

Zusammenfassung der wichtigsten Kritiken an meinen „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“

von Tobias Hinzmann

<http://www.passion-fliegenfischen.de>

Im Folgenden gehe ich auf die kritischen Anmerkungen ein, wie sie seit der Erstveröffentlichung meiner „[Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute](#)“ (in welchen ich eine flexible Fliegenrute mit einer absolut steifen vergleiche) im Februar 2014 geäußert wurden. In der Revision 2.0 meiner Untersuchungen, die ich im November 2014 veröffentlicht habe, sind die kritischen Anmerkungen mit eingeflossen. Meine Verweise beziehen sich auf die Revision 2.0. Ich nehme gerne vorweg, dass die kritischen Anmerkungen die Feststellungen meiner Untersuchungen nicht in Frage stellen können. Die einzelnen kritischen Anmerkungen waren:

Kritik: „Die Masse der Fliegenruten wurde nicht mit berücksichtigt. Bei Berücksichtigung der Masse würde sich der Effizienzunterschied beider Ruten deutlich zu Ungunsten der flexiblen Fliegenrute ändern.“

Die Annahme masseloser Fliegenruten ist unstrittig die Randbedingung gewesen, welche den größten Einfluss auf die Ergebnisse meiner Untersuchungen haben konnte (**siehe Abschnitt A**). Sie ist dem Anspruch geschuldet, die Berechnungen möglichst einfach zu halten, um einen größeren Leserkreis zu erreichen.

Da die Masse der Fliegenrute deutlich höher als die Masse der Schnur ist, muss der Werfer auch die meiste Energie in die Beschleunigung und das Abbremsen der Masse der Fliegenrute investieren. Allerdings zeigt meine Berechnung im **Anhang 2** auch ganz klar, dass dieser Einfluss den Effizienzunterschied nur geringfügig beeinflusst. Auch braucht die starre Fliegenrute zur Herstellung der Steifigkeit in der Praxis erheblich mehr Masse im oberen Teil (zur Spitze hin), was sich nochmals deutlich negativ auf den Aufwand des Werfers auswirkt. Der von mir berechnete Effizienzunterschied (**siehe Abschnitt E**) von ~ 2 liegt tatsächlich im Bereich des Möglichen.

Kritik: „Die Fliegenrute braucht nicht auf die Schnurklasse abgestimmt zu sein. Eine 5er Schnur kann mit einer steifen Tarpon- Fliegenrute weiter als mit einer auf die Schnurklasse abgestimmten Fliegenrute geworfen werden“

Ich bezweifle gar nicht, dass die Tarpon- Fliegenrute die Schnur weiter als eine auf die Schnur abgestimmte Fliegenrute werfen kann. Allerdings hat dies allein noch nichts mit Effizienz zu tun, weil dafür auch auf den Aufwand des Werfers geschaut werden muss („Input“). Genau das ist die Schwachstelle dieser Argumentation, denn es wird nur auf das Ergebnis geschaut und nicht auf den Aufwand, der für das Erreichen des Ergebnisses erforderlich ist. Dass der Aufwand bei der Tarpon- Fliegenrute grundsätzlich höher als bei der abgestimmten Fliegenrute sein muss, geht aus meinen weiteren Antworten hervor.

Kritik: „Die Drehimpulserhaltung wirkt nur im geschlossenen Energiesystem. Da die Fliegenrute ein offenes Energiesystem darstellt, kann der Drehimpuls keinen großen Effekt besitzen“

Das ist so nicht richtig. Richtig daran ist nur, dass die Wirkung des Drehimpulses gerne am geschlossenen Energiesystem gezeigt wird, weil er hier am deutlichsten erkennbar ist. Diese Kritik hat Dr. Schmitt im **Anhang 3** klar widerlegt (vgl. auch „Pirouette“ und „Talerschwingen“) ! Entscheidend ist, dass durch die Verschiebung

Zusammenfassung der wichtigsten Kritiken an meinen „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“

von Tobias Hinzmann

<http://www.passion-fliegenfischen.de>

des Drehpunktes in Richtung der Spitze der momentane Drehimpuls nicht abnehmen kann und dem System erhalten bleiben muss – auch wenn während dessen Energie zugeführt wird. Es kann auch von einer Umverteilung des Drehimpulses gesprochen werden. Wie auch immer, der Drehimpuls kann ebenso in einem offenen Energiesystem, wie es die Fliegenrute darstellt, seine positiven Effekte einbringen.

