



Historische Betrachtungen zur Skireibung

Matthias Scherge

ARTIKELINFORMATION

Stichworte:

Skischliff
Skipräparation
Skigeschichte

KURZFASSUNG

Wachse und Schliffe verringern die Reibung zwischen Ski und Schnee. Durch die gezielte Erzeugung von Riefen im Skibelag kann die Kontaktfläche verkleinert sowie die Saugwirkung bei nassem Schnee verringert werden. So modern die Schleifzentren in den Skigebieten auch aussehen, Skistrukturen gibt es bereits seit 100 Jahren, damals auf Holzski. Durch gezielte Auswahl des Holzes, seine Bearbeitung und Pflege konnten leicht gleitende Ski hergestellt werden, die ebenso Spaß gemacht haben, wie ein heutiger Ski, allerdings war damals ein größerer Aufwand notwendig.

© Team Snowstorm

1. Einführung

Ski begleiten die Menschen bereits seit mehreren tausend Jahren. Sie wurden zur Fortbewegung, zur Jagd oder zum Transport eingesetzt. Ski findet man sogar in der Sagenwelt, wenn es um wundersames Gleiten auf Schnee geht. In norwegischen Quellen wird von Ski berichtet, die sich von alleine vorwärts bewegten [1]. Wissenschaftlich gesehen ist das natürlich unmöglich, da es die Reibung gibt. Es zeigt aber, dass die Tribologie – die Lehre von Reibung, Verschleiß und Schmierung – schon sehr früh ernst genommen wurde. Wie aber gelangte man damals zu einem Ski, der reibungsarm gleitet? Um diese Frage zu beantworten, muss man zunächst verstehen, wie Ski gebaut wurden und wie die Lauffläche gestaltet war.

2. Skibau und Laufflächengestaltung

2.1 Skibau

Als Werkstoff für Ski kamen weitverbreitete Hölzer wie z.B. Kiefer oder Fichte zum Einsatz. Aus den Hölzern wurden Leisten geschnitten. Bald wurde klar, dass Kiefer und Fichte zu weich sind und, was noch problematischer war, sich schnell mit Wasser vollsaugen und quellen. Zu den strukturellen Eigenheiten von Holz gehören Jahresringe und Poren. Die Jahresringe zeigen unterschiedliche Breite und Härte, da es Früh- und Spätholz gibt. Frühholz hat geringe Dichte und wird im Frühling gebildet, Spätholz mit hoher Dichte dagegen im Sommer. In der Regel sind, die Jahresringe die im Sommer entstehen, breiter und weniger dicht. Somit schwankt ihre Breite von Mikrometern bis zu Millimetern. Darüber hinaus spiegelt sich auch die Holzart in der Breite der Jahresringe wider. Durch die Poren des Holzes läuft der Transport des Wassers von der Wurzel in die Blätter. Die Poren haben Durchmesser von wenigen zehn bis hunderten von Mikrometern. Um das Eindringen von Wasser in den Ski zu vermeiden, wurde beim Holzeinschlag darauf geachtet, dass genügend Harz in die Poren eindrang und sie möglichst verschloss. Baumharz ist schwer wasserlöslich und leicht hydrophob. Bild 1a) zeigt ein Benetzungsexperiment mit Harz.



Bild 1: Benetzungswinkel auf a) Harz, b) Bienenwachs und c) Holmenkol MATRIX^{FX} BLUE.

Von beiden oben genannten Holzsorten existieren harte Modifikationen wie zum Beispiel das Spaltholz welches entsteht, wenn ein Baum sich von alleine senkrecht spaltet. Dieses Holz ist deswegen besonders hart, weil sich im Inneren des Stamms Gewebe mit hoher Dichte gebildet hat. Die höhere Dichte bei beiden Nadelholzsorten entsteht als Reaktion auf äußere Druckeinleitung durch permanente Biegung des Stamms bei anliegendem Wind. Ebenso unter biologischen Stress, verbunden mit der Bildung harten Gewebes, geraten Bäume, wenn sie ständiger Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind. Normalerweise lieben Kiefern und Fichten schattige und feuchte Standorte. Darüber hinaus kann man Hartholz auch züchten, indem während des Wachstums des Baums ein Keil in den Stamm getrieben wird. Von da an wächst der Baum krumm und verhärtet an einer Seite, um der äußeren Spannung entgegen zu wirken.

