

Daan Schutte über Kufen (Läufer):

Dieser Artikel handelt von Kufen beim regattasegeln in der DN-Klasse. Der Grund diesen Artikel zu schreiben liegt in der Veränderung des Einsatzes von Läufern, die durch jüngste Veränderungen in anderen Teilen des DN verursacht wird – hauptsächlich die Verwendung von biegsamen Glasfaser- bzw. Kohlefasermasten. Der erste Teil ist über die Kufen, welche von den Vermessungsvorschriften erlaubt werden und die Bedingungen unter bei denen man spezielle Läufer benützt. Teil Zwei ist über Stahltypen, die für die verschiedenen Läufer benützt werden. Teil Drei ist über das Schleifen der Läufer, Schliffwinkel, „Sprung“ und den Effekt, den Eisverhältnisse auf diese Aspekte des Schleifens haben. Der letzte Teil ist über das Herstellen von Läufern und die meistens auftretenden Probleme, die damit zusammenhängen.

Erlaubte Kufentypen des DN:

Der erste Kufen-Typ ist natürlich der „Platten-Läufer“. Das ist der im Original-Design des DN eingesetzte Läufer. Dieser Läufer ist aus einer 6 mm dicken Stahlplatte hergestellt, die oben durch Versteifungselemente aus üblicherweise Aluminium, Stahl oder Holz beidseitig 50 mm verstärkt werden.

Die Versteifungselemente passen in die Backen.

Der „Insert-Runner“ (Slot-Läufer) sind die heute in den meisten Rennen verwendeten Kufen. Dieser Läufer wird hergestellt indem in einen Holzkörper unten ein Schlitz gefräst wird. Ein Stahlstreifen wird dann in diesen Schlitz eingeklebt und steht maximal 38mm heraus. Der verwendete Stahlstreifen darf 5 bis 6mm dick sein und diese Läufer dürfen länger als die Platten-Läufer sein.

Der T-Läufer ist der Vorgänger der Insert-Runners. Dieser Läufer ist ein T-Profil mit einem hölzernen Körper oben auf. Die Dicke des T-Profiles muß zwischen 4 mm und 7,40 mm sein und die Länge ist die Selbe wie bei den Slot-Läufern.

Der letzte erlaubte Läufer ist der „Winkel-Läufer“. Das ist ein Läufer, den man normalerweise bei uns nicht benötigt, aber manchmal bei internationalen Regatten einsetzt, wenn das Eis sehr weich und matschig geworden ist.

Wann verwendet man welchen Läufer ?

Der meistverwendete Läufer ist der dünne (5 mm) Slot-Läufer. Das ist aus folgenden Gründen der Standard-Läufer:

- er ist lang (91,40 cm).
- den verwendeten Stahl erhält man in fast allen Legierungen.
- wegen der geringen Dicke hat er weniger Widerstand bei dünner Schneeeauflage.
- es ist ein leichter Läufer (3,80 kg).

Als Steuerläufer verwendet man einen ein wenig kürzeren Slot-Läufer. Länge ist gut, weil der Läufer flacher sein kann, wodurch der Druck auf eine größere Oberfläche verteilt wird. Das reduziert den Widerstand. Außerdem fährt man mit einem längeren Läufer ruhiger über rumpeliges Eis, was ebenso den Widerstand reduziert.

Bei starkem Wind und guten Eisverhältnissen werden auch dicke (6 mm) Insert-Läufer verwendet. Die Gründe solch einen Läufer zu wählen sind:

- er ist schwerer als die 5 mm Ausführung (4,40 kg)
- er ist steifer als die 5 mm Ausführung.

Durch das höhere Gewicht kann man mehr Druck aufbauen, aber durch die jüngste Generation von flexiblen Masten ist dieser Grund weggefallen.

Die erhöhte Steifigkeit der 6 mm Läufer im Vergleich zu den 5 mm Läufern ist ungefähr 5%, wenn die Holzkörper mit Carbon verstärkt sind. Daher Zusammengefasst: Bring Deine 6 mm Läufer, wenn Du welche hast, aber wenn Du gerade beginnst mit dem DN zu segeln sind das nicht die Läufer, die Du Dir als erstes bauen musst.

