargestellte ermittelte Verschleiß, ist stark von der herrschenden Prozesstemperatur abhängig. Steigt die Temperatur an, so dehnt sich der Prüfkörper aus. Die Verschleißkennwerte steigen an. Erst wenn die Temperatur sich stabilisiert nehmen die Messsensoren der Prüfapparatur den direkten Materialabtrag bzw. Verschleiß auf. In diesem Fall sinkt die Verschleißkurve ab.

Betrachtet man nun das nicht additivierte Getriebeöl so ist ersichtlich, dass die erzeugte Reibungsenergie den Prüfkörper und das Getriebeöl aufheizt. Der Kurventrend ist von 300 N - 900 N ansteigend. Da der Zielbereich der Verschleißschutzanalyse 1000 N ist, wurde die Prüfzeit in dieser Kraftstufe um das 6 fache verlängert. Die Temperatur stabilisiert sich in dieser Prüfkraftstufe. Der Kurventrend ist deutlich absteigend.

Der Kurvenverlauf NanoVit<sup>®</sup> -GR- Prüföl ist signifikant anders. Der Kurventrend fast geradlinig, was einem geringen Verschleiß gleichzusetzen ist. Besonders auffallend ist der Kurventrend bei der Prüfkraft von 1.000 N. Hier ist bei dem NanoVit<sup>®</sup> -GR- Prüföl nur ein sehr geringer Verschleiß feststellbar.

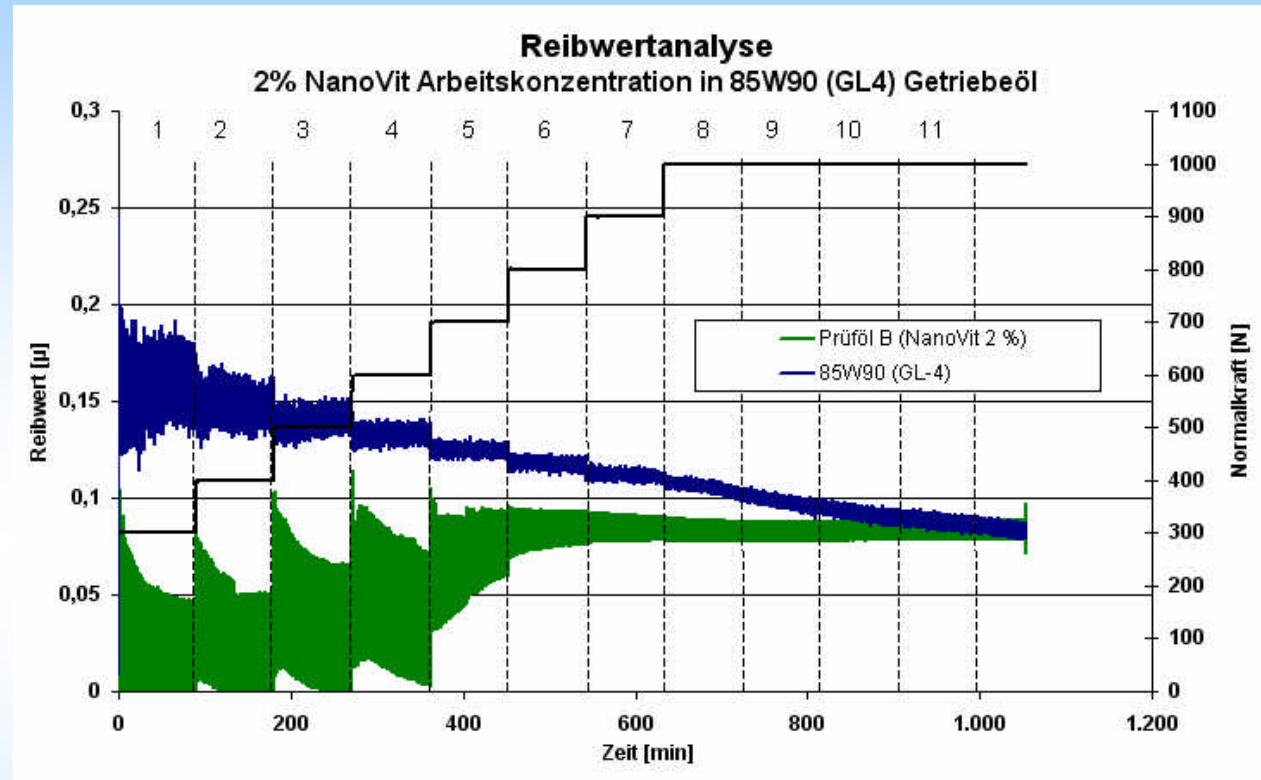
Im Endergebnis der Verschleißanalyse mit 0,5% NanoVit Arbeitskonzentration konnte ermittelt werden, dass der Verschleißschutz des 85W-90 GL-4 um 94% verbessert werden konnte.