Der Holzschnitt, also der Art und Weise wie das Brett aus dem Stamm geschnitten wird, ist für den Gleiterfolg besonders wichtig. Bild 2 zeigt die bevorzugten Stellen. Das Holz muss so getrennt werden, dass die Jahresringe angeschnitten werden und symmetrisch zur Längsachse von vorne nach hinten verlaufen. In der Zeitschrift *Der Winter*, Jahrgang 1933/34 kann man lesen [2]:

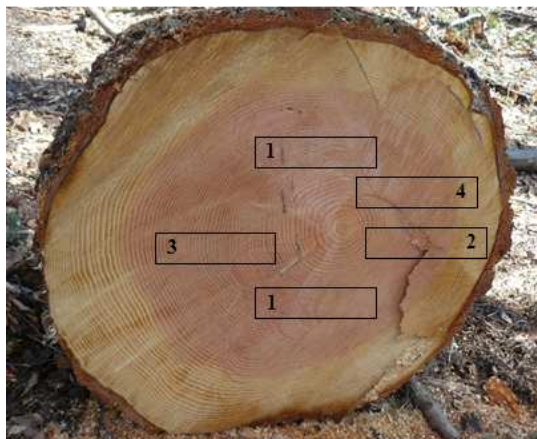


Bild 2: Empfehlungen für den Holzschnitt nach [2].

„Der beste Schnitt aus dem Stamm ist die Splintholzlage (1). Dieses Holz ist am stärksten und am glattesten, in einem Stamm aber günstigstenfalls nur für zwei Paar ausreichend. Das nächstbeste Holz liegt außen bei 2, weil dort die Jahresringe weit sind. Dichter beim Mark (3) liegen die Jahresringe enger, und das ist weniger gut, aber immer noch ist das engfaserige Holz ausgezeichnet. Fehlerhaft und etwa ausgesprochen minderwertig ist auch das halbliegende Kernholz (4) noch lange nicht. Die Minderwertigkeit beginnt erst, wenn die Fasern krumm laufen, wenn Äste in der Schiene sind und die Fasern, bei Splintholz die ‚Flamme‘ als Widerholz gegen die Fahrtrichtung der Lauffläche vorstoßen.“

Um den Unzulänglichkeiten von Kiefer und Fichte zu entgehen, wurde frühzeitig mit härteren Hölzern experimentiert. Einer dieser Vertreter war Hickory, ein Hartholz, welches in Nordamerika vorkommt. Hickory wächst sehr langsam und hat eine langfaserige Struktur. Die Tracheiden der Nadelhölzer (~3 mm) sind ca. 2-3 mal so lang wie die Fasern von Laubhölzern (~1-1.5 mm). Die exzellenten Gleiteigenschaften kommen daher, dass das Holz durch Schleifen sehr glatt gemacht werden kann. Ein weiterer Vorteil von Hickory, aber auch von Esche, ist, dass es sich bei beiden um dynamisch beanspruchbare Hölzer handelt. Leider ist Hickory sehr schwer was dazu führte, dass nur die Lauffläche daraus gefertigt werden konnte. Durch Verleimen mit einem Kern aus Esche und einem Obermaterial aus sehr leichter Birke konnte ein optimaler Ski gebaut werden [3].

