

Einfluss des Drehimpulses auf den Fliegenwurf

Wie der Drehimpuls den Fliegenwurf beeinflussen kann. Oder die vierte Eigenschaft der Energieübertragung von Fliegenruten. Was bedeutet das ?

Vorgeschichte

Als ich im Mai 2014 erstmals die Revision 1.1 meiner Arbeit [„Experimentelle Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“](#) in dem englischsprachigen Forum [„flyfishing.co.uk“](#) vorstellte, war ich von den Reaktionen sehr überrascht. Erwartet hatte ich eine offene Diskussion über meine Arbeit und insbesondere über das Ergebnis, dass die flexible Fliegenrute eine Energieübertragung ermöglicht, die im Vergleich zu einer unbiegsamen, absolut steifen Fliegenrute rund doppelt so hoch ist (Verhältnis aus genutzter und aufgewendeter Energie = Effizienz). Doch stattdessen entfachte sich eine grundsätzlich Diskussion, in deren Verlauf die Ergebnisse meiner Arbeit immer mehr in den Hintergrund rückten. Insbesondere der in dieser Revision 1.1 aufgezeigte Einfluss des Drehimpulses fand kaum Beachtung.

Anfang Juli 2014 erreichte die Diskussion das Forum von „sexyloops.com“. Unter dem Thread [„non flexible vs flexible fly rod“](#) wurde zunächst in Anspielung auf meine Arbeit die von mir festgestellten Vorzüge grundsätzlich in Frage gestellt. Insbesondere der 15. Feststellung wurde nicht gefolgt, wonach der Drehimpuls eine ganz entscheidende Rolle bei der Energieübertragung zwischen Griff und Spitze unserer Fliegenrute spielen kann.

Aufgrund der immer noch bestehenden Kritik an meiner Arbeit habe ich meine Untersuchungen erweitert und im November 2014 eine Revision 2.0 herausgebracht, welche im Wesentlichen den Einfluss der Masse der Fliegenrute (Anhang 2) berücksichtigt und darüber hinaus weiterführende Erläuterungen zur Wirkung des Drehimpulses (Anhang 3) enthält. Die Revision 2.0 hat die Ergebnisse der vorangegangenen Revision 1.1 sogar noch bekräftigt.

Eigenschaften der Fliegenrute bei der Energieübertragung

Aus dem Verlauf der Diskussionen des Jahres 2014 und auch noch Anfang 2015 geht hervor, dass der Fliegenrute bis dahin im Wesentlichen die folgenden drei Eigenschaften bei der Energieübertragung zugesprochen wurden: a) Translation b) Rotation c) Feder.

Die Translation wird auch als Parallelbewegung bezeichnet. Wird die Fliegenschnur ausschließlich „aus der Hand“ geworfen - wie es bei Wurfdemonstrationen immer mal wieder gerne gezeigt wird - dann wirkt im Wesentlichen die Translationsbewegung auf die Fliegenschnur. Sobald eine Fliegenrute benutzt wird, kommt die Rotation hinzu, weil die Rotation einen Hebel benötigt. Bei einer flexiblen Fliegenrute kommt schließlich noch die Feder hinzu, weil die Biegung Energie zwischenspeichert (mit zunehmender Biegung wird in der Fliegenrute potentielle Energie gespeichert, die bei

abnehmender Biegung wieder in kinetische Energie umgewandelt und abgegeben wird).

Bis Anfang 2016 wurde der Fliegenwurf im Wesentlichen mit eindimensionalen Modellen beschrieben, bei denen – einfach gesprochen – die Massen der Fliegenrute und der Schnur in eine Kugel zusammengefasst wurden, die von einer Feder beschleunigt wird. Interessanterweise ergaben schon Berechnungen dieser eindimensionalen Modelle, dass die flexible Fliegenrute eine deutlich bessere Energieübertragung als die starre, unbiegsame Fliegenrute besitzt.

