

BUCHBESPRECHUNGEN

"Numerical Simulation of Reactive Flow in Hot Aquifers" von Ch. Clauser (Ed.)

Springer Verlag 2003

Th. Kohl

In einem handlichen, 330 Seiten umfassenden Buch wird das numerische Programm SHEMAT vorgestellt. Die 12 Autoren beschreiben die Anwendungsbreite dieses Programms in unterschiedlich strukturierten Kapiteln, von einführenden Hintergrundkapiteln über Visualisation bis hin zu sieben detaillierten Anwendungsbeispielen. Das im Bereich von Transportvorgängen im Untergrund vielseitig einsetzbare Finite Differenzen Programm SHEMAT V.7.0 (Simulator for HEat and MAss Transport) wurde Ende der 80er Jahre von Ch. Clauser geschrieben und entwickelte sich in der Folgezeit in mehreren Schritten zum heutigen Umfang. Mittlerweile behandelt SHEMAT hydraulische, thermische, Stofftransport- und reaktive chemische Vorgänge sowie gekoppelte Interaktionen. Die meisten Anwender werden sich sicherlich auf die Modellierung von diffusiven bzw. diffusiv - advektiven Vorgängen beschränken, das auch der ursprünglichen Zielsetzung dieses Codes entspricht. Allerdings ist hier unter der Federführung von Michael Kühn ein starkes geochemisches Modul hinzugekommen, welches ausführlich dokumentiert wird. Im Einzelnen eignet sich Shemat zur Berechnung von

- Grundwasserströmung mit konstanter oder mit variabler Dichte, entsprechend Temperatur oder Konzentration
- Konduktiven und advektiven Wärmetransport
- Advektiver Stofftransport gekoppelt mit Wärmetransport und chemischen Reaktionen
- Chemische Reaktionen im Bereich von 0-150°C des Systems Na-K-Ca-Mg-Sr-Ba-Si-H-Cl-SO₄-OH-HCO₃-CO₃-CO₂-H₂O mit Anwendung von Pitzer Gleichungen für geochemische Reaktionen in hochsalinaren Brines.

Mit diesem Buch wird in graphisch ansprechendem Layout ebenfalls eine CD geliefert, die eine ausführliche Dokumentation und - natürlich - das SHEMAT Programm enthält. Das Programm sollte auf allen Rechnern mit einem aktuellen Windows Betriebssystem laufen. Eine Installationsanleitung liegt bei, die CD ist ebenfalls mit einer ausführlichen Hilfe-Funktionalität ausgerüstet. Die CD gliedert sich in folgende vier Teile, die der Beschreibung des Buches folgen und diese komplettieren: Processing Shemat, Shemat Tutorial, Shemat Applications, Shemat Verifications. Letztere ist besonders wichtig für neue Nutzer, da hier die Beispiel-Datensätze beschrieben sind. Hervorzuheben ist, dass dieses Programm längst den früher typischen benutzer-unfreundlichen Zustand - mit getrennter numerischer Berechnung und graphischer Aufbereitung - überwunden hat. Mit dem beigelegten Graphischen Benutzer Interface "Processing Shemat" wird die visuelle und druckfertige Ausgabe der SHEMAT Berechnungen gewährleistet.

Trotz seiner möglichen einfachen Anwendung sollte jedoch auf die Gefahren hingewiesen werden, die sich aus einer allzu schnellen Umsetzung ergeben können. Bereits die einführende Beschreibung der physikalischen Prozesse mit Differentialgleichung illustriert die Notwendigkeit, sich intensiv mit der Materie zu befassen. Auch die komplexen Anwendungsbeispiele und Verifikationen weisen auf mögliche numerische Problematiken hin. Die erwähnten Beispiele, wie der klassische "Rotierenden Kegel" zur Dokumentation des reinen Upwind-Verfahrens bzw. des diffusiv korrigierten Smolarkiewicz Upwind Verfahren oder das "Henry Problem" zur Dokumentation von gravitativen Dichteeffekten, werden ausführlich besprochen.

In diesem Buch werden ebenfalls eine Darstellung von geochemischen Fragestellungen (Debye-Hückel vs. Pitzer) oder Fraktale Porositäts-Permeabilitätsbeziehungen behandelt. Die Komplexität der hierzu notwendigen Modellierung wird aktuell von mehreren Forschungsgruppen behandelt, in die sich SHEMAT mit dieser Veröffentlichung gut positioniert. Wie bereits erwähnt, wird dies nur Interesse für einen kleinen Leserkreis finden. Es mag dabei hingewiesen werden, dass die Mehrzahl der dokumentierten Anwendungen sich auf zweidimensionale Problemstellungen bezieht. Die prinzipiell mögliche, und hier auch dokumentierte Dreidimensionalität wird aufgrund der notwendigen orthogonalen Diskretisierung bei Finite-Differenzen Verfahren in der Praxis nur bei bestimmten Situationen möglich sein. Eine breitere Darstellung von Vor- und Nachteilen unterschiedlicher numerischer Verfahren kann von diesem auf SHEMAT fokussiertem Buch nicht erwartet werden.