2.2 Laufsohle

Vordergründiges Ziel der Laufsohlenbearbeitung war die Erzeugung einer glatten Fläche. Je feiner aber das Schleifpapier gewählt wurde, desto deutlicher traten bei weichen Hölzern die harten Rippen der Jahresringe zu Tage, während die weicheren Bereiche zurückgesetzt wurden. Zu einem gewissen Grad konnte dieser Effekt durch das Auftragen von Teer ausgeglichen werden. Mit Teer, der beim Erhitzen von Holz unter Luftausschluss entsteht, wurde der Ski glatter und gleichzeitig wasserabstoßender. Anstelle von Teer kam ab ca. 1920 zunehmend Skiöl zum Einsatz. Öl ist von Hause aus hydrophob, kleistert allerdings nicht das Holz zu. Bild 3 zeigt die Oberfläche eines Skis mit ausgeprägter Struktur der längslaufenden Jahresringe.

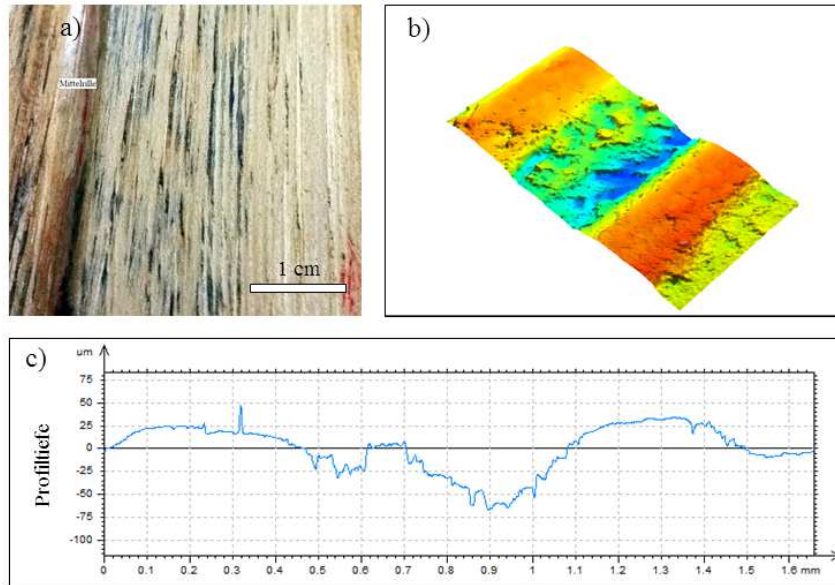


Bild 3: a) Riefenstruktur in Holzlaufsohle eines Skis um 1900. b) 3d Aufnahme eines 1,6 mm langen Segments. c) Profil.

Anders verhält es sich im Falle des oben erwähnten Hickoryholzes. Hickory hat einen Elastizitätsmodul von 15 GPa. Im Vergleich dazu rangiert das moderne Skibelagsmaterial Polyethylen bei ca. 1 GPa. Hickory ist ein ringporiges Holz. Die Widerstandsfähigkeit von Hickory – z.B. gegen Abrieb – ist am besten für Stämme mit weitem Ringabstand zwischen 2 bis 5 Ringen pro Zentimeter. Zwischen 5 und 14 Ringen pro Zentimeter kann man von konstanter Widerstandsfähigkeit sprechen, während zwischen 14 und 17 Ringen pro Zentimeter ein starker Abfall der Widerstandsfähigkeit zu verzeichnen ist.

Die Poren (Tracheiden), die im Frühholz gebildet werden, dienen dem Transport von Wasser, allerdings nur in der Außenhaut des Baumes, dem Splintholz. Bei Nadelhölzern erfolgt der Wassertransport vor allem in den Frühholztracheiden, während bei Laubhölzern die Gefäße (Poren) dafür verantwortlich sind. Im Inneren findet die sogenannte Verkernung statt, bei der die Poren durch phenolische Stoffe gefüllt werden, was zu einer Erhöhung der Härte führt. Bei den meisten Laubhölzern werden die Gefäße mit Füllzellen (Thyllen) verstopft. Die Einlagerung von phenolischen Komponenten in die Zellwände erfolgt bei echter Verkernung. Die Füllung der Poren führt zur Dunkelfärbung, so dass die Jahresringe klar erkennbar sind, siehe Bild 4. Die Füllung der Porenkanäle kann relativ leicht durch Schleifen entfernt werden, so dass Vertiefungen entstehen. Für das Beispiel in Bild 4 haben die Vertiefungen einen Abstand von ca. 700 µm und eine Breite von etwa 200 µm.