Der Drehimpuls als weitere Eigenschaft der Fliegenrute bei der Energieübertragung

Der Drehimpuls ist eine Energieerhaltungsgröße, der durch die Biegung der Fliegenrute umverteilt wird. Diese Umverteilung des Drehimpulses ermöglicht es, dass zusätzlich eine kinetische Energie zur Spitze der Fliegenrute gelangen kann. Einfach gesprochen: entlang der gebogenen Fliegenrute („Feder“) steigt eine kinetische Energie zur Spitze empor.

Über diesen Einfluss des Drehimpulses habe ich oft mit dem [Physiker Dr. Franz-Josef Schmitt](#) gesprochen, der mir sehr dabei geholfen hat, diese Wirkungsweise besser zu verstehen. Aus Gesprächen mit anderen Fliegenfischern habe ich mittlerweile gelernt, dass dieser Effekt des Drehimpulses am besten vermittelt werden kann, wenn dieser in seine zwei Phasen unterteilt dargestellt wird:

1.) „Einfache“ Umverteilung des Drehimpulses („Pirouetteneffekt“)

Aufgrund ihrer Biegung verkürzt sich die Projektion der Fliegenrute, ihr Masseschwerpunkt kommt näher an den Rutengriff, in dessen Nähe sich das Rotationszentrum befindet. Ähnlich wie bei einer Pirouette, bei welcher der Eiskunstläufer die Arme an den Körper heranzieht, erhält die Spitze der Fliegenrute schon alleine durch diese Verkürzung eine zusätzliche Geschwindigkeit. Für diesen Effekt ist eine Biegung nicht unbedingt erforderlich. Eine unbiegsame Fliegenrute, die sich gleich einem Teleskopstab während der Rotation zusammenschiebt, würde den gleichen Effekt hervorrufen (der Eiskunstläufer „biegt“ sich ja auch nicht durch, sondern verteilt die Masse seines rotierenden Körpers um).

2.) „Komplexe“ Umverteilung des Drehimpulses („Peitscheneffekt“)

Da sich die Fliegenrute aber nicht wie unter a) geschrieben zusammenschiebt sondern biegt, findet noch eine weitere Umverteilung statt. Diese wird von einer „Biegewelle“ angezeigt, die sich in Richtung der Rutenspitze bewegt. Diese „Biegewelle“ kann beispielweise mit einem Kreis sichtbar gemacht werden, der in die maximale Krümmung der Fliegenrute eingepasst wird. Oder mit einem Punkt, der in die maximale Biegung der Fliegenrute gelegt wird. Auch der Vergleich zur Pirouette unter a) kann benutzt werden mit dem Unterschied, dass der Eiskunstläufer nicht auf der Stelle dreht, sondern währenddessen einen Weg zurücklegt. Diese Umverteilung des Drehimpulses findet ganz ähnlich die bei einer Peitsche statt und die gebogene Fliegenrute kann diesen Effekt anteilig nutzen.

Das Video "[Zentrum der rotierenden Masse beim Fliegenwurf](#)" versucht beide vorgenannten Umverteilungsprozesse darzustellen - also sowohl den „einfachen“ als auch den „komplexen“.

Beide zuvor geschilderten Umverteilungsprozesse des Drehimpulses wirken zusammen bzw. gehen ineinander über und stehen im unmittelbaren Zusammenhang mit der Änderung der Massenträgheit, welche durch die Biegung der Fliegenrute einsetzt (siehe Anhang 2 meiner Arbeit). Die Änderung der Massenträgheit und die Umverteilung des Drehimpulses bedingen einander. Genauer gesagt bewirkt die Biegung nicht nur eine Änderung der Massenträgheit, sondern gibt den Massenelementen der Fliegenrute auch eine unterschiedliche Winkelgeschwindigkeit vor. Im engeren physikalischen Sinne ist es diese variierende Winkelgeschwindigkeit, welche den Drehimpuls umverteilt, so dass seine Wirkung zur Spitze hin ansteigt. Dadurch kann eine kinetische Energie entlang der Fliegenrute zur Spitze hin emporsteigen. Diesen variierenden Beitrag des Drehimpulses habe ich versucht im Video "[Contribution of angular momentum in fly casting](#)" darzustellen.

