

Modul BIW-D-BIW4-47 Küsteningenieurwesen & Verkehrswasserbau	
Übungsaufgabe:	Stoffgebiet «Küsteningenieurwesen»
Name, Vorname:	Herzig, Sarah Jessica
Matrikel-Nr.:	5033923
Anerkennung:	
Lfd. Nr.:	8
Abgabetermin:	19.01.2023

INHALT

AUFGABENSTELLUNG:	1
AUFGABENBEARBEITUNG:	2
1. BERECHNUNG DER WINDSTAUHÖHE H_{WS} IM PUNKT P2.....	2
2. ANALYTISCHE WELLENPROGNOSE	3
a) Verfahren von KRYLOW II.....	5
b) Verfahren von WAGNER.....	6
3. GLEICHGEWICHTSPROFIL OHNE BAULICHE MASSNAHMEN	8
4. STEINSCHÜTTUNG ALS UFERSCHUTZ	10
ABBILDUNGSVERZEICHNIS:	13
ANHANG	14

Aufgabenstellung:

- Wie gross ist die Windstauhöhe im Punkt P2 unter Berücksichtigung gegebener Werte für ein 20-jährliches bzw. für ein 100-jährliches Sturmereignis? Verwenden Sie für die statistische Auswertung der Winddaten die Gumbelverteilung!
- Führen Sie eine analytische Wellenprognose nach den Verfahren KRYLOW und WAGNER durch! Im Ergebnis der Wellenprognosen sind jeweils die signifikante Wellenhöhe, die Peakperiode, die zur Peakperiode korrespondierende Wellenlänge und die mittleren Werte von Wellenperiode, Wellenlänge und Wellenhöhe anzugeben.
- Welches Gleichgewichtsprofil würde sich infolge des welleninduzierten, ufernormalen Sedimenttransports ergeben, wenn für den geplanten Strand zunächst keine baulichen Sicherungsmassnahmen vorgesehen werden? Verwenden Sie dazu die Ergebnisse der Wellenprognose nach KRYLOW. Stellen sie die Ausgangsböschung sowie die umgebildete Böschung innerhalb einer massstäblichen Skizze im Querschnitt dar!
- Südlich des Sandstrandes sollen perspektivisch Gebäude in Ufernähe errichtet werden, weshalb einer welleninduzierten Böschungsumbildung durch bauliche Massnahmen entgegengewirkt werden muss. Bestimmen Sie die Wasserbausteinklasse, welche für einen Uferschutz in Form einer Steinschüttung notwendig ist. Verwenden Sie als Bemessungsgrössen die zuvor ermittelten Belastungsparameter nach KRYLOW! Stellen Sie den konstruktiven Aufbau der Schüttung massstäblich innerhalb eines Querschnitts dar. Welcher Wellenaufwurf würde sich für diesen Bereich der Böschung ergeben, wenn die Böschung anstelle

einer Steinschüttung mit Rasen bzw. mit einem Steinsatzdeckwerk (glatte Betonoberfläche) gesichert werden würde?

Aufgabenbearbeitung:

Annahmen / Bemerkungen:

- Alle Berechnungen wurden in beiliegender Exceltabelle getätigt.
- Das gegebene Seegebiet hat eine Fläche von ca. 183 km², damit wäre es eigentlich kein kleines Seegebiet (bis 150 km²). Die Unterlagen / Skripte (Methode nach Wagner) sind aber für ein kleines Seegebiet, daher wird davon ausgegangen, dass dieser Größenunterschied ignoriert werden soll.
- Das Ufer verläuft gerade in P2 (betreffend Aufgabe 4).

1. Berechnung der Windstauhöhe h_{ws} im Punkt P2

Es liegen Daten (Windzeitreihe 2) aus den Jahren 1973 bis 2016 vor. Die Daten enthalten für jeden Tag und jede Stunde die Windgeschwindigkeiten (w_{10}) und die Windrichtungen. Windereignisse aus 270° werden als die massgebende Windrichtung angenommen. Es sollen die Windstauhöhen für ein 20- und ein 100-jährliches Sturmereignis ermittelt werden. Für die statistische Auswertung soll die Gumbel Verteilung verwendet werden.

Mit folgenden Formeln wurden die Werte ermittelt.

Arithmetischer Mittelwert
(Erwartungswert):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i$$

Standardnormalverteilung:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Streuungsparameter:

$$d = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * \sigma$$

Lageparameter:

$$c = \bar{x} - 0.5772 * d$$

\bar{x}	σ	d	c
Erwartungswert	Standardabweichung	Streuungsparameter	Lageparameter
4.03398	2.32670	1.81412	2.98687

Für die Ermittlung der Windgeschwindigkeiten eines 20- und eines 100-jährigen Sturmereignisses, müssen vorgängig die Wiederkehrintervalle T_{20} und T_{100} ermittelt werden. Die Wiederkehrintervalle werden aus den Windereignissen mit Richtung 270° n_{270} , dem Gesamtumfang aller Messergebnisse des Betrachtungszeitraums n_{ges} und dem jährlichen Umfang des Wiederkehrintervalls t_i [$T_i = n_{270}/n_{ges} * (24 \text{ h/d}) * (365.25 \text{ d/a}) \times t_i$].

Aus den Windgeschwindigkeiten $w_{10,20}$ und $w_{10,100}$ ergeben sich die Windschubspannungen τ_{20} und τ_{100} . Um nun die Windstauhöhe im Punkt P2 zu berechnen, muss ermittelt werden, wie sich die Wasserspiegellage durch das Einwirken des Windes verhält. Hierfür wird das Zustandskriterium der Scheitellage c_p

überprüft. Damit lässt sich der mathematische Zusammenhang vom Wasserstand h und der x -Ordinate (zwischen Luv- und Lee-Seite) ableiten. Der Wert c_p ist positiv, somit liegt der Scheitel links vom Ursprung und es kommt nicht zur Freilegung des Seegrundes. Der Sonderfall tritt ein, da der Wert von c_p , 0.000013, viel kleiner ist als der zu überprüfende Wert:

$$0.2 * \frac{d}{S * \lambda_T} = 0.000109$$

Somit darf man hier den Wasserspiegel als Gerade (linearer Verlauf der windbeeinflussten Wasseroberfläche) annehmen.