Kritik: „Über den Weg der Rückstellung / Entladung der Fliegenrute bremst der Drehimpuls die Geschwindigkeit der Spitze ab, so dass über den gesamten Wurf betrachtet kein positiver Effekt aus der Drehimpulserhaltung bestehen bleibt.“

Die Wirkung der Drehimpulserhaltung kann z.B. beim Eiskunstläufer beobachtet werden, der eine Pirouette dreht. Indem er seine Arme heranzieht, verkürzt er den Radius seiner rotierenden Körpermasse zur Rotationsachse und seine Rotationsgeschwindigkeit nimmt deutlich zu. Streckt er seine Arme wieder aus, bremst er die Rotationsgeschwindigkeit seiner Pirouette wieder ab.

Auf den Fliegenwurf übertragen bedeutet dies, dass durch die Erhaltung des Drehimpulses die Spitze der Fliegenrute solange eine zusätzliche Rotationsgeschwindigkeit erfährt, wie ihre Biegung gesteigert wird. Nimmt ihre Biegung wieder ab, dann erfährt die Spitze der Fliegenrute durch den Drehimpuls ein Abbremsen. Dieser Zusammenhang wird in der Skizze XIII anhand der Verschiebung des Drehpunktes der rotierenden Masse dargestellt.

Allerdings kann dieses über den Weg der Rückstellung einsetzende Abbremsen der Rutenspitze die positive Wirkung aus der Erhaltung des Drehimpulses, der für eine deutlich bessere Energieübertragung sorgt, insgesamt nicht aufheben. Zum einen besitzt die Rutenspitze samt der Fliegenschnur zum Zeitpunkt, wenn der Drehimpuls die Spitze der Fliegenrute abzubremsen beginnt, bereits um die 80 % ihrer Endgeschwindigkeit, d.h. die positiven Effekte der Drehimpulserhaltung sind für den Aufbau der Geschwindigkeit größtenteils genutzt worden. Zum anderen verhindert die einsetzende Umwandlung der in der Fliegenrute gespeicherten potentiellen Energie in kinetische, dass die Geschwindigkeit der Spitze sofort abnimmt. Beides zusammen bewirkt, dass über den gesamten Wurf die deutlichen Vorteile aus der Drehimpulserhaltung bestehen bleiben. Dies spiegelt sich in der deutlich besseren Effizienz der flexiblen Fliegenrute nieder.

Kritik: „Der Fliegenwurf und der Peitscheneffekt haben keine Gemeinsamkeiten.“

Im Anhang 3 erläutert Dr. Schmitt die Wirkung der Drehimpulserhaltung, indem er auf Gemeinsamkeiten zwischen der gebogenen Fliegenrute und einer Peitsche hinweist, wie sie für meinen untersuchten Wurf bestehen.

Bei der Peitsche verlagert sich der Drehpunkt der rotierenden Masse in die Schlaufe, welche sich kurz nach dem Schlag ausbildet und bis zum hörbaren Knall immer schneller wird. Ähnlich wie bei der Peitsche verlagert bzw. verschiebt sich auch bei der Fliegenrute der Drehpunkt der rotierenden Masse zunächst in die „Schlaufe“, welche im Bereich ihrer größten Biegung zu finden ist. Im Unterschied zur Peitsche kann sich aber der Drehpunkt der rotierenden Masse nicht vollständig in die Spitze