(D.h. eine Verbesserung um 94% auf 6% gegenüber dem unadditivierten Öl)

# Prüfergebnisse nach 2. Prüfung – Reibwertanalyse mit 2,0% NanoVit

In dieser Analyse wurde das Getriebeöl mit 2% NanoVit<sup>®</sup>-Basisadditiv versetzt. Damit sollte der Ansatz einer möglichen Überkonzentrierung und deren Wirkung auf die Verschleißschutzwirkung ermittelt werden.

Auch wie bei der Prüfung 1 sind die Reibungswerte deutlich unter dem des nicht additiviertem Getriebeöl.



Die Versuche haben ergeben, dass eine Überkonzentration **keine** nachteilige Wirkung auf die Verschleißschutzwirkung von NanoVit<sup>®</sup>-GR hat.

Im Ergebnis der Verschleißanalyse konnte ermittelt werden, dass die Anwendung von NanoVit<sup>®</sup>-GR auch bei dieser Anwendungskonzentration von 2% das Getriebe mit einem Verschleißschutz ausrüstet, der um 90 % besser ist als wenn ein handelsübliches Getriebeöl verwendet wird. (D.h. eine Verbesserung um 90% auf 10% gegenüber dem unadditivierten ÖL)

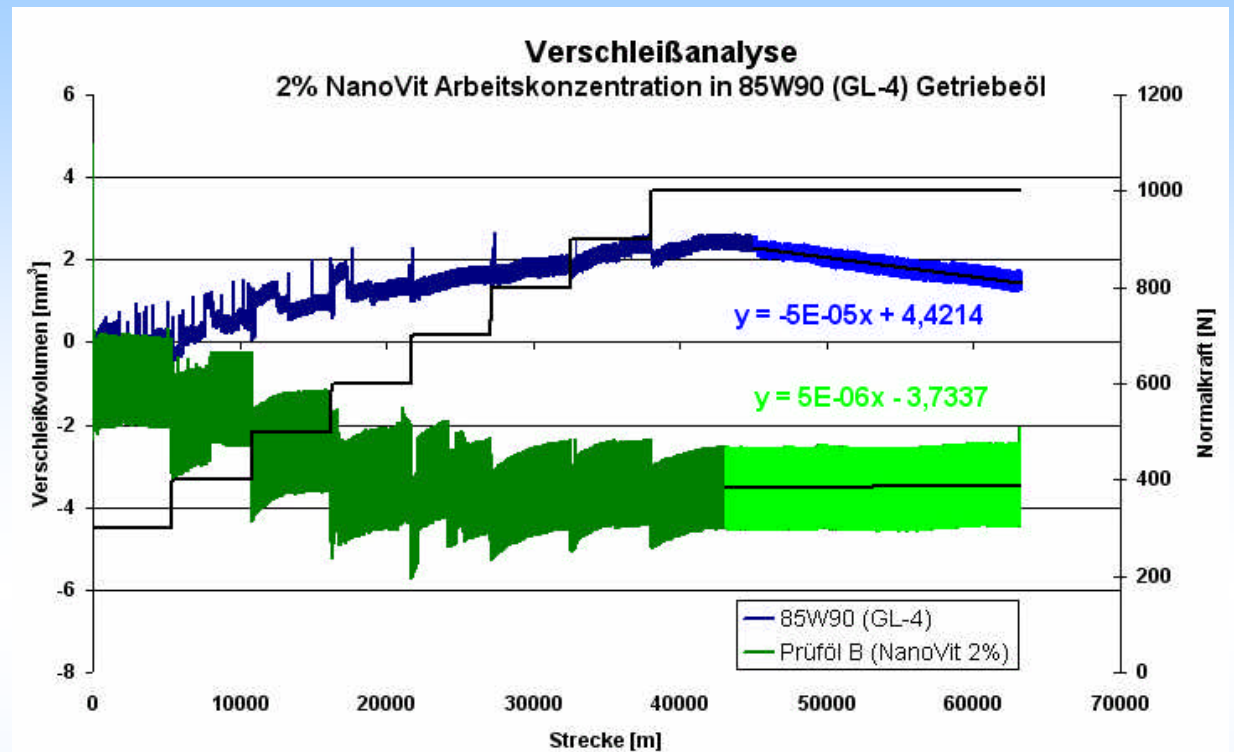
# Prüfergebnisse nach 2. Prüfung – Verschleißvolumen mit 2% NanoVit