Der T-Läufer hat einen sehr beschränkten Einsatzbereich. Er ist leicht und ist der dünnste erlaubte Läufer mit seinen 4mm Minimum. Das ist der Grund, warum dieser Läufer den geringsten Widerstand in einen dünnen Schneeauflage hat. Ein Nachteil ist, daß der T-Läufer nur eine Höhe von 25 mm über dem Eis hat, was bedeutet, daß diese 25 mm das Maximum an Schneeauflage sind, bei der man den T-Läufer noch verwenden kann. Ein weiterer Nachteil ist, daß T-Eisen nur in einer sehr beschränkten Anzahl von Stahllegierungen erhältlich sind – keine davon Widerstandsfähig gegen Verschleiß und Schrammen. All das und die beschränkte Reduktion des Widerstandes im Vergleich zu den dünnen Insert-Runners hat einen Rückgang der Benützung solcher Läufer verursacht.

T-Läufer mittlerer Stärke; 5 mm und 6 mm sind Insert-Runner in allen Belangen unterlegen.

Dicke T mit einer Dicke von 7,40 mm können in weichem Eis benützt werden, wenn dünne Läufer sich schon tief eingraben. In diesem Fall ist es vielleicht sinnvoller Winkelläufer zu verwenden, da diese weniger wiegen. Alles in allem, wenn man nur eine beschränkte Anzahl von Läufern mitführen will, kann man T-Läufer als erstes weglassen.

Plattenläufer werden immer noch häufig benützt. Diese sind notwendig, wenn die Schneehöhe mehr als 40 mm beträgt, weil die Slot-Läufer nicht mehr durchkommen. Da die Geschwindigkeiten in diesen Bedingungen nicht sehr hoch sind, und um Gewicht zu reduzieren, haben die in diesen Bedingungen effizientesten Plattenläufer die minimale Länge. Das hilft auch in der Wende.

Für Freizeitsegler ist der Plattenläufer immer noch die erste Wahl, weil diese zwar nicht die schnellsten Kufen in allen Bedingungen sind, aber sicherlich die vielseitigsten.

Winkelläufer werden nur gebraucht, wenn man auf Eis-Matsch segelt und alle anderen Kufen sich zu sehr eingraben. Das bedeutet, daß alle internationalen Segler solche Läufer mithaben aber selten benützen. In Holland werden solche Kufen überhaupt nicht benützt, weil wenn die Eisoberfläche so schlecht ist, ist das Eis so dünn, daß es nicht mehr trägt. Manche Segler benützen diese Läufer wegen Ihres geringen Gewichts bei Leichtwind, aber nur dann, wenn wirklich plankes Eis ist, da die Dicke dieser Läufer einen hohen Widerstand schon in der geringsten Schneeauflage haben. Weitere Nachteile dieser Kufen sind die Probleme beim Schleifen und, daß es die Winkel nur in einer beschränkten Anzahl von Legierungen gibt.

Stahl für Eissegler-Kufen:

Die Vermessungsvorschriften des DN erlauben ausschließlich handelsüblich erhältliche Stahltypen für die Herstellung von Kufen. Spezialprodukte sind nicht erlaubt. Viele Stahlfirmen produzieren hochwertige nichtrostende Stahllegierungen in Platten. Diese sind für den DN erlaubt. Die Tatsache, daß diese Stähle nur in Platten hergestellt werden bedeutet, daß das Folgende nur Plattenläufer und Slot-Läufer handelt. Die hohen Kräfte und benutzten dünnen Stähle bei Slot-Läufern, erfordern eine hohe Stahlfestigkeit für diese Läufer. Weitere mechanische Kriterien für Stahltypen zur Herstellung von Eissegler-Kufen sind: Härte, Widerstand gegen Beschädigung und Abnutzung, und die erreichbare Härte durch Härtung des Stahls.

Weitere Kriterien sind: Wärmeleitfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Rost. Eine geringe Wärmeleitfähigkeit ist wichtig um eine Anfrieren von Schnee auf den Läuferflanken zu vermeiden. Rost beschädigt den Läufer und erzeugt einen höheren Widerstand des Läufers.

Die vielen unterschiedlichen nichtrostenden Stahltypen sind in verschiedenen Systemen kategorisiert. Die USA haben das AISI system und Deutschland (und Europa) hat das „Werkstoffnummer-System“. Die generell verwendeten nichtrostenden Stähle sind die Typen 304 und 316 im AISI system. Diese zwei sind die einzigen in denen T und Winkel produziert werden. Das limitiert augenscheinlich die Wahl für diese Läufer. Erfahrung zeigt uns, daß 316 einen größeren Widerstand gegen Beschädigungen hat. Eine weitere Anmerkung: Das deutsche System verwendet viel geringere Toleranzen für erlaubte Legierungen und unterteilt daher die Stähle in viel mehr unterschiedliche Typen.

