SEEZEICHENVERSUCHSFELD SZVF-610

Auswertung

Berechnung der Bezugsbahn

November 1984

FACHHOCHSCHULE HAMBURG

FACHBEREICH SEEFAHRT

Schiffsführungs- und Simulationsanlage SUSAN HAMBURG

W.-W. Scheuermann

Inhalt

1. Definition der Doppelkurve

Eine Doppelkurve des Projektes SZVF-610 wird in fünf Teile gegliedert:

1. Vorlauf; Kurs 180°
2. Linkskurve; Kursänderung 180°-135°
3. Verbindungsstück; Kurs 135°
4. Rechtskurve; Kursänderung 135°-180°
5. Nachlauf; Kurs 180°

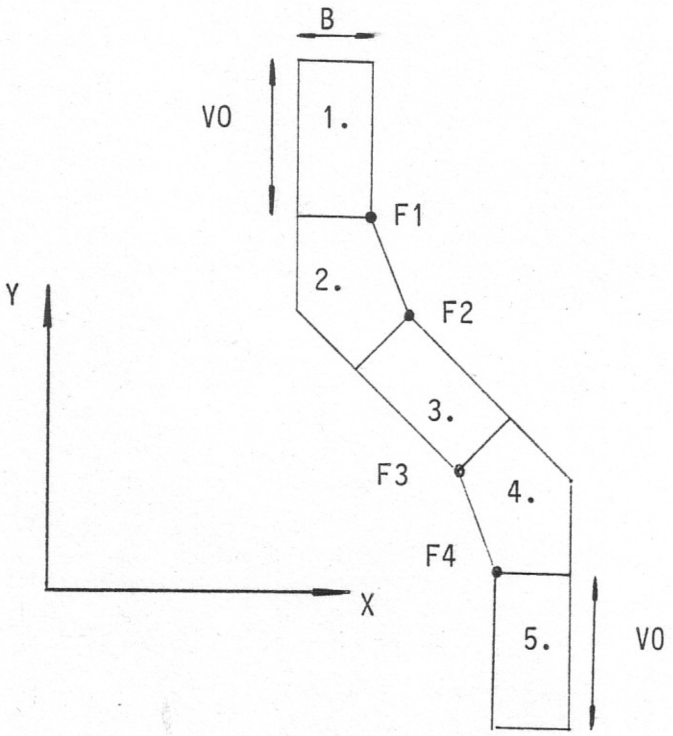

Fig. 1

Zur Bestimmung der Lage der Kurven und der Bezugsbahn sind folgende Eingaben nötig:

Fixpunkte	F1 = (X1,Y1)
	F2 = (X2,Y2)
	F3 = (X3,Y3)
	F4 = (X4,Y4)
Fahrwasserbreite:	B
Lage der Bezugsbahn:	F ,0< F< 1
Abstand der Schnittlinien:	DIS
Länge des Vor- bzw. Nachlaufs:	VO

Das Koordinatensystem ist das rechnerinterne globale System

Es gibt drei Doppelkurven, die sich lediglich in der geografischen Lage und ihrer Fahrwasserbreite B unterscheiden:

Kurve #1	B = 600 m
Kurve #2	B = 300 m
Kurve #3	B = 150 m

Die Kurse sind für alle Kurven gleich.

2. Definition der Bezugsbahn

Die Bezugsbahn ist aus Geraden und Kreisbögen zusammengesetzt. Ihr lotrechter Abstand zur östlichen Baggerlinie der geraden Fahrwasserteile beträgt B*F.
Wesentlich für die Berechnung der Bezugsbahn sind die Punkte e1, e2, e3 und e4, sowie die Kurvenmittelpunkte R1 und R2.

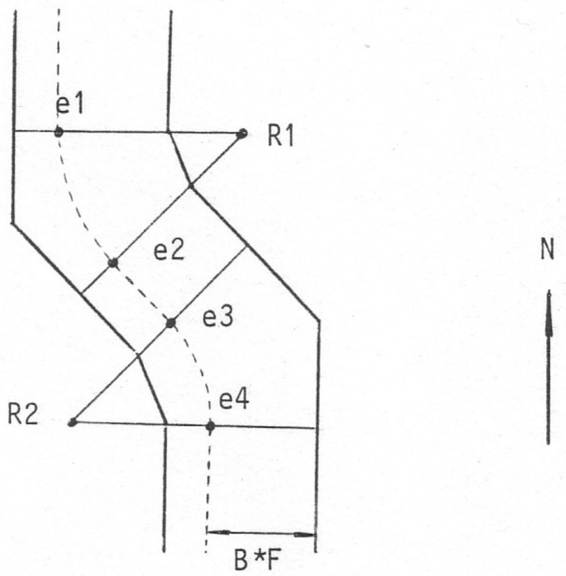

Fig. 2

Aus geometrischen Überlegungen erhält man die Formeln zur Berechnung von e1,...,e4

