

Fischer, Knoten und Versuche

PAUL C. JOHNSON

Erste exakte Ergebnisse der Knotenforschung für Vorfach-Monofilament aus dem Jahr 1978.

Wer einen Fischerknoten in Nylon-Monofil knüpft, ist sich bewußt, daß er dieses Material schwächt. Doch wie sehr es geschwächt wird, hängt nicht nur vom Typ des Knotens ab, sondern ebenso sehr von der Art, wie dieser Knoten geknüpft wird ...

Wenn Sie Ihre eigenen Gewohnheiten untersuchen, werden Sie feststellen, daß Sie Ihren Lieblingsknoten pro Fischertag mindestens ein dutzendmal binden. Sie knüpfen ihn sorgfältig und setzen ihn begrenztem Zug aus, um ihn zu prüfen, ehe Sie weiterfischen. Doch dann werden Sie sicherlich schon bemerkt haben, daß einige Ihrer Knoten stark sind, andere jedoch seltsamerweise versagen.

Möglicherweise lasten Sie das nun der Schnur, Ihrem Knoten oder Ihrer Knüpftechnik an. Haben Sie jedoch auch schon einmal daran gedacht, daß eine Kombination aller dieser drei Faktoren die Ursache sein könnte?

Knotenforschung.

Als fischender Wissenschaftler habe ich mir schon Hunderte von Fragen über Knoten in Nylon-Monofilament gestellt. Wie die meisten Fischer fragte ich mich, wie man lernen kann, stärkere Knoten zu binden. Was geht eigentlich innerhalb eines beanspruchten Knotens selbst vor? Ob einige Knoten tatsächlich besser sind als andere? Und wenn dem so ist: warum?

In unserer wissenschaftlich so fortgeschrittenen Zeit sollten wir doch wirklich in der Lage sein, haltbare von schwachen Knoten zu unterscheiden, noch bevor wir sie beim Fischen prüfen!

Bis heute sind noch keine wissenschaftlichen Arbeiten über die Knotenkunde erschienen. Die physikalische Faserkunde beginnt gerade erst damit, Daten über Textil-

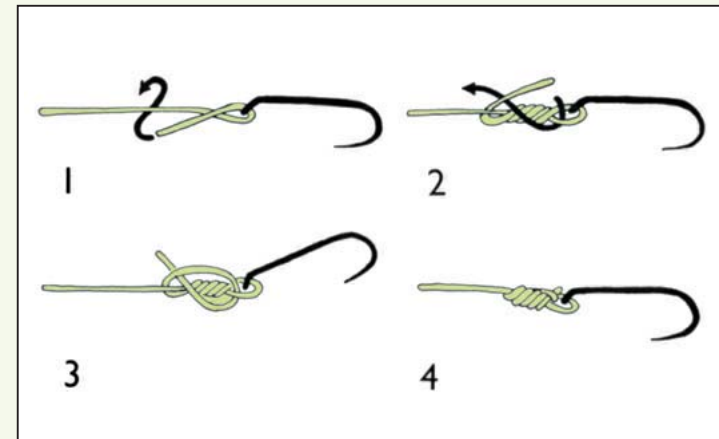
fasern zu sammeln, und es dürfte noch Jahre dauern, ehe wir Fischer auf unsere Fragen wissenschaftliche Antworten bekommen. Können wir uns inzwischen wirklich nur von überkommenen Ansichten, persönlichen Vorlieben oder Reklametricks leiten lassen?

Angler fragen bereits heute nach Fakten und innerhalb eines Teams von Wissenschaftlern ist es meine Aufgabe, wissenschaftliche Mittel und Methoden zur Beantwortung von Fragen einzusetzen, die die Sportfischerei betreffen.

Von allen Gebieten, die hier schon berührt wurden, erwies sich die „Unwissenschaft“ der Fischerknoten als das schwierigste. Ein Teilproblem ist dabei allein schon das Formulieren der Fragestellungen, ein Beispiel: Können irgendzwei Fischer mit demselben Monofil denselben Knoten binden und dasselbe Resultat erzielen?

Die meisten Fischer sind überzeugt, daß sie, wenn sie einen Knoten oft genug sorgfältig gebunden haben, leidlich gleichartige Resultate erzielen. Doch kürzlich bot sich mir eine überaus gute Gelegenheit, die Gültigkeit dieser Ansicht zu überprüfen. Zehn der besten Sportfischerei-Experten der USA besuchten die Labors, in denen ich arbeitete. Und alle diese erfahrenen Fischer konnten aus dem Effeff eine Vielzahl von Knoten knüpfen.

Jedem gab ich nun ein Stück Nylon-Monofil von der gleichen Großspule und fünf mittelgroße, verchromte Wirbel. Und jeden bat ich, seine fünf Wirbel mit einem kurzen Stück Monofil zu verbind-



Der einlagige Verbesserte Clinch-Knoten.

den, und zwar mittels seines besten Knotens. Dann konnte ich beobachten, wie jeder sorgfältig und überlegt seinen Lieblingsknoten knüpfte. Jeder gab sich offensichtlich alle Mühe, bessere Knoten zu binden als seine Kollegen.

Die Resultate der Festigkeitsprüfung waren überraschend, und zwar in ihrer Widersprüchlichkeit. Die Haltbarkeit der Knoten variierte zwischen den einzelnen Probanden um bis zu 50 Prozent. Keine zwei Fischer erreichten vergleichbare Resultate. Und noch überraschter waren sie über die Testabweichungen innerhalb ihrer fünf „gleichen“ Knotenbeispiele: bis um den doppelten Betrag!

