



Name, Vorname: Matrikel Nr.: Semester:

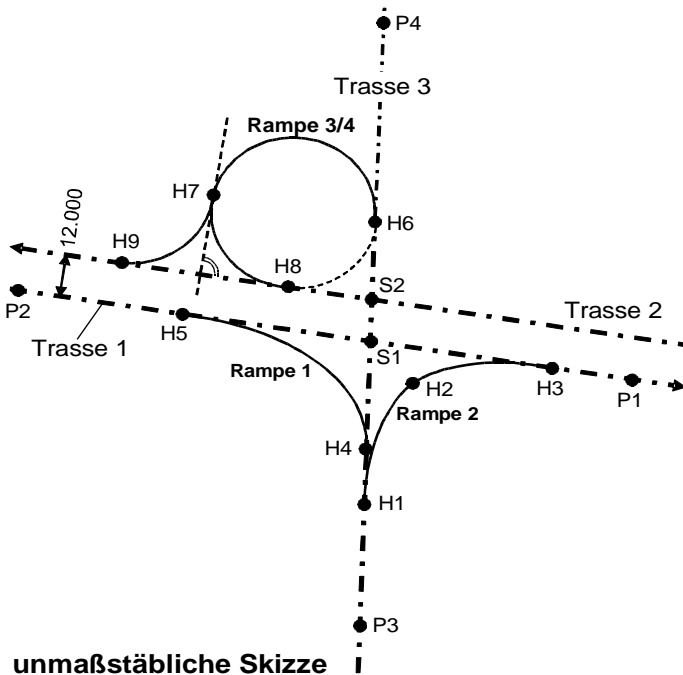
Diplomprüfung WS 2004/05

Punkte: Note:

Straßenplanung

Bearbeitungszeit 2 Stunden; alle Hilfsmittel sind zugelassen.
 Rechnen Sie intern mit maximaler Genauigkeit, Ergebnisse auf 3 Nachkommastellen genau.
 Richtige Ergebnisse ohne nachvollziehbaren Lösungsweg werden mit 1 Punkt bewertet.

Aufgabe 1 (50 Punkte):



Ein Autobahnquerschnitt ist repräsentiert durch die Trassen der beiden Richtungsfahrbahnen „Trasse 1“ und „Trasse 2“ (s. nebenstehende Skizze).

„Trasse 1“ ist durch die beiden Punkte P1 und P2 als Gerade festgelegt; „Trasse 2“ läuft parallel zu „Trasse 1“ im Abstand von 12.000 m.

Über die „Trasse 3“, die als Gerade durch die Punkte P3 und P4 festgelegt ist, soll ein planfreier Anschluss an die Autobahn hergestellt werden. Dazu entstehen die Tangentialrampen „Rampe 1“ und „Rampe 2“ sowie die kreisförmige Schleifenrampe „Rampe 3/4“.

Alle Rampen sollen von P3 aus stationiert werden.

unmaßstäbliche Skizze

Name	Punkt	Station	Richtung	Y	X
Trasse 1	P1	2 + 350.000	318.0000	64 712.839	46 457.361
	P2	3 + 400.000	318.0000	63 704.531	46 750.302
Trasse 3	P3	2 + 220.333	3.9560	64 236.497	45 813.188
	P4	3 + 200.000	3.9560	64 297.335	46 790.964

- a) Bestimmen Sie die vollständigen Schnittpunktinformationen der Punkte S1 (Schnitt „Trasse 1“/„Trasse 3“) und S2 (Schnitt „Trasse 2“/„Trasse 3“). Beziehen Sie dabei die Station von S2 bzgl. „Trasse 2“ auf die Stationierung von „Trasse 1“.

11

Anmerkung: Können Sie die Schnittpunktinformationen nicht ermitteln, erfragen Sie sie bei der Klausuraufsicht (Aufgabe a hat dann 0 Punkte!).

