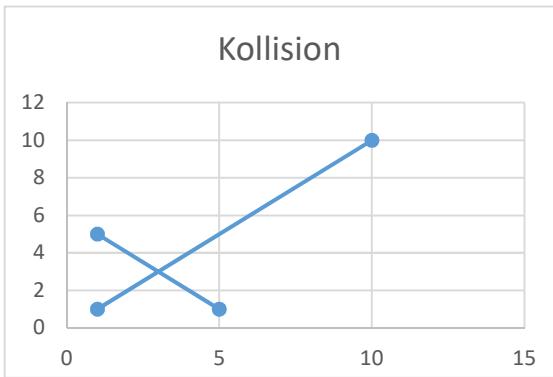


Kollision auf dem Meer

Joel Boße

<https://www.matse-ausbildung.de/kollision.html>

1. Fertigen Sie eine Skizze an. Benennen Sie die benötigten mathematischen und physikalischen Größen



Start- und Endpunkte der Schiffe (Skizze: S1(1/1), E1(10/10), S2(1/5), E2(5/1))

Mindestabstand in m

Geschwindigkeit der einzelnen Schiffe (in m/s)

Steigung => $m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$

Steigungswinkel = $\arctan(m)$

Schnittpunkt:

=> gegeben: Start- und Endpunkte

$$=> \text{Berechnung Hilfswert } d: d = \frac{(y_4 - y_3)(x_1 - x_4) - (y_1 - y_4)(x_4 - x_3)}{(y_2 - y_1)(x_4 - x_3) - (y_4 - y_3)(x_2 - x_1)}$$

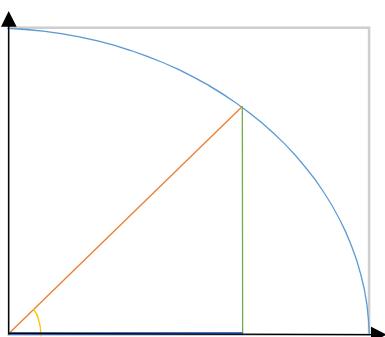
=> Berechnung Schnittpunkt (xs/ys):

- wenn $d = 0$, dann sind die Geraden parallel

- wenn $d \neq 0$, dann

$$\rightarrow x_s = x_1 + d(x_2 - x_1)$$

$$\rightarrow y_s = y_1 + d(y_2 - y_1)$$



- Schrittweite (Anzahl m/s um die Geschwindigkeit zu berücksichtigen)
- Schrittweite y-Richtung
=> $y = \text{Geschwindigkeit} * \sin(\text{Steigungswinkel})$
- Schrittweite x-Richtung
=> $x = \text{Geschwindigkeit} * \cos(\text{Steigungswinkel})$
- Steigungswinkel

Distanz zwischen den Schiffen:

$$\Delta X = |x_2 - x_1|$$

$$\Delta Y = |y_2 - y_1|$$

$$\text{Distanz} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

2. Entwickeln Sie ein Modell zur Simulation dieses Sachverhalts

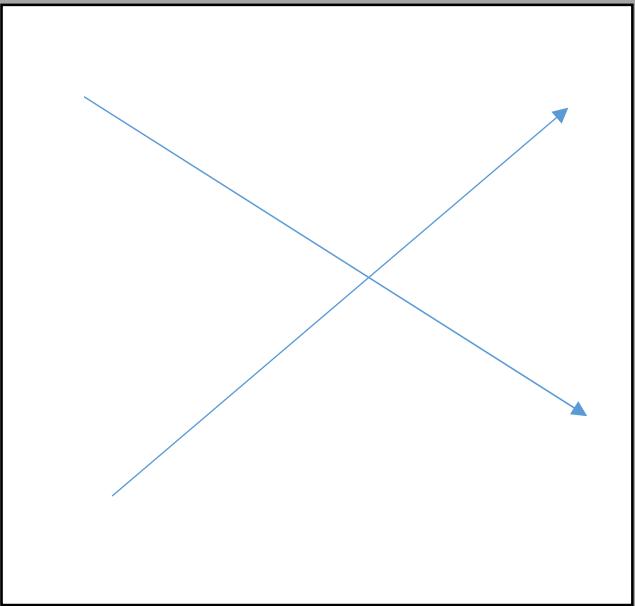
Start/End
Start: S1(1/1), End: E1(5/5), Start: S2(1/5), End: E2(5/1)

	Speed
Boat1	1
Boat2	1

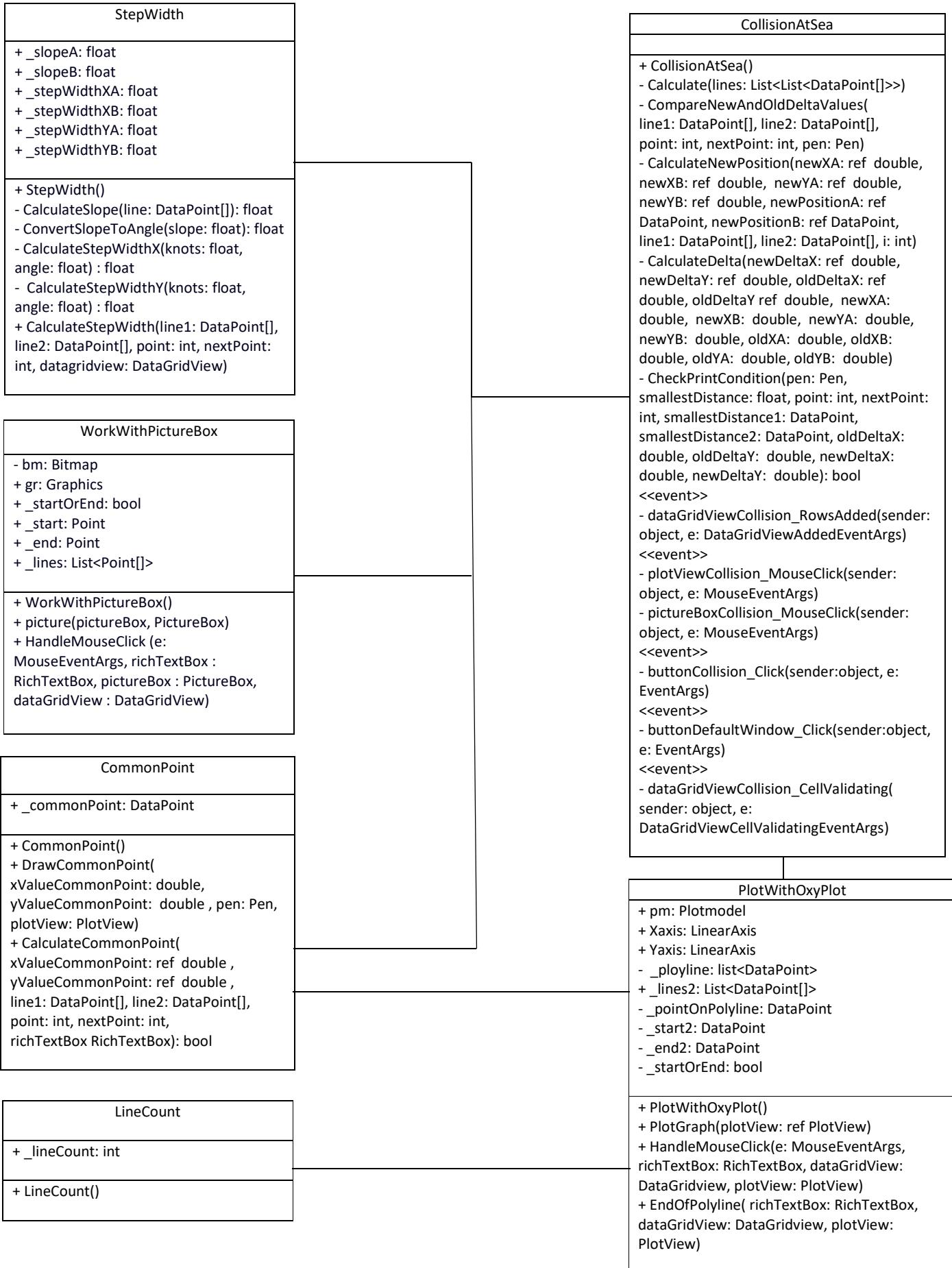
Min distance
10

Calculate

Clear



Boat: 1, Boat: 2
Collision!
Smallest
distance: 0



3. Entwickeln Sie das mathematische Modell zur Abstandsberechnung und leiten Sie hieraus eine Methode für eine Kollisionserkennung.

Abstandsberechnung:

Die Abstandsberechnung zweier Geraden kann auf die Schnittpunktberechnung mit Überprüfung auf Parallelität reduziert werden.

Der Schnittpunkt wird mithilfe von geodätischen Rechnen bestimmt, indem man zuerst den Hilfswert d berechnet und diesen, wenn $d \neq 0$, in die Formeln für die x- und y-Koordinate einsetzen. Ist d wiederrum 0 sind die Geraden parallel zu einander.

$$d = \frac{(y_4 - y_3)(x_1 - x_4) - (y_1 - y_4)(x_4 - x_3)}{(y_2 - y_1)(x_4 - x_3) - (y_4 - y_3)(x_2 - x_1)}$$

$$\begin{aligned}x_s &= x_1 + d(x_2 - x_1) \\y_s &= y_1 + d(y_2 - y_1)\end{aligned}$$

Bsp.:

(Skizze(s. Aufgabe 1): S1(1/1), E1(10/10), S2(1/5), E2(5/1)

$$d = \frac{(10 - 1)(1 - 10) - (5 - 10)(10 - 1)}{((1 - 5)(10 - 1) - (10 - 1)(5 - 1))}$$

$$d = \frac{9 * (-9) - (-5) * 9}{(-4 * 9 - 9 * 4)}$$

$$d = \frac{-81 - (-45)}{-36 - 36}$$

$$d = \frac{-36}{-72} = 0,5$$

$$x_s = 1 + 0,5 * (5 - 1) = 3$$

$$y_s = 5 + 0,5 * (1 - 4) = 3$$

Der Schnittpunkt hat die Koordinaten (3/3)

Anschließend muss die Schrittweite der Schiffe bestimmt werden. Hierfür ist anzunehmen, dass die Schrittweite der Schiffe auf der Strecke, die Anzahl an m/s ist, um die Geschwindigkeiten mit einzuberechnen. Um die Schrittweiten in x- und y-Richtung zu bestimmen, wird neben der Schrittweite auf der Strecke auch der Steigungswinkel benötigt.

$$\text{Steigung } m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$$

$$\text{Steigungswinkel } \rho = \text{arcTan}(m)$$

$$\text{Schrittweite y-Richtung } y_{\text{Step}} = m/s * \text{Sin(Steigungswinkel)}$$

$$\text{Schrittweite x-Richtung } x_{\text{Step}} = m/s * \text{Cos(Steigungswinkel)}$$

Bsp.:

(Skizze(s. Aufgabe 1): S1(1/1), E1(10/10), S2(1/5), E2(5/1)

gegeben: (zu Testzwecken beide 1 m/s)

$$m_1 = (10-1)/(10-1) = 1$$

$$m_2 = (1-5)/(5-1) = -1$$

$$\rho_1 = \text{arcTan}(1) = 45^\circ$$

$$\rho_2 = \text{arcTan}(-1) = -45^\circ$$

$$xStep_1 = 1 * \cos(45) \approx 0,71$$

$$yStep_1 = 1 * \sin(45) \approx 0,71$$

$$xStep_2 = 1 * \cos(-45) \approx 0,71$$

$$yStep_2 = 1 * \sin(-45) \approx -0,71$$

Wenn die Schrittweiten bestimmt wurden, kann nun für jede Iteration die neue Position der Schiffe berechnet werden. Bei jeder Iteration wird geguckt wie sich der Abstand verändert. Ist der Abstand größer als bei der vorherigen Iteration und der Abstand der Abstand zuvor größer als der angegebene Mindestabstand, so kommt es zu keiner Kollision. Wenn hingegen der Abstand den Mindestabstand unterschreitet, so gibt es eine Kollision.

$$\text{Position } ((x + xStep) / (y + yStep))$$

$$\text{Abstand } \Delta s = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Bsp.: 1. Iteration

(Skizze(s. Aufgabe 1): S1(1/1), E1(10/10), S2(1/5), E2(5/1)

Mindestabstand = 1m

Koordinaten der Schiffe:

$$\text{Schiff}_1 ((1+0,71)/1+0,71) = (1,71/1,71)$$

$$\text{Schiff}_2 ((1+0,71)/(5+(-0,71))) = (1,71/4,29)$$

Abstand der Schiffe:

0. Iteration (Startdistanz)

$$\Delta s_0 = \sqrt{(1 - 1)^2 + (5 - 1)^2} = \sqrt{0^2 + 4^2} = 4$$

1. Iteration

$$\Delta s_1 = \sqrt{(1,71 - 1,71)^2 + (4,29 - 1,71)^2} = \sqrt{0^2 + 2,58^2} = 2,58$$

Schlussfolgerung:

Da der Abstand sich verringert jedoch größer ist als der Mindestabstand, kann noch kein endgültiges Ergebnis bestimmt werden. Daher muss eine weitere Iteration folgen.

