

Praktische Erfahrungen bei der gemeinsamen Untersuchung von Mischwasserbehandlung und hydraulischer Leistungsfähigkeit im hydrodynamischen Modell

Thomas Telegdy¹⁾, Michael Stefan²⁾

¹⁾ DHI Österreich GmbH, 1130 Wien, Schließmanngasse 17, tht@dhigroup.com

²⁾ ebendort, mste@dhigroup.com

Kurzfassung

Zwei aktuelle Projekte wurden herangezogen, um zu testen, inwieweit die hydrodynamische Berechnung der Mischwasserbehandlung praxistauglich ist. Es hat sich gezeigt, dass die Rechenläufe ausreichend flott durchgeführt werden konnten. Die gemeinsame Betrachtung mit der hydraulischen Leistungsfähigkeit war somit möglich, und die Vorteile der Hydrodynamik bei der Modellerstellung und Ergebnisdarstellung haben die Schwerfälligkeit gegenüber den hydrologischen Modellen durchaus aufgewogen.

Einleitung

In der Mehrzahl der von den Autoren über die vergangenen 15 Jahre bearbeiteten Entwässerungsprojekte konnten Sanierungsvorschläge nur entwickelt werden, indem

- die hydraulische Leistungsfähigkeit der Kanalisation mit Hilfe eines detaillierten hydrodynamischen Modells, sowie
- die Wirksamkeit der Mischwasserbehandlung mit Hilfe eines räumlich aggregierten hydrologischen Modells

gemeinsam betrachtet wurden.

Zwei Modelle parallel zu führen verlangt aber nach einer Sorgfalt, für die im Ingenieuralltag oft keine Zeit bleibt.

Angesichts der stetig wachsenden Computerleistung wurde bereits verschiedentlich vorgeschlagen, auf das hydrologische Modell zu verzichten, und stattdessen das hydrodynamische Modell mit langjährigen Regenreihen zu beaufschlagen.

In Österreich scheint dieser Ansatz für die Anpassung der Mischwasserbehandlung bisher kaum Resonanz gefunden zu haben. Daher wollen die Autoren den Ansatz in zwei praktischen Projekten testen und sich allenfalls für die Verbreitung des Ansatzes stark machen.

Methodik

Zwei aktuelle Projekte konnten als Fallstudien herangezogen werden, um die Mischwasserbehandlung im hydrodynamischen Modell durchzuführen, und die verschiedenen Methoden der Beschleunigung zu testen.

Die Autoren haben sich bewusst auf die Anwendung des ihnen gut bekannten Simulationsmodell MIKE URBAN mit dem Berechnungskern MOUSE von DHI (Hørsholm, Dänemark), beschränkt. Die Einarbeitung in

andere Modelle auf gleichem fachlichen Niveau hätte das zur Verfügung stehende Zeitbudget/Projektbudget bei weitem gesprengt.

Netzvereinfachung

Grundsätzlich ließen sich kleinere Anfangshaltungen entfernen und Haltungen mit gleichem Profil und ähnlichem Gefälle zusammenfassen. Die Rechenzeit würde sinken, und die Charakteristik der Entlastungsereignisse bliebe weitgehend unverändert. Die hydraulische Leistungsfähigkeit allerdings könnte wegen der fehlenden Elemente nicht mehr flächendeckend dargestellt werden, und weil dies ein Anspruch der Fallstudie war, wurde auf die Netzvereinfachung verzichtet.

Langzeit-Seriensimulation

Eine kontinuierliche Simulation des gesamten Betrachtungszeitraums wäre nur infrage gekommen, wenn die Phasen ohne Regen mit einem großzügigen Trockenwetter-Zeitschritt abgearbeitet werden könnten. Aufgrund der Dynamik der Abflüsse hinter den Pumpstationen war ein solcher Trockenwetter-Zeitschritt nicht möglich.

Stattdessen wurde die Berechnung in Form einer Langzeit-Seriensimulation durchgeführt. Diese Methode wurde ursprünglich entwickelt, um die hydraulische Leistungsfähigkeit der Kanalisation mittels Extremwertstatistik der stärksten 100 oder 200 Ereignisse zu untersuchen. Bei der Mischwasserbehandlung hingegen stehen die Jahressummen im Vordergrund und es müssen daher alle Ereignisse erfasst werden, die zu einer Entlastung führen.

Die Auswahl der Ereignisse erfolgte anhand des jeder Mischwasserentlastung zugeordneten Oberflächenabflusses. Übersteigt der summierte Oberflächenabfluss an der empfindlichsten Mischwasserentlastung einen angenommenen kritischen Wert, wird das Ereignis in die Serie aufgenommen. Nach der hydrodynamischen Simulation wird überprüft, ob auch Ereignisse modelliert worden sind, die zu keiner Entlastung führen. Wenn ja, ist der angenommene kritische Wert ausreichend.