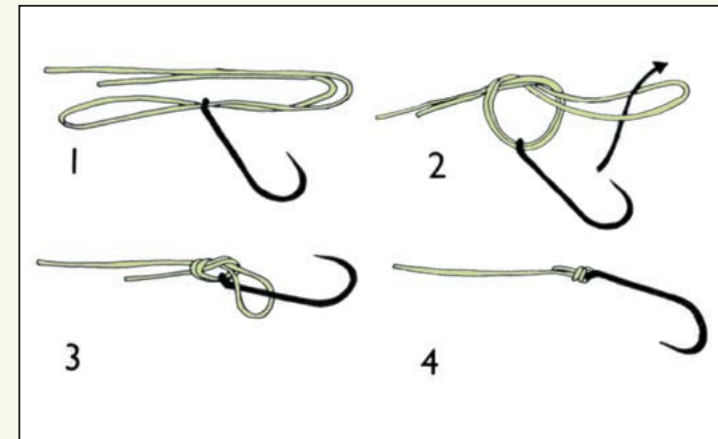
Infolge dieser breiten Streuung der Daten war es unmöglich nachzuweisen, wer den besten Knoten gebunden hatte. Auch den besten Knoten zu bestimmen, war nicht möglich. Wahrscheinlich dauerte die hitzige Diskussion unter den Teilnehmern an diesem Test noch lange an ...

Ein Fischer mag von solch einem Test enttäuscht sein, ein Wissenschaftler dagegen versucht die Ursachen festzustellen. Und denkbare Erklärungen schließen eine mangelhafte Gleichartigkeit des Nylons, Abweichungen in den Eigenschaften der Knoten und eine ungenügende Versuchsbreite ebenso mit ein wie den menschlichen Faktor. Keine zwei Leute binden einen Knoten auf die gleiche Weise.

Belastungsversuche.

Wie kann man feststellen, ob man einen wirklich haltbaren Knoten gebunden hat? Nun, man gibt ein Gewicht an die Schnur und setze den Knoten einer Belastung aus. Wenn die Schnur unter geringer Belastung im Knoten bricht, ist der Knoten nicht gut. Ist die Schnur dagegen schwer zu zerreißen und tritt der Bruch außerhalb des Knotens auf, ist es ein guter Knoten.

Leider ist dies eine Entweder-Oder-Form destruktiven Testens.



Der Palomar-Knoten.

Man weiß niemals wirklich, ob es ein guter Knoten war, bevor man ihn zerstört hat. Gibt es denn keinen anderen Weg, in Erfahrung zu bringen, ob man einen guten, festen Knoten gebunden haben, ohne diesen erst zerstören zu müssen? Und wenn es ihn gibt, kann er in Beziehung zur Knüpftechnik gebracht werden?

Einer der möglichen Ausgangspunkte ist es zu untersuchen, was passiert, wenn ein locker geknüpfter Knoten unter Zugspannung gesetzt wird. Dabei ist es sinnvoll, mit einem schlechten Knoten zu beginnen, etwa mit einem „schneidenden“ Überhand-Schlaufenknoten.

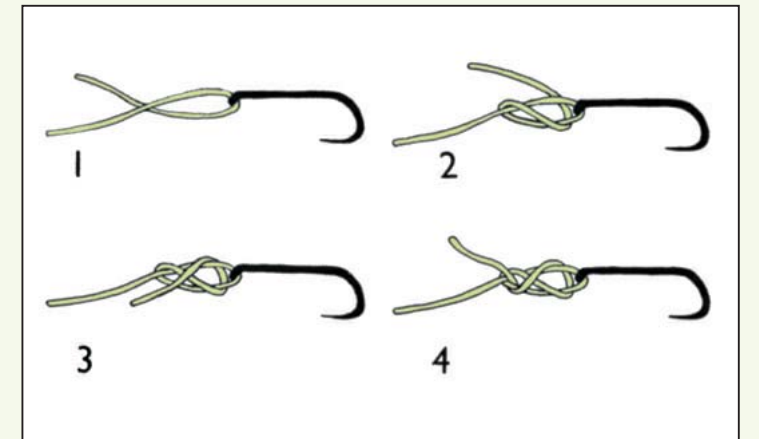
Für diese Studien benützte ich ein Binokular-Mikroskop mit geringer Vergrößerung (15fach), ein Instron-Zugprüfungsgerät mit gleichmäßiger Belastungszunahme von 10 inches (25,4 cm) Zug pro Minute und Monofilament von 0,3 inch (0,76 cm) Durchmesser, das während des Herstellungsprozesses nur teilweise ge-

dehnt wird, so daß es noch eine hohe Dehnfähigkeit aufweist. Diese würde dort, wo innerhalb des Knotens die größte Spannung zuerst auftritt, zu einer „Halsbildung“ im Durchmesser des Monofils führen.

Unter allmählicher Belastung wurde das Verhalten des Knotens unter dem Mikroskop beobachtet. Beim ersten Anzeichen solch einer „Halsbildung“ des Monofils wurde die Dehnungsbelastung beendet.

Nach der Untersuchung vieler Proben des Überhand-Schlaufenknotens stellte ich fest, daß jene „Halsbildung“ normalerweise zuerst in den Überkreuzungspunkten der Schlaufe auftrat und sich dann, während das Monofil mit geringem Durchmesser aus der Verknüpfungszone herausschlüpfte, sofort auf die nachfolgenden Monofil-Partien ausbreitete.

Der Krümmungsradius des Monofils wurde zunehmend kleiner, wenn weitere Belastung hinzukam, und schließlich folgte ein



Der Crawford-Achter-Knoten.

abrupter Bruch innerhalb der Schlaufe.

