

Simulieren geht über probieren

Nur wer die Strömungen im Gegenrückhaltebecken oder sonstigen Absatzbecken kennt, beherrscht die rein mechanische Form der Abwasserreinigung. Mithilfe der numerischen Simulation kann man für jede Beckenform ergänzende Bausmaßnahmen finden, die die Reinigungsbilanz optimieren und auf aufwändige Reinigungstechnik verzichten.

Dr. Axel Müller

Strömungen sind allgegenwärtig. Gerade bei der Optimierung von Produkten, Produktionsverfahren oder bei der Planung von neuen Projekten spielen sie oft eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen eines Projektes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung hat Die Firma Dr. Axel Müller – HTCO Strömungssimulationen von potentiellen Regenrückhaltebecken entlang der Autobahnen durchgeführt. Die Berechnungen zielten darauf ab, die Schadstoff-Frachtentlastung der Abwässer durch Optimierung der Becken zu steigern.

Die Randbedingungen

Vorgabe des Projektes war es durch Modellversuche und Simulationen ein Retentionsbecken so zu optimieren, dass es hinsichtlich der Frachtentlastung (Vorklärfunktion) gesammelter Regenabflüsse einen möglichst homogenen, berechenbaren und voraus-sagbaren Wirkungsgrad bietet. Da die Becken in der Regel klein und zahlreich sind, lassen sie sich nicht mit aufwendiger Klärtechnik versehen, geschweige denn manuell warten. Somit bleibt die Beckenform übrig, um eine beruhigte Gleichverteilung des eingebrachten Schmutzwassers zu erreichen, dessen Sedimentationsvermögen nicht durch turbulente Rückmischung oder starke Strömungsgradienten im Becken gestört ist. Eine bessere Sedimentation ist

nur möglich, wenn sich bei gleichem Einstauvolumen die Strömung im Absatzbecken vergleichmäßig. Dies ist der Fall, wenn Turbulenzströmungen vermieden werden und sich die Sohlschubspannung während aller Befüllungsstadien verringert.

Um all diesen Randbedingungen zu genügen, entschied man sich Strömungsrichtung und -geschwindigkeit für viele verschiedene Bauformen und Ausgestaltungsmerkmale der Becken numerisch mittels CFD (Computational Fluid Dynamics) simuliert.

Problem analysieren und Schwachstellen finden

Prinzipiell besteht ein solches Klärbecken aus einem Tosbecken - zur Verteilung von einströmendem Sturzwasser, einer Beruhigungskammer - zur Verbreiterung der Strömung auf das gesamte Absatzbecken, einem Absatz- oder Entmischungsbecken - zur Feststoff- und Ölabscheidung und einem Auslauf sowie einen Notüberlauf.

Die numerische Simulation wurde als geeignetes und leicht anpassbares Hilfsmittel zur sukzessiven und systematischen Optimierung des Beckens eingesetzt. Vor allem lassen sich damit die Strömungs- und Druckverhältnisse in Abhängigkeit von der Gestaltung, Platzierung und Ausrichtung von Störkörpern und der Einfluss von Änderungen des Beckengrundrisses ohne hohen versuchstechnischen Aufwand einfach vorhersagen.

Im ersten Schritt wurde eine 3d-Simulation der Strömungsgeschwindigkeit zur Analyse des Strömungsverhaltens im gesamten Rechteckbecken gerechnet. Dabei standen das Auffinden von relevanten, kritischen Strömungsbereichen sowie das gleichmäßige/ungleichmäßige Verhalten der Strömung über die Tiefe des Beckens im Vordergrund. Das 3d-Modell wurde für ein Rechteckbecken mit zwei versetzt angeordneten Schlitzblechen als Einlaufschichten

berechnet (Bild 1). Die Ergebnisse dieser Simulation zeigen, dass die Strömungen in der Vertikale gegenüber den Horizontalströmungen sehr klein sind und dass der Einlaufbereich des Beckens entscheidend ist für das Strömungsverhalten im Absatzbecken. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden verschiedenen Geometrien des Einlaufbereichs simuliert und ihre Einwirkungen auf den Strömungsverlauf untersucht, wobei vertikale Strömungen aufgrund ihres geringen Einflusses vernachlässigt werden konnten und die Berechnung sich auf 2D-Modelle beschränkte. Dadurch war es möglich sehr viel Rechenzeit einzusparen. Denn es war notwendig sehr kleine Zeitschritte zu wählen, um ein möglichst reales Ergebnis zu erlangen: Einer Realzeit von einer Stunde entsprachen 72 000 Simulationszeitschritte, die jeweils für sich rechnerisch konvergieren mussten. Die Simulation eines Zeitschritts dauerte in Realzeit rund fünf Sekunden. Somit war für die Simulation eines 1h-Ergebnisses in 2D war eine Rechenzeit von circa 100 Stunden nötig.

