

Machbarkeitsstudie zur Kühl- und Nutzwasserentnahme der BASF bei Niedrigwasser

Auftraggeber: BASF Ludwigshafen
Bearbeitung: Dipl.-Ing. K. Läkemäker
Koordination: Dr.-Ing. B. Lehmann

Problemstellung

Das BASF-Werk Ludwigshafen benötigt jährlich mehr als eine Milliarde Kubikmeter Flusswasser aus dem Rhein zur Kühlung der Anlagen und für Produktionszwecke. Um die Produktionsvorgänge aufrechterhalten zu können muss eine ausreichende Menge an Flusswasser für die Entnahme zur Verfügung stehen. Die Flusswasserentnahme wird dabei von drei am Rhein liegenden Wasserwerken übernommen. Bei Niedrigwasser ergibt sich das Problem, dass sich korrespondierend zu den Rheinwasserständen in den Entnahmebauwerken der Wasserwerke zu geringe Wassertiefen einstellen. Beim Pumpprozess vom Entnahmebauwerk in das Versorgungssystem der BASF kommt es infolge der geringen Wassertiefen zum Lufteintrag, wodurch die Leistungsfähigkeit des Entnahmesystems nicht mehr gewährleistet ist. Dies war bereits im Sommer 2003 bei der damaligen extremen Niedrigwassersituation der Fall; hier wurde mit hohem finanziellen, technischen und personellen Aufwand die Kühl- und Produktionswasserversorgung mittels zusätzlicher mobiler Großpumpen, die im Rhein verankert wurden, aufrecht erhalten. Das Institut für Wasser und Gewässerentwicklung wurde beauftragt im Rahmen einer Machbarkeitsstudie Lösungsvarianten zur Gewährleistung der Wasserentnahme bei Niedrigwasser zu erarbeiten und hinsichtlich ihrer Realisierbarkeit, Funktionalität und Ökonomie zu diskutieren. Für die Ausführungsvariante wurde ein wasserbaulicher Modellversuch (Maßstab 1:9) durchgeführt.



Blick auf das zu optimierende Wasserentnahmewerk, Quelle: Google maps

Mögliche Varianten

Zur Diskussion standen folgende Lösungsvarianten:



Im Zuge der Untersuchungen wurde als Ausführungsvariante die Variante „Verschluss Zulauf mit Schieber“ festgelegt. Bei dieser Variante wird der Zulaufbereich mit einem Schieber oder mit Dammbalken verschlossen und anschließend durch eine mobil installierte Leitung mit zusätzlicher Pumpe befüllt. Die Pumpen werden dabei im Bedarfsfall in bereits in die Rheinsohle vorinstallierte Schächte eingesetzt. Für die Ausführungsvariante wurde ein wasserbaulicher Modellversuch (Maßstab 1:9) durchgeführt

Modelluntersuchungen

Modellmaßstab M=1:9

Die Umrechnungsfaktoren ermittelt nach dem Froud'schen Modellgesetz.

	Natur	Modell
Modelllänge	66,15 m	7,35 m
Modellbreite	21,6 m	2,4 m
Schachtdurchmesser	4,5 m	0,5 m
Schachttiefe	2,7 m	0,3 m
Abfluss des Rheins im Modellausschnitt	15 m ³ /s	61,7 l/s
Fördermenge Pumpe	3,9 m ³ /s	16,4 l/s

