

Johannisstraße 3  
D - 08412 Werdau

Telefon: +49.3761.1892.0  
Mail: daw@daw-aerocit.com

**DAW AEROCIT Schmierungstechnik GmbH**



## **Spezialschmierstoffe - Erfahrung seit 1892**

### **KERNKOMPETENZEN:**

- **Entwicklung und Herstellung innovativer Schmierstoffe**
- **Kontrolle, Erfassung und Auswertung spezifischer Kennwerte im Labor**
- **Planung und Optimierung kompletter Schmier- und Hilfsstoffsysteme**
- **technische Betreuung und Beratung vor Ort**



**Entwicklung eines glycerinbasierten, wassermischbaren Kühlschmierstoffes für die Metallbearbeitung**

**Projektteam | Projektförderung durch:**

---



**DAW AEROCIT Schmierungstechnik GmbH**

Johannisstraße 3, 08412 Werdau  
Ansprechpartner und Projektleitung: GF Harald Draeger

**Carl Bechem GmbH**

Weststraße 120, 58089 Hagen  
Ansprechpartner und Projektleitung: Dr. Oliver Thordsen

**Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF)  
Technische Universität Braunschweig**

Langer Kamp 19b, 38106 Braunschweig  
Ansprechpartner: Dr. Ralf Bock

**Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie (IÖNC)  
Technische Universität Braunschweig**

Hagenring 30, 38106 Braunschweig  
Ansprechpartner: Dr. Hubertus Wichmann



# Aufgaben von Kühlschmierstoffen

## Kühlung

Führt die bei der Bearbeitung in der Verformungszone erzeugte Wärme ab.

## Schmierung

Reduziert die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück sowie Werkzeug und Span.

## Spänetransport

Der Kühlschmierstoff transportiert die anfallenden Späne und hält die Maschine sowie Bearbeitungsstelle sauber.

## Problemfelder:

Wasser oder Öl?  
Kühlen gegen Schmieren oder umgekehrt?

Tenside?  
Entfettungsbäder?  
Lösemittel?

## Anforderungen an Kühlschmierstoffe

- hohes Leistungspotential bei unterschiedlichen Bearbeitungsoperationen und Materialien
- breites Einsatzspektrum im Wirkungskreis Maschine - Werkzeug - Material
- zuverlässiger Korrosionsschutz
- physikalische und biologische Stabilität
- arbeitsmedizinische Unbedenklichkeit
- umweltgerechte ökologische Gesamtbewertung
- wirtschaftlich organisierbare und sichere Nachfolgeprozesse

## 3-Punkte Programm für einen innovativen KSS

---

- **hohes Leistungspotential bei unterschiedlichen Bearbeitungsoperationen und Materialien**

**KÜHLEN UND SCHMIEREN = WASSER + VISKOSITÄT + Additiv**

- **umweltgerechte ökologische Gesamtbewertung**

**NUTZUNG NAWARO - KUPPEL- oder NEBENPRODUKTE;  
MINIMALE CO<sub>2</sub> GESAMTBEWERTUNG;  
PROBLEMLOSE NACHVERWERTUNG**

- **physikalische und biologische Stabilität**

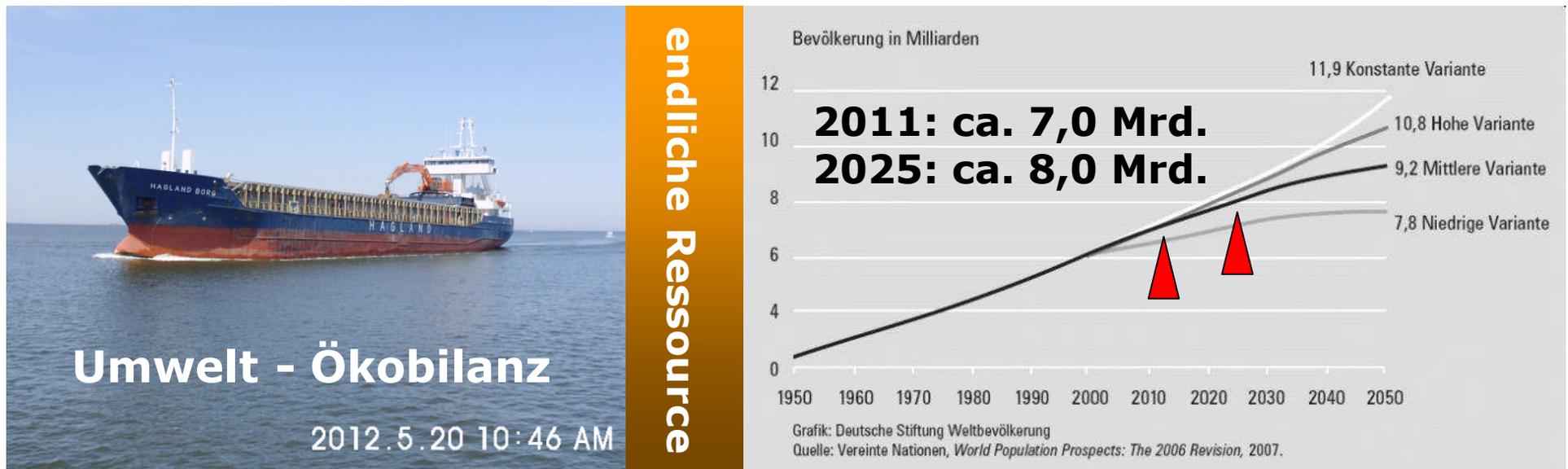
**VISKOSE LÖSUNG; KEINE ZUSATZKONSERVIERUNG**



# Mineralöl - Basis für einen innovativen KSS???

Die Entwicklung nachhaltiger Basisrohstoffe und Anwendungsketten wird weltweit dominierendes Thema von Politik, Wirtschaft und Forschung.