Deutlich trat zutage, daß innerhalb der Schlaufe, und zwar dort, wo sich das Mono kreuzte, Spannungskonzentrationspunkte hervorgerufen wurden, beim Überhandknoten also an zwei Stellen. Auch ein Verrutschen des Monofils im Knoten fand statt; welche Rolle es spielte, konnte jedoch nicht geklärt werden.

Sollte das recht schnelle Brechen dieses Knotens etwa dadurch bedingt sein, daß eine Belastung hier nicht auf eine definierte Monofil-Zone wirkt? Darüber konnten möglicherweise „gute“ Fischerknoten mehr Information bieten.

Wenn man versucht, einen „guten“ Fischerknoten auszuwählen, so ist das wie ein Versuch, den Sieger in einem Pferderennen vorauszusagen. Welchen Wert soll man seinem Aussehen, seinem Namen und seinem Ruf beimessen? Es gibt wohl mehr als 1.000

verschiedene und registrierte Angelknoten. Von jedem von ihnen wurde schon behauptet, er habe fantastische Eigenschaften ...

Statt mich dem Zufall zu überlassen, entschied ich mich, drei häufiger gebrauchte und beschriebene Knoten zu untersuchen: den Verbesserten Clinch-Knoten, den Palomar-Knoten und den Crawford-Achter-Knoten (s. die Zeichnungen). Wenn Sie sich diese Knoten einmal näher betrachten, werden Sie feststellen, daß jeder einen deutlich unterschiedlichen Aufbau hat.

Beim Verbesserten Clinch-Knoten kreuzt sich die Schnur siebenmal oder mehr, je nachdem ob Sie ihn mit einfachem oder mit doppelt genommenem Monofil binden. Um die Schwierigkeiten möglichst gering zu halten, verwendete ich jedoch einen einlagigen Verbesserten Clinch-Knoten.

Im Gegensatz zu diesem besteht der Palomar-Knoten aus vier Kreuzungspunkten und ähnelt in

Zeichnungen: Peter Neudecker

Fischer, Knoten und Versuche

bemerkenswerter Weise dem fatalen Überhand-Schlaufenknoten.

Der Crawford-Achter-Knoten schließlich hat sechs Kreuzungspunkte. Von seinem Aussehen her ist er eher ein Quetsch- bzw. ein sogenannter Strangulier-Knoten.

Jeder dieser drei „guten“ Knoten wurde sehr locker gebunden, wobei erstklassiges Qualitäts-Nylon von 10 lbs (4,536 kg) Tragkraft Verwendung fand. Wieder wurde die Belastung langsam gesteigert und ihr Einfluß mit dem Mikroskop beobachtet. Dabei war deutlich zu sehen, daß in diesen Knoten etwas anderes vorging als in den getesteten Überhand-Schlaufenknoten.

Rutschbewegungen und Monofil-Deformierung traten innerhalb dieser komplexeren Knoten viel schneller auf, und wie sich die Belastungsspannung fortpflanzte, war noch schwieriger zu verfolgen. Was ich dringend benötigte, war soetwas wie eine „Stillstandprojektion“ oder, besser noch, eine Einrichtung für sofortige Wiederholungswiedergabe am Mikroskop.

Hochgeschwindigkeitsaufnahmen durch ein Labormikroskop zu machen, ist möglich, doch wegen der niedrigen Tiefenschärfe bekommt man flauere Bilder. Ein weit besserer Weg war es da, ein Rasterelektronenmikroskop (REM) zu benutzen. Fotos, die damit in geringen Vergrößerungen aufgenommen werden, haben eine fantastische Tiefenschärfe.

Um dieses Gerät einsetzen zu können, hatte ich eine ganze Reihe von Knoten zu belasten, wobei für jeden die Dehnungsbelastung in einer progressiv höheren Stufe beendet wurde. Bei vorsichtigem Vorgehen konnte ich die Belastungsspannung im Augenblick vor dem Bruch unterbrechen.

Wie in einem verknoteten Gummiband wirkte sich bereits ein wenig Belastungsverringerung inner-

