

## Der „Vismigratierivier“

### Eco-engineering zur Verbesserung der Durchgängigkeit des niederländischen Abschlussdeichs

Bernhard P. J. Becker, Carine Wesselius, Arno Nolte, Theo van der Kaaij, Corné de Leeuw und Jeroen van Herk

#### Abstract

The Afsluitdijk is a causeway in the Netherlands. It separates the Lake IJssel from the Wadden Sea. Fish can pass the Afsluitdijk only via the sluices at Den Oever and Kornwerderzand. Because of the high current in the sluices, at the moment only large species succeed in upstream migration. In order to improve the passability for fish, a so-called “Vismigratierivier” (Dutch for “river for fish migration”) is going to be constructed. The technical challenge is to open the dike for fish, and to keep the salt water out of the lake IJssel at the same time.

In the first part of this paper we introduce the functional principle of the Vismigratierivier. The effect on different design parameters (length, cross-sectional profile, cross-sectional area of the culvert) on the environmental requirements (current must be large enough to attract fish, salt water intrusion into Lake IJssel must be prevented, flow velocities must be small enough, and the Vismigratierivier should be open as long as possible) has been determined with the help of 1D and 2D simulations. The simulation results show, that the length of the Vismigratierivier and the cross-sectional area of the culvert should be as large as possible to best meet the requirements. The choice of the cross-sectional profile in the river, however, is a trade-off between a current which is large enough to be attractive for fish and flow velocities to be small enough to enable fish migration for small species.

#### Zusammenfassung

Der Abschlussdeich (niederl.: afsluitdijk) ist ein Sperrdamm in den Niederlanden, der das IJsselmeer vom Wattenmeer trennt. Gegenwärtig ist eine „Durchgängigkeit“ des Abschlussdeichs nur über die beiden Entwässerungsschleusen bei Den Oever und Kornwerderzand gegeben. Wegen der großen Strömung in diesen Sieltoren ist eine stromaufwärts gerichtete Wanderung vom Wattenmeer in das IJsselmeer für kleine Fische praktisch nicht möglich, und der Aufstieg für große Fische wie Lachse ist stark eingeschränkt.

Zur Verbesserung der Durchgängigkeit des Abschlussdeichs wird ein „Vismigratierivier“ (niederl., dt. Übers.: Fluss für Fischwanderung) in den Abschlussdeich integriert. Die

technische Herausforderung beim Entwurf des Vismigratieriviers liegt darin, die Durchgängigkeit für Fische vom Wattenmeer ins IJsselmeer herzustellen, ohne dass Salzwasser ins IJsselmeer eingetragen wird.

In diesem Beitrag wird zunächst der konstruktive Entwurf und die Funktionsweise des Vismigratieriviers vorgestellt. Mit Hilfe von 1D- und 2D-Strömungsberechnungen mit Salztransport wurde ermittelt, welchen Einfluss verschiedene Entwurfsparameter wie die Länge des Vismigratieriviers, die Größe des Durchlasses und die Querprofilgeometrie auf die Erfüllung der Anforderungen hinsichtlich Lockstrom, Salzeintrag ins IJsselmeer, Öffnungsdauer und fischverträgliche Fließgeschwindigkeiten haben. Aus den Modelluntersuchungen geht hervor, dass der ijsselmeerseitige Teil des Vismigratieriviers so lang wie möglich sein sollte und dass ein großer Durchlass durch den Abschlussdeich vorteilhaft ist. Bei der Wahl des Querprofils gilt es, Anforderungen zum Lockstrom und zu Fließgeschwindigkeiten gegeneinander abzuwägen.

## 1 Einleitung

Der Abschlussdeich (niederl.: afsluitdijk) ist ein 32 km langer Sperrdamm, der in den Jahren 1927 bis 1932 in den Niederlanden mit dem Ziel der Gewinnung von Neuland und des Hochwasserschutzes gebaut wurde. Er trennt das IJsselmeer, ein Binnengewässer in der ehemaligen Meeresbucht der Zuiderzee, vom Wattenmeer (Abb. 1).

Die beiden Entwässerungsschleusen bei Den Oever und Kornwerderzand stellen jeweils eine Verbindung zwischen IJsselmeer und Wattenmeer dar. Wegen der großen Strömung in den Sieltoren ist eine stromaufwärts gerichtete Wanderung vom Wattenmeer in das IJsselmeer durch diese Schleusen für kleine Fische (Glasaal, Stint und Hering) jedoch praktisch nicht möglich, und der Aufstieg für große Fische wie Lachse ist stark eingeschränkt.

Ab 2016 stehen für den Abschlussdeich umfangreiche Renovierungsmaßnahmen an. Im Zuge dieser Maßnahmen soll auch die Durchgängigkeit des Abschlussdeichs verbessert werden, indem ein Durchlass im Abschlussdeich bei Kornwerderzand eingerichtet wird. Diese Öffnung ermöglicht Wanderfischen wie Aal, Lachs und Stint ihre Paarungs- Nahrungs- und Aufwuchshabitate im IJsselmeer, in der Friesischen Seenplatte, in der Overijsselse Vecht, in der IJssel und alle daran verbundene Gewässer zu erreichen. Da die Wanderungsbewegungen der größeren Fischarten wie Aale und Lachse auch Flüsse in Deutschland erreichen, wird dieses Eco-engineering-Großprojekt auch einen Effekt auf die deutschen Fischbestände haben.