Die Fliegenrute besitzt also noch diese vierte Eigenschaft d) für die Energieübertragung, so dass nun formuliert werden kann:

Energieübertragung vom Griff zur Spitze = a) Translation („Parallele“) + b) Rotation („Hebel“) + c) Zwischenspeicherung („Feder“) + d) Umverteilung („Drehimpuls/Massenträgheit“ [=> Pirouetten und Peitscheneffekt])

Praktischer Nutzen für den Fliegenwurf

Es zeigt sich, dass der Werfer einen erheblichen Einfluss auf die Energieübertragung der Fliegenrute nehmen kann. Je besser er die Eigenschaften für eine gute Energieübertragung hervorruft, desto mehr kann er den Aufwand bei hoher Schnurgeschwindigkeit reduzieren, was gleichzeitig die Effizienz steigert. Für den Nahbereich und für den turniermäßigen Distanzbereich wird die Effizienz nicht immer im Vordergrund stehen, aber für die bei der praktischen Fischerei erforderlichen Weiten kann der Fliegenfischer von einem effizienten Wurf sehr profitieren. Ich persönlich schätze es über einen ganzen Tag ermüdungsfrei zu werfen – insbesondere an der Küste und am See.

Das Biegeverhalten, welches auf eine optimale Energieübertragung und damit auf eine hohe Effizienz deutet, habe ich zuvor beschrieben. Die Bewegungen des Fliegenwurfs müssen nun so abgestimmt werden, dass dieses Biegeverhalten entsteht. Da diese Betrachtungen noch ziemlich am Anfang stehen, kann ich nur die aus meiner Sicht wichtigen Elemente der Bewegung beschreiben, die ich für erforderlich halte:

a) Ausgeprägte Translationsbewegung zu Beginn des Wurfes

Der Ellenbogen wird aus der Schulterbewegung heraus so weit wie möglich der einleitenden Translationsbewegung vorangeführt, wodurch an der Fliegenrute „gezogen“ wird. Erst wenn der Ellenbogen diese vorausgehende Bewegung nicht mehr mitmachen kann, wird die Rotationsbewegung eingeleitet. Das Handgelenk bleibt inaktiv.

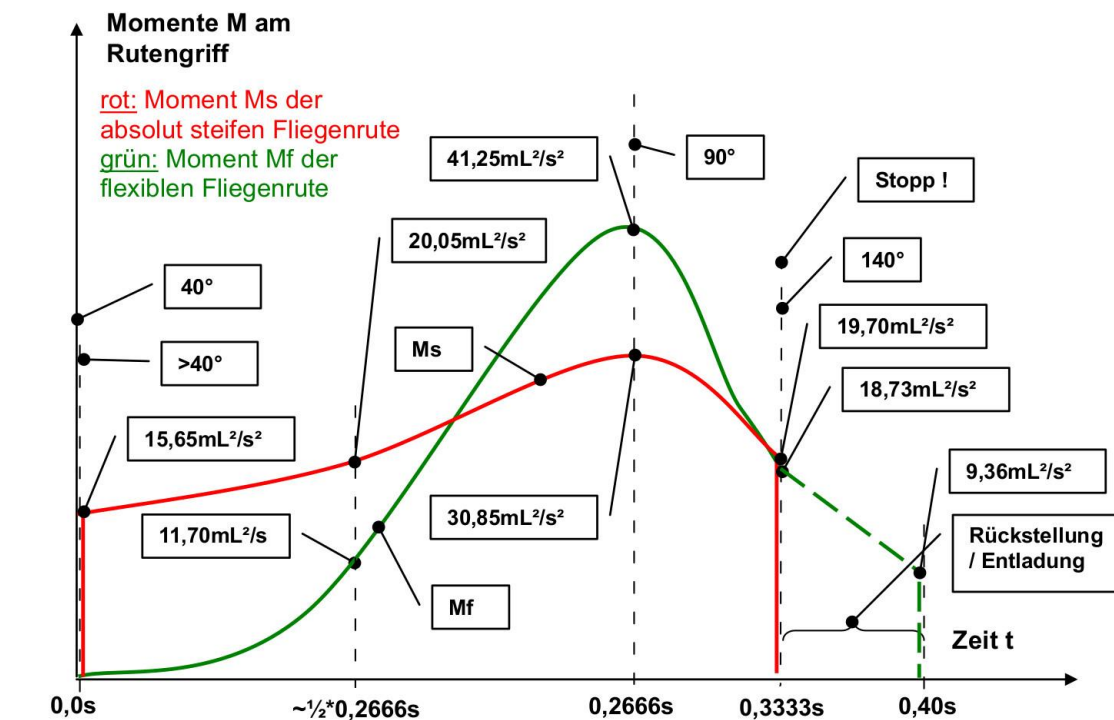
b) Spät einsetzender Beginn der Rotationsbewegung

