

Neubau einer Fischaufstiegsanlage mit Forschungsanteil an der Staustufe Wallstadt



Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg

Planfeststellungsverfahren

Neubau einer Fischaufstiegsanlage mit Forschungsanteil an der Staustufe Wallstadt

Main-km 101,37

Wahl der Vorzugsvariante für den Fischaufstieg in Wallstadt

Beilage 37

Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg
15.12.2025

gez. Bodsch
(Amtsleitung)

Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg
Hockstraße 10
63743 Aschaffenburg
Telefon 06021 312- 0
Telefax 06021 312- 3101

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung.....	1
2	Mögliche Umsetzungsvarianten für den Fischaufstieg	3
2.1	Schlitzpass (Beckenartige FAA).....	3
2.2	Fischpassierbares Raugerinne als Umgehungsgerinne (Gerinneartige FAA)	4
2.3	Fischpassierbares Raugerinne als Umgehungsgerinne (Beckenartige FAA)	4
2.4	Fischpassierbares Raugerinne als Umgehungsgerinne (Störsteinbauweise)	5
2.5	Asymmetrisches Raugerinne	6
3	Planungsrandbedingungen	8
3.1	Beschreibung des Abschnitts.....	8
3.2	Prinzipielles Anlagenkonzept	10
3.3	Allgemein vorgesehene Anlagenkomponenten	10
3.4	Bemessungswerte für die Durchgängigkeit	11
3.4.1	Fischfaunistische Grundlagen und Zielarten	11
3.4.2	Kennwerte.....	12
4	Beschreibung der Varianten.....	17
4.1	Schlitzpass	17
4.1.1	Hydraulische Bemessung	17
4.1.2	Bauliche Umsetzung	17
4.2	Fischpassierbares Raugerinne ohne Einbauten.....	18
4.3	Fischpassierbares Raugerinne in Beckenbauweise	19
4.3.1	Hydraulische Bemessung	19
4.3.2	Bauliche Umsetzung	20
4.4	Fischpassierbares Raugerinne in Störsteinbauweise	21
4.4.1	Hydraulische Bemessung	21
4.4.2	Bauliche Umsetzung	24
4.5	Fischpassierbares Raugerinne als Asymmetrisches Raugerinne.....	24
5	Wahl der Vorzugsvariante.....	27
6	Verzeichnisse	30
6.1	Abbildungsverzeichnis	30

6.2	Tabellenverzeichnis	30
6.3	Anlagenverzeichnis.....	31
6.4	Quellenverzeichnis	31
7	Anlagen	7-1

Abkürzungen

ARGE	Arbeitsgemeinschaft
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
E	Einstieg
FAA	Fischaufstiegsanlage(n)
FuE	Forschung und Entwicklung
GOK	Geländeoberkante
Main-km	Main-Kilometer
OW	Oberwasser
RMD	Rhein-Main-Donau AG
SP	Schlitzpass
Uniper	Uniper SE, vormals E.ON Wasserkraft GmbH
UW	Unterwasser
WAL	Wallstadt
WKA	Wasserkraftanlage
WNA	Wasserstraßen-Neubauamt (hier: Aschaffenburg)
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (hier: Aschaffenburg)
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung
WWA	Wasserwirtschaftsamt

1 Veranlassung

Die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), ist Eigentümerin und Betreiberin der Staustufe Wallstadt, bestehend aus Wehranlage, Schleuse, Bootschleuse und bestehender Fischaufstiegsanlage (FAA).

An der Staustufe Wallstadt betreibt die Uniper SE (Uniper) (vormals E.ON Wasserkraft GmbH) überdies ein Wasserkraftwerk am rechten Ufer auf Basis eines Betriebsführungsvertrags. Eigentümerin des Kraftwerks ist die Rhein-Main-Donau AG (RMD).

Der bestehende Fischpass entspricht aufgrund seiner Lage fernab der durch das Kraftwerk verlaufenden Hauptströmung (Auffindbarkeit) und unzureichenden Dimensionierung (Passierbarkeit) nicht dem aktuellen Stand der Technik und ist in seiner Funktion wesentlich eingeschränkt.

Um die ökologische Situation zu verbessern und die stromaufwärts gerichtete Durchgängigkeit an der Staustufe wiederherzustellen, beabsichtigt die WSV, vertreten durch das Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg (WNA), den Neubau und Betrieb einer FAA.

Die gewählte Vorzugsvariante für den Bau der FAA besteht im Wesentlichen aus den folgenden Abschnitten vom Unter- zum Oberwasser:

- Einstiegsbereich mit vier Einstiegen E1 bis E4 im Unterwasser des Kraftwerks,
- daran anschließend die sogenannten Einstiegsstränge als unterer Abschnitt der FAA,
- Verteilerbecken, in dem die Einstiegsstränge zusammengeführt werden,
- Aufstiegsbereich zur Überwindung des wesentlichen Höhenunterschiedes und kanalartiger Übergangsabschnitt als oberer Abschnitt der FAA,
- Ausstieg ins Oberwasser,

- Dotationssystem.

Der Einstiegsbereich, das Verteilerbecken sowie das Dotationssystem waren Gegenstand umfangreicher Optimierungsbetrachtungen im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprogramms (FuE-Programm) „Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit für Fische an den Staustufen der Bundeswasserstraßen“.

Der vorliegende Bericht stellt eine Ergänzung zu den Planfeststellungsunterlagen dar und fasst die Ergebnisse der im Laufe der Vorplanung vorgenommenen Variantenuntersuchung in Bezug auf den Fischaufstieg dar, welche den oberen Abschnitt der FAA zur Überwindung des wesentlichen Höhenunterschieds darstellt (siehe Abbildung 1).

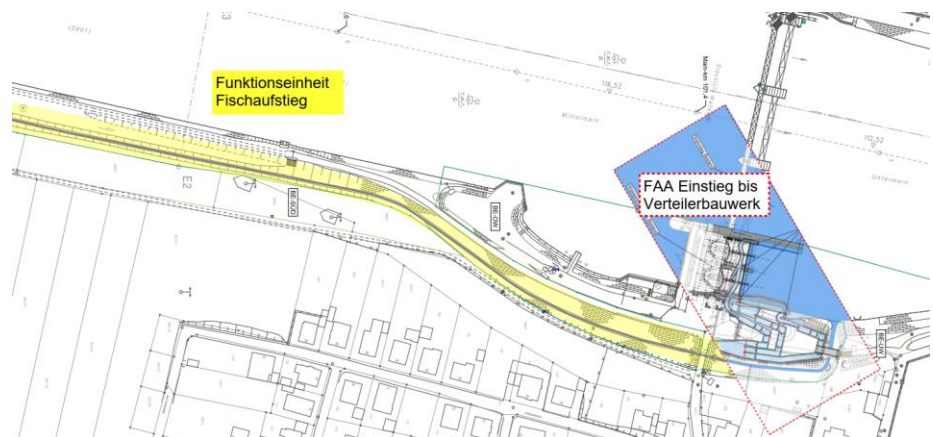


Abbildung 1: Übersicht über den Bereich der zukünftigen FAA Wallstadt (Quelle: FWT)

2 Mögliche Umsetzungsvarianten für den Fischaufstieg

Für den Fischaufstieg kommen folgende grundsätzliche Bauformen infrage:

- Fischpassierbares Raugerinne als Umgehungsgerinne
 - gerinneartig, ohne Einbauten
 - beckenartig
 - Störsteinbauweise
 - Asymmetrisches Raugerinne
- Beckenartige FAA (Schlitzpass).

Sonderbauweisen sind aufgrund der FuE-Anforderungen am Standort nicht realisierbar.

Die genannten Bauweisen werden im Folgenden entsprechend den anerkannten Regeln der Technik in Form des DWA-Merkblattes M 509 [2] dargelegt.

2.1 Schlitzpass (Beckenartige FAA)

Der Schlitzpass gehört zu den beckenartigen Fischaufstiegsanlagen. Bei dieser Bauart reichen die Schlitzte in den Trennwänden zwischen den Becken über die gesamte Höhe der Wassersäule. Je nach Größe des Gewässers und zur Verfügung stehenden Abfluss sind Bauweisen mit einem Schlitz oder zwei Schlitzten möglich [2].

Vorteil dieser Bauart sind die klar definierten geometrischen Formen und die somit gut vorhersagbaren hydraulischen Verhältnisse innerhalb der FAA. Aufgrund der definierten Energiedissipation innerhalb der Becken, kommt diese Bauart mit vergleichsweise wenig Platz aus.



Abbildung 2: Beispiel eines Schlitzpasses (Quelle: FWT)

2.2 Fischpassierbares Raugerinne als Umgehungsgerinne (Gerinne-artige FAA)

Beim fischpassierbaren Raugerinne ohne Einbauten wird die Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasser allein durch die gleichmäßige Sohlenneigung des Umgehungsgerinnes abgebaut. Im Gerinne stellen sich in Abhängigkeit der Rauheit der Sohle, der Gerinnegeometrie, der Sohlenneigung und der Durchflussmenge Normalabflussverhältnisse ein. Da die Fische innerhalb des Raugerinnes ohne Einbauten aufgrund der fehlenden Strukturen kaum Zonen mit niedrigeren Geschwindigkeiten vorfinden, müssen sie das Bauwerk in einem Zug passieren. Eine uneingeschränkte Passierbarkeit ist daher bei dieser Bauform nur bei sehr geringen Sohlenneigungen und überschaubaren Längen gegeben, da sonst die Leistungsfähigkeit der Fische überschritten wird [2].

2.3 Fischpassierbares Raugerinne als Umgehungsgerinne (Becken-artige FAA)

Beim fischpassierbaren Raugerinne mit Beckenstrukturen werden in einem definierten Abstand quer zur Fließrichtung über die gesamte Gerinnebreite Querriegel aus großen Steinen eingebracht, in denen ein oder mehrere Durchlässe angeordnet sind. In der Regel beschränkt sich der Auslegungsdurchfluss des Gerinnes auf den oder die Schlitze, innerhalb derer die hydraulischen und geometrischen Grenzwerte für

den Fischaufstieg eingehalten werden. Bei höheren Abflüssen werden zunehmend auch die Riegel überströmt, weshalb diese Bauform auch mit schwankenden Abflüssen zurechtkommt. Die Energieumwandlung erfolgt innerhalb der Beckenstrukturen, weshalb diese Bauweise deutlich steiler ausgeführt werden kann als ein Gerinne ohne Einbauten.



Abbildung 3: Beispiel eines beckenartigen Raugerinnes als Umgehungsgerinne (Quelle: [4])

2.4 Fischpassierbares Raugerinne als Umgehungsgerinne (Störsteinbauweise)

Beim fischpassierbaren Raugerinne mit Störsteinen wird durch die Einbringung von großen Störsteinen die Rauheit der Sohle im Vergleich zum Gerinne ohne Einbauten erhöht. Dies führt dazu, dass sich bei gleichem Abfluss geringere Fließgeschwindigkeiten und somit höhere Fließtiefen einstellen, was die Passierbarkeit für Fische vereinfacht. Im Vergleich zu Raugerinne ohne Einbauten kann bei dieser Bauart somit eine größere Sohlenneigung angesetzt werden, wodurch die Abwicklungslänge verringert werden kann. Infolge der Störsteine entsteht zudem ein abwechslungsreicheres Strömungsbild, wenngleich die Steine zur Einhaltung der geometrischen Grenzwerte in einem vorgegebenen

Raster angeordnet werden müssen und nicht frei variiert werden können [2].

2.5 Asymmetrisches Raugerinne

Die Bauform des Asymmetrischen Raugerinnes stellt einen Kompromiss zwischen gefällereicheren und bautechnisch aufwendigeren Bauformen, wie Becken- oder Schlitzpässen (Gefälle $>1-2\%$), und gefälleärmeren Formen, wie gerinneartigen Umgehungsgerinnen ohne Einbauten (Gefälle $<1\%$), dar.

Das Grundprinzip dieser Bauform liegt in der Nachbildung einer naturnahen Steilstrecke des Flusses oder eines Nebenarms, in dem das vorhandene Wasserspiegellagengefälle über die Abfolge von Kolk- und Furt-Sequenzen mit entsprechend unterschiedlichen hydraulischen Verhältnissen abgebaut wird (s. Abbildung 4). Wesentliches Gestaltungselement ist das asymmetrische Profil, das sich aus einer einseitig angeordneten Tiefenrinne mit Steilufer, in der sich der Hauptabfluss konzentriert, und einer flach ausgeführten Böschung auf der anderen Seite zusammensetzt. In der Tiefenrinne werden durch jeweils zwischen den Furt- und Kolkbereichen angeordnete Kurzbuhnen strömungsberuhigte Bereiche geschaffen. Auf diese Weise werden Bereiche unterschiedlicher Strömungsverhältnisse geschaffen, die unterschiedliche Anforderungen an das Wanderverhalten erfüllen.