- b) Die Rampe 1 sei eine reine Klotoidenverbindung ($A = 250\text{m}$). Die Klotoide beginnt in ihrem Ursprung (H5) und läuft tangential bis an die Trasse 3 im Punkt H4.
 10 Berechnen Sie die Hauptpunktdaten der Rampe 1 als Trassenzug von P3 über H4 und H5 bis P2. Tragen Sie die Hauptpunktdaten in die nachfolgende Tabelle ein.

Punkt	Station	phi [gon]	Y	X
P3	2 + 220.333	3.9560	64 236.497	45 813.188
H4				
H5				
P2		318.0000	63 704.531	46 750.302

Bestimmen Sie die Station des Punktes H5 in Bezug auf die Trasse 1.

- c) Die Rampe 2 wird als Verbundkurve in Form einer symmetrischen Scheitelklotoide ($A = 250\text{m}$) ausgebildet.
 14 Berechnen Sie die Hauptpunktdaten der Rampe 2 als Trassenzug von P3 über H1, H2 und H3 bis P1. Tragen Sie die Hauptpunktdaten in die nachfolgende Tabelle ein.

Punkt	Station	phi [gon]	Y	X
P3	2 + 220.333	3.9560	64 236.497	45 813.188
H1				
H2				
H3				
P1			64 712.839	46 457.361

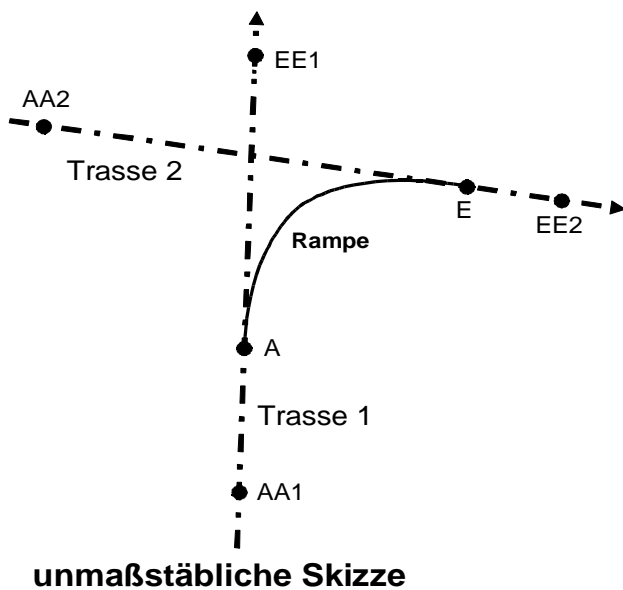
Bestimmen Sie die Station des Punktes H3 in Bezug auf die Trasse 1.

- d) Die Rampe 3/4 ist eine kreisförmige ($R = 250\text{m}$) Schleife, die so angeordnet werden soll, dass der Vollkreis der Schleife die Trassen 2 und 3 tangiert. Die Rampe 3 hat die Hauptpunktfolge P3-H6-H7-H8, während die Rampe 4 nach dem Punkt H7 mit dem Punkt H9 abschliesst.
 15 Berechnen Sie die Hauptpunktdaten der Rampe 3/4 als Trassenzug von P3 aus und tragen Sie die Hauptpunktdaten in die nachfolgende Tabelle ein.

Punkt	Station	phi [gon]	Y	X
P3	2 + 220.333	3.9560	64 236.497	45 813.188
H6				
H7				
H8				
H9				

Bestimmen Sie die Stationen der Punkte H8 und H9 in Bezug auf die Trasse 2 über die Stationierung der Trasse 1.

Aufgabe 2 (10 Punkte):



Eine Tangentialrampe mit einer Länge von 510.000 m verbindet die beiden Trassen 1 und 2 gemäß nebenstehender Skizze. Zur Bestimmung Ihrer Gradienten liegen die Daten der nachfolgenden Tabelle vor.