Durch das Umstellen der Funktion und das Einsetzen der vorher errechneten Werte erhält man dann die Windstauhöhen.

i	T_i	$w_{10,i}$	$\tau_{wi,i}$	$\frac{\tau_{wi}}{\rho_w * g * d}$	$\frac{9}{8} * \frac{d}{S * \lambda_T}$	$0.2 * \frac{d}{S * \lambda_T}$	$h_{ws,i}$
[a]	[]	[m/s]	[N/m ²]	[]	[]	[]	[cm]
20	26'322	21.5	1.38	0.000013	0.000614	0.000109	25.8
100	131'610	24.4	1.78	0.000017	0.000614	0.000109	33.3

2. Analytische Wellenprognose

Für die Ermittlung der Sektoren wurde die in der Aufgabenstellung beiliegende CAD-Zeichnung verwendet. Das Seegebiet wurde anschliessend in 8 Sektoren aufgeteilt (Abbildung 3). Die Winkel wurden herausgemessen (siehe Abbildung 4). Der massgebende Wind kommt aus Westen (270°).

Sektor	Sektorwinkel 2		Sektorwinkel 1		Streichlänge	Energieverteilungswert
	ϑ_{i+1}	ϑ_{i+1}	ϑ_i	ϑ_i		
i	[°]	[rad]	[°]	[rad]	S_i	a_i
[]	[°]	[rad]	[°]	[rad]	[m]	[]
1	48	0.83776	35	0.6109	7'902	0.06350
2	59	1.02974	48	0.8378	11'882	0.07887
3	66	1.15192	59	1.0297	14'490	0.06114
4	74	1.29154	66	1.1519	6'898	0.07838
5	80	1.39626	74	1.2915	19'994	0.06324
6	91	1.58825	80	1.3963	16'796	0.12110
7	98	1.71042	91	1.5882	11'319	0.07720
8	106	1.85005	98	1.7104	17'120	0.08491

Abbildung 1 Einteilung Seegebiet

			20-jähriges Windereignis	100-jähriges Windereignis
Windgeschwindigkeit	$w_{10,i}$	[m/s]	21.5	24.4
Fallbeschleunigung	g	[m/s ²]	9.81	9.81
mittlere Wassertiefe	d	[m]	11	11
dimensionslose Wassertiefe	\bar{d}	[]	0.23	0.18

Abbildung 2 Eingangswerte für das 20- & 100-jährige Ereignis

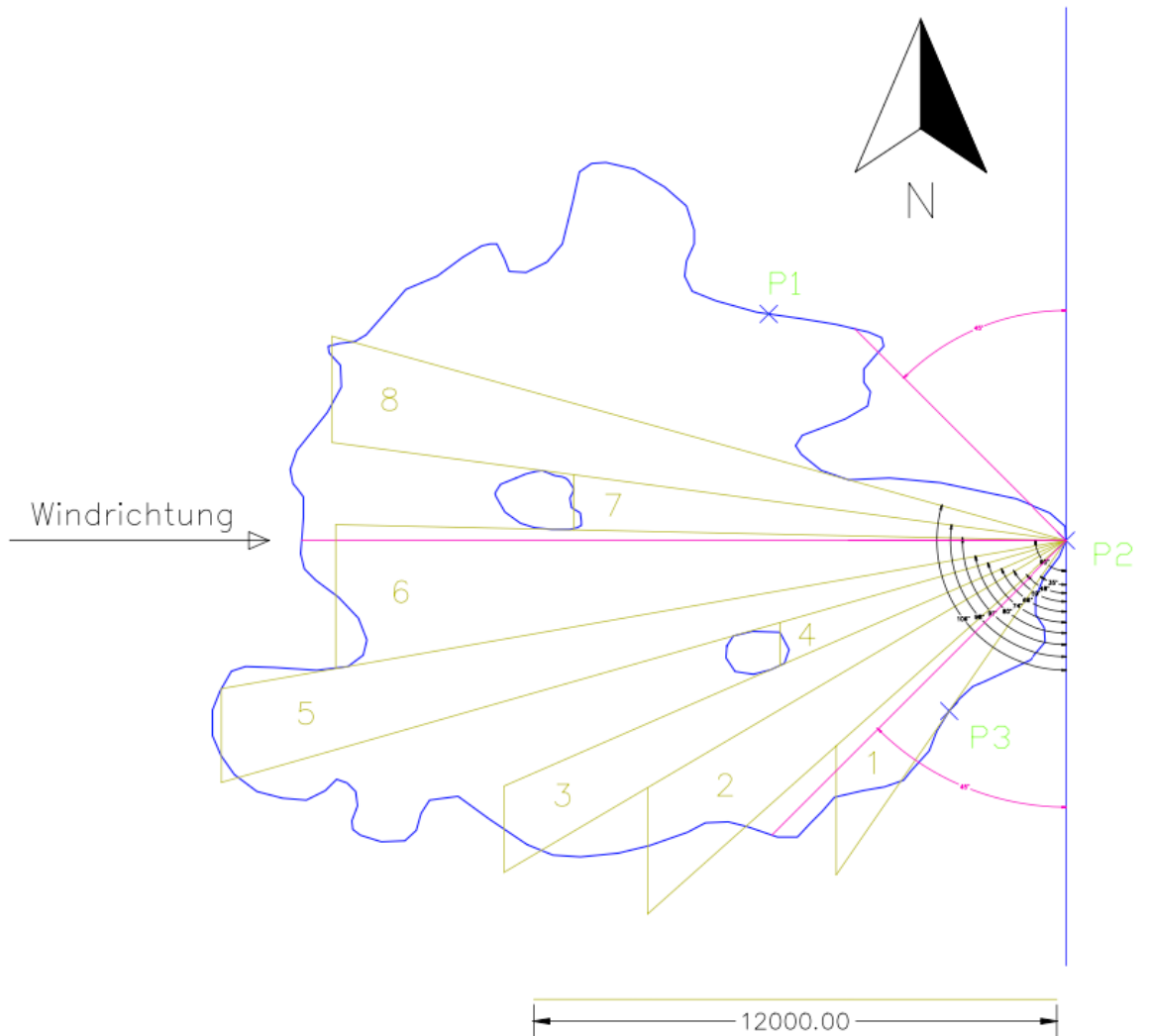


Abbildung 3: Situation Seegebiet bezogen auf Uferpunkt P2 ist in 8 Sektoren aufgeteilt. Die massgebende Windrichtung kommt aus Richtung 270°.