Betrachtet man die Kurven vom nicht additiviertem Getriebeöl, so ist ersichtlich das die anfallende Reibungswärme die Prüfapparatur aufheizt. Die Kühlwirkung des Getriebeöl ist in dieser Phase so gut wie nicht vorhanden.

Erst bei einer verlängerten Laufzeit in der Kraftstufe 1.000 N stabilisiert sich die Temperatur. Der Verschleiß am Prüfkörper kann ermittelt werden. Die Verschleißkurve von NanoVit® -GR zeigt in allen Kraft-stufen einen abfallenden Trend. Die erzeugte Reibungswärme wird durch das Getriebeöl abgefangen.

Der Zielbereich der Verschleißschutzprüfung ist die Prüfkraftstufe 1.000 N. Beim NanoVit® -GR hat die Prüfkurve einen fast geradlinigen Trend, was einen wirksamen Verschleißschutz auch in dieser Anwendungskonzentration bedeutet. Der Kurventrend des nicht additivierten Getriebeöls ist abfallend. Es ist also ein deutlicher Verschleiß erkennbar.

Damit ergibt sich für das 85W-90 GL-4 eine spezifische Verschleißrate  $k_s$  von  $5 \cdot 10^{-5}$  mm<sup>3</sup>/Nm und für das NanoVit® -GR- Prüföl B eine  $k_s$ -Wert von  $5 \cdot 10^{-6}$  mm<sup>3</sup>/Nm. Im Endergebnis der Verschleißanalyse mit 2,0 % NanoVit Arbeitskonzentration konnte ermittelt werden, dass der Verschleißschutz des 85W-90 GL-4 um 90% verbessert werden konnte.



# Prüfergebnisse nach 3. Prüfung – Verschleißbildanalyse

Für die Ermittlung der verschleißmindernden Fähigkeiten eines Produktes oder Additives ist es notwendig neben der datentechnischen Aufnahme der Prüfparameter auch eine optische Analyse der Verschleißfläche durchzuführen

**85W-90 GL-4**

**Prüfkraft**

1.000 N

**Laufleistung** 63.000 m



Aus dem Prüfbild ist ersichtlich, wie sich das 85W-90 Getriebeöl durch die starke Temperaturentwicklung thermisch zersetzt. Die Rückstände lagern sich als Öl-Plaques (schwarz) auf den Reibungsflächen an, erzeugen Verschleiß