Mineralölsubstitution - 3 Gründe + mehr



**In der Vergangenheit liegt unsere Zukunft!**



# GLYCERIN - Basis für einen innovativen KSS

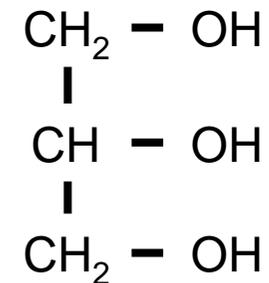
---

- Nebenprodukt der Biodieselherstellung
- hohe Verfügbarkeit - ca. 300.000 t/a weltweit
- bisher keine kaskadische Nutzung - fast ausschließliche energetische Verwendung
- aufgrund seiner Eigenschaften als Substitut für Mineralöl in wassermischbaren KSS einsetzbar; Mineralölverbrauch für insgesamt 740.000 t/a in Deutschland ca. 80.000 t (2009)



## Eigenschaften:

- organische Verbindung ( $C_3H_8O_3$ )
- ist ein Zuckeralkohol und in allen natürlichen Fetten und Ölen als Fettsäureester vorhanden
- bei Raumtemperatur farb- und geruchlose, viskose, hygroskopische Flüssigkeit



# KSS und Mikroorganismen - Kontaminationswege

Mikroorganismen kommen überall vor:

- Bakterien
- Pilze
- Hefen



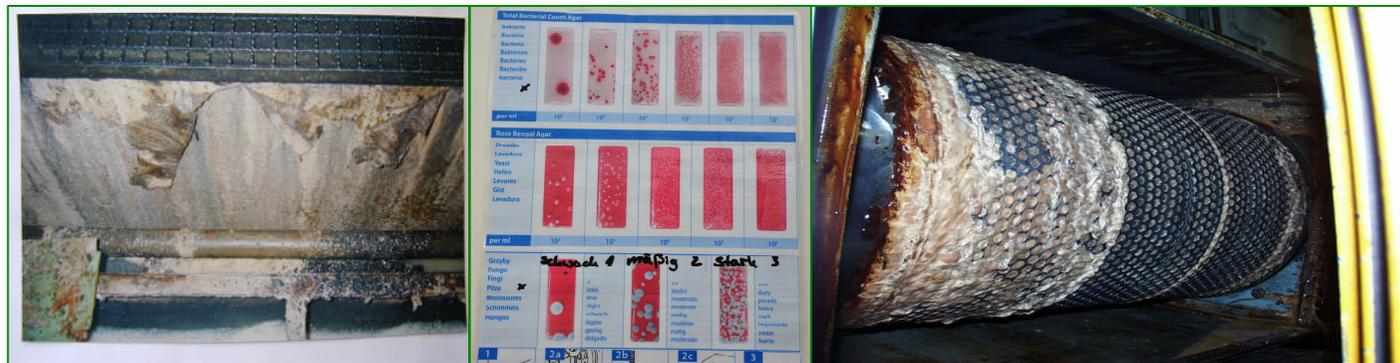
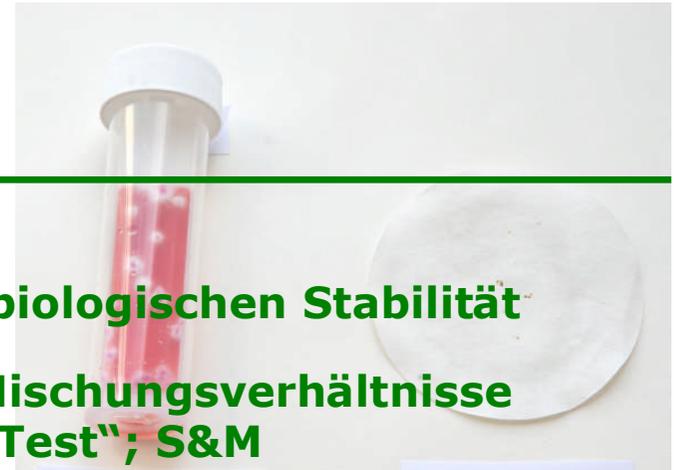
Pseudomonas aeruginosa



# GLYCERIN - biologische Eigenschaften

## Versuchsdurchführung zur Ermittlung der mikrobiologischen Stabilität

- Herstellung verschiedener Probenvarianten / Mischungsverhältnisse
- Impfzyklentest in Anlehnung an „SM 019 Boko Test“; S&M
- Simulation des wiederholten Eintrages von Mikroorganismen in den KSS bei konstanter Temperatur, im Dunkeln, unter ständigem Rühren
- alle drei Tage mit hoch mikrobiologisch belastetem Wasser versetzt
- Impfwasser: Ablauf der Kläranlage „Gut Steinhof“ Braunschweig
- vor jeder Beimpfung - Keimzahlbestimmung mit Hilfe des Nähragars Merck Envirocheck® Contact TVC
- nach Bebrüten des Agars - Bewertung der mikrobiologischen Belastung der Probe