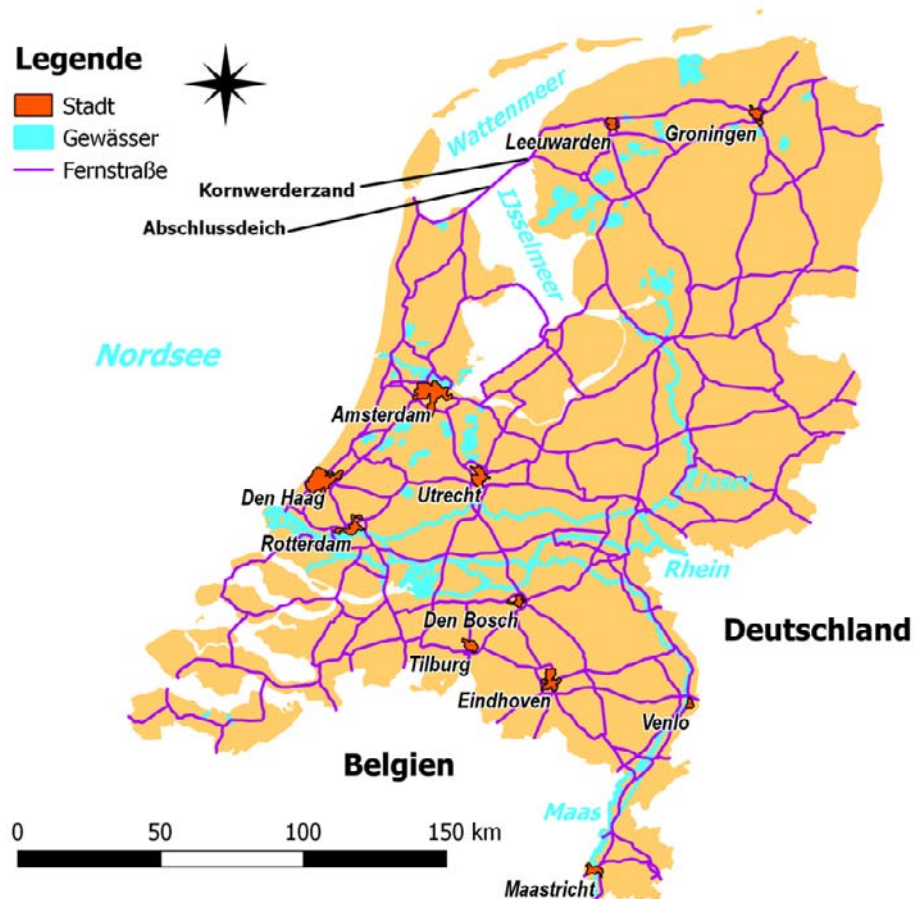


Abb. 1: Karte der Niederlande, Lage des Abschlussdeichs und Kornwerderzand

## 2 Der „Vismigratierivier“: Entwurf und Funktionsweise

Der geplante Standort des Durchlasses ist westlich der Entwässerungsschleusen bei Kornwerderzand (Lorentzsluisen, siehe Abb. 1). Diese Schleusen werden bei Niedrigwasser geöffnet, um Süßwasser aus dem IJsselmeer ins Wattenmeer abzuführen. Abbildung 2 zeigt die Wasserstände für beide Seiten des Abschlussdeiches bei Kornwerderzand. Bei Hochwasser ist der Wasserstand im Wattenmeer höher als im IJsselmeer. Um das Hinterland vor Hochwasser zu schützen, werden die Schleusen bei hohem Seewasserstand geschlossen. Dadurch wird auch verhindert, dass Salzwasser ins IJsselmeer fließt. Dies ist wichtig, da das IJsselmeer ein wichtiges Süßwasserreservoir für die Niederlande ist. Bei Niedrigwasser werden die Schleusen geöffnet, um das über Flüsse und Niederschlag ins IJsselmeer strömende Süßwasser abzuführen.

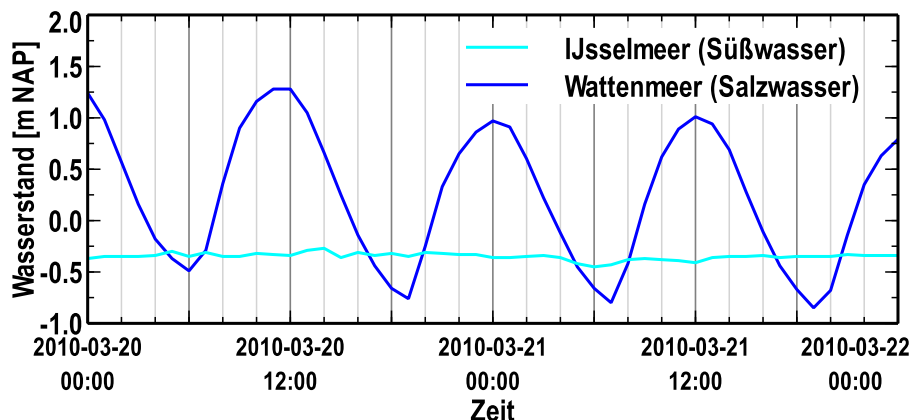


Abb. 2: Wasserstände bei Kornwerderzand auf der Wattenmeer- und der IJsselmeerseite (Becker & Note 2012)

