

Geschwindigkeitsverteilung der Massenelemente einer Fliegenrute

Dies ist eine zusätzliche Betrachtung bezüglich meiner Arbeit "Experimentelle Untersuchungen zur Biegung der Fliegenrute"
(Rev 2.0-11/2014)

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

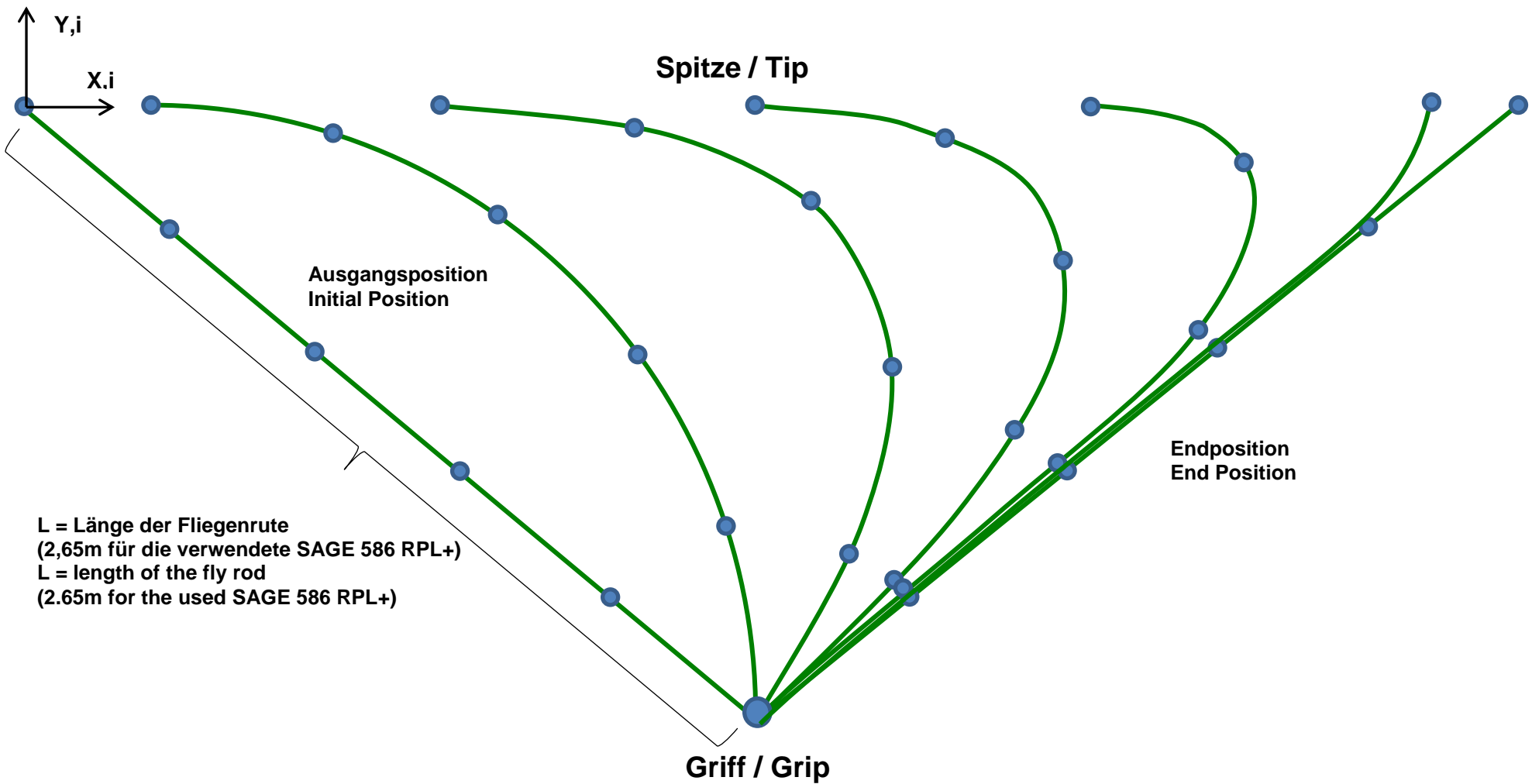
/

Velocity distribution of the mass elements on a fly rod shaft

This is an additional contemplation regarding my work „Experimental investigations on the fly rod deflection“
(rev. 2.0-11/2014)

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

Koordinatensystem (in jedem Punkt i der Ausgangsposition)
Coordinate system (in every dot i of the initial position)



Geschwindigkeiten der Massenelemente in den Punkten / Velocities of the mass elements in the dots