Die Gradienten der Rampe soll so eingerichtet werden, dass sie knickfrei an die Gradienten der beiden Trassen anschließt. Die Rampengradienten sollen keine Geraden enthalten und alle Ausrundungen sollen gleiche Tangentiallängen haben.

Erstellen Sie eine maßhaltige Skizze der Gradientenkonstruktion und bestimmen Sie alle Hauptpunktinformationen der Rampengradienten. Stationieren Sie dazu die Rampe von AA1 aus.

	Punkt	Station	Höhe [m]	Längsneig. s [%]
Trasse 1	AA1	0 + 000.000	677.601	
				2.4 *
Trasse 2	A	0 + 694,250		
	E	3 + 968.528		1.8 *
	EE2	4 + 635,193	720,753	

* Die Längsneigungen der Trassen sind jeweils steigend in Trassierungsrichtung

Zu Aufgabe 1a)

Die Schnittberechnungen können mit entsprechender Software (z.B. SCHNITTE.xls) durchgeführt werden. Es ergibt sich:

Element	Punkt	Station	Richtung	gamma	Y	X
1. Gerade	S1	2 + 796.233	318.0000	85.9560	64 284,324	46 581.856
2. Gerade		2 + 990.488	3.9560	(114.0440)		
1. Gerade	S2	2 + 799.085	318.0000	85.9560	64 285.088	46 594.131
2. Gerade		3 + 002.786	3.9560	(114.0440)		

Zu Aufgabe 1b)

Es ist eine Klotoide einzurechnen, die einen Tangentenrichtungsänderungswinkel τ von $\tau = \gamma = 85.9560$ gon hat. Aus den Berechnungsformeln für die Klotoide und dem Klotoidenprogramm ergibt sich (bei ausreichender Anzahl der Reihenglieder):

$$L = \sqrt{\tau \cdot 2 \cdot A^2} = \sqrt{85.9560 \cdot \pi / 200 \cdot 2 \cdot 250^2} = 410,821 \text{ m} \quad R = A^2 / L = 152.134 \text{ m}$$

$$X_{Kl} = 341.989 \text{ m} \quad Y_{Kl} = 162.173 \text{ m} \quad T_L = 305.615 \text{ m} \quad T_K = 166.200 \text{ m}$$

Damit berechnet sich die Länge L1 der Geraden P3-H4 zu

$$L1 = \text{Stat}_{S1} - \text{Stat}_{P3} - T_K = 2990.488 - 2220.333 - 166.200 = 603.955 \text{ m}$$

und die Länge L2 der Geraden P2-H5 zu

$$L2 = \text{Stat}_{P2} - \text{Stat}_{S1} - T_L = 3400.000 - 2796.233 - 305.615 = 298.152 \text{ m}$$

Die Trassenberechnung kann z.B. mit TRASSE.xls durchgeführt werden. Dabei wird entweder von P2 aus gerechnet und die Stationierung anschließend umgerechnet oder man rechnet direkt von P3 aus, muss aber dann am Ende der ersten Geraden einen Kreis ($R = 152.134\text{m}$ linksgekrümmt) mit einer Länge von 0.001m einhängen, um die Klotoide rückwärts rechnen zu können.

Punkt	Station	phi [gon]	Y	X
P3	2 + 220.333	3.9560	64 236.497	45 813.188
H4	2 + 824.288	3.9560	64 274.003	46 415.977
H5	3 + 235.110	318.0000	63 990.839	46 667.124
P2	3 + 533.262	318.0000	63 704.531	46 750.302

(Bei der Berechnung mit EDV-Programmen kann es wegen des großen τ -Wertes und Rundungsungenauigkeiten in den Ergebnissen zu Abweichungen von 5 -7 mm kommen!)