Wenn die Schleusen bei Niedrigwasser geöffnet sind, zieht die Lockstromwirkung eine große Menge verschiedener Fische an. In der geöffneten Schleuse sind die Fließgeschwindigkeiten so hoch, dass Fische praktisch nicht gegen die Strömung anschwimmen können. Die technische Herausforderung liegt nun also darin, die Durchgängigkeit für Fische vom Wattenmeer ins IJsselmeer herzustellen, ohne dass Salzwasser ins IJsselmeer eindringt. Es liegt auf der Hand, dass diese beiden Ziele nicht ohne weiteres gleichzeitig erreicht werden können. Der Lockstrom des Durchlasses steht außerdem in Konkurrenz zur Entwässerungsschleuse bei Kornwerderzand und muss ausreichend sein, um die Wanderfische anzuziehen. Gleichzeitig müssen aber die für verschiedene Fischarten geltenden Obergrenzen der Fließgeschwindigkeiten eingehalten werden. Niedrige Fließgeschwindigkeiten sind nicht ohne weiteres mit einer großen Lockstromwirkung zu kombinieren und begünstigen die Salzbewegung. Wie in Abbildung 2 gezeigt, sind die Zeitfenster, in denen das hydraulische Gefälle zum Wattenmeer gerichtet ist, klein. Im Interesse der Durchgängigkeit soll der Durchlass länger geöffnet sein. Auch dies begünstigt den unerwünschten Salzeintrag ins IJsselmeer.

Weiterhin soll aus ökologischen Gründen der Übergang zwischen Salz- und Süßwasser nicht abrupt, sondern gleitend sein. Der Durchlass darf die durch den Abschlussdeich gegebene Hochwassersicherheit nicht einschränken und schließlich soll das Bauwerk auch als Naherholungsziel genutzt werden können.

Als Antwort auf diese technischen Herausforderungen wurde der sogenannte Vismigratierivier entworfen. Es handelt sich um einen Fluss für Fischwanderung (zur Begriffserklärung siehe Tab. 1), der sich an den Schleusenkomplex bei Kornwerderzand anlehnt (Abb. 3). Die Einlässe des Vismigratieriviers sind in der Nähe der Lorentz-Schleusen platziert, wo sich die durch die Schleusungen angelockten Fische sammeln und darauf warten, ihre Wanderung fortsetzen zu können. Auf der IJsselmeerseite hat der Vismigratierivier eine mäandrierende Brackwasserzone von etwa vier Kilometern Länge.



Abb. 3: Entwurf des Vismigratieriviers (geändert nach Programmabureau De Nieuwe Afsluitdijk en Rijkswaterstaat Midden-Nederland, 2015)

Ein Durchlass im Abschlussdeich ist mit einem Sieltor versehen und an der IJsselmeerseite ist ein weiteres Absperrbauwerk vorgesehen. Die beiden Verschlüsse werden so gesteuert, dass sich im Vismigratierivier ein gedämpfter Tidenhub einstellt (Abb. 4). Der Vismigratierivier bleibt bei Flut länger offen als die Lorentz-Schleusen, so dass schwache Fische wie Glasaal, Stint oder Stichling mit der Flutströmung in den Vismigratierivier schwimmen können. Dadurch gelangt aber auch Salzwasser in den Brackwasserbereich (Abb. 4 oben). Bei Hochwasser ist der Vismigratierivier an beiden Seiten geschlossen. Dispersions- und Diffusionseffekte sowie Dichteströmung transportieren Salzwasser in Richtung IJsselmeer (Abb. 4 Mitte). Je länger die Brackwasserzone, desto flacher ist der Gradient des Salzgehaltes und je länger dauert der Salztransport in Richtung IJsselmeer. Damit erfüllt die Brackwasserzone nicht nur eine ökologische Funktion, sondern trägt auch entscheidend dazu bei, einen Salzwassereintrag ins IJsselmeer zu verhindern. Bei Ebbe wird der Vismigratierivier schon vor den Lorentz-Schleusen geöffnet. Das Hydraulische Gefälle ist nun zum Wattenmeer gerichtet (Abb. 4 unten). Salzwasser fließt mit dem hydraulischen Gefälle zurück ins Wattenmeer und es entsteht ein Süßwasserlockstrom, der starke Fische wie Lachs und Meerforelle in den Vismigratierivier lockt. Starke Schwimmer wandern gegen die Strömung und können nun ihre stromaufwärts gerichtete Wanderung wieder aufnehmen. Für schwächere Tiere sind Ruhezeiten mit niedrigen Fließgeschwindigkeiten in der Brackwasserzone vorgesehen.