Rotationswinkel am Rutengriff / angle of the rod grip	90°	115°	140°	~140°: Halbe Rückstellung / half retraction	~140°: Ganze Rückstellung / full retraction
Anzahl Bilder bis Rotationswinkel Rutengriff erreicht wird / number of pictures until the grip has reached the angle	8	9	10	11	~12
Zeit (Dauer) / time (duration)	8 / 30 = 0,2666s	9 / 30 = 0,30s	10 / 30 = 0,3333s	11 / 30 = 0,3666s	12 / 30 = 0,40s
Differenzen / differences	40° bis 90°	90° bis 115°	115° bis 140°	140° bis halbe Rückstellung / 140° to half retraction	halbe bis Ende Rückstellung / half to full retraction
Zeit Δt (bei 30 Bilder pro Sekunde) / time Δt (30 pictures per second)	$\Delta t = (8 - 0) / 30 = 0,2666s$	$\Delta t = (9 - 8) / 30 = 0,03333s$	$\Delta t = (10 - 9) / 30 = 0,03333s$	$\Delta t = (11 - 10) / 30 = 0,03333s$	$\Delta t = (11 - 12) / 30 = 0,03333s$

Für die Fliegenrute wurden die Wege aus der Skizze abgegriffen und auf dieser Grundlage folgende Ergebnisse ermittelt / Based on measured paths for the fly rod the following results were calculated

A) 1ter Punkt (Spitze) / 1st dot (tip)

Rotationswinkel am Rutengriff / angle of the rod grip	90°	115°	140°	~140°: Halbe Rückstellung / half retraction	~140°: Ganze Rückstellung / full retraction
Zurückgelegter Weg der Rutenspitze x / traveled path of the rod tip x	0,13 * L	0,44 * L	0,77 * L	1,12 * L	1,54 * L
y	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Differenzen / differences	40° bis 90°	90° bis 115°	115° bis 140°	140° bis halbe Rückstellung / 140° to half retraction	halbe bis Ende Rückstellung / half to full retraction
Geschwindigkeit $v_x = \Delta x / \Delta t$ ($v_y=0$) velocity $v_x = \Delta x / \Delta t$ ($v_y = 0$)	$v_x = (0,13 - 0,00)L / 0,2666s = 0,487L/s$	$v_x = (0,43 - 0,13)L / 0,03333s = 9,00L/s$	$v_x = (0,77 - 0,43)L / 0,03333s = 10,20L/s$	$v_x = (1,13 - 0,77)L / 0,03333s = 10,80L/s$	$v_x = (1,54 - 1,13)L / 0,03333s = 12,30L/s$

B) 2ter Punkt / 2nd dot

Rotationswinkel am Rutengriff / angle of the rod grip	90°	115°	140°	~140°: Halbe Rückstellung / half retraction	~140°: Ganze Rückstellung / full retraction
Zurückgelegter Weg der Rutenspitze x / traveled path of the rod tip x	0,18 * L	0,48 * L	0,81 * L	1,13 * L	1,26 * L
y	0,12 * L	0,13 * L	0,11 * L	0,072 * L	0,0 * L
Differenzen / differences	40° bis 90°	90° bis 115°	115° bis 140°	140° bis halbe Rückstellung / 140° to half retraction	halbe bis Ende Rückstellung / half to full retraction
Geschwindigkeit vx = $\Delta x / \Delta t$ velocity vx = $\Delta x / \Delta t$	$v_x = (0,18 - 0,00)L / 0,2666s = 0,675L/s$	$v_x = (0,48 - 0,18)L / 0,03333s = 9,00$	$v_x = (0,81 - 0,48)L / 0,03333s = 9,9L/s$	$v_x = (1,13 - 0,81)L / 0,03333s = 9,60L/s$	$v_x = (1,26 - 1,13)L / 0,03333s = 3,90L/s$
$v_y = \Delta y / \Delta t$	$v_y = (0,12 - 0,00)L / 0,2666s = 0,450L/s$	$v_y = (0,13 - 0,12)L / 0,03333s = 0,30L/s$	$v_y = (0,11 - 0,13)L / 0,03333s = -0,60L/s$	$v_y = (0,072 - 0,11)L / 0,03333s = -1,14L/s$	$v_y = (0,0 - 0,072)L / 0,03333s = -2,16L/s$

C) 3ter Punkt / 3rd dot

Rotationswinkel am Rutengriff / angle of the rod grip	90°	115°	140°	~140°: Halbe Rückstellung / half retraction	~140°: Ganze Rückstellung / full retraction
Zurückgelegter Weg der Rutenspitze x / traveled path of the rod tip x	0,20 * L	0,54 * L	0,78 * L	0,94 * L	0,95 * L
y	0,16 * L	0,17 * L	0,10 * L	0,02 * L	0,0 * L
Differenzen / differences	40° bis 90°	90° bis 115°	115° bis 140°	140° bis halbe Rückstellung / 140° to half retraction	halbe bis Ende Rückstellung / half to full retraction
Geschwindigkeit vx = $\Delta x / \Delta t$ velocity vx = $\Delta x / \Delta t$	$v_x = (0,20 - 0,00)L / 0,2666s = 0,77L/s$	$v_x = (0,54 - 0,20)L / 0,03333s = 10,30L/s$	$v_x = (0,78 - 0,54)L / 0,03333s = 7,20L/s$	$v_x = (0,94 - 0,78)L / 0,03333s = 4,80L/s$	$v_x = (0,95 - 0,94)L / 0,03333s = 0,30L/s$
$v_y = \Delta y / \Delta t$	$v_y = (0,16 - 0,0)L / 0,2666s = 0,60L/s$	$v_y = (0,17 - 0,16)L / 0,03333s = 0,30L/s$	$v_y = (0,10 - 0,17)L / 0,03333s = -2,10L/s$	$v_y = (0,02 - 0,10)L / 0,03333s = -2,40L/s$	$v_y = (0,0 - 0,02)L / 0,03333s = -0,60L/s$