Station von H5 bzgl. Trasse 1:

$$\text{STAT}_{H5} = \text{STAT}_{S1} + T_L = 2796.233 + 305.615 = 3 + 101.848$$

Zu Aufgabe 1c)

Bei einer Verbundkurve als symmetrische Scheitelklotoide wird der Tangentenrichtungsände-

rungswinkel $\gamma = 114.0440$ gon jeweils hälftig auf die beiden Klotoiden verteilt $\rightarrow \tau = 57,0220$ gon.

$$L = \sqrt{\tau \cdot 2 \cdot A^2} = \sqrt{57.0220 \cdot \pi / 200 \cdot 2 \cdot 250^2} = 334.608 \text{ m} \quad R = A^2 / L = 186,786 \text{ m}$$

$$\Delta R = 24,272 \text{ m} \quad X_M = 162.928 \text{ m} \quad U = (R + \Delta R) \cdot \tan \gamma / 2 = 263,630 \text{ m}$$

$$T = X_M + U = 162.982 + 263.630 = 426.558 \text{ m}$$

Damit berechnet sich die Länge L1 der Geraden P3-H1 zu

$$L1 = \text{Stat}_{S1} - \text{Stat}_{P3} - T = 2990.488 - 2220.333 - 426.558 = 343.597 \text{ m}$$

und die Länge L2 der Geraden P1-H3 zu

$$L2 = \text{Stat}_{S1} - \text{Stat}_{P1} - T = 2796.233 - 2350.000 - 426.558 = 19.651 \text{ m}$$

Die Trassenberechnung kann z.B. mit TRASSE.xls durchgeführt werden. Dabei wird im Klotoidenscheitel ein Kreis ($R = 186.786\text{m}$ rechtsgekrümmt) mit einer Länge von 0.001m eingehängt, um die 2. Klotoide rückwärts rechnen zu können.

Punkt	Station	phi [gon]	Y	X
P3	2 + 220.333	3.9560	64 236.497	45 813.188
H1	<i>2 + 563.930</i>	<i>3.9560</i>	<i>64 257.835</i>	<i>46 156.122</i>
H2	<i>2 + 898.538</i>	<i>60.9779</i>	<i>63 371.147</i>	<i>46 458.410</i>
H3	<i>3 + 233.146</i>	<i>118.0000</i>	<i>64 693.946</i>	<i>46 462.850</i>
P1	<i>3 + 252.821</i>	<i>118.0000</i>	64 712.839	46 457.361

Station von H3 bzgl. Trasse 1:

$$\text{STAT}_{H3} = \text{STAT}_{P1} + L2 = 2350.000 + 19.651 = 2 + 369,651$$

Zu Aufgabe 1d)

Der Tangentenrichtungsänderungswinkel über der Schleifenrampe beträgt $\gamma = \alpha = 114.040$ gon.

Damit ergibt sich die Tangentenlänge des Kreisbogens zu

$$T = R \cdot \tan \gamma / 2 = 250 \cdot \tan 57.0220 = 312.272 \text{ m}$$

Länge L der Geraden P3-H6: $L = \text{STAT}_{S2} - \text{STAT}_{P3} + T = 1094.725 \text{ m}$

Die Punkte H6 und H8 können jeweils von S2 aus mit der Tangentenlänge T abgesetzt werden.

Der Punkt H7 kann über einen rechtsgekrümmten Viertelkreis von H7 aus gerechnet werden.

Der Punkt H9 ergibt sich durch Absetzen von H8 aus mit einer Länge von $2 \cdot 250 = 500 \text{ m}$.

Die entsprechenden Stationen der Punkte sind über die Kreisbogenlängen zu ermitteln.

Alternativ kann die Rampe 3/4 auch mit TRASSE.xls komplett berechnet werden.