Zusammenfassung der wichtigsten Kritiken an meinen „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“

von Tobias Hinzmann

<http://www.passion-fliegenfischen.de>

der Fliegenrute verlagern (weil sich das Spitzensegment nicht so stark durchbiegen kann, wie es dafür erforderlich wäre), sondern bewegt sich über den Weg der Rückstellung / Entladung zurück in den Griff. Deshalb strebt die Geschwindigkeit ihrer Spitze, anders als das Seilende der Peitsche nicht „gegen unendlich“, sondern nimmt um einen endlichen Wert zu. Allerdings kann die flexible Fliegenrute die für die Energieübertragung bestehenden positiven Eigenschaften der Peitsche **antellig** nutzen. Aufgrund der fehlenden Biegung kann die absolut steife Fliegenrute diese positiven Effekte bei der Energieübertragung überhaupt nicht nutzen.

Es gibt es also ganz offensichtlich Gemeinsamkeiten zwischen der Wirkungsweise einer Peitsche und meinem untersuchten Wurf. Dieser Vergleich erklärt auch, warum der Drehpunkt der rotierenden Masse den Griff der flexiblen Fliegenrute verlassen kann (siehe Abschnitt F1 und Skizze XIII) und warum die Effizienz auch von der Form der sich ausbildenden Biegung abhängt (siehe Abschnitt E4).

Kritik: „Wird die Spitze der starren Fliegenrute auf einer Geraden geführt, wird sie viel effizienter.“

Das ist so nicht richtig. Richtig daran ist, dass die horizontale Geschwindigkeit ihrer Spitze zunimmt. Allerdings entsteht gleichzeitig ein deutlich höherer Aufwand. Im **Anhang 1** habe ich eine Vergleichsrechnung für diesen Fall angestellt, die diese Kritik klar widerlegt.

Die starre Fliegenrute funktioniert ähnlich einer Pleuelstange. Die Pleuelstange kann die im einen Ende (z.B. Griff) eingegebene Energie in das andere Ende (z.B. Spitze) nur „eins zu eins“ übertragen. Daher ist es völlig unerheblich, auf welchen Weg / Winkel / Länge / Geschwindigkeit usw. sie bewegt wird. Im Fall der Masselosigkeit erreicht sie keine signifikante Effizienz über 1,0 hinaus (siehe Abschnitt F3). Hingegen kann die flexible Fliegenrute die Energie deutlich besser übertragen, weil sie mit Hilfe des Drehimpulses kinetische Energie in die Spitze konzentrieren / bündeln / „pumpen“ kann. Im Falle der Masselosigkeit kann die flexible Fliegenrute die Effizienz sehr deutlich über 1,0 heben ! Der Effizienzunterschied lässt sich auch physikalisch beweisen. Hingegen sind mir bis heute keine physikalischen Effekte benannt worden, welche der starren Fliegenrute bei der Energieübertragung helfen könnten.

Auch muss der Werfer der starren Fliegenrute eine vertikale Ausgleichsbewegung (Hub) im Griff ausführen, wenn er die Spitze auf einer Geraden führen will (**vgl. Skizze XVI**). Je länger die starre Fliegenrute und desto größer der Rotationswinkel wird, desto mehr schränkt ihn diese vertikale Ausgleichsbewegung ein. Insbesondere muss er auf die Vorteile der Rotation zunehmend verzichten, je länger die starre Fliegenrute wird. Eine starre Zweihandrute gewöhnlicher Länge wird in der Praxis nicht mehr effektiv geworfen werden können.