Verschleißbild auf der Prüfscheibe  
Ölbad - 100 x vergrößert

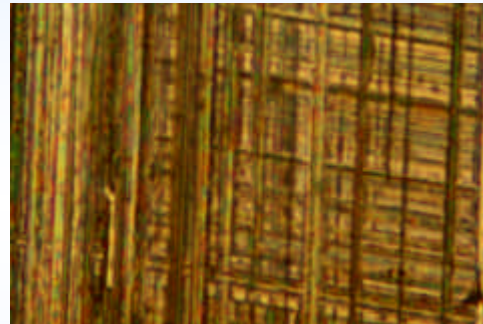
**NanoVit®-GR-Prüföl A**

0,5 %

**Prüfkraft**

1.000 N

**Laufleistung** 63.000 m



Betrachtet man die Verschleißflächen der Prüfkörper vom NanoVit®-GR so ist im Vergleich zum nicht additiviertem Getriebeöl eine deutlich Reduzierung des Öl-Plaques zu erkennen. Die an den Reibungsflächen typischen Glühverfärbungen sind deutlich ersichtlich

Verschleißbild auf der Prüfscheibe  
Ölbad - 100 x vergrößert

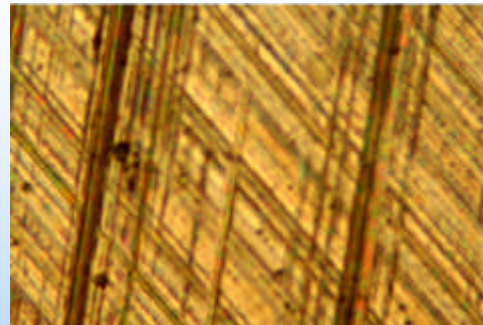
**NanoVit®-GR-Prüföl B**

2%

**Prüfkraft**

1.000 N

**Laufleistung** 63.000 m



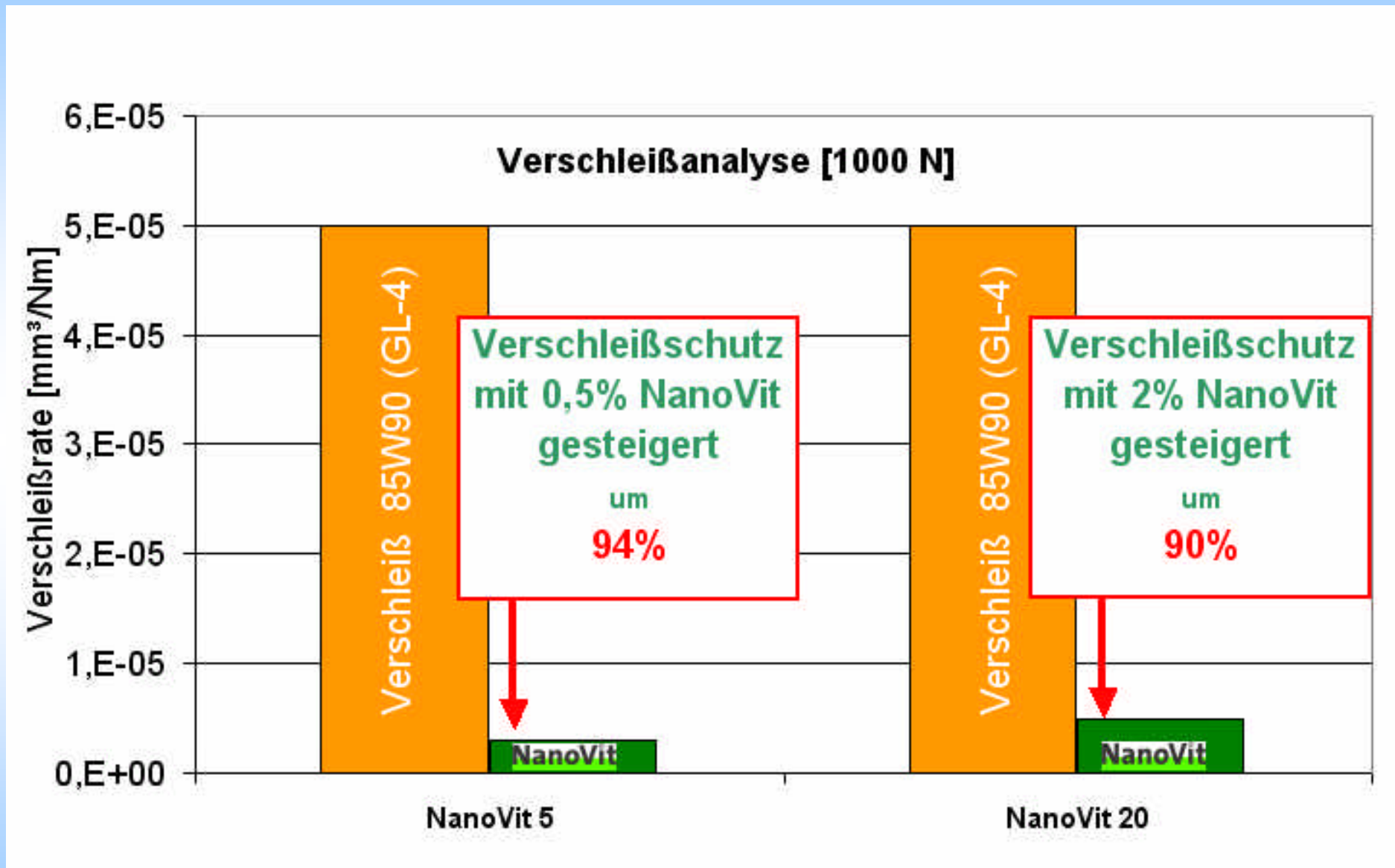
In dieser Anwendungskonzentration tritt die geringste Anlagerung des Öl-Plaques auf. Die Reibungs Oberfläche ist geschützt. Die typischen Glühverfärbungen treten nicht sehr oft auf, was auf einen optimal eingestellten Reibungsprozess hinweist.