# GLYCERIN - biologische Eigenschaften

## Versuchsdurchführung zur Ermittlung der mikrobiologischen Stabilität

### Legende

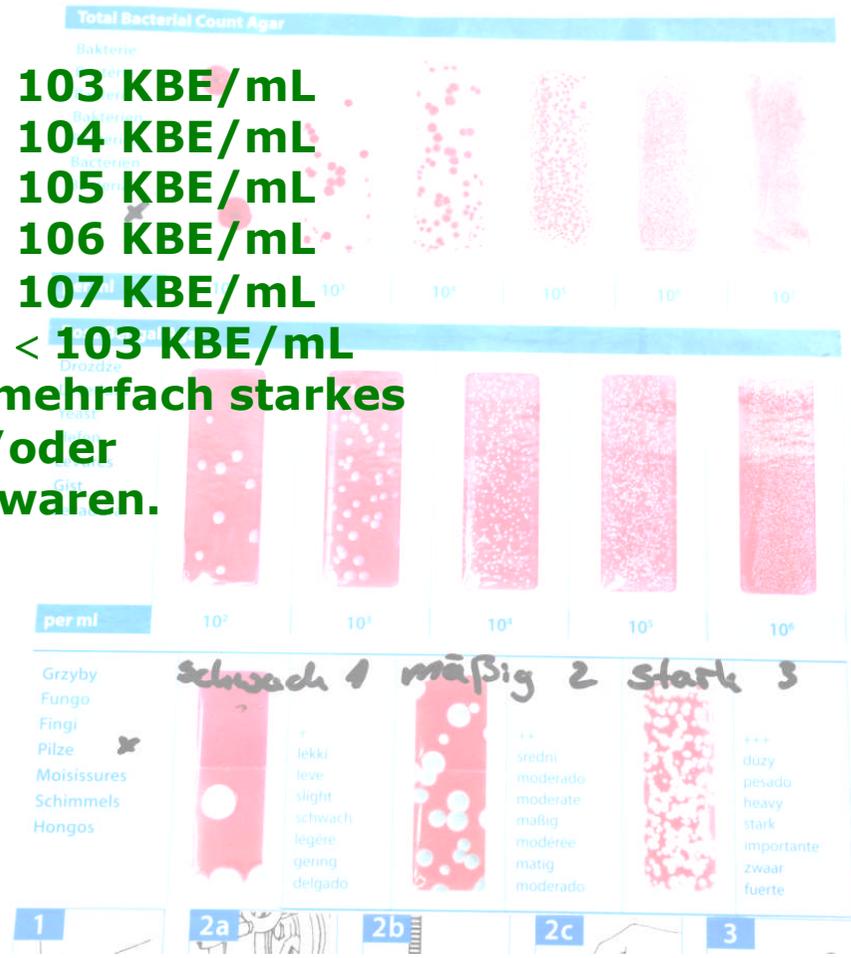
- +** = sehr geringes Wachstum ≈
- ++** = geringes Wachstum ≈
- +++** = mäßiges Wachstum ≈
- ++++** = starkes Wachstum ≈
- +++++** = sehr starkes Wachstum ≈
- = Wachstum

**abgebr.= Test wurde abgebrochen, da mehrfach starkes Keimwachstum festgestellt wurde und/oder Schimmelpilze in der Probe vorhanden waren.**



Quelle: TÖNC BS

BSB-Flaschen mit aufgesetzten Drucksensoren



# GLYCERIN - biologische Eigenschaften

## Keimbelastungen von Proben des Impfzyklentests bei 35°C

Datum der Beimpfung	Probe 8 0% Glycerin pH- 7,3	Probe 9 30% Glycerin pH- 7,3	Probe 10 35% Glycerin pH- 7,3	Probe 11 40% Glycerin pH- 7,3	Probe 12 25% Glycerin pH- 9,0	Probe 13 30% Glycerin pH- 9,0	Probe 14 35% Glycerin pH- 7,3 Pepton
27.03.09	+++	+++	+	++	++	++	+
31.03.09	+++++	++	+	+	++	+	-
03.04.09	+++++	++	-	-	-	-	-
06.04.09	+++++	+++	++	++	+	+	++
09.04.09	+++++	++	+	+	-	-	-
17.04.09	abgebr.	-	-	-	-	-	-
20.04.09		+	-	-	-	-	-
22.04.09		-	-	-	-	-	+
24.04.09		+	+	-	-	-	+
27.04.09		+	+	-	+	+	+
04.05.09		+	-	-	+++	-	-
11.05.09		-	-	-	+++++	-	-

\*Impfwasser, Ablauf der Kläranlage „Gut Steinhof“ Braunschweig Quelle: IÖNC BS



# GLYCERIN - biologische Eigenschaften

---

## Ergebnisse aus der Versuchsdurchführung

- **Glycerin - Wasser Mischungen ab ca. 35% Anteil Glycerin besitzen eine ausgeprägte Stabilität gegenüber Mikroorganismen**
- **ab ca. 40% Anteil Glycerin ist auch unter KSS Einsatzbedingungen von einer hohen biologischen Stabilität auszugehen**
- **unterhalb von 30% Anteil Glycerin wird das Gemisch von Mikroorganismen verstoffwechselt**
- **die Erhöhung des pH- Wertes ergibt keine gravierende Erhöhung der biologischen Stabilität**

**Fazit: Der resultierende KSS auf Glycerinbasis ist ohne zusätzliche Konservierungsstoffe langzeittauglich stabil einsetzbar.**

**Rückstände aus Wasch- und Spülmedien sind hervorragend biologisch verwertbar.**

**Der verbrauchte KSS kann u.a. energetisch verwertet werden**



# Schmierung - relevante tribologische Mechanismen

---

**Schmierstoff: Ein flüssiges, plastisch-festes, festes oder gasförmiges Medium, welches die Aufgabe hat, bei gleitendem oder rollendem Kontakt zweier sich aufeinander bewegenden Punkte, Linien oder Flächen, Reibung und Verschleiß zu mindern.**

**1. Hydrostatische Schmierung:**

**Trennung der Reibpartner in geschlossenen Bereichen durch hydrostatischen Gegendruck (ohne Bewegung)**

**2. Hydrodynamische Schmierung:**

**Trennung der Reibpartner durch bewegte Flüssigkeit**

**3. Schmierung im Mischreibungsgebiet:**

**Hydrodynamische Schmierung mit direktem Kontakt der Reibungspartner : Verschleiß-Hochlage !!!**

- **stark vergrößerte Oberfläche eines Werkstückes bzw. Werkzeuges:**  
(oder doch die Alpen?)