Punkt	Station	phi [gon]	Y	X
P3	2 + 220.333	3.9560	64 236.497	45 813.188
H6	<i>3 + 315.058</i>	<i>3.9560</i>	<i>64 304.480</i>	<i>46 905.800</i>

H7	4 + 045.306	218.0000	63 814.889	46 991.073
H8	4 + 438.005	118.0000	63 985.215	46 681.252
H9	4 + 438.005	318.0000	63 505.068	46 820.746

Station von P8 und P9 auf Trasse 2 bzgl. Trasse 1:

$$\text{STAT}_{P8} = \text{STAT}_{S2} + T = 2799.085 + 312.272 = 3 + 111.357$$

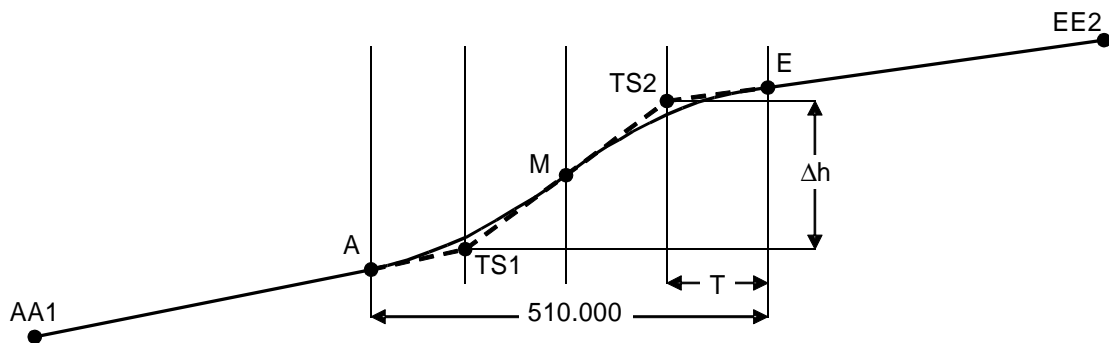
$$\text{STAT}_{P9} = \text{STAT}_{S2} + T + 2 \cdot T_{\text{Viertelkreis}} = 2799.085 + 312.272 + 2 \cdot 250 = 3 + 611.357$$

Zu Aufgabe 2)

Höhe Punkt A: $h_A = h_{AA1} + 694.250 \cdot 0.024 = 677.601 + 16.662 = 694.263 \text{ m}$

Punkt E: $h_E = h_{EE1} - (4635.193 - 3968.528) \cdot 0.018 = 720.543 - 12.000 = 708.543 \text{ m}$

$$\text{Stat}_E = \text{Stat}_A + L_{\text{Rampe}} = 1 + 204.250$$



Tangentenlänge T: $T = 510 / 4 = 127.500 \text{ m}$

Punkt TS1: $h_{TS1} = h_A + 127.5 \cdot 0.024 = 697.323 \text{ m}$

$$\text{Stat}_{TS1} = 694.250 + T = 0 + 821.750$$

Punkt TS2: $h_{TS2} = h_E - 127.5 \cdot 0.018 = 706.248 \text{ m}$

$$\text{Stat}_{TS2} = 821.750 + 2T = 1 + 076.750$$

$$\rightarrow \Delta h = 8.925 \text{ m}$$

Längsneigung Mitte: $s_M = \frac{\Delta h}{2 \cdot T} = \frac{8.925}{255.000} = 3.5 \%$

$$h_M = h_{TS1} + T \cdot s_M = h_{TS2} - T \cdot s_M = 701.786 \text{ m} \quad \text{Stat}_M = 0 + 949.250$$

Mulde: $H_M = 2 \cdot T \cdot \frac{100}{m_M} = 255.000 \cdot \frac{100}{3.5 - 2.4} = 23181.818 \text{ m}$

$$f_M = \frac{T^2}{2H_M} = 0.351 \text{ m}$$

Buckel: $H_B = 2 \cdot T \cdot \frac{100}{m_B} = 255.000 \cdot \frac{100}{3.5 - 1.8} = 15000.000 \text{ m}$

$$f_B = \frac{T^2}{2H_B} = 0.542 \text{ m}$$