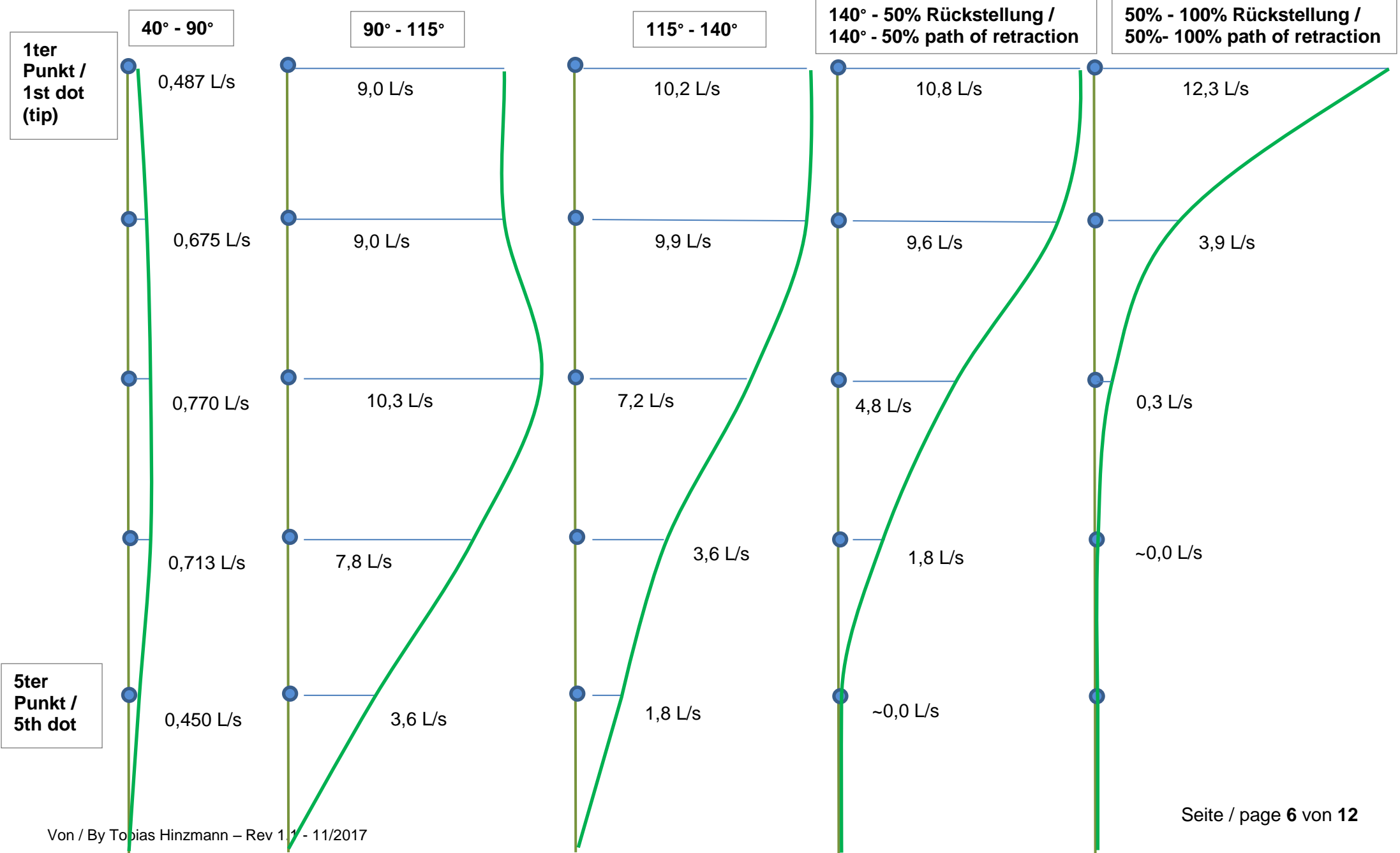
D) 4ter Punkt / 4th dot

Rotationswinkel am Rutengriff / angle of the rod grip	90°	115°	140°	~140°: Halbe Rückstellung / half retraction	~140°: Ganze Rückstellung / full retraction
Zurückgelegter Weg der Rutenspitze x / traveled path of the rod tip x	0,19 * L	0,45 * L	0,57 * L	0,63 * L	0,63 * L
y	0,13 * L	0,12 * L	0,054 * L	0,0 * L	0,0 * L
Differenzen / differences	40° bis 90°	90° bis 115°	115° bis 140°	140° bis halbe Rückstellung / 140° to half retraction	halbe bis Ende Rückstellung / half to full retraction
Geschwindigkeit vx = $\Delta x / \Delta t$ velocity vx = $\Delta x / \Delta t$	$v_x = (0,19 - 0,00)L / 0,2666s = 0,713L/s$	$v_x = (0,45 - 0,19)L / 0,03333s = 7,80L/s$	$v_x = (0,57 - 0,45)L / 0,03333s = 3,60L/s$	$v_x = (0,63 - 0,57)L / 0,03333s = 1,80L/s$	$v_x = (0,63 - 0,063)L / 0,03333s = 0,0L/s$
$v_y = \Delta y / \Delta t$	$v_y = (0,13 - 0,00)L / 0,2666s = 0,487L/s$	$v_y = (0,12 - 0,13)L / 0,03333s = -0,30L/s$	$v_y = (0,054 - 0,12)L / 0,03333s = -1,98L/s$	$v_y = (0,0 - 0,054)L / 0,03333s = -1,62L/s$	$v_y = (0,0 - 0,0)L / 0,03333s = 0,0L/s$

