

Hydraulische Charakteristik von Rundbeckenpässen

Jürgen Stamm, Ulf Helbig, Christoph Seidel, Rocco Zimmermann und Herbert Martin

1 Einleitung

Der Rundbeckenpass wird seit Mitte der 1990er Jahre durch die Firma Peters Ökofisch GmbH & Co. KG vorrangig in Deutschland und in der Schweiz vertrieben. Derzeitig existieren 61 Anlagen, von denen 39 als C-Typ, 13 als J-Typ und 5 als H-Typ errichtet worden sind. Vier Anlagen bilden Sonderkonstruktionen, die als Misch- oder auch als Turmkonstruktion gebaut wurden (CJ-, Helix-Form, usw.). Die aktuelle Fassung des DWA-Merkblattes DWA-M 509 (2014) führt den Rundbeckenpass als Sonderbauweise des Schlitzpasses an und erwähnt das rege Aufstiegs geschehen an einigen Fischaufstiegsanlagen (FAA), das bereits bei Funktionskontrollen nachgewiesen werden konnte (WIELAND & NÖTHLICH, 2003, u. a.). Es wird im Merkblatt aber ebenso darauf hingewiesen, dass zwar zahlreiche FAA des Mäandertyps errichtet wurden, bislang geeignete Berechnungsverfahren sowie untersuchungstechnisch begründete Bemessungskriterien noch ausstehen, was insbesondere auf die defizitäre Datenbasis und den noch unbefriedigenden Erkenntnisstand zurückzuführen ist. Da sich das Strömungsgeschehen aufgrund der mäandrierenden Strömungsführung doch z. T. erheblich von dem des Schlitzpasses unterscheidet, sind dessen hydraulische Charakteristika (v. a. Strömungsbildung, Turbulenzentwicklung, Energieumwandlung) nicht ohne weiteres übertragbar. Aus diesem Grund sind Naturmessungen und auch physikalische sowie hydronumerische Modellierungen erforderlich, um die hydraulischen Eigenarten hinreichend abzubilden.

2 Konstruktion, Bautypen, technische Daten

Nach Ansicht des Herstellers sollen mit Hilfe einer Fischaufstiegsanlage die natürlichen Strömungsverhältnisse ähnlich nachgebildet werden, so dass gemäß dieser Philosophie in der FAA durchweg auf hochturbulente Strömungsbereiche verzichtet und v. a. auf eine gerichtete und geführte Primärströmung geachtet werden sollte („gleichartige Strömung“), die vom Fisch mittels des Seitenlinienorgans bereits beim Einstieg wahrgenommen wird und ihn so zur Wanderung antreibt. Des Weiteren wird angestrebt, das Dotationswasser bei vollständiger Funktionalität der FAA zu begrenzen, um bspw. Zielkonflikte mit der Wasserkraft zumindest zu minimieren bzw. gänzlich zu vermeiden.

Die Konstruktion basiert auf einer Anordnung aufeinanderfolgender Rundbecken in einem U-förmigen Stahlbetontrog. Die Linienführung ist variabel und an die örtlichen Gegebenheiten anpassbar. Die Beckenelemente bestehen i.d.R. aus GFK-Fertigteilen

(Rohre, Abb. 1). Die Verbindung zweier Becken wird mittels Vertikalschlitzten hergestellt. Diese verjüngen sich V-förmig in Richtung Sohle. Die Schlitzbreite ist durch verstellbare „Umlenkrohre“ variabel einstellbar (Abb. 1). Der Sohlauflauf besteht aus einer Rollkiesschüttung (16/32), auf die eine PE-Wirrgelgematte aufgebracht und mittels Sohlhalbschalen ($d \approx 10\text{--}14\text{ cm}$) fixiert wird (Abb. 1). Beobachtungen zeigen darüber hinaus, dass dieser Aufbau eine aktive Benthosbesiedlung sowie einen Pflanzenbewuchs ermöglicht.

Von sehr wenigen Sonderformen abgesehen (CJ, Helix), werden im Wesentlichen die drei Ausführungsvarianten des C-, J- und H-Typs unterschieden, die vor allem in der Beckenform, der Beckenlänge sowie der Sohlneigung und dem Fließgefälle differieren (Abb. 2, Tab. 1; STAMM ET AL., 2014a).