Sobald die starre Fliegenrute rotiert wird, kann sie einen ganz entscheidenden Nachteil nicht überwinden: den vertikalen Bewegungsanteil ! Erfolgt im Rutengriff eine reine Rotationsbewegung (wie meinen Untersuchungen zugrunde gelegt), so muss die Rutenspitze mit einer konvexen Bewegung vom geraden Weg abweichen („Scheibenwischer“ – vertikaler Bewegungsanteil liegt in der Spitze). Wird hingegen ihre Rutenspitze auf einem geraden Weg geführt, so muss eine vertikale

Zusammenfassung der wichtigsten Kritiken an meinen „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“

von Tobias Hinzmann

<http://www.passion-fliegenfischen.de>

Ausgleichsbewegung (Hubbewegung) im Griff erfolgen (**vgl. Skizze XVI**). Beide vertikale Bewegungsanteile verringern die Effizienz der absolut steifen Fliegenrute ! Mit der flexiblen Fliegenrute kann hingegen die nachteilige vertikale Bewegung nahezu gänzlich vermieden werden, wodurch sich der Aufwand des Werfers deutlich reduzieren lässt.

Kritik: „Die starre Fliegenrute wird intuitiv mit einem Bewegungsablauf geworfen, der für sie das beste Wurfresultat erzielt. Der Bewegungsablauf, den ich der starren Fliegenrute in meinen Untersuchungen vorgebe, ist für sie nicht optimal.“

Das ist richtig. Mit der starren Fliegenruten können grundsätzlich sehr enge Schlaufen geworfen werden und der Werfer wird sich automatisch auf einen Bewegungsablauf einstellen, der für die starre Fliegenrute der beste ist. Hingegen wird auch dieser für die starre Fliegenrute „optimierte“ Bewegungsablauf die Energieübertragung nicht steigern können ! Die starre Fliegenrute besitzt keinen Bewegungsablauf, mit welchem sie die Energie besser als die flexible Fliegenrute vom Griff zur Spitze hin übertragen könnte (siehe meinen Vergleich mit der Pleuelstange im **Abschnitt F3**). Wird also jede Fliegenrute mit einem für sie optimalen Bewegungsablauf geworfen, wird die starre Fliegenrute nie eine bessere Energieübertragung (Effizienz) als die flexiblen Fliegenrute erreichen können.

Ich will nicht in Abrede stellen, dass die Form der Schlaufe sehr wohl von einem „optimierten“ Bewegungsablauf profitieren kann – nur müssen dafür im Vergleich zur flexiblen Fliegenrute ein höherer Aufwand und weitere, gravierende Nachteile in Kauf genommen werden (z.B. sehr hohe Bremskraft, disharmonischer Kraftaufwand, vertikale Ausgleichsbewegung, begrenzter Rotationsanteil usw.) Im Sinne einer "Kosten / Nutzen Analyse" wird die starre Fliegenrute nie die Werte einer flexiblen Fliegenrute erreichen können !

Wichtig ist auch hervorzuheben, dass die Effizienz der flexiblen Fliegenrute stark mit ihrer Biegung variiert. Bei kurzen Distanzen wird sich zwischen beiden Fliegenruten kein großer Effizienzunterschied ergeben können.

Kritik: „Durch das flexible Verhalten kann die Fliegenrute die potentielle Energie nicht vollständig auf die Schnur übertragen und die Schlaufe öffnet sich.“

Das ist erstmal richtig. Hier gehen Experten davon aus, dass die flexible Fliegenrute bis zu 1/3 ihrer potentiellen Energie nicht auf die Fliegenschnur übertragen kann. Allerdings wird dabei gerne übersehen, dass der viel größere Anteil der kinetischen Energie vollständig übertragen wird ! Da der Anteil der Potentiellen Energie an der gesamten Energie in etwa 1/4 ausmacht, ist der Verlust gering. Er beträgt in etwa $1/3 * 1/4 = 0,083 \sim 8\%$ und liegt auch bei kleineren Biegungen deutlich unter 10%. Angesichts der vielen Vorteile der flexiblen Fliegenrute eine vernachlässigbare Größe.