Virtuell Varianten erproben

Mit relativ geringem Aufwand wurden verschiedenen - schlanke, breite und dreieckige - Störkörperformen, die zur Gleichverteilung der Strömung auf das gesamte Becken führen sollten, mittels CFD simuliert und die Strömungsgeschwindigkeiten auf der Ebene des halben Füllstandes errechnet. Bild 2 und 3 zeigen die Ergebnisse. Durch die Störkörper und die Verjüngung ihres Abstandes zur Beckenmitte hin sollte eine Erhöhung des Druckes und damit eine bessere Verteilung der Strömung nach außen erreicht werden. Deutlich zu sehen sind die Geschwindigkeitsunterschiede, die die Strömungen nach dem Passieren der unterschiedlichen Störkörper beim Eintritt in das Retentionsbecken aufweisen.

Bild 2 zeigt einen Ausschnitt eines rechteckigen Retentionsbeckens mit schlanken Störkörpern. Diese Form der Einlaufschikane ist zu stromlinienförmig und die Strömung wird nicht über die gesamte Breite des Beckens verteilt. Weiterhin reicht die verdichtete Anordnung zur Mitte hin nicht aus, um den Druck hinreichend zu erhöhen. Auffällig sind die mittig dominante Struktur der Strömung und die Wirbelbildung vor und zwischen den beiden Störkörpern im oberen Teil des Bildes. Um die Jetbildung in der Mitte des Beckens zu vermeiden, wurden die Störkörper abgeflacht und dadurch ein größerer Widerstand an der Anströmseite verursacht. Diese Variante ist deutlich besser, da die Strömung fast komplett gleichgerichtet wird, dargestellt in Bild 3. Die Strahlwirkung in der Mitte ist verkleinert und Querströmungen hinter den Staukörpern sind kaum sichtbar. Dennoch ist die Verdichtung in der Mitte noch nicht optimal und die Strömung ist nach wie vor mittig dominant.