Anhand einer umfangreichen Referenzliste lassen sich einzelne Aspekte vertiefen. Ein großer Vorteil beim Kauf dieses Buches ist die laufende Aktualisierung von neueren Versionen. Für den Preis von ~180 € lässt sich schwerlich mehr kompakte Information und Anwendung finden. Den Autoren des von Ch. Clauser editierten Buches "Numerical Simulation of Reactive Flow in Hot Aquifers" ist eine umfangreiche, gut beschriebene Darstellung von numerischer Aufgabestellung und Lösung gelungen.

First CHAMP Mission Results for Gravity, Magnetic and Atmospheric Studies

L. Engelhard, Braunschweig

Christoph Reigber, Hermann Lühr und Peter Schwintzer

302 Figs., 49 Tabs., XIV, 560 S., 944g

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2003

EUR 149,95 (SFR 242,50; GBP 105,00; US \$ 179,00)

ISBN 3-540-00206-5

Das Satellitenprojekt **CH**allenging **M**inisatellite **P**ayload (CHAMP) entstand als ein Pilotprojekt zur Entwicklung und Förderung von Hochtechnologie und Weltraumtechnologie in den neuen Bundesländern. Mehr als 80% der Entwicklungskosten wurden an Industrie-firmen aus diesen Bundesländern vergeben. Die technische Entwicklung und die Betriebsführung lag beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), die Gesamt-Projekt-leitung beim GeoForschungsZentrum (GFZ) in Potsdam. Die wissenschaftlichen Messungen hingegen sowie die Datenauswertungen und Dateninterpretationen werden von mehr als 150 Forschergruppen auch aus der Breite der internationalen „scientific community“ beigetragen. Die Zielvorgaben, nämlich die Erkundung des Schwerefeldes und des Magnetfeldes der Erde sowie Sondierungen der Atmosphäre, „...to gain a better understanding of dynamic processes taking place in the Earth's interior and in the space near Earth“ (aus dem Vorwort der Herausgeber), erforderten eine niedrige Umlaufbahn (ca. 450 km beim Start) mit hoher Bahninklination, so dass auch die polaren Bereiche der Erde gut überdeckt werden. Zur genauen Bestimmung der Position und der Orientierung des Satelliten trägt dieser u.a. einen Sternsensor, einen GPS-Empfänger und einen Laser-Reflektor. Nach dem Start (15.07.2000) konnte, nach einer etwa 9-monatigen technischen Überwachungsphase, ab etwa Mai 2001 mit einem seither ununterbrochenen Datenstrom begonnen werden, das wissenschaftliche Potential der CHAMP-Mission auszuschöpfen.

Das Buch ist eine Sammlung von insgesamt 75 (einem peer review unterzogenen) Einzelbeiträgen von hohem wissenschaftlichem Niveau, die aus den Beiträgen zum *First CHAMP Science Meeting* (Potsdam, 21.-24. Jan. 2002), hervorgegangen sind. Dieses war der Darstellung von Satelliteninstrumenten, erster Ergebnisse der Datenauswertungen, aber auch den Perspektiven für die künftige

Interpretationsarbeit gewidmet. Die drei Hauptkapitel, I: Orbit and Earth Gravity Field, II: Earth Magnetic Field, III: Neutral Atmosphere and Ionosphere, gliedern die in dem Buch zusammengefassten Aufsätze. Es fällt nicht leicht, aus der Fülle des dargebotenen Materials einige Höhepunkte herauszugreifen, weil man damit Gefahr läuft, andere, nicht minder aufregende Ergebnisse als geringerwertig erscheinen zu lassen. Es ist die Auswahl dann eine Frage der persönlichen Neigungen, wenn man dennoch auf einige der in diesem Buch vorgestellten Beiträge eingehen will.