Tab. 1: Zur Begriffserklärung des niederländischen Wortes „Vismigratierivier“

Niederländisch	Deutsch
vis	Fisch
migratie	Wanderung, Migration
rivier	Fluss
vismigratierivier	Fluss für Fischwanderung

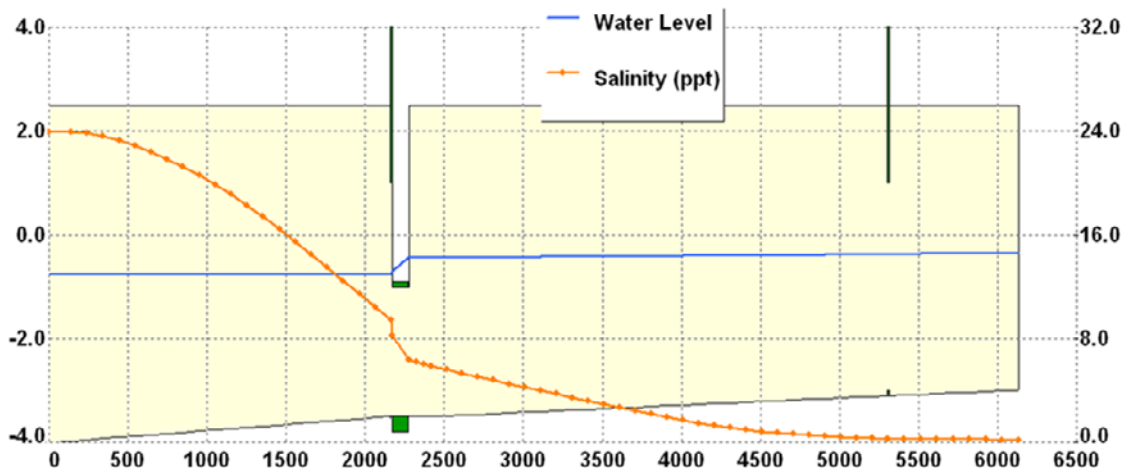
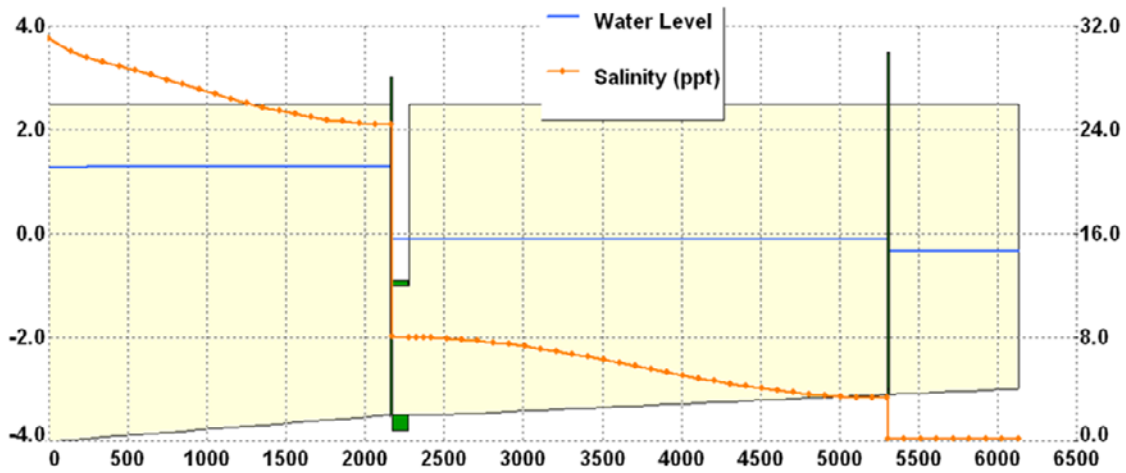
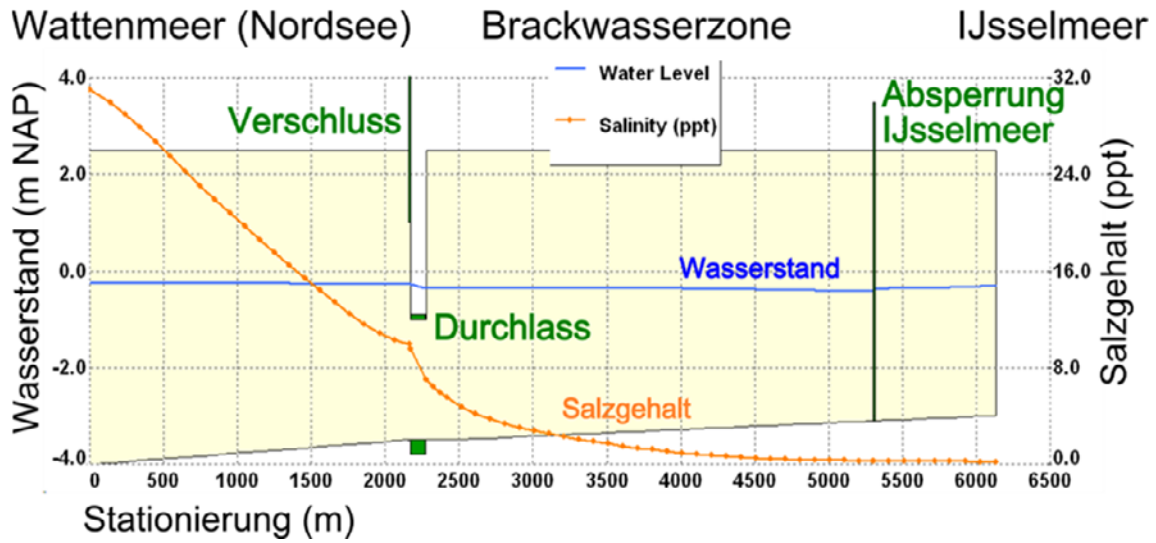