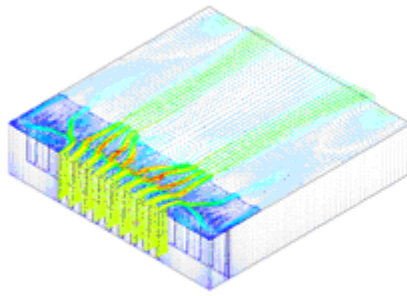


Bild 1

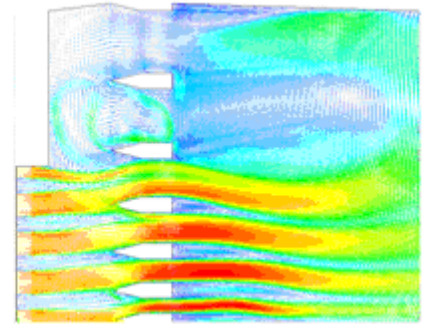


Bild 2

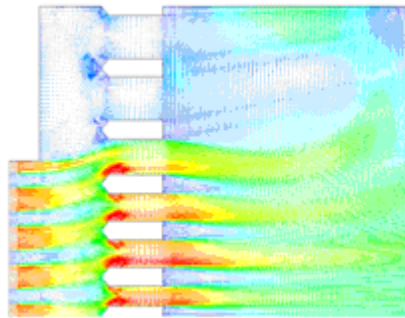


Bild 3

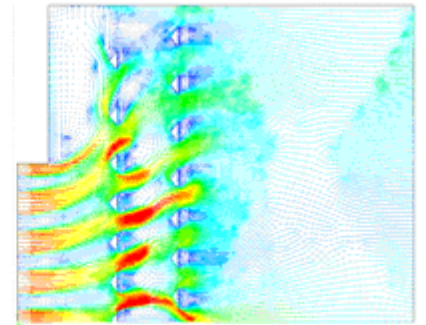


Bild 4

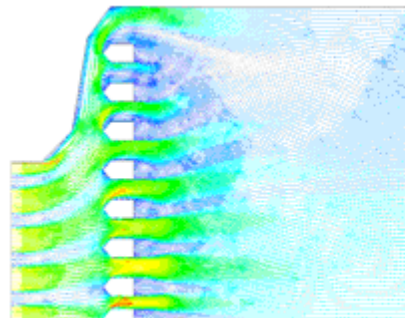


Bild 5

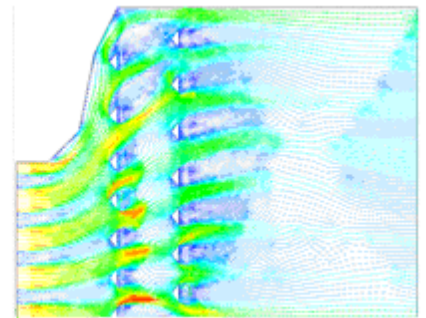


Bild 6

Der letzte Schliff

Die Störkörper wurden nun weiter modifiziert: Neben der Verflachung der Anströmseite fügte man eine zusätzliche Reihe von Körpern ein, wie auf Bild 4 erkennbar ist. Die Strömungen sind nun größtenteils gleichgerichtet und es entstehen kaum Turbulenzen. Jedoch ist eine Gleichverteilung der Strömung auf die gesamte Breite des Beckens nicht gelungen und muss deshalb durch weitere Modifikationen angestrebt werden. Diese Modifikationen können allerdings keine Verdichtung der Störkörper mehr mit sich bringen, da gewährleistet sein muss, dass angeschwemmte Gegenstände wie zum Beispiel Zweige, Getränkedosen, kleine Tierkadaver das Einlaufbauwerk passieren können. Somit muss die Gleichverteilung über eine Veränderung der Beckengeometrie erfolgen. Bild 5 und 6 zeigen jeweils Strömungsgeschwindigkeiten in variierten Beckengeometrien mit zwei der zuvor bereits simulierten Störkörperformen. Bei beiden Varianten treten kaum Verwirbelungen auf und die Strömung ist über die gesamte Breite gleichmäßig verteilt. Diese Geometrien

Bild 1: Darstellung der 3D-Strömungsgeschwindigkeit in einem Rechteckbecken mit versetzten Schlitzwänden im Einlaufbereich

Bild 2: Detaildarstellung der 2D-Strömungsgeschwindigkeiten (Schnittebene bei halbem Beckenfüllstand), Rechteckgeometrie, schlanke Staukörper.

Bild 3: Detaildarstellung der 2D-Strömungsgeschwindigkeiten, breite Staukörper.

Bild 4: Detaildarstellung der 2D-Strömungsgeschwindigkeiten, dreieckige Staukörper, zweireihig versetzt.

Bild 5: Detaildarstellung der 2D-Strömungsgeschwindigkeiten, modifizierte Geometrie, breite Staukörper, einreihig.

Bild 6: Detaildarstellung der 2D-Strömungsgeschwindigkeiten, modifizierte Geometrie, dreieckige Staukörper, zweireihig versetzt.

wurden im Rahmen des Projektes noch weiter optimiert bis eine nahezu perfekte Gleichverteilung der Strömung erreicht werden konnte.

Innovation durch Simulation

Die Modelle zeigen den enormen Einfluss der Beckengeometrie auf die Strömungsverbreiterung und -laminarisierung.

Optimierung des Einflussbereiches ist daher für das Strömungs- und folglich für das Sedimentati-

onsverhalten des nachfolgenden Einlaufbauwerkes von grundlegender Bedeutung. Um die Beeinflussbarkeit der Strömungsverläufe durch bauliche Veränderungen rasch und präzise zu ermitteln, bot die numerische Strömungssimulation ein geeignetes Mittel. CFD Simulationen kommen aber nicht nur im Abwasserbereich zum Einsatz. Die numerische Simulation ist auch ein geeignetes Werkzeug bei der Optimierung von Wärmetauschertechniken, der Gebäudeklimatisierung und Umweltsimulationen.

INFOBOX



Dr. Axel Müller - HTCO

Dr. Axel Müller – HTCO

Strömungssimulation –
Strömungsphysik

Portfolio:

- Auftragsberechnungen und Beratung in numerischer Simulation (CFD)
- Entwicklung von Strategien und Einsatzkonzepten für Simulationstechnologien in mittelständischen Unternehmen
- Entwurf von Konzepten zur Produktoptimierung bei strömungsrelevanten Problemen
- Durchführung von CFD-Workshops

Kontakt:

Rabenkopfstraße 4, 79102 Freiburg
Tel.: (+49) 0761- 4098883
Fax: (+49) 0761- 4098881
E-Mail: info@cfd-fem.com
www.cfd-fem.com

Aktuelle Veranstaltungen:

http://www.cfd-fem.de/spektrum_veranstaltungen.html

Publikationen als PDF zum

Download:

http://www.cfd-fem.com/spektrum_publicationen.html