

Land Niedersachsen
NLWKN Geschäftsbereich II
Betriebsstelle Süd
Rudolf-Steiner-Str 5
38120 Braunschweig

Hydraulische Berechnungen

Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit am Wehr Osterloh



Landkreis und Stadt Celle - Gemarkung Bockelskamp und Stadt Celle

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Vorbemerkung..... | 3 |
| 2. | Hydraulische Berechnung..... | 3 |
| 2.1 | Allgemein | 3 |
| 2.2 | Hydrologische Situation..... | 3 |
| 2.3 | Geometrische Berechnung eines Raugerinnes mit Beckenstruktur | 4 |
| 2.3.1 | Höhenunterschied..... | 5 |
| 2.3.2 | Anzahl der Becken | 5 |
| 2.3.3 | Länge und Breite des Raugerinnes..... | 6 |
| 2.3.4 | Fließgeschwindigkeit..... | 6 |
| 2.3.5 | Berechnung der Durchflussbreite..... | 7 |
| 2.4 | Energieumwandlung im Raugerinne mit Beckenstruktur..... | 8 |
| 2.4.1 | Allgemein | 8 |
| 2.4.2 | Energiedissipation bei Q_{30} | 8 |
| 2.4.3 | Energiedissipation bei Q_{330} | 8 |
| 2.5 | Nachweis der Stabilität der Steinschwellen..... | 9 |
| 2.5.1 | Allgemein | 9 |
| 2.5.2 | Moment infolge der Gewichtskraft..... | 9 |
| 2.5.3 | Moment infolge der Fließgeschwindigkeit | 10 |
| 2.5.4 | Moment infolge der statischen horizontalen Kräfte | 10 |
| 2.5.5 | Ermittlung des Auslastungsgrades..... | 11 |
| 2.6 | Nachweis der Stabilität der Sohle..... | 11 |
| 2.7 | Zusammenfassung der technischen Daten..... | 13 |
| 3. | Quellenverzeichnis | 14 |
| 4. | Abbildungsverzeichnis..... | 14 |
| 5. | Tabellenverzeichnis | 14 |

1. Vorbemerkung

Die Gewässerökologie der Aller wird durch Querbauwerke, wie das Wehr Osterloh, in erheblichem Maße beeinflusst. In Stau- und Ausleitungsstrecken wird der Lebensraum von Flora und Fauna durch die veränderten Eigenschaften des Gewässers (Abfluss, Strömungsgeschwindigkeit, Sohlstruktur, Veränderung des Geschiebetransportes, Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt) stark beeinträchtigt.

Die Planung der ökologischen Durchgängigkeit der Aller bei Osterloh beinhaltet den Teilerückbau des Wehres inkl. Bau einer festen Schwelle und den ökologisch durchgängigen Anschluss des Altarms, für welchen die nachfolgenden hydraulischen Berechnungen aufgestellt wurden.

2. Hydraulische Berechnung

2.1 Allgemein

Die geometrische und hydraulische Bemessung der geplanten Maßnahme erfolgt auf der Grundlage des DWA Merkblatts 509 [1]. Berücksichtigt werden zudem Hinweise im Handbuch für Querbauwerke [3]. Maßgebend für die Gestaltung des Raugerinnes sind die Abflüsse Q_{30} und Q_{330} , d.h. dass der Fischauf- bzw. -abstieg an mindestens 300 Tagen im Jahr funktionsfähig sein muss. Die hydrologischen Daten wurden auf der Grundlage des Pegels in Langlingen [5] sowie der Hydrographischen Karte Niedersachsens [4] ermittelt.

2.2 Hydrologische Situation

Ungefähr 10 km oberhalb des Wehres Osterloh befindet sich an der Aller der Pegel Langlingen. Die in den zugehörigen Pegeldatenblättern ausgewiesenen gewässerkundlichen Hauptwerte wurden anhand der Einzugsgebiete für den Wehrstandort Osterloh extrapoliert.