# GLYCERIN - Schmierung durch Wasser?

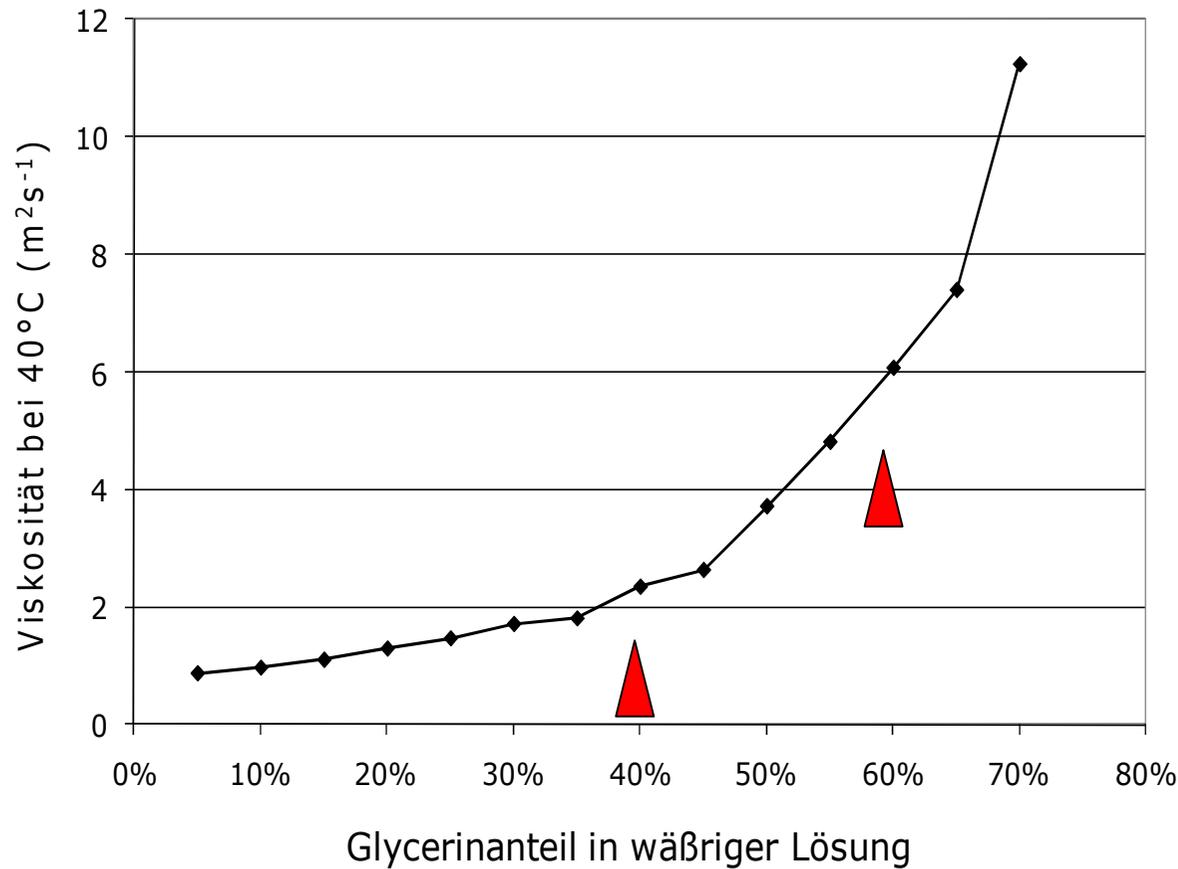
**Zielstellung: KSS zur Zerspanung mit geometrisch bestimmter und unbestimmter Schneide mit technologisch gleich- oder höherwertigen Eigenschaften als mineralölbasierte Produkte**

<b>Schmierungseigenschaften von Wasser</b>			
<b>Reichert-Reib-Verschleiß</b>	<b>Verschleißmessung nach Brugger</b>	<b>Schwingungsreibverschleiß (SRV)</b>	<b>Vier-Kugel-Apparat (VKA)</b>
<b>Wasser-Einfahrwert 15 N Last</b>	<b>400 N Last</b>	<b>300 N Ring / Platte 50 Hz Weg: 1 mm 15 min.</b>	<b>1.000 N</b>
<b>35 - 36 mm<sup>2</sup> Verschleißellipse Spez. Flächenpressung: 690 N/cm<sup>2</sup></b>	<b>77,6 mm<sup>2</sup> Verschleißellipse Belastbarkeit nach Brugger: 20,7 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>Abbruch: Spez. Flächenpressung: 2.093 N/mm<sup>2</sup> <math>\mu = 0,45</math></b>	<b>Abbruch: Verschweißen</b>



# GLYCERIN - Schmierung - Ermittlung der optimalen Viskosität

**Zielstellung: Herstellung einer praxisrelevanten Basismischung**



**Voraussetzungen:**  
**Glycerin Reinheit >99,5**  
**Trinkwasserqualität 4°dH**

# GLYCERIN - Schmiereigenschaften von Mischungen

---

**Zielstellung: Herstellung einer praxisrelevanten Basismischung**

Glycerin	Wasser	Viskosität	Reichert-Reibverschleiß-Kennwerte**		
			20°C [mm <sup>2</sup> /s]	Geräusch- meter (GM)	Verschleiß- ellipse
100%	0%	118,3	68 GM	26,4 mm <sup>2</sup>	1.136 N/cm <sup>2</sup>
40%	60%*	6,2	61 GM	25,0 mm <sup>2</sup>	1.198 N/cm <sup>2</sup>

\* Basismischung enthält zusätzlich 1,0% organischen Korrosionsschutz + 0,1% aminische pH- Korrekturkomponente

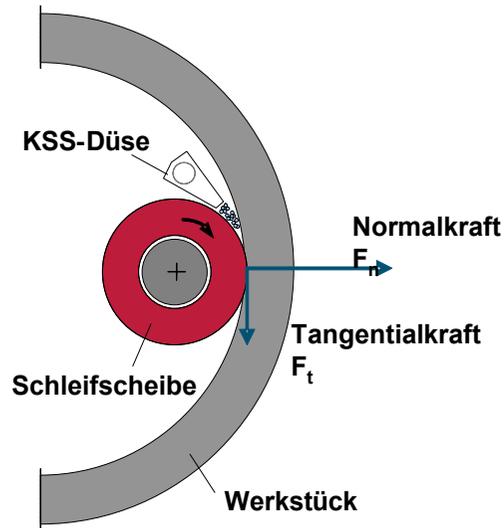
\*\* aufgrund der tribologischen Aussagefähigkeit prädestiniert