Verschleißbild auf der Prüfscheibe  
Ölbad - 100 x vergrößert

**Fazit:** Die Optische Analyse bekräftigt die ermittelten positiven Ergebnisse der Verschleißschutzanalyse. Mit der Anwendung von NanoVit ist es gelungen die auftretenden Verschleißschutzdefizite eines handelsüblichen Getriebeöls auszugleichen.



# Zusammenfassung / Interpretation



## Zusammenfassung / Interpretation

Die Ergebnisse der vorliegende Prüfung haben gezeigt, dass durch den Einsatz NanoVit<sup>®</sup>-GetriebeRenovator der Reibungswiderstand deutlich herabgesetzt werden konnte.

In direkter Folge werden also die Reibungszonen geringer belastet, was weniger Verschleiß zur Folge hat. Gleichzeitig bedeutet die Reduzierung des Reibungswiderstandes eine geringere Temperaturbelastung des Getriebeöls, was dem Verschleiß und dem Viskositätsabfall des Öles entgegenwirkt.

Das unadditivierte Getriebeöl zeigt deutliche Verkokungen auf, welche sich in Form eines Plaques an den Reibungsflächen anlagern und zusätzlich Verschleiß erzeugen. Durch die Anwendung von NanoVit<sup>®</sup>-GetriebeRenovator konnte das wirksam verhindert werden.

Die Verschleißschutzanalyse ergab, das in den geprüften Anwendungskonzentrationen ein sehr guter Verschleißschutz auf den Reibungsoberflächen erzeugt werden konnte.

### Der NanoVit<sup>®</sup>- GetriebeRenovator

- ⇒ Langzeit-Verschleißschutz
- ⇒ Hohe Druckfestigkeit
- ⇒ Reibungsminderung
- ⇒ Wirkt Viskositätsabfall im Öl entgegen



**Für das Produkt NanoVit<sup>®</sup>-GetriebeRenovator wird das Prüfzeichen „Zertifizierter Wirksamkeitsnachweis“ vergeben**