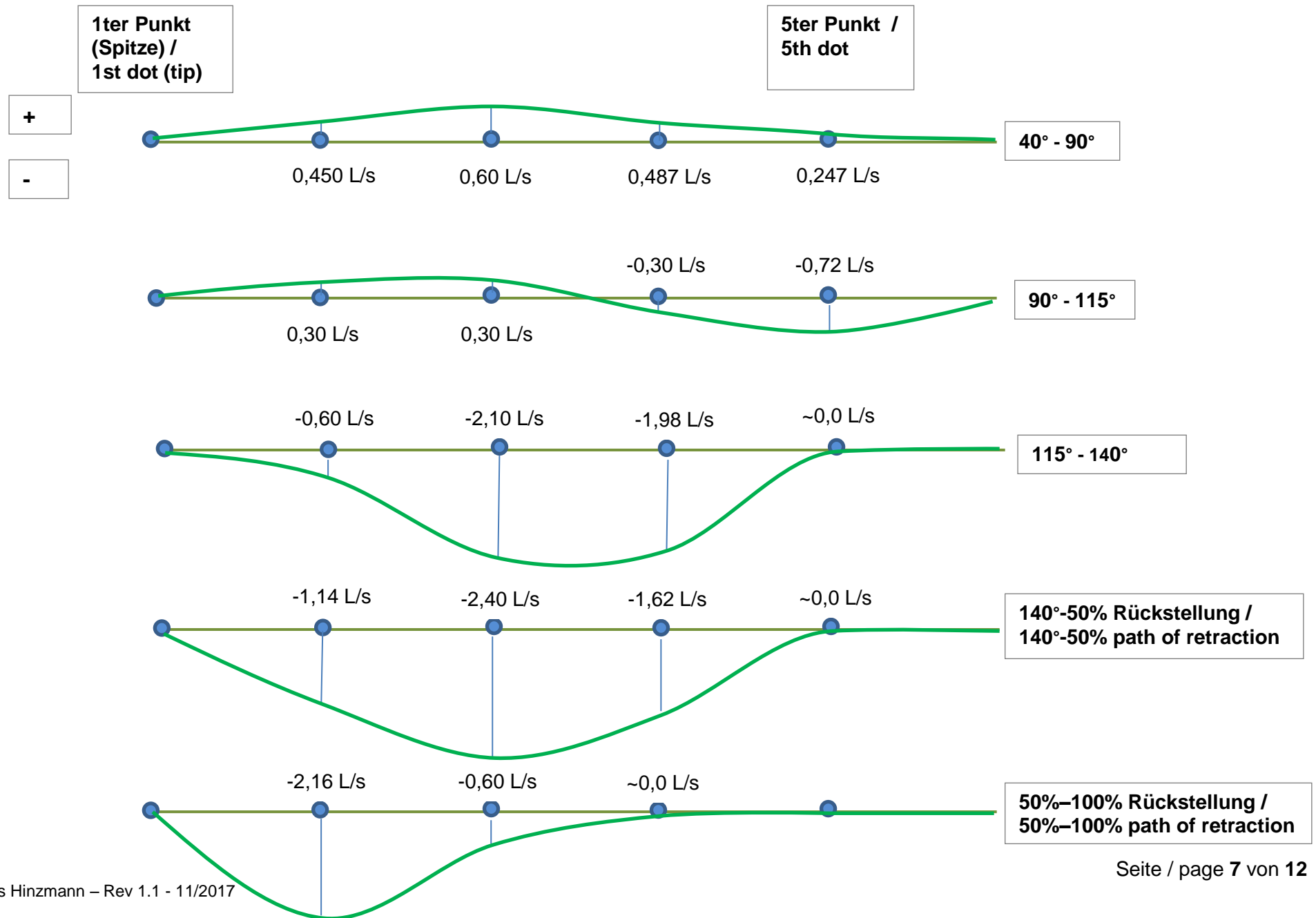
F) 5ter Punkt / 5th dot

Rotationswinkel am Rutengriff / angle of the rod grip	90°	115°	140°	~140°: Halbe Rückstellung / half retraction	~140°: Ganze Rückstellung / full retraction
Zurückgelegter Weg der Rutenspitze x / traveled path of the rod tip x	0,12 * L	0,24 * L	0,30 * L	0,30 * L	0,30 * L
y	0,066 * L	0,042 * L	~0 * L	0,0 * L	0,0 * L
Differenzen / differences	40° bis 90°	90° bis 115°	115° bis 140°	140° bis halbe Rückstellung / 140° to half retraction	halbe bis Ende Rückstellung / half to full retraction
Geschwindigkeit vx = $\Delta x / \Delta t$ velocity vx = $\Delta x / \Delta t$	$v_x = (0,12 - 0,00)L / 0,2666s = 0,450L/s$	$v_x = (0,24 - 0,12)L / 0,03333s = 3,60L/s$	$v_x = (0,30 - 0,24)L / 0,03333s = 1,80L/s$	$v_x = (0,30 - 0,30)L / 0,03333s = 0,0L/s$	$v_x = (0,30 - 0,30)L / 0,03333s = 0,0L/s$