Die wichtigsten Komponenten von Stahllegierungen und deren Auswirkungen sind:

Chrom (Cr) erhöht die Spannkraft, verringert die für das Härten notwendige Abkühlungsgeschwindigkeit und erhöht die Widerstandsfähigkeit gegen Rost. Chrom setzt auch die Wärmeleitfähigkeit herab.

Carbon (C) erhöht die Spannkraft und die erreichbare Härte. Weiteres erhöht Carbon die Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung.

Im AISI System sind nur zwei Arten nichtrostender Stähle angeführt, die einen Carbon-Prozentsatz über 0,75% haben; 440B and 440C. Diese zwei Stahltypen können gehärtet werden und sind Härter und Widerstandsfähiger gegen Abnutzung als alle anderen AISI Stahltypen.

In den USA ist 440C das Standardmaterial für Kufen, was schon zeigt, daß die Auswahl für guten Stahl für Kufen sehr beschränkt ist. Die im europäischen (deutschen) Werkstoffnummernsystem angeführten Standardstahlsorten die rostbeständig sind und gehärtet werden können sind folgende: 1.4111, 1.4112, 1.4125 und 1.4528. Die Tatsache, daß der zweite und vierte Stahltyp bereits vor zwanzig Jahren von Wim van Acker nach Holland importiert wurden, beweist, daß sich nur sehr wenig Neues an dieser Front tut.

Zwei weitere jüngste Entwicklungen sind es wert hier erwähnt zu werden: die powdermetallurgic und „precipitation-hardening“ (Anmerkung von Niklas: dafür finde ich keine Übersetzung ins Deutsche) Stähle.

Powdermetallurgische Stähle werden in einer neuen Art hergestellt: Die Elemente der Legierung werden in Pulverform gemischt und dann erhitzt und zu einem Blatt gepresst, anstatt diese in einem Schmelztopf zu mischen und das heiße, flüssige Metall auszugießen. Der Vorteil ist eine bessere Durchmischung der Elemente und eine feinere Struktur der Körnung. Stähle wie diese werden noch nicht viel für Eissegler verwendet, da diese schwer in nichtrostenden Legierungen zu bekommen sind und weil sie sehr teuer sind.

„precipitation-hardening“ Stähle können die selben Eigenschaften wie gehärteter, rostfreier Stahl erreichen, jedoch ohne dem Verformungsprozess. Die normale Prozedur zum Härten von Stahl ist den Stahl auf eine bestimmte Temperatur zu erhitzen und dann rasch abzukühlen um die Struktur „einzufrieren“. Das wichtige Element hierbei ist das Carbon-Eisen Karbid Zementit. Daher wird das Carbon benötigt. Dieses Zementit macht den Stahl hart und spröde, jedoch das Erhitzen und Abkühlen lässt das Stahlblatt sich verwerfen. Das wird durch Zurücktempern des Stahls korrigiert und die Stahloberfläche wird geschliffen. Alles in allem eine sehr teure Prozedur.

„precipitation-hardening“ ist eine andere Vorgehensweise: Die Veränderung in der Struktur wird durch künstliches Altern des Materials in hoher Temperatur (500°C) erreicht. Das ist die selbe Vorgehensweise wie beim Härten von Aluminium, und wie auch beim Aluminium hängen die Ergebnisse stark von kleinen Änderungen in der Legierung ab. Da diese Prozedur das Material nicht deformiert und die Tatsache, daß die Stahlhersteller im Stande sind immer konstantere Legierungen zu erzielen, ist das wo die Zukunft für Werkzeugstahl liegt. Ich glaube, daß es noch einige Zeit dauern wird, bis diese Stähle bei den Eisseglern Einzug halten werden.

Es wäre möglich einen nicht-rostfreien, gehärteten Stahl als billigere Alternative zu den oben angeführten Stählen zu verwenden. Ich würde das nicht empfehlen, da diese Läufer im Endeffekt nicht so viel billiger sein würden und nur bei wirklich niedrigen Temperaturen (unter -10°C) benutzt werden können, da die Feuchtigkeit bei höheren Temperaturen ansonsten rosten lassen würde. Der Rost erhöht den Läuferwiderstand.

All das macht es einfach zu entscheiden welchen Stahl man für Plattenläufer und Insert-Runners verwenden soll: gehärteten 1.4112 oder 1.4528.

Die beste Wahl für T-Läufer und Winkelläufer wurde bereits mit 316 festgelegt, welches 1.4401 im europäischen System entspricht.

