

# Warum das Zentrum der rotierenden Masse einer flexiblen Fliegenrute den Drehpunkt beim Griff verlassen kann

Von Tobias Hinzmann unterstützt von Dr. Franz- Josef Schmitt - im November 2015

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

In meinen „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“ (Revision 2.0 vom November 2014) vergleiche ich die Eigenschaften einer flexiblen und einer (theoretisch) absolut steifen Fliegenrute miteinander. In Abschnitt F1) wird herausgearbeitet, dass sich bei einer flexiblen Fliegenrute das Zentrum der rotierenden Masse zur Rutenspitze hin verschieben kann. In diesem Aufsatz möchte ich etwas genauer auf dieses Phänomen eingehen.

Das Zentrum der rotierenden Masse liegt im Schwerpunkt aller derjenigen Massenelemente, die zum Drehimpuls beitragen<sup>1</sup>. Im Folgenden wird dieses Zentrum "**Rotationszentrum**" genannt. Dieses Rotationszentrum muss nicht zwangsläufig im Schwerpunkt des gesamten Systems liegen, der sich bei einer Fliegenrute in der Nähe des Griffs befindet und in welchen beispielsweise eine Rotation eingegeben wird. Dieser Schwerpunkt wird im Folgenden "**Drehpunkt**" genannt.

Im Wesentlichen wird das Rotationszentrum von allen den Massenelementen bestimmt, die eine Geschwindigkeitskomponente senkrecht relativ zu einem definierten Bezugspunkt im Koordinatensystem besitzen. Im einfachsten Fall würde der Bezugspunkt zur Beschreibung dieses physikalischen Problems in den Drehpunkt der Fliegenrute gesetzt werden.

Eine absolut steife Fliegenrute stellt ein starres System dar. Wird sie um ihren Griff rotiert, so tragen zu jedem Zeitpunkt alle Massenelemente auf dieser Fliegenrute zum Drehimpuls bei, weil sich die Geschwindigkeiten der Massenelemente zueinander relativ zum Drehpunkt nicht verändern. Aus diesem Grunde sind der Drehpunkt und das Rotationszentrum identisch. In dieser Hinsicht dürfte sich eine wenig gebogene Fliegenrute ähnlich einer starren verhalten, weshalb das Rotationszentrum nahe beim Drehpunkt liegen sollte. Doch für eine gut gebogene Fliegenrute kann das Rotationsverhalten grundsätzlich anders sein als das von einer starren oder wenig gebogenen, so dass sich das Rotationszentrum und der Drehpunkt nicht am selben Ort befinden müssen.

Dass sich das Rotationszentrum entlang eines flexiblen System verschiebt, kann mit dem Peitschenschlag verdeutlicht werden. Dieser wird im Anhang 3 meiner „Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute“ dargestellt und beschrieben. Hier verlässt zwar das Rotationszentrum, um welches sich das gesamte System „dreht“, zunächst nicht die Hand des Benutzers. Stoppt dieser jedoch seine Bewegung, so verändern die Massenelemente dieses flexiblen Systems ihre Kinematik derart, dass die Masse um einen immer kleiner werdenden Kreis dreht, der im Scheitelpunkt S liegt und zur Spitze hin wandert (siehe Abschnitt Bild Darstellungen). Dies entspricht einer Beschreibung des Drehimpulses in einem System mit zeitabhängigem Koordinatenursprung. Ungefähr im Mittelpunkt der Kreisbewegung dieser Massenelemente, die noch zum Drehimpuls beitragen können, befindet sich das Rotationszentrum ! Dieses Zentrum der verbleibenden Drehimpulskomponenten wandert zweifellos in die Spitze, wenn näherungsweise der Drehimpuls als der sich auf einer Kreisbewegung befindenden Massenelemente bestimmt wird.

---

<sup>1</sup> Zum Drehimpuls beitragende Massenelemente müssen sich bewegen, aber nicht unbedingt rotieren.

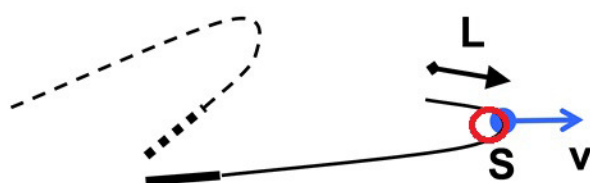
Es wandert also nicht der Drehpunkt als Schwerpunkt des Systems in die Spitze, da dieser durch eine Randbedingung im Griff festgehalten wird, sondern das Rotationszentrum als Schwerpunkt der Massenelemente, die mit ihrer Dynamik noch zum Drehimpuls beitragen.