Die Rotation wird so spät wie möglich eingeleitet, dann aber sehr bestimmend. Der größte Druck auf den Griff erfolgt für einen kurzen Moment um die vertikale Position des Griffs herum. Dadurch erfährt die Fliegenrute eine tiefe Biegung, die für eine gute Ausnutzung der Umverteilungsprozesse erforderlich ist.

c) Gegen Ende der Rotation nachführen

Nachdem der größte Druck auf den Griff um die vertikale Position herum ausgeführt wurde, besitzt die Fliegenrute genügend Eigendynamik, so dass der Fliegenwerfer im Laufe der weiteren Rotationsbewegung den Druck der Rutenhand auf den Griff erheblich reduzieren und entspannen kann. Dieses Entspannen der Rutenhand in der zweiten Hälfte der Rotation erscheint mir nicht nur für die Kraftminimierung wichtig zu sein, sondern auch für die Reduzierung der Gegenbiegung. Durch die zur Spitze hin wandernde „Biegewelle“ (siehe „komplexe“ Umverteilung des Drehimpulses) rollt der Wurf quasi aus, was eine große Gegenbiegung unterbindet.

Der zuvor beschriebene Verlauf des Aufwands, den der Werfer in den Griff eingeben sollte, kann der Skizze XI meiner Arbeit [„Experimentelle Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“](#) entnommen werden (für die flexible Fliegenrute beschreibt der grüne Graph den Verlauf des Drehmomentes M im Griff).



Skizze XI

Die Elemente, die einen effizienten Fliegenwurf begünstigen, werden auch mit der „Technik des vorangehenden Ellenbogens“ ([„Preceding elbow technique in fly casting“](#)) beschrieben. Diese Technik ruft genau die Eigenschaften hervor, die für eine gute Energieübertragung zwischen Griff und Spitze der Fliegenrute wichtig sind.

Meiner Ansicht nach verdeutlicht auch der [„Wiesenwurf“ von H.R. Hebeisen](#) sehr schön den Bewegungsablauf, der einen effizienten Fliegenwurf hervorbringt.

Ausblick

Der Effekt der Umverteilung ist mittlerweile anerkannt und die zuvor beschriebene Energieübertragung zur Spitze hin mit einem neuen 2D Modell Anfang 2016 (für die „einfache“ Umverteilung) nachgewiesen worden. Die Ablehnung, mit der dieser Effekt anfangs betrachtet wurde, ist einer offenen Diskussion gewichen.

Der Umverteilungsprozess wird die Eigenschaften unsere Fliegenruten ein Stück weit in ein neues Licht rücken. Bisher wurde eher unterschätzt, zu welchen enormen Leistungen unsere Fliegenruten in der Lage sind. Es bleibt spannend.

Potsdam Rehbrücke im Oktober 2016

Tobias Hinzmann