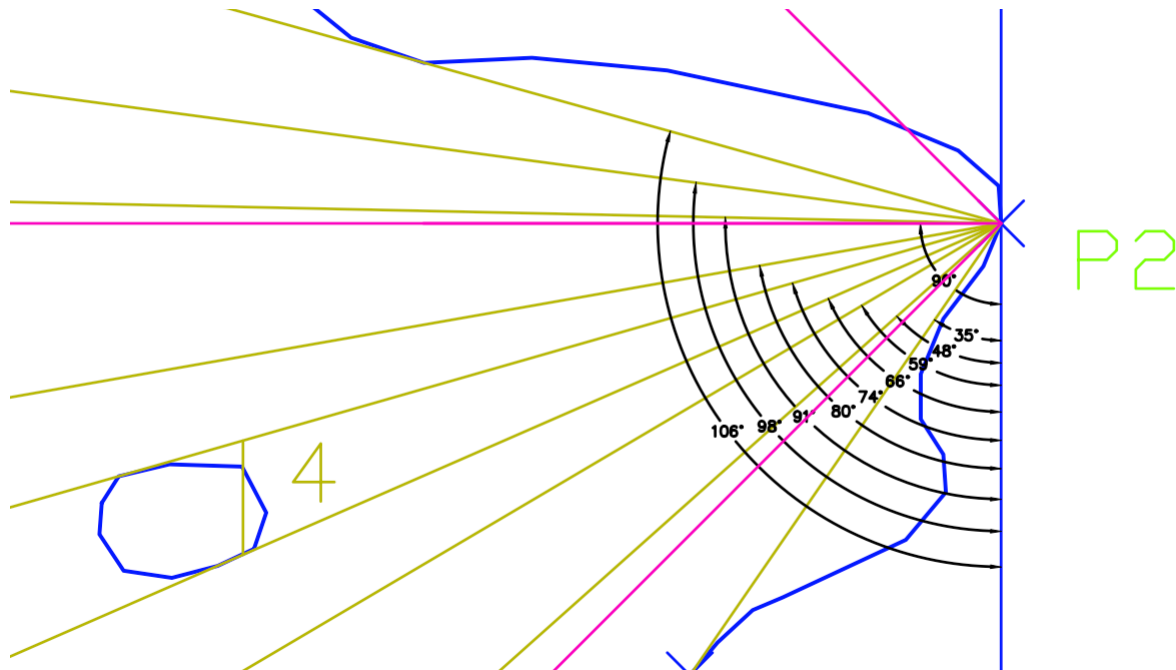


Abbildung 4 Vergrößerung der Sektorenwinkel im Punkt P2

a) Verfahren von KRYLOW II

Folgende Formeln wurden verwendet:

partielle
dimensionslose
mittlere
Wellenhöhe \overline{H}_{jm}

$$\overline{H}_{jm} = 0.16 * \left\{ 1 - \frac{1}{\left[1 + 0.006 * \sqrt{S_i} \right]^2} \right\} * \tanh \left\{ \frac{0.625 * \overline{d}_i^{0.8}}{1 - \frac{1}{\left[1 + 0.006 * \sqrt{S_i} \right]^2}} \right\}$$

partielle mittlere
Wellenhöhe $H_{m,i}$

$$H_{m,i} = \frac{\overline{H}_{m,i} * w_{10}^2}{g}$$

mittlere
Wellenhöhe H_m

$$H_m = \sqrt{\sum_{j=1}^n (a_j * H_{jm}^2)}$$

mittlere
Wellenperiode \overline{T}_m

$$\overline{T}_m = 6.2 * \pi * \left[\frac{g * H_m}{w_{10}^2} \right]^{0.625}$$

mittlere
Wellenlänge L_m
(mit Zielwertsuche
in Excel gelöst)

$$L_m \approx \frac{g * \overline{T}_m^2}{2 * \pi} * \tanh \left(\frac{2 * \pi * d}{L_m} \right)$$

signifikante
Wellenhöhe H_s

$$H_s = \frac{H_m}{0.626}$$

signifikante
Wellenperiode T_p

$$T_p = \frac{T_m}{0.847}$$

Krylow II								
Sektor	$W_{10,20}$				$W_{10,100}$			
	dim.lose Streichlänge	dim.lose mittlere Wellenhöhe	mittlere Wellenhöhe		dim.lose Streichlänge	dim.lose mittlere Wellenhöhe	mittlere Wellenhöhe	
i	\bar{S}_i	\bar{H}_{jm}	H_m	$a * H_{jm}^2$	\bar{S}_i	\bar{H}_{jm}	H_m	$a * H_{jm}^2$
[]	[]	[]	[m]	[m ²]	[]	[]	[m]	[m ²]
1	168.45	0.0198	0.93	0.05	130.51	0.0170	1.03	0.07
2	253.32	0.0220	1.03	0.08	196.25	0.0188	1.14	0.10
3	308.91	0.0230	1.08	0.07	239.32	0.0196	1.19	0.09
4	147.05	0.0190	0.89	0.06	113.92	0.0164	0.99	0.08
5	426.26	0.0245	1.15	0.08	330.24	0.0207	1.26	0.10
6	358.07	0.0237	1.11	0.15	277.41	0.0202	1.22	0.18
7	241.31	0.0218	1.02	0.08	186.95	0.0186	1.13	0.10
8	364.98	0.0238	1.12	0.11	282.76	0.0202	1.22	0.13
			Σ	0.69			Σ	0.84

Abbildung 5 Berechnung nach KRYLOW II

Die Ergebnisse sind hier zusammengestellt (die detaillierte Berechnung entnehmen Sie bitte der Exceldatei):

i	H_m	T_m	L_m	H_s	T_p	L_p
[a]	[m]	[s]	[m]	[m]	[s]	[m]
20	0.83	3.43	18.32	1.33	4.05	25.34
100	0.92	3.53	19.37	1.46	4.16	26.74

b) Verfahren von WAGNER

Folgende Formeln wurden verwendet:

dimensionslose
Winddauer \bar{t}

$$\bar{t} = \frac{g * t_E}{w_{10}^2}$$

partielle
dimensionslose
mittlere
Wellenhöhe $\bar{H}_{j,m}$

$$\bar{H}_{s,j} = 0.28 * f_2 * \tanh\left(\frac{5.9 * 10^{-3} * \bar{S}_j^{0.5}}{f_2}\right)$$

$$f_1 = \tanh(3 * 10^{-4} * \bar{t}^{5/7})$$

$$f_2 = f_1 * \tanh\left(\frac{0.54 * \bar{d}^{0.75}}{f_1}\right)$$

partielle
signifikante
Wellenhöhe H_s

$$H_s = \sqrt{\sum_{j=1}^n (a_j * H_{s,j}^2)}$$

partielle
dimensionslose
Peakperiode $\bar{T}_{p,j}$

$$\bar{T}_{p,j} = 8.5 * f_4 * \tanh\left(\frac{4.14 * 10^{-2} * \bar{S}_j^{1/3}}{f_4}\right)$$

$$f_3 = \tanh(7 * 10^{-3} * \bar{t}^{0.43})$$

$$f_4 = f_3 * \tanh\left(\frac{0.72 * \bar{d}^{0.42}}{f_3}\right)$$

partielle
Peakperiode T_p

$$T_p = H_s * \left(\sum_{j=1}^n (a_j * H_{s_j}^2 * T_{p_j}^{-2}) \right)^{-1/2}$$

zu Peakperiode
korrespondierende
Wellenlänge L_p
bzw. L_m

$$L_m \approx \frac{g * T_p^2}{2 * \pi} * \tanh \left(\frac{2 * \pi * d}{L_p} \right)$$