Der Pegel Langlingen weist ein Einzugsgebiet von 3.533 km² auf. Das Einzugsgebiet des Wehrstandortes wurde mit einer Größe von 3916 km² bestimmt [6]. Die für den Wehrstandort ermittelten Werte sind in der Tabelle 1: Gewässerkundliche Hauptwerte der Aller im Planungsgebiet dargestellt. Für den Bau der Wehranlage Osterloh in den 60ern wurde seinerseits ein Ausbauabfluss von 80 m³/s angesetzt. Dieser Abfluss sollte gemäß der damaligen Planung in Geländehöhe abgeführt werden (Wasserverband Mittelaller, 1961).

| | | Wehr Osterloh |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Mittlerer Niedrigwasserabfluss | MNQ | 7,2 m ³ /s |
| Abfluss, an 30 Tagen unterschritten | Q ₃₀ | 10,0 m ³ /s |
| Mittlerer Abfluss | MQ | 25,3 m ³ /s |
| Abfluss, an 330 Tagen unterschritten | Q ₃₃₀ | 47,4 m ³ /s |
| Ausbauabfluss / Bordvoller Abfluss | Q _{bordvoll} | 80 m ³ /s |
| Mittlerer Hochwasserabfluss | MHQ | 109,9 m ³ /s |
| Maximaler Abfluss Altarm | Q _{Max.Altarm} | Ca. 27 m ³ /s |

Tabelle 1: Gewässerkundliche Hauptwerte der Aller im Planungsgebiet

2.3 Geometrische Berechnung eines Raugerinnes mit Beckenstruktur

Bei der hydraulischen Berechnung zur Ermittlung der Wasserspiegellagen im Ober- und Unterwasser werden die Steinschwellen als Querschnittsverengung angesetzt. Bei den Nachweisen gemäß dem DWA Merkblatt 509 [1] werden die Steinschwellen als Überfallwehre betrachtet und dementsprechend über die Wehrformel von Poleni berechnet. Die hierdurch entstehenden Differenzen fallen jedoch sehr gering aus.

Zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit des Raugerinnes mit Beckenstruktur sind folgende Parameter (siehe Abbildung 1) nachzuweisen:

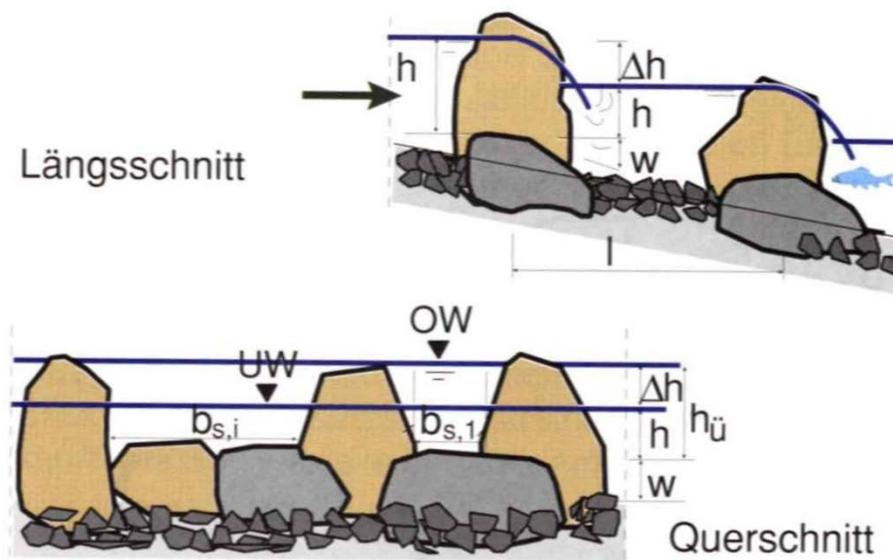


Abbildung 1 Bemessungsparameter des Raugerinnes mit Beckenstruktur [1]

2.3.1 Höhenunterschied

I.d.R. tritt die höchste, für die Bemessung maßgebende Wasserspiegellagendifferenz zwischen Ober- und Unterwasser im Bemessungsfall Q_{30} auf. Die Differenz wird aus Naturmessungen ermittelt.