4. Erweitern Sie ihre Visualisierung um die Darstellung des Abstands zwischen den beiden Schiffen (Grafisch/Zahl).

Beide Schiffe starten in ihrem Startpunkt. Um die Geschwindigkeit mit einzubeziehen, fahren die Schiffe pro Schritt ihrer Geschwindigkeit entsprechend auf dem Weg zum Endpunkt. Da bei jeder Iteration der Abstand sowie die derzeitige Position der Schiffe berechnet werden, muss überprüft werden wann der Abstand zwischen den Schiffen größer wird. Ist dies der Fall, so wird eine Linie zwischen den Punkten der vorherigen Iteration gezogen, welche den geringsten Abstand der Schiffe auf der gesamten Strecke zeigt.

$\Delta s_{i-1} > \Delta s_i \rightarrow$ überprüfen von $\Delta s_i > \Delta s_{i+1}$

$\Delta s_{i-1} < \Delta s_i \& \Delta s_{i-1} <$ Mindestabstand \rightarrow Kollision

$\Delta s_{i-1} < \Delta s_i \& \Delta s_{i-1} >$ Mindestabstand \rightarrow keine Kollision

} Verbindungsline zwischen den Punkten
von Schiff₁ (x_{i-1}/y_{i-1}) zu Schiff₂ (x_{i-1}/y_{i-1})

Zudem gibt es ein Textfeld auf dem GUI welches den kleinsten Abstand zwischen den Schiffen anzeigt.
Z. B. Boat: 1, Boat: 2 Collision! Smallest distance: 1

5. Erweitern Sie Ihre Lösung auf eine beliebige Anzahl von weiteren Schiffen mit zusätzlichen Start- und Zielhäfen.

Die einzelnen Schiffe werden mit Start- und Endpunkten in einer Liste (list<Point[]>) gespeichert. Mithilfe von dieser Liste und 2 for-Schleifen werden immer 2 Schiffe miteinander verglichen bis alle Schiffe miteinander verglichen wurden. Die Geschwindigkeit wird in einem extra DataGridView angegeben (pro gezogene Linie(Schiff) eine Zeile).

Anmerkung: (Polylinien)

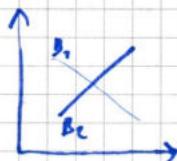
Bei Polylinien ist der Ablauf identisch, lediglich müssen alle Streckenabschnitte miteinander verglichen werden (zwei weitere for-Schleifen). Hier ist zu berücksichtigen, dass die Schiffe nicht gleichzeitig von den jeweiligen Streckenabschnitten losfahren.

Anhang:

Strecke von Boot 1:

Start (15, 1757 / 70, 7373)

End (59,5847 / 29,4937)



Strecke von Boot 2:

Start (7, 1914 / 24, 6544)

End (55, 2652 / 77, 6549)

Berechnung der Steigung m (der Steigungswinkel φ)

$$m_1 = \frac{29,4937 - 70,7373}{59,5847 - 15,1757} = -0,9287$$

$$\varphi_1 = \tan^{-1}(-0,9287) = -42,8835^\circ = -0,7484$$

$$m_2 = \frac{77,6549 - 24,6544}{55,2652 - 77,1914} = 1,1367$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}(1,1367) = 48,6455^\circ = 0,845$$

Berechnung der Schrittweite in x- und y-Richtung

Annahme: Geschwindigkeit Boot 1: 4
Geschwindigkeit Boot 2: 5

Schrittweite in x-Richtung Boot 1:

$$sx_1 = 4 \cdot \cos(-0,7484) = 2,5309$$

Schrittweite in x-Richtung Boot 2:

$$sx_2 = 5 \cdot \cos(0,845) = 3,3036$$

Schrittweite in y-Richtung Boot 1:

$$sy_1 = 4 \cdot \sin(-0,7484) = -2,7227$$

Schrittweite in y-Richtung Boot 2:

$$sy_2 = 5 \cdot \sin(0,845) = 3,7532$$

Für jeden Schritt suchen wir den Abstand zu einer Kollision führt
Annahme Mindestabstand: 36.

1. Iteration (Abstand der Startpunkte)

$$\text{Abstand } a_1 = \sqrt{(17,8514 - 15,1757)^2 + (24,6544 - 20,7373)^2}$$

$$a_1 = 46,7628 \Rightarrow a_1 > 36 \text{ nächste Iteration}$$

2. Iteration

$$\text{Position Boot 1: } (15,1757 + 2,3909 \cdot 1 / \\ 20,7373 - 2,7221 \cdot 1)$$

$$\text{Position Boot 2: } (17,8514 + 3,2036 \cdot 1 / \\ 24,6544 + 3,7532 \cdot 1)$$

$$a_2 = \sqrt{(21,1195 - 17,5666)^2 + (28,4076 - 21,0152)^2}$$

$$a_2 = 30,2734$$

$$\Rightarrow a_1 > a_2 > 36 \text{ nächste Iteration}$$

3. Iteration

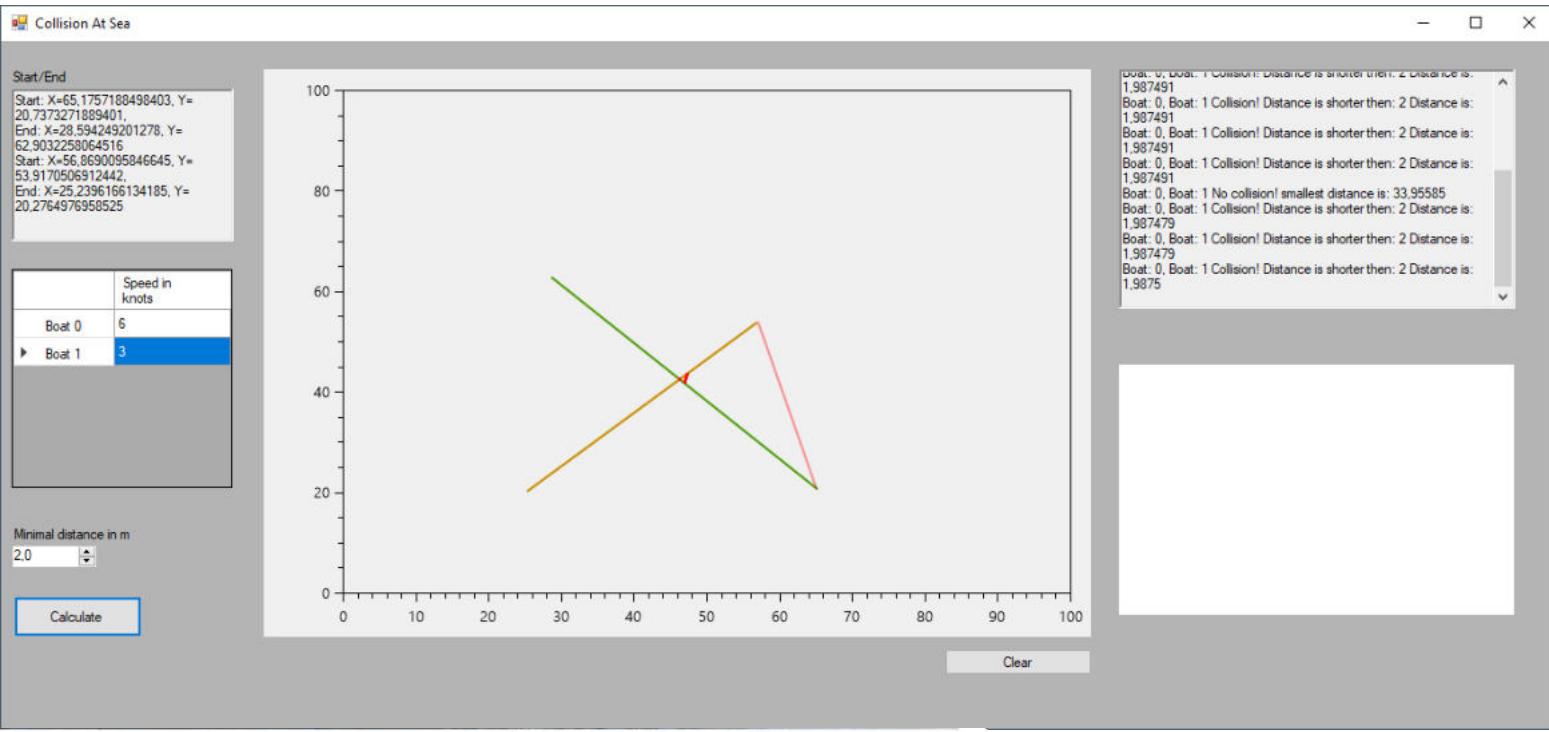
$$\text{Boot 1: } (15,1757 + 2,3909 \cdot 2 / 20,7373 - 2,7221 \cdot 2)$$

$$\text{Boot 2: } (17,8514 + 3,2036 \cdot 2 / 24,6544 + 3,7532 \cdot 2)$$

$$a_3 = \sqrt{(24,4586 - 15,9675)^2 + (32,1609 - 25,2037)^2}$$

$$a_3 = 33,4427$$

$$\Rightarrow a_2 > a_3 < 36 \quad \underline{\text{Collision}}$$



1. Boot 1 S₁(65,1757 / 20,7373), E₁(28,5942 / 62,9032)
Boot 2 S₂(56,8690 / 53,9171), E₂(25,2396 / 20,2765)

Boot 1: 6 m/s

Boot 2: 3 m/s

Mindestabstand: 2,0 m

Steigung m, Steigungswinkel φ

$$m_1 = \frac{62,9032 - 20,7373}{28,5942 - 65,1757} = -1,1527$$

$$\varphi_1 = \tan^{-1}(-1,1527) = -48,562^\circ$$

$$m_2 = \frac{20,2765 - 53,9171}{25,2396 - 56,8690} = 1,0636$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1}(1,0636) = 0,8762^\circ$$

Schrittwerte

Boat 1

$$sx_1 = 6 \cdot \cos(-0,8762) = 3,9371$$

$$sy_1 = 6 \cdot \sin(-0,8762) = -4,5327$$

Boat 2

$$sx_2 = 3 \cdot \cos(0,8762) = 2,055$$

$$sy_2 = 3 \cdot \sin(0,8762) = 2,1856$$

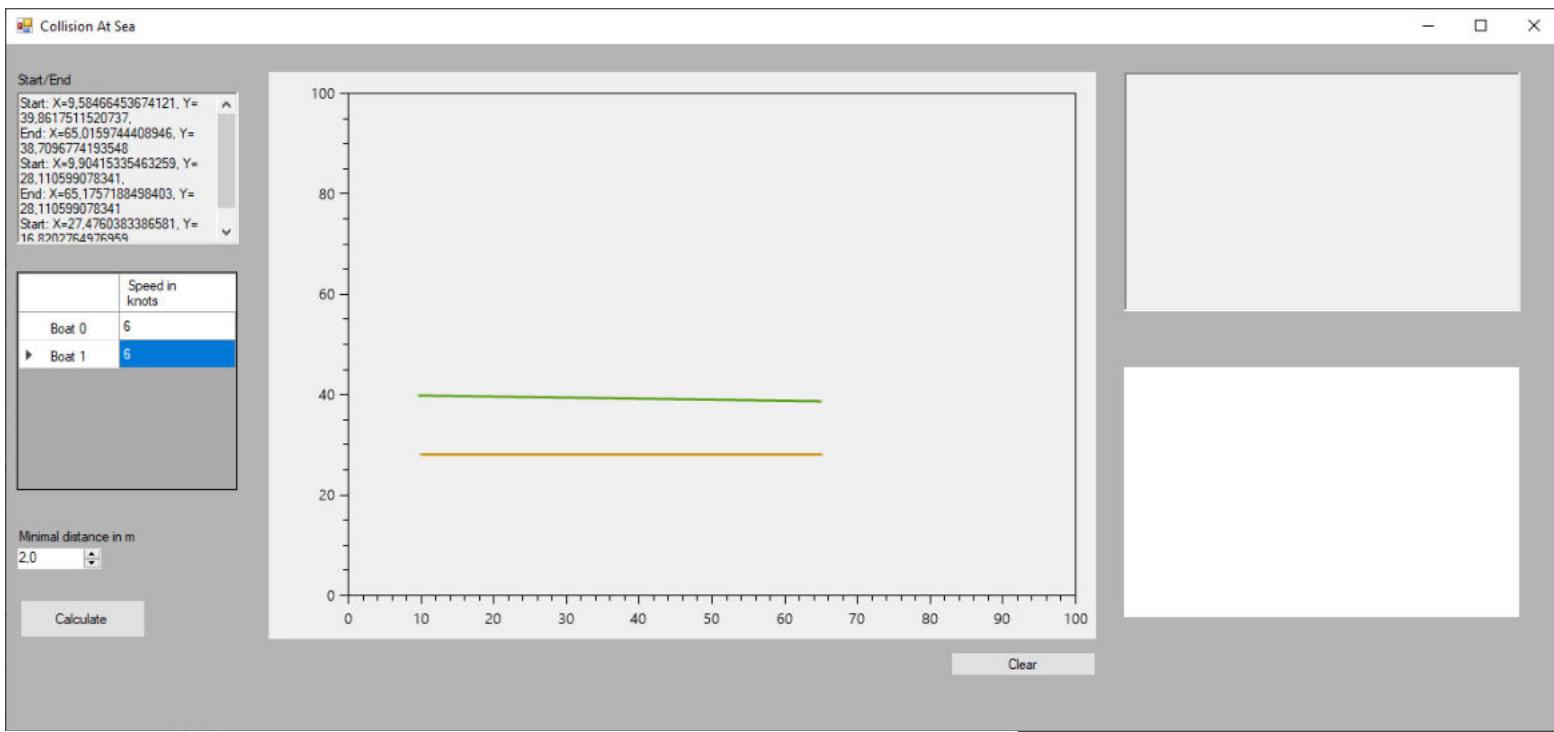
Kollision berechnen

$$\text{Boat 1 } (65,1757 + 3,9371 \cdot 4,65 / 20,7373 + 4,5327 \cdot 4,65) \\ (46,8524 / 47,8776)$$

$$\text{Boat 2 } (56,8690 + 2,055 \cdot 4,65 / 53,9171 - 2,1856 \cdot 4,65) \\ (47,3733 / 43,7547)$$

$$\text{Distanz} = \sqrt{(47,3733 - 46,8524)^2 + (43,7547 - 47,8776)^2}$$

$$\text{Distanz} = 1,9876$$



2 Annähernd parallele Boote

Boat 1 $S_1 (9,58466453674121 / 39,8677511520737)$
 $E_1 (65,0159744408946 / 38,7096774193548)$