(mit Zielwertsuche
in Excel gelöst)

mittlere
Wellenhöhe H_m

$$H_m = 0.626 * H_s$$

mittlere
Wellenperiode T_m

$$T_m = 0.847 * T_p$$

Startwerte Wagner			20-jährlich	100-jährlich
Einwirkzeit im Mittel 2 h	t_E	[s]	7200	7200
dimensionslose Winddauer	\bar{t}	[]	3293	2898
	f_1	[]	0.09734	0.08890
	f_2	[]	0.09282	0.08305
	f_3	[]	0.22398	0.21240
	f_4	[]	0.21081	0.19747

Abbildung 6 Startwerte WAGNER

Wagner						
W _{10,20}						
dim.lose Streichlänge	dim.lose signifikante Wellenhöhe	signifikante Wellenhöhe	signifikante Wellenhöhe 2 in P2	dim.lose Peakperiode	Peakperiode	
\bar{S}_i	$\bar{H}_{s,i}$	$H_{s,i}$	$a_i * H_{s_j}^2$	$\bar{T}_{p,i}$	$T_{p,i}$	$a_i * H_{s_j}^2 / T_{p,i}^2$
[]	[]	[m]	[m ²]	[]	[s]	[m ² /s ²]
168.45	0.01761	0.83	0.0433	1.42436	3.11460	0.0045
253.32	0.01992	0.93	0.0689	1.51627	3.31558	0.0063
308.91	0.02096	0.98	0.0591	1.55651	3.40357	0.0051
147.05	0.01683	0.79	0.0488	1.39144	3.04261	0.0053
426.26	0.02248	1.05	0.0703	1.61463	3.53066	0.0056
358.07	0.02169	1.02	0.1253	1.58431	3.46436	0.0104
241.31	0.01965	0.92	0.0656	1.50594	3.29300	0.0061
364.98	0.02178	1.02	0.0886	1.58776	3.47192	0.0074
		Σ	0.5700		Σ	0.0506

Abbildung 7 Berechnung nach WAGNER W_{10,20}

Wagner						
$W_{10,100}$						
dim.lose Streichlänge	dim.lose signifikante Wellenhöhe	signifikante Wellenhöhe	signifikante Wellenhöhe 2 in P2	dim.lose Peakperiode	Peakperiode	
\bar{S}_i	$\bar{H}_{S,i}$	$H_{S,i}$	$a_i * H_{Sj}^2$	$\bar{T}_{p,i}$	$T_{p,i}$	$a_i * H_{Sj}^2 / T_{p,i}^2$
[]	[]	[m]	[m ²]	[]	[s]	[m ² /s ²]
130.51	0.01559	0.94	0.0566	1.32092	3.28157	0.0053
196.25	0.01766	1.07	0.0902	1.40852	3.49919	0.0074
239.32	0.01861	1.13	0.0776	1.44709	3.59501	0.0060
113.92	0.01488	0.90	0.0637	1.28969	3.20399	0.0062
330.24	0.01998	1.21	0.0926	1.50311	3.73417	0.0066
277.41	0.01927	1.17	0.1648	1.47384	3.66145	0.0123
186.95	0.01742	1.05	0.0859	1.39864	3.47465	0.0071
282.76	0.01935	1.17	0.1165	1.47717	3.66973	0.0087
		Σ	0.7478		Σ	0.0595

Abbildung 8 Berechnung nach WAGNER $W_{10,100}$

Die Ergebnisse sind hier zusammengestellt (die detaillierte Berechnung entnehmen Sie bitte der Exceldatei):

i	H_s	T_p	L_p	H_m	T_m	L_m	N
[a]	[m]	[s]	[m]	[m]	[s]	[m]	[]
20	0.75	3.36	17.58	0.48	2.84	12.62	2533
100	0.86	3.54	19.58	0.55	3.00	14.07	2398

3. Gleichgewichtsprofil ohne bauliche Massnahmen

Durch den welleninduzierten, ufernormalen Sedimenttransport stellt sich im Uferpunkt P2 aus der ursprünglichen Böschung mit konstanter Neigung von 1:m = 1:3 ein Gleichgewichtsprofil aus Kliff und Riff ein.

Für die Bemessung wird ein 100-jähriges Windereignis nach Krylow II herangezogen. Die mittlere Korngrösse d_{50} wird aus der Kornverteilungslinie 2 (siehe Abbildung 9) abgelesen; $d_{50} = 1.3$ mm.

Eingangswerte:

mittlere Wellenlänge	$L_m (= \lambda_m)$	[m]	18.32
mittlere Wellenhöhe	H_m	[m]	0.83
Dichte Sand	ρ_s	[kg/m ³]	1500
Dichte Wasser	ρ_w	[kg/m ³]	1000
	ρ_s'	[kg/m ³]	500
	d_{50}	[mm]	1.3
		[m]	0.0013

Die Geometrie wird mit nachfolgenden Formeln bestimmt:

$$\text{Prüfung von } \frac{H_m}{d_{50}} = \frac{H_m}{d_{50}} = 640 > 500, \text{ damit ist } A = 0.50$$

Ermittlung von A

 $\frac{H_m}{d_{50}} < 500$, dann müsste A mit folgender Formel berechnet

$$\text{werden: } A = 0.5 * \left(1 - \frac{1}{\cosh \left[0.083 * \left(\frac{H_m}{d_{50}} - 3.4 \right)^{2/3} \right]} \right)$$

Riffneigung

 $m_{\varphi'}$ (d_{50} in mm)

Ausgleichsneigung

 m_A

$$m_{\varphi'} = 1.955 * d_{50}^{-0.0745}$$

$$m_A = m_{\varphi'} + \left(0.0625 * \frac{\rho}{\rho_{s'}} * \frac{H_m}{d_{50}} * \sqrt{\frac{\lambda_m}{H_m}} \right)^A$$