**Ergebnis: Die Basismischung weist ein höheres Schmierungspotenzial auf als reines Wasser bzw. Glycerin**



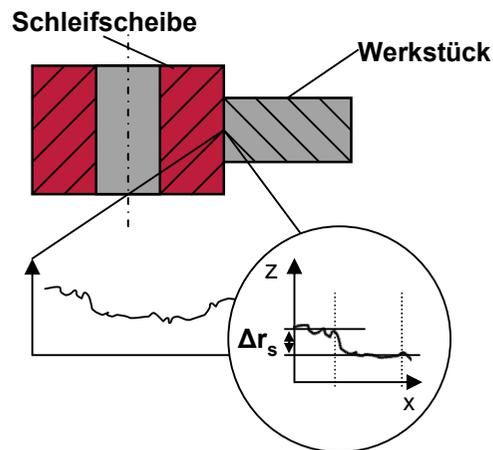
# Schleifen - Kurzausflug Bewertungskriterien

## Prozeßkräfte



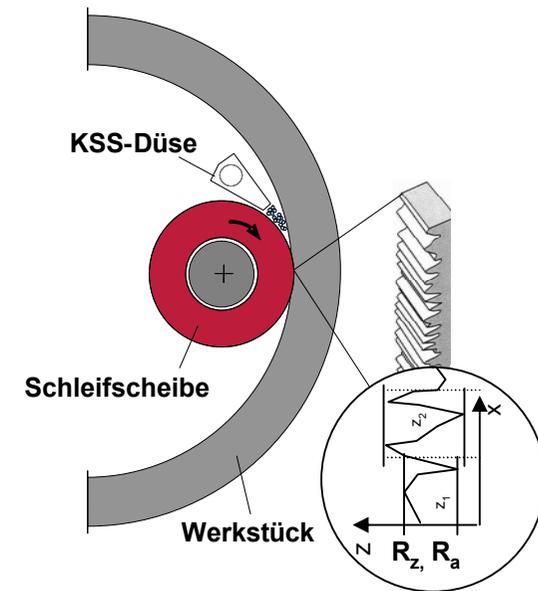
- Information über die
- Schmierfähigkeit
  - Schnittfreudigkeit