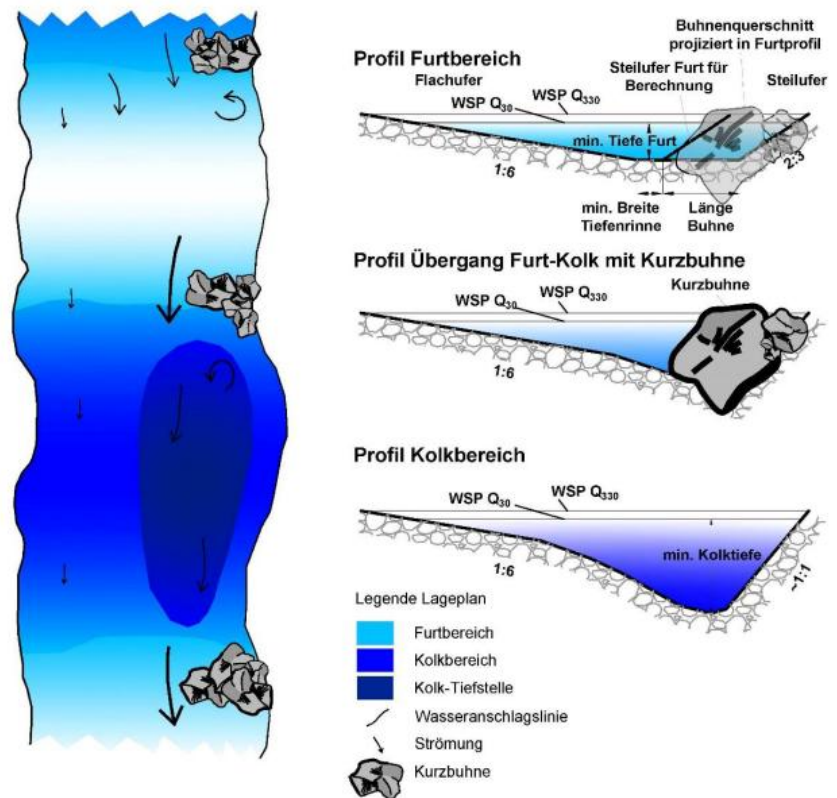


Abbildung 4: Regelplan eines Asymmetrischen Raugerinnes gemäß [5].

3 Planungsrandbedingungen

In Bezug auf die geltenden Planungsrandbedingungen und Standortvoraussetzungen wird auf den Erläuterungsbericht des Planfeststellungsverfahrens verwiesen [1]. Im vorliegenden Bericht sind die wichtigsten Kennwerte zum besseren Verständnis übersichtsweise dargestellt.

Die Planung der Varianten für den oberen Abschnitt der FAA erfolgte basierend auf den anerkannten Regeln der Technik, namentlich dem DWA-Merkblatt M 509 [2].

3.1 Beschreibung des Abschnitts

Der betrachtete Abschnitt der FAA verläuft rechtsufrig des Mains zwischen Ausstieg ins Oberwasser und Verteilerbecken, in dem die Einstiegsstränge aus dem Unterwasser zusammengeführt werden. Auf dem betrachteten Abschnitt wird der Haupthöhenunterschied zwischen Oberwasser und Unterwasser abgebaut.

Entlang des betrachteten Abschnitts verläuft ein bestehender Entwässerungsgraben, der sogenannte Neue Graben, parallel zum Main (auf den letzten rund 1 km in ca. 20 m Abstand zum Stauhaltungsdam) und mündet auf der Unterwasserseite des Wasserkraftwerks in den Main. Im Bereich der Staustufe beträgt die Tiefe ca. 4-5 m zur Geländeoberkante. Flussaufwärts der Staustufe verläuft der Graben unbefestigt mit einer Tiefe von bis zu 1,30 m zur Geländeoberkante.

Der Graben wird durch die Zufahrt zum Kraftwerk (Brücke 2) überquert (Abbildung 5 rechts), der lichte Durchmesser des Durchlasses der bestehenden Brücke hat einen Durchmesser von etwa 2 m. An dieser Brücke befindet sich ein Hochwassersiel mit manuellem Verschluss, welches laut Information des WSA Aschaffenburg in den letzten 30 Jahren nicht zum Einsatz kam und nach Rückmeldung des Wasserwirtschaftsamtes (WWA) Aschaffenburg nicht für Zwecke des Hochwasserschutzes benötigt wird. Das Siel kann daher künftig entfallen.

Im weiteren Verlauf quert der Neue Graben einen Fußgängerweg, der von Norden her über eine Stahlbetonbrücke (Brücke 1) zum Kraftwerk führt. Der gewölbeförmige Abflussquerschnitt unterhalb der Brücke weist eine maximale Breite von ca. 2 m auf.



Abbildung 5: Neuer Graben im Kraftwerksbereich an Brücke 1 (li. 19.03.2013) sowie Hochwassersiel an der Kraftwerkszufahrt/Brücke 2 (re. 10.02.2015) (Quelle: Redeker)

Landseitig des Neuen Grabens verläuft ein Weg mit angrenzender Bebauung, unter diesem Weg verläuft eine Gasleitung. Auf der Seite des Mains ist der Neue Graben durch das Kraftwerk sowie durch den Betriebsweg und die Betriebsflächen der Uniper begrenzt.

Der verfügbare Platz für den Bau der FAA beschränkt sich somit auf den Korridor des bestehenden Entwässerungsgrabens. Die Entwässerungsfunktion des Grabens, dessen Wasserspiegel vom Main im Unterwasser der WKA beeinflusst ist, muss auch in Zukunft gegeben sein.

Da der Entwässerungsgraben am oberen Ende sohlengleich an den Bestand angeschlossen bleiben muss und gleichzeitig entlang der Wasserkraftanlage deutlich tiefer liegt als das Gelände und das Niveau des Oberwassers, ist eine gemeinsame Abwicklung der FAA und des Entwässerungsgrabens aus höhentechnischer Sicht nicht möglich. Auch der stark schwankende Abfluss im Graben verhindert eine Nutzung des Entwässerungsgrabens für die FAA-Trasse.

Im Rahmen des Konzeptes musste somit eine Lösung ausgearbeitet werden, bei der der Entwässerungsgraben und die neue FAA parallel zueinander innerhalb des bestehenden Korridors angeordnet werden.

Dies bedingt, dass unabhängig von der gewählten Bauform nur wenig Spielraum zur Anordnung der neuen FAA besteht.

3.2 Prinzipielles Anlagenkonzept

In dem betrachteten Fischaufstieg überwinden die Fische den Höhenunterschied zwischen Unterwasser und Oberwasser.

Folgende Randbedingungen und Planungsanforderungen wurden erarbeitet:

- Ungestörte Aufwanderbarkeit und Passierbarkeit für das ganze Fischartenspektrum.
- Keine Funktionseinschränkung durch die unabhängig voneinander schwankenden OW- und UW-Spiegel im festgelegten Rahmen von W_{30} bis W_{330} .
- Hochwasserabflüsse müssen weitgehend schadfrei durch bzw. über die Anlage geleitet werden. Der Betriebsdurchfluss muss ohne Einschränkungen durchgeleitet werden.
- Der Ausstieg soll oberstrom der Ausbuchtung im OW platziert werden. Gründe: 1) Ein späterer Fischschutzrechen für das Kraftwerk kann die gesamte Kraftwerksbucht abdecken, 2) Vermeidung möglicher Rückströmzonen im Ausstiegsbereich zur Orientierung der Fische, 3) der höherliegende Geländeversatz im Bereich der Ausbuchtung wird umgangen und so ein tiefer Einschnitt vermieden.

3.3 Allgemein vorgesehene Anlagenkomponenten

Die Sohle der FAA wird mit einer durchgehenden Substratschicht bedeckt, die ein Lückensystem bildet. Dorthin können sich Klein- bzw. Jungfische sowie benthale Wirbellose zurückziehen, um im Schutz des Interstitials stromauf zu wandern. Für das Sohlensubstrat sind mindestens zwei Kornfraktionen erosionsfester Wasserbausteine (vorzugsweise gebrochenes Material) notwendig, wobei in einem ersten Arbeitsschritt größere Steine als Stützmaterial und anschließend die Freiräume mit kleineren Steinen verfüllt werden. Die Steinspitzen des Stützmaterials ragen etwas über das Füllmaterial hinaus. Hierdurch

wird einerseits das feinere Material im Lückensystem vor Erosion geschützt und andererseits ein strömungsberuhigter Korridor zur Aufwanderung bodenorientierter und schwimmschwacher Arten in Sohlennähe bereitgestellt. Die Korngrößen des Sohlenmaterials sind von der hydraulischen Belastung und damit vom gewählten Bautyp abhängig.

Die Linienführung erfolgt weitgehend parallel zum bestehenden Entwässerungsgraben (Neuer Graben) auf der Kraftwerksseite der Stauanlage.

Der Ausstieg aus der FAA befindet sich im Uferbereich südlich der Kraftwerksbucht in sicherem Abstand vom Kraftwerkseinlauf, um ein Verdriften aufsteigender Fische auszuschließen.

Der Einlaufquerschnitt des Ausstiegs mit leichten Flügelwänden ist senkrecht zum Main ausgerichtet. Zur Verhinderung des Eintrags von Geschwemmsel und Treibgut wird eine Tauchwand als Treibgutschutz angeordnet. Das massive Einlaufbauwerk durchdringt den Stauhaltungsdamm und dessen Kerndichtung und sichert einen wasserdichten Anschluss an den Bestand.

Um die FAA für Unterhaltungsarbeiten absperren zu können, sind Nischen für ein Revisionselement, z. B. Dammbalkenverschluss, vorgesehen. Darüber hinaus wird ein elektrisch betriebenes Verschlussorgan angeordnet, um ggf. bei einer anlaufenden Hochwasserwelle den Zufluss zur FAA im OW verhindern bzw. eingrenzen zu können.

Der Entwässerungsgraben neben der neuen FAA soll soweit platztechnisch möglich ökologisch aufgewertet werden, wodurch auch die Aufenthaltsqualität im Bereich der Maßnahme steigt.

3.4 Bemessungswerte für die Durchgängigkeit

3.4.1 Fischfaunistische Grundlagen und Zielarten

Aufgrund der vorhandenen und typspezifischen Zönosen wurden folgende Arten bzw. Randbedingungen für die Bemessung der FAA zugrunde gelegt:

- Maifisch/Barbe/Nase (Schwarm) → Schlitzbreite und damit Beckenlänge und -breite

-
- Maifisch (Schwarm) → Mindestwassertiefe im Becken (Empfehlung BfG vom 15.10.2014)
 - Hecht → spezifische Leistungsdichte
 - Barbenregion → Grenzwert der maximalen Fließgeschwindigkeit in FAA.

3.4.2 Kennwerte

Die Bemessung der Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit erfolgt nach den anerkannten Regeln der Technik in Form des DWA-Merkblattes M 509 [2]. Hiernach ist die Durchgängigkeit für Fische und benthale Organismen an mindestens 300 Tagen im Jahr zu gewährleisten. Die Durchgängigkeit wird zwischen den Wasserständen W_{30} und W_{330} im Ober- und Unterwasser hergestellt.

Hinsichtlich benötigter Mindestwassertiefen und geometrischen Abmessungen gelten die Anforderungen der größten Fischart mit dem höchsten Raumbedarf (oder Fischarten mit einem ausgeprägten Schwarmverhalten, z. B. Maifisch), während sich die höchsten auftretenden Fließgeschwindigkeiten am Leistungsvermögen der schwächere Fischarten orientiert.

Für die im Projektgebiet autochthone Fischfauna gibt das DWA-Merkblatt M 509 [2] die in Tabelle 1 dargestellten Grenzwerte für die Dimensionierung von fischpassierbaren Bauwerken an.

Tabelle 1: Grenzwerte zur Bemessung der FAA am Standort Wallstadt basierend auf [2]

Anforderung an den Wanderkorridor und Aufstiegsmöglichkeiten	Relevante Fischart	Bemessungsgrundsatz	Grenzwert
Geometrische Grenzwerte			
Längsabstand von Einbauten	Hecht	$3 \cdot L_{\text{Fisch}}$	3 m
Wassertiefe Wanderkorridor	Maifisch	$2,5 \cdot H_{\text{Fisch}}$	0,40 m
Wassertiefe Engstelle	Maifisch	$2 \cdot H_{\text{Fisch}}$	0,32 m
Breite Wanderkorridor			
Punktuelle Einengung	Maifisch/ Barbe/Nase	$3 \cdot D_{\text{Fisch}}$	0,45 m
<2 m Engstelle	Maifisch/ Barbe/Nase	$6 \cdot D_{\text{Fisch}}$	0,90m
>2 m Engstelle	Maifisch/ Barbe/Nase	$9 \cdot D_{\text{Fisch}}$	1,35 m
Hydraulische Grenzwerte			
v_{max} im Wanderkorridor (gerinneartig)	Barbenregion	Gesamtlänge >10- 25 m	1,2 m/s
v_{max} in den Engstellen (Störsteinbauweise)	Barbenregion	Gesamtlänge >10 m	1,4 m/s
v_{max} in den Durchlässen (beckenartig)	Barbenregion	Gesamthöhenunterschied 3-6 m	1,7 m/s
Spezifische Leistungsdichte			
Beckenbauweise	mit Hecht		100 W/m ³
Störsteinbauweise			200 W/m ³

Zur Ermittlung der Bemessungswerte in Abhängigkeit der jeweiligen Bauweise der FAA müssen die Grenzwerte mit Sicherheitsbeiwerten verrechnet werden. Es wird unterschieden zwischen Sicherheitsbeiwerten in Bezug auf Geometrie und Hydraulik, welche spezifisch für die jeweilige Bauweise sind, und einen betrieblichen Sicherheitsbeiwert, der in Abhängigkeit des geschätzten Wartungsaufwandes gewählt werden muss. Für die Bautypen Raugerinne ohne Einbauten und Schlitzpass wird von einem geringen Wartungsbedarf ausgegangen, wohingegen für ein Raugerinne in Störsteinbauweise aufgrund der zusätzlichen Rauheitselemente in Form von gebrochenen Natursteinen ein mittlerer Wartungsbedarf angenommen wird.