$v_y = \Delta y / \Delta t$	$v_y = (0,066 - 0,00)L / 0,2666s = 0,247L/s$	$v_y = (0,042 - 0,066)L / 0,03333s = -0,720L/s$	$v_y = (0,0 - 0,0)L / 0,03333s = 0,0L/s$	$v_y = (0,0 - 0,0)L / 0,03333s = 0,0L/s$	$v_y = (0,0 - 0,0)L / 0,03333s = 0,0L/s$

Darstellung der Verteilung der horizontalen Geschwindigkeit v_x der Fliegenrute / Visualization of the distribution of the horizontal velocities v_x for the fly rod



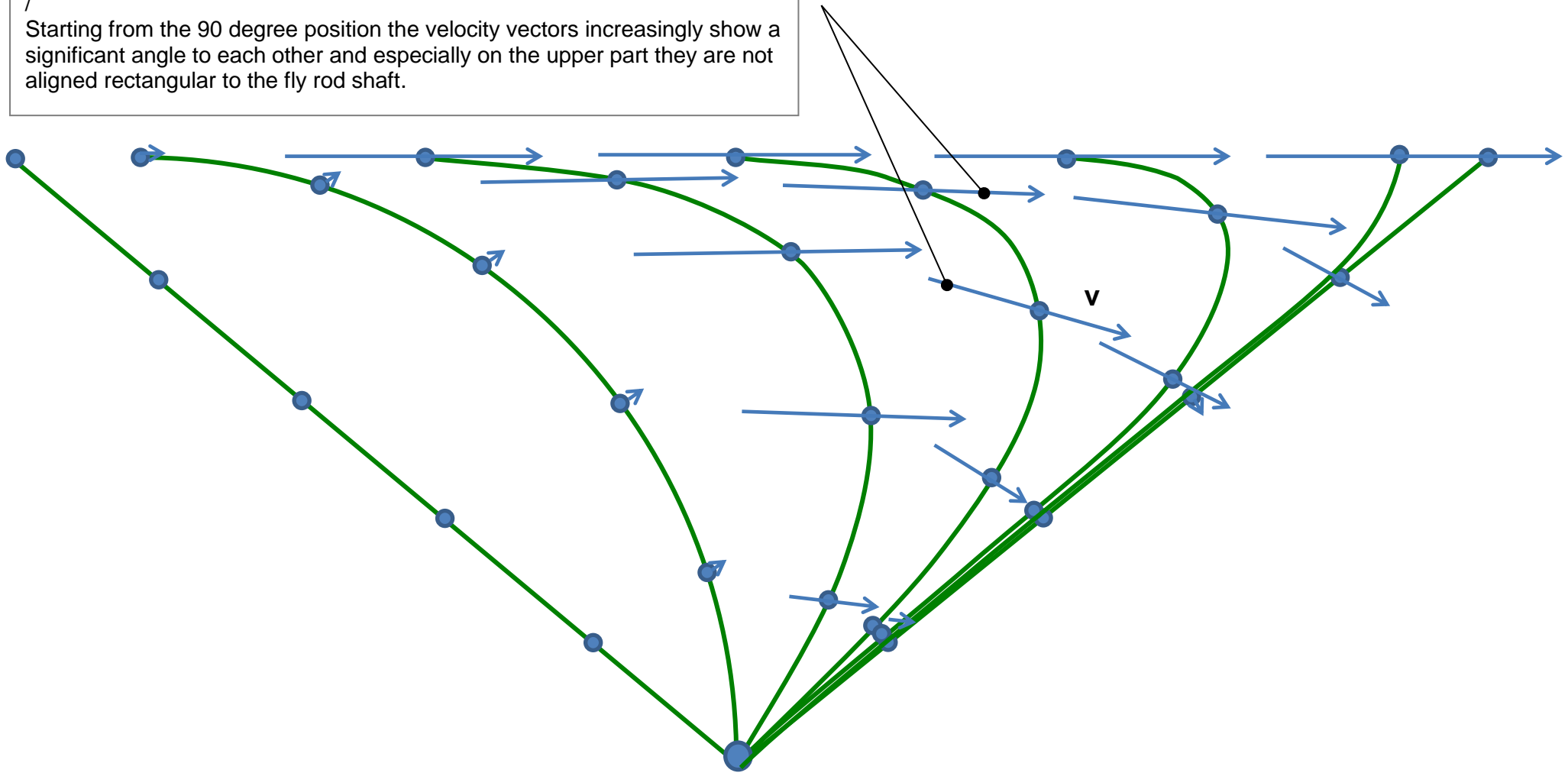
Darstellung der Verteilung der vertikalen Geschwindigkeit v_y der Fliegenrute / Visualization of the distribution of the vertical velocities v_y for the fly rod



Darstellung der ermittelten Geschwindigkeitsvektoren (Richtung und Größe) der Masselemente der Fliegenrute / Visualization of the calculated velocity vectors (direction and dimension) for the mass elements of the fly rod

Die Geschwindigkeitsvektoren weisen ab der 90 Grad Position zunehmend einen deutlichen Winkel zueinander auf und verlaufen insbesondere im oberen Bereich nicht rechtwinklig zur Achse der Fliegenrute.

