

In-Grid - Innovative Grid-Entwicklungen für ingenieurwissenschaftliche Anwendungen

- BMBF e-Science-Initiative -

Themenschwerpunkt:
„D-Grid Initiative“

Schlussbericht

Arbeitspaket 2.5: Integration und Optimierung komplexer Grundwassermanagementsysteme

Akronym: D-Grid_InGrid
Förderkennzeichen: 01AK806E

Zuwendungsempfänger:

DHI-WASY GmbH (vormals WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH)

Waltersdorfer Str. 105

12526 Berlin



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzdarstellung	4
1.1	Aufgabenstellung	4
1.2	Voraussetzungen	5
1.3	Planung und Ablauf	5
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde	7
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
2	Eingehende Darstellung	9
2.1	Erzielte Ergebnisse	9
2.1.1	Technische Ergebnisse und Erfahrungen des AP 2.5.....	9
2.1.1.1	Bereitstellung der Grid-fähigen Grundwassersimulation FEFLOW®	9
2.1.1.2	Entwicklung weiterer Grid-Services	11
2.1.1.3	Integration der modellbasierten Optimierung.....	12
2.1.1.4	Service-Struktur des Grid-basierten Systems	13
2.1.1.5	Benutzerschnittstelle zu dem Grid-basierten System	14
2.1.1.6	Zusätzliche technische Ergebnisse und Erfahrungen	18
2.1.2	Ergebnisse und Erfahrungen der Anwendung	19
2.1.2.1	Standortoptimierung zur Positionierung von Abfangbrunnen.....	20
2.1.2.1.1	Auswahl des Optimierungsalgorithmus.....	20
2.1.2.1.2	Verhalten der Algorithmen.....	21
2.1.2.1.3	Einfluss der Brunnenanzahl auf die Optimierungsergebnisse	23
2.1.2.2	Standortoptimierung in einem Brunnenfeld zur Wasserhaltung in bergbaubeeinflussten Gebiet	25
2.1.2.2.1	Vermeidung numerischer Instabilitäten	28
2.1.2.2.2	Reduzierung der Freiheitsgrade durch serielle Bearbeitung .	28
2.1.2.2.3	Reduzierung der Freiheitsgrade durch Umstellung der Zielgrößen auf Ganzzahlwerte und durch den Einsatz der Knotennummern statt der Echtweltkoordinaten zur Positionsbeschreibung	29
2.1.3	Vorbereitung des Praxiseinsatzes, weiterführende Arbeiten	30
2.2	Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	32
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	32
2.4	Voraussichtlicher Nutzen	33
2.5	Fortschritt bei anderen Stellen	34
2.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen	34
	Referenzen	35