Boat 2 $S_2 (9,90415335463259 / 28,110595078341)$
 $E_2 (65,1757188498403 / 28,110595078341)$

$$\text{Zähler} = (E_2 \cdot Y - S_2 \cdot Y) \cdot (E_1 \cdot X - E_2 \cdot X) - (E_1 \cdot Y - E_2 \cdot Y) \cdot (E_2 \cdot X - S_2 \cdot X)$$

$$= -649,5845715$$

$$\text{Nenner} = (E_1 \cdot Y - S_1 \cdot Y) \cdot (E_2 \cdot X - S_2 \cdot X) - (E_2 \cdot Y - S_2 \cdot Y) \cdot (E_1 \cdot X - S_1 \cdot X)$$

$$= -63,67691877$$

$$\text{Hilfswert} = \frac{\text{Zähler}}{\text{Nenner}} = 10,2$$

Schnittpunkt

$$X_S = 9,58466453674121 + 10,2 \cdot (65,0159744408946 - 9,58466453674121)$$

$$= 574,9840256$$

$$Y_S = 28,110595078341$$

Programmresultate

$$Hörsprung = 10,20000000000000$$

Schnittpunkt

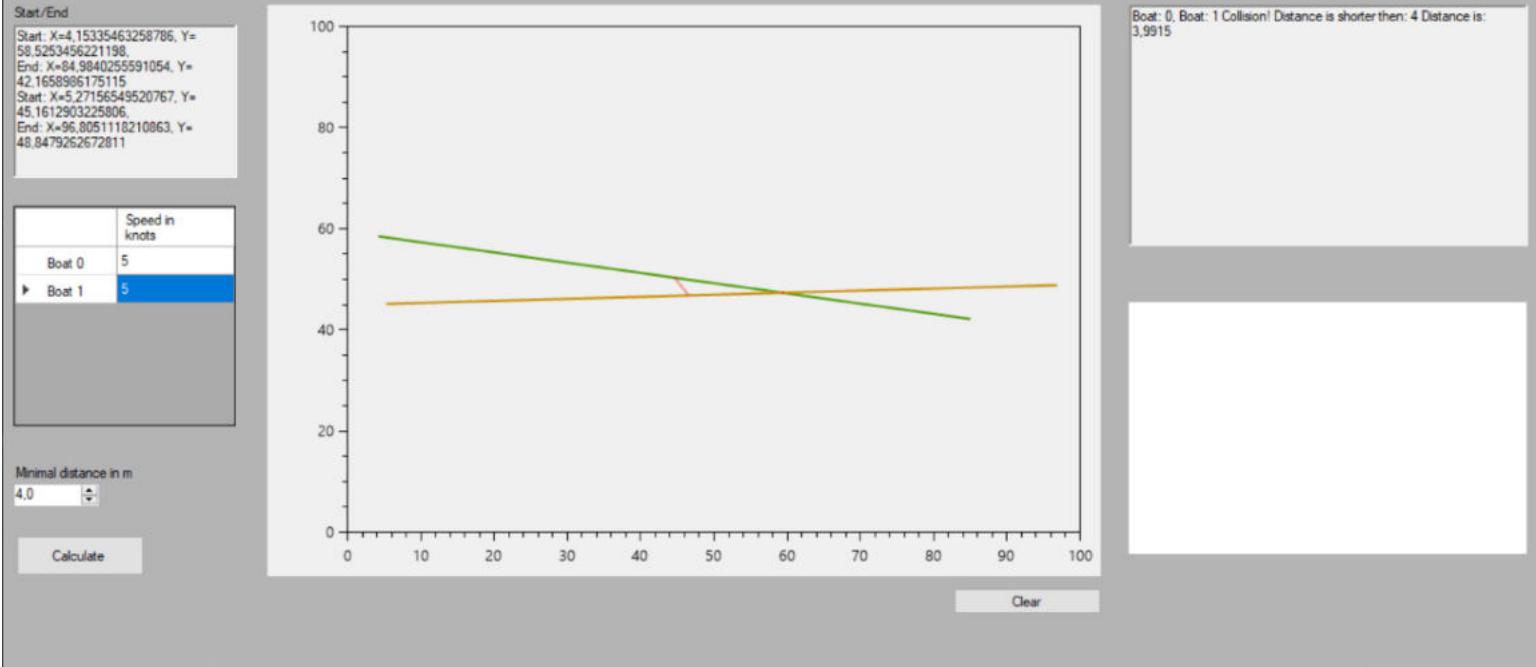
$$X_S = 574,98402555970729$$

$$Y_S = 28,110595078341014$$

Der Schnittpunkt liegt außerhalb der Routen.

Aufgrund dessen gibt es keine Kollision

\Rightarrow Programmfehler, da dennoch eine Kollision feststellen kann.



3. Schleifender Schnitt

Boat 1 $S_1(4,1534 / 58,5253)$, $E_1(84,8840 / 42,1659)$

Boat 2 $S_2(5,2716 / 45,1613)$, $E_2(96,8051 / 48,8479)$

Boat 1 = Boat 2 = 5 m/s

Min. Distanz = 4 m

Steigung m , Steigungswinkel φ

$$m_1 = \frac{42,1659 - 58,5253}{84,8840 - 4,1534} = -0,2024$$

$$\varphi_1 = -11,4421^\circ = -0,1957$$

$$m_2 = 0,0403$$

$$\varphi_2 = 2,3078^\circ = 0,0403$$

Schrittweite

$$\text{Boat 1 } s_{x1} = 5 \cdot \cos(-0,1957) = 4,9006$$

$$s_{y1} = 5 \cdot \sin(-0,1957) = -0,9979$$

$$\text{Boat 2 } s_{x2} = 5 \cdot \cos(0,0403) = 4,5959$$

$$s_{y2} = 5 \cdot \sin(0,0403) = 0,2014$$

Kollision berechnen Iteration $i = 8,26$

$$\text{Boat 1 } (4,1534 + 4,9006 \cdot 8,26 / 58,5253 - 0,9979 \cdot 8,26) \\ (44,6324 / 50,3322)$$

$$\text{Boat 2 } (5,2716 + 4,5959 \cdot 8,26 / 45,1613 + 0,2014 \cdot 8,26) \\ (46,5372 / 46,8249)$$

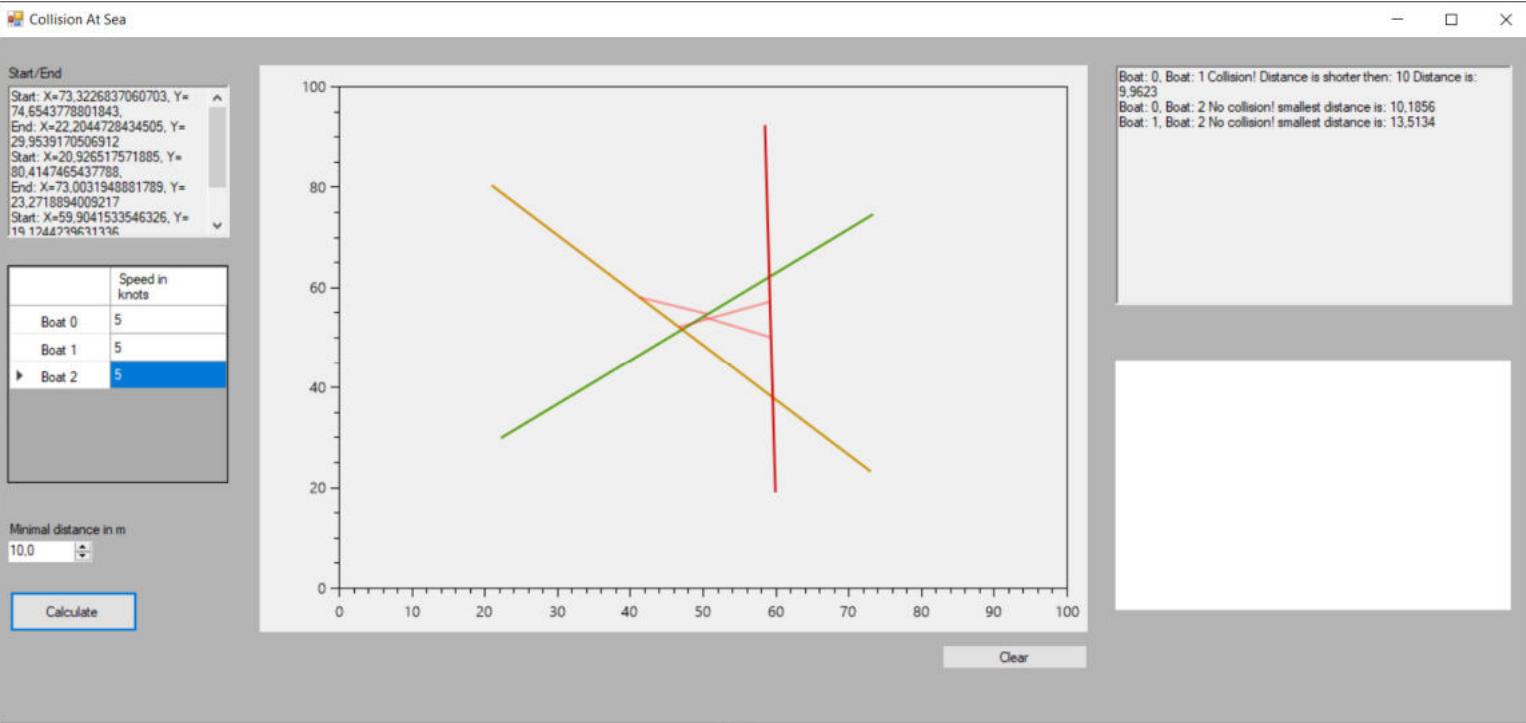
$$\text{Distanz} = \sqrt{(46,5372 - 44,6324)^2 + (46,8249 - 50,3322)^2} \\ = 3,9914$$

Distanz kurz vor Kollision $i = 8,25$

$$\text{Boat 1 } (44,6324 / 50,3322) \quad (\text{Programm: } 44,5933 / 58,3422)$$

$$\text{Boat 2 } (46,4877 / 46,8249) \quad (46,4877 / 46,8249)$$

$$\text{Distanz} = 4,0014 \quad (\text{Programm: } 4,0016)$$



4. 3 Boote

Boat 1 $S_1(73,3227/74,6544), E_1(72,2045/73,3953)$

Boat 2 $S_2(20,9265/80,4197), E_2(73,0038/73,2219)$

Boat 3 $S_3(59,3042/15,1244), E_3(58,4665, 92,3963)$

Boat 1 = Boat 2 = Boat 3 = 5 m/s

Mindestabstand: 10m

Steigung m , Steigungswinkel φ

$$m_1 = 0,8745 \quad \varphi_1 = 0,7185$$

$$m_2 = -40,973 \quad \varphi_2 = -0,8318$$

$$m_3 = -50,9647 \quad \varphi_3 = -1,5512$$

Schrittwert a

$$\text{Boat 1 } \begin{cases} s_{x1} = 5 \cdot \cos(0,7185) = 3,7640 \\ s_{y1} = 5 \cdot \sin(0,7185) = 3,2573 \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \text{(wurden} \\ \text{durch Fall-} \\ \text{unterschiede} \\ \text{negiert)} \end{array} \right\}$$

$$\text{Boat 2 } \begin{cases} s_{x2} = 3,3677 \\ s_{y2} = -3,6957 \end{cases}$$

$$\text{Boat 3 } \begin{cases} s_{x3} = 0,0980 \\ s_{y3} = -4,3930 \end{cases}$$

Distance kurz vor der Collision (Boat 1 u. Boat 2)
 $c_i = 6,02$

$$\text{Boat 1 } (58,5037/50,6654/54,8408)$$

$$\text{Boat 2 } (41,2007/58,7666)$$

$$\text{Distance } = 10,0507$$

1. Collision Boat 1 und Boat 2 ($i=6,03$)

$$\text{Boat 1 } (50,6258/54,8079) \quad \left. \begin{array}{l} \text{Programm} \\ \text{liefert} \\ \text{gleiches} \\ \text{Ergebnis} \end{array} \right\} (50,6251/54,8076)$$

$$\text{Boat 2 } (41,2337/58,7106) \quad \left. \begin{array}{l} \text{Programm} \\ \text{liefert} \\ \text{gleiches} \\ \text{Ergebnis} \end{array} \right\} (41,2337/58,7107)$$

$$\text{Distance } = 9,9623$$

Abstand kurz vor geringsten Abstand Boot 1 u. Boot 3
($i = 6, 79$)

$$\begin{array}{l} \text{Boot 1 } (50,0235 / 54,2873) \\ \text{Boot 3 } (59,2976 / 50,0682) \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{10,1862}} \end{array} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (Gleich / 54,2812) \\ (59,2975 / gleich) \\ 10,1867 \end{array} \right)$$