Abb. 1: Links: Anordnung von GFK-Halbrohren bei einem C-Typ, mittig: „Umlenkrohre“ zur Schlitzweitenregulierung, rechts: Sohlauflauf (PETERS ÖKOFISCH, IWD)

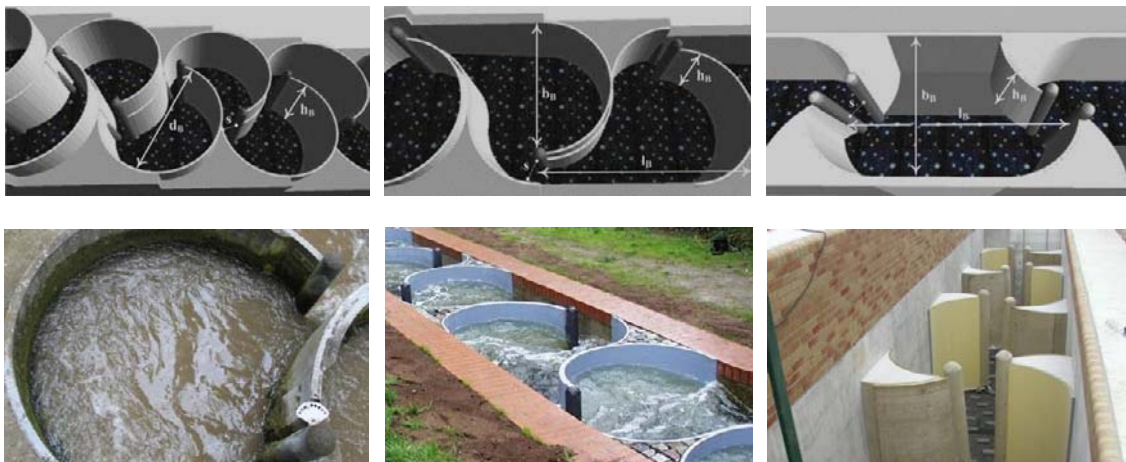


Abb. 2: Ausführungsvarianten, links: C-Typ, mittig: J-Typ, rechts: H-Typ

Der Typ C ist für Gefälle zwischen 17 % und 30 % entworfen worden und soll v. a. den Bau von Fischaufstiegsanlagen unter beengten Platzverhältnissen ermöglichen. Die Konstruktionsvariante des Fischpasses Typ J ist für Gefälle zwischen 8 % und 17 % geeignet. Der wesentliche Unterschied zum Typ C besteht in der Konstruktion der Becken. Die J-Form dieses Typs ergibt sich aus einer Streckung der C-förmigen Be-

cken. Der Typ H ist für Fließgefälle zwischen 4 % und 8 % ausgelegt und wird als sogenannter „Halbmäander-Fischpass“ (namensgebend) bezeichnet. Er besitzt eine stark gestreckte Geometrie und somit die längsten Becken.

Tab. 1: Kenndaten und Konstruktionskriterien des C-, J- und H-Typs (Herstellerangaben, PETERS, 2005)

Konstruktionskriterium	C-Typ	J-Typ	H-Typ
Fließgefälle (I) [%]	17–30	8–17	4–8
Beckendurchmesser (d_B) [m]	1,00–2,40	---	---
Beckenlänge (l_B) [m]	---	1,50–3,50	1,50–3,50
Beckenbreite (b_B) [m]	---	1,00–2,00	1,00–2,00
Beckenhöhe (h_B) [m]	0,75–3,00	0,75–3,00	0,75–3,00
Dotation (Q) [l/s]	50–1.000	500–1.000	500–1.000
Beckenfallhöhe (Δh) [m]	0,14–0,20	0,14–0,20	0,08–0,20

Der C-Typ ist in seinen verschiedenen Größen und Abmaßen die am häufigsten realisierte Bauform. In Tab. 2 sind dessen maßgeblichen technischen Daten bei verschiedenen Ausführungsgrößen aufgeführt.