/
Starting from the 90 degree position the velocity vectors increasingly show a significant angle to each other and especially on the upper part they are not aligned rectangular to the fly rod shaft.



Abschätzung der Konzentrationswirkung der kinetischen Energie aufgrund ihrer Umverteilung (insbesondere die “komplexe” Umverteilung des Drehimpulses – Anhänge 2 und 3)

/

Estimation on the effect of condensation, concentration respectively of kinetic energy due to its redistribution (especially the “complex” redistribution of angular momentum – annex 2 and 3)

Die Biegung der Fliegenrute verursacht eine Verkürzung Ihrer Projektion, welche einerseits das Trägheitsmoment verändert und andererseits zu den zuvor dargestellten, variierenden Geschwindigkeiten der Massenelemente führt („einfache“ und „komplexe“ Umverteilung). Die vorliegende Revision 1.1 beinhaltet eine weiterführende Betrachtung zur Konzentrationswirkung der kinetischen Energie zur Spitze der Fliegenrute hin, wie sie aufgrund der „komplexen“ Umverteilung des Drehimpulses und der kinetischen Energie über die Biegung stattfindet. Dafür wird der Schwerpunkt R,y (gesamt) der horizontalen Geschwindigkeitsverteilung (vx) über die Länge der Fliegenrute bestimmt. Für die zuvor eingeführte Einteilung der Fliegenrute in 5 Segmente liefert die Summation nach der folgenden Formel eine gute Annäherung:

$$R, y(\text{gesamt}) = \frac{1}{\sum_i v, i} * \sum_{i=5}^1 r, i * v, i$$

Mit: v, i = horizontale Geschwindigkeit im Knotenpunkt i. Diese Geschwindigkeiten wurden zuvor bestimmt (siehe vx).
 r, i = Radius bis zum betrachteten Knotenpunkt i.

Für untersuchte SAGE 586 RPL+ mit einer Gesamtlänge L von 2,65m beträgt der Knotenabstand $2,65\text{m} / 5 = \mathbf{0,53\text{m}}$

Weil die Geschwindigkeitsverteilung für eine rotierende starre Fliegenrute immer eine Dreiecksform besitzt (**rote Gerade auf in der folgenden Darstellung**), gilt: $R, y(\text{starr, gesamt}) = 2/3 * L = 2/3 * 2,65\text{m} = \mathbf{1,76\text{m} = \text{konstant}}$

/

The deflection of the fly rod causes a shortening of its projection, which modifies the moment of inertia on the one hand and leads to the varying velocities of the mass elements on the other hand (“simple” and “complex” redistribution) as shown before. The present revision 1.1 contains a further consideration on the effect of the concentration of kinetic energy towards the tip of the fly rod, which takes place due to the “complex” redistribution of angular momentum and the kinetic energy along the fly rod deflection. Therefore the center R,y (total) of the distribution of the horizontal velocities (vx) along the length of the fly rod is determined. For the previously introduced division of the fly rod in 5 segments the summation according the following formula provides a good estimation:

$$R, y(\text{total}) = \frac{1}{\sum_i v, i} * \sum_{i=5}^1 r, i * v, i$$

With: v, i = horizontal velocity at the junction point i. These velocities were calculated before (see vx).
 r, i = radius to the regarded junction point i.

For the investigated SAGE 586 RPL+ having a whole length L of 2.65m the distance of the junction points is $2.65\text{m} / 5 = \mathbf{0.53\text{m}}$

Since the distribution of the velocities of a rotated, rigid fly rod always has the shape of a triangle (**red straight line on the following figure**), it follows:

$R, y(\text{rigid, total}) = 2/3 * L = 2/3 * 2.65\text{m} = \mathbf{1.76\text{m} = \text{constant}}$

Berechnung des Schwerpunktes R,y(gesamt) der horizontalen Geschwindigkeiten (vx)

/

Calculation of the center R,y(total) of the distribution of the horizontal velocities (vx)

Position 40° - 90°:

$$\begin{aligned} R,y &= 1/(0,450+0,713+0,770+0,675+0,478) * (0,53*0,450+2*0,53*0,713+3*0,53*0,770+4*0,53*0,675+5*0,53*0,478) \\ &= 0,324 * (0,238 + 0,756 + 1,224 + 1,431 + 1,267) = 0,238 * 4,925 = \mathbf{1,17m} \end{aligned}$$