Für ein Raugerinne mit Beckenstrukturen wurde aufgrund der vorhandenen Durchlässe mit einer Breite von <1 m und der damit verbundenen Verklausungsgefahr sowie der erhöhten Bauwerkslänge ein hoher Wartungsbedarf gewählt. Die entsprechenden Sicherheitsbeiwerte sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2: Sicherheitsbeiwerte zur Bemessung der FAA am Standort Wallstadt basierend auf [2]

Art des Bauwerks	Raugerinne ohne Einbauten (gerinneartig)	Störstein- bauweise	Raugerinne mit Becken- struktur	Schlitzpass
S _v (Fließgeschwindigkeit)	0,8	0,8	0,9	0,95
S _g (Geometrie)	0,9	0,8	0,8	1,0
S _g (Wassertiefe)	0,95	-	-	-
S _p (Leistungsdichte)	-	0,9	0,9	0,9
Wartungsbedarf	gering	mittel	mittel	gering
S _b (betrieblich)	1	0,9	0,8	1

Die Bemessungswerte, die sich aus den in Tabelle 1 und Tabelle 2 zusammengestellten Grundlagen ergeben, sind in Tabelle 3 dargelegt.

Tabelle 3: Bemessungswerte je Bauweise für die FAA am Standort Wallstadt basierend auf [2]

Art des Aufstiegs / des Gerinnes	Bezeichnung	Grenzwert
Gerinneartiges Raugerinne (Länge >10 bis 25 m) (geringer Wartungsaufwand)		
zulässige mittlere Fließgeschwindigkeit im Wanderkorridor	$v_{m,bem}$	0,95 m/s
Minimale Wassertiefe (Wanderkorridor)	$h_{eff,bem}$	0,45 m
minimale Sohlenbreite Wanderkorridor	b_{bem}	1,5 m
Raugerinne in Störsteinbauweise (mittlerer Wartungsaufwand)		
zulässige mittlere Fließgeschwindigkeit in Engstellen	$v_{m,bem}$	1,0 m/s
Grenzwert für die Leistungsdichte	$P_{D,bem}$	160 W/m ³
min. Wassertiefe unterhalb Engstelle	$h_{eff,bem}$	0,8 m
min. lichter Steinabstand in Fließrichtung	$(2a_x - d_s)$	3,75 m
min. lichter Steinabstand quer zur Fließrichtung	$(a_y - d_s)$	1,15 m
Beckenartiges Raugerinne (hoher Wartungsaufwand)		
planerische Absturzhöhe zwischen Becken	$\Delta h_{,bem}$	0,07 m
mittlere Fließgeschwindigkeit in den Becken	$v_{m,bem}$	0,5 m/s
Grenzwert für die Leistungsdichte	$P_{D,bem}$	70 W/m ³
Wassertiefe Becken/ unterhalb Trennwand	$h_{u,eff}$	0,85 m
Wassertiefe Engstelle/im Durchlass	$h_{D,min}$	0,8 m
Längsabstand von Einbauten/min. lichte Beckenlänge	$L_{LB,bem}$	3,75 m
min. mittlere lichte Beckenbreite	b_{bem}	3,0 m
min. Breite Engstelle/Durchlass	$b_{s,min}$	0,6 m
maximal zulässige Fließgeschwindigkeit in Durchlässen (Becken)	v_{max}	1,2 m/s
Beckenartige FAA = Schlitzpass (geringer Wartungsaufwand)		
planerische Absturzhöhe zwischen Becken	$\Delta h_{,bem}$	0,13 m
maximal zulässige Fließgeschwindigkeit im Schlitz	v_{bem}	1,6 m/s
Grenzwert für die Leistungsdichte	$P_{D,bem}$	90 W/m ³
Wassertiefe unterhalb Trennwand	h_u	1,20 m
Wassertiefe oberhalb Trennwand	h_o	1,35 m
Längsabstand von Einbauten/lichte Beckenlänge	$L_{LB,bem}$	3,65 m
min. mittlere lichte Beckenbreite	b_{bem}	2,75 m
min. Breite Engstelle/Schlitzweite	s	0,45 m

Aufgrund des nachgewiesenen Schwarmverhaltens von Maifischen beim Aufstieg wurden die Wassertiefen in den Engstellen/Durchlässen für alle betroffenen Bauweisen höher gesetzt als die im DWA-Merkblatt

M 509 empfohlenen Mindestwerte. Die Vorgehensweise entspricht der Empfehlung der BfG vom 15.10.14.

Die in der Bemessung zu berücksichtigenden Wasserstände ergeben sich im Oberwasser aus der Stauzielregelung der WKA Wallstadt und unterhalb der Fischaufstiegsanlage aus den Wasserständen im Verteilerbecken zu den verschiedenen Einstiegen der FAA.

Die Bemessungswasserstände der FAA sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 4: Bemessungswasserstände der FAA

	Wasserstand (m + NN)
UW ₃₀	112,75
UW ₃₃₀	113,68
UW _{FAA,30}	113,58
UW _{FAA,330}	114,10
OW ₃₀	116,65
OW ₃₃₀	116,74

Die für die Auslegung der Fischaufstiegsanlage relevante Wasserspiegeldifferenz beträgt folglich 3,07 m beim W₃₀ bis 2,64 m beim W₃₃₀.

Der Abfluss durch die Anlage liegt bei ca. 0,76-0,86 m³/s.

4 Beschreibung der Varianten

4.1 Schlitzpass

4.1.1 Hydraulische Bemessung

Der Schlitzpass (SP) wurde entsprechend den Kriterien der aktuellen anerkannten Regeln der Technik [2] basierend auf den im vorangehenden Kapitel 3 dargestellten Grundlagen entworfen. Eine Darstellung im Lageplan und eines Regelquerschnittes des SP findet sich in Anlage 1. Alle Angaben zur Geometrie sowie die hydraulischen Nachweise finden sich in Anlage 2. Die wesentlichen Kennwerte des SP sind in Tabelle 5 wiedergegeben.

Tabelle 5: Kenndaten des Schlitzpasses der geplanten FAA WAL

Beckenanzahl	25
Gesamtlänge Abwicklung	92,6 m
lichte Beckenabmessungen ($L_{LB} \times b$)	3,65 m x 2,75 m
Wassertiefe (h_{eff})	min. 1,20 m
Schlitzbreite	45 cm
Wasserspiegeldifferenz (Bemessungswert)	0,12 m
max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (Bemessungswert)	1,53 m/s
Energiedissipation (Bemessungswert) p_D	90 W/m ³
Betriebsdurchfluss bei W_{30} bzw. W_{330}	0,76 bis 0,86 m ³ /s
Sohlensubstrathöhe	30 cm

4.1.2 Bauliche Umsetzung

Der Schlitzpass beginnt oberwasserseitig des Verteilerbeckens und überwindet anschließend den Höhenunterschied. Oberwasserseitig an den Schlitzpass schließt ein kanalartiger Übergangsabschnitt bis zum Ausstiegsbauwerk an, der dazu dient, die verbleibende Distanz bis zum Ausstieg in das Oberwasser zu überwinden. Er wird mit einer rauen Sohle ausgestattet und ein geringes Gefälle aufweisen, um die Fließwiderstände zu kompensieren sowie die notwendige Wassertiefe und Durchfluss zu gewährleisten. Die Gesamtlänge der FAA ab der

Kraftwerkszufahrt bis zum Einlaufbauwerk im Oberwasser beträgt 170 m.

4.2 Fischpassierbares Raugerinne ohne Einbauten

Das fischpassierbare Raugerinne ohne Einbauten wurde entsprechend den Kriterien der anerkannten Regeln der Technik [2] basierend auf den im vorangehenden Kapitel 3 dargestellten Grundlagen entworfen.

Die grundlegende Herausforderung in Bezug auf Bauweisen ohne Einbauten ergibt sich aus der Tatsache, dass die erforderliche Rauheit des Gerinnes zur Einhaltung der festgelegten Mindestwassertiefe nur über die Steinschüttung erzielt werden kann, mit welcher das Gerinne ausgekleidet wird. Meist sind zur Einhaltung der hydraulischen und geometrischen Grenzwerte bei dieser Bauform sehr flache Sohlenneigungen erforderlich.

Bei gegebenem Abfluss sind die maßgeblichen Stellschrauben zur Dimensionierung des Gerinnes die Sohlenneigung, die Böschungsneigung des Gerinnes sowie der Steindurchmesser des Sohlenmaterials.

Um bei der im vorliegenden Fall erforderlichen Mindestsohlenbreite von 1,5 m und dem vorgegebenen Abfluss von 0,76 m³/s eine ausreichende Mindestfließtiefe im Gerinne zu erreichen, erwies sich ein k_{st} -Wert in der Größenordnung von 25 m^(1/3)/s als sinnvoll. Ein entsprechender Wert kann beispielsweise mit Wasserbausteinen der Klasse LMB40/200 erreicht werden.

Mit der genannten Steinschüttung sind zwei Varianten eines Raugerinnes ohne Einbauten mit einer Niedrigwasserrinne innerhalb des Gerinnes möglich. Die wesentlichen Kennwerte beider Varianten sind in Tabelle 6 wiedergegeben.

Tabelle 6: Kenndaten zweier Varianten einer Raugerinnes ohne Einbauten für die FAA WAL

	Variante 1	Variante 2
Geometrie der NW-Rinne	Rechteckgerinne	Trapezgerinne
Böschungsneigung	-	1:1
Sohlenbreite	1,5 m	1,5 m
k_{st} -Wert	$25 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$	$25 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$
Gefälle	0,67 %	0,3 %
Gesamtlänge Abwicklung	458 m	1023 m
Wassertiefe (h_{eff})	0,54 m	0,54 m
max. Fließgeschwindigkeit im Wanderkorridor	0,95 m/s	0,7 m/s
Betriebsdurchfluss bei W_{30} bzw. W_{330}	0,76 bis 0,86 m^3/s	0,76 bis 0,86 m^3/s

Die genannten Werte wurden unter Berücksichtigung der effektiven Fließtiefe berechnet.

In Tabelle 6 ist klar erkennbar, dass aufgrund des flachen Sohlengefälles für die Einhaltung der Mindestfließtiefe auf dem Raugerinne ohne Einbauten erhebliche Bauwerkslängen (458 m bis 1023 m) zur Überwindung der rund 3 m Höhenunterschied erforderlich sind. Aufgrund der begrenzten Platzverfügbarkeit im Umfeld der WKA Wallstadt wird eine Bauweise ohne Einbauten daher als wirtschaftlich und ökologisch nicht sinnvoll angesehen. Der Bautyp wird daher nicht weiterverfolgt.

4.3 Fischpassierbares Raugerinne in Beckenbauweise

4.3.1 Hydraulische Bemessung

Das Raugerinne in Beckenbauweise wurde entsprechend den Kriterien der anerkannten Regeln der Technik [2] basierend auf den im vorangehenden Kapitel 3 dargestellten Grundlagen entworfen. Eine Darstellung im Lageplan und eines Regelquerschnittes des Raugerinnes in Beckenbauweise findet sich in Anlage 1.

Im Rahmen der Dimensionierung wurde eine Durchlassbreite von 0,7 m gewählt. Bei dieser Durchlassbreite fließt im Fall des Q_{30} der gesamte Abfluss durch den Durchlass ab. Eine Überströmung der Riegel

erfolgt bei ansteigendem Wasserstand im Staubereich. Es wird ein Durchlass je Steinriegel angeordnet.

Die wesentlichen Kennwerte des entsprechenden Raugerinnes in Beckenbauweise sind in Tabelle 7 wiedergegeben.

