

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Redeker, Marq

Durchgehende 3-D digitale Planung für die höchste Fischaufstiegsanlage in den Niederlanden - Von der Idee bis zur Inbetriebnahme in nur 28 Monaten

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische
Hydromechanik**

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107060>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Redeker, Marq (2020): Durchgehende 3-D digitale Planung für die höchste
Fischaufstiegsanlage in den Niederlanden - Von der Idee bis zur Inbetriebnahme in nur 28
Monaten. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische
Hydromechanik (Hg.): Interdisziplinärer Wasserbau im digitalen Wandel. Dresdner
Wasserbauliche Mitteilungen 63. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für
Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 169-178.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Durchgehende 3-D digitale Planung für die höchste Fischaufstiegsan- lage in den Niederlanden - Von der Idee bis zur Inbetriebnahme in nur 28 Monaten

Marq Redeker

Die Fischaufstiegshilfe Doesburg wurde mittels 3D-HN- und 3D-CAD-Modellierung durchgehend digital geplant. Die iterative digitale Planung machte es möglich, den ambitionierten Projektzeitplan einzuhalten und die fristgerechte Projektumsetzung zu sichern.

Stichworte: Fischaufstiegsanlage, Schlitzpass, 3D-CAD-Konstruktion, 3D-Strömungsmodellierung, BIM, CFD

1 Projektveranlassung

Im Rahmen des gemeinsamen Maßnahmenprogramms „Blauwe Knooppunten“ von *Rijkswaterstaat* und *Waterschap Rijn en IJssel* (Wasserverband) werden an insgesamt 22 Standorten an den Zuständigkeitsgrenzen (von Wasserstraße IJssel zu regionalen Gewässersystemen/Zuflüssen) verschiedenste gewässerökologische Maßnahmen umgesetzt, darunter auch fünf Fischaufstiegsanlagen (FAA) (Waterschap Rijn en IJssel, 2015). Der herausforderndste FAA-Standort ist Doesburg. Dort, unweit der niederländisch-deutschen Grenze, wird die *Oude IJssel* (dt. Issel) unmittelbar an der Mündung in die IJssel zur Gewährleistung der Schifffahrt aufgestaut. Die FAA Doesburg soll die stromaufwärts gerichtete Durchgängigkeit für Fische und andere Wasserlebewesen in das 1.208 km² große grenzübergreifende Issel-Einzugsgebiet wiederherstellen und die Biodiversität sowie das ökologische Potential verbessern.

2 Standortbedingungen

Das Stauziel der Staustufe Doesburg beträgt konstant 10,0 m+NAP. Der Unterwasserstand (Ijssel) schwankt hingegen stark und ist u. a. beeinflusst von der Abflussaufteilung im Rhein-Maas-Delta. Mit Blick auf die konstruktive und hydraulische Auslegung der FAA war auch eine prognostizierte Sohleintiefung mit Wasserstandsabsenkung in der Ijssel von 0,84 m binnen der nächsten 50 Jahre zu berücksichtigen (Rijkswaterstaat, 2017). Bei Ijssel-Hochwasser können die Staustufe, die Schleuse und das umliegende Gelände überflutet werden; in den Jahren 1970 - 2017 betrug der Höchstwasserstand der Ijssel elf Mal >10,0 m+NAP.

Der Mittelwasserabfluss der Ijssel in Doesburg beträgt 10,5 m³/s. Lange Niedrigwasserperioden sind typisch für die Ijssel. Während in nassen Jahren Q₃₀ rund 4 m³/s beträgt, liegt Q₃₀ in trockenen Jahren bei 0,34 m³/s.



Abbildung 1: Luftbild der Staustufe Doesburg mit 5-feldrigem Wehr, fertiggestellter Fischaufstiegsanlage, Schleuse und Vorfluter (am unteren rechten Bildrand) (Bild: Waterschap Rijn en Ijssel)

Das Umfeld der Staustufe ist z. T. Naturschutzgebiet, wird ober- und unterstrom aber auch intensiv von Stakeholdern, z. B. Sportboot- und Angelvereinen, genutzt. Eine Kreisstraße und ein Radweg queren die Schleuse, das FAA-Baufeld und das Wehr (Abbildung 1).

3 Konzept und Auslegung der Fischaufstiegsanlage

Die grundsätzliche Anordnung, Festlegung des Bautyps und Auslegung der FAA erfolgte im Rahmen einer Machbarkeitsstudie (CDM Smith & OAK Consultants, 2017).