Tab. 2: Technische Daten des C-Typs (Herstellerangaben)

Typ	Becken- durch- messer	Becken- höhe	Überfall- höhe	mittlere Wasser- tiefe	mittlere Schlitz- breite	Rampen- gefälle	maximale Fließge- schwindig- keit	Durchfluss
C	d_B [m]	h_B [m]	Δh [m]	h_m [m]	s [m]	I [-]	v_{max} [m/s]	Q [m ³ /s]
1015 C 0,85	1,0	0,85	0,15	0,55	0,075	0,28	1,93	0,08
1015 C 1,00	1,0	1,00	0,15	0,70	0,075	0,28	1,91	0,10
1515 C 1,00	1,5	1,00	0,15	0,70	0,150	0,19	1,93	0,20
1515 C 1,20	1,5	1,20	0,15	0,90	0,175	0,19	1,92	0,30
1515 C 1,50	1,5	1,50	0,15	1,20	0,200	0,19	1,91	0,46
1818 C 1,00	1,8	1,00	0,18	0,70	0,175	0,19	2,01	0,25
1818 C 1,20	1,8	1,20	0,18	0,90	0,200	0,19	2,00	0,36
1818 C 1,50	1,8	1,50	0,18	1,20	0,225	0,19	1,99	0,54
2020 C 1,00	2,0	1,00	0,20	0,70	0,200	0,19	2,06	0,29
2020 C 1,20	2,0	1,20	0,20	0,90	0,225	0,19	2,05	0,42
2020 C 1,50	2,0	1,50	0,20	1,20	0,250	0,19	2,04	0,61

3 Derzeitige Berechnungs- und Bemessungsmöglichkeiten

In der jüngeren Vergangenheit bildeten v. a. die Merkblätter DVWK-M 232 (DVWK, 1996) / DWA-M 509 sowie das Handbuch „Querbauwerke“ (MUNLV, 2005) die wichtigsten Grundlagen für den Entwurf und die Bemessung von Fischaufstiegsanlagen. Mit der Neuerscheinung des DWA-M 509 (DWA, 2014) gilt dieses als maßgebliches Arbeitsblatt. Aufgrund mangels weiterer Erkenntnisse erfolgt derzeit in diesem die Einordnung des Rundbeckenpasses als Sonderbauweise des „konventionellen Beckenpasses“ (Schlitzpass), wobei ausschließlich der C-Typ Beachtung findet. Dabei werden v. a. wesentliche geometrische und hydraulische Minimal- bzw. Maximalparameter gefordert, u. a.:

minimaler Beckendurchmesser:	$d_{B,\min} = 3 \cdot L_{\text{Fisch}}$,
Abstand Beckenrand / Wanderkorridor:	$d_f = 2 \dots 3 \cdot D_{\text{Fisch}}$,
Abstand Beckenrand / Schlitz:	$1 \cdot D_{\text{Fisch}}$

mit L_{Fisch} als Fischlänge und D_{Fisch} als Fischbreite. Darüber hinaus verweist DWA (2014) darauf, dass im Vergleich zu anderen beckenartigen FAA bei gerichteter Hauptströmung in den Becken geringere Turbulenzen zu verzeichnen sind, wobei auf die typische mäandrierende, erhöhte äußere Beckenrandströmung hingewiesen wird.

Man geht i. A. davon aus, dass der Rundbeckenpass einen sogenannten „strömungsstabilen“ Abfluss besitzt und die Energiedissipation in den Becken gemäß der Strahltheorie (turbulente Dissipation, KRAATZ, 1989) erfolgt. Auch wird erwartet, dass die maximalen Fließgeschwindigkeiten kontinuierlich im Schlitzbereich bzw. im schlitznahen Bereich auftreten. In diesem Zusammenhang wird daher empfohlen, die maximalen Fließgeschwindigkeiten v_{\max} mit Hilfe des Ansatzes von TORRICELLI unter Berücksichtigung der Anströmgeschwindigkeit v_a zu bestimmen

$$v_{\max,DWA} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h_b + v_a^2} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

In Gleichung (1) wird aber ersichtlich, dass die Schwierigkeit v. a. in der exakten Bestimmung der Anströmgeschwindigkeit v_a liegt. Der Hersteller bemisst seine Anlagen ebenfalls mit Gleichung (1), wobei dieser jedoch $v_a = 0$ ansetzt (SEIDEL, 2014), was aber nur für $v_a < 0,4$ m/s hinreichend genau ist.