Tabelle 7: Kenndaten des Raugerinnes in Beckenbauweise der FAA WAL

Geometrie	Rechteckgerinne
Beckenzahl	43
lichte Beckenabmessungen ($L_B \times b$)	3,75 m x 4,20 m
Mittlere Wassertiefe in den Becken (Q_{30})	0,89 m
Höhe Niedrigwasserschwelle	0,05 m
Höhe der Riegelsteine über WSPL Q_{30}	0,03 m
Durchlassbreite	70 cm
Versatzmaß der Öffnungen	1,4 m
Wasserspiegeldifferenz (Bemessungswert)	0,07 m
max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (Bemessungswert)	1,2 m/s
Energiedissipation (Bemessungswert) p_D	70 W/m ³
Gefälle	1,6 ‰
Gesamtlänge Abwicklung	188 m
Betriebsdurchfluss bei W_{30} bzw. W_{330}	0,76 bis 0,86 m ³ /s

Der verringerte Bemessungswert für die Wasserspiegeldifferenz zwischen den Becken im Vergleich zum Schlitzpass ergibt sich aus den erhöhten Sicherheitsbeiwerten infolge der weniger klar zu bestimmenden Geometrie. Dies zieht eine flachere Ausführung des gesamten Bauwerks nach sich und folglich eine größere Abwicklungslänge, trotz gleicher zugrundeliegender Grenzwerte wie beim Schlitzpass.

Die erhöhten Sicherheitsbeiwerte äußern sich auch in einer größeren erforderlichen Schlitzbreite, welche wiederum maßgeblich für die Gesamtbeckenbreite ist (Mindestbreite 60 cm).

4.3.2 Bauliche Umsetzung

Aufgrund der geringen Platzverfügbarkeit am Standort wurde eine rechteckige Ausführung der Becken als sinnvoll erachtet. Da die Höhenabwicklung des Raugerinnes nicht der des Entwässerungsgrabens entspricht, müssen beide Komponenten räumlich voneinander getrennt werden. Aus Platzgründen kommt hierfür ausschließlich ein

senkrechter Verbau zur FAA infrage. Zum Entwässerungsgraben bleibt, wo platztechnisch möglich, die bestehende Böschung bis zum Einschnitt der FAA erhalten. Die Oberkante der Wand zwischen Raugerinne und Entwässerungsgraben liegt aus Hochwasserschutzgründen auf einer Höhe von mindestens 116,90 m+NN. Wo höhentechnisch maßgebend, liegt die Oberkante der Trennwand auf Höhe der Wasserspiegellage im Raugerinne zuzüglich 50 cm Freibord.

Der Verbau wird über die gesamte Länge als Spundwand mit einer Vorsatzwand aus Natursteinen umgesetzt.

Zwischen Abwicklungslänge des Raugerinnes und Einlaufbauwerk im Oberwasser wird ein Übergangsbereich mit ebener Sohle vorgesehen, damit in diesem Bereich bei Bedarf Befischungen vorgenommen werden können. Das Einlaufbauwerk schließt im Oberwasser an den Übergangsbereich an.

Aufgrund der starken Einengung des Querschnitts des Entwässerungsgrabens kurz hinter dem Einlaufbauwerk, ist in diesem Bereich eine entsprechende Anpassung des Entwässerungsgrabens vorgesehen.

4.4 Fischpassierbares Raugerinne in Störsteinbauweise

4.4.1 Hydraulische Bemessung

Das Raugerinne in Störsteinbauweise wurde entsprechend den Kriterien der anerkannten Regeln der Technik [2] basierend auf den im vorangehenden Kapitel 3 dargestellten Grundlagen entworfen. Eine Darstellung im Lageplan und eines Regelquerschnittes des Raugerinnes in Störsteinbauweise findet sich in Anlage 1.

Bei den gegebenen Randbedingungen kommen für die Umsetzung des Raugerinnes in Störsteinbauweise verschiedene Varianten infrage, die sich je nach Anordnung der Störsteine und Steindurchmesser insbesondere in der Beckenbreite und Bauwerkslänge unterscheiden. Aus den möglichen Varianten wurde diejenige als Vorzugsvariante gewählt, die unter den untersuchten Anordnungstypen die kleinste Breite aufweist.

Die Anordnung der Steine erfolgt für diese Variante nach dem im DWA-Merkblatt M 509 [2] dargestellten Anordnungstyp I, bei dem abwechselnd zwei Störsteine am Böschungsfuß und ein Störstein in der Gerinnemitte eingebracht werden (siehe Abbildung 6). Die Steine werden ca. zur Hälfte ihres Durchmessers in die Sohle eingebracht. Es wurde von runden Steinen ausgegangen.

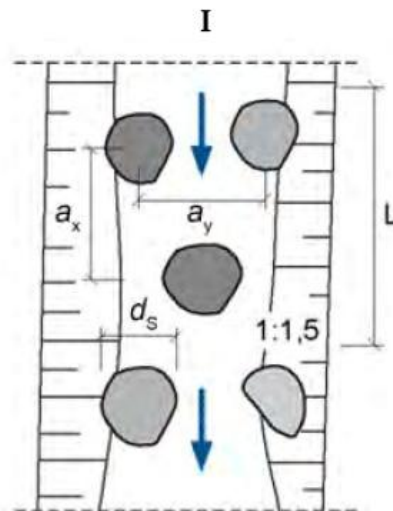


Abbildung 6: Anordnungstyp I für Störsteine gemäß DWA-Merkblatt M 509 [2]

Die wesentlichen Kennwerte des Raugerinnes in Störsteinbauweise sind in Tabelle 8 wiedergegeben.

Tabelle 8: Kenndaten des Raugerinnes in Störsteinbauweise der FAA WAL

Geometrie	Trapezgerinne
Sohlenbreite	3,05 m
Böschungsneigung	1:1
Anordnungstyp	I
Lichter Steinabstand in Fließrichtung a_x	2,85 m
Lichter Steinabstand quer zur Fließrichtung a_y	3,05 m
Steindurchmesser d_s , zur Hälfte eingebunden	1,4 m
Steinform	rund
Hydraulisch wirksame Fließtiefe $h_{m,bem}$	0,85 m
mittl. Fließgeschwindigkeit in den Engstellen	0,48 m/s
Energiedissipation (Bemessungswert) p_D	160 W/m ³
Gefälle	1,5 %
Gesamtlänge Abwicklung	200 m
Abflussbreite Q_{30}	4,75 m
Sohlenmaterial	LMB5/40
Betriebsdurchfluss bei W_{30} bzw. W_{330}	0,76 bis 0,86 m ³ /s

Erfahrungswerte zeigen, dass die Funktionsfähigkeit von Raugerinnen in Störsteinbauweise mit abnehmendem Sohlengefälle zunimmt. Es wurde ein moderates Sohlengefälle von 1:65 (entspricht einer Neigung von 1,5 %) gewählt. Dieses Gefälle wird als flach genug gewertet, um die Auswirkungen von geometrischen Ungleichheiten in den eingebrachten Natursteinen zu begrenzen und somit die Einhaltung der Grenzwerte zu gewährleisten.

Das Raugerinne in Störsteinbauweise wurde auf den Mindestabfluss von rund 0,76 m³/s ausgelegt. Die Störsteine sind bei diesem Abfluss bereits überströmt. Bei den gewählten Abmessungen der Störsteine und des Gerinnes stellt sich der maximale Abfluss von 0,86 m³/s durch das Gerinne bereits bei einer Erhöhung des Oberwasserstands um rund 2 cm ein. Beim tatsächlich auftretenden Anstieg um 9 cm im Staubereich würde sich ein leicht erhöhter Abfluss in der FAA einstellen. Die hydraulischen und geometrischen Grenzwerte sind auch bei diesem Abfluss noch eingehalten. Sofern eine erhöhte Zuflussmenge zur FAA toleriert werden kann, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Ansonsten muss gegebenenfalls die Zuflussmenge beim gegebenen Oberwasserstand über einen hydraulischen Kontrollquerschnitt

begrenzt werden. Dieser kann z. B. in das massive Einlaufbauwerk integriert werden, an das sich das Raugerinne anschließt.

4.4.2 Bauliche Umsetzung

Es wurde eine trapezförmige Ausführung des Gerinnes in Störsteinbauweise gewählt. Hierbei ergeben sich im Randbereich flachere und dadurch strömungsberuhigte Fließzonen, die von kleinen Tieren des Artenspektrums genutzt werden können.

Da die Höhenabwicklung des Raugerinnes nicht der des Entwässerungsgrabens entspricht, müssen beide Komponenten räumlich voneinander getrennt werden. Zum Entwässerungsgraben bleibt, wo platztechnisch möglich, die bestehende Böschung bis zum Einschnitt der FAA erhalten. Die Oberkante der Wand zwischen Raugerinne in Störsteinbauweise und Entwässerungsgraben liegt aus Hochwasserschutzgründen auf einer Höhe von mindestens 116,90 m+NN. Wo höhenteknisch maßgebend, liegt die Oberkante der Trennwand auf Höhe der Wasserspiegellage im Raugerinne zuzüglich 50 cm Freibord.

Der Verbau wird über die gesamte Länge als Spundwand mit einer Vorsatzwand aus Natursteinen umgesetzt.

Zwischen Abwicklungslänge des Raugerinnes und Einlaufbauwerk im Oberwasser wird ein Übergangsbereich mit ebener Sohle vorgesehen, damit in diesem Bereich bei Bedarf Befischungen vorgenommen werden können. Das Einlaufbauwerk schließt im Oberwasser an den Übergangsbereich an.

Aufgrund der starken Einengung des Querschnitts des Entwässerungsgrabens kurz hinter dem Einlaufbauwerk, ist in diesem Bereich eine Aufweitung des Entwässerungsgrabens vorgesehen.

4.5 Fischpassierbares Raugerinne als Asymmetrisches Raugerinne

Als mögliche Alternative zum Raugerinne mit beckenartigen Einbauten oder Störsteinen wurde auch die Bauweise eines Asymmetrischen Raugerinnes untersucht.

Da das aktuelle DWA-Merkblatt M 509 keine explizite Dimensionierungsempfehlung für diesen Bautyp enthält, wurde auf die Empfehlungen des österreichischen Leitfadens zum Bau von Fischaufstiegshilfen [5] zurückgegriffen. Am ehesten ist das Asymmetrische Raugerinne mit einem Raugerinne mit zu Bühnen zusammengefassten Störsteinen zu vergleichen.

Die hydraulische Dimensionierung des Gerinnes erfolgt mit der Formel nach Gauckler-Manning-Strickler für die Furt bei Niedrigwasser [6].

Die Böschungen des Raugerinnes wurden aufgrund der geringen Platzverfügbarkeit etwas steiler angesetzt als die im Leitfaden [5] empfohlenen Werte. Dafür wurde die Sohlenneigung deutlich flacher gewählt, sodass die hydraulischen Grenzwerte eingehalten werden können.

Die wesentlichen Kennwerte des Raugerinnes in Störsteinbauweise sind in Tabelle 8 wiedergegeben.

Tabelle 9: Kenndaten des Raugerinnes in Störsteinbauweise der FAA WAL

Geometrie	Asymmetrisch
Böschungsneigung Flachufer	3,5
Böschungsneigung Kurzbühne Steilufer	1,5
Sohlenbreite Tiefenrinne Furt	0,55 m
Länge einer Furt-Kolk-Sequenz	10 m
Tiefe laterale Tiefstelle (Kolk)	1 m
Minimale Fließtiefe auf der Tiefenrinne Furt	0,45 m
max. Fließgeschwindigkeit in der Furt mit Kurzbühne (Q_{30})	1 m/s
Gefälle	1,1 %
Gesamtlänge Bauwerk	290 m
Abflussbreite Furt Q_{30}	3,70 m
k_{st} -Wert	20
Betriebsdurchfluss bei W_{30} bzw. W_{330}	0,76 bis 0,86 m³/s

Das Asymmetrische Raugerinne wurde auf den Mindestabfluss von 0,76 m³/s ausgelegt. Bei diesem Abfluss stellt sich im Gerinne die Mindestfließtiefe von 45 cm auf der Tiefenlinie der Furt ein. Bei den gewählten Abmessungen des Gerinnes stellt sich der maximale Abfluss von 0,86 m³/s durch das Gerinne bereits bei einer Erhöhung des Oberwasserstands um rund 3 cm. Beim tatsächlich auftretenden Anstieg um

9 cm im Staubereich würde sich ein leicht erhöhter Abfluss in der FAA einstellen. Die mittlere Fließgeschwindigkeit in der Furt läge bei diesem Abfluss bei rund 1,1 m/s. Gegebenenfalls ist am oberwasserseitigen Einlauf ein hydraulischer Kontrollquerschnitt erforderlich, der den Zufluss beim gegebenen Oberwasserstand begrenzt. Dieser kann z. B. in das massive Einlaufbauwerk integriert werden, an das sich das Raugerinne anschließt.

In Tabelle 9 ist erkennbar, dass für die Einhaltung der Mindestfließtiefe auf der Tiefenlinie der Furt ein relativ flaches Sohlengefälle von 1,1 % erforderlich ist. Dies bedingt eine erhöhte Gesamtlänge des Bauwerks von 290 m zur Überwindung der rund 3 m Höhenunterschied. Aufgrund der begrenzten Platzverfügbarkeit im Umfeld der WKA Wallstadt und oberhalb wird die Bauweise des Asymmetrischen Raugerinnes daher nicht als sinnvolle Alternative gesehen.