## Schleifscheibenverschleiß



- Information über die
- Werkzeugstandzeit
  - Fertigungsgenauigkeit

## Werkstückrauheit

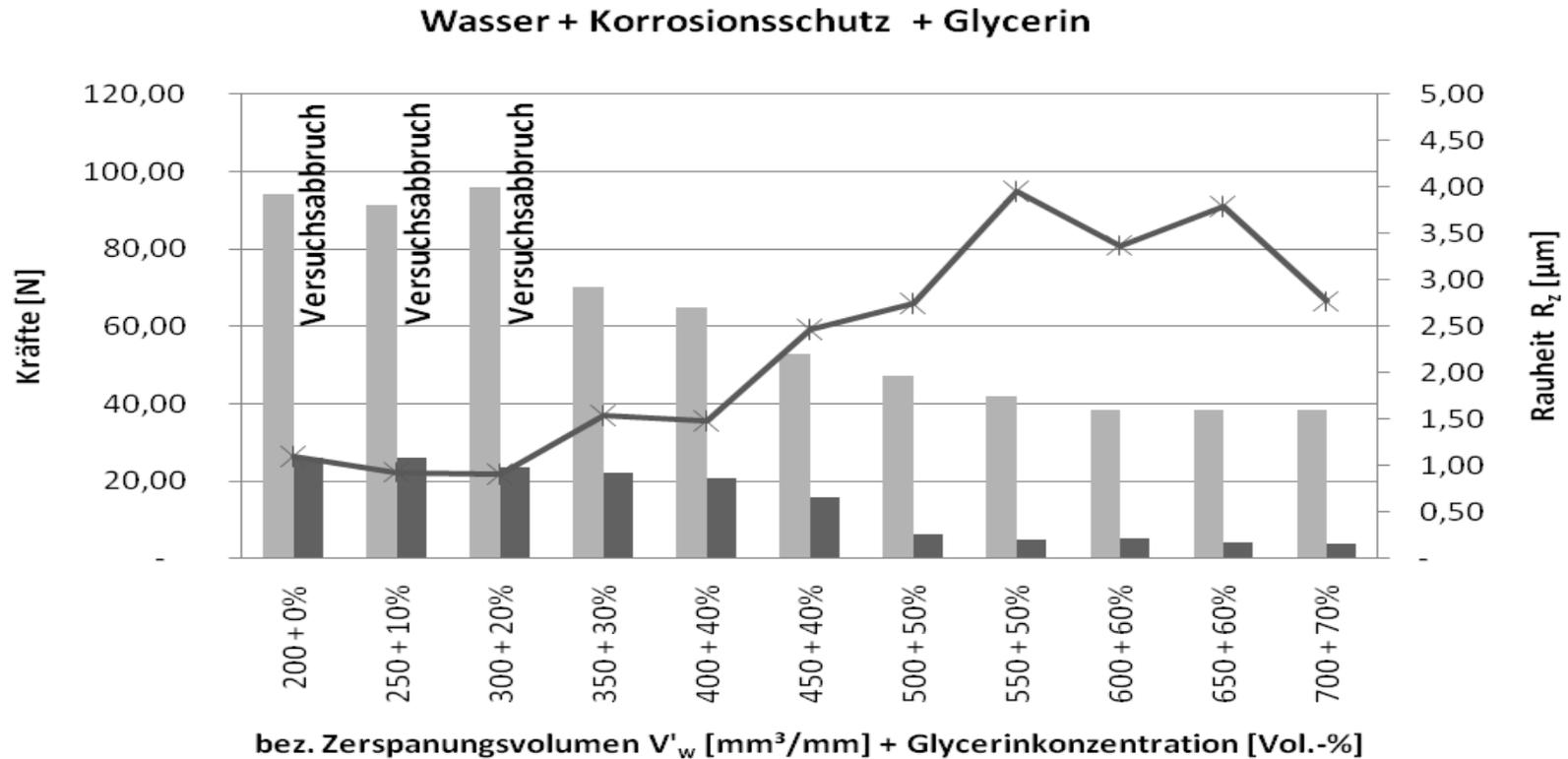


- Information über die
- Prozeßqualität
  - Fertigungsgenauigkeit

Quelle: IWF BS

# GLYCERIN - Schmierung bei unterschiedlichem Mischungsverhältnis

## Versuche mit unterschiedlichen Glycerin - Wasser Mischungsverhältnissen am IWF Braunschweig



Normalkraft  $F_n$  [N]
  Tangentalkraft  $F_t$  [N]
  Rauheit  $R_z$  [ $\mu\text{m}$ ]

Parameter

$Q'_w = 1 \text{ mm}^3 \text{ mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

$v_c = 60 \text{ m s}^{-1}$

Prozess: Innenrundscheifen

Werkzeug: CBN

Werkstück: 100Cr6 - 62 HRC



DAW AEROCIT Schmierungstechnik GmbH

Draeger | Vortrag FNR 20120605

DAW AEROCIT Schmierungstechnik GmbH  
www.daw-aerocit.de

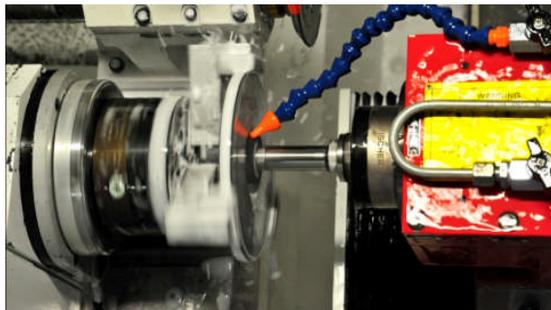
# GLYCERIN - Basismischung Auswertung

---

## Fazit aus ersten Praxisversuchen:

**Im Vergleich mit additivierten nichtwassermischbaren Schleifölen oder auch additivierten wassermischbaren Kühlschmierstoffen, weisen die glycerinhaltigen neuen Basisflüssigkeiten trotz verbesserter Schmierungseigenschaften noch einige wesentliche Defizite auf:**

- **Erhöhung der Schmierungseigenschaften erforderlich**
- **Aufbau eines Extreme- Pressure- Additivpaketes erforderlich**
- **Verbesserung des Schaumverhaltens**
- **Einstellung der Aerosol-Bildung beim Schleifen**



# GLYCERIN - Schmierung - Wirkungsweise von Additiven

## genereller Reaktionsweg von Additiven:

SCHRITT	REAKTION	ERGEBNIS
1	Belegung der Gebiete mit höchster Oberflächenenergie: Spitzen, Kanten	Bildung schwacher Van-der-Waals gebundener Schichten
2	Polare Strukturen werden bevorzugt angelagert	Bildung von Metallseifen aus Säuren und Estern
3	Erhöhung des Drucks und der Temperatur	Schmelzen der Seifen: Max. Temperatur: 200 °C (390 °F)
4	Aktivierung reaktiver Moleküle bei erhöhter Temperatur: Chlor-, Phosphor-, Schwefel – Additive	Bildung von Metall-Chloriden: 150 – 200 °C (300 – 390 °F)
5	Aktivierung von Phosphor-Additiven	Bildung von Metall-Phosphaten: 400 – 600 °C (750 – 1.110 °F)
6	Aktivierung von Schwefel-Additiven	Bildung von Metall-Sulfiden: 600 – 800 °C (1.110 – 1.470 °F)

Quelle: Dwuletzki Bechem

**Schlußfolgerung: unterschiedliche KSS Anwendungen erfordern unterschiedliche Additivpakete**



# GLYCERIN - Schmierung - Optimierung

## Entwicklung optimierter Additivpakete:

Additive für die Glycerin-Basis-Mischung					
Typ der Additivierung	Nr. 1	Nr. 2,3,4	Nr. 5,10	Nr. 6,7	Nr. 8,9,11,12
Keine (Basis-Mischung)					
Glykole					
Phosphor					
Schwefel					
Ester					

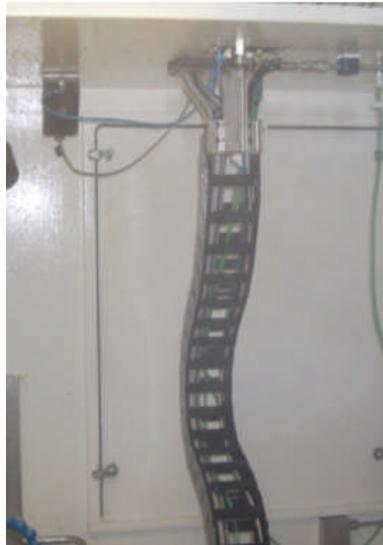
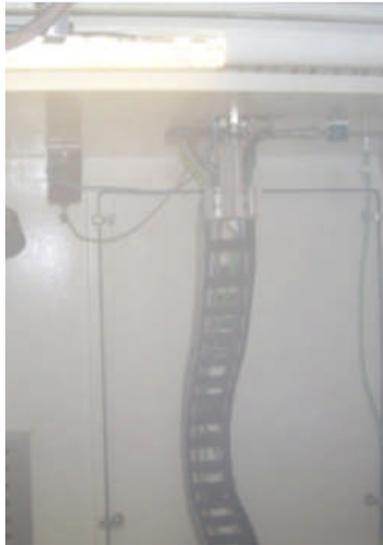
**Ergebnis: Additivkombinationen der Typen 2, 6 und 9 weisen im nachfolgenden Praxisversuch die besten Ergebnisse auf.**