2.1. Berechnung von e1, e2

Gegeben: F1, F2
Gesucht: e1 = (E1,E2)
e2 = (E3,E4)

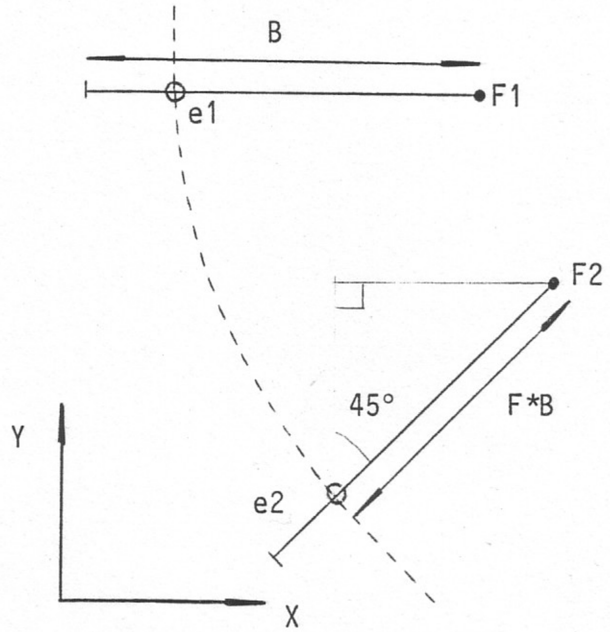

Fig. 3

Linkskurve

E1 = X1 - F*B
E2 = Y1

E3 = X2 - F*B*sin(45°)
E4 = Y2 - F*B*cos(45°)

Dabei ist sin(45°) = cos(45°) = 1/SQRT(2)

2.2. Berechnung von e3, e4

Gegeben: F3, F4
Gesucht: e3 = (E5,E6)
e4 = (E7,E8)

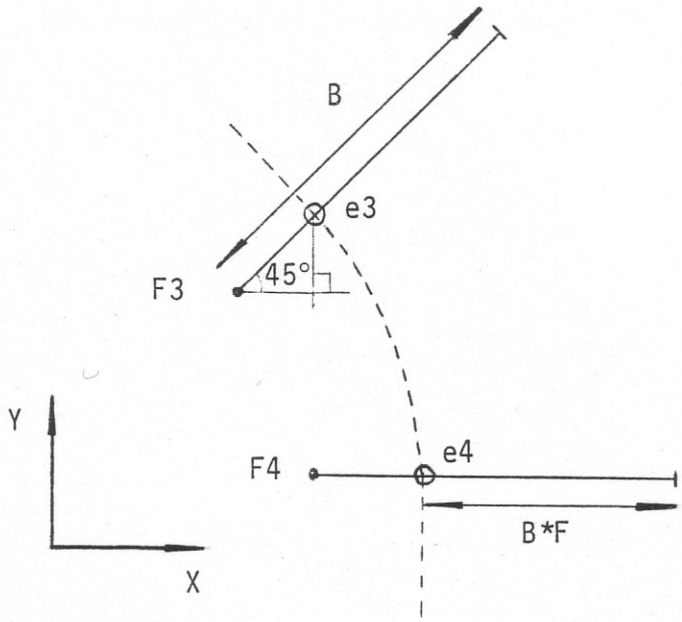

Fig. 4

Rechtskurve

$$E5 = X3 + B*(1-F)*\cos(45^\circ)$$
$$E6 = Y3 + B*(1-F)*\sin(45^\circ)$$

$$E7 = X4 + B*(1-F)$$
$$E8 = Y4$$

Desgleichen erhält man aus geometrischen Betrachtungen die Kurvenradien und Koordinaten der Kurvenmittelpunkte R1 und R2.

