



## Wachs oder kein Wachs – Das ist hier die Frage

Matthias Scherge

### ARTIKELINFORMATION

Stichworte:

Reibung  
Wachs  
Skipräparation

### KURZFASSUNG

Die Verwendung von Wachs auf Langlauf- oder Alpinski ist ein kontrovers diskutierter Sachverhalt. Während ein Teil der Fachleute der Meinung ist, dass auf Wachs verzichtet werden kann, besteht ein anderer Teil der Technikerwelt auf der Applikation von Wachs. Da die Verwendung von Wachs immer in Wechselwirkung mit dem Skibelags gesehen werden muss, spielen Vermischungseffekte von Wachs- und Polymermolekülen eine wichtige Rolle. Mit hochauflösender Elektronenmikroskopie konnte gezeigt werden, dass durch das Wachsen ein inniger Verbund von Paraffin und Polymer entsteht, der den Gleiterfolg möglich macht. Den Techniken des Bürstens kommt hierbei große Bedeutung zu.

© Team Snowstorm

## 1. Einführung

Die Frage, ob man zum Skifahren Wachs braucht oder nicht bewegt seit vielen Jahren die Gemüter. Nachdem es nach dem Jahr 2000 etwa ruhiger geworden war, wurde die Diskussion durch die Doktorarbeit von Leonid Kuzmin neu befeuert [1]. Basierend auf eigenen Messungen sowie Erfahrungen seiner Frau – einer ehemaligen Skilanglaufathletin – kam er zu der Einsicht, dass man für den Erfolg im Wettkampf eigentlich kein Wachs benötigt. Mit dieser schriftlichen Äußerung hatte er sich viele Freunde bei den Skiwaxherstellern gemacht, die das naturgemäß völlig anders sehen. Auch wenn man mit Skitechnikern spricht, ist das Wachs eine der Voraussetzungen für den Erfolg. Wie immer im Leben verbirgt sich die Wahrheit in der Mitte zwischen den Polen, aber dazu später mehr. Zunächst sollen aber grundlegende Aussagen bezüglich Wachs und Skibelag gemacht werden.

## 2. Ergebnisse

Werden Ski für den Wettkampf präpariert, wird zuerst der Ski gereinigt, danach Wachs großflächig mit dem Bügeleisen aufgebracht und verteilt. Nach dem Abziehen des überschüssigen Wachses müssen dann mittels Bürsten die Riefen, die durch Steinschliff erzeugt wurden, wieder freigelegt werden. Im nachfolgenden Skitest trennt sich dann die Spreu vom Weizen, siehe Bild 1. Ob der Ski nun läuft oder nicht, die Skitechniker berichten davon, dass die Qualität des Skibelags trotz Abdeckung durch Wachs bei den Gleittests zu spüren ist. Es gibt Ski, die von Anfang an sehr gut laufen und andere, die erst nach vielen Wachszyklen Spaß machen. Aber woran liegt das und wie dick ist das Wachs auf dem Belag nun wirklich?

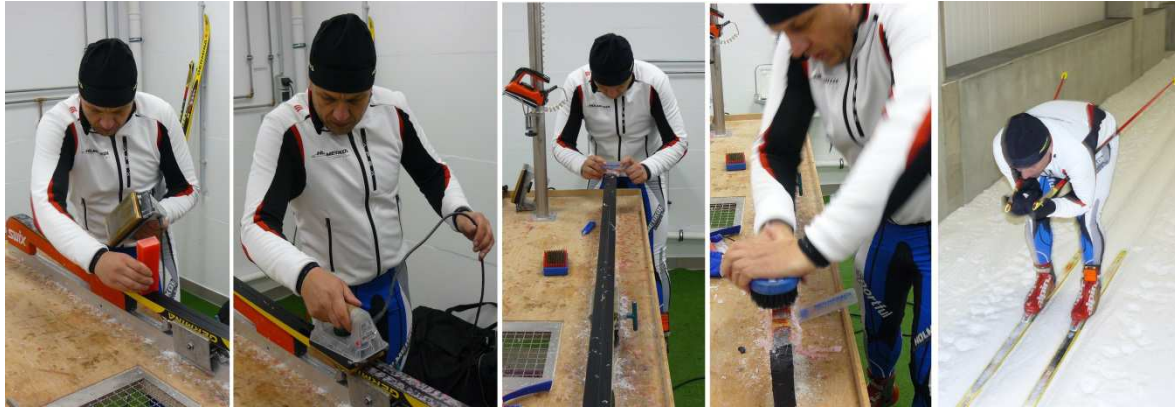


Bild 1: Skipräparation in der Reihenfolge Wachsen, Bügeln, Abziehen und Bürsten. Danach erfolgt der Skitests.