# GLYCERIN - KSS Eigenschaften - Optimierung

---

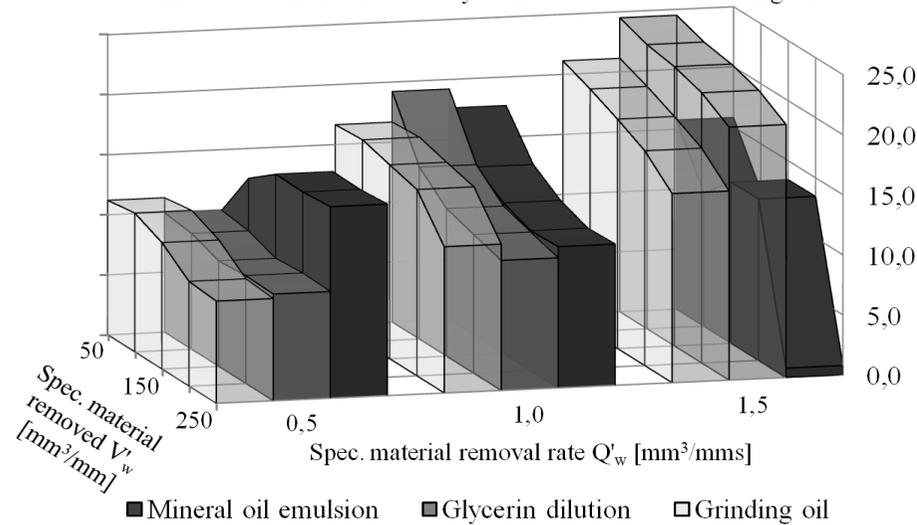
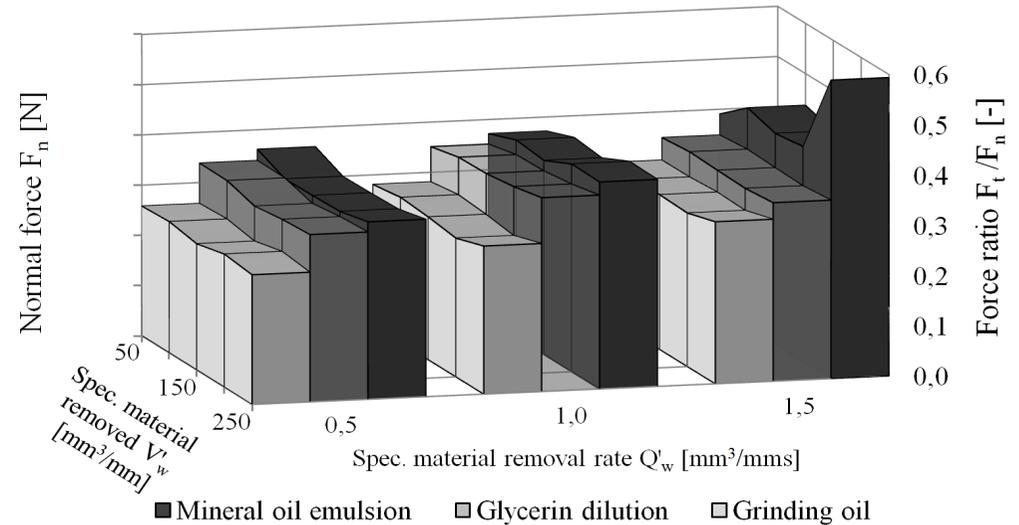
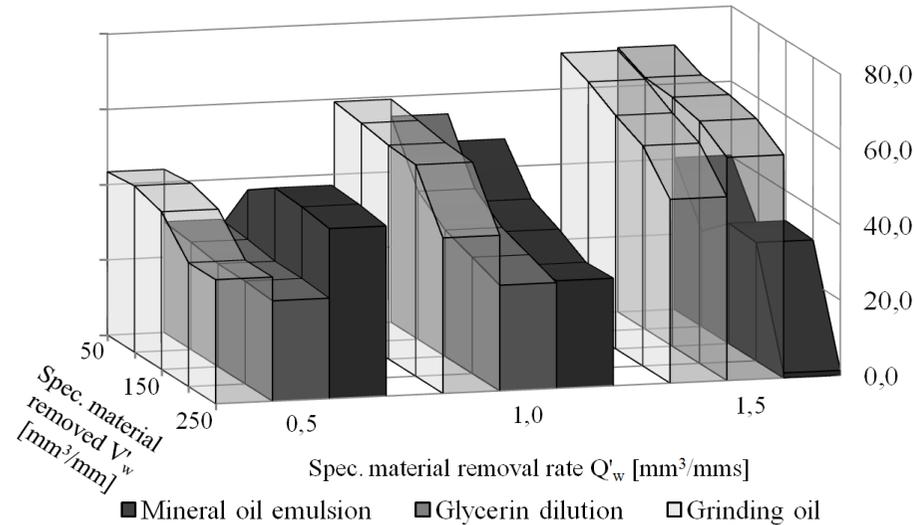
Entwicklung optimierter Additivpakete:



Vergleich nach Zugabe von Antinebelzusatz bzw. Entschäumer

**Ergebnis: hervorragendes Netz- und Spülvermögen bei geringem Produktaustrag; Schaumstabil unter Praxisbedingungen**

# GLYCERIN - KSS technische Bewertung



## Versuchsdaten:

Prozess: Innenrundscheifen  
 Tool: Aluminiumoxid  
 Spezifikation: 452 A 120 K9 V3  
 Werkstück: 100Cr6 - 62 HRC  
 KSS-Menge: 9.5 L/min  
 KSS-Düse: Tangential Düse