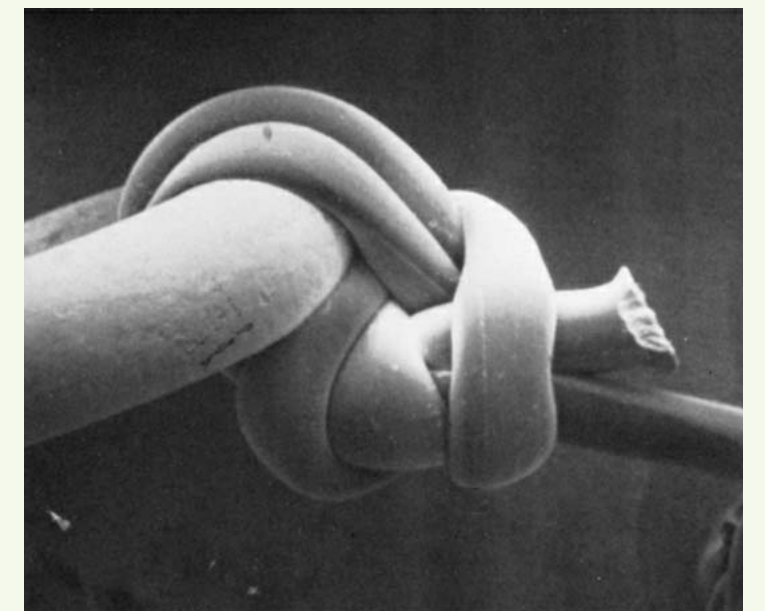
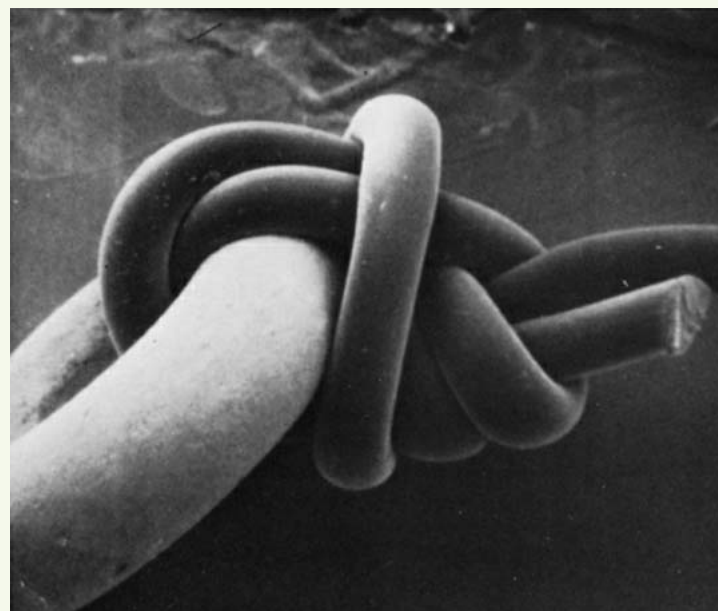
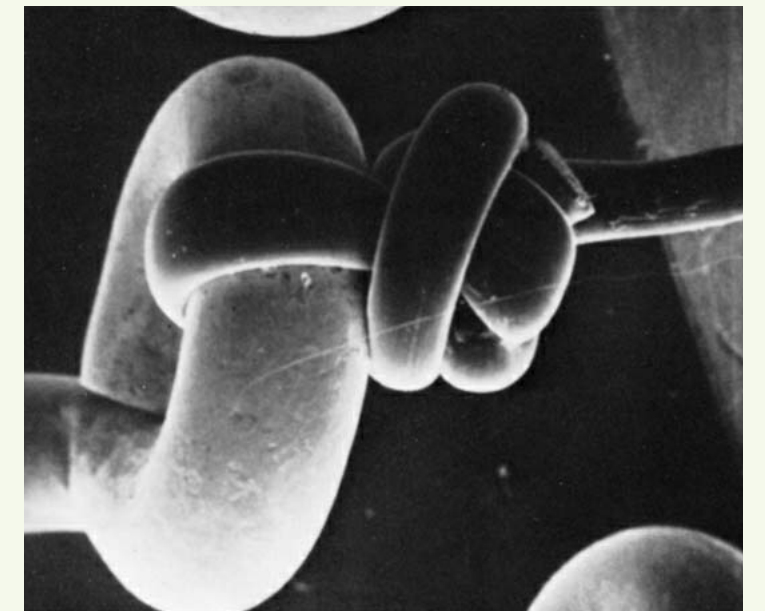
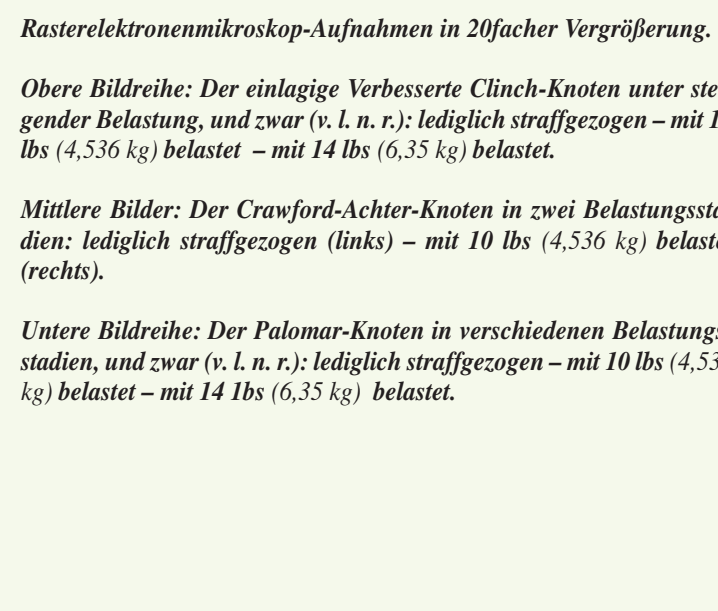
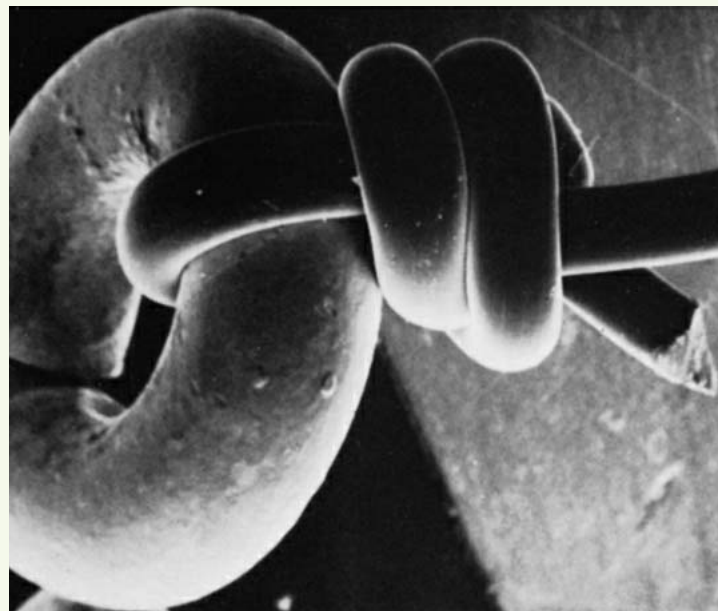
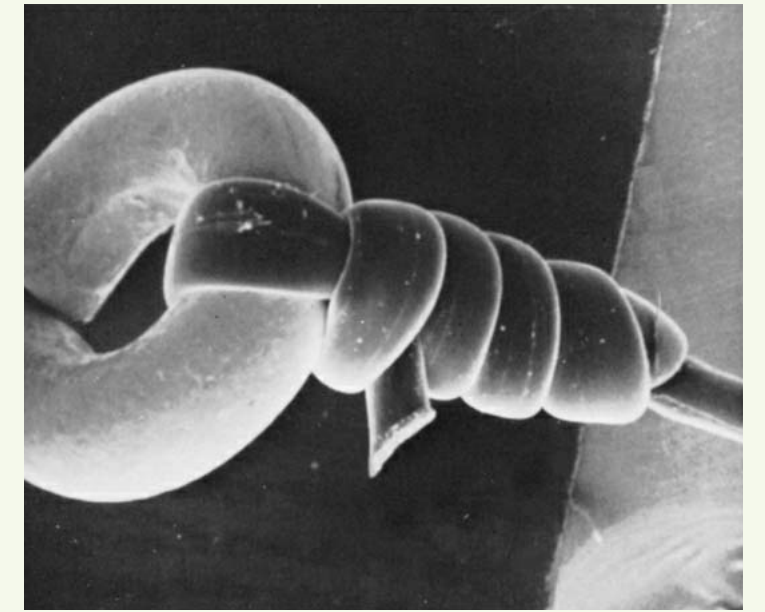
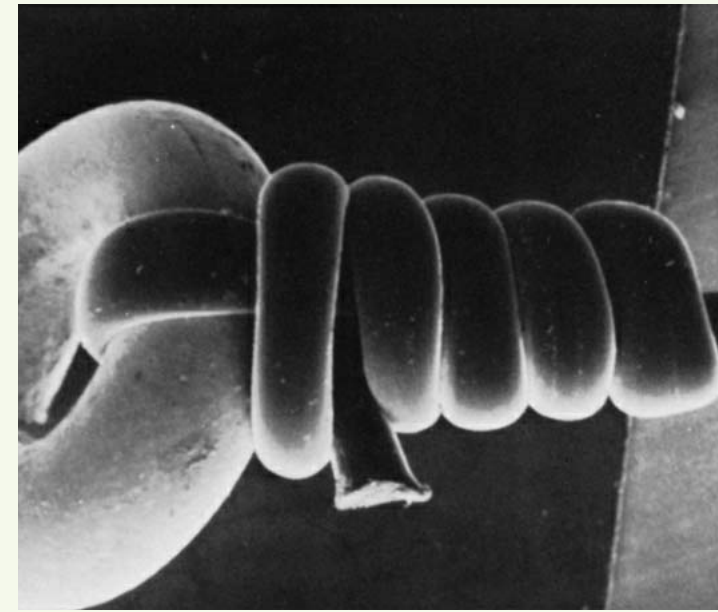