Abb. 4: Mit SOBEK berechnetes Längsprofil des Vismigratieriviers mit Wasserstand und Salzgehalt bei Flut (steigender Wasserstand, oben) Hochwasser (Mitte) und Niedrigwasser (unten) in der Nordsee und Position der Verschlüsse (Becker & Nolte 2014)

### 3 Modellgestützte Bestimmung der Entwurfparameter

In einer Machbarkeitsstudie (Becker & Nolte, 2012) wurde mit Hilfe eindimensionaler Strömungsberechnungen mit dem Strömungsprogramm SOBEK (Deltares) gezeigt, dass die Idee eines Vismigratieriviers in hydraulischer Hinsicht technisch umsetzbar ist und dass die damit widersprüchlichen Ziele eines ausreichend großen Lockstroms, kleiner Fließgeschwindigkeiten und die Verhinderung eines zusätzlichen Salzeintrags ins IJsselmeer mit Hilfe eines geeigneten Entwurfs und einer passenden Steuerung erreichbar sind.

Zur Beantwortung der Frage inwieweit die Entwurfparameter wie die Länge der Brackwasserzone, die Querprofilgeometrie und Größe der Verschlüsse die Erfüllung der in Kapitel 2 genannten Anforderungen beeinflussen, wurde sowohl die eindimensionale Modelltechnik als auch die zweidimensional-vertikale Modellierung eingesetzt. Beide Modelltypen unterscheiden sich wesentlich hinsichtlich der Rechenzeit: für den vorliegende Fall benötigt ein zweidimensional-vertikales Delft3D-Modell 12 Stunden Rechenzeit, während das eindimensionale SOBEK-Modell für eine vergleichbare Rechnung nur 3 Minuten benötigt. Dafür ist ein eindimensionales Modell nicht in der Lage, die dreidimensionalen Effekte abzubilden, da ein eindimensionales Strömungsmodell vertikal und quer zur Fließrichtung eine vollständige Durchmischung annimmt. Entlang der Stationierung des Vismigratieriviers liefert ein eindimensionales Modell deshalb immer ein Längsprofil tiefengemittelter Werte für den Salzgehalt, wie in Abbildung 4 zu sehen.

Ein zweidimensional-vertikales Modell ist dagegen wohl in der Lage, die vertikale Verteilung der Salzkonzentration zu berechnen. Ein Beispiel eines solchen Simulationsergebnisses ist in Abbildung 5 gezeigt. Die untere Bildhälfte zeigt ein zweidimensional-vertikales Bild des Salzgehaltes für eine Entwurfsvariante des Vismigratieriviers als Konturdarstellung für einen Zeitpunkt. Gut zu sehen ist der sogenannte salt wedge, eine Salzwasserzunge, die sich unterhalb des geöffneten Sieltores ausbildet und Richtung IJsselmeer bewegt. Es liegt auf der Hand, dass eine solche Schichtung verschiedener Salzgehalte nicht unter der Annahme einer vollständigen Durchmischung, wie sie in einem eindimensionalen Modell getroffen wird, abgebildet werden kann.