Aufteilen der Langzeit-Serie

Nachdem der MOUSE-Berechnungskern nur einen Prozessor nutzt, der Computer aber über vier Prozessoren verfügt, wurde die Langzeitserie in vier Abschnitte geteilt und jeder Prozessor mit einem Viertel der Serie beaufschlagt. Die statistischen Ergebnisse lassen sich nachher sehr einfach wieder zusammenführen.

Verwenden eines neuen Berechnungskernes

DHI entwickelt einen neuen Berechnungskern MIKE1D, der auch bei einem finite Differenzen-Verfahren ein gewisses Maß an Parallelisierung erlaubt. Da die Langzeit-Seriensimulation von MIKE1D noch nicht voll unterstützt wird, musste auf diese Möglichkeit verzichtet werden.

Ergebnisse

Fallstudie A: ÖWAV-Regelblatt 19

Das Projektgebiet A umfasst 70 km Kanalisation und 10 Mischwasserentlastungen. Der Auftrag umfasst sowohl die Untersuchung der hydraulischen Leistungsfähigkeit, als auch die Untersuchung der Mischwasserbehandlung nach dem ÖWAV-Regelblatt 19.

Für die Betrachtung der Hydraulik sind laut ÖWAV-Regelblatt 19 zumindest 10 Jahre durchzurechnen. Im konkreten Fall wurden 15 Jahre als Langzeit-Serie modelliert, das heißt, es wurden nur die Zeitabschnitte berechnet, bei denen die Mischwasserentlastungen anspringen könnten.

Die Dauer der durch die Langzeit-Serie erfassten Zeitabschnitte betrug in Summe 13100 Stunden (= 545 Tage). Die Rechenzeit betrug dem gegenüber 26 Stunden. Durch Aufteilung der Langzeit-Serie auf vier gleichzeitig arbeitende Prozessoren wurde die Rechenzeit auf 6,5 Stunden gesenkt.

Die Betrachtung der Schmutzfrachten kann laut ÖWAV-Regelblatt 19 sehr vereinfacht erfolgen, nämlich als prozentualer Rückhalt bezogen auf die Entlastungsmengen an Becken. Die Berechnung erfolgt anschließend an die Modellierung, der Zeitaufwand ist vernachlässigbar.

Fallstudie B: ATV-Arbeitsblatt A 128

Das Projektgebiet B umfasst 100 km Kanalisation und 13 Mischwasserentlastungen. Schwerpunkt des Auftrags war die Untersuchung der Mischwasserbehandlung nach dem ATV-Arbeitsblatt A 128.

Das Konzept des ATV-Arbeitsblatt A 128 beruht auf einem Vergleich der Entlastungen an einem fiktiven Zentralbecken mit den Entlastungen, wie sie im Modell mit allen Mischwasserentlastungen auftreten. Wegen dieses vergleichenden Charakters reicht die Modellierung eines repräsentativen Jahres.

Die Dauer der durch die Langzeit-Serie erfassten Zeitabschnitte betrug in Summe 2310 Stunden (= 96 Tage). Die Rechenzeit für die rein hydraulische Betrachtung betrug dem gegenüber 9 Stunden. Durch Aufteilung der Langzeit-Serie auf zwei gleichzeitig arbeitende Prozessoren wurde die Rechenzeit auf 4,5 Stunden gesenkt.

Auf der anderen Seite muss gemäß ATV-Arbeitsblatt A 128 die Belastung aus Regenwasser und Schmutzwasser und die Mischung im gesamten Netz mitgerechnet werden. Nachdem MIKE URBAN Advektion, Dispersion und Sedimenttransport nicht konzeptionell, sondern möglichst nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten modelliert, bewirkt dieser Schritt eine erhebliche Verlängerung der Simulationsdauer auf 54 Stunden. Durch Aufteilung der Langzeit-Serie auf vier gleichzeitig arbeitende Prozessoren wurde die Rechenzeit auf 14 Stunden gesenkt.

Die Berechnungen wurden auf einem handelsüblichen PC durchgeführt, mit einer Intel Core i5-2500 CPU mit 3,30 GHz (zwei Prozessoren, 4 threads).



Abbildung 1: Einordnung der Berechnungsdauer der beiden Fallstudien in verschiedenen Projekten der letzten 15 Jahre

Abbildung 1 ordnet die Berechnungsdauer der beiden Fallstudien in verschiedenen Simulationsläufen ein, die die Autoren in den letzten 15 Jahren durchgeführt haben.