Da gibt es noch ein letztes Kapitel bezüglich Kufenmaterial auf das ich eingehen möchte: (Auf-) Schweißen der Schneide. Auf diese Art kann man zwei verschiedene Materialien in einem Läufer verarbeiten. Das wurde bei DN-Läufern versucht und gute Ergebnisse wurden mit Stellite erreicht. Das ist eine Cobalt-Legierung, die der Schneide Eigenschaften verleiht, die nahe an die von 1.4112 herankommen. Läufer auf diese Art zu bauen ist sehr arbeitsintensiv und macht daher aufgeschweißte Läufer sehr teuer. Ich habe mir einen Satz kurzer Plattenläufer für Schnee aus 316 Stahl mit einer Stellite-Kante gebaut. Das 316 leitet die Wärme sehr langsam, was hilft das Anfrieren von Schnee auf der Flanke zu vermeiden. Ich bin mir noch nicht sicher, ob diese Läufer die Extraarbeit wert sind.

Schleifen der Läufer:

Nach den Stahltypen möchte ich auf das Schleifen von Läufern eingehen. Das ist ein Kapitel, das durch das Auftauchen der flexiblen Masten und der nun erreichten höheren Geschwindigkeiten beeinflusst wurde. Auf glattem Eis mit hohen Windgeschwindigkeiten verwenden jetzt alle Top-Segler sehr scharfe Kufen. Das ist notwendig, da eine Bö den Mast zum Biegen bringen soll und die Eisyacht beschleunigt. Wenn eine Bö den DN jedoch seitlich versetzt (sogar nur ein wenig) reagiert der Mast nicht und das Boot beschleunigt nicht. Das hat bewirkt, daß schwerere Segler, die früher immer 100° Schliff benützt haben, bei starkem Wind auf 90° Schliff reduzieren. Die zusätzliche Sicherheit hilft außerdem. Leichtere Segler haben den Vorteil, daß sie nicht auf einen größeren Winkel wechseln müssen, wenn der Wind und die Eishärte weniger werden.

über den „Sprung“:

Als erstes muß man sicherstellen, daß man dieselbe Methode zum Vermessen des Sprungs anwendet wie alle anderen auch, um ebenfalls sicherzustellen, daß man die Werte vergleichen kann.

Man setzt den Läufer auf eine gerade Auflagerfläche. Das ist ein Messinstrument, welches normalerweise die Abmessungen 10x50x750 mm hat und durch maschinelle Bearbeitung mit sehr geringen Toleranzen gerade ist. Dann schiebt man Streifen mit einer Dicke von 0,20 mm zwischen die Auflagerfläche und den Läufer, einen von Vorne und einen von Hinten. Man schiebt die Streifen soweit hinein bis diese feststecken und misst dann die Distanz zwischen den Streifen. Dieses Maß ist das Maß des Sprunges.

Der Teil der Schneide vor dem vorderen Streifen, der Eingang, soll sich von der Messfläche allmählich bis zu 4,00 mm heben. Der hintere Teil (Ausgang) soll sich allmählich bis 2,00 mm anheben. Der Kufenbolzen soll 20,00 mm bis 40,00 mm hinter der Mitte des Sprunges sein.

Für einen 75 kg Segler sind 48 cm bis 52 cm ein gutes Sprungmaß für einen 90° Läufer. Ein Steuerläufer soll runder sein; 40 cm scheinen perfekt.

Für einen schwereren Segler, z.B. 95 kg, ist ein gutes Sprungmaß 40 cm bis 47 cm für einen 100° Läufer. Natürlich sind so flache Sprünge auf einem kurzen Plattenläufer nicht möglich. Für einen 75 kg Segler ergibt ein 28 cm bis 30 cm Sprung auf einem 100° Läufer einen ähnlichen Halt wie beim flacheren 90° Läufer. Wie schon vorher erwähnt, sind diese kurzen Plattenläufer speziell geeignet um bei hoher Schneeaufgabe zu fahren. Ein 100° Läufer hat die Tendenz auf den Schneebeleg „aufzureiten“, statt diesen zu durchschneiden. Das erzeugt unnötigen Widerstand. Der Weg das zu vermeiden ist, nur den Teil innerhalb eines Millimeters der Schneide mit 100° zu schleifen und den Rest des Läufers auf einen Minimumwinkel von 75° zu schleifen. Die Eishärte ist hier von keinem Belang, weil Eis unter Schnee niemals weich ist; wenn es das wäre, wäre der Schnee geschmolzen.

Beim Schleifen sind zwei Dinge viel wichtiger als der Winkel und Sprung:

Erstens, die Schneide des Läufers muß absolut gerade sein (und natürlich parallel zum Läufer auf der anderen Seite).