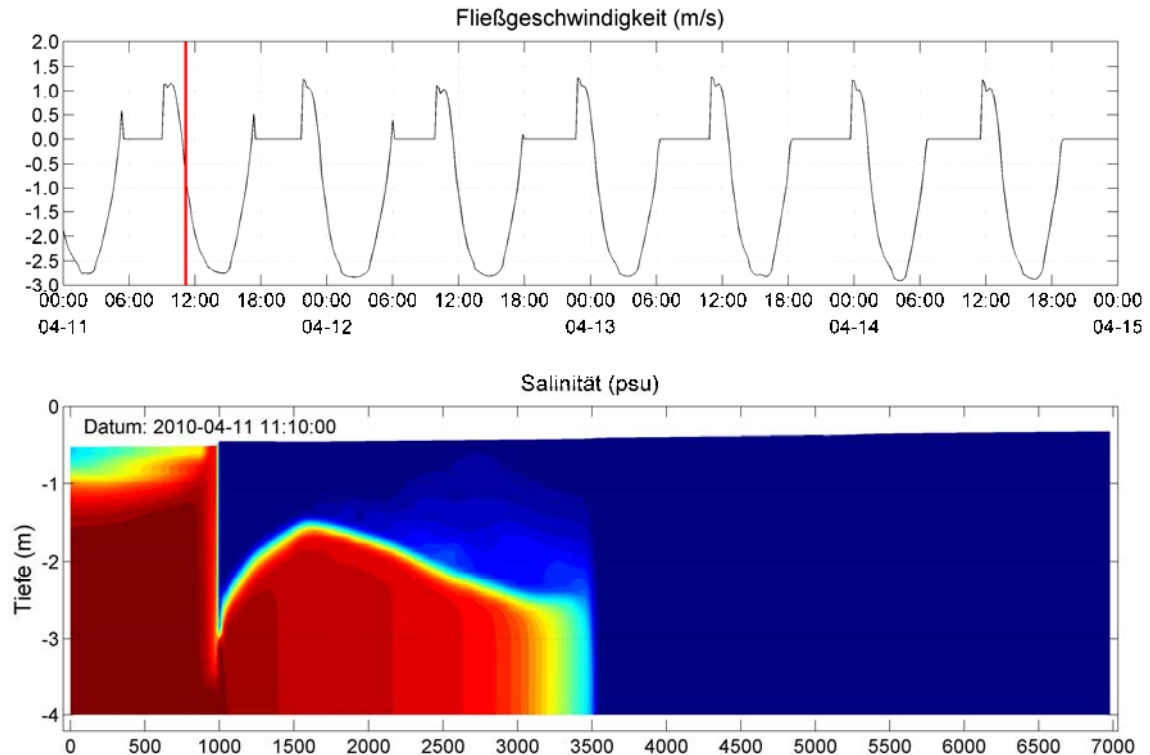


Abb. 5: Beispiel eines Simulationsergebnisses mit Delft 3D (Deltares). Fließgeschwindigkeit (oben, positive Werte: Strömung in Richtung IJsselmeer) über die Simulationszeit und Salzkonzentration (blau: Süßwasser, rot: Salzwasser) als Konturengrafik zum betrachteten Zeitpunkt (rote Linie im oberen Diagramm).

Als großer Unsicherheitsfaktor der eindimensionalen Modellrechnungen wurde schon im Rahmen der Machbarkeitsstudie der Wert des Dispersionskoeffizienten  $D$  [ $\text{m}^2/\text{s}$ ] identifiziert. In der eindimensionalen Advektions-Dispersionsgleichung (RIZA 2005)

$$\frac{\partial A_t C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \underbrace{QC}_{\text{Advektion}} - \underbrace{A_t D \frac{\partial C}{\partial x}}_{\text{Dispersion}} \right) = S \quad (1)$$

mit der tiefengemittelten Chlorid- oder Salzkonzentration  $C$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ], der Gesamtfließquerschnittsfläche  $A_t$  [ $\text{m}^2$ ], der durchströmten Fließquerschnittsfläche,  $A_f$ , dem Durchfluss  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] und einem Quellen-und-Senken-Term  $S$  [ $\text{kg}/(\text{ms})$ ] repräsentiert der Dispersionsterm alle Effekte, die nicht direkt mit den Strömungsgleichungen erfasst werden. Dies sind Effekte aus:

- Konzentrationsänderungen aufgrund lokaler Geschwindigkeitsunterschiede (Dispersion),
- Stofftransport aufgrund von Dichteunterschieden,
- Stofftransport durch Diffusion und Turbulenz.



In einem dreidimensionalen Delft 3D-Strömungsmodell repräsentiert der Dispersionskoeffizient allein die Durchmischung aus Diffusion und Turbulenz. Diese Effekte können oft vernachlässigt werden. Dispersion und Dichteströmung werden in den dreidimensionalen Strömungsgleichungen erfasst. In einem zweidimensional-vertikalen Modell spielt der Dispersionskoeffizient ebenfalls eine untergeordnete Rolle, wenn die horizontalen Effekte aus Dispersion und Dichteströmung quer zur Gewässerachse vernachlässigt werden können. In einem eindimensionalen Modell dagegen muss der Dispersionskoeffizient auch vertikale und horizontal quer zur Gewässerachse gerichtete Dichteströmung und Dispersion abdecken. Daher nimmt der Dispersionskoeffizient in einem eindimensionalen Modell viel größere Werte an als in zweidimensionalen und dreidimensionalen Modellen.

In der Regel wird der Dispersionskoeffizient eines eindimensionalen Modells durch Kalibrierung anhand von Messwerten bestimmt. Dies ist im vorliegenden Fall nicht möglich, da sich der Vismigratierivier noch in der Planungsphase befindet und deshalb keine Messwerte erhoben werden können. Deshalb wird der Dispersionskoeffizient für die eindimensionalen Modellrechnungen im vorliegenden Fall aus dem Vergleich mit einem entsprechenden zweidimensional-vertikalen Strömungsmodell ermittelt. Abbildung 6 zeigt Längsprofile des tiefengemittelten Salzgehaltes entlang des Vismigratieriviers aus eindimensionalen Berechnungen mit verschiedenen Dispersionskoeffizienten und ein Längsprofil, das aus zweidimensional-vertikalen Berechnung abgeleitet ist. Zur Kalibrierung des eindimensionalen Modells anhand des entsprechenden zweidimensional-vertikalen Modellergebnisses wurde die Salzeindringtiefe herangezogen. Im zweidimensional-vertikalen Modell ist die Salzeindringtiefe anschaulich durch die Lage der Salzzunge zu bestimmen. Im eindimensionalen Modell ist dies nicht in der Form möglich, wie aus Abbildung 6 hervor geht. Daher wurde für eindimensionale Modellrechnungen das Kriterium Salzgehalt von 1 psu definiert. Durch Variation des Dispersionskoeffizienten muss das Längsprofil der Salzkonzentration nun so eingestellt werden, dass das Ende der Salzzunge des zweidimensional-vertikalen Modells mit einem Salzgehalt von 1 psu im eindimensionalen Modell für die Mehrzahl der Zeitpunkte übereinstimmt. Für das eindimensionale Modell des Vismigratieriviers wurde ein Dispersionskoeffizient von 100 m/s ermittelt.

