



**FORSCHUNGSZENTRUM**  
**SCHNEE, SKI UND ALPINSPO**  
**RT**  
W W W . F Z S S A . A T

A – 6020 INNSBRUCK, FÜRSTENWEG 185  
TEL. +43 (0)512 507 45849 / FAX +43 (0)512 507 2656  
GERICHTSSTAND INNSBRUCK, FN 269335G, UID Nr. ATU62089769

---

# **Bestimmung von Reibungswiderstand und Abrieb von „GigaGlide“ im Vergleich zu konventionellem Paraffin**

## *Teil 2: Reibungskoeffizient bei -5°C und Oberflächeneigenschaften*

Auftraggeber:  
Nanoenergy®  
Löwensternstrasse 4  
5411 Oberalm



GIGA GLIDE

Tabelle 1 : Zusammenfassung der Testbedingungen.

<b>Untersuchung Reibungswiderstand</b>	<b>Datum: 18.12.2018</b>
Lufttemperatur	-5 °C
Schneetemperatur	-5 °C
Schneefeuchte	21 % (Doser)
Untersuchungsobjekt	Probekörper mit UHMWPE- Belag und Giga Glide / Paraffin / ohne Beschichtung
Anzahl Fahrten / Strecke je Messobjekt	300 / 9 km
Geschwindigkeit	4,9 m/s
Normalkraft	290 N

**Zielsetzung:**

Vergleich von Reibungswiderstand und Abrieb eines Probekörpers nach Behandlung mit GigaGlide, Paraffin und ohne Beschichtung.

Analyse der Oberflächen vor und nach den Testläufen.

**Methode:**

Die Probekörper bestanden aus einem Brett mit 5 cm Breite und 100 cm Länge. An beide Enden war die Gleitfläche abgerundet mit einem Radius von 20 cm. An der Unterseite aller Probekörper war UHMWPE – Belag aufgebracht. Alle Beläge wurden mit den gleichen Maschinenparametern geschliffen.

Die Probekörper wurden mit Paraffin gewachst und mit einer Kunststoffklinge abgezogen, um eventuell vom Schleifvorgang herrührende Härchen zu entfernen. Daraufhin wurden die Beläge mit Aceton gereinigt.

Präparierung der Probekörper für die Untersuchung:

Probekörper A: keine weitere Behandlung (Vergleichswert für einen nicht gewachsenen Ski)

Probekörper B: Wachsen mit Paraffin (konventionell behandelter Ski)

Probekörper C: Behandlung mit GigaGlide

**Messprotokoll:**

Bei einer vorgegebenen Breite des Messobjektes von 5 cm ergeben sich am linearen Tribometer des TSA 11 Schneespuren mit einer Länge von je 15 m. Auf jeder Spur wurden hintereinander je 60 Fahrten unternommen, bei denen jeweils die Kraft entgegen der Bewegungsrichtung gemessen wurde.

Tabelle 2 zeigt die Reihenfolge in der die Probekörper gemessen wurden. Probekörper A wurde nur auf einer Spur untersucht, da bei einer Oberfläche ohne Beschichtung kein Abrieb zu erwarten war.

Spur Nr.	Messobjekt
1	Probekörper A
2	Probekörper B
3	Probekörper C
4	Probekörper B
5	Probekörper C
6	Probekörper B
7	Probekörper C
8	Probekörper B
9	Probekörper C
10	Probekörper B
11	Probekörper C

*Tabelle 2: Reihenfolge der Messungen*

Aus der Kraft entgegen der Bewegungsrichtung wurde die Reibungskraft berechnet. Der Reibungskoeffizient ergibt sich aus dem Quotienten der Reibungskraft durch die Normalkraft.

$$\text{Reibungskoeffizient } \mu = \frac{\text{Reibungskraft}}{\text{Normalkraft}}$$

An 5 Positionen entlang des Belags der Probekörper in einem Abstand von jeweils 20 cm wurde mit einem MSA der Fa. Krüss der Kontaktwinkel von Wasser und Diiodmethan bestimmt. Die Messung wurde vor und nach den Tribometermessungen durchgeführt. Das Ergebnis erlaubt Aussagen über die Benetzbarkeit durch wässrige oder organische Flüssigkeiten.