Die gut gebogene Fliegenrute liegt mit ihren Eigenschaften irgendwo zwischen den beiden zuvor geschilderten, sehr unterschiedlichen Verhalten eines starren bzw. wenig flexiblen Systems auf der einen und eines sehr flexiblen Systems auf der anderen Seite. Insbesondere ab der 90 Grad Position (des Griffsegments) besitzen die Massenelemente auf der Fliegenrute während des von mir untersuchten Wurfes eine Geschwindigkeitsverteilung, die der Peitsche ähnlich ist. Die Geschwindigkeit der Massenelemente der Spitze ist deutlich höher als die in Griffnähe, weshalb diese Massenelemente den Ort des Rotationszentrums stärker beeinflussen müssen. Ähnlich wie sich bei der Peitsche die rotierende Masse um einen kleiner werdenden Kreis dreht, entsteht an der Fliegenrute entlang ihrer größten Biegung ebenfalls ein Kreis, um den sich die Massenelemente der Fliegenrute drehen (siehe Abschnitt Bild Darstellungen). Erhöht der Werfer die Biegung der Fliegenrute kontinuierlich wie in der von mir untersuchten Wurfsequenz, können Massenelemente nicht nur um den Drehpunkt beim Griff rotieren, sondern mit zunehmender Dauer vermehrt um ein anderes Zentrum, welches im Bereich der größten Biegung liegt. Der sich drehende Kreis visualisiert dieses andere Zentrum der Rotation gut. Sogar noch während der Rückstellung der Fliegenrute drehen sich Massenelemente der Fliegenrute um diesen Kreis, der immer kleiner wird, je weiter er in die Richtung der Rutenspitze kommt. Dieser zur Spitze hin immer kleiner werdende Kreis zeigt an, dass kinetische Energie zur Spitze der Fliegenrute hin konzentriert wird. Er ist ein klarer Hinweis darauf, dass auch das Rotationszentrum der Fliegenrute nicht im Drehpunkt beim Griff liegt, sondern sich entlang der Biegung zur Spitze hin verschiebt !

Bemerkenswert ist darüber hinaus, dass dieser Kreis bei einem solchen Verlauf der Biegung, wie sie mein untersuchter Wurf aufweist, auch noch über den Weg der Rückstellung vorhanden ist. Deshalb kann die Fliegenrute über den Weg der Rückstellung nicht nur die potentielle Energie in kinetische umwandeln ("Entladung"), sondern transportiert darüber hinaus mit Hilfe des Drehimpulses entlang der Biegung zusätzliche kinetische Energie in ihre Spitze.

## Bild Darstellungen

Das nachfolgende Bild einer Peitsche ist der Enzyklopädie <http://www.wikipedia.de> entnommen und wurde bereits im Anhang 3 meiner "Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute" verwendet. Für diesen Aufsatz wurde es um einen Kreis (in rot) ergänzt, um den die Massenelemente am Scheitelpunkt S rotieren. Je weiter sich der Kreis vom Drehpunkt im Griff entfernt, desto kleiner wird er.



$$E \sim m \cdot v^2 = \text{const}$$
$$L \sim m \rightarrow 0$$
$$v \rightarrow \infty$$

Die nachfolgende Bildsequenz ist ebenfalls meinen "Experimentellen Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute" entnommen, auch diese Bilder sind um den zuvor beschriebenen Kreis (in rot) ergänzt worden.



Der in die Biegung der Fliegenrute gelegte Kreis der Bilder 1 bis 4 dreht sich insbesondere ab der 90 Grad Position nach oben in Richtung der Spitze, wobei er immer kleiner wird. Ähnlich wie bei der Peitsche muss deshalb das Zentrum der rotierenden Masse den Drehpunkt im Griff verlassen und sich in Richtung der Spitze verlagern. Dadurch wird kinetische Energie - sogar noch über den Weg der Rückstellung - in der Spitze konzentriert. Im fünften und letzten Bild löst sich die Rotationbewegung um den Kreis herum auf und ein kleiner Rest der Spitze klappt um und bildet die Gegenbiegung.



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5