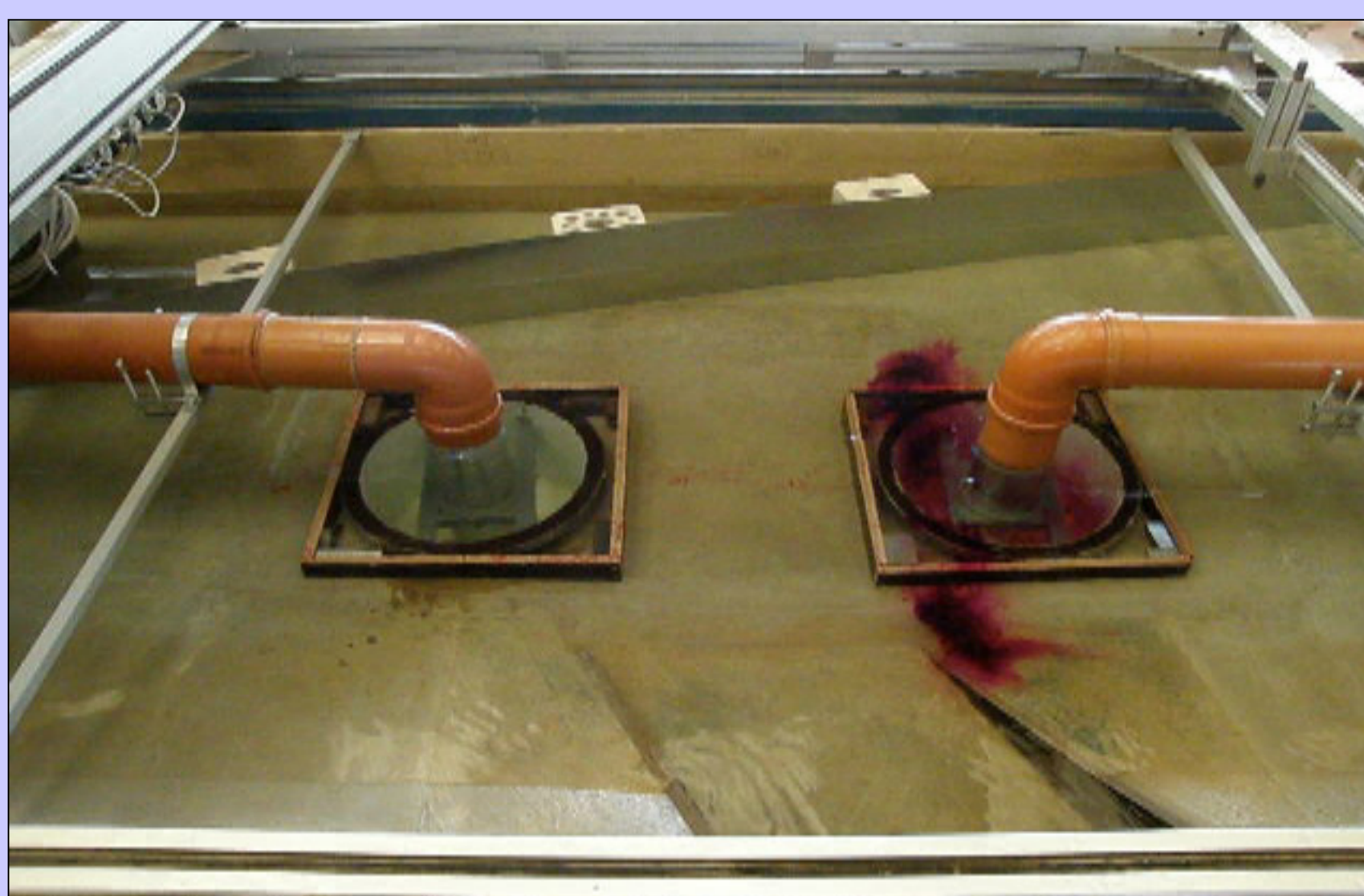


Zunächst wurde in einem künstlichen Gerinne Sand aufgeschüttet, und entsprechend der Sohlgeometrie vormodelliert. Anschließend wird wie oben auf dem Bild zu sehen durch eine Zementschicht die endgültige Formgebung festgelegt. Die hierfür erforderlichen Daten wurden Sohlmessungen vor Ort entnommen.