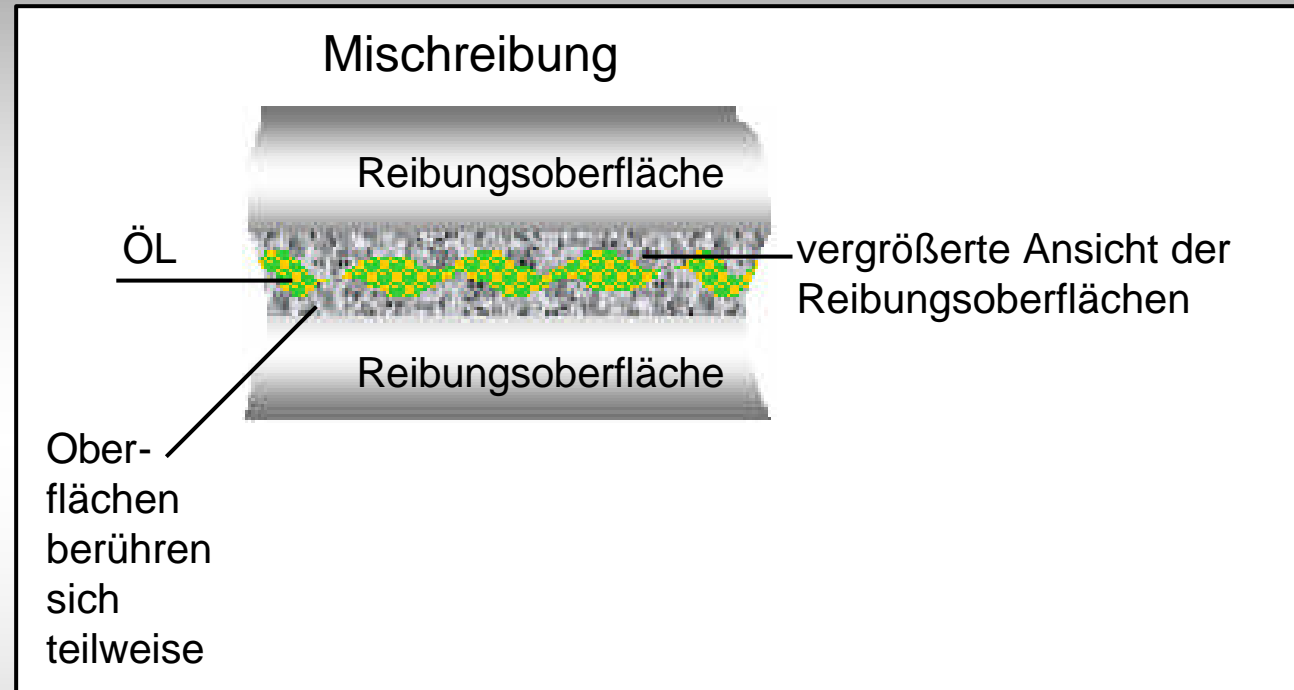


# Zusammenfassung / Interpretation

## Begründung / Wirkungsweise von NanoVit<sup>®</sup>

**NanoVit<sup>®</sup>** ist eine

- sich unter Druck selbstregulierende,
- flexible, elastische,
- seine Schmiereigenschaften auch bei hohen Temperaturen beibehaltende,
- stabil und permanent haftende,
- amorphe Schicht,
- die eine dreidimensionale, kugelförmige, elastische Netzstruktur von 3 – 700 Nanometern auf den Reibungsflächen permanent gewährleistet.



Die NanoVit<sup>®</sup>- Drei-Stoffkombination führt im Arbeitsprozess zu einer sich selbstregulierenden Verschleißschutzschicht, welche im nanoskaligen Partikelbereich arbeitet. Erst durch die sehr speziellen Schichtstruktur und die geringe Schichtdicke können die NanoVit<sup>®</sup>-Komponenten im Zusammenwirken mit den Ölmolekülen ihre Verschleißschutzwirkung erzeugen und voll ausbilden.

Diese sich selbst regulierende Stoffsymbiose führt dazu, dass sich die ÖL-Moleküle neu ordnen und sich eine flexible und elastische Schichtstruktur bildet, welche sich den Arbeitsbedingungen flexibel und ständig anpasst.