Kürzester Abstand zwischen den beiden Booten (1 u. 3)
($i = 6, 2$)

$$\begin{array}{l} \text{Boot 1 } (45,9855 / 54,2483) \\ \text{Boot 3 } (59,2966 / 50,7782) \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{10,1856}} \end{array} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (gleich / gleich) \\ (gleich / gleich) \\ gleich \end{array} \right)$$

Abstand kurz nach dem kürzesten Abstand (1 u. 3)
($i = 6, 2$)

$$\begin{array}{l} \text{Boot 1 } (45,9483 / 54,2754) \\ \text{Boot 3 } (59,2956 / 50,1682) \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{10,1853}} \end{array} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (49,9482 / gleich) \\ (gleich / gleich) \\ 10,186 \end{array} \right)$$

Abstand kurz vor geringsten Abstand Boot 2 und Boot 3 ($i = 7, 62$)

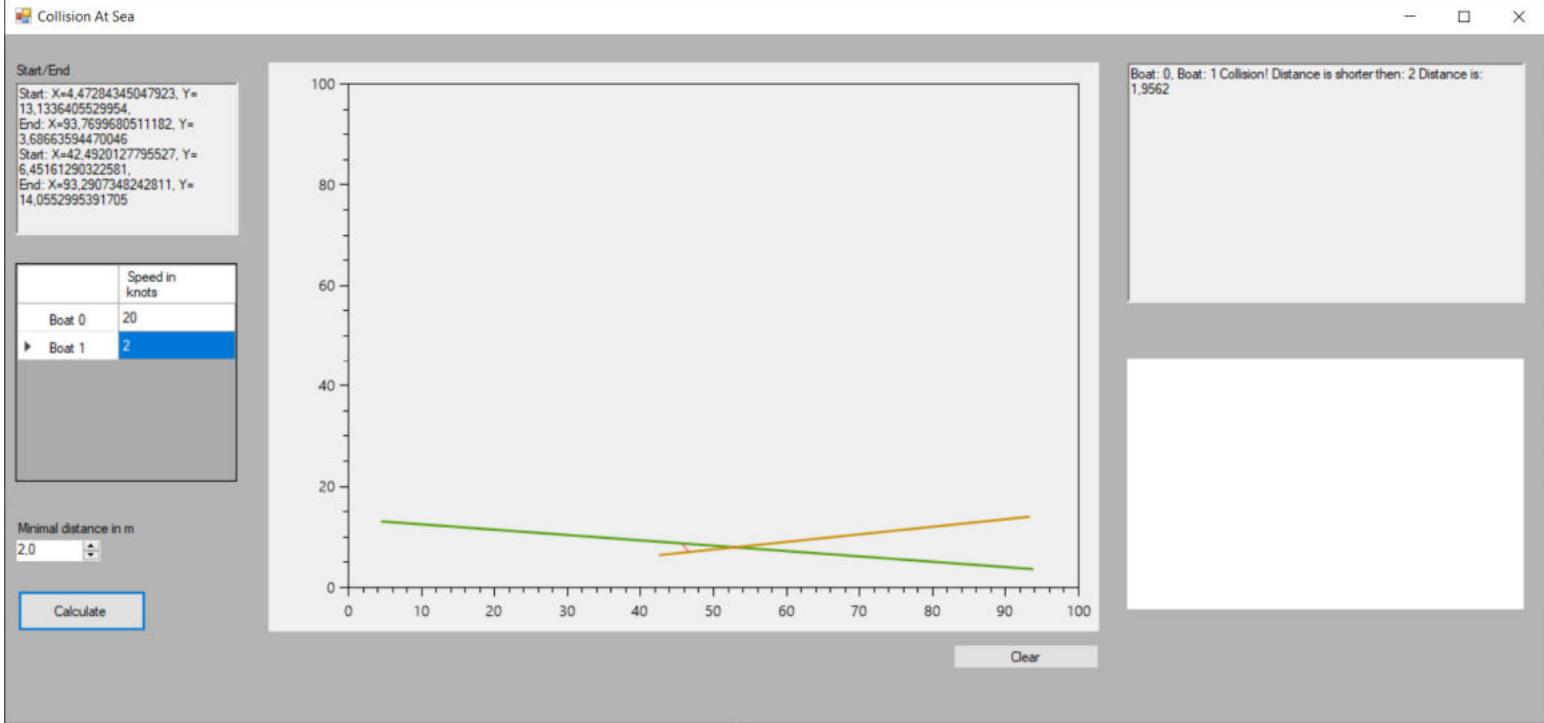
$$\begin{array}{l} \text{Boot 2 } (46,5883 / 52,2535) \\ \text{Boot 3 } (59,7574 / 57,2769) \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{13,5735}} \end{array} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (gleich / gleich) \\ (gleich / gleich) \\ gleich \end{array} \right)$$

Kürzester Abstand zwischen Boot 2 und Boot 3 ($i = 7, 63$)

$$\begin{array}{l} \text{Boot 2 } (46,6227 / 52,2765) \\ \text{Boot 3 } (59,7565 / 57,2668) \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{13,5736}} \end{array} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (gleich / 52,2766) \\ (59,7564 / gleich) \\ 13,5734 \end{array} \right)$$

Abstand kurz nach dem kürzesten Abstand (Boot 2 u. Boot 3)
($i = 7, 64$)

$$\begin{array}{l} \text{Boot 2 } (46,6557 / 52,4756) \\ \text{Boot 3 } (59,7555 / 57,3768) \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{13,5743}} \end{array} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (gleich / gleich) \\ (59,7554 / gleich) \\ 13,5743 \end{array} \right)$$



5. Schleifender Schnitt mit stark verschiedenen Geschwindigkeiten

Boot 1 $S_1 (4,4728 / 13,1336), E_1 (93,77 / 3,6866)$

Boot 2 $S_2 (42,4920 / 6,4516), E_2 (93,2907 / 14,0553)$

Boot 1 = 20 m/s

Boot 2 = 2 m/s

Mindestaabstand = 2m

Steigung m und Steigungswinkel φ

$$m_1 = -0,1058$$

$$\varphi_1 = -0,1054$$

$$m_2 = 0,1497$$

$$\varphi_2 = 0,1486$$

(Steigung wird mit nicht formelten Wörtern berechnet ($m_2 = 0,1497$))

Schrittweite

$$\text{Boot 1 } s_{x_1} = 20 \cdot \cos(-0,1054) = 19,9883 \\ s_{y_1} = -2,1041$$

$$\text{Boot 2 } s_{x_2} = 1,97 \quad ? \\ s_{y_2} = 0,2961$$

Abstand kurz vor der Kollision ($i = 2,06$)

Boot 1 $(45,4441 / 8,7992)$ (Programm: $(45,4442 / \text{gleich})$)

Boot 2 $(46,5668 / 7,0616)$ (gleich / gleich)

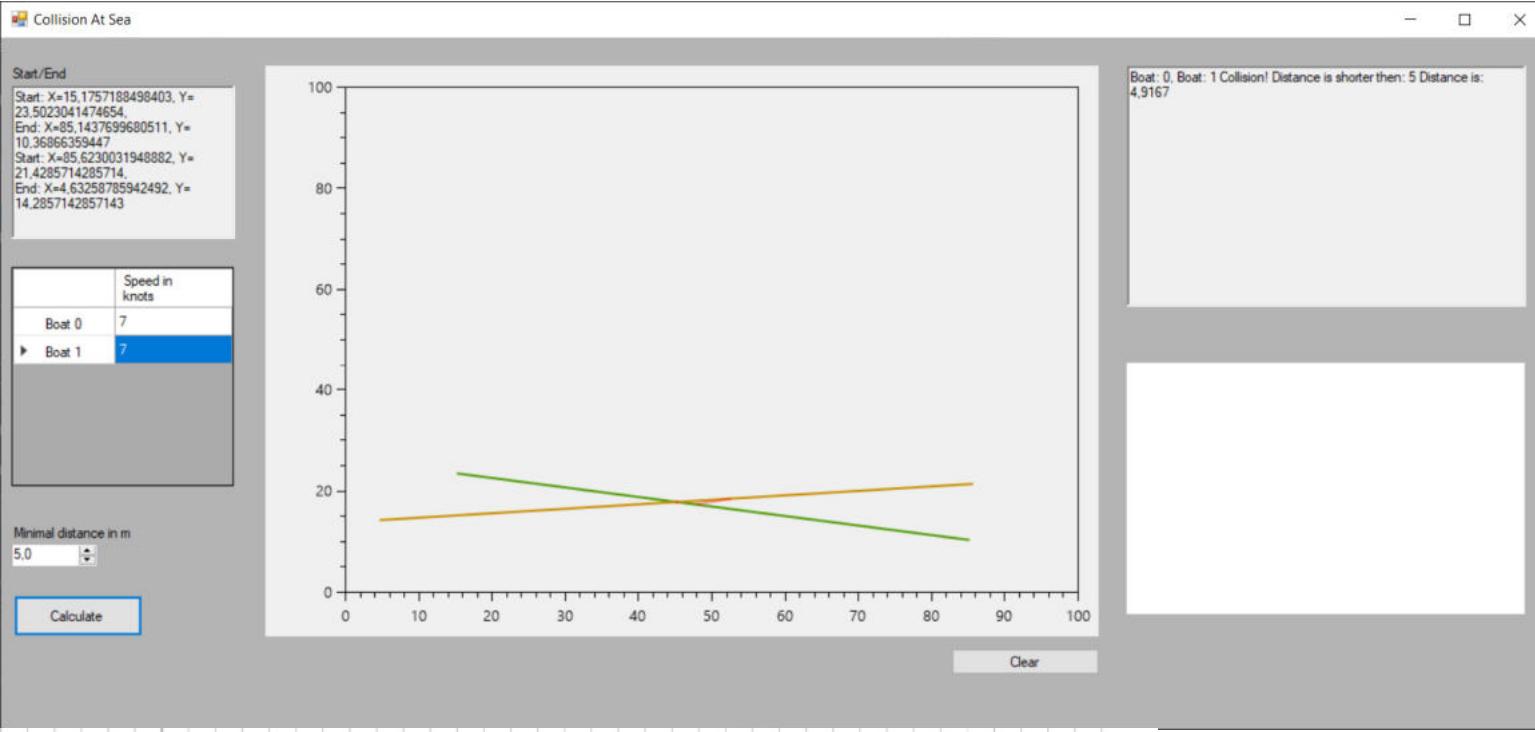
$$\text{Distanz} = 2,0687$$

Kollision berechnen ($i = 1,9562$)

Boot 1 $(45,6430 / 8,7717)$ (Programm: $(45,643 / \text{gleich})$)

Boot 2 $(46,5865 / 7,0645)$ (gleich / gleich)

$$\text{Distanz} = 1,9562$$



6. "Stachender Schritt"