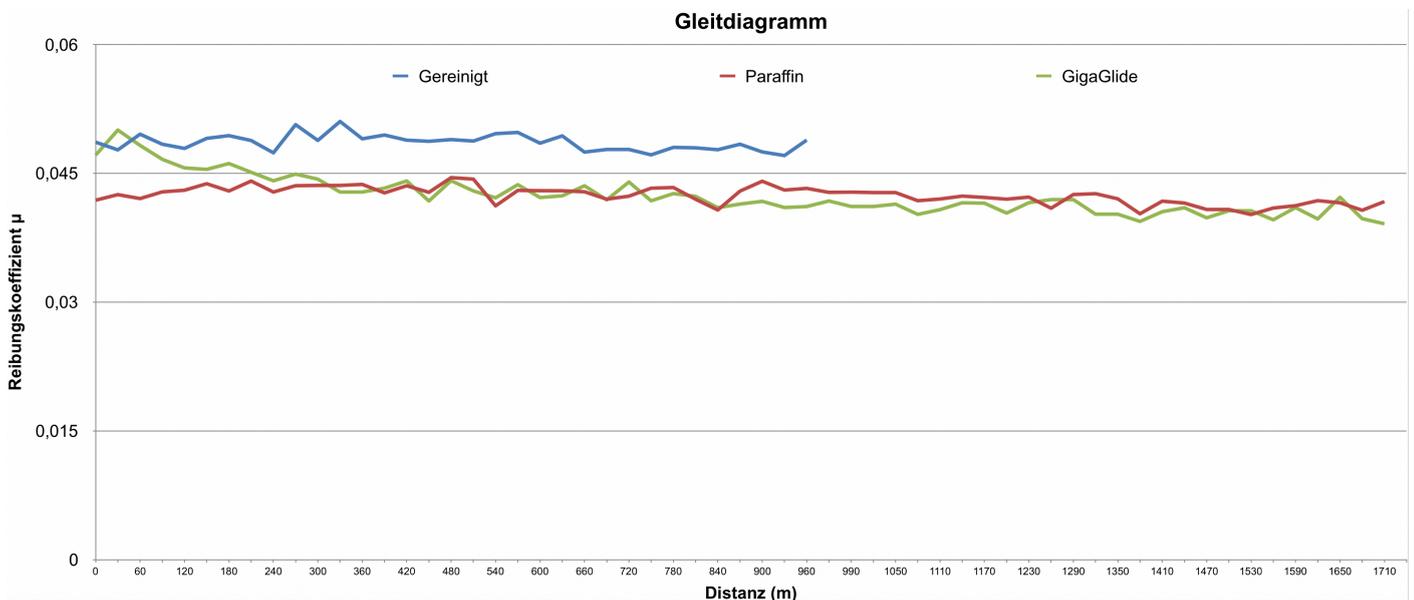


**Abbildung 1: Kontaktwinkelmessgerät MSA der Fa. Krüss**

**Ergebnisse:**

Grafik 1 zeigt die Werte über die einzelnen 1.700 m – Intervalle.

Nach ca. 300m lässt sich kein relevanter Unterschied zwischen den Probekörpern B und C mehr feststellen.



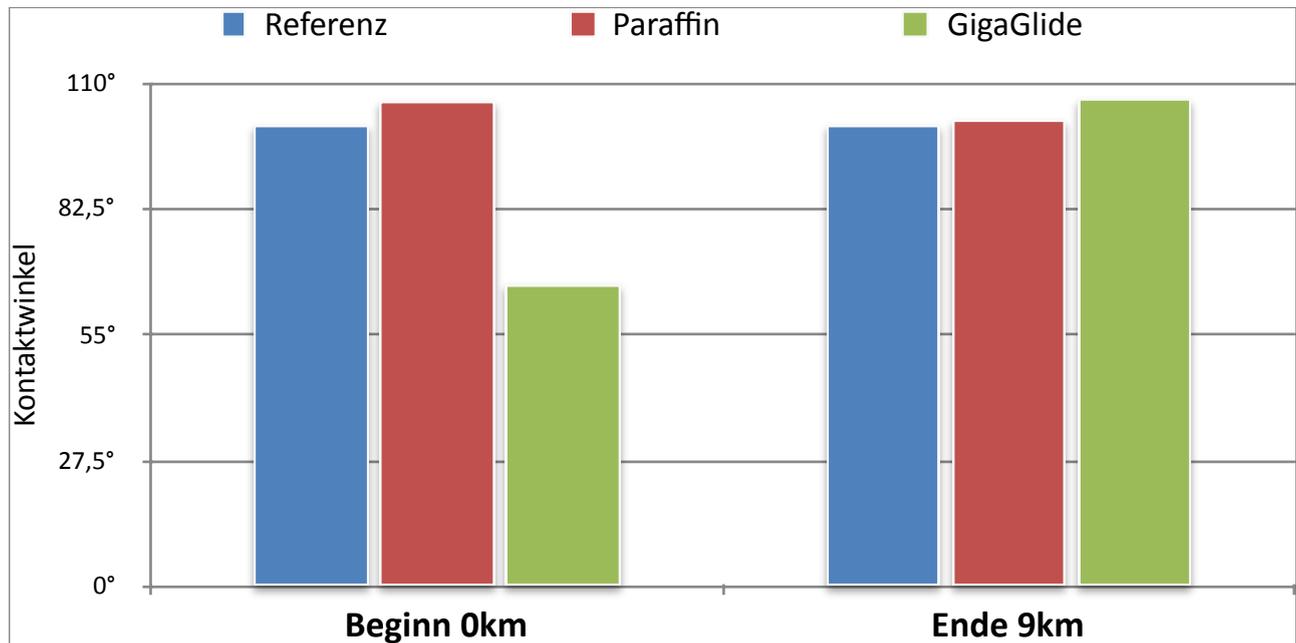
Grafik 1: Reibungskoeffizient  $\mu$  der Probekörper A, B, C.