Sollten diese für den einschlägigen Fall nicht vorliegen, werden die Ergebnisse aus den hydraulischen Modellrechnungen verwendet. In den 2-D Modellrechnungen (siehe Anlage 4.2) werden grundsätzlich die Wasserstände für die jeweiligen Abflussereignisse für den IST- und Planzustand berechnet (Nachweis der Wasserspiegellagenveränderungen ober- und unterhalb des Raugerinnes). Zur Ermittlung der Wasserspiegellagendifferenz zur Bemessung wurde im vorliegenden Fall eine Naturmessung herangezogen, die annähernd den Ist-Zustand bei Q_{30} beschreibt. Die Werte für den Q_{330} -Fall wurden aus der Modellrechnung übernommen.

☞ Wasserstandsdifferenz Q_{30} :

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Wasserstand im OW | 38.90 m NHN |
| <u>Wasserstand im UW</u> | <u>37.71 m NHN</u> |
| Differenz Wasserstand (OW-UW) | <u>1,19 m</u> |

☞ Wasserstandsdifferenz Q_{330} :

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Wasserstand im OW | 39,37 m NHN |
| <u>Wasserstand im UW</u> | <u>38,88 m NHN</u> |
| Differenz Wasserstand (OW-UW) | <u>0,49 m</u> |

Zur Bemessung und Nachweisführung wird der größere Wert ausgewählt, um eine ausreichende Dimensionierung für den gesamten Funktionszeitraum zu gewährleisten.

2.3.2 Anzahl der Becken

Bei der Bemessung der Anzahl der Becken bzw. Steinriegel sind die abzubauenen Höhendifferenzen zwischen den Becken und die daraus resultierende Fließgeschwindigkeit entscheidend. Gem. [1] bzw. [2] sollte für die Bereich Brassens-Aland-Region die Wasserspiegellagendifferenz zwischen den Becken bei $\leq 0,10$ m (gewählt: 0,09 m) liegen. Daraus ergibt sich eine Beckenanzahl von

$$n = \frac{h_{ges}}{\Delta h} - 1 = \frac{1,19m}{0,09m} - 1 = 13 \text{ Becken}$$

Es werden 13 Becken, d.h. 14 Riegel mit einer jeweiligen Höhendifferenz von $\Delta h = 0,09$ m gewählt.

2.3.3 Länge und Breite des Raugerinnes

Die maßgebliche Länge des Raugerinnes mit Beckenstruktur richtet sich nach den empfohlenen Abmessungen für beckenartige Fischwanderhilfen gem. [1] bzw. [2]. Wie in den Rahmenbedingungen festgehalten, ist für den vorhandenen Bereich eine lichte Beckenlänge von mindestens $6 \times \text{Riegelhöhe} = 5,94 \text{ m}$ zu wählen.

Da das Raugerinne bei Abflüssen bis Q_{330} mit der größten Wassermenge beaufschlagt wird und zudem ein möglichst naturnaher Gewässerabschnitt geschaffen werden soll, wird die Beckenlänge oberhalb der Grenzwerte angesetzt. Die geometrischen Randpunkte (Lage Altarm zu Aller) ergeben eine durchschnittliche Beckenlänge von $12,5 \text{ m}$. Dies stellt zudem ein ruhiges und gleichmäßiges Strömungsbild in den Becken sowie die Realisierung einer möglichst geringen Energiedissipation (Leistungsdichte) sicher.

| | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Beckenlänge Achse Riegel /Riegel | $l_w =$ | $12,50 \text{ m}$ |
| Riegeldurchmesser (Draufsicht) | $d_{\text{Riegel}} =$ | $0,8 \text{ m}$ |
| Anzahl Becken: | $n_{\text{Becken}} =$ | 13 Stck. |
| Anzahl Riegel: | $n_{\text{Riegel}} =$ | 14 Stck. |

Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Eingangswerte ergibt sich die *rechnerische Gesamtlänge* des Raugerinnes von:

$$L_{\text{Raugerinne}} = (n_{\text{Becken}} \cdot l_w) + d_{\text{Riegel}} = (13 \cdot 12,50) + 0,8 = 163,30 \text{ m}$$

Für die Sohlbreite sind die Abmessungen für beckenartige Fischwanderhilfen gem. [1] und [2] maßgebend. Mit der vorgesehenen Sohlbreite von $30,0 \text{ m}$ wird der Grenzbereich gemäß [1] und [2] von $> 3,0 \text{ m}$ überschritten, um die Sohlbreite der Naturräumlichkeit der Aller anzunähern und den neuen Gewässerabschnitt mit möglichst viel Wasser zur Optimierung der Auffindbarkeit zu beaufschlagen.