Höhe des Kliffusses

über WSP h_K

$$h_K = \frac{1.81}{m_A} * H_m * \sqrt{\frac{\lambda_m}{H_m}}$$

Tiefe der Riffkrone

unter WSP h_R

$$h_R = H_m * \left(1 + 0.05 * \sqrt{\frac{\lambda_m}{H_m}} \right)$$

Strandneigung m_S

$$m_S = m_{\varphi'} + \left(0.0045 * \frac{\rho}{\rho_{s'}} * \frac{H_m}{d_{50}} * \sqrt{\frac{\lambda_m}{H_m}} \right)^{1/2}$$

Unterwasserneigung

 m_{SU}

$$m_{SU} = m_A + \frac{h_K}{h_R} * (m_A - m_S)$$

Tiefe des

Schnittpunktes von

 m_A und $m_{\varphi'}$ $h_{R'}$

$$h_{R'} = 1.1 * h_R = 1.1 * H_m * \left(1 + 0.05 * \sqrt{\frac{\lambda_m}{H_m}} \right)$$

Terrassenlänge

unter m_A l_T

$$l_T = (h_K + h_R) * m_A$$

Die Ergebnisse sind hier zusammengestellt (die detaillierte Berechnung entnehmen Sie bitte der Exceldatei):

A	$m_{\varphi'}$	m_{φ}	m_A	h_K	h_R	m_S	m_{SU}	$h_{R'}$	l_T
[]	[]	[]	[]	[m]	[m]	[]	[]	[m]	[m]
0.50	1.92	1.56	21.29	0.33	1.03	7.12	25.87	1.13	31.13

Die maßstäbliche Zeichnung des Querschnitts der Ausgangsböschung und der umgebildeten Böschung befindet sich im Anhang.

4. Steinschüttung als Uferschutz

Damit sich nicht eine Ausgleichsböschung einstellt, soll ein Uferschutz eingesetzt werden. Für die Ermittlung des erforderlichen Steingewichts kommen folgende Eingangswerte zum Einsatz:

massgebende Wellenhöhe	H_s	[m]	1.46	für $w_{10,100}$ nach Krylow	
mittlere Wellenlänge	L_m	[m]	19.37		
mittlere Wellenhöhe	H_m	[m]	0.92		
Wellenzahl	N	[]	2042		
Tiefe See	h	[m]	11.00		
Böschungswinkel	α	[]	18.43		
Steindichte	ρ_s	[kg/m ³]	2650		
Dichte Wasser	ρ_w	[kg/m ³]	1000		
	ρ_s'	[kg/m ³]	1650		
Korngrösse	d_{50}	[mm]	1.3		
		[m]	0.0013		
Fallbeschleunigung	g	[m/s ²]	9.81		
Verlustansatz	V	[%]	3		
Risiko- oder Verlustkoeffizient gemäss Tabelle	k_v	[]	1.59		

Der konstruktive Aufbau der Steinschüttung wird mit nachfolgenden Formeln bestimmt:

Strukturmodul M_1

$$M_1 = \frac{1}{K_0} \text{ mit } K_0 = 3.5 \text{ für Bruchsteine}$$

Durchlässigkeitsmodul M_2

$$M_2 = \frac{1}{K_D} \text{ mit } K_D = 1.0 \text{ für einheitliches Steinmaterial}$$

Verlust-/ Risikomodul M_3

$$M_3 = \frac{1}{(1 + V)^{0.6}}$$

Wellensteilheitsmodul M_4

$$M_4 = \left(\frac{L_m}{30 * H_m} \right)^{3/4}$$

Formel gültig für $\frac{L_m}{H_m} \leq 30$; sonst $M_4 = 1$

Wassertiefenmodul M_5

$$M_5 = \tanh \left(\frac{2 * \pi}{L_m} \right)^3$$

für: $\frac{h}{L_m} > 0.1$

Neigungsmodul M_6

$$M_6 = \frac{\tan(\alpha)}{\tanh \left(6 * \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha_{Gr}} \right) \right)^3}$$

mit α_{Gr} für Bruchsteine:

$$\alpha_{Gr} = 52^\circ * V^{0.115} \text{ für } V \leq 5\%$$

$$\alpha_{Gr} = 56^\circ * V^{0.068} \text{ für } V > 5\%$$

Dichtemodul M_7 $M_7 = \frac{\rho_S * g}{\left(\frac{\rho_S}{\rho} - 1\right)^3}$ oder direkt bei Quarzmaterialien;

$M_7 = 5787 \frac{N}{m^3}$

Wellenhöhemodul M_8

$M_8 = \left(\frac{\ln(N)}{5}\right)^{3 * \left(1 - \frac{H_m}{h}\right)} * (H_S)^3$

Krümmungsmodul M_9

$M_9 = \left(1 - A * \frac{D}{r}\right)^{-3}$; wenn das Ufer gerade verläuft, dann: $M_9 = 1.0$

$G = \prod_{i=1}^9 M_i * M_j = M_1 * M_2 * M_3 * M_4 * M_5 * M_6 * M_7 * M_8 * M_9 * M_j$

Die Multiplikation aller Module ergibt das erforderliche Steingewicht G.

Mit folgender Formel wird das ermittelte Steingewicht zum Steindurchmesser umgerechnet:

$D_m \approx 1.14 * D_n = 1.14 * \left(\frac{G}{\rho_S * g}\right)^{1/3}$

Die Ergebnisse sind hier zusammengestellt (die detaillierte Berechnung entnehmen Sie bitte der Exceldatei):

M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	G	D _m	m
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[N/m ³]	[]	[]	[kN]	[m]	[kg]
0.286	1.000	0.435	0.769	0.995	0.333	5787	9.997	1.000	1.84	0.471	187.2

Nach DIN EN 13383-1 (2002) wird mit m die zugehörige Wasserbausteinklasse gewählt. Die Kategorisierung erfolgt dabei nach der Steinmasse m: LMA_{60/300} aus den leichten Standard-Gewichtsklassen (light mass) des Typs A.

$Z_{98} = 1.6 * \gamma_f * \gamma_\theta * \gamma_b * \sqrt{\frac{g}{2\pi}} * \sqrt{H_S} * T_p * \tan(\alpha)$

Für die Berechnung des Wellenaufbaus kamen folgende Eingangswerte zum Einsatz:

Einfluss der Böschungsrauheit	γ_f	[]	0.60	Schüttsteine
			0.95	Gras
			1.00	Steinsatz
Einfluss der Wellenangriffsrichtung	γ_θ	[]	0.1445	
Einfluss einer Berme bzw. eines Knickprofils	γ_b	[]	1	keine Berme

Die Ergebnisse der Berechnung des Wellenaufbaus für die drei unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten ist hier zusammengefasst (die detaillierte Berechnung entnehmen Sie bitte der Exceldatei):

Wellenaufbauhöhe, die von 2% aller Wellenaufläufe erreicht wird	Z _{98,Steinschüttung}	[m]	0.29
	Z _{98,Gras}	[m]	0.46
	Z _{98,Steinsatz}	[m]	0.48

Durch die Veränderung des Deckwerkmaterials muss ein anderer Faktor für den Einfluss der Böschungsrauheit verwendet werden und damit ändert sich die Höhe des Wellenaufbaus.