Boat 1 $S_1(15, 1757/23, 5023)$, $E_1(85, 1438/10, 3687)$

Boat 2 $S_2(15, 6230/21, 4286)$, $E_2(4, 6326/14, 2857)$

Boat 1 = Boat 2 = 7 m/s

Mindst Abstand = 7 m

Steigung m , Steigungswinkel ϕ

$$m_1 = -0,1877 \quad \phi_1 = -0,1855$$

$$m_2 = 0,0812 \quad \phi_2 = 0,0888$$

Schrittweite

$$\text{Boat 1 } s_{x_1} = 6,8299 \\ s_{y_1} = -7,2977$$

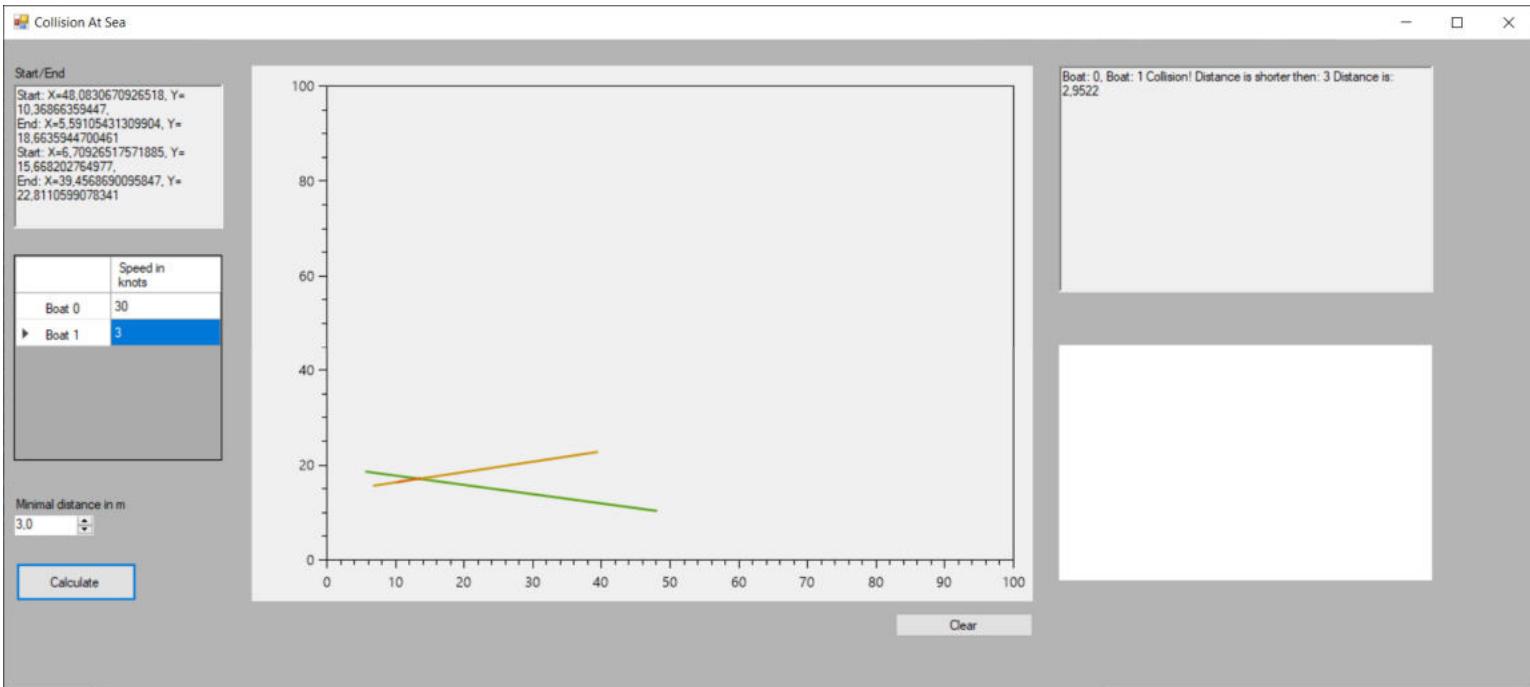
$$\text{Boat 2 } s_{x_2} = 6,3725 \quad \text{werden durch Fallunterschiede} \\ s_{y_2} = 0,6152 \quad \text{negiert}$$

Abstand kurz vor Kollision ($i = 4,73$)

$$\text{Boat 1 } (47,7776 / 17,3959) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: (gleich/gleich)} \\ \text{gleich/gleich} \end{array} \right) \\ \text{Boat 2 } (52,6472 / 18,5787) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: (gleich/gleich)} \\ \text{gleich} \end{array} \right) \\ \text{Distanz} = 5,0507$$

Kollision berechnen ($i = 4,7741$)

$$\text{Boat 1 } (47,7964 / 17,3825) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: (gleich/gleich)} \\ \text{gleich/gleich} \end{array} \right) \\ \text{Boat 2 } (52,5715 / 18,5726) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: (gleich / 18,5725)} \\ \text{gleich} \end{array} \right) \\ \text{Distanz} = 1,9767$$



7. "Stauender" Schritt mit stark unterschiedlichen Geschwindigkeiten:

Boat 1 $S_1(48,0831 / 10,3682)$, $E_1(5,5511 / 18,6636)$

Boat 2 $S_2(6,7093 / 15,6682)$, $E_2(35,4565 / 22,8711)$

Boat 1 = 30 m/s

Boat 2 = 3 m/s

Minimalkreisabstand = 3 m

Steigung m , Steigungswinkel φ

$$m_1 = -0,1552 \quad \varphi_1 = -8,7928^\circ$$

$$m_2 = 0,2187 \quad \varphi_2 = 0,2747^\circ$$

Schrittweite

Boat 1 $s_{x1} = 29,44011$ } werden durch Fallunterschiede
 $s_{y1} = -5,22222,7482$ } begrenzt

$$\begin{array}{l} \hline \text{Boat 2} & s_{x2} = 2,9571 \\ & s_{y2} = 0,6392 \end{array}$$

Abstand kurz vor der Kollision ($i = 1,18$)

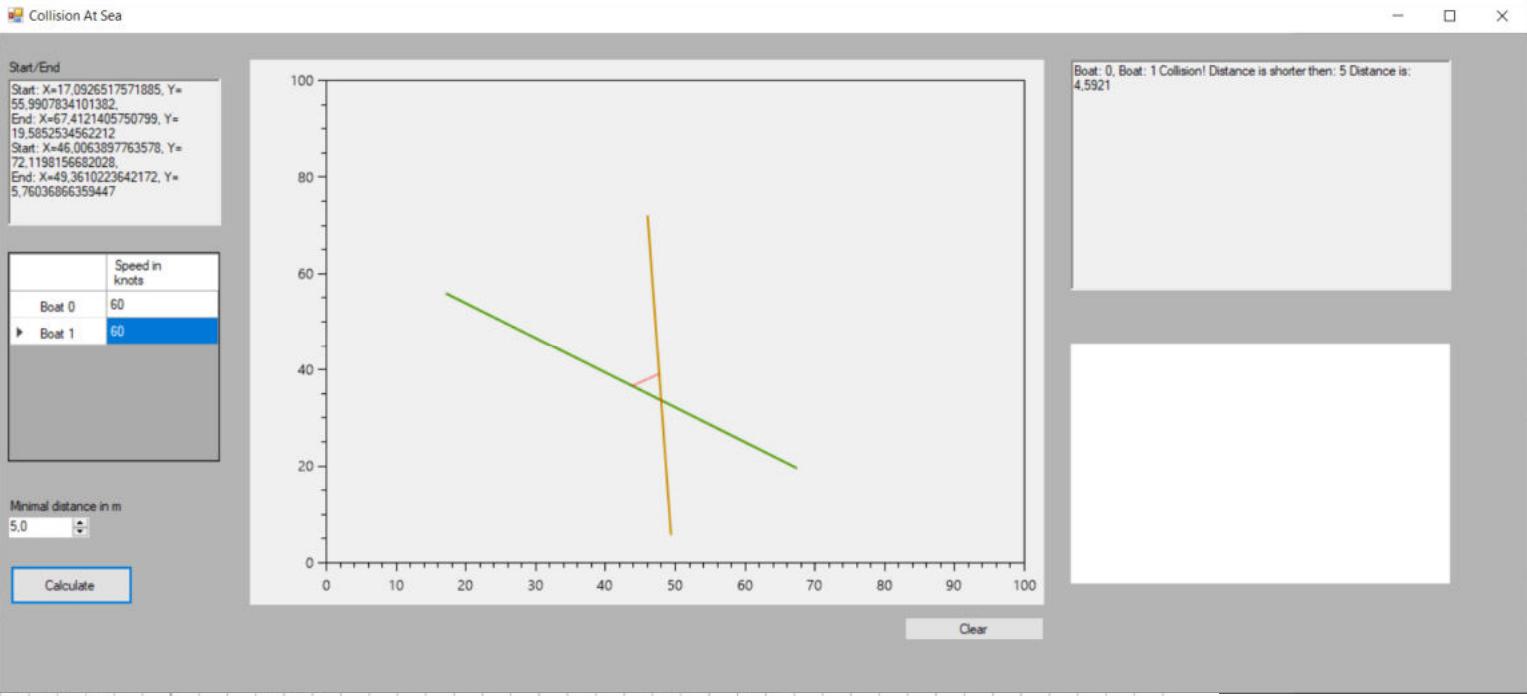
$$\begin{array}{l} \text{Boat 1 } (13,3351 / 17,1516) \\ \text{Boat 2 } (10,168 / 16,4225) \end{array} \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (13,335 / 17,1515) \\ \text{(gleich/gleich)} \end{array} \right)$$

Distanz = 3,2538

Abstand Kollisionsberechnung ($i = 1,19$)

$$\begin{array}{l} \text{Boat 1 } (13,0446 / 17,2091) \\ \text{Boat 2 } (10,1973 / 16,4289) \end{array} \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (8,gleich / 17,209) \\ \text{(gleich / 16,4289)} \end{array} \right)$$

Distanz = 2,9523



8. Sehr Hohe Geschwindigkeit

Boat 1 $S_1(17,0927 / 55,9908)$, $E_1(67,4121 / 19,5853)$

Boat 2 $S_2(46,0064 / 72,1198)$, $E_2(49,361 / 5,7604)$

Boat 1 = Boat 2 = 60 m/s

Mindestaabstand = 5 m

Steigung m , Steigungswinkel φ

$$m_1 = -0,7235 \quad \varphi_1 = -0,6263$$

$$m_2 = -15,7816 \quad \varphi_2 = -7,5203$$

Schrittweite

$$\text{Boat 1 } s_{x1} = 48,6107 \\ s_{y1} = -35,1657$$

$$\text{Boat 2 } s_{x2} = 3,0284 \\ s_{y2} = -55,9235$$

Abstand kurz vor der Kollision
($i = 0,55$)

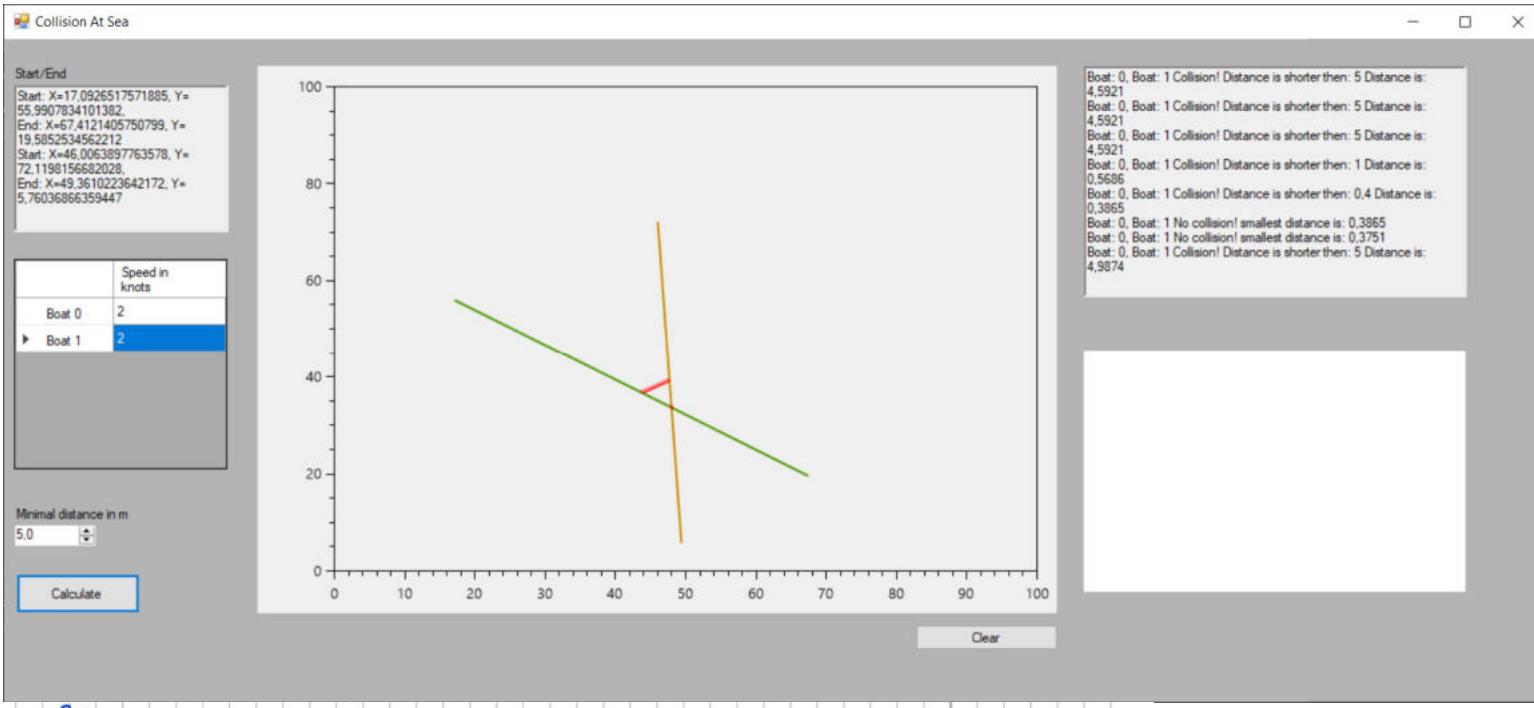
$$\text{Boat 1 } (43,3432 / 36,5955) \quad \text{Boat 2 } (47,6418 / 39,7671) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (\neq \text{ gleich} / \text{gleich}) \\ (\neq \text{ gleich} / \neq \text{ gleich}) \\ \neq \text{ gleich} \end{array} \right)$$

Distanz = 5,1092

Kollisionsberechnung ($i = 0,55$)

$$\text{Boat 1 } (43,8204 / 36,6478) \quad \text{Boat 2 } (47,6727 / 39,7679) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (43,8293 / \neq \text{ gleich}) \\ (\text{gleich} / \text{gleich}) \\ \text{gleich} \end{array} \right)$$

Distanz = 4,5987



8b Vergleich schnelle - langsame Boote

Ausgangssituation: Wie verändert sich die Genauigkeit, wenn die Geschwindigkeit verändert wird?
Boote haben selbige Start- und Zielpunkte wie bei 1. aber
Boat 1 = Boat 2 = 2 m/s.
Mindestabstand bleibt bei 5m.