Vor Beginn der Messung bei  $-15^{\circ}\text{C}$  wurde alle drei Probekörper auf ihre Oberflächenenergie untersucht. Dazu wurde der Kontaktwinkel eines Wassertropfens und eines Tropfens Diiodmethans entlang des Probekörpers bestimmt. Dieselbe Messung wurde nach Ende der Messung wiederholt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Position von Skispitze (cm)			20	40	60	80	100		
			Kontaktwinkel [°]					Mittelwert	
Beginn	Paraffin	Wasser	106,55	114,81	102,01	104,49	103,75	106,322	
		Diiodmethan	67,67	67,17	64,88	69,62	62,1	66,288	
	Gigaglide	Wasser	71,08	66,56	58,49	65,15	67,85	65,826	
		Diiodmethan	38,54	40,63	36,84	42,11	43,85	40,394	
Ende	Paraffin	Wasser	104,01	102,22	96,93	101,78	104,66	101,92	
		Diiodmethan	62,66	61,35	63,3	59,5	59,17	61,196	
	Gigaglide	Wasser	107,48	101,32	109,25	105,8	110,15	106,8	
		Diiodmethan	77,69	86,01	83,73	64,37	68,53	76,066	
Referenz			Wasser	103,55	102,63	94,57	101,26	103,03	101,008
			Diiodmethan	65,79	63,61	65,18	62,12	64,7	64,28

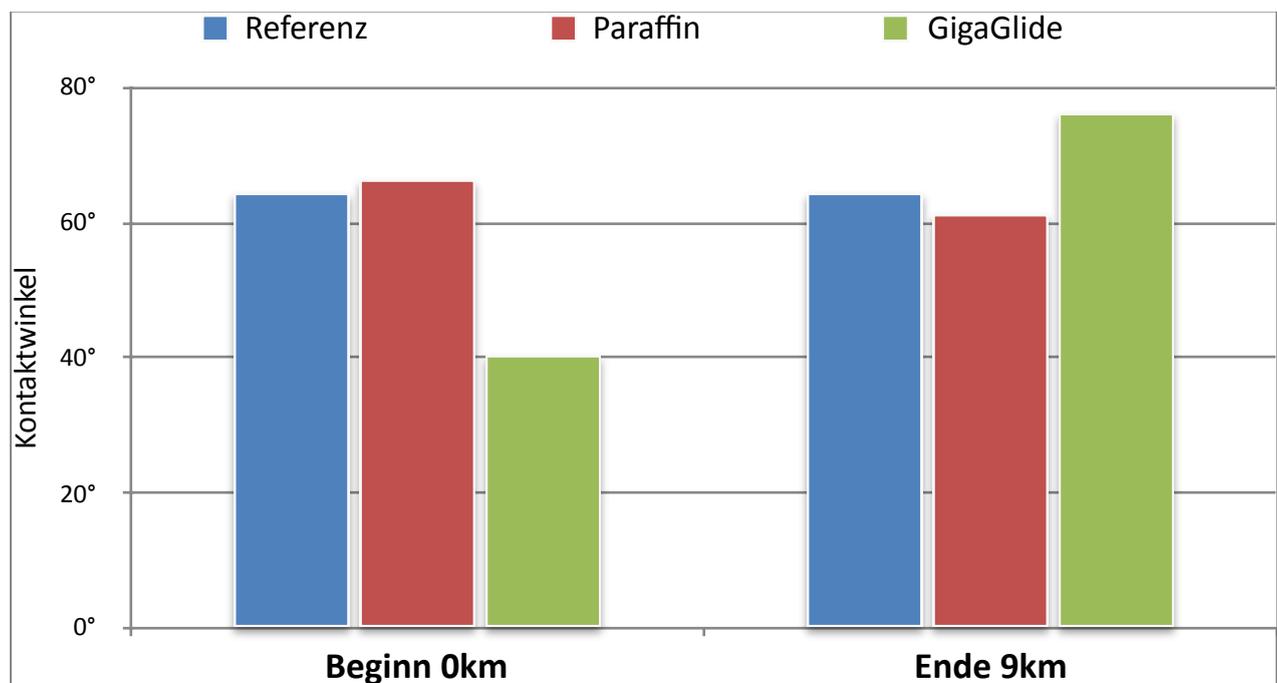
Tabelle 2: Kontaktwinkel zu Beginn und am Ende der Untersuchung