Als geeignetste Lage für die FAA wurde der Wehrraum befunden, da die Schiffsschleuse wenig betrieben und der Schleusenarm nur intermittierend schwach durchströmt wird. Der FAA-Einstieg wurde unmittelbar am Ende der linken Wehrflügelwand (Tosbeckenende) positioniert, weil das Ufer unterstrom einen Rechtbogen beschreibt und dort die Hauptströmung anliegt.

Die FAA wurde im Austausch mit dem Wasserverband US-amerikanischen Richtlinien folgend auf Bemessungs-/Unterwasserstände UW_{18} und UW_{347} ($=W_{95\%}$ und $W_{5\%}$, vgl. USFWS 2017) ausgelegt. Vorgenannte prognostizierte Sohleintiefung berücksichtigend, wurde die FAA für Unterwasserschwankungen von 5 - 8,84 m+NAP und eine maximale Fallhöhe von 5 m bemessen. Die extremen Unterwasserschwankungen und begrenzte Flächenverfügbarkeit bedingten die Wahl eines Schlitzpasses (SP).

Um bei den stark schwankenden Unterwasserständen eine gute Leitströmung zu gewährleisten, wurde ein neues Einstiegskonzept mit Zusatzdotation umgesetzt (Heimerl et al., 2015; Redeker & Heimerl, 2018).

Höhere Unterwasserstände verursachen einen Einstau der unteren FAA-Becken. Bei UW_{347} reicht der Rückstau einfluss fast bis zum obersten Becken. Damit die Fließgeschwindigkeit in den Becken nie unter die rheoaktive Fließgeschwindigkeit (0,2 m/s für Cypriniden) sinkt, war eine zweite Dotationseinrichtung im unteren Beckenstrang erforderlich.

Von den fünf Programm-FAA sollte die FAA Doesburg explizit für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Der Wasserverband wünschte dazu eine (Besucher-)Fläche zwischen den beiden Beckensträngen, die gleichzeitig der Wartung der FAA dienen sollte. Die Zufahrt für Betriebsfahrzeuge wurde mittels einer Brücke über das Wendebecken realisiert. Die Brücke erzeugte jedoch ein rund 11 m langes Wendebecken. Die beiden 90°-Wenden wurden

neueren Erkenntnissen folgend jeweils als 2x45°-Wenden gestaltet (Gatzweiler et al., 2016).

IJssel und Issel sind Tieflandgewässer mit einer typspezifischen, überwiegend potamodromen Fischfauna der Brachsenregion. Als Bemessungsfisch wurde der Aland definiert. In den Niederlanden betragen die Wasserspiegeldifferenzen zwischen FAA-Becken i.d.R. um $\Delta h = 6\text{--}7$ cm (Sportvisserij Nederland & Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2011). Als Kompromiss zwischen Entwicklungslänge bzw. Beckenzahl und Flächenbedarf wurde in Doesburg jedoch von der niederländischen FAA-Richtlinie abgewichen und die Wasserspiegeldifferenz der FAA-Becken gemäß Merkblatt DWA-M 509 (DWA, 2014) zu $\Delta h = 9$ cm festgesetzt. Die Becken- und Trennwandgestaltung erfolgte ebenfalls konform dem Merkblatt DWA-M 509.

Die wesentlichen Kennwerte der FAA sind:

< Anzahl Becken:	54
< Beckenlänge:	2,40 m
< Beckenbreite:	1,85 m
< Min. Wassertiefe:	0,90 m
< Schlitzbreite:	0,28 m
< Bemessungswert der max. Fließgeschwindigkeit:	1,33 m/s
< Basisdurchfluss im SP:	0,30 m ³ /s
< Max. Zudotation:	0,70 m ³ /s
< Betriebsdurchfluss FAA:	0,7 – 1,0 m ³ /s
< Gesamtlänge:	167 m inkl. Ein-/Auslaufkanäle

Der Basisabfluss der FAA ist vergleichsweise niedrig, so dass selbst in trockenen Jahren eine lange Betriebsdauer gewährleistet ist. Aus staustufenbetrieblicher Sicht genießt die Schleuse (Schifffahrt) allerdings die höchste Priorität. Die FAA wurde daher mit einem automatisierten Einlaufschütz ausgestattet, so dass der Durchfluss in Trockenzeiten bei Bedarf gedrosselt werden kann.

4 Durchgehende 3D-digitale Planung des Bauwerks

Die Planung und Projektumsetzung musste Maßnahmenprogramm und Fördermittel bedingt in einem engen Zeitfenster erfolgen; der Baubeginn war für März 2018 terminiert (Redeker, 2018). Nach Vertragsschluss des Design & Build-Vertrags mit dem Bauunternehmen standen fünf Monate für die Ent-

wurfs-/Genehmigungsplanung sowie erste Ausführungs-/Detailplanungen zur Verfügung.