Steigung m , Steigungswinkel φ

Siehe 8.

Schrittweite

$$\text{Boat 1} \quad s_{x_1} = \frac{43,6404 - 36,9292}{16,26} = 0,4164 \quad 1,6204 \\ s_{y_1} = -\frac{7,5254 - 9,2923}{16,26} = -0,1723$$

$$\text{Boat 2} \quad s_{x_2} = \frac{47,6471 - 39,6405}{16,26} = 0,7003 \quad -1,5526 \\ s_{y_2} = -\frac{6,0572 - 6,6405}{16,26} = -0,3626$$

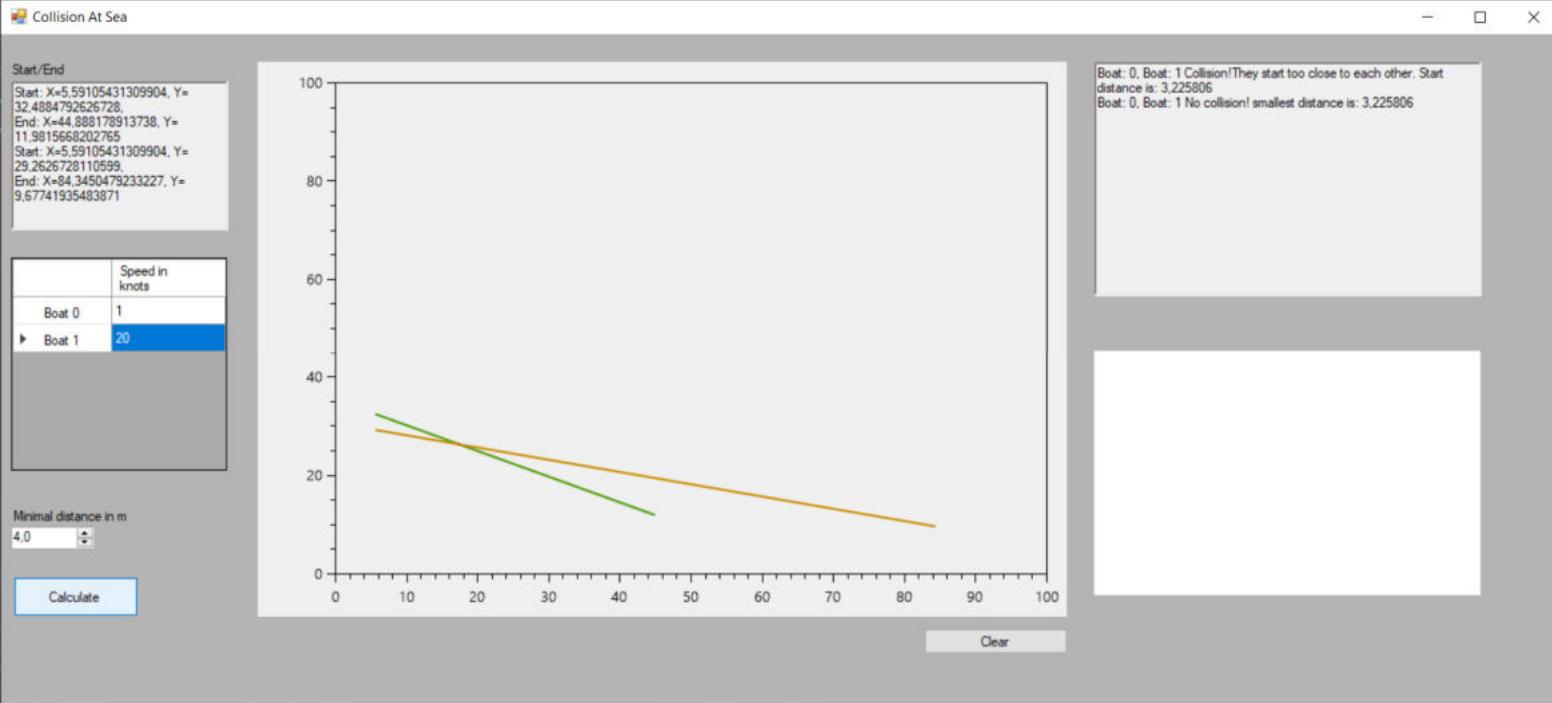
Abstand kurz vor der Kollision ($i = 16,26$)

$$\text{Boat 1 } (43,6404 / 36,9292) \quad \text{Programm: } \begin{cases} (\text{gleich/gleich}) \\ (\text{gleich/gleich}) \end{cases} \\ \text{Boat 2 } (47,6471 / 39,6405) \quad \text{Programm: } \begin{cases} (\text{gleich/gleich}) \\ (\text{gleich/gleich}) \end{cases} \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{5,0047}}$$

• Kollisionsberechnung ($i = 16,26$)

$$\text{Boat 1 } (43,4566 / 36,9175) \quad \text{Programm: } \begin{cases} (\text{gleich/gleich}) \\ (\text{gleich/gleich}) \end{cases} \\ \text{Boat 2 } (47,6491 / 39,6205) \quad \text{Programm: } \begin{cases} (\text{gleich/gleich}) \\ (\text{gleich/gleich}) \end{cases} \\ \text{Distanz} = \underline{\underline{4,5874}}$$

\Rightarrow Je langsamer die Boote fahren, desto genauer ist die ist die Berechnung.



9. Startpunkte zu nah aneinander

(dannach keine Kollision mehr aufgrund Geschwindigkeitsdifferenz)

$$\text{Boat 1 } S_1(5,9105 / 32,9493), E_1(46,1667 / 11,2503)$$

$$\text{Boat 2 } S_2(5,5105 / 30,4147), E_2(85,6231 / 8,5253)$$

$$\text{Boat 1} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{Boat 2} = 20 \text{ m/s}$$

$$\text{Mindestabstand} = 3 \text{ m}$$

(Die Werte der Grafik passen nicht exakt zu den Werten der Rechnung, da ich vergessen habe einen Screenshot zu machen. Die Werte passen zu dem Szenario und kommen auf dasselbe Ergebnis (Kollision, da die Startpunkte zu nah aneinander liegen).)

Steigung m , Steigungswinkel φ

$$m_1 = -0,538 \quad \varphi_1 = -0,4936$$

$$m_2 = -0,2746 \quad \varphi_2 = -0,1268$$

Schritt weiter

$$\text{Boat 1 } s_{x1} = 0,8806 \\ s_{y1} = -6,4738$$

$$\text{Boat 2 } s_{x2} = 15,286 \\ s_{y2} = -5,2567$$

Kollision durch zu nahen Startpunkten

$$\text{Distanz} = 32,9493 - 30,4147 = \underline{\underline{2,5346}}$$

(Programm: 2,534562)

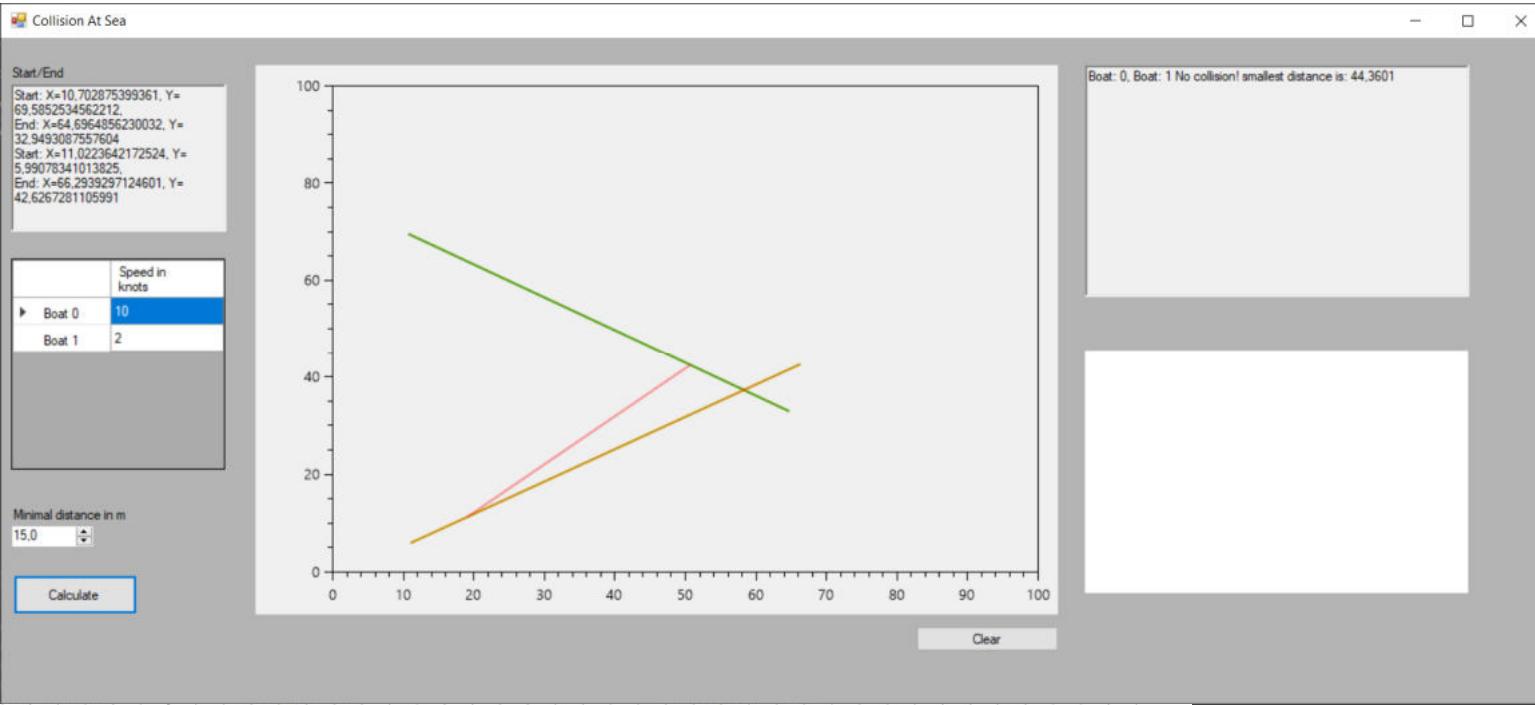
Abstand kurz nach Start ($i = 0,07$)

$$\text{Boat 1 } (5,5105 / 32,9446) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm} \\ (\text{gleich/gleich}) \end{array} \right)$$

$$\text{Boat 2 } (6,1034 / 30,3617) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Programm} \\ (\text{gleich/30,3617}) \end{array} \right)$$

$$\text{Distanz} = 4,5795 \quad \left(\begin{array}{l} \\ (4,5794) \end{array} \right)$$

\Rightarrow Wenn Startpunkte zu nah aneinander, dann nicht in die Schleife gehen.



10. Gedenk zu nah an einander

(Boote treffen jedoch nicht gleichzeitig ein)

Boat 1 $S_1(10, 70251/65, 5853), E_1(64, 69651/32, 9453)$

Boat 2 $S_2(11, 02241/5, 5909), E_2(66, 29391/42, 6267)$

Boat 1 = 10 ~~m/s~~ m/s

Boat 2 = 2 m/s

Minimalabstand = 15 m

Steigung m , Steigungswinkel ϕ

$$m_1 = -0,6785 \quad \phi_1 = 0,5962$$

$$m_2 = 0,6628 \quad \phi_2 = 0,5853$$

Schrittweite

$$\begin{aligned} \text{Boat 1 } s_{x_1} &= 8,2748 \\ s_{y_1} &= -5,675 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Boat 2 } s_{x_2} &= 1,6671 \\ s_{y_2} &= 1,1049 \end{aligned}$$

Abstand kurz vor dem geringsten Abstand ($i=4,82$)

Boat 1 $(50, 58741/42, 527)$

Boat 2 $(19, 05781/11, 3269)$

Distanz = 44,3604

$\left(\begin{array}{l} f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich} \end{array} \right)$

 Programm:
 $\left(\begin{array}{l} f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich} \end{array} \right)$

Geringster Abstand ($i=4,83$)

Boat 1 $(50, 67021/42, 4649)$

Boat 2 $(19, 02451/11, 3275)$

Distanz = 44,3602

$\left(\begin{array}{l} f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich} \end{array} \right)$

 Programm:
 $\left(\begin{array}{l} f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich}/f_2 \text{ gleich} \\ f_1 \text{ gleich} \end{array} \right)$

Abstand kurz nach den geringsten Abstand
($i=4,84$)

$$\begin{array}{l} \text{Boot 1} (50,7529 / 42,4087) \\ \text{Boot 2} (19,0512 / 11,3385) \end{array} \left(\begin{array}{l} \text{Programm: } (50,7529 / 42,4087) \\ \text{gleich/gleich} \end{array} \right)$$