2.3. Berechnung der Kurvenmittelpunkte und Radien

Linkskurve

Gegeben: e1, e2
Gesucht: R1 = (RX,RY)
R , Kurvenradius

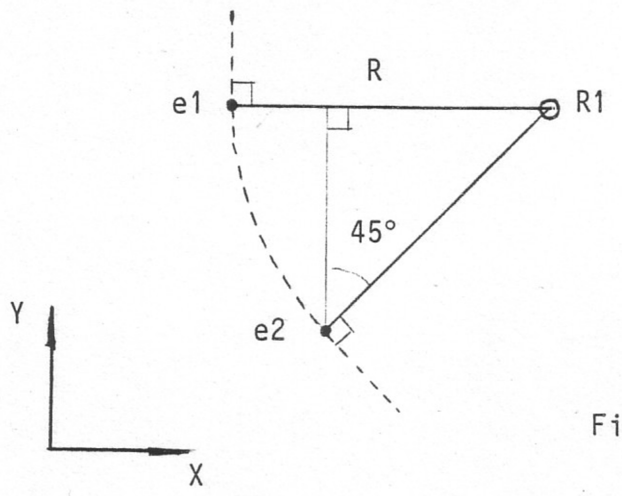

Fig. 5

RX = (E1*sin(45°)-E3)/(sin(45°)-1)
RY = E2

R = RX - E1

Rechtskurve

Gegeben: e3, e4
Gesucht: R2 = (MX,MY)
R , Kurvenradius

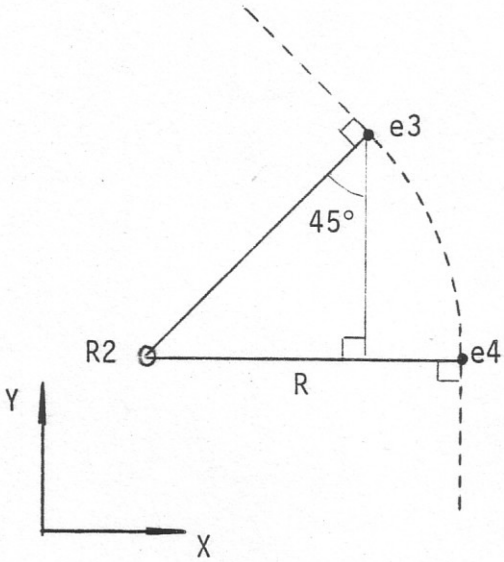

Fig. 6

MX = (E5-E7*sin(45°))/(1-sin(45°))
MY = E8

R = E3 - MX.

3. Schnittlinien der Bezugsbahn

In jedem Teil der Doppelkurve wird die Bezugsbahn durch äquidistante Schnittlinien orthogonal geschnitten. Die Distanz der Schnittlinien beträgt bei Vor- und Nachlauf DIS, in den Kurven und auf dem Verbindungsstück ≅ DIS (abhängig von der Geometrie der Kurve).

Eine Schnittlinie wird beschrieben durch das Tripel (x_i, y_i, ρ_i), die Koordinaten des Schnittpunktes Schnittlinie - Bezugsbahn und die geografische Richtung der Schnittlinie

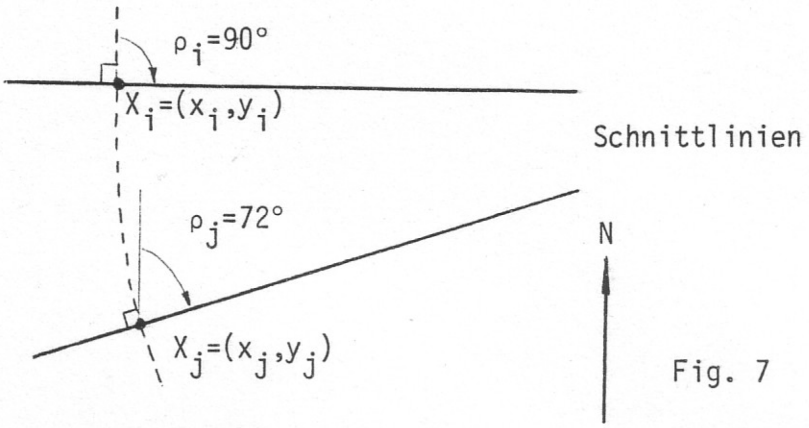

Fig. 7

Bei F ≠ 0.5 ergibt sich für die Links- und Rechtskurve eine verschiedene Anzahl von Schnittlinien.

Diese Anzahl errechnet sich folgendermaßen:

BOG = R*rad(45°),

die Bogenlänge der gesamten Kurve bei Kurvenradius R.

A = int(BOG/DIS + .5),

die gerundete Anzahl der Schnittlinien.

δ = 45°/A,

Winkeländerung von Schnittlinie zu Schnittlinie.

Die Berechnung der Kurvenschnittlinien erfolgt nach folgenden Formeln:

Ändern!