In Analogie zum Schlitzpass ist momentan eine Abschätzung des Dotationsabflusses Q auf Basis der modifizierten POLENI-Formel für den Schlitz mit der Schlitzweite s zu

$$Q_{DWA} = \mu \cdot s \cdot \sqrt{g} \cdot h_o^{1,5} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2)$$

angegeben, die jedoch streng genommen nur für konventionelle Schlitzpässe und nur unter bestimmten Randbedingungen gilt (DWA-M 509, 2014, KRÜGER ET AL., 2010). Dabei definiert μ einen Abflussbeiwert, der von der Wassertiefe h_o des Beckens unmittelbar oberhalb sowie von der Wassertiefe h_u unmittelbar unterhalb des jeweiligen

Durchlasses abhängt ($\mu = f[h_u/h_o]$). Eine exakte Bestimmung der Größen h_u und h_o ist daher zwingend notwendig (Abb. 3). Ähnlich zu Gleichung (2) bestimmt der Hersteller die Durchflussrate, wobei jedoch noch eine Abminderung um den Faktor 0,94 vorgenommen wird ($Q_{\text{Hersteller}} \approx 0,94 \cdot Q_{\text{DWA}}$; SEIDEL, 2014).

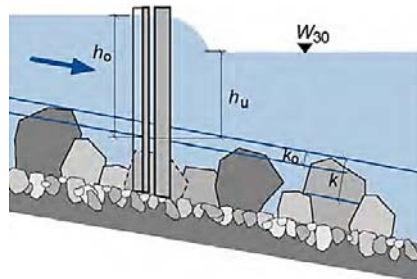


Abb. 3: Definition der Größen h_u und h_o gemäß DWA-M 509 (2014)

Das Regelwerk DWA-M 509 (2014) geht ferner davon aus, dass zur Gewährleistung der geometrischen bzw. hydraulischen Grenzwerte in der Realität, deren Beträge bemessungstechnisch abgemindert werden sollen (sog. Design-Werte). Speziell sollen für die maximalen Fließgeschwindigkeiten der Ausdruck $v_{\text{max,bem}} = S_b \cdot S_v \cdot v_{\text{grenz}}$ und für die Leistungsdichte $p_{D,\text{bem}} = S_p \cdot p_{D,\text{grenz}}$ gelten. Für Rundbeckenpässe sind dann $S_b = 0,8 \dots 1,0$ (wartungsintervallabhängig, Verklausungsgefahr, z. B. $S_b = 1,0$), $S_v = 0,9$ und $S_p = 0,9$ zu setzen (DWA-M 509, 2014; STAMM, 2014b). Für die Geometrien werden die Beiwerte $S_g = 0,65$ und $S_b = 1,0$ berücksichtigt.

Der derzeitige Stand der Berechnungs- und Bemessungsmöglichkeiten muss jedoch als nicht zufriedenstellend bezeichnet werden.

4 Aktuelle Untersuchungen zur Hydraulik

Die noch defizitäre Datenbasis sowie der noch nicht ausreichende Erkenntnisstand erfordern weitergehende Untersuchungen. Bis dato wurden bzw. werden drei Referenzanlagen hydraulisch näher untersucht. Dabei handelt es sich jeweils um zwei H-Typen und einen C-Typ (Abb. 4). Die Anlage Rothemühle liegt an der Oker nördlich von Braunschweig und ist der Barbenregion zuzuordnen.