Distanz = 44,3607 44,3602

Da Abstand bei $i=4,83 < i=4,84 \Rightarrow$ no eine Iteration $i=4,85$

$$\text{Boot 1} (50,8357 / 42,3526)$$

$$\text{Boot 2} (19,1028 / 11,3456)$$

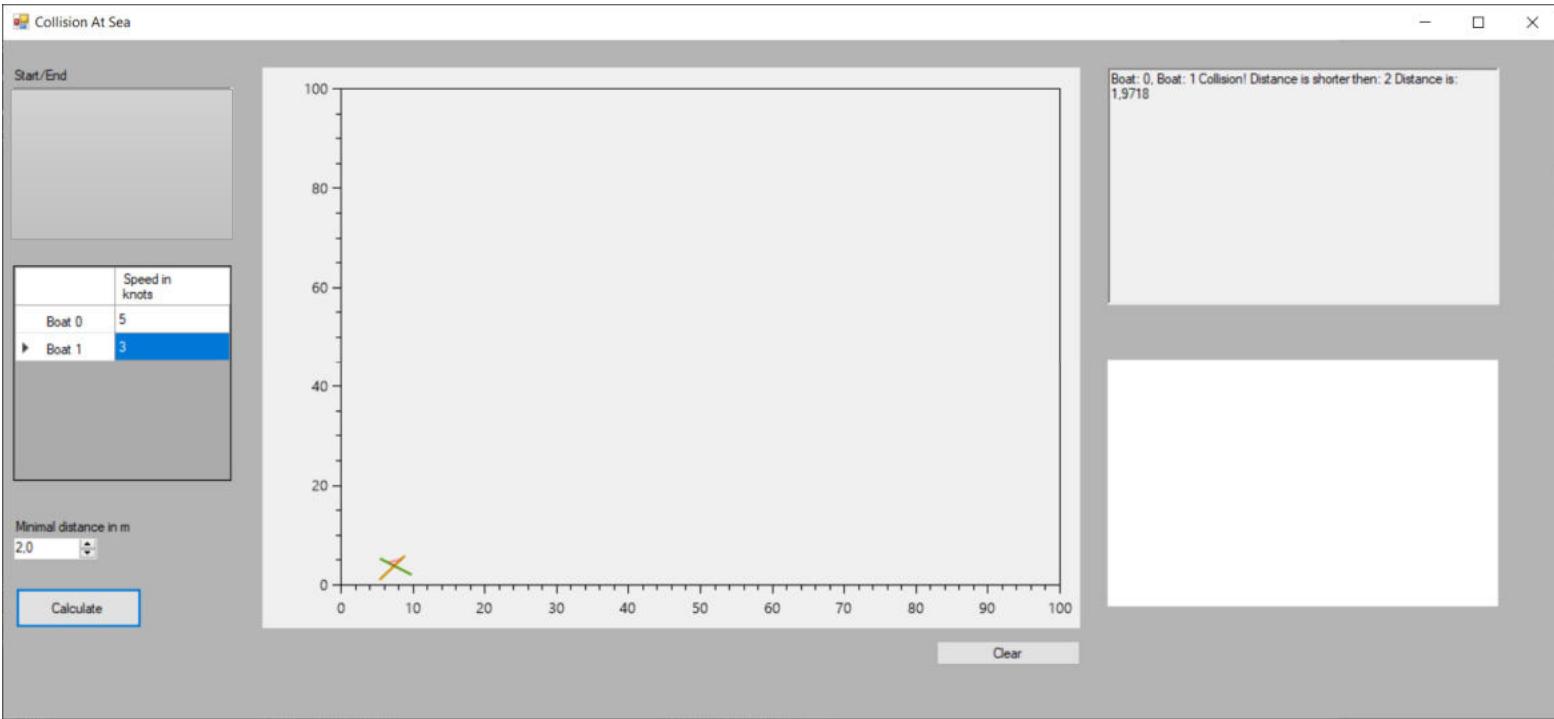
$$\text{Distanz} = \underline{\underline{44,3604}}$$

Abstand der Endpunkt

$$\text{Distanz} = \underline{\underline{9,8084}}$$

Die Boote kommen in den Kollisionsbereich, wenn das schnellere bereits angekommen ist, demnach richtig, dass obwohl sie ~~sich~~ von den Zahlen her kollidieren, keine Collision das Ergebnis ist.

Die Textboxen oben links auf den Screenshots wurden entfernt da die Punkte der folgenden Rechnungen manuell im Code eingegeben wurden.



11.

$$\text{Boat 1 } S_1 (5, 4 / 5, 35), E_1 (9, 82 / 1, 05)$$

$$\text{Boat 2 } S_2 (8, 86 / 5, 51), E_2 (5, 32 / 1, 05)$$

$$\text{Boat 1} = 5 \text{ m/s}$$

$$\text{Boat 2} = 3 \text{ m/s}$$

$$\text{Mindestabstand} = 2 \text{ m}$$

Steigung m , Steigungswinkel ϕ

$$m_1 = -0,7376 \quad \phi = -0,6355$$

$$m_2 = 1,3719 \quad \phi = 0,9473$$

Schriftweite

$$\text{Boat 1 } Sx_1 = 4,0239 \\ Sy_1 = -2,5675$$

$$\text{Boat 2 } Sx_2 = 1,7662 \quad \left. \begin{array}{l} \text{wenden durch Fallcenter-} \\ \text{scheidungen} \end{array} \right\}$$

Abstand kurz vor Kollision ($i=0,27$)

$$\text{Boat 1 } (6,4865 / 4,5487) \quad \left(\begin{array}{l} \text{gleich/gleich} \\ \text{Programm: gleich/gleich} \end{array} \right)$$

$$\text{Boat 2 } (8,3837 / 5,2553) \quad \left(\begin{array}{l} \text{gleich/gleich} \\ \text{gleich/gleich} \end{array} \right)$$

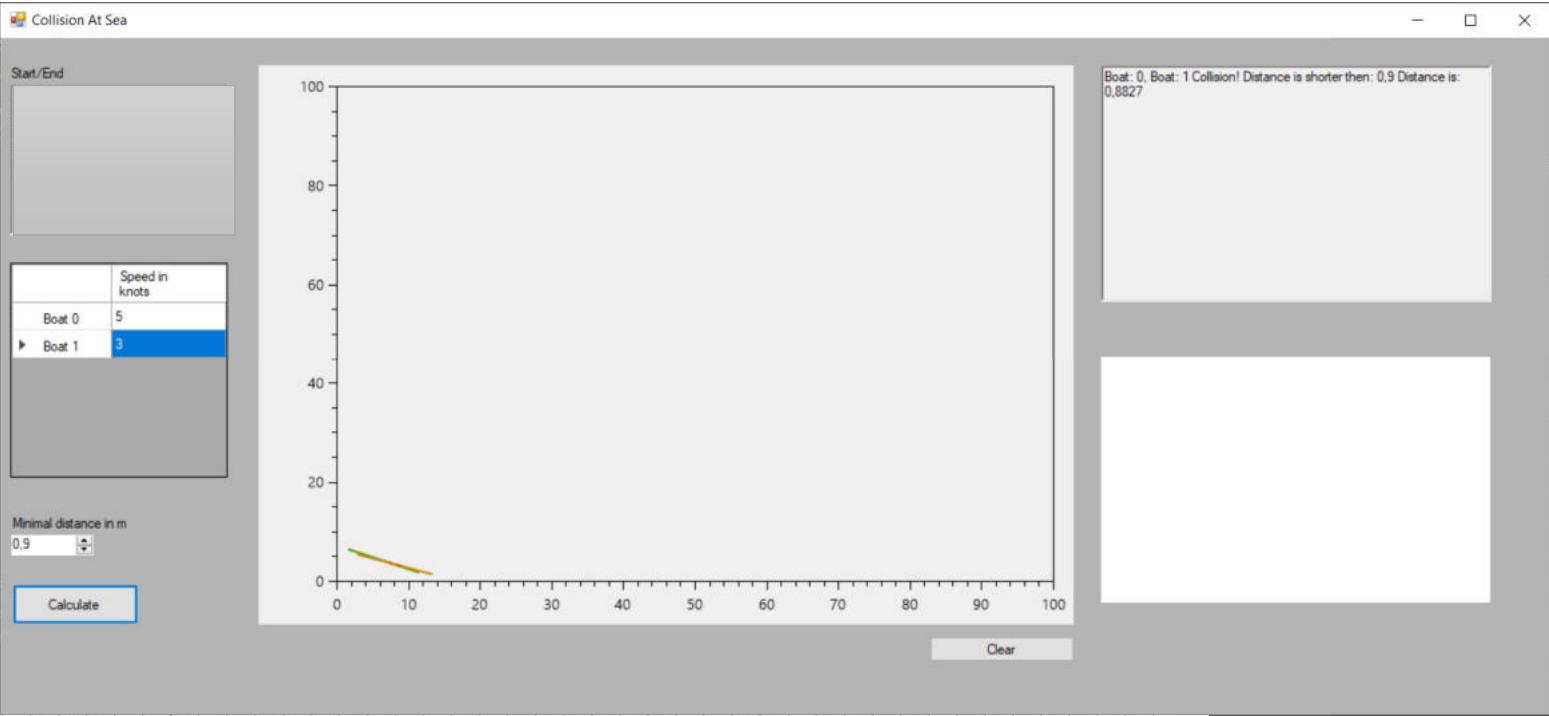
$$\text{Distanz} = \underline{\underline{2,024}}$$

Kollisionsberechnung ($i=0,28$)

$$\text{Boat 1 } (6,5267 / 4,5197) \quad \left(\begin{array}{l} \text{gleich/gleich} \\ \text{Programm: gleich/gleich} \end{array} \right)$$

$$\text{Boat 2 } (8,3655 / 5,231) \quad \left(\begin{array}{l} \text{gleich/gleich} \\ \text{Programm: gleich/gleich} \end{array} \right)$$

$$\text{Distanz} = \underline{\underline{1,9718}}$$



72

Boat 1 $S_1(1,5365 / 6,5204)$, $E_1(17,3992 / 1,8486)$

Boat 2 $S_2(13,2843 / 1,4661)$, $E_2(4,8069 / 5,5096)$

Boat 1 = 5 m/s

Boat 2 = 3 m/s

Mindestabstand = 0,9

Steigung m , Steigungswinkel φ

$$m_1 = +0,4737 \quad \varphi_1 = -0,4424$$

$$m_2 = -0,3855 \quad \varphi_2 = -0,3683$$

Schriftweite

$$\text{Boat 1} \quad S_{x1}=4,5196 \\ S_{y1}=-2,7405$$

$$\text{Boat 2} \quad S_{x2}=2,7588 \\ S_{y2}=-1,0801 \quad \left. \begin{array}{l} \text{werden durch Fallunterschiede} \\ \text{hefert} \end{array} \right\}$$

Abstand kurz vor Kollision ($i = 1,98$)

$$\text{Boat 1 } (8,224 / 3,3525) \quad \left. \begin{array}{l} \text{Programm: (gleich/gleich)} \\ \text{(gleich/gleich)} \\ \text{Gleich} \end{array} \right\}$$

$$\text{Boat 2 } (5,7427 / 4,0646)$$

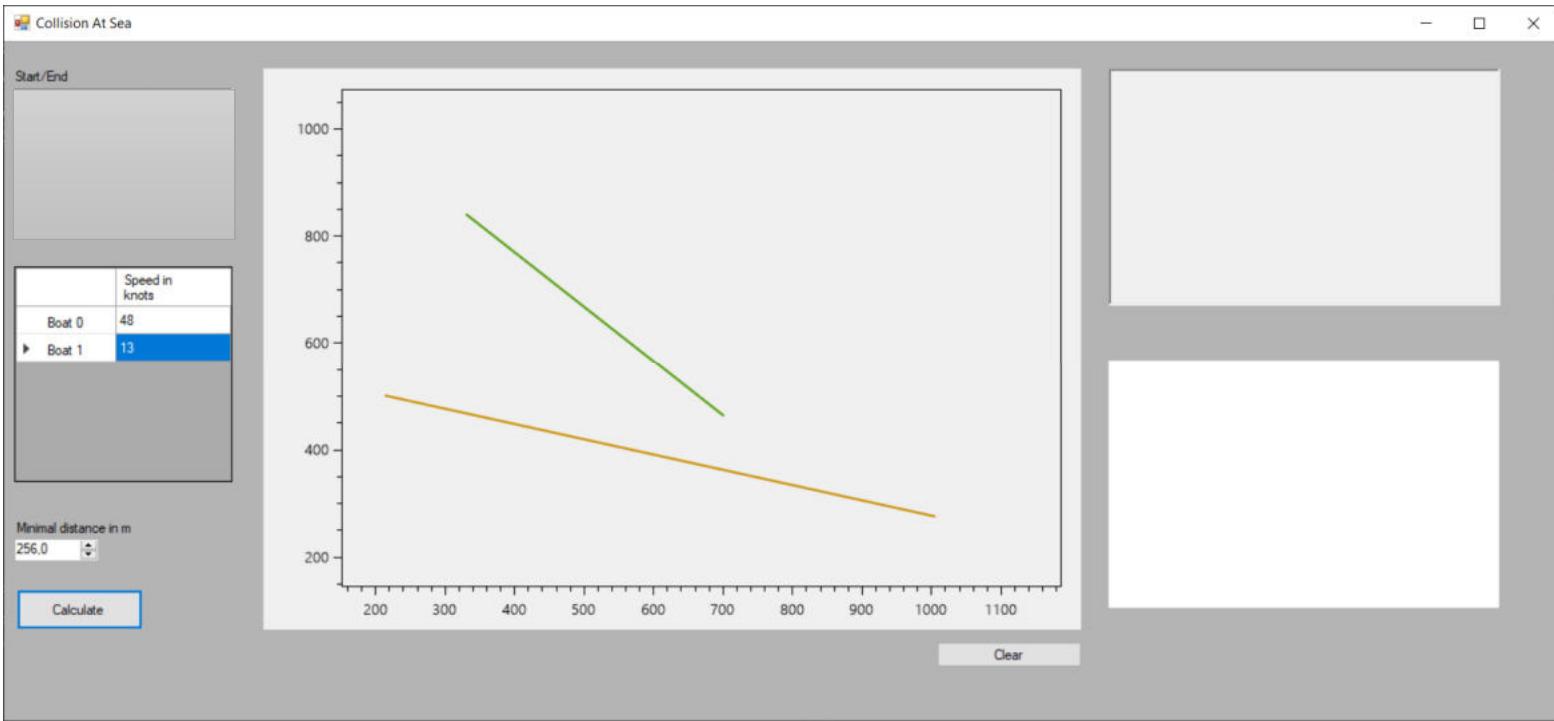
$$\text{Distanz} = \underline{\underline{0,9622}}$$

