

# Ein Quantensprung in der Skiwachstechnologie

Ein Desigmolekül löst das Problem der modernen, aber kurzlebigen Skiwachse. Entwickelt wurde es in Winterthur an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

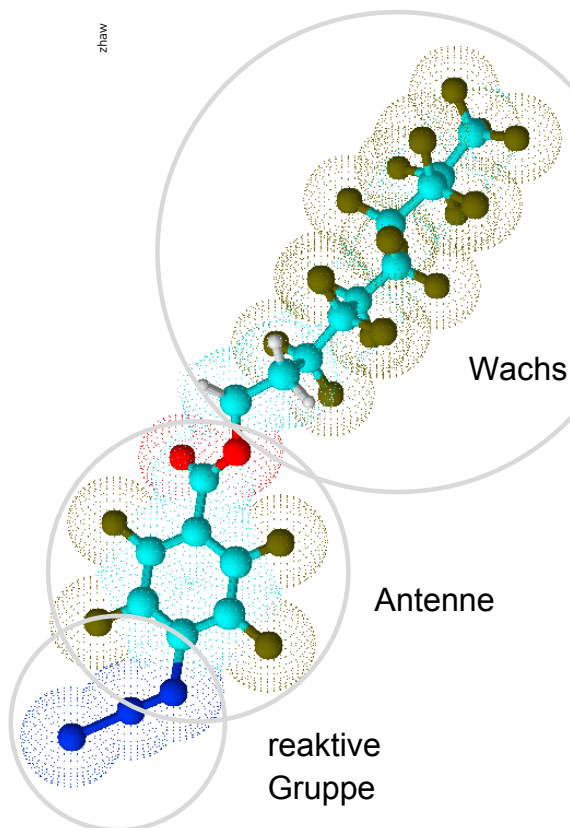


Bild 1: Ball-and-Stick-Modell von photoreaktivem Skiwachs. Die funktionellen Gruppen sind eingekreist. Hellblau: Kohlenstoff, dunkelblau: Stickstoff, rot: Sauerstoff, olive: Fluor, weiss: Wasserstoff.

Immer schneller – das gilt auch für den Skisport. Um dieser Vorgabe gerecht zu werden, braucht es nicht zuletzt gutes Skiwachs. Dieses soll den Gleitwiderstand der Ski auf Schnee minimieren. Durch die Reibung der Ski auf dem Schnee bildet sich ein dünner Wasserfilm, der schmiert und für das Gleiten der Ski verantwortlich ist. Es gilt, je wasserabweisender der Skibelag, desto schneller der Ski. Früher wurden für bessere Gleiteigenschaften einfache Paraffinwachse auf die Laufflächen der Ski aufgetragen, moderner sind hochfluorierte Kohlenstoffverbindungen, die einiges wirksamer sind. Allen bisherigen Wachsen ist jedoch gemeinsam, dass sie schnell abgerieben werden, die Laufflächen nach kurzer Zeit wieder blank sind und die Reibung erhöht wird. Konventionelle Skiwachse haften nicht einmal genügend lange für die Dauer eines Rennens. Wünschens-

wert wäre ein Wachs, das mit dem Skibelag eine feste Bindung eingeht und damit länger darauf haften bleibt. Die Entwicklung eines solchen Waxes wurde in Zusammenarbeit mit der Firma TOKO in Angriff genommen.