## Prozessdaten:

Schnittgeschwindigkeit:  $v_c = 40$  m/s  
 Schleifbreite:  $a_p = 10$  mm  
 Bez. Zeitspanungsvol.:  $Q'_w = 0.5 - 1.5$  mm<sup>3</sup>/mms  
 Bez. Zerspanungsvol.:  $V'_w = 50$  mm<sup>3</sup>/mm  
 Abrichtverhältnis:  $q_d = +0,4$   
 Abrichtzustellung:  $a_{ed} = 1$  µm

Quelle: IWF BS



# GLYCERIN - KSS Bewertung

---

## Der entwickelte Glycerin- basierte KSS:

- hat eine gute Schmier- und Kühlwirkung
- besitzt eine hohe physikalische und biologische Stabilität
- ist umweltverträglich, kostengünstig und nicht toxisch
- ist technologisch vergleichbar bzw. besser als konventionelle Fluide auf Mineralölbasis
- ist von Spänen, Werkstücken und Maschinen einfach zu entfernen
- ist nicht entflammbar, Basisfluid Wasser

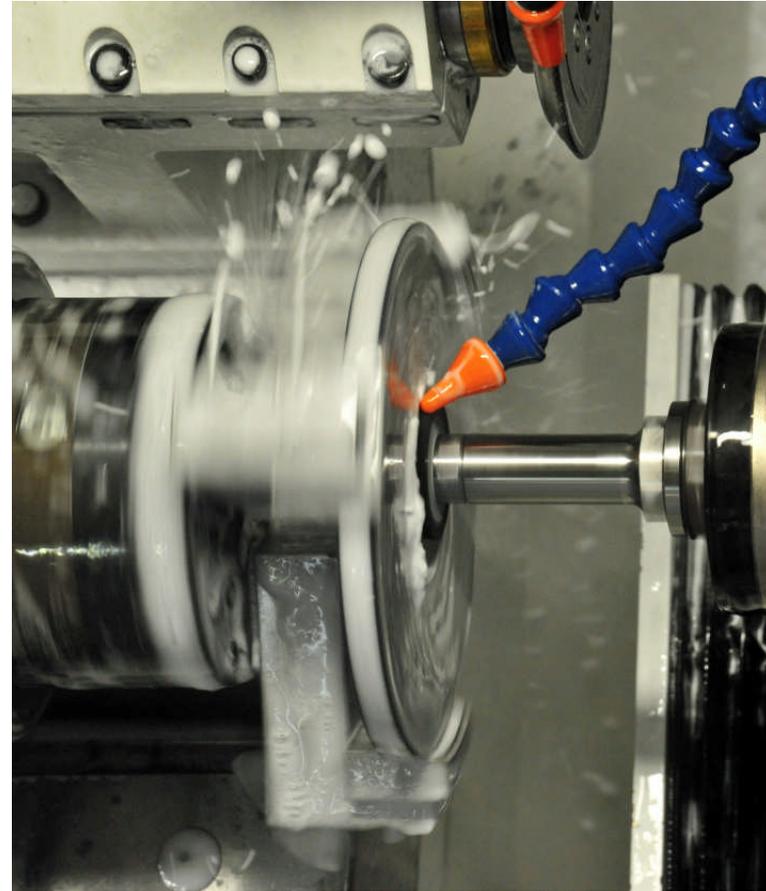
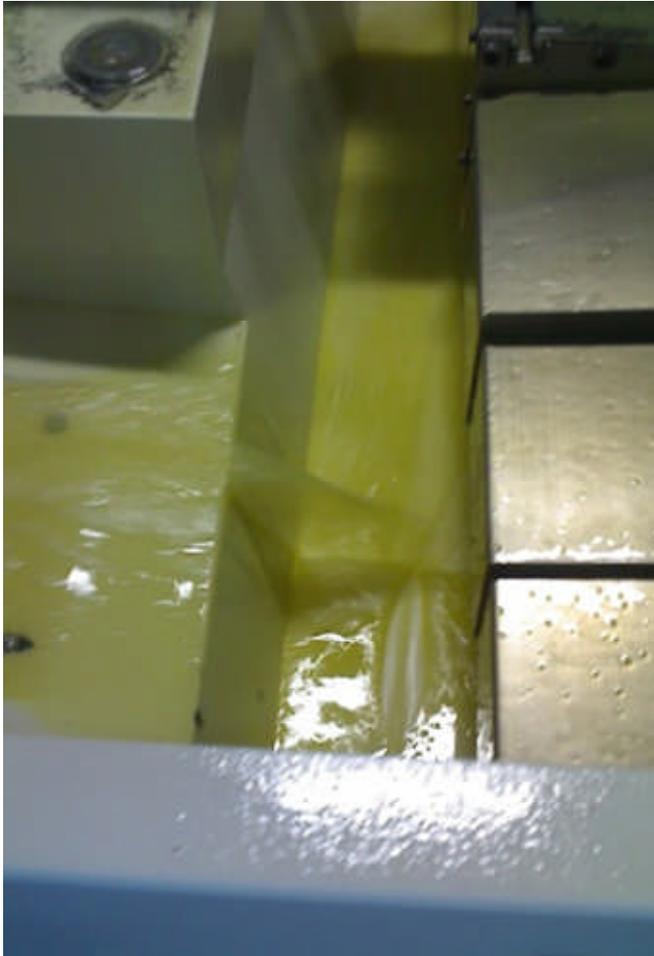
## Ausblicke:

- Die Entwicklung geeigneter Leistungsträger / Additive aus nachhaltigen, regenerierbaren Rohstoffquellen ist unbedingte Voraussetzung für den umfassenden Einsatz innovativer, wasserbasierter Schmierstofftechnologien.



**So muß das aussehen... innovativ-stabil-wirtschaftlich-nachhaltig**

---



**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

---