Abb. 4: Referenzanlagen, links: FAA Rothemühle / Oker H-Typ, mittig: FAA Bahnitz / Havel H-Typ, rechts: FAA Höxter / Nethe C-Typ

Tab. 3: Kenndaten der drei hydraulisch untersuchten Referenzanlagen (Konstruktionsgrößen, hydraulische Messwerte, 3d-hydrnumerische Simulationsdaten, Angaben nach DWA-M 509, 2014)

Parameter	H-Typ Rothemühle	H-Typ Bahnitz	C-Typ Höxter
Fließgewässerregion	Barbenregion	Brachsenregion	Äschenregion
Längsgefälle ^(a) (l) [%]	4,44	4,0	20
Gesamtlänge ^(a) (l _{ges}) [m]	67	24,4	24
Gesamtfallhöhe ^(a) (Δh _{ges}) [m]	2,38–2,48 ⁽¹⁾	0,62 ⁽¹⁾ / 0,18 ⁽²⁾	4,20–4,40 ⁽¹⁾
Beckenanzahl ^(a) (n) [-]	21	4	27
Beckendurchmesser ^(a) (d _B) [m]	---	---	1,40
Beckenlänge ^(a) (l _B) [m]	2,26	3,75	---
Beckenbreite ^(a) (b _B) [m]	1,40	2,50	---
Beckenhöhe ^(a) (h _B) [m]	1,25	2,00	0,80
mittlere Beckenfallhöhe ^(*) (Δh _B) [m]	0,11 ⁽¹⁾	0,04 ⁽³⁾	0,17 ⁽¹⁾
mittlere Schlitzweite ^(a) (s) [m]	0,22	0,475	0,11
mitt. Wassertiefe Becken ^(e) (h _m) [m]	0,60 ⁽¹⁾	1,60 ⁽¹⁾	0,35 ⁽³⁾
Betriebsdurchfluss ^(a) (Q) [l/s]	150 ⁽¹⁾	500 ⁽¹⁾ / 560 ⁽²⁾	≈ 80–100 ⁽⁴⁾
Betriebsdurchfluss ^(b) (Q) [l/s]	156 ⁽¹⁾	540 ⁽¹⁾ / 590 ⁽²⁾	33,3
vorh. Betriebsdurchfluss ^(c) (Q) [l/s]	138 ⁽¹⁾	652 ⁽³⁾	49,5
Betriebsdurchfluss ^(d) (Q) [l/s]	200 ⁽¹⁾	---	56
max. Fließgeschwind. ^(e) (v _{max}) [m/s]	1,63	1,60 ⁽³⁾	2,00
zul. Fließgeschwind. ^(f) (v _{max}) [m/s]	1,60	1,50	1,70
vorh. Leistungsdichte (p _D) [W/m ³]	79–113 ⁽⁵⁾	17 ⁽³⁾	102–173 ⁽⁵⁾
zul. Leistungsdichte ^(f) (p _D) [W/m ³]	135	113	180

*) mittlere Beckenfallhöhe Δh_B als Quotient aus Gesamtfallhöhe Δh_{ges} und Schlitzanzahl n: Δh_B = Δh_{ges} / n.
(a) Hersteller-/Konstruktionsangabe, (b) Gleichung (2), (c) Messwert bzw. aus Messwerten, (d) 3d-hydrnumerische Simulation mittels STAR CCM+, (e) Messwert, (f) DWA-M 509 mit Sicherheitsbeiwerten und gerundet.
(1) bei ≈ MW, (2) bei ≈ HW₁, (3) zwischen MW und HW, gemessen, (4) nur Schätzwert, (5) mit minimalem bzw. maximalem Betriebsdurchfluss abhängig von der Ermittlung.

Die FAA Bahnitz befindet sich an der Havel nordwestlich der Stadt Brandenburg. Sie wird aktuell der Brachsenregion zugerechnet. Der C-Fischpass Höxter wurde an der Nethe im Oberweserbergland in unmittelbarer Nähe zur Einmündung in die Weser errichtet. Dieser Bereich gilt als Äschenregion. Die Kenndaten der drei Anlagen sind in Tab. 3 aufgeführt. Die hydraulischen Messreihen sind in ausgewählten Becken und Schlitzten der Anlagen bei regulärem Betrieb vorgenommen worden, bei den Anlagen Rothemühle und Höxter im Bereich von ca. MW bzw. MQ. Die Messwerterfassung in der FAA Bahnitz erfolgte zwischen MW und HW_1 .