Fertiges Modell mit Pumpsystem

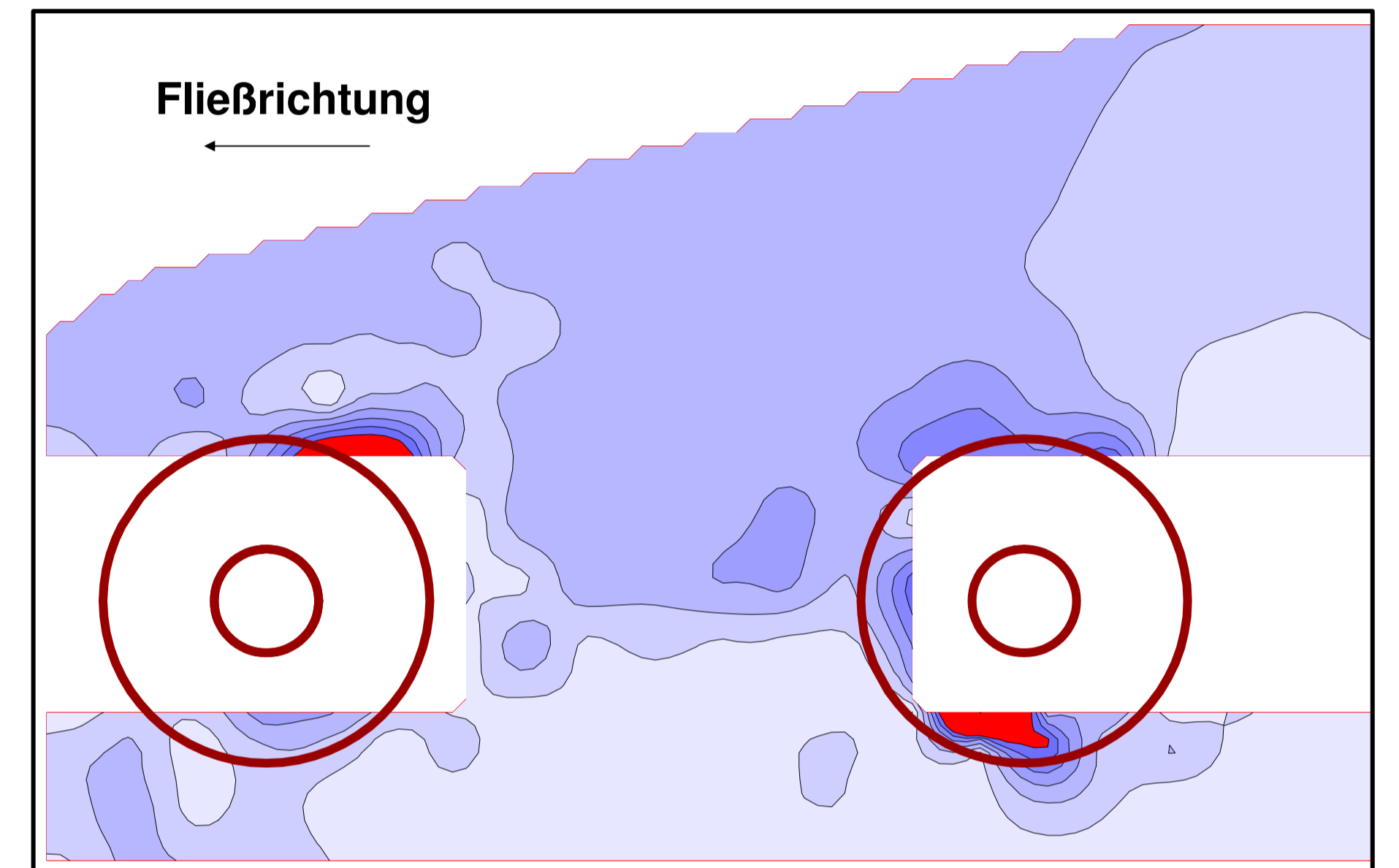
Vor der endgültigen Inbetriebnahme des physikalischen Modells muss dieses noch kalibriert werden. Das heißt, der Wasserstand und der zugehörige Abfluss im Modell wurden so eingestellt, dass sie dem Abflusszustand in der Natur entsprechen. Der zugehörige Wasserstand wurde dann mit Hilfe eines Rahmens, der am unteren Ende des Modells befestigt wurde, eingestellt, indem auf diesen Rahmen Blechlamellen gelegt wurden bis der gewünschte Wasserstand erreicht wurde. Somit konnten die in der Natur ermittelten Abfluss-Wasserstands-Daten im Modell abgebildet werden.



Modell mit rechteckiger Schachteinlaufgeometrie im Betriebszustand während eines Versuchs mit Farbstoff.