Der Einstieg mit Dotation, die zusätzliche Dotation in das SP-Becken sowie das langgezogene Wendebecken sind keine Standardbauten, die mithilfe von FAA-Regelwerken (z.B. Merkblatt DWA-M 509) bemessen werden können, sondern bedürfen einer individuellen Auslegung. Wir entschieden uns daher unmittelbar nach Beauftragung für eine durchgehende digitale Planung mittels 3D-HN-Modellierung (Software: *FLOW-3D*) und BIM-fähigem 3D-CAD (Software: AUTODESK® Revit).

Nach einer klassischen DWA-M 509-konformen Schlitzpassbemessung verglichen wir zunächst die Hydraulik der Standardbecken mit Resultaten einer 3D-HN-Modellierung. Die Berechnungsergebnisse bestätigten das gewünschte strömungsstabile Strömungsmuster (Abbildung 2) und die Wasserspiegeldifferenz. Der Betriebsabfluss von Tabellenkalkulation und HN-Modellierung differierte um 4,8%.

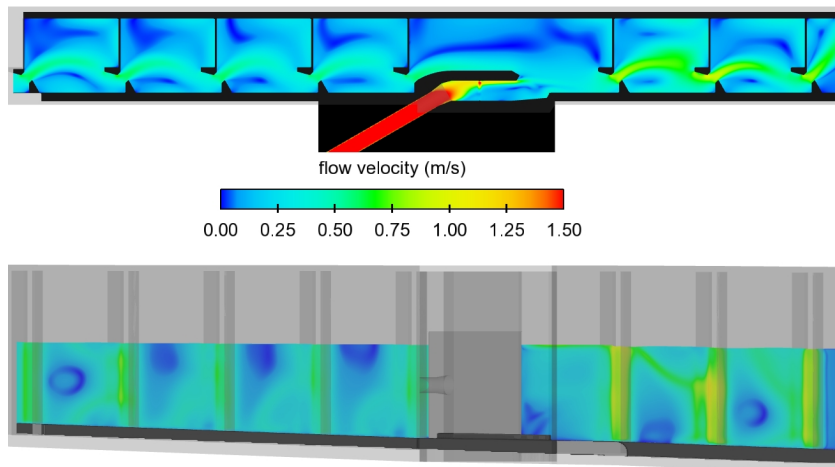


Abbildung 2: Strömungsmuster im Schlitzpassbecken mit Zudotation bei UW-Stand 7,20 m+NAP, 0,3 m³/s Basisabfluss und 0,2 m³/s Dotation (Oben: Horizontalschnitt bei mittlerer Wassertiefe; Unten: Längsschnitt in Beckenmitte)

Die Auslegung der o. g. FAA-Sonderbauteile führten wir iterativ mittels 3D-HN-Modellierung durch. Der Vorteil der digitalen 3D-Planung zeigte sich rasch bei der Auslegung des SP-Beckens mit Zudotation (Abbildung 2), dessen Länge die Beckenaufteilung in bzw. zwischen den beiden Beckensträngen

beeinflusste. Vor den einzelnen Modellläufen konnten die konstruktiven Modifikationen im CAD-Modell zügig umgesetzt und im stl-Format (Außenflächen/Vektorisierung musste nachbearbeitet werden) ins HN-Modell übertragen werden.

Die Konzeption des Einstiegs mit Dotation stellte die herausforderndste Detailplanung dar. Das HN-Modell beinhaltete einen Ausschnitt der Wehrabströmung und Bathymetrie im Unterwasser, den Einstiegskanal mit regulierbarem Auslauftor, die Dotation mit Feinrechen sowie die untersten SP-Becken (Abbildung 3). Unter anderem wurden Ausströmwinkel, Toranschlag und Ausbildung/Länge des Dotationsbeckens optimiert und diese für verschiedene Unterwasserstände sowie Durchflüsse modelliert. Angesichts des limitierten Planungszeitraums legten wir zu Modellierungsbeginn ein Optimum von Modellgittergröße und resultierenden Rechenlaufzeiten fest.