Der Wellenaufbau an einer Böschung, die mit Rasen gedeckt ist, hat demnach einen ähnlichen Effekt wie die Böschung mit Steinsatzdeckwerk. Die Grashalme sind zu flexibel und richten sich jeweils in Strömungsrichtung aus.

Der Wellenaufbau an einer Böschung, die mit einem Steinsatzdeckwerk (glatter Betonoberfläche) gedeckt ist, wird höher die Böschung hinauflaufen (weniger Reibung durch glatte Oberfläche).

Sarah Jessica Herzig, 15.01.2023

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1 Einteilung Seegebiet	3
Abbildung 2 Eingangswerte für das 20- & 100-jährige Ereignis	4
Abbildung 3: Situation Seegebiet bezogen auf Uferpunkt P2 ist in 8 Sektoren aufgeteilt. Die massgebende Windrichtung kommt aus Richtung 270°	4
Abbildung 4 Vergrößerung der Sektorenwinkel im Punkt P2	5
Abbildung 5 Berechnung nach KRYLOW II	6
Abbildung 6 Startwerte WAGNER	7
Abbildung 7 Berechnung nach WAGNER $w_{10,20}$	7
Abbildung 8 Berechnung nach WAGNER $w_{10,100}$	8
Abbildung 9 Kornverteilungslinie 2	14
Abbildung 10 natürliche Böschungswinkel für kohäsionsloses Lockergestein	15

Anhang

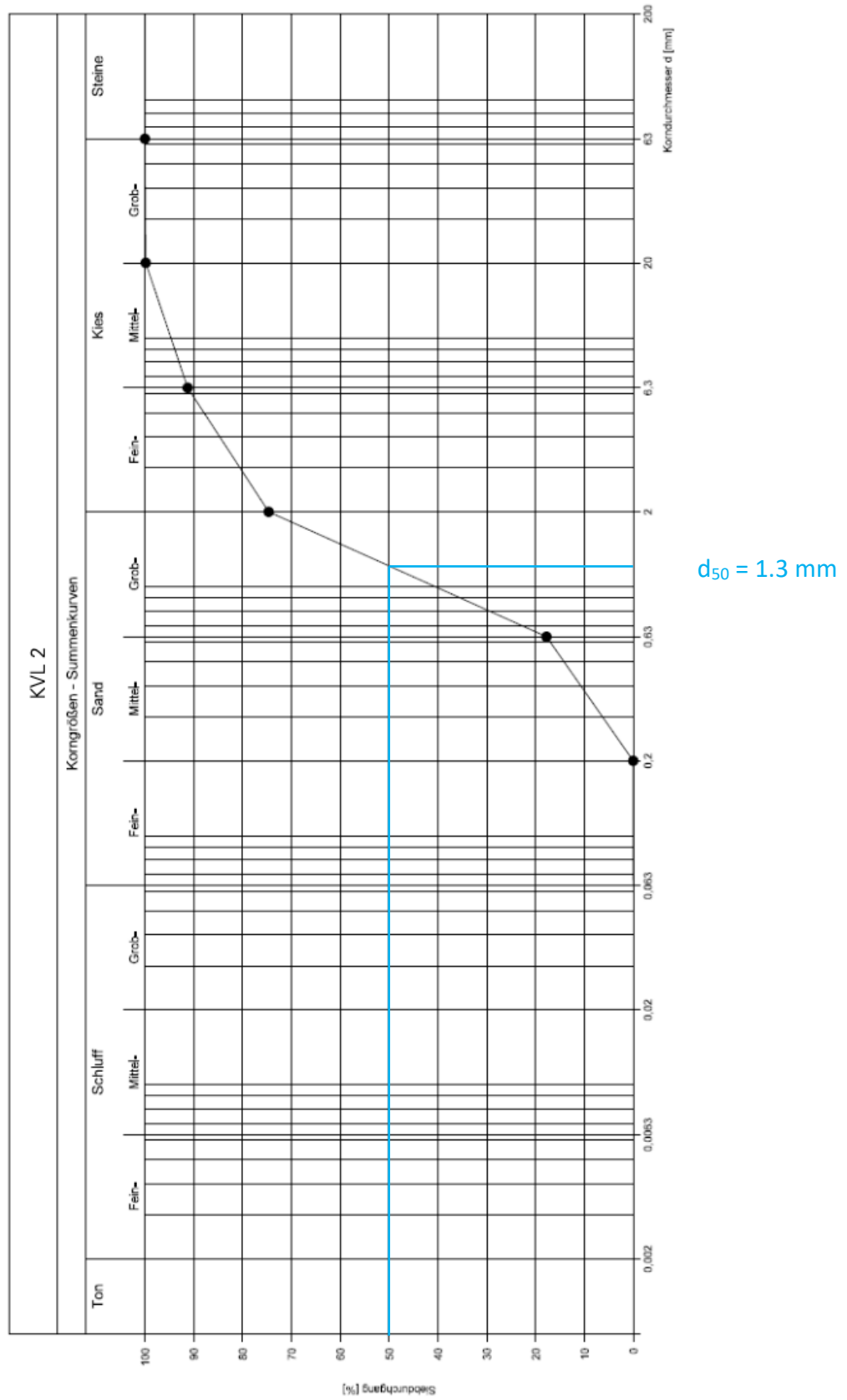


Abbildung 9 Kornverteilungslinie 2

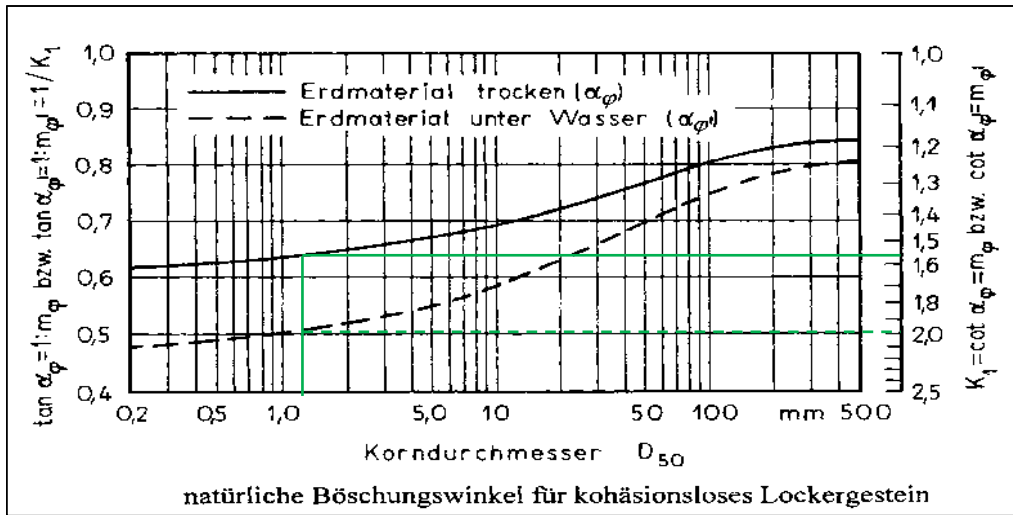
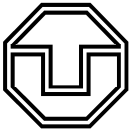