$$\Rightarrow \text{Sohlenbreite:} \quad B_B = 30,0 \text{ m}$$

2.3.4 Fließgeschwindigkeit

Die max. Fließgeschwindigkeit in den Schlitzöffnungen steht im Zusammenhang mit der Höhendifferenz zwischen den Becken und sollte gem. [1], [2] den Wert für die Fließgewässerzone Brassens-Aland-Region von max. $1,70 \text{ m/s}$ nicht überschreiten. Aus der max. Höhendifferenz von $0,09 \text{ m}$ ergibt sich folgende max. Fließgeschwindigkeit für Q_{30} und Q_{330} :

$$\Rightarrow Q_{30/330}: v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,09 \text{ m}} = 1,33 \text{ m/s}$$

Die ermittelte max. Fließgeschwindigkeit beläuft sich auf $1,33 \text{ m/s}$ und liegt somit unter dem Grenzwert von $1,70 \text{ m/s}$.

2.3.5 Berechnung der Durchflussbreite

Die Riegel des Raugerinnes sollen erst ab einem Abfluss größer Q_{30} überströmt werden. Um dies zu gewährleisten, wird die Durchflussbreite (b_s) ermittelt. Die Berechnung erfolgt nach [1] auf der Grundlage der Wehrformel von Poleni. Diese wurde im DWA M 509 für die Berechnung von Raugerinnen mit Beckenstruktur modifiziert. In dem modifizierten Ansatz werden die Spaltverluste der Riegel mit berücksichtigt, während dies in den älteren Ansätzen nach DVWK noch nicht vorgesehen war. Die Spaltverluste beschreiben die Verluste, die dadurch entstehen, dass das Wasser nicht nur durch die Durchflussbreiten der Schlitz abfließt, sondern auch durch die Zwischenräume der Riegelsteine. Um diesen Effekt nicht zu vernachlässigen, wird der modifizierte Ansatz nach [1] verwendet.

⇒ **Durchflussbreite:**

$$b_s = \frac{Q_{30}}{2/3 \cdot \mu \cdot \sigma \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_1^{3/2}}$$

Im Bereich der Riegel wird aus Gründen der besseren Durchwanderbarkeit für Kleinstlebewesen auf die Anordnung eines Schwellensteines ($w = 0,00$ m) verzichtet. Auf dieser Grundlage ergibt sich die im Folgenden dargestellte Berechnung.

Hier bedeuten:

| | |
|----------|--|
| b_s | = Durchflussbreite in m |
| Q_{30} | = 10,01 m ³ /s, Abfluss bei Q30 |
| μ | = 0,55, Überfallbeiwert ($w = 0,00$ m) |
| h_1 | = 0,99 m, Wasserstand über Schwellenstein oberes Becken ($h_o - w = 0,9 - 0,0$) |
| h_2 | = 0,90 m, Wasserstand über Schwellenstein unteres Becken ($h_u - w = 0,5 - 0,0$) |
| σ | = 0,65, Rückstaubeiwert ($1 - (h_2 / h_1)^{11} = 1 - (0,90 / 0,99)^{11}$) |
| f | = 1,15, Faktor für Spaltverluste gemäß [1] bei unregelmäßigen Steinen: $f = 1,15 - 1,25$ |

$$b_s = \frac{10,01}{\frac{2}{3} \cdot 0,55 \cdot 0,65 \cdot 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot 0,99^{3/2}} = 8,38 \text{ m}$$

Die erforderliche Durchflussbreite der Steinschwelle beträgt für den Abfluss von 10,01 m³/s (Q_{30}) also 8,38 m. Die Wasserspiegelbreite bei Oberkante Steinriegel bei einer Sohlbreite von 30 m und einer Böschungsneigung von $n=3$ beträgt $b_w = 35,94$ m, sodass die Mindestforderung gemäß [1] von $5 \times 8,38$ m (Durchflussbreite) = 41,88 m $>$ b_w erfüllt ist.