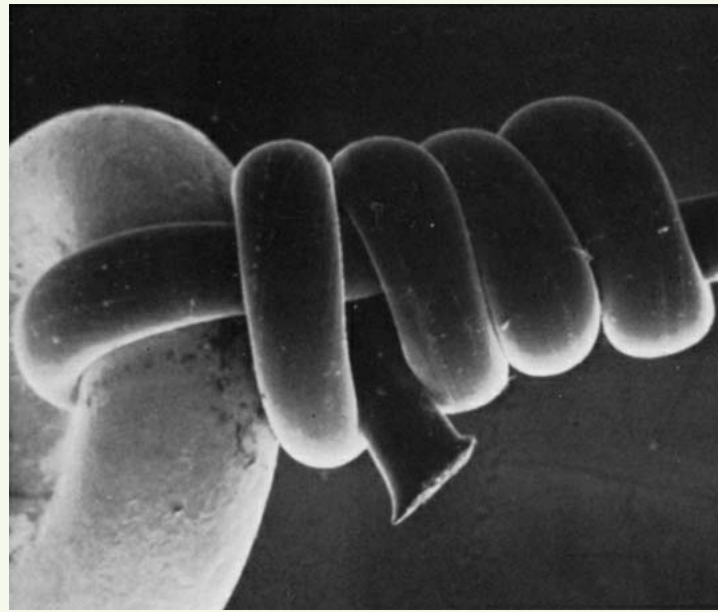
halb der Knoten aus. Durch das Binokularmikroskop betrachtet, waren äußerliche Veränderungen noch minimal erschienen. Die REM-Aufnahmen zeigten dagegen die fortlaufenden Auswirkungen der Belastung mit außergewöhnlicher Genauigkeit (s. die Fotos).