Abbildung 10 natürliche Böschungswinkel für kohäsionsloses Lockergestein



Name, Vorname:

Matr.-Nr.:

Anerkennung:

lfd. Nr.: 8

Ausgabe: ab 14.11.2022

Abgabe: bis 19.01.2023 (einschl. dieser Aufgabenstellung)



Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Jürgen Stamm

Modul: BIW-D-BIW4-47 Küsteningenieurwesen & Verkehrswasserbau

Übungsaufgabe: Stoffgebiet „Küsteningenieurwesen“

In Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen soll der unten dargestellte Tagebaufolgesee kontrolliert geflutet werden. Im Bereich vom Uferpunkt P2 sind eine Badestelle (Sandstrand) sowie weitere touristische Einrichtungen vorgesehen. Folglich ist dieser Uferabschnitt bezüglich der hydraulischen Einwirkungen zu analysieren und evtl. notwendige wasserbauliche Maßnahmen sind zu planen. Als wesentliche Belastung werden dabei die durch Wind induzierten Wellen angesehen. Die bemessungsrelevante Windeinwirkung ist aus der Windzeitreihe 2 abzuleiten.

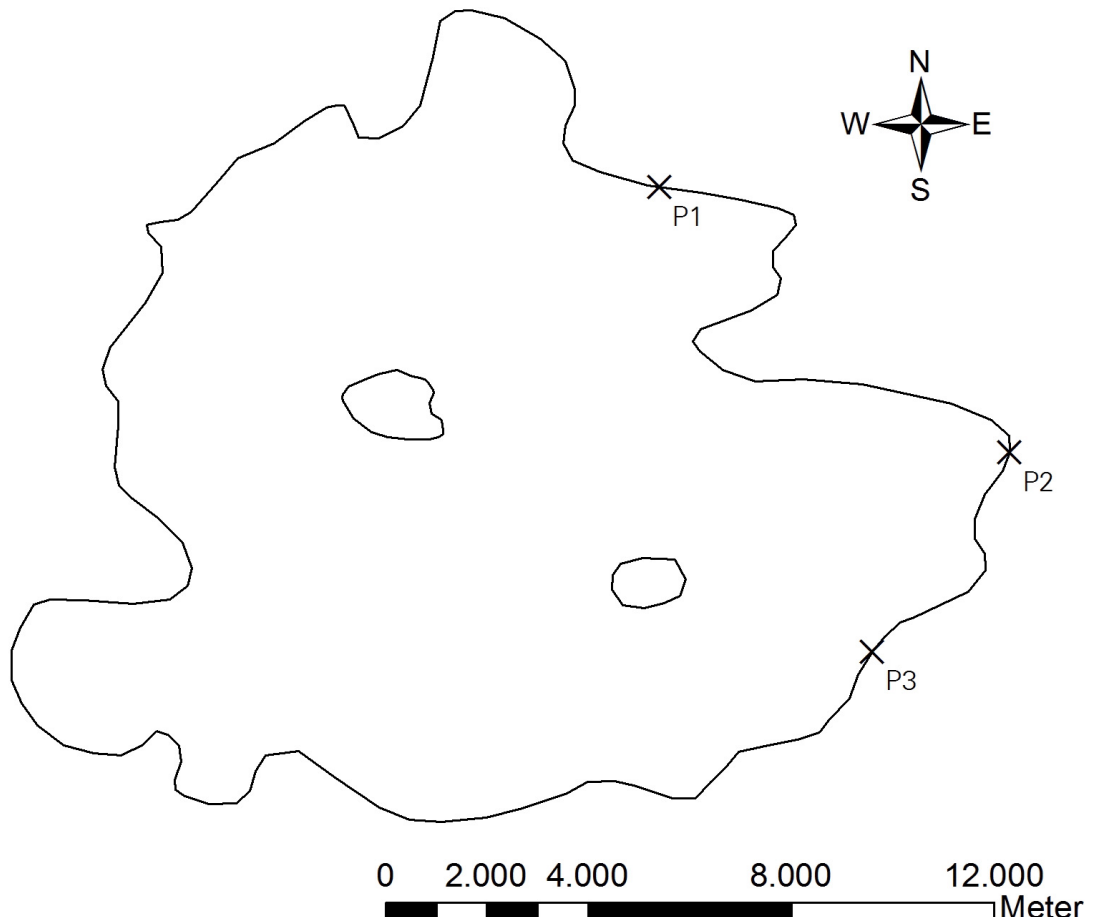


Abbildung 1: Uferlinien des geplanten Sees bei Zielwasserstand

Bei einem Zielwasserstand von 106 m+NHN hat die Ausgangsböschung im Punkt P2 eine Neigung von $1 : m = 1 : 3$. Die Geländeoberkante liegt bei 112 m+NHN. Das vorhandene kohäsionslose Sediment wird durch die Kornverteilungslinie 2 charakterisiert. Für die Bemessungsaufgaben sind Windereignisse aus Richtung 270° als maßgebend anzunehmen. Die Einwirkzeit eines bemessungsrelevanten Sturmereignisses beträgt im Mittel 2 h. Die mittlere Wassertiefe des Sees beträgt 11 m.