Position 90° - 115°:

$$\begin{aligned} R,y &= 1 / (3,6+7,8+10,3+9,0+9,0) * (0,53*3,6+2*0,53*7,8+3*0,53*10,3+4*0,53*9,0+5*0,53*9,0) \\ &= 0,0252 * (1,91 + 8,23 + 16,38 + 19,08 + 23,85) = 0,0252 * 69,45 = \mathbf{1,75m} \quad \text{Zunahme / slope: } \mathbf{1,75m / 1,17m = 1,49} \end{aligned}$$

Position 115° - 140°:

$$\begin{aligned} R,y &= 1/(1,8+3,6+7,2+9,9+10,2) * (0,53*1,8+2*0,53*3,6+3*0,53*7,2+4*0,53*9,9+5*0,53*10,2) \\ &= 0,0306 * (0,95 + 3,82 + 11,45 + 20,99 + 27,03) = 0,0306 * 64,24 = \mathbf{1,97m} \quad \text{Zunahme / slope: } \mathbf{1,97m / 1,75m = 1,12} \end{aligned}$$

Position 140° - 50% Rückstellung / Position 140° - 50% path of retraction:

$$\begin{aligned} R,y &= 1/(0,0+1,8+4,8+9,6+10,8) * (0,53*0,0+2*0,53*1,8+3*0,53*4,8+4*0,53*9,6+5*0,53*10,8) \\ &= 0,0370 * (0,0 + 1,91 + 7,63 + 20,35 + 28,62) = 0,0370 * 58,5 = \mathbf{2,16m} \quad \text{Zunahme / slope: } \mathbf{2,16m / 1,97m = 1,09} \end{aligned}$$

Position 50% Rückstellung – 100% Rückstellung / Position 50% path of retraction - 100% path of retraction:

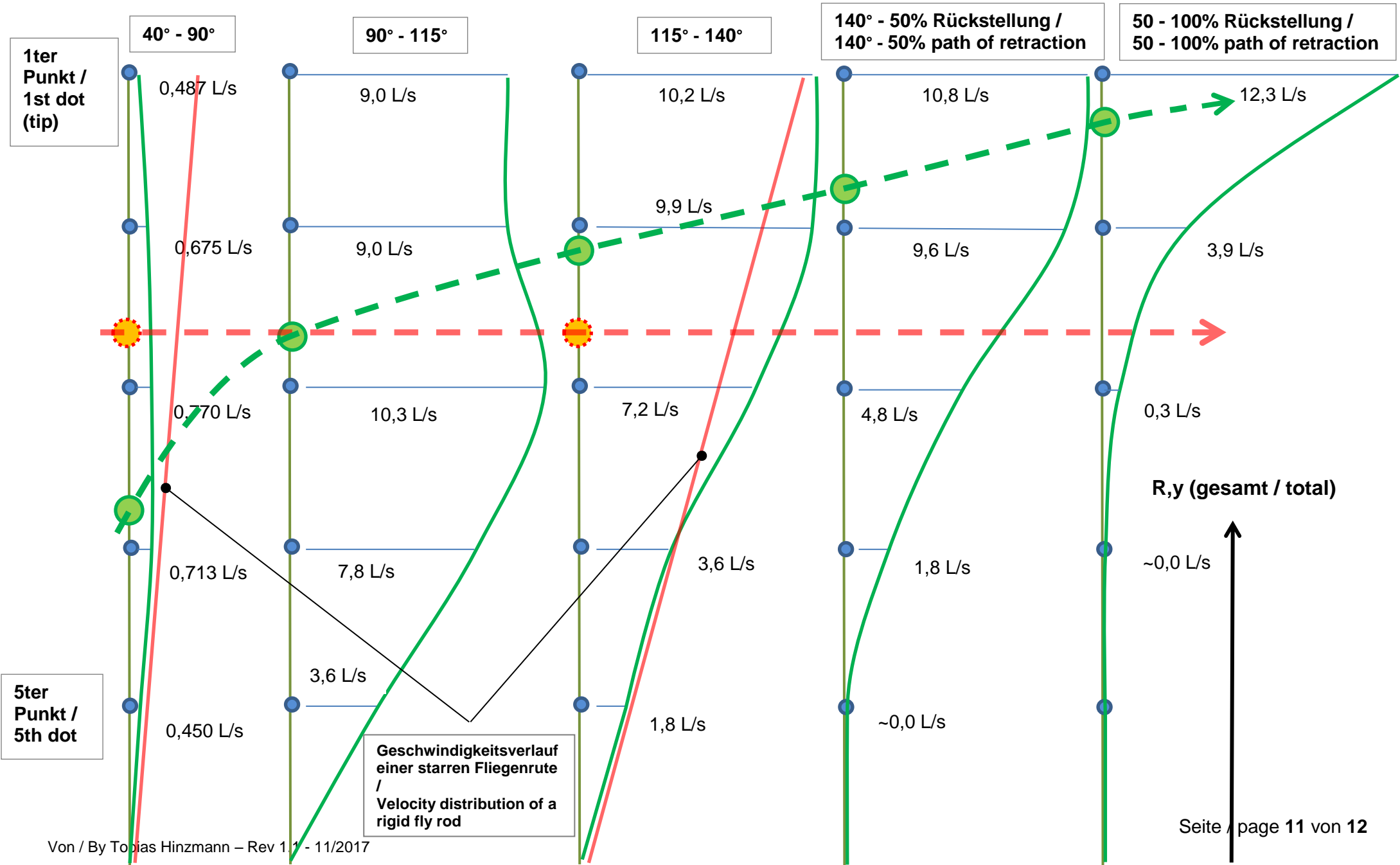
$$\begin{aligned} R,y &= 1/(0,0+0,0+0,3+3,9+12,3) * (0,53*0,0+2*0,53*0,0+3*0,53*0,3+4*0,53*3,9+5*0,53*12,3) \\ &= 0,0606 * (0,0 + 0,0 + 0,48 + 8,27 + 32,59) = 0,0606 * 41,34 = \mathbf{2,5m} \quad \text{Zunahme / slope: } \mathbf{2,5m / 2,16m = 1,16} \end{aligned}$$