Sobald jeder dieser Knoten straff angezogen ist, ereignen sich in der Verknotungszone Dehn- und Gleitbewegungen von überraschendem Ausmaß. Wird die Belastung weiter verstärkt, so verformt sich das kreisrunde Monofil. Die Krümmungsradien werden an jeder Kreuzlage geringer, da das Monofil punktuelle Belastungskonzentrationen auszugleichen versucht. Einen Augenblick bevor die Belastung ihre höchstmögliche Intensität erreicht, treten weitere Rutschbewegungen von schätzungsweise einigen Tausendstel inch auf. Und jeder, der schon einmal das freie Ende von verknotetem Monofil zu knapp abgeschnitten hat, weiß, was dieses Nachrutschen des freien Endes bewirken kann ...

Bei maximaler Belastung wird der Knoten grob verformt und nimmt eine sehr gedrängte, kompakte Gestalt an. Die Lage der Krümmungsradien kündigt allerdings an, daß sich das Monofil seiner Elastizitätsgrenze nähert. Bei den stärkeren Knoten ereignet sich dann der Bruch knapp außerhalb des Knotens, und zwar in dem kurzen Teil des Monofil, der herausrutscht.

Die Gleitbewegungen in diesen Knoten.

Den präzisen Betrag der Rutschbewegungen und Deformierungen innerhalb dieser drei verschiedenen Knoten genau nachzumessen, war nicht möglich. Die REM-Fotos zeigten zwar, was sich in ihnen durch Zugbelastung äußerlich veränderte; was sich in ihrem Inneren



Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen in 20facher Vergrößerung.

Obere Bildreihe: Der einlagige Verbesserte Clinch-Knoten unter steigender Belastung, und zwar (v. l. n. r.): lediglich straffgezogen – mit 10 lbs (4,536 kg) belastet – mit 14 lbs (6,35 kg) belastet.

Mittlere Bilder: Der Crawford-Achter-Knoten in zwei Belastungsstadien: lediglich straffgezogen (links) – mit 10 lbs (4,536 kg) belastet (rechts).

Untere Bildreihe: Der Palomar-Knoten in verschiedenen Belastungsstadien, und zwar (v. l. n. r.): lediglich straffgezogen – mit 10 lbs (4,536 kg) belastet – mit 14 lbs (6,35 kg) belastet.

Fischer, Knoten und Versuche

ereignet haben mochte, konnte ich dagegen nur vermuten.

Gleitbewegungen in einem Monofil-Knoten dürften von der Oberfläche des Monofil und deren Gleitfähigkeit abhängen. Bei Herstellern von synthetischen Fasern ist es ein allgemein übliches Verfahren, daß sie ihre Produkte mit organischen Oberflächenapreturen versehen. Zudem befeuchten wir Fischer gewöhnlich das Vorfachmonofil im Mund, bevor wir einen Knoten festziehen.

Der Zweck beider Maßnahmen ist es, Reibung zu verringern, das Gleiten zu verbessern und die Reibungserwärmung während des Zusammenziehens möglichst gering zu halten. Helfen hierbei eine Appretur oder der Fischerspeichel tatsächlich weiter?

Um Antwort auf diese Frage zu finden, dachte ich eine Reihe von Versuchen aus, für die ich erstklassiges Monofil von einundderselben Großspule und mit 10 lbs (4,536 kg) Tragkraft verwendete. Dieses spezielle Monofil ist dafür bekannt, in seinem Durchmesser und in seinen physikalischen Eigenschaften hohe Gleichmäßigkeit aufzuweisen.

Wiederum bildeten der einlagige Verbesserte Clinch-Knoten, der Palomar-Knoten und der Crawford-Achter-Knoten die Versuchsbasis. Ich führte fünf Versuche aus, bei denen ich jeweils 10 Knoten jeden Typs bis zum Bruch belastete.

Test 1: Trockenes Monofil, locker geknüpft und mit dem Instron-Zugprüfgerät langsam bis zum Knotenbruch festgezogen.

Test 2: Mit Speichel befeuchteter Knoten, locker gebunden und mit dem Instron-Gerät bis zum Bruch belastet.

Test 3: Lockerer Knoten, mit Silicon besprüht und bis zum Bruch zusammengezogen.

Test 4: Mit Bienenwachs beschichtetes Mono, locker geknotet

und bis zum Bruch festgezogen.

Test 5: Lockerer, mit einem Tropfen Eastman 910 (organischer Kontaktkleber) beschichteter Knoten; ebenfalls bis zum Reißen belastet.

Die Ergebnisse dieser fünf Versuchsreihen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Ausgehend von diesen wenigen Daten konnten verschiedene Hypothesen aufgestellt werden:

1. Der Verbesserte Clinch-Knoten schien am schwächsten und der Palomar-Knoten am stärksten zu sein.

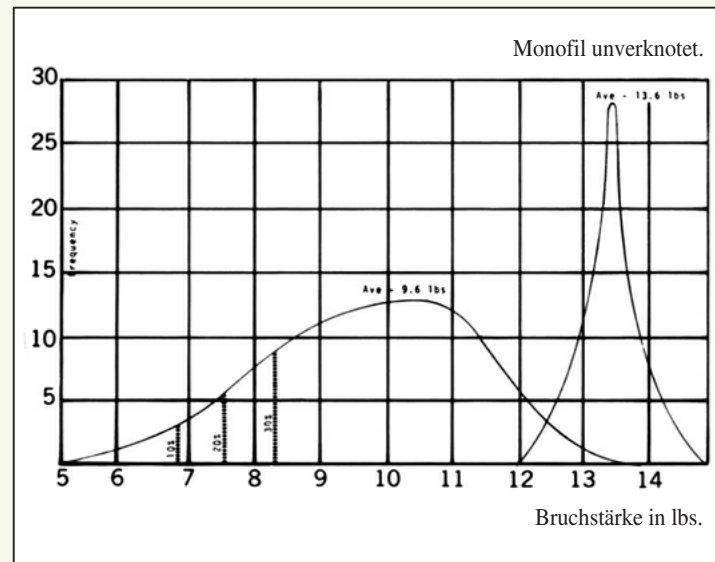
2. Ein Befeuchten der Knoten schien sowohl den Verbesserten Clinch-Knoten als auch den Palomar-Knoten zu schwächen, den Crawford-Achter-Knoten jedoch leicht zu verbessern.

3. Präparieren mit Silicon half beim Verbesserten Clinch- und beim Crawford-Achter-Knoten unwesentlich, schien jedoch den Palomar-Knoten zu schwächen.