Die Bauweise des Asymmetrischen Raugerinnes bietet aufgrund ihrer Robustheit und der verschiedenen Abflussbereiche insbesondere bei stark schwankenden oder sehr hohen Abflüssen Vorteile gegenüber anderen Bauweisen. Da im vorliegenden Fall keines von beidem eine erhebliche Relevanz für die Umsetzung der FAA hat, wird die Bauweise des Asymmetrischen Raugerinnes ähnlich wie beim Raugerinne ohne Einbauten verworfen.

5 Wahl der Vorzugsvariante

Die Untersuchungen zeigen, dass am Standort Wallstadt für den Fisch-aufstieg nur aufgelöste Bauweisen infrage kommen. Grund daher für ist die vorhandene Höhendifferenz bei gleichzeitig sehr begrenzter Platzverfügbarkeit. Hinzu kommen auch die erhöhten geometrischen Grenzwerte zur Herstellung der Durchwanderbarkeit auch für Schwarmfische (insb. Maifisch).

Grundsätzlich möglich sind die in den Kapiteln 4.1, 4.3 und 4.4 dargestellten Bauweisen:

- Schlitzpass,
- Fischpassierbares Raugerinne in Beckenbauweise und
- Fischpassierbares Raugerinne in Störsteinbauweise.

Alle drei Varianten sind grundsätzlich geeignet, um die Durchgängigkeit innerhalb des Fischeaufstiegs gemäß DWA-Merkblatt M 509 [2] herzustellen.

In Tabelle 10 sind die für den Platzbedarf relevanten Abmessungen der jeweiligen Bauweisen angegeben.

Tabelle 10: Geometrische Abmessungen der drei möglichen Bauformen an der FAA WAL

	Schlitzpass (inkl. Übergang)	Raugerinne in Beckenbau- weise	Raugerinne in Störsteinbau- weise
Abwicklungslänge	170 m	187,7 m	199,6 m
Breite des Bauwerks (Gerinne, ohne Ver- bau)	2,75 m	4,2 m	4,75 m (Was- erspiegel- breite $Q_{\max}$)
Platzbedarf gesamt	468 m ²	789 m ²	948 m ²

Die Variante mit dem deutlich geringsten Platzbedarf ist der Schlitzpass, gefolgt vom Raugerinne in Beckenbauweise. Das Raugerinne in Störsteinbauweise hat den größten Platzbedarf. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse im Oberwasserbereich der WKA Wallstadt wird ein möglichst geringer Platzbedarf als entscheidender Vorteil gegenüber den anderen Varianten gewertet.

Das Einlaufbauwerk wird für alle drei betrachteten Varianten südlich der Kraftwerksbucht in sicherem Abstand zum Kraftwerkseinlauf

verortet, um ein Verdriften aufsteigender Fische sowie eine Kollision mit potenziellen Fischschutzeinrichtungen am Krafthaus auszuschließen. Die kleinräumige Anordnung des Einlaufbauwerks unterscheidet sich je nach Bauwerkslänge.

Bei allen drei Bauweisen ist ein massiver, senkrechter Verbau aufgrund des vorhandenen, mehrere Meter hohen Geländesprungs zum kraftwerksseitig gelegenen Betriebsweg der Uniper erforderlich. Dabei ist die absolute Höhenlage der Sohle eines Raugerinnes in Störstein- oder Beckenbauweise aufgrund der flacheren Sohlenneigung insgesamt tiefer als bei einer Umsetzung als Schlitzpass. Zudem muss der Aushub in größere Tiefen erfolgen, damit die Stör- oder Riegelsteine ausreichend in die Sohle eingebunden werden können. Dies führt zu erhöhten Aushubmengen und einer massiveren und dadurch teureren Ausführung des Verbaus.

Beim Schlitzpass ist die Wand aus Stahlbeton Bestandteil des Bauwerks und kann eine statische Funktion übernehmen. Dies wirkt sich positiv auf die Kosten der Maßnahme aus.

Ein weiterer Vorteil des Schlitzpasses gegenüber den anderen beiden Bauweisen liegt in der hydraulischen Eindeutigkeit der Struktur, welche nahezu exakt beim Bau hergestellt werden kann. Dies macht eine aufwendige Anpassung von Setzsteinen und anderen Rauheitselementen im Probetrieb hinfällig, die bei den anderen beiden Bauweisen in der Regel vonnöten ist, um die gewünschten hydraulischen Verhältnisse zu erzielen. Aufgrund des zuvor beschriebenen, tiefen Geländeeinschnitts ist eine Zugänglichkeit zum Gerinne nur bedingt gegeben. Beim Einsatz eines Schlitzpasses können somit aufwendige Nacharbeiten vermieden werden.

Hinzu kommt, dass der Schlitzpass durch seine massive Ausführung in Stahlbeton eine hohe Robustheit im Hochwasserfall aufweist. Bei den beiden anderen Bauweisen als Raugerinne müssen jeweils die Riegel- und Störsteine so ausgelegt werden, dass sie auch im Hochwasserfall erosionssicher sind. Dies erfordert gegebenenfalls erhöhte Steindurchmesser, welche wiederum einen Einfluss auf die Abmessungen des Gerinnes haben können. Bei Schlitzpässen führen Überflutungen i. d. R. zu keinen nennenswerten Beeinträchtigungen und die

Anlagen können nach einem Ereignis wieder rasch voll in Betrieb genommen werden.

Kritikpunkt an Schlitzpässen ist oftmals die fehlende Bereitstellung von Habitaten innerhalb der FAA und die Umsetzung in Beton. Aufgrund der durch Spundwände stark eingeengten Umsetzung auch der beiden anderen Bauweisen, kann davon ausgegangen werden, dass im vorliegenden Fall keine höhere Habitatqualität innerhalb der FAA erzielt werden kann. Die relativ schmale Bauweise des Schlitzpasses ermöglicht dagegen eine nennenswerte ökologische Aufwertung des angrenzenden Neuen Grabens, welcher bislang stark kanalisiert und naturfern ausgebaut ist. Die beiden anderen Bauformen weisen aufgrund der größeren erforderlichen Breite auch einen größeren Platzbedarf auf, welcher folglich nicht für die ökologische Aufwertung des Neuen Grabens zur Verfügung steht. Aufgrund der durch Spundwände stark eingeengten Umsetzung auch der beiden anderen Bauweisen, kann davon ausgegangen werden, dass keine höhere Habitatqualität innerhalb der FAA erzielt werden kann.

Demgegenüber ermöglicht ein Schlitzpass eine optimale Aufstiegsmöglichkeit für Schwarmfische durch die tief ausgelegten Becken.

Aufgrund der genannten Vorteile wird die Bauart des Schlitzpasses für den vorliegenden Fall mit beengten Platzverhältnissen und vorhandener Schwarmfischarten als beste Option gewertet und weiterverfolgt.

6 Verzeichnisse

6.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über den Bereich der zukünftigen FAA Wallstadt (Quelle: FWT)	2
Abbildung 2: Beispiel eines Schlitzpasses (Quelle: FWT)	4
Abbildung 3: Beispiel eines beckenartigen Raugerinnes als Umgehungsgerinne (Quelle: [4])	5
Abbildung 4: Regelplan eines Asymmetrischen Raugerinnes gemäß [5]. ...	7
Abbildung 5: Neuer Graben im Kraftwerksbereich an Brücke 1 (li. 19.03.2013) sowie Hochwassersiel an der Kraftwerkszufahrt/Brücke 2 (re. 10.02.2015) (Quelle: Redeker)	9
Abbildung 6: Anordnungstyp I für Störsteine gemäß DWA-Merkblatt M 509 [2]	22

6.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grenzwerte zur Bemessung der FAA am Standort Wallstadt basierend auf [2]	13
Tabelle 2: Sicherheitsbeiwerte zur Bemessung der FAA am Standort Wallstadt basierend auf [2].....	14
Tabelle 3: Bemessungswerte je Bauweise für die FAA am Standort Wallstadt basierend auf [2].....	15
Tabelle 4: Bemessungswasserstände der FAA	16
Tabelle 5: Kenndaten des Schlitzpasses der geplanten FAA WAL	17
Tabelle 6: Kenndaten zweier Varianten einer Raugerinnes ohne Einbauten für die FAA WAL	19
Tabelle 7: Kenndaten des Raugerinnes in Beckenbauweise der FAA WAL.....	20
Tabelle 8: Kenndaten des Raugerinnes in Störsteinbauweise der FAA WAL.....	23
Tabelle 9: Kenndaten des Raugerinnes in Störsteinbauweise der FAA WAL.....	25

Tabelle 10: Geometrische Abmessungen der drei möglichen Bauformen an der FAA WAL	27
--	----

6.3 Anlagenverzeichnis

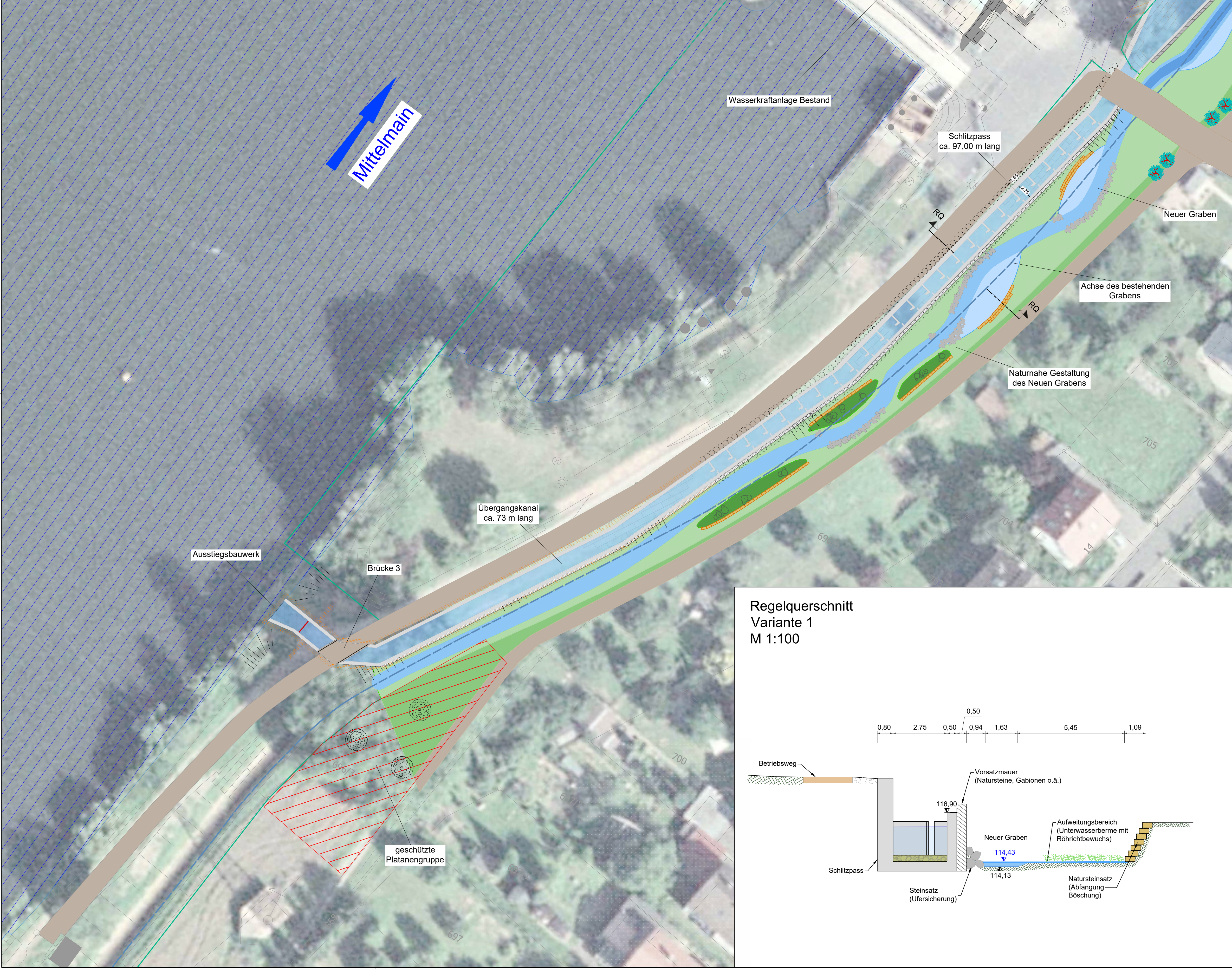
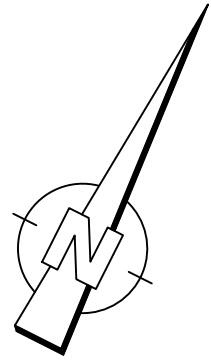
Anlage 1	Plandarstellungen der Varianten
Anlage 2	Hydraulische Dimensionierung des Schlitzpasses