Damit kann das eindimensionale Modell zur Bestimmung der Salzeindringtiefe verwendet werden. Neben der Salzeindringtiefe ist die Fließgeschwindigkeit eine wesentliche Modellausgabe, um Entwurfsvarianten hinsichtlich der Anforderungen zu bewerten.

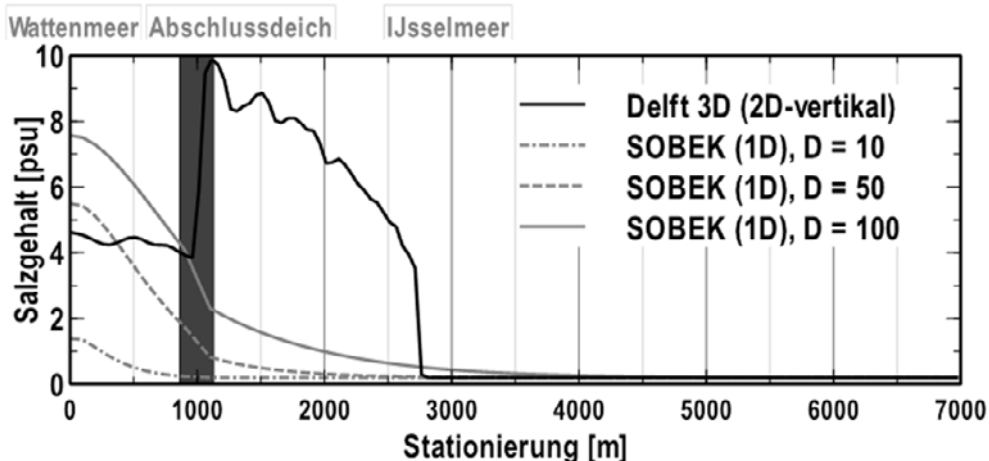


Abb. 6: Vergleich von Längsprofilen des tiefengemittelten Salzgehaltes entlang des Vismigratieriviers aus eindimensionalen Modellrechnungen mit SOBEK und verschiedenen Dispersionskoeffizienten mit einem entsprechenden Längsprofil aus zweidimensional-vertikalen Berechnungen mit Delft 3D.

In Tabelle 2 ist zusammengefasst, wie die Elemente des Vismigratieriviers qualitativ beschaffen sein müssen, damit die verschiedenen Anforderungen an den Vismigratierivier erfüllt sind. Relevant sind in diesem Zusammenhang nur der Teil auf der Ijsselmeerseite und das Durchlassbauwerk. Die Gestaltung der Wattenmeerseite des Vismigratieriviers hat keinen wesentlichen Einfluss darauf, inwieweit die Anforderungen erfüllt werden. Der Grund hierfür ist, dass der Teil des Vismigratieriviers im Wattenmeer vergleichsweise kurz ist und der große Tidenhub dadurch die Strömungsverhältnisse auf der gesamten Länge dominiert.

Tab. 2: Zur Erfüllung der verschiedenen Anforderungen notwendige Beschaffenheit verschiedener Elemente des Vismigratieriviers (nach Nolte et al. 2014)

Anforderung	Ijsselmeerseitiger Teil (Süßwasser)			Durchlass	
	Länge	Querprofil		Querschnittsfläche	Öffnungsdauer
		Breite	Tiefe		
Lockstrom Richtung Wattenmeer so groß wie möglich		groß	groß	groß	
Verschlüsse möglichst lange offen	groß	groß	groß		
Ausreichend lange Periode mit günstiger Fließgeschwindigkeit im Durchlass für verschiedene Fischarten im Durchlass		klein	klein	groß	
Kein Salztransport ins Ijsselmeer	groß		klein		klein
Wenig Unterhaltungsmaßnahmen (Baggerungen)		klein	klein	groß	

Die Tabelle zeigt, dass der Vismigratieriviertel auf der IJsselmeerseite möglichst lang sein sollte und der Durchlass möglichst groß. Der Salzeintrag ins IJsselmeer ist umso höher, je länger der Vismigratierivier geöffnet bleibt. Je länger der Vismigratierivier, desto länger kann er geöffnet bleiben, oder anders ausgedrückt: je länger der Vismigratierivier, desto kleiner ist die Wahrscheinlichkeit, dass Salzwasser ins IJsselmeer eindringt.