Durch das Überschwingeren der Rutenspitze öffnet sich die Schlaufe zum Beginn des Ausrollens zwangsläufig etwas. Allerdings wird der positive Effekt des Überschwingers gerne übersehen: denn dieser dämpft die flexible Fliegenrute

Zusammenfassung der wichtigsten Kritiken an meinen „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“

von Tobias Hinzmann

<http://www.passion-fliegenfischen.de>

deutlich, so dass der Werfer weniger Kraft für das Abbremsen aufwenden muss. Dieser Punkt wird von mir noch genauer untersucht werden, weil hier vermutlich ein weiterer, deutlicher Vorteil der flexiblen Fliegenrute zu finden ist. Unstrittig ist aber, dass der starren Fliegenrute das Dämpfungsverhalten völlig fehlt. Deshalb muss der Werfer der starren Fliegenrute für das Anfahren und Abbremsen ihrer Masse einen hohen Kraftimpuls aufbringen (**disharmonisches Verhalten**). Aus dem umgestellten Arbeitssatz „Kraft = Arbeit (Energie) / Weg (Winkel)“ geht insbesondere für die Bremskraft klar hervor, dass der Kraftimpuls umso größer wird, desto kleiner der Bremsweg / -winkel ist. Dieser Kraftimpuls strebt sogar „gegen unendlich“, wenn der Bremsweg zu Null wird (also abruptes Stoppen). Aus diesem Grunde berichten Werfer von starren Fliegenrute vom „schmerzenden Unterarm“ (**siehe Abschnitt F4**). Sie gehen also auch noch gesundheitliche Risiken ein, wie ich auch in **Anhang 2** darlege.

Der Werfer der flexiblen Fliegenrute muss keine abrupten Kraftimpulse aufbringen. Die potentiellen Spannkkräfte ermöglichen ihm ein kontinuierliches auf- und abbauen seines Kraftaufwands (**harmonisches Verhalten**). Im Übrigen kenne ich einige Spitzenwerfer, die mit der flexiblen Fliegenrute trotz hoher Biegung sehr enge Schlaufen werfen können. Sie haben gelernt die flexible Fliegenrute optimal zu dämpfen. Die enge Schlaufe ist also kein Vorrecht der starren Fliegenrute. Und diese enge Schlaufe ist mit deutlich weniger Aufwand und keinem „schmerzenden Unterarm“ (sowie weiterer Nachteile) verbunden !

Kritik: „Die Biegung der Fliegenrute wird nicht bis zum Beginn der Rückstellung / Entladung gesteigert.“

Diese Auffassung mag für andere Würfe stimmen, jedoch trifft sie für meinen untersuchten Wurf nicht zu. Diesen Einwand habe ich mal auf Vimeo.com gesehen, wurde aber unmittelbar nach der Veröffentlichung der Erstversion meiner Untersuchungen gelöscht. Es war zu offensichtlich, dass diese Auffassung im Allgemeinen nicht stimmte.

Kritik: „Den Zeitpunkt des ‚Stopps‘ gibt es nicht, eine klare Trennung zwischen Ladung und Entladung der Fliegenrute kann nicht getroffen werden. Es sollte von einem ‚Prozess des Stoppens‘ gesprochen werden.“

Dies will ich grundsätzlich nicht in Abrede stellen. Allerdings ist diese Trennung bei meinem untersuchten Wurf gut möglich, weil die Biegung der Fliegenrute eindeutig bis zum Beginn der Rückstellung / Entladung gesteigert wird. Genau diese Steigerung bis kurz vor Beginn der Rückstellung / Entladung bringt den „Kick“ für die Rutenspitze, der die Effizienz nochmals deutlich erhöhen kann (**siehe Abschnitte D1 und F1**).