Im Rahmen des Belegs ist folgenden Fragestellungen nachzugehen:

1. Wie groß ist die Windstauhöhe im Punkt P2 unter Berücksichtigung gegebener Werte für ein 20-jährliches bzw. für ein 100-jährliches Sturmereignis? Verwenden Sie für die statistische Auswertung der Winddaten die Gumbelverteilung!
2. Führen Sie eine analytische Wellenprognose nach den Verfahren KRYLOW und WAGNER durch! Im Ergebnis der Wellenprognosen sind jeweils die signifikante Wellenhöhe, die Peakperiode, die zur Peakperiode korrespondierende Wellenlänge und die mittleren Werte von Wellenperiode, Wellenlänge und Wellenhöhe anzugeben.
3. Welches Gleichgewichtsprofil würde sich infolge des welleninduzierten, ufernormalen Sedimenttransports ergeben, wenn für den geplanten Strand zunächst keine baulichen Sicherungsmaßnahmen vorgesehen werden? Verwenden Sie dazu die Ergebnisse der Wellenprognose nach KRYLOW. Stellen Sie die Ausgangsböschung sowie die umgebildete Böschung innerhalb einer maßstäblichen Skizze im Querschnitt dar!
4. Südlich des Sandstrandes sollen perspektivisch Gebäude in Ufernähe errichtet werden, weshalb einer welleninduzierten Böschungsumbildung durch bauliche Maßnahmen entgegengewirkt werden muss. Bestimmen Sie die Wasserbausteinklasse, welche für einen Uferschutz in Form einer Steinschüttung notwendig ist. Verwenden Sie als Bemessungsgrößen die zuvor ermittelten Belastungsparameter nach KRYLOW! Stellen Sie den konstruktiven Aufbau der Schüttung maßstäblich innerhalb eines Querschnittes dar. Welcher Wellenaufbau würde sich für diesen Bereich der Böschung ergeben, wenn die Böschung anstelle einer Steinschüttung mit Rasen bzw. mit einem Steinsatzdeckwerk (glatte Betonoberfläche) gesichert werden würde?

Der Beleg ist als **maschinengeschriebener Erläuterungsbericht (max. 15 Seiten)** zu erstellen, worin alle verwendeten Entwurfsgrundlagen, Annahmen, Formeln, Berechnungsverfahren und gewählten Kennwerte nachvollziehbar darzustellen und, falls erforderlich, mit der Angabe der Quelle zu versehen sind. Die mit **CAD-Software zu erstellenden Zeichnungen** sind in geeigneten Maßstäben anzufertigen und mit erforderlichen Maßen, Beschriftungen und Erläuterungen zu versehen. **Die Zeichnungen sind dem Erläuterungsbericht beizufügen.**

Querschnitt der Ausgangsböschung und der umgebildeten Böschung

Matrikel Nr.	lfd. Nr.	Abgabe:	Erstellt:
5033923	8	15.01.2023	Sarah J. Herzig
Format:		Massstab:	Geprüft:
cm x cm		1 : 100	Sarah J. Herzig
			Freigegeben:
			Sarah J. Herzig

Index:	Datum:	Erstellt:	Geprüft:	Freigegeben:	Änderung:
--------	--------	-----------	----------	--------------	-----------

Dateipfad:

Geländeoberkante
112.00 m+NHN

Abbruchkante

$1:m_{\phi} = 1:1.56$

$h_K = 33$

Kliffuß

$1:m_A = 1:21.2931$

$1:m_s = 1:7.1163$

P2

$1:m_{su} = 1:25.8728$

Zielwasserstand
106.00 m+NHN

$h_R = 1.03$ $1.13 = h_{R'}$

Riffkrone

$1:m'_{\phi} = 1:1.9172$

$1:m = 1:3$

durchschnittliche Kote Seegrund
95.00 m+NHN

Ausgangszustand
 welleninduzierter GGW Zustand

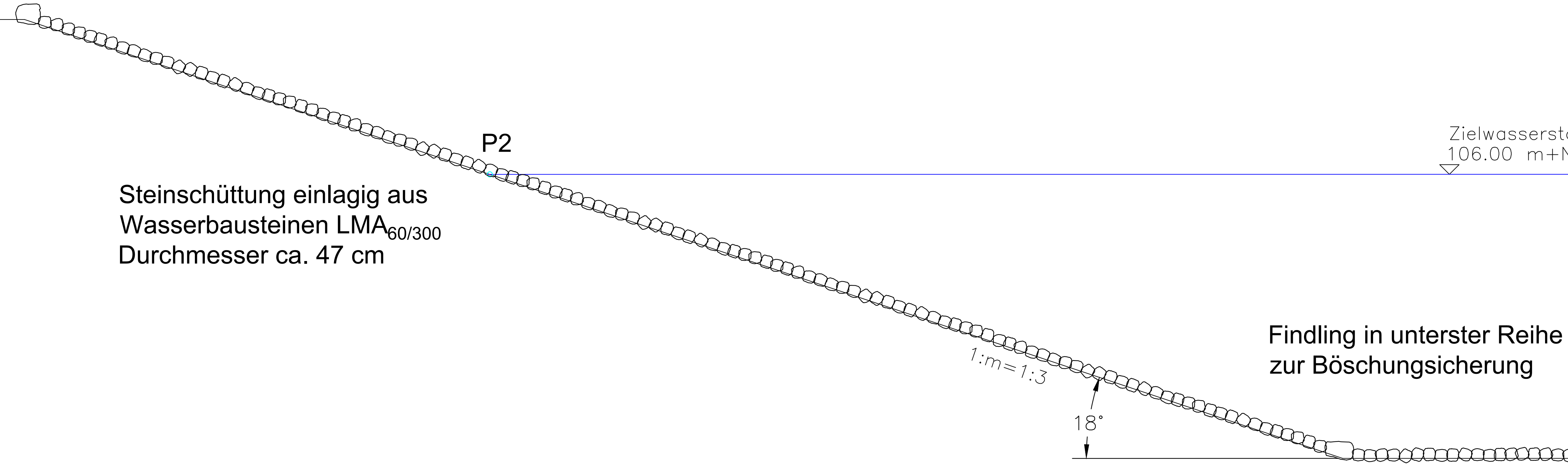
Querschnitt des konstruktiven Aufbaus der Böschung

Matrikel Nr.	lfd. Nr.	Abgabe:	Erstellt:		
5033923	8	15.01.2023	Sarah J. Herzig		
Format:		Massstab:	Geprüft:		
cm x cm		1 : 100	Sarah J. Herzig		
			Freigegeben:		
			Sarah J. Herzig		
Index:	Datum:	Erstellt:	Geprüft:	Freigegeben:	Änderung:

Dateipfad:

Findling in oberster Reihe
zur Böschungssicherung

Geländeoberkante
112.00 m+NHN



Steinschüttung einlagig aus
Wasserbausteinen LMA_{60/300}
Durchmesser ca. 47 cm

Findling in unterster Reihe
zur Böschungssicherung

Zielwasserstand
106.00 m+NHN

durchschnittliche Kote
Seegrund
95.00 m+NHN

Steinsatzdeckwerk auf Seegrund zur
Kolksicherung