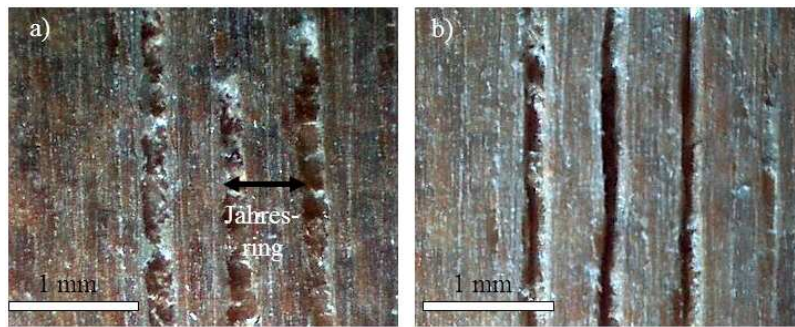


Bild 4: a) Hickory mit senkrecht verlaufenden Jahresringen. Die Porenkanäle, die als Einheit erscheinen, sind mit einer harzartigen Substanz gefüllt. b) Durch Schleifen entfernte Füllung der Poren.

3. Chemische Mittel zur Verringerung der Reibung

In der Zeitschrift *Der Winter* von 1921 war zu lesen [4]: „Über die Behandlung des Lang- und Sprungski gibt es so gut wie keine Literatur. Es mag das daran liegen, daß die Wettläufer aus begrifflichen Gründen ihre einschlägigen Erfahrungen für sich behalten, aber auch daran, daß Lang- und Sprungski bei uns erst seit den letzten Jahren allgemeiner, neben dem gewöhnlichen Laufski aber verhältnismäßig selten verwendet werden.“

Bevor das Wachs aufgetragen wurde, mussten die Ski zunächst imprägniert werden. Hierzu empfiehlt *Der Winter* 1923 das Aufbringen von Skiöl, einer Mischung von $\frac{2}{3}$ Leinöl und $\frac{1}{3}$ Petroleum. Besser noch wäre Kiefernholzteer [5]. Beide Flüssigkeiten dringen in das Holz ein und verringern die Wasseraufnahme. Gleichzeitig dienen Teer oder Öl als Haftvermittler für das Wachs, da alle drei Verbindungen Kohlenwasserstoffe sind. 1928 wird darauf hingewiesen, dass Petroleum ein holzfremdes Produkt ist und das Holz zersetzt und versprödet. Diese Gefahr bestünde bei Kiefernholzteer nicht [6].

Um bei allen Schneesorten gut zu gleiten, wurde zähes Wachs – Paraffin, Bienenwachs – oder Mischungen aus beiden gewählt. Besonderen Ruf genoss damals Sohm-Wachs, welches durch den Vorarlberger Bergpionier Viktor Sohm erfunden und auf vielen seiner Bergtouren erprobt wurde [7]. Für den Wachsaufbau wurde empfohlen, die Laufsohle möglichst komplett abzudecken. Der Ski darf allerdings nicht zu glatt gemacht werden, so dass er nicht willenlos durchgeht. Ein gut gewachster Ski soll dem Laufen einen gewissen Widerstand entgegen setzen [8]. Der Langläufer bewertet dieses Verhalten mit der Art und Weise, wie der Ski vom Fuß geht. Auch soll das Wachs so dünn wie möglich aufgetragen werden. Ein nachfolgendes Polieren auf Hochglanz erfolgt, um Kratzer und Ritzen abzudecken [6]. Weiter heißt es: „Die Angriffsfläche wird dadurch viel kleiner, die Eiskörnchen können sich nicht mehr in den Poren festkrallen: es pappt nicht mehr“.