2.4 Energieumwandlung im Raugerinne mit Beckenstruktur

2.4.1 Allgemein

Zur Gewährleistung einer turbulenzarmen Beckenströmung ist eine Energiedissipation (Leistungsdichte) von $E = 150 \text{ W/m}^3$ bei Q_{30} und $E = 200 \text{ W/m}^3$ bei Q_{330} nicht zu überschreiten [1], [2]. Die Energiedissipation wird nach folgender Gesetzmäßigkeit ermittelt:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{h_m \cdot b_m \cdot l_w}$$

Hier bedeuten:

| | |
|--|---|
| E = Energiedissipation [W/m^3] | h_m = mittlerer Wasserstand in den Becken [m] |
| ρ = 1000 kg/m^3 , Dichte des Wassers | h_o = Wasserstand oberes Becken [m] |
| g = $9,81 \text{ m/s}^2$, Erdbeschleunigung | h_u = Wasserstand unteres Becken [m] |
| Δh = $0,09 \text{ m}$, Wasserspiegeldifferenz zwischen den Becken | b_m = mittlere Beckenbreite [m] |
| Q = Durchflussmenge im Raugerinne [m^3/s] | b_{so} = $30,00 \text{ m}$, Sohlbreite |
| l_w = $11,70 \text{ m}$, lichte Beckenlänge | b_w = $35,94 \text{ m}$ Wasserspiegelbreite [m] |

2.4.2 Energiedissipation bei Q_{30}

$$h_m = \frac{h_o + h_u}{2} = \frac{0,99 + 0,90}{2} = 0,945 \text{ m}$$

$$b_m = \frac{b_{so} + b_w}{2} = \frac{30 + 35,94}{2} = 32,97 \text{ m}$$

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{h_m \cdot b_m \cdot l_w} = \frac{1.000 \cdot 9,81 \cdot 0,09 \cdot 10,01}{0,945 \cdot 32,97 \cdot 11,70} = 24,34 \text{ W / m}^3 < 115 \text{ W / m}^3$$

2.4.3 Energiedissipation bei Q_{330}

$$h_m = \frac{h_o + h_u}{2} = \frac{1,46 + 1,37}{2} = 1,42 \text{ m}$$

$$b_m = \frac{b_{so} + b_w}{2} = \frac{30,0 + 38,50}{2} = 34,25 \text{ m}$$

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{h_m \cdot b_m \cdot l_w} = \frac{1.000 \cdot 9,81 \cdot 0,09 \cdot 47,41}{1,42 \cdot 34,25 \cdot 11,70} = 73,83 \text{ W / m}^3 < 115 \text{ W / m}^3$$

Die maximal zulässige Energiedissipation des Raugerinnes mit Beckenstruktur wird im Funktionszeitraum von Q_{30} bis Q_{330} mit Werten von 24,34 bis 73,83 W/m³ deutlich unterschritten.

2.5 Nachweis der Stabilität der Steinschwellen

2.5.1 Allgemein

Die Stabilität der einzelnen Steine der Steinschwellen erfolgt anhand des DWA - Merkblattes 509 (siehe Abbildung 2). Die Berechnung der Standsicherheit erfolgt über die Ermittlung einen Auslastungsgrades, der kleiner 1 sein muss.

$$f = \frac{\gamma_v \cdot M_v + \gamma_h \cdot M_h}{\gamma_G \cdot M_G} < 1$$

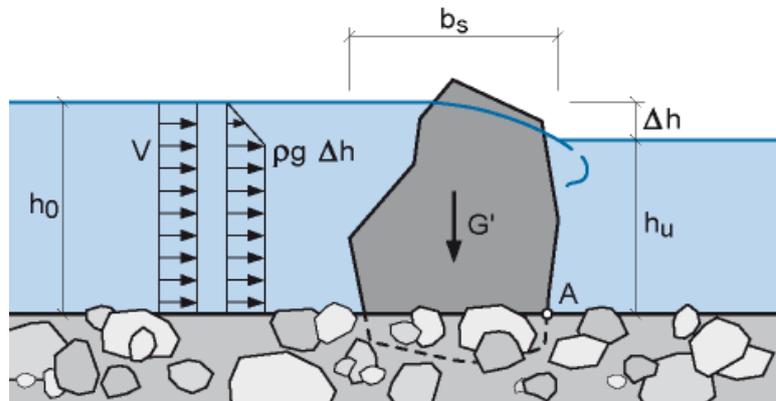


Abbildung 2 Bemessungsgrößen für den Nachweis der Stabilität der Steinschwellen [1]