Im Folgenden werden die berechneten Schwerpunkte der horizontalen Geschwindigkeitsverteilungen dargestellt und mit einem Grafen verbunden. Für meine untersuchte Wurfsequenz (**grün gestrichelter Graph**) ergibt sich eine ansteigende Kurve. Für die starre Fliegenrute (**rot gestrichelter Graph**) entsteht eine Gerade, die nicht ansteigt.

/

In the following the calculated centers of the horizontal distribution of the velocities are visualized and connected with each other. For my investigated casting sequence (**dotted green graph**) a sloping curve turns out. For the rigid fly rod (**dotted red graph**) a straight line develops, which doesn't slope.

Darstellung der berechneten Schwerpunkte R,y(gesamt) für vx / Visualization of the calculated center R,y(total) for vx



Feststellungen / Conclusions:

Über die Dauer des Wurfes variiert die Winkelgeschwindigkeit ω der Massenelemente zueinander deutlich. Am Beispiel der Punkte 1 (Spitzensegment) und 4 (unteres Mittelsegment) ist zu erkennen, dass am Anfang des Fliegenwurfes ω_1 kleiner als ω_4 ist, am Ende des Fliegenwurfes ist es umgekehrt (ω_1 größer als ω_4). Unter Berücksichtigung der Formel für den Drehimpuls $D = J * \omega$ (D = Drehimpuls, J = Massenträgheitsmoment) ist zu erkennen, dass D über die Länge der Fliegenrute variiert (umso mehr wenn J sich ebenfalls ändert).

Sowohl die horizontale, als auch die vertikale Komponente der Geschwindigkeiten der Massenelemente auf der Fliegenrute variieren zueinander über den Verlauf des Fliegenwurfes erheblich. Sowohl bei der Änderung der horizontalen, als auch der vertikalen Geschwindigkeiten ist eine „Welle“ zu erkennen, die sich zur Rutenspitze hin bewegt. **Bereits der „Schwerpunkt“ der sich ändernden horizontalen Geschwindigkeitsverteilung v_x , der auf die „komplexe“ Umverteilung hinweist, wandert zur Spitze der Fliegenrute hin** und mit ihm kinetische Energie !

Darüber hinaus fällt auf, dass bei der Fliegenrute die Geschwindigkeitsvektoren der Massenelemente innerhalb der 90 bis 115 Grad Position ihre Richtung zueinander und zur Achse der Fliegenrute deutlich zu ändern beginnen. Besonders die Geschwindigkeitsvektoren des oberen Abschnittes der Fliegenrute sind eher horizontal ausgerichtet und stehen nicht rechtwinklig zu ihrer Achse. Die variierende Richtung der Geschwindigkeiten der Massenelemente zueinander legt nahe, dass sich nur eine vektorielle Beschreibung dem komplexen Biegeverhalten der Fliegenrute genau genug annähert (für jedem Fall).

/

The angular velocity ω of the mass elements is varying significantly to each other over the duration of the cast. Looking on the dots 1 (tip segment) and 4 (lower middle segment) it is evident, that at the beginning of the fly cast ω_1 is smaller than ω_4 , at the end of the fly cast it is the other way round (ω_1 bigger than ω_4). Considering the formula $D = J * \omega$ (D = angular momentum, J = moment of inertia) it can be recognized, that D is varying over the length of the fly rod (even more than J varies too).

Both the horizontal and the vertical component of the velocities of the mass elements on the fly rod shaft vary significantly to each other over the duration of the fly cast. For the variation of both the horizontal and the vertical velocities a “wave” appears, which runs towards the tip of the fly rod. **Already the “center” of the varying horizontal velocity distribution v_x , indicating the “complex” redistribution, runs towards the tip of the fly rod** together with some kinetic energy.

Moreover it is striking, that within the 90 to 115 degree positions for the fly rod the velocity vectors of the mass elements are starting to change the direction to each other and to the fly rod shaft. Especially the velocity vectors of the upper section are rather aligned horizontal and not rectangular to the shaft. The varying direction of the velocities of the mass elements to each other might suggest that only a vectorial description is able to estimate the complex behavior of the fly rod deflection well enough (for all cases).