6.4 Quellenverzeichnis

- [1] Bundesanstalt für Wasserbau und Bundesanstalt für Gewässerkunde (2023). Neubau einer Fischaufstiegsanlage (Pilotanlage) an der Staustufe Wallstadt am Main bei Fluss-km 101,37. Erläuterungsbericht.
- [2] DWA (2014). Merkblatt DWA-M 509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung
- [3] Österreichisches Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2021): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen 2021. 2. Auflage. Wien.
- [4] Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen 2012. 1. Auflage. Wien. Online verfügbar unter [fah_leitfaden_entwurf_03_10_2012_4.pdf](#) (kleinwasserkraft.at)
- [5] Österreichisches Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2021): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen 2021. 2. Auflage. Wien.
- [6] Mühlbauer, M.; Ratschan, C.; Lauber, W.; Zauner, G.: Das asymmetrische Raugerinne, ein neuer Fischaufstiegsanlagen-Typ. In: WasserWirtschaft 110 (2020), Heft 2-3, S. 82 - 87

7 Anlagen

Anlage 1
Plandarstellungen der Varianten

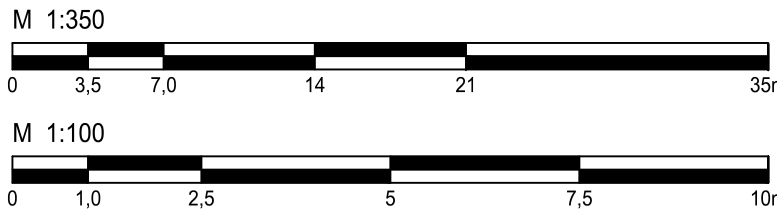


LEGENDE

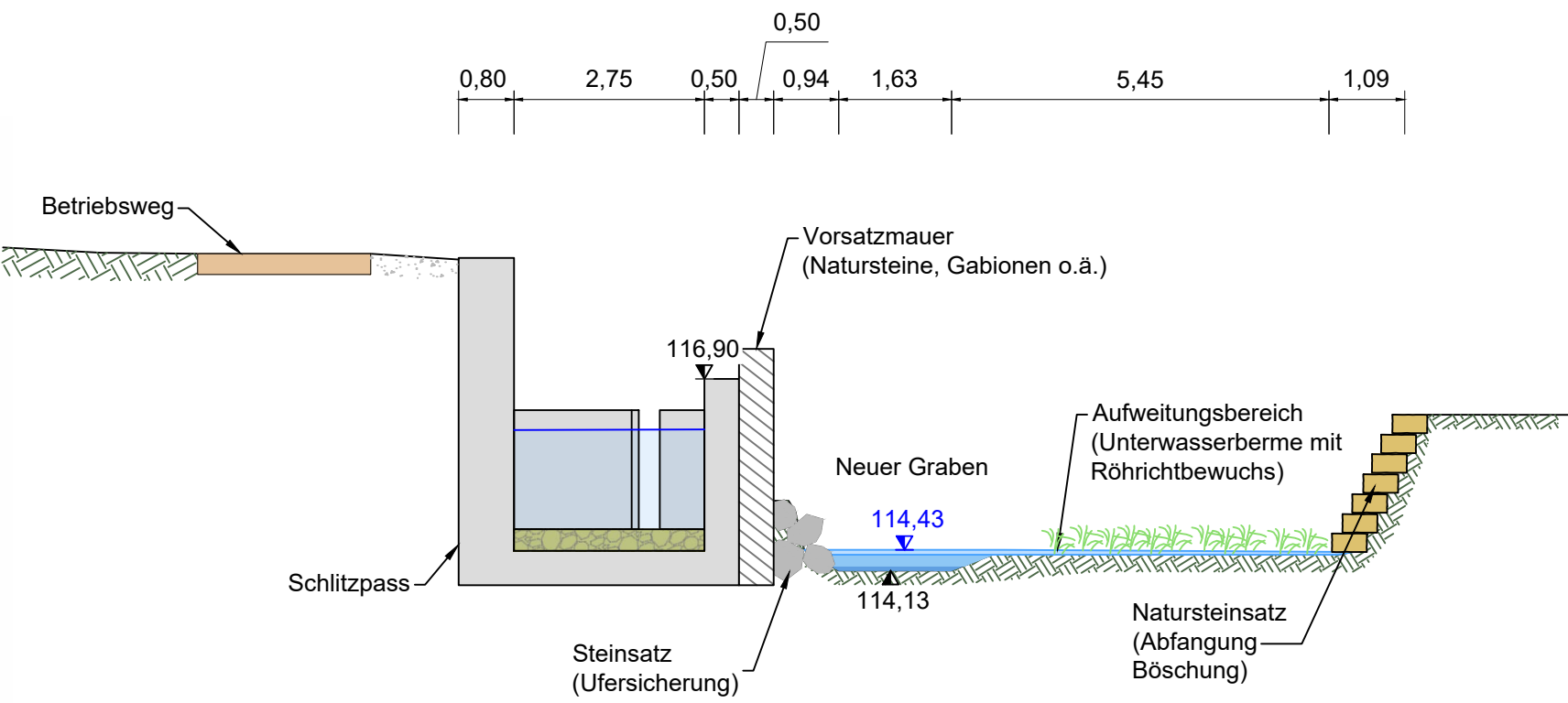
- Wasserfläche Bestand
- Wasserfläche der neuen FAA
- Gewässersohle des Neuen Grabens
- Betriebswege / Straßen
- Bauwerk aus Beton
- Sohlensubstrat aus Kies
- Vorsatzmauer (Natursteine, Gabionen o.ä.)
- Fläche der geschützten Bäume
- Achse des bestehenden Grabens
- Eigentumsgrenze WSV (Bestand)
- Baugrubenwand - Bohrpflwand
- Baugrubenwand - Spundwand
- Verschlussorgane
- Steinsatz (Ufersicherung)
- Natursteinsatz (Abfangung Böschung)

Alle Maßangaben sind in m, cm gem. Norm

Alle Höhenangaben in m+NN, sofern nichts anderes angegeben ist.



Regelquerschnitt
Variante 1
M 1:100



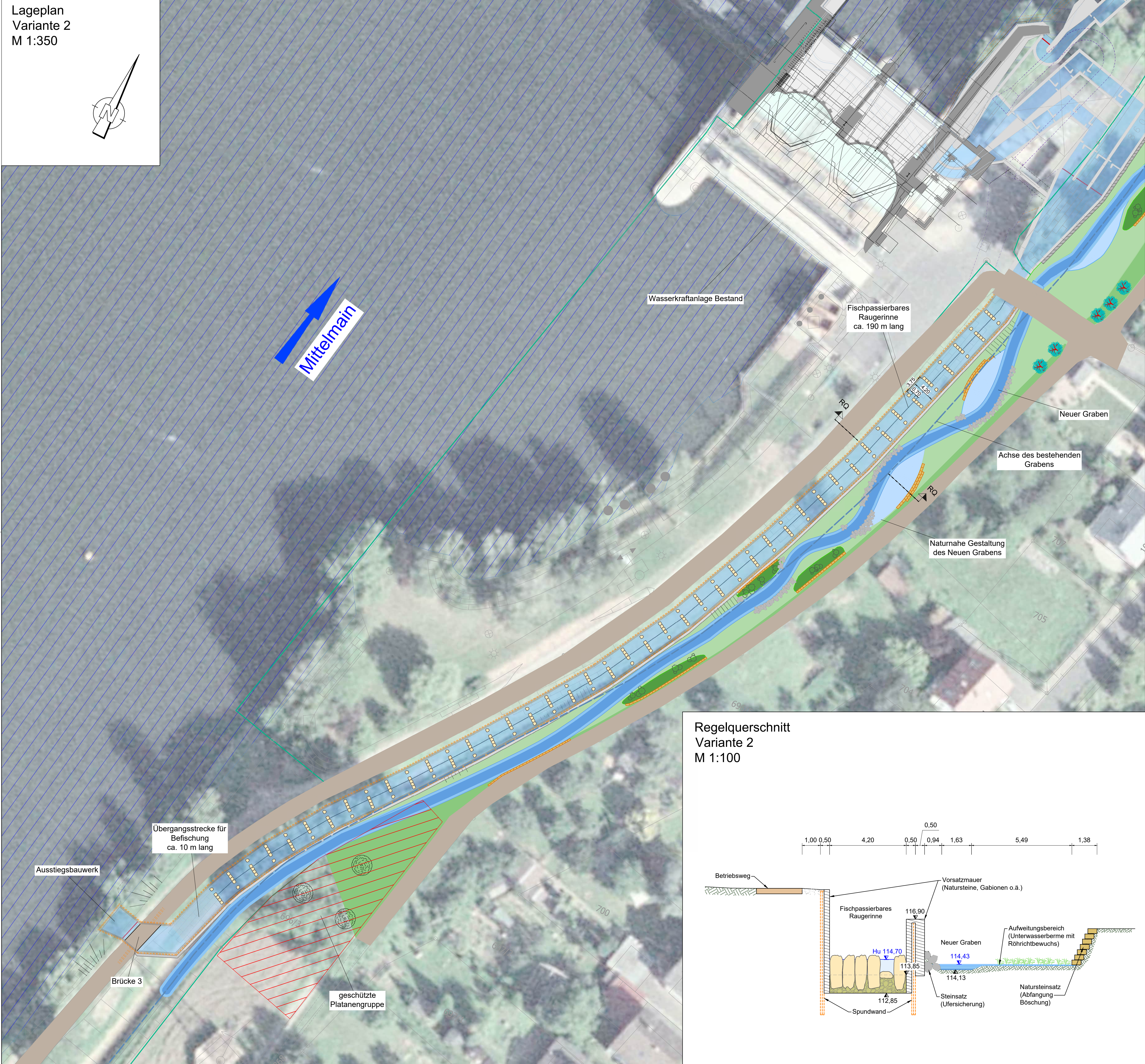
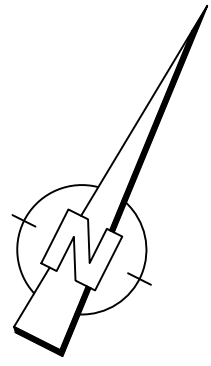
Auftraggeber: **Wasserstraßen - Neubauamt Aschaffenburg**
WSV.de

Planverfasser: **INGENIEURGEMEINSCHAFT FICHTNER - ARCADIS**
FICHTNER **ARCADIS**
WATER & TRANSPORTATION
FICHTNER
Water & Transportation GmbH

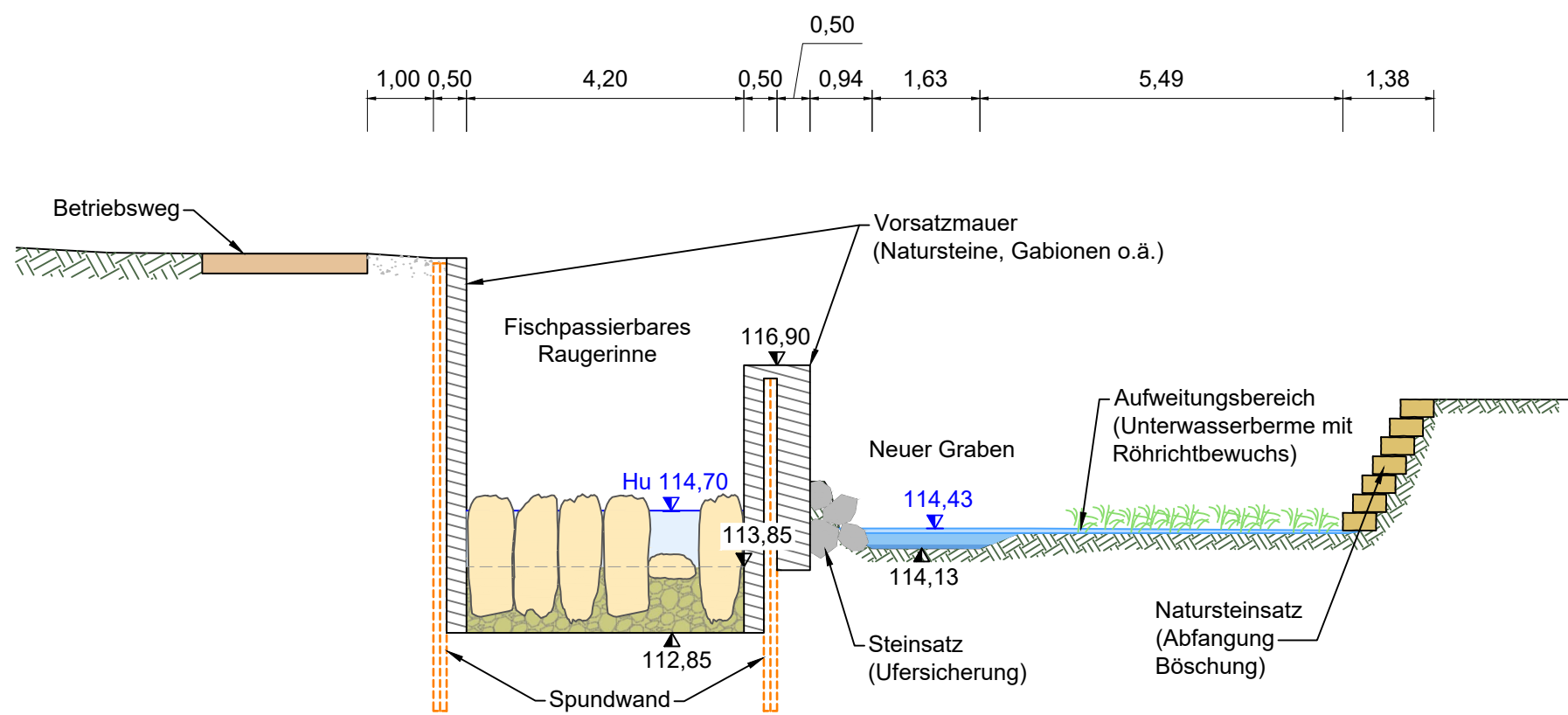
Projektbezeichnung: **Fischpass an der Wehranlage Wallstadt**
Planinhalt: **Variantenstudie - Funktionseinheit Fischaufstieg**
Objektteil: **Variante 1 - Schlitzpass**