Bei der FAA Rothemühle kommt eine 3d-Vectrino-Messsonde zum Einsatz, mit der in ausgewählten Becken und Schlitzten die 3d-Verteilung der Fließgeschwindigkeiten sowie die Durchflussverhältnisse bestimmt werden. Ziel ist vorrangig die Erfassung und Visualisierung der Strömungscharakteristik sowie die Datengewinnung zu Kalibrierungszwecken von physikalischer und 3d-hydrnumerischer Modellierung. Die Untersuchungen an der FAA Bahnitz basieren auf einem ähnlichen Messkonzept, wobei primär der Einsatz von 1d-Messtechnik des WSA Brandenburgs zum Einsatz kommt. Angestrebt wird hierbei, bei verschiedenen Abfluss- und Wasserstandsverhältnissen Aussagen über die Strömungscharakteristik in der Anlage zu erhalten. Gleichzeitig soll durch vergleichende 1d- bzw. 3d-Messung eine Qualitätsaussage getroffen werden, ob und inwiefern eine eindimensionale Messtechnik für diesen Anwendungsfall geeignet ist. Weiterhin werden für die FAA Rothemühle (Barbenregion) 3d-hydrnumerische Simulationen durchgeführt (Tab. 4, Tab. 5). Hierzu wird die CFD-Simulationssoftware STAR-CCM+ unter Verwendung der Reynolds-gemittelten Navier-Stokes-Gleichungen eingesetzt. Als Turbulenzmodell kommt das SST-K- ω -Modell zum Einsatz. Das SST-K- ω -Modell eignet sich besonders für die hier vorliegende Problemstellung, da es die Vorteile des K- ϵ -Modells mit denen des K- ω -Modells vereint. So liefert das K- ϵ -Modell bei Freispiegelabflüssen stabile Ergebnisse für die turbulente Kernzonenströmung, während das K- ω -Modell besonders die Strömungsvorgänge im wandnahen Bereich besser beschreibt. Zur Abbildung des Freispiegelabflusses wird ein Mehrphasenströmungs-Ansatz (Luft- und Wasserphase) genutzt. Die Berechnung des vorhandenen Typs H (20 Becken, Länge 67,40 m, $I = 4,44 \%$, $k_s = 0,1$ m [Sohle], $k_s = 0,01$ m [Wände]) erfolgt im Maßstab M 1:1 im instationären Fließzustand.

Tab. 4: FAA Rothemühle/Oker – Geometrien und Modellparameter für 3d-HN-Simulation

Parameter	Typ H	Typ C	Typ J
Gesamtlänge	67,40 m	24,05 m	49,05 m
Gesamtbreite	1,90 m	1,85–3,50 m	2,60 m
Gefälle (geneigte Sohlrampe)	4,44 %	14,82 %	6,52 %
Beckenanzahl	20	13	13
Beckenlänge	2,26 m	---	3,45 m
Beckenfallhöhe Δh	$\approx 0,11$	$\approx 0,16$	$\approx 0,16$
Beckenbreite	1,40 m	---	2,14 m
Kammerlänge	---	2,00 m	1,80 m
Beckenhöhe	ca. 1,25 m	ca. 1,20 m	ca. 1,20 m
Höhe Umlenkrohre / Strömungskeile	ca. 1,25 m	ca. 0,90 m	ca. 0,90 m
Schlitzpfortenbreite (unten)	0,15 m	0,17 m	0,17 m
Schlitzpfortenbreite (oben)	0,26 m	0,27 m	0,27 m

Tab. 5: FAA Rothemühle/Oker – Netzparameter für 3d-HN-Simulation

	Basiszell- größe	Minimale Zellgröße	Maximale Zellgröße	Gesamtanzahl Zellen
Netzblock Gesamtanlage Typ H	4 cm	1 cm	12 cm	4.948.787
Netzblock Gesamtanlage Typ C	4 cm	1 cm	12 cm	5.242.747
Netzblock je Strömungskeil Typ C	0,5 cm	0,5 cm	0,5 cm	
Netzblock Gesamtanlage Typ J	4 cm	1 cm	12 cm	6.167.566
Netzblock je Strömungskeil Typ J	0,5 cm	0,5 cm	0,5 cm	