4. Wissenschaftliche Einordnung

Die wasserabstoßende Wirkung – Hydrophobisierung – wurde auf holzeigene Art durch das Harz erreicht. Bild 1 quantifiziert die Benetzbarkeit mittels Kontaktwinkelmessung. Mit 70° ist Harz schwach hydrophob. Bereits mit Bienenwachs, Bild 1b) kann der Kontaktwinkel deutlich auf 93° erhöht werden. Das Potenzial moderner Wachse zeigt Bild 1c). Dieses Wachs erzeugt einen Kontaktwinkel von 110° .

Die Vorstellung von den Auswirkungen der Wachspolitur und die damit verbundene Rauheitsverringerung entsprechen einer mechanistischen Vorstellung, wie sie in *GLIDING* 1(2017) beschrieben worden ist [9]. Völlig außer Acht hierbei ist der Saugeffekt durch Kapillarwirkung, dem man heutzutage durch bewusste Strukturierung der Ski mittels Skischliff oder Strukturgerät entgegen wirkt. Strukturierung wurde allerdings auch damals – vielleicht unbewusst – bereits ausgenutzt. Betrachtet man in Bild 5 die 3d Strukturen, so stellt man fest, dass das Profil sehr stark an eine Schliffstruktur, die man heutzutage bei nassem Schnee einsetzt, erinnert.

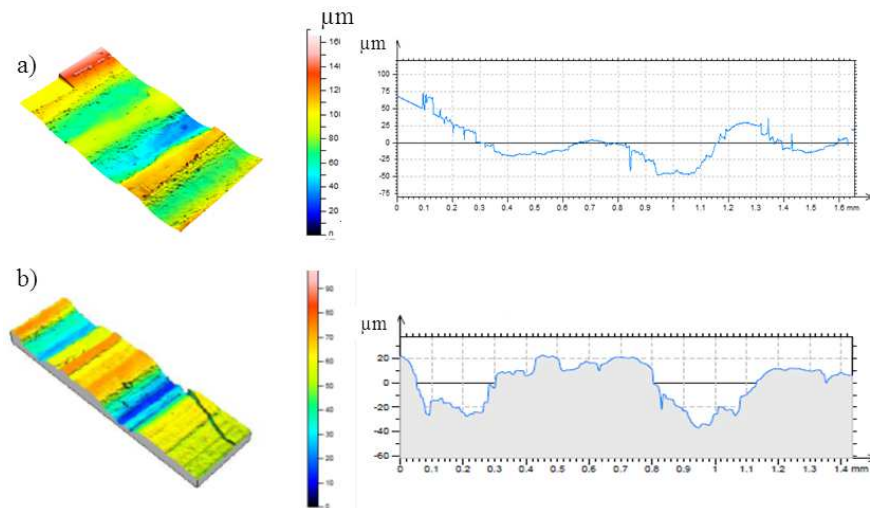


Bild 5: a) Riefenstruktur eines Holzskis (Fichte) um 1900. b) Schliffstruktur eines modernen Skis mit Lauffläche aus Polyethylen (UHMWPE).

Wie auch bei einer Laufsohle aus modernem Polyethylen haben die Riefen der Jahresringe eine Breite von ca. 500 Mikrometern. Auch die Tiefe ist vergleichbar. Der in Bild 5a) gezeigte Ski sollte also bei nassem Schnee gut gelaufen sein. Um auch auf kalten Schnee gut zu gleiten, kamen Hölzer mit kleinerem Abstand zwischen den Jahresringen zum Einsatz. Frappierende Ähnlichkeit mit dem Profil des Polyethylenskielags zeigt Hickory, wenn die Füllung aus den Porenkanälen entfernt wird, siehe Bild 4b). Nunmehr bildet das harte Holz Plateaus, die regelmäßig von Riefen unterbrochen werden.