Messmethoden

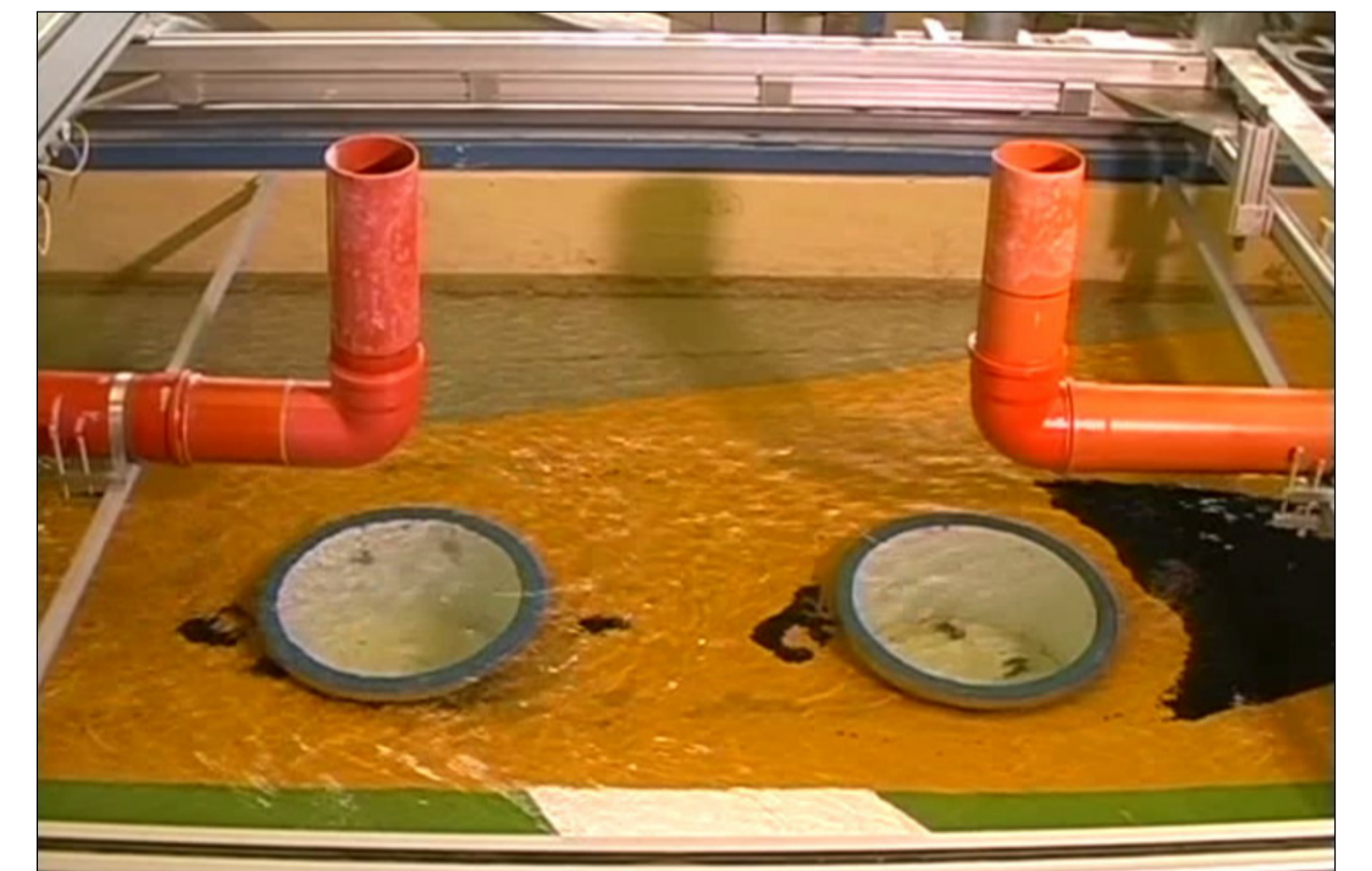
Die Zuflüsse in das Modell sowie die Leistung der Pumpen wurden mit installierten induktiven Durchflussmessgeräten gemessen, die in die Zu- bzw. Ablaufrohre eingebaut wurden. So konnten die Modellabflüsse auf $\pm 0,1$ l/s genau erfasst und gesteuert werden. Die Wasserspiegellagen und Geländehöhen wurden mit Hilfe eines mobilen Spitz-zentasters und eines Nivelliergerätes gemessen. Diese Messmethode ermöglichte eine Genauigkeit von $\pm 0,4$ mm. Während des Modellbetriebes wurden auch Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt. Dazu wurde am Modell ein Messrahmen installiert der es ermöglicht, entlang eines zuvor programmierten Weges ein dreidimensionales definiertes Messraster automatisiert abzufahren und somit punktuell die Fließgeschwindigkeiten zu messen. Als Messgerät wurde ein ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) verwendet. Das Messprinzip der ADV-Sonde beruht auf dem Dopplereffekt und lässt die dreidimensionale Aufnahme von Geschwindigkeitsvektoren zu.



In dieser Grafik ist das Geschwindigkeitsfeld, welches anhand der Messungen ermittelt wurde dargestellt. Es dient als Grundlage zur Beurteilung des Einfluss der Schacht- und Pumpenkonstruktionen auf die Schifffahrt.

Geschiebeuntersuchungen

Es wurde bei den Modellversuchen im Oberwasser der Schachtentnahmebauwerke ein Geschiebedepot aus Kunststoffgranulat in die Sohle eingebaut, der Abfluss gesteigert und anschließend konstant gehalten. Hierbei kann beobachtet werden, inwieweit es zu Verlandungen vor, neben, zwischen und hinter den Entnahmeschächten kommt. Es zeigt sich bei diesen Versuchen deutlich, dass sowohl eine kreisrunde Querschnittsform als auch die brückenpfeilerförmige Querschnittsform des Schachtbauwerkes eine positive Auswirkung auf die Sedimentationsanfälligkeit des Geschiebes haben. Es ist außerdem zu sehen, dass sich vor dem ersten Schachtbauwerk ein Kolk ausbilden wird, so dass das Schachtbauwerk und die Sohle an dieser Stelle entsprechend gesichert werden muss



Ziele der Modellversuche

- Untersuchung und Optimierung der Zuströmbedingungen
- Aussagen zur Geschiebe- und Geschwemmselabweisung
- Aussagen zur Beeinflussung der Rheinströmung