4. Weder Bienenwachs noch der Eastman 910 Kontaktkleber verbesserten die Haltbarkeit der Knoten merklich.

Obwohl diese Versuche noch lange nicht beweiskräftig sind, legen sie nahe, daß jeder Versuch, die Gleitbewegungen innerhalb eines Knotens zu verstärken oder zu verringern, zu nichtssagenden Ergebnissen führt. Dieses Gebiet wird noch wesentlich intensivere Studien erfordern.

Inzwischen sollte man als Fischer gegenüber einer Verwendung von Chemikalien zur Verbesserung der Knotenfestigkeit skeptisch sein. Ein Befeuchten des Knotens mit Speichel ergab geheimnisvolle Resultate. Weitere Untersuchungen der Zuverlässigkeitskurven deuten nur an, daß mit Speichel befeuchtete Knoten dazu tendierten, ziemlich einheitlich zu brechen, d. h. gerade die schlechten Knoten waren folglich schlecht.



Zuverlässigkeitskurve des Verbesserten Clinch-Knotens (einlagig).

Knotenzuverlässigkeit.

Sobald Sie anfangen, die Festigkeit von Hunderten mit Monofil geknüpften Knoten zu vergleichen, werden Sie mit einer verwirrenden Menge von Daten konfrontiert. Eine Tatsache ist jedoch augenfällig: Knotenstärken sind weit davon entfernt, einheitlich oder sicher reproduzierbar zu sein.

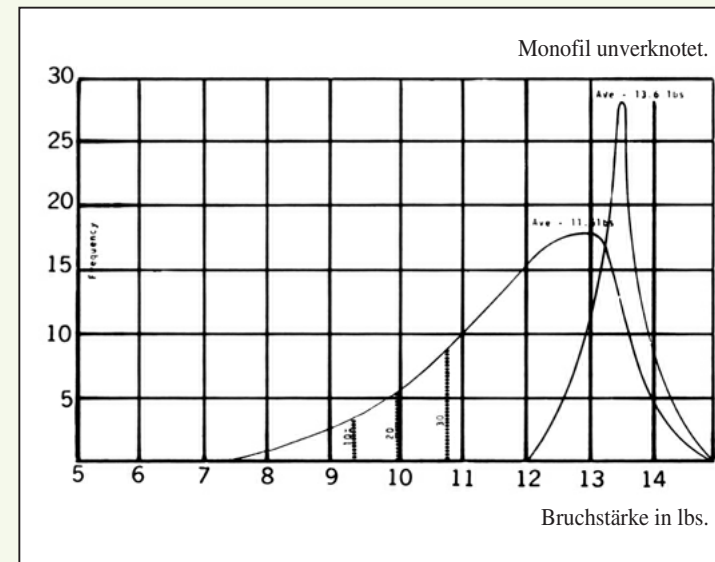
Der herkömmliche Weg war es, durchschnittliche Knotenfestigkeiten anzugeben. Aber diese besagen nichts über die Wiederholbarkeit oder die Zuverlässigkeit eines Knotens, und diese Eigenschaften sind es doch, über die ein Fischer wirklich Bescheid wissen muß.

Erinnern Sie sich an den alten Witz über Mittelwerte: Ein Bursche mit den Füßen im Ofen und dem Kopf im Gefrierschrank fühlt

sich im Durchschnitt wohl ... Gewiß, Mittelwerte der Knotenfestigkeit sind wichtig, aber deren Reproduzierbarkeit dürfte doch entscheidender sein.

Über die Zuverlässigkeit von Fischerknoten ist bislang keine Statistik aufgestellt worden. Im Grunde genommen ist tatsächlich überhaupt nichts bekannt, was dazu beitragen könnte, die inhärenten Unterschiede von Knotenart zu Knotenart zu erklären. Wenn einige Knoten weit komplizierter und schwieriger zu binden sind als andere, sind sie deswegen besser? Oder sollte der haltbarste Knoten tatsächlich derjenige sein, der am wenigsten kompliziert ist und am leichtesten zu knüpfen?

Um diese Frage zu beantworten, dachte ich eine Reihe von Versuchen aus, die später als das Große Knotenbinde-Experiment



Zuverlässigkeitskurve des Palomar-Knotens.

bekannt wurden. Statt den menschlichen Faktor auszuschließen, entschloß ich mich, ihm besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

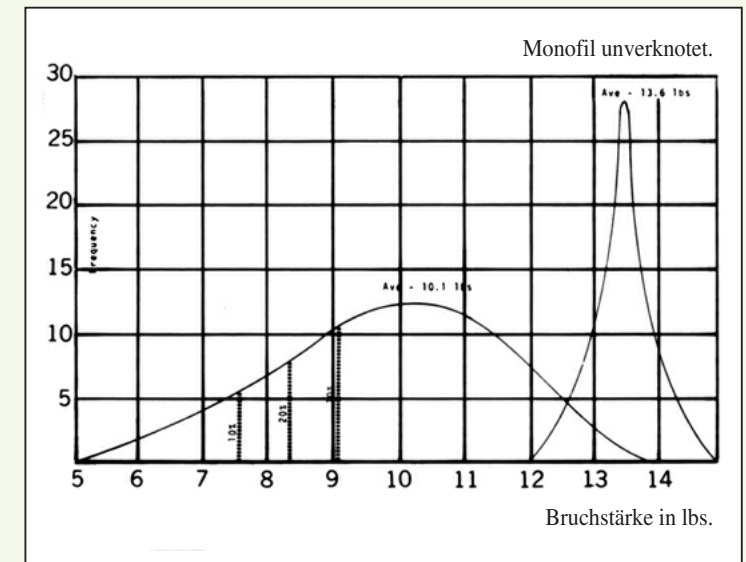
Mein Vorgehen bestand vor allem darin, zehn freiwillige Fischer zu finden und sie zu bitten, jeweils zehn Muster von jedem der drei hier bereits diskutierten Knoten zu binden. Alle Versuchspersonen sollten Monofil erster Qualität, von 10 lbs (4,536 kg) Tragkraft und von derselben Großspule verwenden. Alle sollten ihre Knoten an mittelgroße, verchromte Wirbel knüpfen. Somit würden 100 Beispiele jedes Knotens verfügbar sein, welche die gesamte Geschicklichkeit von zehn verschiedenen Fischern widerspiegeln.