Projekt-Nr.:	612-1733	Anlagen Nr.:	1	Datum	Name
Maßstab:	1 : 350	bearbeitet	31.01.2024	Gunzenhäuser	
Plan-Nr.:	1733_612_FA_V1_PL_W_0201	gezeichnet	31.01.2024	Paciello	
		geprüft	31.01.2024	Heimerl	

Der Inhalt dieses Dokumentes ist ausschließlich für den Auftraggeber der Fichtner Water & Transportation GmbH und andere vertraglich vereinbarte Empfänger bestimmt. Er darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers ganz oder auszugsweise und ohne Gewähr Dritten zugänglich gemacht werden. Die Fichtner Water & Transportation GmbH haftet gegenüber Dritten nicht für die Vollständigkeit und Richtigkeit der enthaltenen Informationen.



Regelquerschnitt
Variante 2
M 1:100

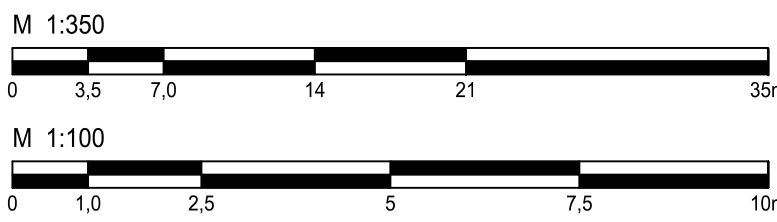


LEGENDE

- Wasserfläche Bestand
- Wasserfläche der neuen FAA
- Gewässersohle des Neuen Grabens
- Betriebswege / Straßen
- Bauwerk aus Beton
- Sohlensubstrat aus Kies
- Vorsatzmauer (Natursteine, Gabionen o.ä.)
- Fläche der geschützten Bäume
- Achse des bestehenden Grabens
- Eigentumsgrenze WSV (Bestand)
- Baugrubenwand - Bohrpfehlwand
- Baugrubenwand - Spundwand
- Verschlussorgane
- Steinsatz (Ufersicherung)
- Natursteinsatz (Abfangung Böschung)

Alle Maßangaben sind in m, cm gem. Norm

Alle Höhenangaben in m+NN, sofern nichts anderes angegeben ist.



Auftraggeber: **Wasserstraßen - Neubauamt Aschaffenburg**
WSV.de

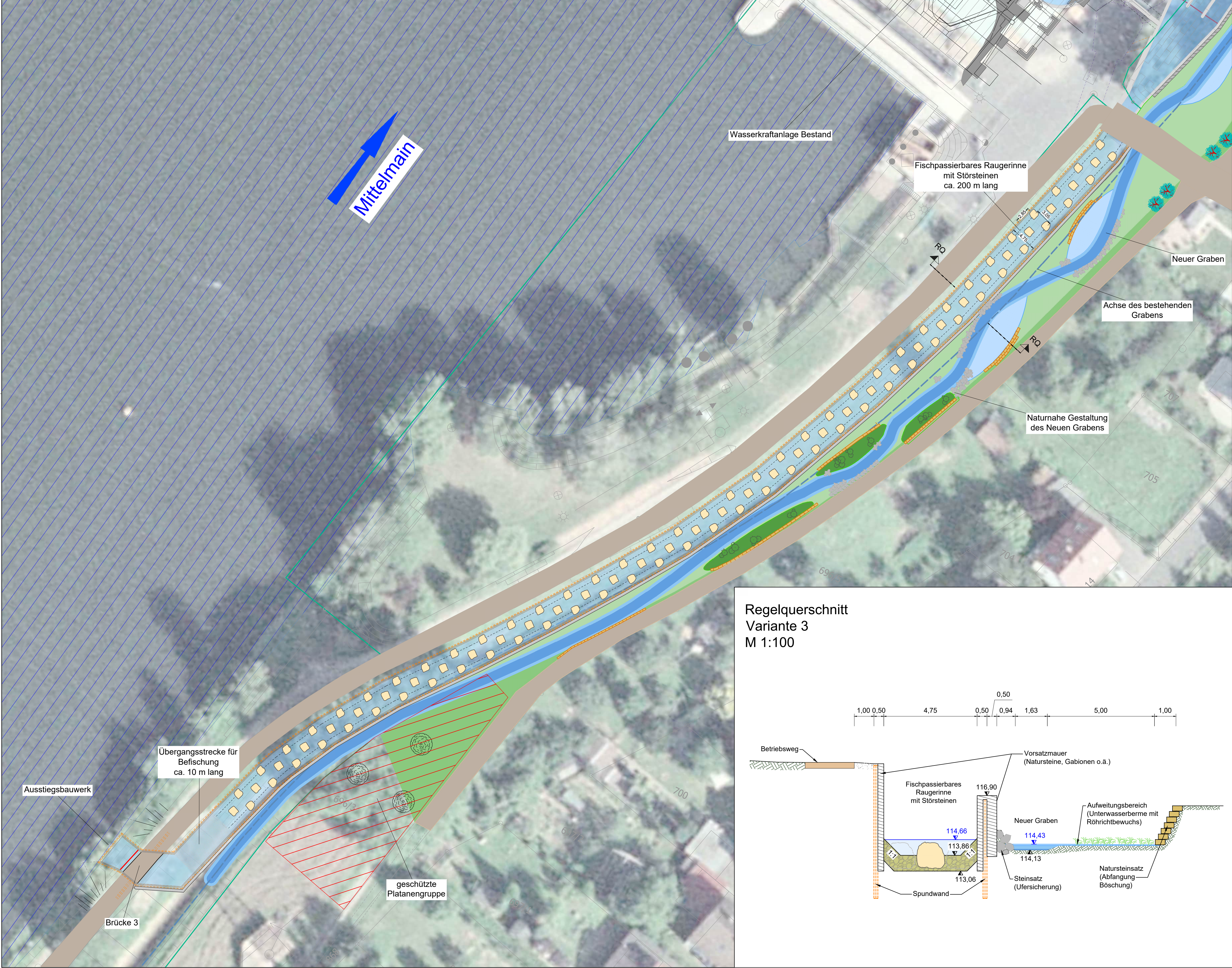
Planverfasser: **INGENIEURGEMEINSCHAFT FICHTNER - ARCADIS**
FICHTNER WATER & TRANSPORTATION
Sarweystraße 2 · 70191 Stuttgart
Tel.: +49-711-8995-444
Fax: +49-711-8995-468
E-Mail: info@fichtner.de
Internet: www.fht.fichtner.de

Projektbezeichnung: Fischpass an der Wehranlage Wallstadt
Planinhalt: Variantenstudie - Funktionseinheit Fischauftstieg
Objektteil: Variante 2
Fischpassierbares Raugerinne in Beckenbauweise

Projekt-Nr.:	612-1733	Anlagen Nr.:	2		Datum	Name
Maßstab:	1 : 350			bearbeitet	31.01.2024	Gunzenhäuser
Plan-Nr.:	1733_612_FA_V2_PL_W_0202			gezeichnet	31.01.2024	Paciello
				geprüft	31.01.2024	Heimerl

Der Inhalt dieses Dokumentes ist ausschließlich für den Auftraggeber der Fichtner Water & Transportation GmbH und andere vertraglich vereinbarte Empfänger bestimmt. Er darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers ganz oder auszugsweise und ohne Gewähr Dritten zugänglich gemacht werden. Die Fichtner Water & Transportation GmbH haftet gegenüber Dritten nicht für die Vollständigkeit und Richtigkeit der enthaltenen Informationen.

Lageplan
Variante 3
M 1:350



LEGENDE

Wasserfläche Bestand

Wasserfläche der neuen FAA

Gewässersohle des Neuen Grabens

Betriebswege / Straßen

Bauwerk aus Beton

Sohlensubstrat aus Kies

Vorsatzmauer (Natursteine, Gabionen o.ä.)

Fläche der geschützten Bäume

Achse des bestehenden Grabens

Eigentumsgrenze WSV (Bestand)

Baugrubenwand - Bohrpflwand

Baugrubenwand - Spundwand

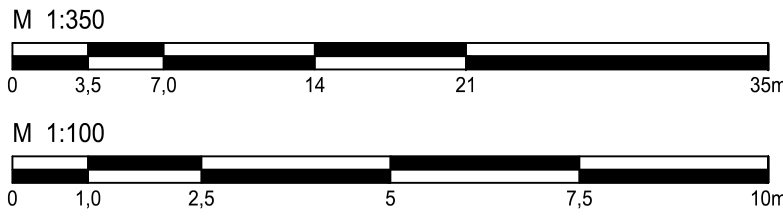
Verschlussorgane

Steinsatz (Ufersicherung)

Natursteinsatz (Abfangung Böschung)

Alle Maßangaben sind in m, cm gem. Norm

Alle Höhenangaben in m+NN, sofern nichts anderes angegeben ist.



Auftraggeber:

Planverfasser:

INGENIEURGEMEINSCHAFT FICHTNER - ARCADIS

FICHTNER

WATER & TRANSPORTATION

FICHTNER
Water & Transportation GmbH

ARCADIS

Design & Consultancy
for natural and
built assets

Projektbezeichnung:

Fischpass an der Wehranlage Wallstadt

Planinhalt:

Variantenstudie - Funktionseinheit Fischaufstieg

Objektteil:

Variante 3
Fischpassierbares Raugerinne in Störsteinbauweise

Projekt-Nr.:	612-1733	Anlagen Nr.:	3	Datum	Name
Maßstab:	1 : 350	bearbeitet	31.01.2024	Gunzenhäuser	
Plan-Nr.:	1733_612_FA_V3_PL_W_0203	gezeichnet	31.01.2024	Paciello	
		geprüft	31.01.2024	Heimerl	

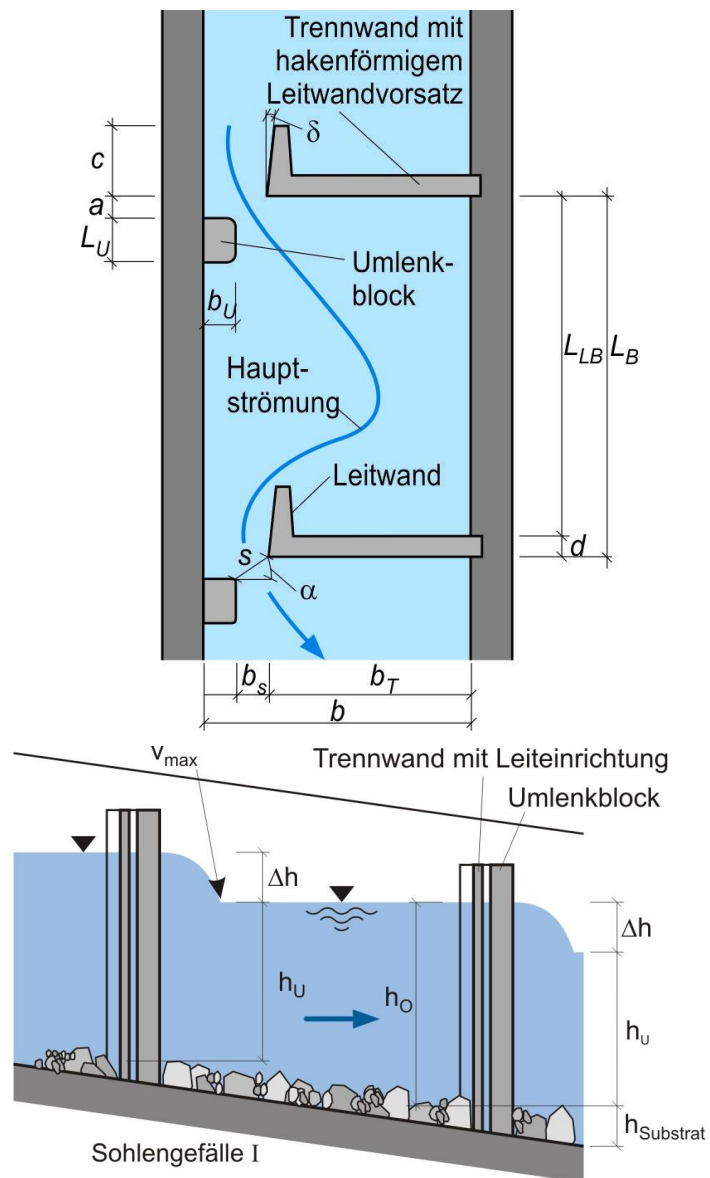
Der Inhalt dieses Dokumentes ist ausschließlich für den Auftraggeber der Fichtner Water & Transportation GmbH und andere vertraglich vereinbarte Empfänger bestimmt. Er darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers ganz oder auszugsweise und ohne Gewähr Dritten zugänglich gemacht werden. Die Fichtner Water & Transportation GmbH haftet gegenüber Dritten nicht für die Vollständigkeit und Richtigkeit der enthaltenen Informationen.