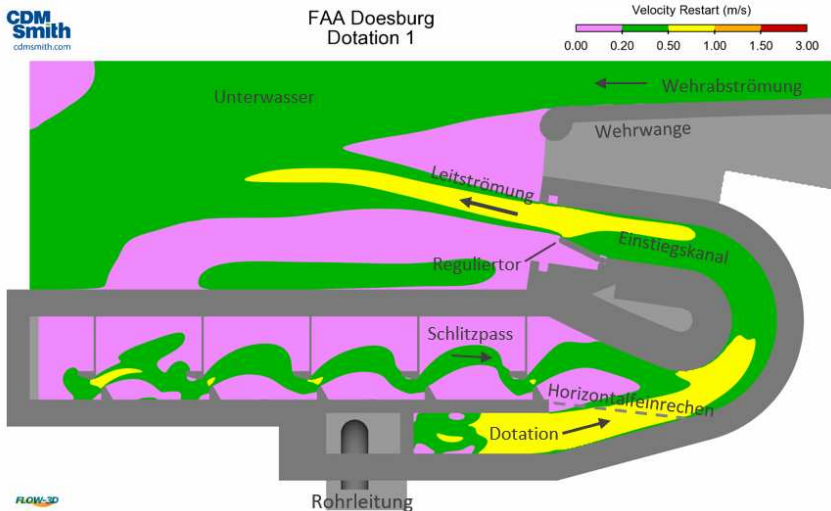


Abbildung 3: Strömungsmuster am FAA-Einstieg bei UW-Stand 6,0 m+NAP und 1 m³/s FAA-Durchfluss. Horizontalschnitt 30 cm unter WSP; Leitströmung $v_{a,m} = 0,53$ m/s. Ergebnisdarstellung mit ichthyologischer Geschwindigkeits-/Farbskala.

Bei allen HN-Modellen half die Ergebnisdarstellung mit einer ichthyologischen Geschwindigkeits-/Farbskala (Abbildung 3) bei der Interpretation der Modellierungsergebnisse mit den beteiligten Fischereibiologen.

Die vorab durchdachte Parametrisierung der Schlitzpassbecken-Familie im Revit-Modell reduzierte den Aufwand konstruktiver Änderungen enorm.

Beispielsweise konnte eine Umstellung der Trennwände in Stahlbetonbauweise auf Stahlkonstruktion (Abbildung 4) zum Zwecke der Abwicklungslängenreduzierung praktisch in wenigen Minuten planerisch-konstruktiv umgesetzt werden.



Abbildung 4: Trennwände wurden zur Reduzierung der Bauwerkslänge in Stahlbauweise ausgeführt (Bild: Redeker, 27.09.2019)

5 Erfahrungen mit der 3D-digitalen Planung

Die 3D-CAD-Konstruktion bietet sich der Erfahrung nach bei „technischen“ Beckenpässen an. Eine Parametrisierung der Becken-Familie macht insbesondere dann Sinn, wenn sich Parameter, z. B. Becken-/Trennwandgeometrie oder Gefälle, im Laufe der Planung ändern können.

Das 3D-CAD-Modell bzw. die verschiedenen Bauwerksteile waren gleichzeitig Basis für die 3D-Strömungssimulationen. Auf diese Weise konnte bereits in der Planung beurteilt werden, ob die gewünschten Strömungsmuster sowie hinreichende Strömungsgeschwindigkeiten im Wanderkorridor bei allen Betriebswasserständen vorherrschen werden.

Der Datenaustausch zwischen den beteiligten Disziplinen und dem Bauunternehmen war mit dem Revit-Modell reibungslos möglich und erfolgte entweder im nativen Format oder offenen ifc-Standard. Das Modell wirkte Kollisionen der verschiedenen Gewerke vor.

Von großem Vorteil erwies sich die 3D-Planung insbesondere in der Interaktion-/Kommunikation mit fachlichen Laien, wie lokalen Stakeholdern und dem Finanzausschuss des Wasserverbands, denn die einhergehende Visualisierbarkeit vereinfacht das Projekt- bzw. Bauwerksverständnis außerordentlich (Abbildung 5). Autodesk® bietet mit seinem sog. „Viewer“ die Möglichkeit die Konstruktion über eine URL freizugeben; der Empfänger muss weder Software installieren noch sich anmelden, um sie anzuzeigen. Auf diese Weise kann ein Planungsstand jederzeit mit Projektpartnern geteilt werden, die sich das Planungsobjekt rundum und in allen Details betrachten können.