Im Skimagazin 4/2015 hatte ich die Gelegenheit, über den Skibelag als dem unbekanntem Wesen zu schreiben [2]. Ein Ergebnis langjähriger Fraunhoferforschung zu Skibelägen aus ultrahochmolekulargewichtigem Polyethylen (UHMWPE) war die Entdeckung von molekularen Fusselstrukturen auf der Oberfläche dieses Kunststoffes, siehe Bild 2. Diese Fusseln dürfen nicht mit den Fäden, die durch das Schleifen entstehen, verwechselt werden, denn diese sind ca. 100-fach länger.

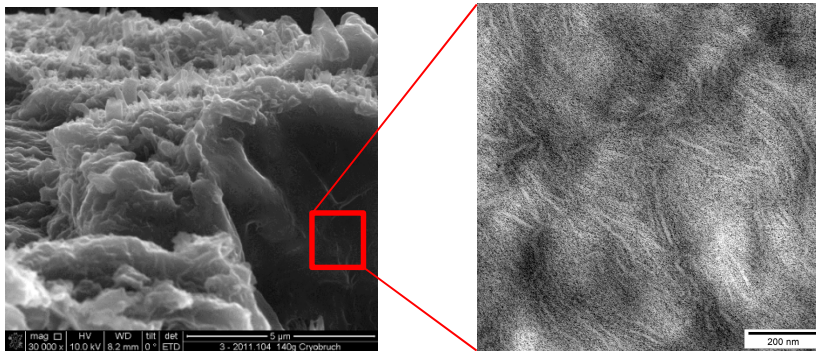


Bild 2: Struktur des Polyethylens auf der Oberfläche (links) und im Volumen (rechts).

Thermoplaste wie das UHMWPE sind teilkristallin und bestehen aus langen Ketten von Kohlenwasserstoffen. Diese Ketten liegen im Polymer in einigen Bereichen geordnet – also kristallin – vor, in anderen Bereichen sind die Ketten vollständig ungeordnet, man spricht von amorph. Beide Strukturvarianten sieht man in Bild 2 rechts deutlich. Während geordnete Bereiche hell erscheinen, bleiben die amorphen Gebiete dunkel. Die Kohlenwasserstoffketten verbinden sich zu Bündeln, so dass auf der Oberfläche des Kunststoffes eine Struktur ähnlich der eines Flokatis entsteht. Jedes Bündel des Flokatis hat Längen zwischen 100~nm und 200~nm (1~nm = 1 Milliardstel Meter). Zwischen den Bündeln des Flokatis ist sehr viel Platz für Wachs, denn die einzelnen Paraffinmoleküle sind klein gegenüber den aus vielen Millionen Atomen aufgebauten Polymerketten. Diese Wachsaufnahmefähigkeit hat zu der Fehlinterpretation geführt, dass UHMWPE Poren besitzen muss, die sich während des Wachsens öffnen, um das Paraffin zu schlucken. Ultrahochaufgelöste Elektronenmikroskopie zeigte allerdings, dass hochdichtes Polyethylen keinerlei Poren besitzt. Das Wachs ist also Teil des Flokatis geworden. Die Wachsaufnahme wird durch die Hitze beim Bügeln befördert. UHMWPE schmilzt allerdings bei Temperaturen zwischen 130°C und 145°C. Vor dem Schmelzen erhöht sich die Beweglichkeit der Polymermolekülketten, es entsteht also noch mehr Platz für die Wachsmoleküle. Dieser Umstand führt zu 2 Konsequenzen: a) Ist die Temperatur beim Wachsen zu hoch, schmilzt das Polymer, was soweit bekannt ist. Zuvor beginnen aber die filigranen Polymerbündel zu zerfließen oder im Extremfall abzubrennen. Beide Effekte machen den Ski langsamer. b) Mit der Modellvorstellung des Flokatis erhält auch das Bürsten der Ski eine ganz neue Wertigkeit.