### Das Problem: Der inerte Skibelag

Die Herausforderung dabei ist, dass Skibeläge aus Ultra-High-Molecular-Weight-Polyethylene (UHMWPE, eine Art Polyethylen) bestehen, einem sehr inerten Kunststoff. UHMWPE besteht aus langen Kohlenwasserstoffketten, die durch äusserst stabile Kohlenstoff-Kohlenstoff- und Kohlenstoff-Wasserstoffbindungen zusammengehalten werden. Drastische Bedingungen sind nötig, um an UHMWPE anzubinden und das Skiwachs damit zu verknüpfen. Das sogenannte Pfropfen von UHMWPE erfordert Reaktionen, wie sie beispielsweise von Nitrenen bekannt sind. Ein Nitren ist eine Stickstoffspezies mit nur sechs Valenzelektronen, einem Sextett, das kurzlebig und hochreaktiv ist und sich deshalb selbst in C-H-Bindungen einzuschieben vermag. Wäre es möglich, das Skiwachs an ein Nitren zu koppeln, könnte man das Wachs darüber an den Skibelag anbinden. Nach die-

ser Idee wurde photoreaktives Skiwachs entwickelt und hergestellt.

### Photoreaktives Skiwachs bildet intermediär eine hochreaktive Spezies

In Bild 1 ist ein Ball-and-Stick-Modell von photoreaktivem Skiwachs gezeigt. Es ist modular aufgebaut und die einzelnen Segmente sind eingekreist. Zuoberst sieht man die perfluorierte Kette, das Wachs. Dieses ist an einen aromatischen Ring gebunden, der Antenne, der ultraviolettes Licht absorbieren kann. Zuerst die reaktive Gruppe, ein Azid, das aus drei Stickstoffatomen besteht. Und so soll es funktionieren (Bild 2): Das reaktive Skiwachs wird in hoher Verdünnung in einem Lösungsmittel gelöst und durch Sprühen auf den Belag aufgebracht. Nach dem Trocknen wird der Ski mit einer Quecksilberdampf Lampe bestrahlt. Das ultraviolette Licht der Lampe wird von der Antenne (dem aromatischen Ring) absorbiert und aktiviert die reaktive Gruppe.

Die Energie des ultravioletten Lichts wird auf das Azid übertragen, das molekulare Stickstoff abspaltet und so das kurzlebige, hochreaktive Nitren erzeugt. Das Nitren schiebt sich dann in eine C-H-Bindung des Skibelags ein und bindet damit das ganze Molekül chemisch und dadurch dauerhaft an den Belag.

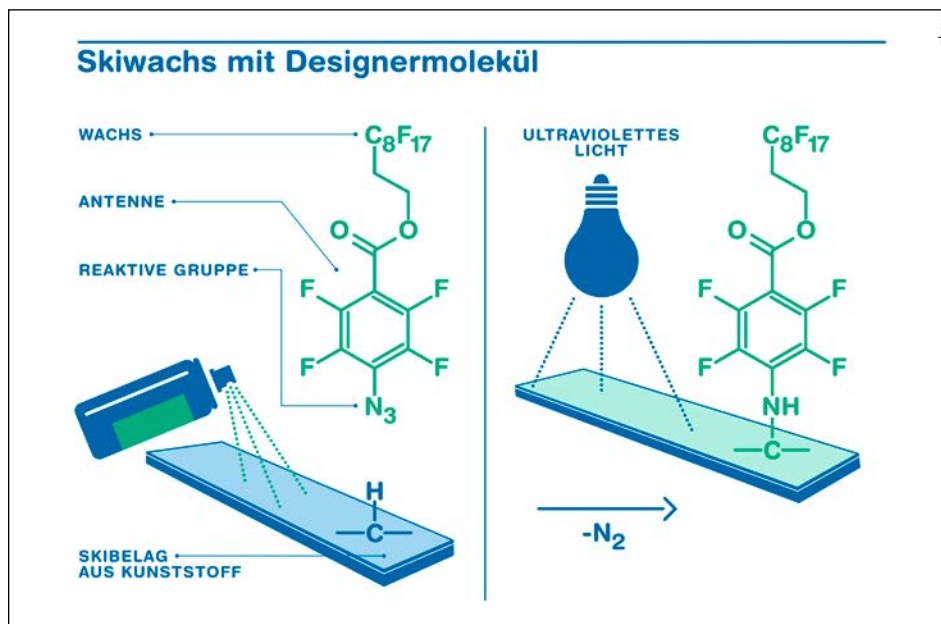


Bild 2: Die Anbindung von photoreaktivem Skiwachs erfolgt mit Hilfe von ultraviolettem Licht.