Bild 6: Links: Benetzungstest auf glatter Hickoryoberfläche. Rechts: Benetzungstest in einem Bereich, in dem freigelegte Porenkanäle liegen.

In Bild 6 links wurde der Kontaktwinkel auf glattem Hickory und rechts in einem Gebiet mit 3 freigelegten Porenkanälen gemessen. Trotz aller Unschärfen der Methode erhält man durch die Strukturierung bereits einen um 20° größeren Kontaktwinkel. Dieser Effekt resultiert – ähnlich dem Lotuseffekt – aus der Kombination von Wasserabstoßung und Strukturierung der Oberfläche. Das bedeutet, dass dieser Ski deutlich geringere Saugkräfte entwickelte. Dieser Effekte kann nochmals verbessert werden, wenn Wachse zum Einsatz kommen, siehe Bild 1c).

5. Zusammenfassung

Der Blick in die Literatur zeigte eindrucksvoll, wie man auch bereits vor 100 Jahren schnell und widerstandsfähig gleiten konnte. Anders als bei modernen Ski, die man zum Service geben kann oder nach sehr guten Anweisungen selbst präpariert, war damals umfangreiches Fachwissen zu Holz, seiner Bearbeitung und Pflege notwendig. Vieles vom damals erarbeiteten Wissen hat nach wie vor Gültigkeit. So wird Wachs verwendet und die Ski werden gezielt strukturiert. Auch von Seiten des Skibaus wurde durch die Einführung des schichtweisen Aufbaus der Ski – harte Laufsohle, elastischer Kern, leichter Oberbau – ein technischer Standard von Bestand definiert. Esche findet man nach wie vor als Kern vieler Ski.

Dennoch, wenn man sich die aktuelle Literatur, d.h. die Anleitungen der Ski- oder Wachshersteller, bezüglich der physikalischen Mechanismen genauer anschaut fällt auf, wie wenig Wissen in den letzten 100 Jahren dazu gekommen ist.

Quellen

- [1] *Der Winter*, XXI. Jahrgang, 1927/28, Hrsg. C. J. Luther.
- [2] *Der Winter*, XVII. Jahrgang, 1933/34, Hrsg. C. J. Luther.
- [3] *Der Winter*, XVI. Jahrgang, 8(1923), Hrsg. C. J. Luther.
- [4] *Der Winter*, XV. Jahrgang, 4(1921), Hrsg. C. J. Luther.
- [5] *Der Winter*, XVI. Jahrgang, 13(1923), Hrsg. C. J. Luther.
- [6] *Der Winter*, XXI. Jahrgang, 15(1928), Hrsg. C. J. Luther.
- [7] *Der Bergsteiger*, 1983, Heft 7, Seite 59-60.
- [8] Hoferer, Erwin, Winterliches Bergsteigen. Alpine Schilaufttechnik, Bergverlag, München, 1925.
- [9] Scherge, Matthias, Skischliffe falsch interpretiert, *GLIDING* 1(2017)

Danksagung: Vielen Dank an Dr. Reinhard Groß, Uwe Hanss und Peter Schlickerrieder für die Anregungen und Korrekturen!

Ein herzlicher Dank gebührt den Kuratoren des Karlsruher Skimuseums, den Herrn Hansjörg Ludwig[†], Hansjörg Singler und Franz Kelnhofer für die Bereitstellung von Literatur und Ski. Für die Bereitstellung des Hickoryholzes möchte ich Herrn Peter Kammer von der Firma Schorn & Groh GmbH danken.

Ein weiterer Dank geht an Prof. Dr. Ingo Burgert vom Institut für Baustoffe der ETH Zürich für seine wertvollen Hinweise zur Biologie der Bäume.