Beim Bürsten kommt im letzten Schritt sehr oft die Mikrostaahlbürste zum Einsatz. Eine Vielzahl der einzelnen Staahlfäden gerät während des Bürstens mit dem Skibelag in Kontakt, greift in diesen ein und zieht an den

Polymerbündeln. Als Resultat formiert sich der Flokatiteppich und ist bereit für die Aufnahme von Wachs. Das Gleiten wird also durch einen nanometerdünnen Verbund aus Polymerfäden und Wachs ermöglicht. Es kann durchaus äußere Bedingungen geben, z.B. wenn der Schnee sehr kalt ist, dass der Flokatiteppich allein ausreicht. In der Regel benötigt man aber immer Wachs, da dieses deutlich wasserabstoßender (hydrophober) als der Kunststoff ist, siehe Bild 3. Wenn der Skibelag nicht in der Lage ist, den wachsgefüllten Flokati auszubilden, sei es durch schlechte UHMWPE Qualität oder exzessives Bürsten (Stichwort Rotobürsten bei hohen Drehzahlen), bleibt der Gleitgenuss aus.

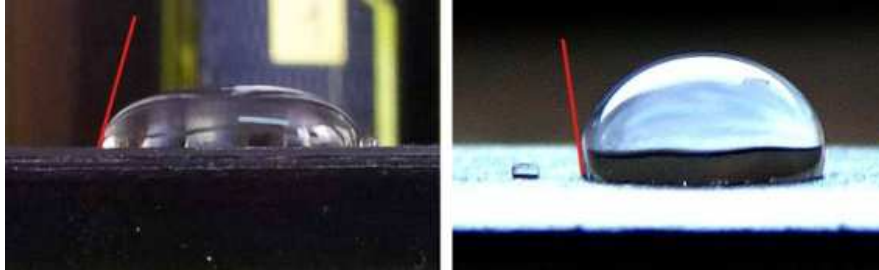


Bild 3: Unterschiedliche Grade der Wasserabstoßung. Links: Ungewachster Ski mit einem Benetzungswinkel (Winkel zwischen der Horizontalen und der Tangente an den Tropfen) kleiner  $90^\circ$ . Rechts: Gewachster Ski mit einem Benetzungswinkel größer  $90^\circ$ .

### 3. Zusammenfassung

Der Erfolg beim Gleiten wird maßgeblich durch das Wachs beeinflusst. Allerdings ist das Wachs allein nicht der Schlüssel zum Erfolg, denn bei optimaler Skipräparation geht das Wachs eine innige Verbindung mit dem Skibelag ein, es verbindet sich mit diesem. Dieser Prozess wird stark durch die Temperatur beim Wachsen sowie die Art und Weise der mechanischen Behandlung des Skis beeinflusst. Dem Bürsten kommt hierbei der Hauptanteil zu. Sowohl die Art der Bürste als auch Bürstdauer und Druck sind hierbei die ausschlaggebenden Faktoren.

Was sind also die Schlussfolgerungen für den ambitionierten Skifahrer?

1. Achten Sie auf bei der Belagsauswahl! Achten Sie auf Vergrauungsanzeichen als Indikator für Oxidation.
2. Seien Sie geduldig beim Bürsten. Auf den richtigen Druck kommt es an.
3. Beobachten Sie, wie sich das Wachs mit dem Belag verbindet.

### Quellen

- [1] Kuzmin, L., Doctoral thesis, Mid Sweden University, Faculty of Science, Technology and Media, Department of Engineering and Sustainable Development, 2010 (English), comprehensive summary.
- [2] Scherge, M., Bonk, C., Der Skibelag - Das unbekannte Wesen, SkiMAGAZIN Nr. 04 / 2015.