Die Abszisse zeigt die Dauer des Simulationslaufes im Modell, angefangen von typischen gemessenen Einzelregen oder Modellregen, über die Langzeit-Serie für den Überstaunachweis, die vielleicht 100 Ereignisse umfasst und einen entsprechend längeren Zeitraum umfasst, bis hin zu den Langzeit-Serien, die in den beiden Fallstudien verwendet worden sind. Eine Kontinuumsimulation würde eine mehrjährige Regenreihe ununterbrochen modellieren.

Die Ordinate zeigt die Berechnungsdauer. Man erkennt, dass eine längere Dauer im Modell eine längere Berechnungsdauer verursacht, und dass längere Netze mit tendenziell mehr Sonderbauwerken ebenfalls eine Erhöhung der Rechenzeit verursachen. Schließlich zeigt die Trennung in ältere und jüngere Projekte die Beschleunigung durch bessere Hardware.

Was die beiden Fallstudien betrifft, so erkennt man, dass sie sich durch die Aufteilung der Langzeit-Serie auf mehrere threads in den praktikablen Bereich verschoben haben. Als praktikabel bezeichnen die Autoren, was sich über Nacht berechnen lässt. Die Schwelle der Bequemlichkeit – was sich innerhalb einer Stunde berechnen ließe – ist greifbar nahe, zumal die Autoren die Möglichkeiten der Beschleunigung noch gar nicht voll ausgenutzt haben.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Von der Größe her decken die beiden Fallstudien die Mehrzahl der von den Autoren abgewickelten Projekte ab. In beiden Fällen konnte ein vollständiger Rechenlauf über Nacht durchgeführt werden - ein sehr wichtiges Kriterium für die Praxistauglichkeit.

Eine weitere Verringerung der Rechenzeit kann auf einfache Weise durch die Einbeziehung zusätzlicher Prozessoren beispielsweise eines anderen Computers im Büro erreicht werden.

Eine Parallelisierung der Berechnungsaufgabe bringt vor allem dann Vorteile, wenn die Trennung in einzelne Zeitabschnitte nicht so leicht möglich ist, weil die Regenereignisse näher beieinander liegen, also beispielsweise bei der Berechnung von nur einem Jahr nach dem ATV-Arbeitsblatt A 128. Wie groß der Geschwindigkeitsgewinn durch den neuen Rechenkern MIKE1D tatsächlich ausfällt, muss sich in künftigen Projekten zeigen.

In den Augen der Autoren bietet die hydrodynamische Modellierung der Mischwasserbehandlung einige bedeutende Vorteile: weniger Annahmen bei Sonderbauwerken und vermaschten Netzen, bessere Abbildung von Steuerungen, weniger Annahmen bei der Abflusskonzentration, zusätzliche statistische Aussagen bei Teilfüllung von Speicherräumen und schließlich bessere Darstellung der Entlastungsereignisse mit Ganglinien und Längsschnitten.

Die Autoren beabsichtigen eine Hilfestellung zu verfassen, welche die einzelnen Bearbeitungsschritte ausführt und es den Software-Anwendern erleichtert, die Mischwasserbehandlung hydrodynamisch zu analysieren.

Selbstverständlich haben auch hydrologische Modelle wichtige Vorteile: die hohe Rechengeschwindigkeit eröffnet ganz neue Möglichkeiten bei der Parameterabschätzung und Sensitivitätsanalyse, außerdem steckt in der Modellvereinfachung ein Arbeitsschritt, der mit dem intensiven Kennenlernen des Netzes einhergeht.

Letztendlich werden beide Modelltypen nebeneinander bestehen bleiben. Jedoch können Anwender heute freier wählen, weil sie nicht mehr durch die langen Rechenzeiten in eine bestimmte Richtung gezwungen werden.

Literatur

- ATV-Arbeitsblatt A 128 (1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen. Abwassertechnische Vereinigung e.V., Hennef
- ATV-DVWK-Merkblatt M 177 (2001): Bemessung und Gestaltung von Regentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen – Erläuterungen und Beispiele. GFA, Hennef
- Burger, G; Kleidorfer, M; Rauch, W (2012): „Vom Zeitbeiwertverfahren zum Mehrprozessorsystem – Über den Wandel der Methoden in der Kanalnetzberechnung“. Aqua Urbanica 2012, Schriftenreihe Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft Band 32, TU Kaiserslautern (2012), S. D1 – D22
- ÖWAV-Regelblatt 19 (2007): Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungsanlagen, 2. vollständig überarbeitete Auflage. Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- Tandler, R; Angermair, G: „Reduzierung von Schmutzfrachtausträgen mit einfachen Einbauten und deren ökologischer und sicherheitstechnischer Nachweis: Bestimmung der Schmutzfrachtausträge mit dem komplexen Parallelschrittverfahren“. KA - Korrespondenz Abwasser Abfall, 03/2011, S. 226 – 236