Kritik: „Meine Berechnungen und Annahmen sind viel zu einfach, weshalb sie den wirklichen Ablauf des komplexen Fliegenwurfes nicht wiedergeben können.“

Auch komplexere Untersuchungen müssen Randbedingungen und Annahmen treffen, um den Fliegenwurf physikalisch beschreiben zu können. Eine komplexere Untersuchung ist beispielsweise die Modellierung des Fliegenwurfes mit einem

Zusammenfassung der wichtigsten Kritiken an meinen „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“

von Tobias Hinzmann

<http://www.passion-fliegenfischen.de>

eindimensionalen (!), getriebenen harmonischen Oszillator. Allerdings kommt dieses Modell nicht ohne Differentialgleichungen aus und es gibt nur einen kleinen Kreis von Leuten mit vertieften wissenschaftlichen Kenntnissen, die diese Berechnungen anstellen und nachvollziehen könnten. Weil ich mit meinen Untersuchungen einen möglichst großen Leserkreis erreichen möchte und deshalb gut nachvollziehbare Berechnungsschritte brauchte, war dieses Modell keine Option für mich - ganz abgesehen davon, dass ich mich auch zuerst mit Differenzialgleichungen hätte vertieft beschäftigen müssen. Dass auch Dr. Schmitt als Physiker meinen Ansatz teilt, gibt sein **Vorwort** zu meiner Revision 2.0 sehr schön wieder.

Die Lösungen von Differenzialgleichungen hängen sehr von den getroffenen Randbedingungen ab, so dass eine Berechnung mit einem solchen Modell nicht zwangsläufig zu genaueren Ergebnissen führt. Mir ist aber bekannt, dass ein solches Modell - selbst unter Annahme geringerer Biegungen als in meiner Wurfsequenz und eindimensionaler Gleichungen - für die flexible Fliegenrute eine deutlich höhere Effizienz als der starren Fliegenrute berechnet. Demnach werden meine Ergebnisse von diesem Modell im Grunde bestätigt.

Darüber hinaus schätze ich in meinen Untersuchungen immer wieder mögliche Ungenauigkeiten und Näherungen ab, die sich aus meinen getroffenen Randbedingungen ergeben. Dass die getroffene Randbedingung der masselosen Fliegenruten, welche den größten Einfluss auf meine Ergebnisse haben könnte, tatsächlich nur geringfügige Auswirkungen hat, habe ich in der **Anlage 2** dargelegt. Da meine Ergebnisse schlüssig sind und sie physikalisch belegt werden können, halte ich diese Kritik insgesamt für nicht zutreffend.

Kritik: „Die Bedeutung der Rutenladung wird für den Fliegenwurf vollkommen überschätzt.“

Dies ist eine der am längsten verbreiteten Kritiken. Richtig daran ist, dass die „Rutenladung“ im Sinne der zwischengespeicherten, potentiellen Energie tatsächlich nicht die treibende Kraft beim Fliegenwurf ist. Es ist vielmehr die Drehimpulserhaltung (eine kinetische Energie), welche durch die Biegung der Fliegenrute hervorgerufen wird (**siehe Abschnitt F1**) ! Aus diesem Grunde verwende ich (seit meinen Untersuchungen) lieber den Begriff „Rutenbiegung“, um hier Missverständnisse zu vermeiden. Die Biegung der Fliegenrute ermöglicht eine erheblich bessere Übertragung der in den Griff eingegebenen Energie in die Spitze.

Allerdings deutet sich an, dass der potentiellen Energie in einem anderen Zusammenhang doch eine größere Bedeutung zukommt: denn über die Rückstellung / Entladung wandert der Drehpunkt der rotierenden Masse wieder zurück in den Rutengriff (**vgl. Skizze XIII**), weshalb die Geschwindigkeit der Rutenspitze wieder abnehmen müsste. Analog dem Eiskunstläufer, der seine Pirouette beendet, indem er die Arme wieder vom Körper streckt. Aber die Geschwindigkeit der Rutenspitze nimmt zu Anfang des Weges der Rückstellung / Entladung nicht ab, sondern sogar noch zu ! Dafür muss (auch) die Umwandlung der gespeicherten potentiellen Energie in kinetische Energie verantwortlich sein – also tatsächlich die Rutenladung im Sinne der zwischengespeicherten, potentiellen Energie !

Potsdam Rehbrücke im November 2014