Hier bedeuten:

| | |
|---|---|
| F = Auslastungsgrad | M_y = Moment infolge der Fließgeschwindigkeit |
| M_h = Moment infolge der horizontalen Kräfte | M_G = Moment infolge der Gewichtskraft |
| Die Teilsicherheitsbeiwerte sind: $\gamma_G = 0,8$; $\gamma_V = 1,5$; $\gamma_h = 1,3$ | |

2.5.2 Moment infolge der Gewichtskraft

Die Ermittlung der Gewichtskraft erfolgt unter Berücksichtigung der Bemessungsansätze für Einzelsteine, die im DWA Themenband „Naturnahe Sohlengleiten“ [2] dargestellt sind.

$$M_G = G' \cdot b_s / 2$$

$$M_G = (\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot V_s \cdot b_s / 2$$

$$M_G = (\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot 0,7 \cdot h_s \cdot t_s \cdot b_s \cdot b_s / 2$$

Hier bedeuten:

| | |
|--|---|
| $P_s = 2700 \text{ kg/m}^3$, Dichte des Steins | $h_s = 0,99 \text{ m}$, Gesamthöhe Stein |
| $P_w = 1000 \text{ kg/m}^3$, Dichte des Wassers | $t_s = 0,80 \text{ m}$, Tiefe Stein |
| $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, Erdbeschleunigung | $b_s = 0,80 \text{ m}$, Breite Stein |

$$M_G = (2700 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 0,7 \cdot 0,99 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 / 2 = 2.959 \text{ Nm} \approx 2,96 \text{ KNm}$$

2.5.3 Moment infolge der Fließgeschwindigkeit

$$M_V = 0,5 \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot A_s \cdot v^2 \cdot h_o / 2$$

Hier bedeuten:

| | |
|---|---|
| $P_w = 1000 \text{ kg/m}^3$, Dichte des Wassers | $h_o = 0,99 \text{ m}$, Wasserhöhe Oberwasser |
| $c_w = 1,2$, Beiwert für quaderförmige Steine | $v = \text{max. Fließgeschwindigkeit}$ |
| $A_s = \text{angeströmte Fläche des Steins [m}^2\text{]}$ | $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$ |
| $A_s = h_o \cdot \frac{b_s + b_{s \text{ red}}}{2}$ | $\Delta h = 0,14 \text{ m}$, max. zulässige Wasserspiegeldifferenz (Ansatz der sicheren Seite) |
| $b_s = 0,80 \text{ m}$; $b_{s \text{ red}} = 0,70 \text{ m}$ | $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot 0,14} = 1,63 \text{ m/s}$ |
| $A_s = 0,99 \cdot \frac{0,80 + 0,70}{2} = 0,743 \text{ m}^2$ | |

Die Ermittlung der angeströmten Fläche A_s erfolgt unter Berücksichtigung der in [2] dargestellten Ansätze.

$$M_V = 0,5 \cdot 1000 \cdot 1,2 \cdot 0,743 \cdot 1,63^2 \cdot 0,99 / 2 = 584,1 \text{ Nm} \approx 0,58 \text{ KNm}$$

2.5.4 Moment infolge der statischen horizontalen Kräfte

$$M_h = \Delta h \cdot \rho_w \cdot g \cdot h_o / 2 * A_s$$

Hier bedeuten:

| | |
|---|--|
| $P_w = 1000 \text{ kg/m}^3$, Dichte des Wassers) | $h_o = 0,99 \text{ m}$, Wasserhöhe Oberwasser |
| $\Delta h = 0,14 \text{ m}$, max. zulässige Wasserspiegeldifferenz (Ansatz der sicheren Seite) | $A_s = \text{angeströmte Fläche des Steins [m}^2\text{]}$ $A_s = 0,743 \text{ m}^2$ |
| $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, Erdbeschleunigung | |

$$M_h = 0,14 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,99 / 2 \cdot 0,743 = 487 Nm = 0,487 KNm$$

2.5.5 Ermittlung des Auslastungsgrades

Partialsicherheitsbeiwerte (gemäß [1])

$$\gamma_G = 0,80$$

$$\gamma_V = 1,50$$

$$\gamma_h = 1,30$$

$$f = \frac{\gamma_v \cdot M_v + \gamma_h \cdot M_h}{\gamma_G \cdot M_G} = \frac{1,5 \cdot 0,58 + 1,3 \cdot 0,487}{0,8 \cdot 2,96} = 0,64 < 1$$

Der Nachweis der Standsicherheit des Einzelsteins ist somit erbracht.