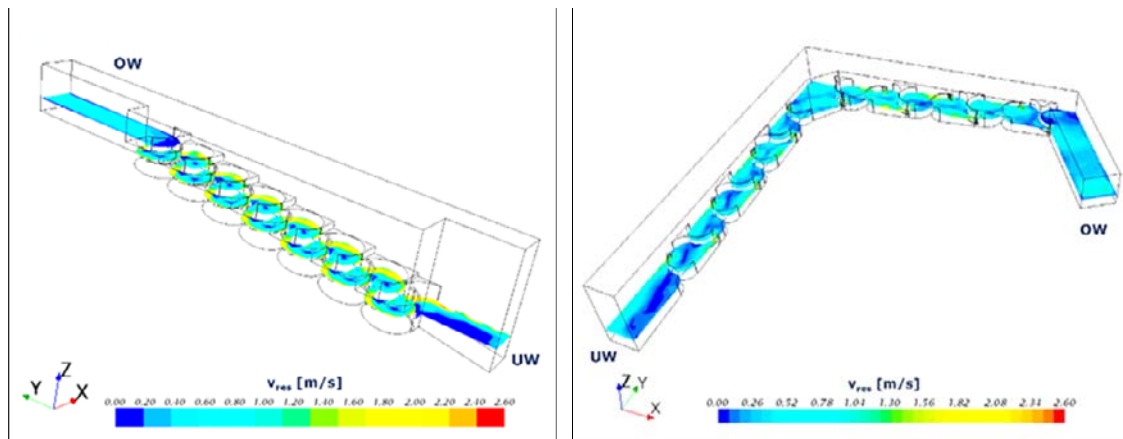


Abb. 5: 3d-hydrnumerische Modelle mit oberflächennaher Geschwindigkeitsverteilung (v_{res} [m/s]) des Standorts FAA Rothemühle, links: als C-Typ, rechts: als J-Typ

Im 3d-HN-Modell stellen sich nach ca. 410 s Simulationsdauer ein quasistationärer Zustand und ein Dotationsabfluss von ca. $Q \approx 200$ l/s ein (Gesamtfallhöhe $\Delta h = 2,21$ m). Dieser Abflusswert liegt höher als die Größe der Naturmessungen ($Q \approx 138$ l/s) und der Herstellerangabe ($Q \approx 150$ l/s). Aktuell können maximale Fließgeschwindigkeiten von bis zu $v_{max} \approx 2,3$ m/s in unmittelbaren Bereichen der „Umlenkrohre“ beobachtet werden. Insgesamt liegen diese in der Primärströmung bei $v_{max} < 1,6 - 2,0$ m/s, was im oberen Grenzbereich der Angaben gemäß DWA-M 509 liegt.

Ergänzend zu den hydrnumerischen Untersuchungen des Typs H wird der FAA-Standort Rothemühle bei Beibehaltung der Ausgangsrandbedingungen (Gesamtfallhöhe $\Delta h = 2,21$ m, $k_s = 0,1$ m [Sohle], $k_s = 0,01$ m [Wände]) ebenso als C-Typ (13 Becken, Länge 24,05 m, $l = 14,82$ %) und als J-Typ-Anlage (13 Becken, Länge 49,05 m, $l = 6,52$ %) simuliert (Abb. 5). Die Modelle sind derzeit in Berechnung und befinden sich noch im instationären Fließzustand. Dabei werden im passierbaren Querschnitt partiell noch maximale Fließgeschwindigkeiten von $v_{max} < 2,6$ m/s erzeugt. Die Dotationsabflüsse liegen im Bereich von ca. $Q \approx 202$ l/s. Die Berechnungen werden aktuell fortgesetzt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Strömungsverhältnisse in Rundbeckenpässen weisen typisch alternierende, strömungsstabile und dreidimensionale Eigenschaften auf, wobei diese letztlich vom jeweiligen Bautyp abhängen (C-, J-, H-Typ). Eine gerichtete, stabile Hauptströmung existiert an der Beckenaußenseite. Diese erzeugt im Becken v. a. eine vertikal stehende Walze mit Rückströmungen auf der Beckeninnenseite. Im Beckenzentrum herrschen hingegen Fließgeschwindigkeiten von bis zu $v \approx 0$. Im Schlitzbereich kommt es zu ausge-

prägen 3d-Strömungseffekten. Die Maximalgeschwindigkeiten treten unmittelbar unterhalb eines Schlitzdurchlasses auf.