Zweitens, die Schneide darf nirgends irgendwelchen Hohlschliff haben – egal wie klein. Ich weiß nicht warum ein Hohlschliff solch einen verheerenden Effekt auf den Läuferwiderstand hat, aber es ist ein nachgewiesener Effekt. Um auf Hohlschliffe zu prüfen, gibt man eine Lichtquelle hinter die gerade Auflagerfläche und rollt den Läufer darüber. Wenn Licht zwischen zwei Punkten sichtbar wird, muß man nocheinmal schleifen. Übrigens, Hohlschliff ist ein Ergebnis von zu wenig Geduld. Wenn die Schneide des Läufers beim schleifen zu heiß wird, dehnt sie sich aus und macht den Läufer runder. Wenn man dann den Läufer flach schleift, wird die Schneide nach dem Auskühlen einen Hohlschliff zeigen. Deswegen soll man den Sprung des Läufers nur dann messen, wenn der Läufer völlig ausgekühlt ist.

Um Hitzebildung zu vermeiden und um Läufer schnell schleifen zu können, ist es unbedingt notwendig mit Schleifbändern mit der richtigen Körnung zu arbeiten. Um eine erste raue Schneide auf den Läufer zu bekommen verwende ich P 36 Zirkonium-Schleifbänder. Die nehmen rasch Material weg ohne zuviel Hitze zu bilden. Um den Sprung richtig zu machen verwende ich P 120 Schleifbänder. Diese verwendet man auch um stumpfe Läufer nachzuschleifen; ein bis zwei mal mit P 120 und dann feiner. Die feineren Körnungen werden nur verwendet um die Schneide endzubehandeln. Normalerweise : 220 – 400 – 800.

Hilfe beim Bauen:

Wie versprochen sind hier noch ein paar wichtige Dinge, die man beachten sollte, wenn man seine eigenen Läufer baut.

- Winkel-Stahl wird bei Schleifen sehr leicht heiß. Daher sollte man den Winkel nicht mit Epoxy auf den Holzkörper kleben sondern anstelle dessen mit einen zwei-komponenten Polyurethan-Kleber. Dieser kann viel mehr Hitze aushalten.
- Der Holzkörper eines Insert-Runners soll eine hohe Bruchfestigkeit am Boden des Schlitzes haben. Aus diesem Grund sollte man nicht Massivholz mit der Maserung in der selben Richtung wie der Schlitz verwenden. Verwende stattdessen ein Hartholz Sperrholz. Ich bevorzuge Birke.
- Schleife den Holzkörper eines Insert-Runners auf die minimale Stärke (22,50 mm) um in der Lage zu sein so viel wie möglich Carbon auf den Läufer zu laminieren. Verwende ungefähr 1000 g/m² davon zumindest 80 % in Läuferichtung.
- Vermeide so gut wie möglich durch das Carbon zu bohren um zu verhindern Haltbarkeit und Steifigkeit zu verlieren.
- Vergewissere Dich, daß die Platte, der Stahlstreifen oder das T-Profil absolut gerade sind, bevor Du den Läufer zusammenbaust.
- Vergewissere Dich, daß die Stahloberfläche sehr rauh ist (durch Schleifen oder Sandstrahlen) bevor Du Kleber aufbringst.
- Verstärke die Haltbarkeit des Insert-Läufers indem Du Gewindestangen durch den Holzkörper und den Stahl einklebst.

Zusammenfassung:

Das wurde ein ziemlich langer Artikel obwohl darin nur die wichtigsten Aspekte über DN-Läufer beschrieben werden. Es ist offensichtlich, daß man viel Zeit und/oder Geld in Läufer investieren muß um in der Lage zu sein international auf höchstem Niveau teilzunehmen. Es ist, wie auch immer, nicht der Fall, daß diejenigen, die in den letzten zehn Jahren viel Aufwand betrieben haben einen substantiellen Vorteil haben, nur weil sie so viele Läufer besitzen. Die besten Segler verwenden selten mehr als zwei Satz Läufer. Man kann konkurrenzfähige Läufer für 95 % der Zeit haben, indem man sicherstellt, daß dieser Basis-Läufersatz in bestem Zustand ist. Ich stimme zu, daß DN-Regattasegeln wegen den höheren Ansprüchen an die Ausrüstung teurer wird, aber indem man seine Anstrengungen auf die am meisten bewirkende Ausrüstung legt, kann man an seinem Budget arbeiten. Die Entwicklung, daß immer weniger Segler erfolgreich Ihre eigene konkurrenzfähige Ausrüstung bauen ist keine gute, für die ich keine Lösung habe. Stell sicher erfahrene Hersteller zu kontaktieren um Dir durch das Bauen Deiner eigenen Läufer durchzu-helfen, ich bin sicher, daß sie Dir mit Freude helfen.