2.6 Nachweis der Stabilität der Sohle

Der Stabilitätsnachweis des Raugerinnes mit Beckenstruktur erfolgt über den Nachweis nach PALT & DITTRICH, der in [2] als sinnvoller Ansatz für natürliche Absturz-Becken-Sequenzen genannt wird und an sich bereits größere Sicherheiten bietet, als der bisher gebräuchliche Ansatz von WHITTAKER und JÄGGI.

$$q_{zul} = 0,093 \cdot I^{-1,25} \cdot \sqrt{g \cdot \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \cdot d_{65}^3}$$

Dieser Ansatz wird in [1] mit weiteren Sicherheitszuschlägen, z.B. für teilweise kantiges Material, versehen und es ergibt sich:

$$q_{zul} = s \cdot 0,05 \cdot \sqrt{g} \cdot \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \cdot d_{s,Becken}^{1,5}} \cdot I^{-1,25}$$

Hier bedeuten:

| | | |
|-----------|--|--|
| q_{zul} | = spezifischer Abfluss [$m^3/(s \cdot m)$] | $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$, Dichte der Steine |
| I | = Gefälle der Sohlgleite [-] | $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$, Dichte des Wassers |
| g | = $9,81 \text{ m/s}^2$, Erdbeschleunigung | d_{65} = erf. Korndurchmesser [m] |
| s | = Sicherheitszuschlag für Materialform | 0,7 für kantiges Material; 0,5 für rundkörniges Material |

Über den in den hydraulischen Modellrechnungen ermittelten *bordvollen Abfluss* und die sich daraus ergebende Breite (idealisiert zum Rechteckprofil) wird der spezifische Abfluss bestimmt.

$$Q = A \cdot v = b \cdot h \cdot v \rightarrow b = \frac{Q}{h \cdot v}$$

Zur Ermittlung der erforderlichen Fließgeschwindigkeit in den Riegelöffnungen (= Ort der höchsten zu erwartenden Fließgeschwindigkeit, Ansatz der „sicheren Seite“) wird die Abflussaufteilung über das Verhältnis der durchströmten Teilflächen im Querschnitt ermittelt. Dabei ist gemäß hydraulischen Kennwerten in [7] die Abflussaufteilung bei Q_{bordvoll} das von den Gesamtabfluss der Aller (80m³/s) ein Anteil von 72% (=57,72m³/s) über das Raugerinne gehen wird.

$$\text{Flächenanteil in der Riegelöffnung } n_{A-R\ddot{O}} = \frac{A_{R\ddot{O}}}{A_{\text{ges.}}} = \frac{7,62}{48,46} = 0,16 = 16 \%$$

$$\text{Abfluss in der Riegelöffnung } Q_{R\ddot{O}} = Q_{\text{ges.}} \cdot n_{A-R\ddot{O}} = 57,72 \cdot 0,16 = 9,07 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{Fließgeschwindigkeit in der Riegelöffnung } v = \frac{Q_{R\ddot{O}}}{A_{R\ddot{O}}} = \frac{0,471}{0,59} = 1,19 \text{ m / s}$$

Der anstehende Wasserstand wurde mit einer Höhe von 1,65 m im hydraulischen Modell abgebildet. Daraus ergibt sich wie folgt die spezifische Breite und der spezifische Abfluss von:

$$b = \frac{Q}{h \cdot v} = \frac{57,72}{1,56 \cdot 1,19} = 29,40 \text{ m} \rightarrow q_{\text{zul}} = q_{\text{bordvoll}} = \frac{57,72}{29,40} = 1,96 \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}}$$