Linkskurve

Drehung des Punktes e1 um R1 um den Winkel i*δ

Gesucht: $X_i = (x_i, y_i)$

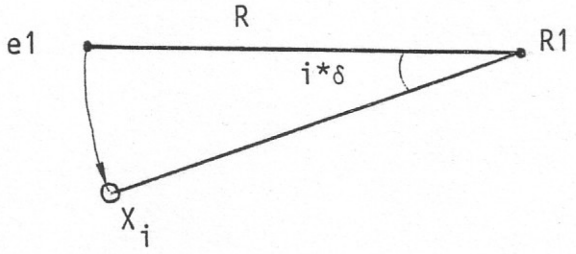

Fig. 8

$R = RX - E1$

$$x_i = \cancel{-R*\cos(i*\delta) + RX} \quad = E1 + R\cdot(1-\cos(i\cdot\delta))$$
$$y_i = \cancel{-R*\sin(i*\delta) + RY} \quad = E2 - R\cdot\sin(i\cdot\delta)$$

$\rho_i = 90° - i*\delta$

Rechtskurve

Drehung des Punktes e3 um R2 um den Winkel j*δ

Gesucht: $X_j = (x_j, y_j)$

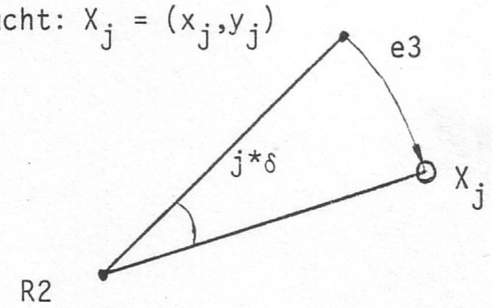

Fig. 9

$R = (E5 - MX)/\sin(45°)$

$$x_j = \cancel{R*\sin(45° + j*\delta) + MX} \quad = E5 + R\cdot(1-\sin(i\cdot\delta+45°))$$
$$y_j = \cancel{R*\cos(45° + j*\delta) + MY} \quad = E6 - R\sin(i\cdot\delta+45°)$$

$\rho_j = 45° + j*\delta$

Verbindungsstück

Der Abstand von e2 und e3 beträgt

R = sqrt((E5 - E3)² + (E6 - E4)²)

Die tatsächliche Distanz der Schnittlinien des Verbindungsstücks beträgt

LA = R/A

Dabei ist A die Anzahl der Schnittlinien, welche sich aus

A = int(R/DIS+ .5)

errechnet.

Den cartesischen Zuwachs Δx (=DX) und Δy (=DY) von Schnittlinie zu Schnittlinie berechnet man mit DD = sqrt(LA²/2).

der Winkel alfa = atn((E5-E3²)/(E6-E4)²)

DX = LA · cos (alfa)

DY = LA · sin (alfa)

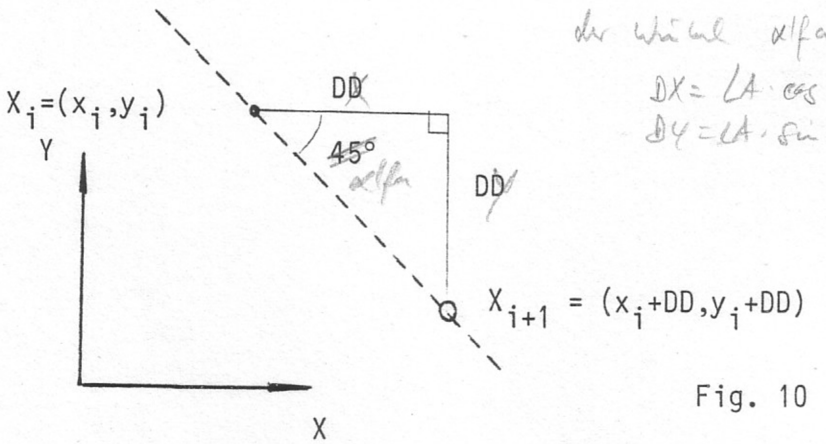

Fig. 10

Die Koordinaten der Schnittlinien von Vor- und Nachlauf lassen sich demgegenüber sehr einfach berechnen, so daß hier nicht näher darauf eingegangen wird.

4. Anmerkungen

Der hier beschriebene Algorithmus für die Berechnung der Bezugsbahn ist nur für die Doppelkurven des Projektes SZVF-610 anwendbar.

Wünschenswert ist eine Verallgemeinerung im Hinblick auf kommende Anforderungen.

Die gegenwärtigen Einschränkungen sind folgende:

- feste Ein- und Auslaufkurse
- 45° - Kurven
- symmetrische Kurvenform
- festes Definitionsformat

Erstrebenswert ist die Auflockerung dieser Einschränkungen mit den Zielen:

- beliebige Ein- und Auslaufkurse
- asymmetrische Kurvenformen
- Kurvendefinition optional

Diskussionsgrundlage mit Holger Stoltenberg