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Im Rahmen des Projektes besuchte und ausgerichtete Veranstaltungen.....	6
Tabelle 2:	Gegenüberstellung der Unterschiede im Arbeitsablauf von Sensitivitätsanalyse und modellbasierter Optimierung.....	12
Tabelle 3:	Vergleich des Verhaltens der Algorithmen bei der Nutzung für die Standortoptimierung einer 2-Brunnen-Abfanganlage.	21
Tabelle 4:	Die jeweils besten Ergebnisse der drei Varianten der Standortoptimierung des Szenarios zur Positionierung von Abfanganlagen.....	23
Tabelle 5:	Übersicht der wesentlichen Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht der FEFLOW® Grid-Services.	14
Abbildung 2:	Dialog der Grid-spezifischen Eigenschaften.....	15
Abbildung 3:	Grafische Oberfläche zur Konfiguration eines Optimierungsjobs.	16
Abbildung 4:	Dialog zur Anzeige und Steuerung laufender Grid-Jobs.	17
Abbildung 5:	Detaillierte Ergebnisdarstellung eines laufenden Grid-Jobs.	18
Abbildung 6:	Verteilung der Stoffkonzentration für Szenario 1 ohne weitere Maßnahmen. Die Lage der Trinkwasserbrunnen ist mit roten Rechtecken markiert.	20
Abbildung 7:	Bewegung der vom Algorithmus APPS geprüften Standorte über den Optimierungsprozess. Die Farbe der Punkte repräsentiert die Nummer des Modellaufrufs. Der blaue Umring grenzt die Zone ab, in der eine Maximalkonzentration von 50 mg/l auftreten darf. Der grüne Umring stellt die Zone der potentiellen Anlagenstandorte dar.	22
Abbildung 8:	Bewegung der vom Algorithmus PSS geprüften Standorte über den Optimierungsprozess. Die Farbe der Punkte repräsentiert die Nummer des Modellaufrufs. Der blaue Umring grenzt die Zone ab, in der eine Maximalkonzentration von 50 mg/l auftreten darf. Der grüne Umring stellt die Zone der potentiellen Anlagenstandorte dar.	22
Abbildung 9:	Lage der besten Ergebnisse der Standortoptimierung mit PSS für die Varianten mit einem, zwei und fünf Abfangbrunnen mit angenommenen Pumpmengen [m ³ /d].....	24
Abbildung 10:	Das als Werkzeug genutzte Grundwasserströmungsmodell für den linken Niederrhein unter FEFLOW®.	26
Abbildung 11:	Lage des Testgebietes (violett) zu Genossenschaftsgebiet (schwarz) und Modellgebiet (rot).	27
Abbildung 12:	Geplante Vertriebsstruktur für Grid-Lizenzen und -Services	33



1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

In der Wasserwirtschaft dienen Simulationssysteme (häufig Finite-Element-Modelle FEM) der Unterstützung von Planungs- und Entscheidungsprozessen, die oftmals weitreichende Folgen hinsichtlich der Umwelt (z. B. Wasserqualität) aber auch der Effizienz eingesetzter Mittel (Investitions- und Betriebskosten) besitzen. Besonders anspruchsvoll sind solche Simulationen für Grundwasserströmungs- und Stofftransportprozesse in einem dreidimensionalen heterogenen Medium. Veränderungen in Grundwassersystemen laufen teilweise über Jahrzehnte ab (z. B. bei Grundwassersanierungen) und haben regionale Auswirkungen (z. B. im Braunkohlebergbau). Dementsprechend sind technische Maßnahmen für das Grundwassermanagement oftmals sehr kostenintensiv.

Um solche Auswirkungen zu minimieren, ist es daher in der Planung unerlässlich, Maßnahmen in komplexen Grundwassersystemen multiskalar zu analysieren, zu planen und durch Optimierung die Effizienz und Wirtschaftlichkeit technischer Maßnahmen des Grundwassermanagements zu erhöhen. Die Komplexität der Prozesse sowie der dafür erforderlichen Modelle lassen die herkömmliche Szenarioanalyse einer hinreichenden Zahl von Planungsalternativen oftmals ebenso wenig zu wie eine multiskalare Betrachtung der erwogenen Maßnahmen. Ein spezielles Problem sind die mit der Heterogenität des (unsichtbaren) unterirdischen Mediums verbundene Unsicherheit in Modellparametern, die nur durch extrem aufwändige Parameterstudien gemindert werden kann. Suboptimale oder sogar Fehlplanungen können weitreichende Folgen sowohl technischer Art als aus der Sicht des Umweltschutzes haben, die oftmals aufgrund der sehr langwierigen Prozesse erst mit erheblicher Verzögerung sichtbar und daher nur schwer korrigierbar sind.