Kollisionsberechnung ($i = 1,45$)

$$\text{Boat 1 } (8,2602 / 3,3317) \quad \left. \begin{array}{l} \text{Programm: (gleich/gleich)} \\ \text{(gleich/gleich)} \\ \text{gleich} \end{array} \right\}$$

$$\text{Boat 2 } (5,7741 / 4,0754)$$

$$\text{Distanz} = \underline{\underline{0,1827}}$$



13

Boot 1 $S_1(329, 7037 / 847, 4607)$, $E_1(707, 1025 / 463, 1773)$

Boot 2 $S_2(1005, 4135 / 276, 8954)$, $E_2(173, 2263 / 504, 3375)$

Boot 1 = 48 m/s

Boot 2 = 13 m/s

Mindistanz = 246,5296 m

Mein Programm berechnet die Kollisionsberechnung nicht, da sich die Straßen nicht schneiden und daher eigentlich keine Kollision vorkommen kann.
Ich werde im Folgenden berechnen, wann die Schiffe, dennoch den Mindestabstand unterschreiten.

Steigung m , Steigungswinkel ρ

$$\begin{aligned} m_1 &= -1,0185 & \rho_1 &= -0,79986 \\ m_2 &= -0,4844 & \rho_2 &= -0,2771 \end{aligned}$$

Schrittweite

$$\begin{aligned} \text{Boot 1 } s_{x1} &= 33,6274 & s_{y1} &= -36,252 \\ \text{Boot 2 } s_{x2} &= 145,047 & s_{y2} &= -3,5564 \end{aligned} \quad \text{§ werden aufmerksam.}$$

Abstand kurz vor Kollision ($i = 10,63$)

Boot 1 $(687, 4952 / 177, 0797)$

Boot 2 $(872, 3699 / 313, 9255)$

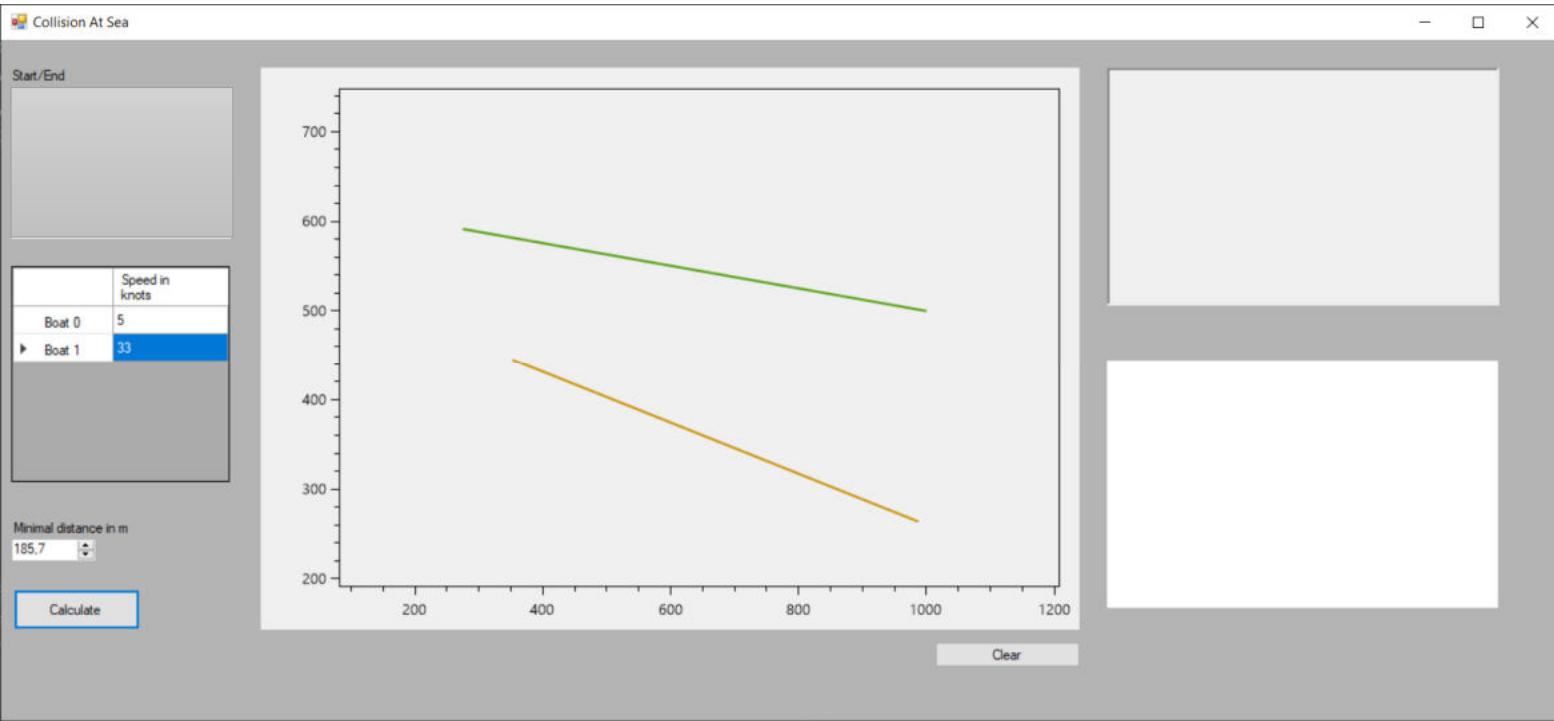
Distanz = 246,7257

Kollisionsberechnung ($10,64 = i$)

Boot 1 $(687, 4952 / 177, 0797)$

Boot 2 $(872, 3699 / 313, 9255)$

Distanz = 246,5297



14

Boat1 S₁(274,4971 / 591,5507), E₁(1000/500)

Boat2 S₂(597,2855 / 463,804), E₂(357,9258/445,1781)

Boat1 = 5 m/s

Boat2 = 33 m/s

Mindertabstand = 185,687,1

Mein Programm hat dasselbe "Problem", wie bei 13.
daher handhabte ich es genau so.

Steigung m_1 , Steigungswinkel φ

$$m_1 = -0,1262 \quad \varphi_1 = -0,1255$$

$$m_2 = -0,2855 \quad \varphi_2 = -0,2781$$

Schreitweite

$$\begin{aligned} \text{Boat 1 } Sx_1 &= 4,9607 \\ Sy_1 &= -0,6259 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Boat 2 } Sx_2 &= 37,7381 \\ Sy_2 &= -9,0595 \end{aligned} \left. \begin{array}{l} \text{werden nachst. angefert} \\ \text{(durch Fallunterschriften)} \end{array} \right\}$$

Abstand Kurve vor Collision ($i = 17,00$)

Boat 1 (358,829 / 580,9151)

Boat 2 (447,8198 / 472,8155)

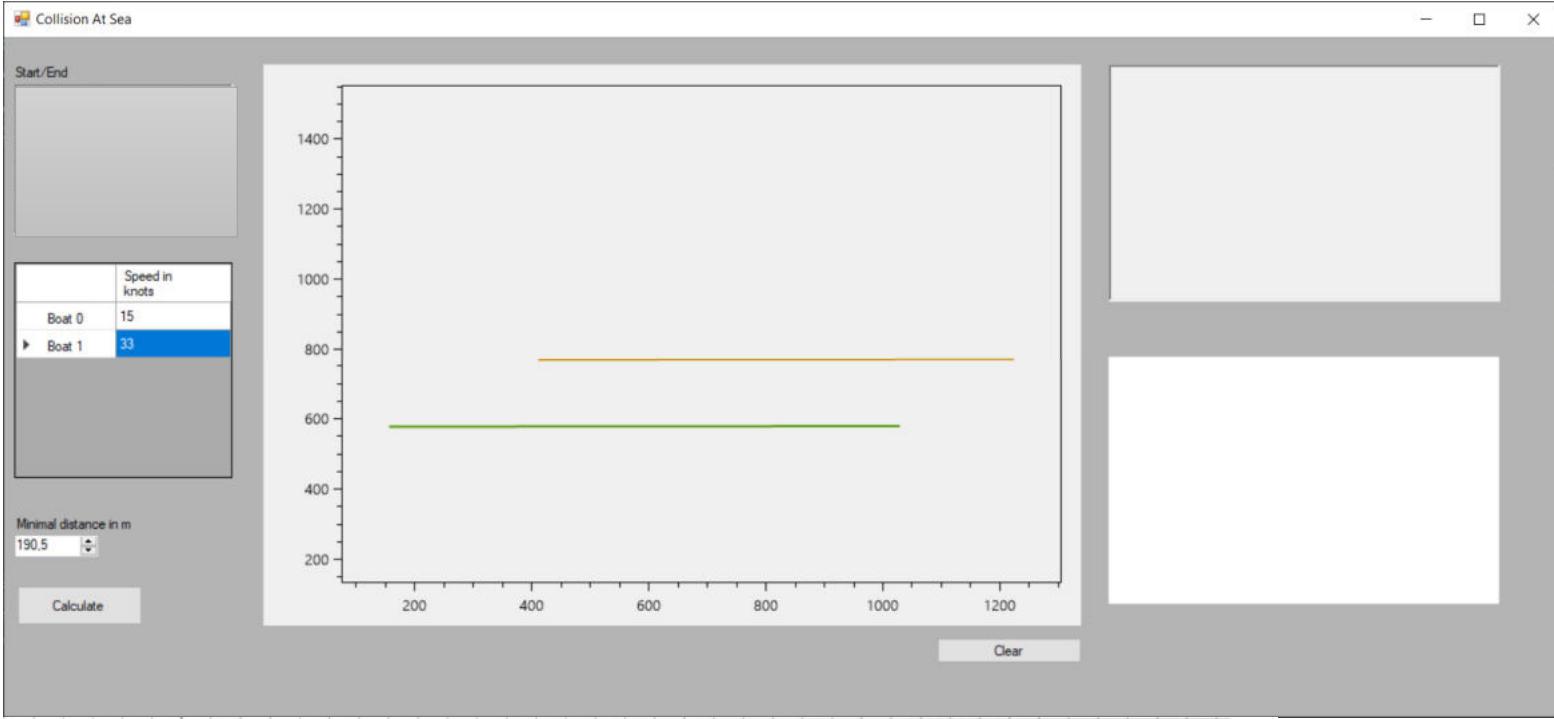
Distanz = 185,1066

Collision berechnung ($i = 17,01$)

Boat 1 (358,8786 / 580,9188)

Boat 2 (447,5025 / 472,9061)

Distanz = 185,5461



15.

Boat1 $S_1(156, 0577 / 578, 156), E_1(1028, 6315 / 579, 1828)$

Boat2 $S_2(2223, 5159 / 770, 8775), E_2(471, 0545 / 769, 2088)$

Boat1 = 15 m/s

Boat2 = 33 m/s

Minderabstand > 190,54 m

Im Folgenden wird gezeigt, ob sie parallel sind

$$\text{Zähler} = (E_2 \cdot Y - S_2 \cdot Y) \cdot (S_1 \cdot Y - E_2 \cdot X) - (S_2 \cdot Y - E_2 \cdot Y) \cdot (E_2 \cdot X - S_2 \cdot X)$$

$$= 96118650,24$$

$$\text{Nenner} = (E_1 \cdot Y - S_1 \cdot Y) \cdot (E_2 \cdot X - S_2 \cdot X) - (E_2 \cdot Y - S_2 \cdot Y) \cdot (E_1 \cdot X - S_1 \cdot X)$$

$$= 0,0535$$

$$\text{Hilfswert} = \frac{\text{Zähler}}{\text{Nenner}} = 1796610485$$

Schnittpunkt

$$X_S = S_1 \cdot X + \text{Hilfswert} \cdot (S_2 \cdot X - S_1 \cdot X)$$

$$= 1,567675064 \cdot 10^{12}$$

$$Y_S = -2890206195$$

\Rightarrow ~~Die Strecken sind nicht exakt parallel~~

Da der Schnittpunkt jedoch enorm weit entfernt ist, rechnet auch hier das Programm den gerüsten Abstand nicht aus. (Begründung A.S. 13.)