Daraus folgt der erforderliche Steindurchmesser:

$$\begin{aligned} d_{S, \text{Becken}} &= \left(\frac{q_{\text{vorh}}}{0,05 \cdot s \cdot \sqrt{g} \cdot \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}} \cdot I^{-1,25}} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{1,96}{0,05 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{9,81} \cdot \sqrt{\frac{2.650 - 1.000}{1.000}} \cdot 0,0073^{-1,25}} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \left(\frac{1,96}{0,05 \cdot 0,5 \cdot 4,023 \cdot 468,65} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,12 \text{ m} \end{aligned}$$

Aus [2] folgt aus dem errechneten d_{90} in Bezug auf die Schüttsteinklasse die Klasse II (CP 90/250). Für das Raugerinne ist zur Herstellung einer abwechslungsreichen Sohlstruktur sowie eines differentiellen Lückensystems eine Sohl- und Böschungsbefestigung aus einem Kies-/Steingemisch (32 / 140) und Wasserbausteinen CP 90/250 vorgesehen. Das Kies-/Steingemisch (32 / 140, abgerundet) wird jedoch nur zur Herstellung des differentiellen Lückensystems bzw. als Initialschicht eingebracht. Aufgrund der Geschiebeführung der Aller ist davon auszugehen, dass sich die im Lückensystem der Sohlschicht (CP 90/250) vorhandenen Hohlräume von selbst mit naturraumtypischen Substrat füllen werden.

Die Mindestdicke der Substratschicht beträgt nach [1] $h_{\text{sub}} = 0,20 \text{ m}$. Es wird jedoch die Empfehlung ausgesprochen, eine Schichtdicke $\geq 0,30 \text{ m}$ zu wählen.

Dementsprechend würde für das Sohlsubstrat eine Schichtdicke von 0,30 m gewählt.

2.7 Zusammenfassung der technischen Daten

| | Formelzeichen | Einheit | Grenzwerte | Technische Daten der Planung |
|---|---------------|------------------|-------------|------------------------------|
| Sohlbreite | B_B | m | > 3,0 | 30,0 |
| Wasserspiegelbreite | B_W | m | < 41,88 | 35,94 |
| Beckenlänge | L_B | m | > 5,94 | 12,50 |
| Höhendifferenz der Becken | Δh | m | < 0,10 | 0,09 |
| Öffnungsbreite | s | m | $\geq 0,60$ | 8,38 |
| Fließtiefe | h_{Umin} | m | $\geq 0,75$ | 0,90 |
| Max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz | v_{max} | m/s | < 1,7 | 1,33 |
| Max. Energiedissipation Becken Q_{30}/Q_{330} | E_{max} | W/m ³ | 115 / 115 | 24,34 / 73,83 |
| Substratstärke | sub | m | > 0,20 | 0,30 |

Tabelle 2: Technische Daten der Planung sowie hydraulische und geometrische Grenzwerte für Fischwanderhilfen nach [1] i.V.m. [2]

3. Quellenverzeichnis

- [1] **DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509:** Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke. Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.
- [2] **DWA (2009):**DWA Themenband: „Naturnahe Sohlgleiten“
- [3] **MUNLV (2005):** Handbuch Querbauwerke, Klenkes-Druck & Verlag GmbH, 1. Auflage, Hrsg. Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW)
- [4] **Nds. Wasseruntersuchungsamt (1983):** Hydrographische Karte Niedersachsens
- [5] Pegelblatt des Pegels Langlingen
- [6] **Der niedersächsische Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. (1983):** Hydrographische Karte Niedersachsens. Hannover: Wasseruntersuchungsamt, Nds.,.
- [7] **Geum.tec (2015):**Ergebnisse der hydraulischen 2-D Modellrechnung zur Ermittlung der vorhandenen Wasserspiegellagen (MQ, QBordvoll, HQ100)
- [8] Geotechnischer Bericht und Umwelttechnische Untersuchungen

4. Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| Abbildung 1 Bemessungsparameter des Raugerinnes mit Beckenstruktur | 4 |
| Abbildung 2 Bemessungsgrößen für den Nachweis der Stabilität der Steinschwellen [1] | 9 |

5. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Gewässerkundliche Hauptwerte der Aller im Planungsgebiet | 4 |
| Tabelle 2: Technische Daten der Planung sowie hydraulische und geometrische Grenzwerte für Fischwanderhilfen nach [2] i.V.m. [7] | 13 |