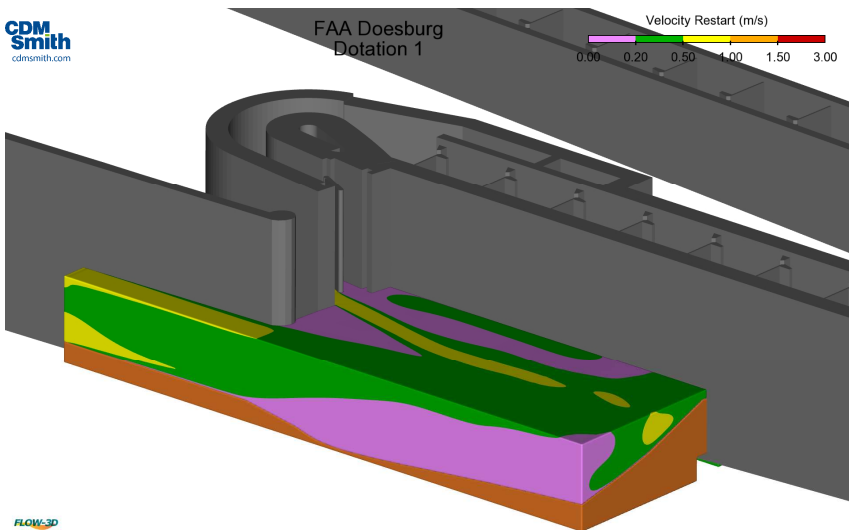


Abbildung 5: Unterwasserseitige Visualisierung des Leitströmungsmusters am Einstieg der Fischaufstiegsanlage

Auch für Visualisierungs-/Marketingzwecke kann das 3D-Modell als Bild und Video gerendert werden (Abbildung 6).



Abbildung 6: Visualisierung der Fischaufstiegsanlage Doesburg auf Basis des 3D-CAD-Modells

Die 3D-Planung und die einhergehenden 3D-hydraulischen Simulationen haben sich bewährt: Die iterative digitale FAA-Planung konnte einen wesentlichen Beitrag zur Einhaltung des ambitionierten Planungszeitplans von nur fünf Monaten für die Entwurfs-/Genehmigungs- und Ausführungsplanungen und zur fristgerechten Projektumsetzung liefern. Dem feierlichen Spatenstich zum *World Fish Migration Day* am 21. April 2018 stand damit nichts im Weg. Die FAA Doesburg konnte nach nur 28 Monaten Planungs- und Bauzeit in Betrieb genommen werden.

6 Literatur

- CDM Smith & OAK Consultants (2017): Vispassage Doesburg – Ontwerp-notitie voorontwerp vertical slot vispassage. 18.05.2017, unveröffentlicht
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Merkblatt DWA-M 509, Hennef, 334 S.
- Gatzweiler, J., Lehmann, B., Mewis, P. & Redeker, M. (2016): Eignung von 3-D-HN-Modell zur hydraulischen Optimierung von Umlenkebecken von Beckenpässen. *Wasserwirtschaft* 7/8/2016, S. 18-24

- Heimerl, S., Redeker, M. & Weichert, R. (2015): Überlegungen zur Gestaltung von Einstiegen in Fischaufstiegsanlagen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Messen und Überwachen im Wasserbau und am Gewässer. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 53. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 521-529
<https://hdl.handle.net/20.500.11970/103410>
- Redeker, M. & Heimerl, S. (2018): Improved Fish Pass Entrance Design Involving Surplus Attraction Flow. Daniel Bung, Blake Tullis, 7th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures, Aachen, Germany, 15-18 May. doi: 10.15142/T3WS9R (978-0-692-13277-7)
<https://digitalcommons.usu.edu/ishs/2018/session4-2018/9/>
- Redeker, M. (2018): Innovative Planung für die höchste Fisch-aufstiegsanlage der Niederlande. Wasserwirtschaft 6/2018, S. 113
- Rijkswaterstaat (2017): Verkenning ontwikkeling laagwaterstanden Pannerdensch Kanaal en Boven-IJssel. 21.04.2017, unveröffentlicht
- Sportvisserij Nederland & Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2011): Vismigratie - Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 205 S.
- U.S. Fish and Wildlife Service (2017): Fish Passage Engineering Design Criteria. USFWS, Northeast Region R5, Hadley, Massachusetts, 224 S.
- Waterschap Rijn en IJssel (2015): Waterbeheerplan 2016-2021. November 2015
www.wrij.nl/publish/library/22/waterbeheerplan_2016-021_waterschap_rijn_en_ijssel.pdf.

Autor:

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Marq Redeker

CDM Smith
Münsterstraße 304
40470 Düsseldorf

Tel.: +49 211 93445-16
Fax: +49 211 93445-57
E-Mail: marq.redeker@cdmsmith.com