Anlage 2
Hydraulische Dimensionierung des Schlitzpasses

In den nachfolgenden Tabellen sind zuerst die für die hydraulische Bemessung des Schlitzpasses relevanten Angaben zusammengefasst, bevor anschließend der hydraulische Nachweis für die drei relevanten Lastfälle geführt wird.

Beschreibung		W ₃₀ ≈ W _{90%}		OW ₃₃₀ /UW ₃₀		W ₃₃₀ ≈ W _{10%}	
Allgemein							
Relevanter Gewässerabfluss (Abschätzung)	Q	n.a.	m³/s	n.a.	m³/s	n.a.	m³/s
Oberwasserspiegel - Gewässer	H _{O,G}	116,65	m+NN	116,74	m+NN	116,74	m+NN
Verlustrhöhe Tauchwand & OW-Kanal	-	0,07	m	0,07	m	0,07	m
Oberwasserspiegel - FAA (oberwasserseitig oberste Trennwand)	H _O	116,58	m+NN	116,67	m+NN	116,67	m+NN
untere Toleranzgrenze Stauziel	-	0,00	m	0,00	m	0,00	m
Unterwasserspiegel - Gewässer	H _U	112,75	m+NN	112,75	m+NN	113,68	m+NN
Sohlenhöhe Oberwasser - Gewässer	Z _{O,G}	n.a.	m+NN	n.a.	m+NN	n.a.	m+NN
Sohlenhöhe Unterwasser - Gewässer	Z _{U,G}	111,55	m+NN	111,55	m+NN	111,55	m+NN
Sohlenhöhe Oberwasser - FAA (oberwasserseitig oberste Trennwand)	Z _O	115,32	m+NN	115,32	m+NN	115,32	m+NN
Sohlenhöhe Unterwasser - FAA (unterwasserseitig unterste Trennwand)	Z _U	111,55	m+NN	111,55	m+NN	111,55	m+NN
Höhendifferenz FAA gesamt	h _{tot}	3,83	m	3,92	m	2,99	m
Fischregion		Barbenregion					
Sicherheitsbeiwerte gemäß DWA-M 509							
Geometrie	S _g	1,00	-	1,00	-	1,00	-
Geschwindigkeit	S _v	0,95	-	0,95	-	0,95	-
Leistungsdichte	S _p	0,90	-	0,90	-	0,90	-
Betrieb	S _b	1,00	-	1,00	-	1,00	-
Details der FAA							
Höhendifferenz Becken (Grenzwert)	Δh _{grenz}	0,15	m	0,15	m	0,15	m
Wassertiefe unterwasserseitig Trennwand (Bemessungswert)	h _U	1,20	m	1,20	m	1,20	m
Wassertiefe oberwasserseitig Trennwand (Bemessungswert)	h _O	1,35	m	1,35	m	1,35	m
Max. Fließgeschw. im Schlitz (Grenzwert)	v _{grenz}	1,70	m/s	1,70	m/s	1,70	m/s
Max. Fließgeschw. im Schlitz (Bemessungswert)	v _{bem}	1,61	m/s	1,61	m/s	1,61	m/s
Höhendifferenz Becken (Bemessungswert)	Δh _{bem}	0,133	m	divers	m	divers	m
Schlitzweite	s	0,45	m	0,45	m	0,45	m
Trennwanddicke	d	0,20	m	0,20	m	0,20	m
Beckenlänge (lichte Länge)	L _{LB}	3,65	m	3,65	m	3,65	m
Beckenlänge gesamt	L _B	3,85	m	3,85	m	3,85	m
Beckenbreite (lichte Breite)	b	2,75	m	2,75	m	2,75	m
Anzahl Becken	n	31	-	31	-	31	-
Anzahl Trennwände	-	32	-	32	-	32	-
Leitwandlänge incl. Trennwand	c	0,88	m	0,88	m	0,88	m
Leitwandlänge	(c-d)	0,68	m	0,68	m	0,68	m
Abstand Leitwand - Schlitz	g	0,18	m	0,18	m	0,18	m
Umlenkblock Breite	b _U	0,45	m	0,45	m	0,45	m
Umlenkblock Länge	l _U	0,20	m	0,20	m	0,20	m
Abschrägungswinkel	δ	10,00	°	10,00	°	10,00	°
Abstand 1 Trennwand-Umlenkblock (basierend auf s)	a	0,23	m	0,23	m	0,23	m
Abstand 2 Trennwand-Umlenkblock (basierend auf s)	b _s	0,39	m	0,39	m	0,39	m
Trennwandbreite	b _T	1,91	m	1,91	m	1,91	m
Höhe Sohlensubstrat	h _{Substrat}	0,30	m	0,30	m	0,30	m
Trennwand Typ 1 Freibord (Bemessungswert)	f _i	0,25	m	0,25	m	0,25	m
Trennwand Typ 1 Gesamthöhe	h _{w1,total}	2,00	m	2,00	m	2,00	m
Trennwand Typ 2 Gesamthöhe	h _{w2,total}	2,45	m	2,45	m	2,45	m
Trennwand Typ 2 Trennwandnummern	-	1-20	-	1-20	-	1-20	-
Tor Gesamthöhe (unterste Trennwand Nr. 1)	h _{w3,total}	2,45	m	2,45	m	2,45	m
	h _{w3,total}	114,00	m+NN	0,00	m+NN	114,00	m+NN
Durchfluss (ggf. Teil des Mindestwasserabflusses)	Q	0,773	m³/s	0,830	m³/s	0,828	m³/s

Die Bezeichnungen orientieren sich am DWA-Merkblatt M-509 (DWA, 2014), wobei die wesentlichen Größen in den nachfolgenden Abbildungen sowie in den zugehörigen Plänen in 0 wiedergegeben sind.



Aus den in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Werten für die drei relevanten Lastfälle geht hervor, dass die Grenzwerte hinsichtlich der Höhendifferenz zwischen den Becken, Geschwindigkeiten und Energiedissipation in keinem Fall überschritten werden und nur an wenigen Stellen die Bemessungswerte in besonderen Fällen überschritten werden, was jedoch unkritisch ist.

	W ₃₀				OW ₃₃₀ /UW ₃₀				W ₃₃₀								
Trennwand Nr.	Z _{Beton-OK} (an Trennwand) [m+NN]	Z _{Substrat} (an Trennwand) [m+NN]	OK Trennwand [m+NN]	h ₀ [m]	h _u [m]	H ₀ [m+NN]	Δh [m]	v _{max} [m/s]	Becken Nr.	P _b [W/m²]	h ₀ [m]	h _u [m]	H ₀ [m+NN]	Δh [m]	v _{max} [m/s]	Becken Nr.	P _b [W/m²]
1	111,23	111,53	113,68	1,34	1,22	112,87	0,12	1,53	1	71,06	1,36	1,22	112,89	0,14	1,65	1	84,22
2	111,35	111,65	113,80	1,34	1,22	112,99	0,12	1,54	2	71,40	1,37	1,24	113,02	0,13	1,63	2	81,81
3	111,47	111,77	113,92	1,34	1,22	113,11	0,12	1,54	3	71,67	1,38	1,25	113,15	0,13	1,61	3	79,98
4	111,60	111,90	114,05	1,34	1,21	113,23	0,12	1,54	4	71,86	1,39	1,26	113,28	0,13	1,60	4	78,53
5	111,72	112,02	114,17	1,33	1,21	113,35	0,12	1,54	5	72,04	1,39	1,27	113,41	0,13	1,59	5	77,44
6	111,84	112,14	114,29	1,33	1,21	113,47	0,12	1,54	6	72,20	1,40	1,27	113,54	0,13	1,58	6	76,55
7	111,96	112,26	114,41	1,33	1,21	113,60	0,12	1,54	7	72,30	1,40	1,28	113,67	0,13	1,57	7	75,90
8	112,09	112,39	114,54	1,33	1,21	113,72	0,12	1,55	8	72,39	1,41	1,28	113,79	0,13	1,57	8	75,29
9	112,21	112,51	114,66	1,33	1,21	113,84	0,12	1,55	9	72,48	1,41	1,28	113,92	0,12	1,56	9	74,85
10	112,33	112,63	114,78	1,33	1,21	113,96	0,12	1,55	10	72,56	1,41	1,29	114,04	0,12	1,56	10	74,56
11	112,45	112,75	114,90	1,33	1,21	114,08	0,12	1,55	11	72,57	1,41	1,29	114,17	0,12	1,56	11	74,22
12	112,57	112,87	115,02	1,33	1,21	114,21	0,12	1,55	12	72,65	1,41	1,29	114,29	0,12	1,56	12	74,03
13	112,70	113,00	115,15	1,33	1,21	114,33	0,12	1,55	13	72,66	1,42	1,29	114,41	0,12	1,56	13	73,84
14	112,82	113,12	115,27	1,33	1,21	114,45	0,12	1,55	14	72,72	1,42	1,29	114,54	0,12	1,55	14	73,67
15	112,94	113,24	115,39	1,33	1,21	114,57	0,12	1,55	15	72,73	1,42	1,29	114,66	0,12	1,55	15	73,51
16	113,06	113,36	115,51	1,33	1,21	114,69	0,12	1,55	16	72,73	1,42	1,29	114,78	0,12	1,55	16	73,42
17	113,19	113,49	115,64	1,33	1,21	114,82	0,12	1,55	17	72,73	1,42	1,29	114,90	0,12	1,55	17	73,34
18	113,31	113,61	115,76	1,33	1,21	114,94	0,12	1,55	18	72,74	1,42	1,30	115,03	0,12	1,55	18	73,32
19	113,43	113,73	115,88	1,33	1,21	115,06	0,12	1,55	19	72,74	1,42	1,30	115,15	0,12	1,55	19	73,24
20	113,55	113,85	116,00	1,33	1,21	115,18	0,12	1,55	20	72,74	1,42	1,30	115,27	0,12	1,55	20	73,23
21	113,68	113,98	116,08	1,33	1,21	115,31	0,12	1,55	21	72,75	1,42	1,30	115,39	0,12	1,55	21	73,16
22	113,80	114,10	116,20	1,33	1,21	115,43	0,12	1,55	22	72,81	1,42	1,30	115,52	0,12	1,55	22	73,15
23	113,92	114,22	116,32	1,33	1,21	115,55	0,12	1,55	23	72,75	1,42	1,30	115,64	0,12	1,55	23	73,14
24	114,04	114,34	116,44	1,33	1,21	115,67	0,12	1,55	24	72,81	1,42	1,30	115,76	0,12	1,55	24	73,07
25	114,16	114,46	116,56	1,33	1,21	115,79	0,12	1,55	25	72,75	1,42	1,30	115,88	0,12	1,55	25	73,07
26	114,29	114,59	116,69	1,33	1,21	115,92	0,12	1,55	26	72,81	1,42	1,30	116,01	0,12	1,55	26	73,07
27	114,41	114,71	116,81	1,33	1,21	116,04	0,12	1,55	27	72,81	1,42	1,30	116,13	0,12	1,55	27	73,07
28	114,53	114,83	116,93	1,33	1,21	116,16	0,12	1,55	28	72,75	1,42	1,30	116,25	0,12	1,55	28	73,06
29	114,65	114,95	117,05	1,33	1,21	116,28	0,12	1,55	29	72,81	1,42	1,30	116,37	0,12	1,55	29	73,06
30	114,78	115,08	117,18	1,33	1,21	116,41	0,12	1,55	30	72,75	1,42	1,30	116,50	0,12	1,55	30	73,06
31	114,90	115,20	117,30	1,33	1,21	116,53	0,12	1,55	31	72,81	1,42	1,30	116,62	0,12	1,54	31	73,05
32	115,02	115,32	117,42	1,33	1,21	116,65	0,12	1,55	-	-	1,42	1,30	116,74	0,12	1,54	-	-