### In Labortests überzeugend

So weit die Chemie. Aber ist photoreaktives Skiwachs wirklich beständiger als konventionelles? Um dieser Frage im Labor auf den Grund zu gehen, wurde ein Abriebtest entworfen und auf die neuen Oberflächen angewandt. Eine Polyethylenscheibe, die mit photoreaktivem Skiwachs beschichtet worden ist, wurde mit Hilfe eines Elektromotors in schnelle Drehung gebracht. Dann wurde die rotierende Scheibe in ein Wasserbad mit kleinen Eisstückchen getaucht. Die Eisstückchen kollidieren mit der Scheibe und reiben sie ab, ähnlich wie bei einer Skifahrt. Der Abrieb des photoreaktiven Skiwachses kann mit Hilfe moderner Spektroskopie als Funktion der Zeit bestimmt werden. Nicht überraschend folgt der Abrieb einem exponentiellen Zeitgesetz, und die Zerfallskonstanten können für jedes Skiwachs bestimmt werden. Es zeigte sich, dass photoreaktives Skiwachs mehr als 2-mal langsamer abgerieben wird als konventionelles Hochleistungsskiwachs.

### Profiskifahrer sind begeistert

Ermutig von den Labortests folgten ausgedehnte Feldtests mit professionellen Skirennfahrern. Im Fokus stand der Skilanglauf, weil die Randbedingungen dabei besser kontrolliert werden können. Gemessen wurde einmal der Zeitgewinn bei kurzen Abfahrten und, wichtiger noch, das Gefühl der Profis für das neue Wachs. Bei kalten Bedingungen erwies sich photoreaktives Skiwachs als das reibungsärmste, bei warmen Bedingungen waren die Unterschiede zu konventionellen Hochleistungswachsen weniger ausgeprägt. Der Zeitgewinn lag bei 0,1–0,3 Sekunden auf



Bild 3: Sobald die Technologie fortgeschrittener ist – die Quecksilberdampflampen sind noch zu teuer – wird das photoreaktive Skiwachs auf den Markt kommen und für den Breitensport zugänglich sein.

20 Sekunden Abfahrt, das entspricht einer Performanceverbesserung von 0,5–1,5 %, und übertrifft die anfangs geforderte Performanceverbesserung von mindestens 0,5 %.

Im Februar 2018 wurde das photoreaktive Skiwachs an den Olympischen Winterspielen in Südkorea angewendet. Sobald die Technologie fortgeschrittener ist – die Quecksilber-

dampflampen sind noch zu teuer – wird das photoreaktive Skiwachs auf den Markt kommen und für den Breitensport zugänglich sein. ●

Konstantin Siegmann  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IMPE  
[www.zhaw.ch/impe](http://www.zhaw.ch/impe)

### Über das Institute of Materials and Process Engineering

Das Institute of Materials and Process Engineering (IMPE) der ZHAW School of Engineering verfügt über umfassende Kompetenzen in Materialwissenschaften und Verfahrenstechnik, deren Kombination die Entwicklung von innovativen Materialien, Beschichtungen, Herstellungsverfahren sowie von Prozessen und Anlagen ermöglicht.

► [www.zhaw.ch/impe](http://www.zhaw.ch/impe)

Anzeige

## LEHRGÄNGE WIRTSCHAFT UND MANAGEMENT

- Nachdiplomstudium NDS HF Betriebswirtschaftslehre für Führungskräfte
- Nachdiplomstudium NDS HF Qualitätsmanagement
- Qualitätsfachleute mit IBZ Diplom
- Technische Kaufleute

Weitere Lehrgänge und Termine Infoveranstaltungen:  
[www.ibz.ch](http://www.ibz.ch)

**IBZ**  
Schulen für Technik Informatik Wirtschaft