Die Aufgabe des Arbeitspaketes 2.5 war daher die Umsetzung einer Grid-basierten Infrastruktur, die es Unternehmen, Forschungseinrichtungen, wasserwirtschaftlichen Verbänden und Behörden gestattet, Grid-Technologie für das Grundwassermanagement einfach und kosteneffizient in ihren Planungs- und Entscheidungsprozessen zu nutzen. Hierzu sollte die Simulationssoftware FEFLOW® als Service in die Grid-Umgebung integriert und um Dienste ergänzt werden, die zur Lösung der entsprechenden Aufgaben genutzt werden können. Wesentlich hierbei war, dass zur Nutzung des Systems überwiegend nur das disziplinäre Expertenwissen über das Grundwassermanagement und die Prozesssimulation gefordert ist, und nur Grundkenntnisse der Modellkopplung und Optimierung benötigt werden.

Im Detail sollten folgende Dienste für den Anwender bereitgestellt werden:

- Bereitstellung von Hard- und Softwareressourcen: Der Anwender ist Nutzer der Software FEFLOW und hat sein Grundwassermodell bereits aufgebaut. Er möchte in einer begrenzten Zeit auf der Basis des bestehenden Modells Langzeitsimulationen oder/und Parameterstudien unter der Verwendung von Modellvarianten betrachten und erwartet von



der Grid-Lösung die Bereitstellung der bei ihm nicht vorhandenen Soft- und Hardwareressourcen.

- Unterstützung bei der Generierung von Modellvarianten und der Durchführung von Optimierungsläufen und Bereitstellung von Hard- und Softwareressourcen: Der Anwender ist Nutzer der Software FEFLOW® und möchte auf der Basis eines von ihm erstellten Modells Optimierungen für das Grundwassermanagement oder Modellvarianten rechnen. Dazu fehlt neben den Soft- und Hardwarekapazitäten, um die Problemstellung in vorgegebener Zeit zu lösen, auch das Know-how zur Bedienung der Optimierungssoftware oder zur semi-automatischen Generierung von Varianten.

1.2 Voraussetzungen

Die WASY GmbH (jetzt DHI-WASY GmbH) verfügte unter Bezug auf das Vorhaben über sehr gute Voraussetzungen. Diese liegen in:

- umfangreichen Kenntnis moderner Softwaretechnologie z. B. objekt-orientierter Schnittstellen- und Softwareentwurf, der Entwicklung von Web-basierten Benutzerschnittstellen und der Planung und Durchführung firmenübergreifender Softwareprojekte
- der langjährigen Erfahrung mit numerischer Modellierung, speziell Grundwassermodellierung in der Wasserwirtschaft,
- Entwicklung und Vertrieb des weltweit führenden 3D Simulationssystems für Grundwasserströmungs- und Stofftransportprozesse FEFLOW.

Unter Bezug auf das Teilprojekt waren folgende bisherige Arbeiten von WASY von besonderem Interesse:

- Anwendung des Simulationssystems FEFLOW für vielfältige Problemstellungen des Grundwassermanagements, z. B. Sanierungsplanung Premnitz, Optimierung der Wasserhaltung im Bergbaugebiet der LINEG (Links-Rheinische-Entwässerungsgenossenschaft), wasserwirtschaftliche Planung für den Bau des internationalen Flughafens Berlin-Schönefeld, Bewirtschaftungsplanung für Wasserwerke,
- Forschungsprojekt ISSNEW zur Integration von Grundwassermodellierung und GIS
- gemeinsame Forschungsprojekte mit der Universität Siegen zur Kopplung des Simulationssystems FEFLOW mit der Optimierungssoftware OpTix und der verteilten Optimierung.

Vor allem die im Rahmen des Teilprojektes weitergeführte Zusammenarbeit mit der Universität Siegen war Grundlage einer erfolgreichen Projektbearbeitung.

1.3 Planung und Ablauf

Bei der Planung des Arbeitspaketes 2.5 wurde berücksichtigt, dass die DHI-WASY GmbH zu Projektbeginn keine Erfahrung beim Einsatz von Grid-Technologien besaß. Um dennoch frühzeitig Ergebnisse zu erzielen und möglichen Verzögerungen vorzubeugen, wurde das Arbeitspaket in