Bei strenger Auslegung des DWA-M 509 (2014) entspräche z. B. die FAA Höxter (C-Typ) nicht den geometrischen Forderungen. Darüber hinaus zeigen die Analysen, dass die hydraulischen Messwerte doch teils erheblich von den Herstellerangaben und den in den Regelwerken aufgeführten Berechnungsansätzen nach TORRICELLI bzw. POLENI abweichen (Q , v). Die Schwierigkeit der Gleichung (1) besteht v. a. in der Abschätzung der Anfangsgeschwindigkeit v_a , die jedoch im Normalfall unbekannt ist. Die Gleichung (2) erfordert wiederum eine exakte Ermittlung und Verortung der Wassertiefen h_u und h_o , da diese einen erheblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Abflussbestimmung haben. Daher erscheint nach jetzigem Erkenntnisstand eine direkte Anwendung der Regelwerksansätze bei Rundbeckenpässen in dieser Form und ohne weitere Modifikationen als nicht sinnvoll.

Aktuell erfolgen die Fortsetzung der numerischen Berechnungen sowie die Gegenüberstellung der Ergebnisse von H-, C- und J-Typ mit Messwerten bzw. mit physikalischen Modellversuchen im Labor. Darüber hinaus werden die Vor-Ort-Messungen der FAA Höxter sowie deren Auswertungen forciert und fortgeführt. Außerdem wird eine Gegenüberstellung mit weiteren hydronumerischen Simulationsrechnungen vorgenommen.

6 Literatur

DVWK (1996): DVWK-Merkblatt M 232, Fischaufstiegsanlagen. Bemessung Gestaltung Funktionskontrolle. (1996).

DWA (2014): DWA-Merkblatt M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. (2014).

Kraatz (1989): W. Kraatz, Flüssigkeitsstrahlen. In: Technische Hydromechanik 2. Bollrich G. (Hrsg.), Verlag für Bauwesen, Berlin. (1989).

Krüger et al. (2010): F. Krüger, S. Heimerl, F. Seidel, B. Lehmann, Ein Diskussionsbeitrag zur hydraulischen Berechnung von Schlitzpässen. In: Wasserwirtschaft, 100/3, S. 30 – 36. (2010).

MUNLV (2005): Ministerium für Umwelt, und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Handbuch Querbauwerke. ISBN 3-9810063-2-1. (2005).

Peters (2005): H. W. Peters, Der Mäander®-Fischpass – Die neue Dimension. (2005).

Seidel (2014): Ch. Seidel, Vergleichende Untersuchungen verschiedener Typen von Määnderfischpässen® mittels 3d-hydronumerischer Simulation. Diplomarbeit, unveröffentlicht, TU Dresden, IWD. (2014).

Stamm et al. (2014a): J. Stamm, U. Helbig, C. Schulz, Meander-type fish pass – construction systems, hydraulic characteristics and functionality. River Flow 2014 – Schleiss et al. (Eds), 2014 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02674-2, S. 2437-2443. (2014).

Stamm, J. (2014b): J. Stamm, Fischeaufstiegsanlagen – Schlitzpassdimensionierung, Vorlesungsskript ‚Naturnahe Gestaltung von Fließgewässern‘, TU Dresden. (2014).

Wieland & Nöthlich (2003): S. Wieland, I. Nöthlich, Funktionskontrolle Mäanderfischpass Drakenburg/Weser. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. (2003).

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm,
Dr.-Ing. Ulf Helbig,
Christoph Seidel, M.Sc.
Dipl.-Ing. Rocco Zimmermann,
Dipl.-Ing. Herbert Martin

Technische Universität Dresden,
Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik,
George-Bähr-Straße 1,
01069 Dresden