Grafik 2: Unterschiede der Kontaktwinkel der Probekörper A, B, C gemessen mit Wasser. Die Gesamtlänge der Teststrecke beträgt 9km.



Grafik 2: Kontaktwinkelmessung mit Wasser

Grafik 3: Unterschiede der Kontaktwinkel der Probekörper A, B, C gemessen mit Diiodmethan. Die Gesamtlänge der Teststrecke beträgt 9km.



Grafik 3: Kontaktwinkelmessung mit Diiodmethan

## Diskussion

Nach einer kurzen Einlaufphase wies der mit GigaGlide behandelte Probekörper eine geringere Reibung im Vergleich zum Paraffin-Ski auf.

Die Ergebnisse der Kontaktwinkelmessung waren unerwartet. Durch die Applikation mit GigaGlide wurde der Kontaktwinkel beider Substanzen klar verringert, sodass die Oberfläche hydrophil wurde (Beginn- GigaGlide vs. Referenz). Der mit Paraffin behandelte Ski wies keine großen Unterschiede zum Referenzski auf. Durch die Abnutzung ergaben sich beim Paraffinski keine großen Änderungen. Die Kontaktwinkel des mit GigaGlide behandelten Probekörpers waren nach den Messungen stark angestiegen. Während die Wasser-Kontaktwinkel wieder den Wert von vor der Behandlung annahmen, stiegen die an Diiodmethan erhaltenen Werte klar über den Ausgangswert an. Die Erhöhung dieses Kontaktwinkels könnte sich wie folgt auswirken:

Während der Wasser-Kontaktwinkel ein Maß für die Hydrophobizität darstellt, die bei Temperaturen um den Nullpunkt die Reibung positiv beeinflusst, sagt der mit Diiodmethan erhaltene Wert eher etwas über die Oleophobizität aus und somit auch über die Schmutzabweisung. Es könnte also sein, dass ein mit GigaGlide behandeltes Ski weniger Schmutz aufnimmt.

### Dazu eine Erklärung von GigaGlide

Von Testpersonen wurde genau dieser Umstand berichtet. Sehr auffällig war die verringerte Schmutzaufnahme bei Langlaufskiern.

Da die Testläufe an der Universität Innsbruck bei absolut reinem Schnee erfolgen, wird die Gleitfähigkeit durch Verschmutzungen des Belages nicht beeinträchtigt.

Anders verhält sich das in der Realität, also beim normalen Skifahren. Der Ski Belag nimmt hier Schmutzpartikel auf, wodurch das Gleitverhalten durchaus relevant beeinflusst werden kann. Daher erhalten wir von Personen welche das Produkt GigaGlide Instant verwenden immer wieder Rückmeldungen, dass das Gleitvermögen besser ist als bei normal gewachsenen Skiern.

Auch die Feststellung der immer besser werdenden Hydrophobie und dadurch das verbesserte Gleitvermögen, werden von unseren Testpersonen immer wieder betätigt.

Daher auch die Feststellung, dass das Gleitvermögen, im Gegensatz zu wachsen, immer besser wird, weil Wachs im Gegensatz zu GigaGlide an Hydrophobie einbüßt.