Ein großer Durchlass liefert einen großen Durchfluss und damit einen großen Lockstrom und sorgt für die nötige Durchspülung des Vismigratieriviers, so dass Sedimentablagerungen und die damit verbundenen Unterhaltungsmaßnahmen reduziert werden. Gleichzeitig begünstigt ein großer Durchlassquerschnitt fischfreundliche, das heißt niedrige, Fließgeschwindigkeiten.

Große Querprofile auf der IJsselmeerseite begünstigen einen großen Lockstrom in Richtung Wattenmeer und eine wirksame Gezeitenübergangszone. Allerdings sind mit kleinen Querprofilabmessungen im Fließgewässer günstige (niedrige) Fließgeschwindigkeiten im Durchlass erreichbar, da so die Einschnürungswirkung des Durchlasses weniger ins Gewicht fällt.

Als Kenngröße für den Salztransport in Richtung IJsselmeer dient die Eindringtiefe. Erst wenn diese länger ist als der ijsselmeerseitige Teil des Vismigratierivier, wird Salz ins IJsselmeer eingetragen. Die Berechnungen mit dem eindimensionalen Modell zeigen, dass die Eindringtiefe mit der Fließquerschnittsfläche zunimmt. Ergänzende zwei-dimensional-vertikale Berechnungen zeigen, dass die Tiefe des Gewässers dabei einen größeren Beitrag leistet als die Breite. Ein flacheres Gewässer reduziert die Salzeindringtiefe, weil sich eine Schichtung dann nicht so leicht ausbilden kann. Das bedeutet, dass die Rückspülung effektiver wird, dass also das Süßwasser aus dem IJsselmeer nicht über eine tief liegende Schicht Salzwasser hinweg strömt. Kleine Querprofilquerschnitte erfordern aus einem ähnlichen Grund auch weniger Unterhaltungsmaßnahmen, denn die Spülwirkung transportiert Schlick in Richtung Wattenmeer.

Mit Blick auf die Anforderungskriterien sollte also

- der ijsselmeerseitige Teil des Vismigratieriviers so lang wie möglich und
- der Durchlass so groß wie möglich sein.

Bei der Wahl des Querprofils gilt es, Anforderungen zum Lockstrom und zu Fließgeschwindigkeiten gegeneinander ab zu wägen.

## 4 Ausblick

Im Herbst 2014 wurde entschieden, das Project „Vismigratierivier“ zu realisieren. Bis zum Beginn der Bauphase, die für 2016–2017 geplant ist, sind noch weitere Voruntersuchungen durchzuführen (Programmabureau De Nieuwe Afsluitdijk en Rijkswaterstaat Midden-Nederland 2015). Momentan werden die Abmessungen des Vismigratieriviers

festgelegt. Die Funktion des endgültigen Entwurfs wird dazu mit 3D-Simulationen überprüft. Voraussichtlich wird der Vismigratierivier im Jahr 2018 das erste Mal für Wanderfische geöffnet (Programmabureau De Nieuwe Afsluitdijk en Rijkswaterstaat Midden-Nederland 2015).

## 5 Literatuur

Becker, B.; Nolte, A. (2012): Verkenning naar hydraulische haalbaarheid en effectiviteit van een vismigratierivier door de Afsluitdijk. Report No. 1206966-000-ZWS-0004. Deltares, Delft.

Programmabureau De Nieuwe Afsluitdijk en Rijkswaterstaat Midden-Nederland (2015): De afsluitdijk.

<http://www.deafsluitdijk.nl/projecten/vismigratierivier/>

Nolte, A. J.; Wesselius, C. M.; van der Kaaij, T. (2014): Ontwerpcriteria voor de Vismigratierivier Afsluitdijk voor water- en zouttransport, morfologie en sedimentatie. Report No. 1209181-000. Deltares, Delft.

Programma Naar een Rijke Waddenzee, 2013: Vismigratierivier Afsluitdijk / Haalbaarheid en Projectplan, 2013.

<http://www.rijkewaddenzee.nl/assets/pdf/Rapport%20haalbaarheid%20Vismigratierivier%20DEF.pdf>

RIZA (2005): Salt Intrusion / Technical Reference Sobek-RE 2.52.005. Sobek-RE Help Desk / RIZA Institute for Inland Water Management and Waste Treatment

### **Anschriften der Verfasser**

Dr.-Ing. Bernhard Becker, ir. Carine Wesselius, drs. Arno Nolte, ir. Theo van der Kaaij  
Deltares

P.O. Box 177

2600 MH Delft, Nederlande

Bernhard.Becker@deltares.nl,

Carine.Wesselius@deltares.nl,

Theo.vanderKaaij@deltares.nl

ir. Corné de Leeuw

Dienst Landelijk Gebied

Lübeckplein 34

8017 JS Zwolle, Nederlande

c.j.de.leeuw@dlg.nl

ir. Jeroen van Herk (LINKit Consult)  
Coehoornstraat 17, Zaal 5  
6811 LA Arnhem, Niederlande  
jeroen@linkitconsult.nl