Diese Freiwilligen zu finden, war kein Problem. Wie bei den Testpersonen zuvor waren Wett-

bewerbsdenken und gemeinsames Arbeiten kombiniert: Jeder Proband wollte die anderen ausstechen. Als Kontrollbasis wurden von der Spule jeder Testperson zehn Monofil-Segmente genommen und deren Reißfestigkeit im unverknoteten Zustand gemessen.

Die Ergebnisse des Großen Knotenbinde-Experiments sind in Tabelle 2 zusammengefaßt und in den grafischen Darstellungen 1, 2 und 3 bildlich dargestellt. Diese Grafiken illustrieren die Abweichungen der Knotenstärke am besten. Statistiker nennen sie „Verteilungskurven“, doch im Zusammenhang mit unseren Absichten, können wir sie als „Knotenzuverlässigkeitskurven“ ansehen.

Jede Grafik besteht aus zwei Kurven: aus einer Zuverlässigkeitskurve zur Kontrolle des ungeknoteten Materials und aus ei-



Zuverlässigkeitskurve des Crawford-Achter-Knotens.

ner Kurve für die geknoteten Testmuster.

Auf der linken Seite der Testkurve sind gepunktete Linien eingezeichnet, die 10, 20 und 30 Prozent angeben. Diese zeigen den Prozentsatz der Knotenbeispiele mit gleicher oder niedrigerer Reißfestigkeit als auf der horizontalen Grundlinie angegeben.

Vergleichen Sie einmal die Form der Zuverlässigkeitskurven für den einlagigen Verbesserten Clinch- und den Crawford-Achter-Knoten. Diese sind sich verblüffend ähnlich. Nur eine leichte Differenz ist in den durchschnittlichen Bruchstärken von 9,6 bzw. 10,1 lbs (4,4 bzw. 4,6 kg) feststellbar; im Vergleich der prozentualen Zuverlässigkeit hingegen erweist sich der Crawford-Achter-Knoten als deutlich besser.

Und weiter: Vergleichen Sie die Zuverlässigkeitskurve des einlagigen Verbesserten Clinch-Knotens mit jener des Palomar-Knotens. Nicht nur die Mittelwerte, sondern auch die Ausformungen der Kurven sind verschieden. Die Palomar-Kurve ist weit nach rechts verschoben – das ist gut! Sie ist schmaler und hat eine ausgeprägtere Spitze – das ist besser! Dazu ist dieser Knoten in viel höherem Maße wiederholbar – das ist fantastisch!

Deutlich waren in dieser Versuchsreihe mit jenem speziellen Monofil die Palomar-Knoten stärker, gleichmäßiger und zuverlässiger.

Dies mag daher kommen, weil dies ein völlig andersgearteter Knoten ist. Fischer, die ihn zum ersten Mal binden, sagen vielfach, dies sei ein simpler, leicht zu knüpfender Knoten. Wissenschaftler mögen nach und nach andere Gründe finden, ich jedoch neige gegenwärtig zu der Annahme, daß der menschliche Faktor sich als das wichtigste Element in der Wissenschaft der Fischerknoten herausstellen wird.

Zukünftige Knoten.

Die Anwendung wissenschaftlichen Geräts und wissenschaftlicher Logik auf Fischerknoten führt zu verwirrenden Ergebnissen. Aus jeder gefundenen Antwort ergeben sich hundert neue Fragen.

Meine Arbeit geht weiter. Jede Versuchsreihe vertieft das Verständnis. Bald werden wir in der Lage sein, die Knotenfestigkeit der bestehenden Muster zu analysieren und zu erklären. Von dort aus ist es dann nur ein kleiner Schritt zur Entwicklung neuer Knoten mit größerer Zuverlässigkeit, die die Schnur nicht schwächen und die von den Fischern leicht gebunden werden können.

Tabelle 1:
Durchschnittliche Bruchstärke in lbs / kg von 10 Testknoten.
Testmonofil ungeknotet: durchschnittlich 13 lbs / 5,9 kg Tragkraft.

Präparierung	keine	Wasser	Silikon	B.-Wachs	Kleber
Knotentyp	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Verbesserter Clinch-Knoten, einlagig	9,0 / 4,1	6,2 / 2,8	10,6 / 4,9	9,2 / 4,2	9,0 / 4,1
Palomar-Knoten	11,6 / 5,3	9,0 / 4,1	10,0 / 4,5	10,4 / 4,7	11,4 / 5,2
Crawford-Achter-Knoten	9,2 / 4,2	10,5 / 4,8	11,1 / 5,0	9,8 / 4,4	9,5 / 4,3

Tabelle 2:
Das Große Knotenbinde-Experiment für 3 x 100 Knoten.
Testmonofil ungeknotet: durchschnittlich 13,6 lbs / 6,2 kg Tragkraft.

Knotentyp	Mittlere Bruchstärke in lbs / kg	Relation zum ungeknoteten Material mit 100 %	
		min. lbs	max. lbs
Verbesserter Clinch-Knoten, einlagig	9,6 / 4,4	5,8 bis 13,5	71,6 %
Palomar-Knoten	11,5 / 5,2	7,9 bis 13,8	86,4 %
Crawford-Achter-Knoten	10,1 / 4,6	5,3 bis 13,6	75,4 %