Es ist wohl zum ersten Male, dass ein 3-achsiges Beschleunigungsmessgerät (accelerometer) auf einem Satelliten eingebaut wurde. Mit Hilfe von elektrostatischen Kräften wird eine Probemasse, die sich im Massenmittelpunkt des Satelliten befindet, im Gleichgewicht gehalten. Damit erscheinen dann alle nicht gravitativen Kräfte (z.B. Luftreibung des Satellitenkörpers, Winde, Strahlungsdruck des Sonnenlichts) als messbare Beschleunigung an der schwebenden Probemasse. Die Empfindlichkeit dieses Systems liegt bei weniger als $3 \cdot 10^{-8}$ Gal. U.a. finden sich in den Daten des accelerometers thermosphärische Ereignisse, die von einer Aufheizung der Atmosphäre durch Teilchen aus dem solaren Wind herrühren und zu einer Aufheizung der Atmosphäre an den polaren Spiegelunkten der magnetischen Flasche im Konvergenzbereich der Magnetfeldlinien herrühren. Auf der anderen Seite liefert der GPS-Empfänger die Bahndaten des Satelliten mit einer Genauigkeit von wenigen Zentimetern. Unter Abzug der nicht gravitativen Kräfte kann daraus dann das Schwerfeld bzw. das Geoid mit großer Genauigkeit ermittelt werden. Dabei treten nun auch dynamische Schwereänderungen ins Blickfeld, z.B. solche, welche Abweichungen der Meeresoberfläche von der Geoidfläche infolge ozeanischer Zirkulation widerspiegeln. Ein Ergebnis aus der anfänglich nur 12 Monate währenden Datensammlung ist nun ein erheblich verbessertes Schwerfeld-Modell der Erde bis zum Grade und Ordnung 120 der Kugelfunktionsentwicklung (für die Geoidfläche). Die Schwerfelddaten von CHAMP führen, zusammen mit Laser-Messungen auch anderer Satelliten, zu einer erheblichen Verbesserung der Bestimmung der zeitlichen Änderung des Schwerfeldes, die sowohl jahreszeitliche als auch säkulare Trends zeigen. Jahreszeitliche Schwankungen sind hauptsächlich auf ozeanische Massenverlagerungen und globale Grundwasserschwankungen zurückzuführen (die atmosphärischen jahreszeitlichen Massenverlagerungen werden mit den CHAMP-Daten über die Atmosphäre herauskorrigiert). Säkulare Trends rühren von Prozessen der Mantelkonvektion und von der Einregelung eines neuen isostatischen Gleichgewichts nach dem Abschmelzen der Eisaufgabe der letzten Eiszeit in den höheren Breiten her. Im Rahmen der Kenntnis des genauen Schwerfeldes aus den Messungen von CHAMP können die Hauptträgheitsmomente der Erde und deren zeitliche Veränderungen sehr genau angegeben werden (Koeffizienten zum Grade 2 der Kugelfunktionsentwicklung). Damit lassen sich Rotationsschwankungen der Erde ableiten, die dann mit direkten Beobachtungen der Erdrotation verglichen werden können. Dabei müssen sogar die Einflüsse stärkerer Erdbeben auf die Trägheitsmomente berücksichtigt werden.

Zur Erfassung des Erdmagnetfeldes hat CHAMP ein Fluxgate-Vektor-Magnetometer sowie ein Overhauser-(Skalar) Magnetometer an Bord. Mit Hilfe zweier Sternsensoren werden die magnetischen Vektordaten in ein geophysikalisches Koordinatensystem transformiert. Verschiedene, subtile „inflight“-Kalibrierungen, unter Einbeziehung des Overhausermagnetometers, führen schließlich auf eine absolute Genauigkeit von unter 2 nT, während die relative Genauigkeit zu weniger als 0,5 nT auf die Bogenlänge eines halben Erdumlaufes abgeschätzt wird. Die meisten Beiträge zu den Magnetfeldmessungen von CHAMP behandeln die Entwicklung von Modellen des Erdmagnetfeldes sowie der Säkularvariation, unter Hinzuziehung von Messungen schon früher in das Orbit gebrachter Satelliten (z.B. Magsat und die beiden Oersted-Satelliten). Genauere Untersuchungen zur Analyse der magnetischen Signaturen des äquatorialen Ringstroms und magnetosphärischer Stromsysteme dienen nicht nur der tieferen Einsicht in diese Phänomene selbst, sondern auch, zusammen mit Bodenmessungen, dem Herauspräparieren des erdmagnetischen Innenfeldes. Dieses seinerseits enthält das Magnetfeld aus dem Erdkern, welches sich in den niedrigen Graden (und Ordnungen) der Kugelfunktionsentwicklung widerspiegelt (etwas willkürlich bis zum Grade 14 gezählt) und das Feld der magnetisierten Erdkruste bzw. Lithosphäre. Das lithosphärische Magnetfeld liegt - zum Zeitpunkt der Niederlegung der Beiträge dieses Buches (Jan.2002) - zuverlässig bis zum Grade (und

Ordnung) 65 vor. Wie erwartet, zeigt das lithosphärische Magnetfeld deutliche Unterschiede zwischen kontinentalen und ozeanischen Bereichen. Es erscheint im Kontinent „rauher“ als in ozeanischen Gebieten. Ein besonderes Augenmerk verdienen Magnetfeldmessungen von Erdsatelliten mit niedriger Umlaufbahn hinsichtlich langwelliger magnetischer Anomalien, die durch erdgebundene Messungen wegen der notgedrungen großen räumlichen Erstreckung schwerlich entdeckt werden können. Hierzu zeigt das Buch bereits einige Ansätze, man darf aber natürlich nicht vergessen, dass in den Beiträgen der Auswertestand nach kaum 9 Monaten Datensammlung dargelegt wird; hier also wird man künftig noch auf weitere Entdeckungen hoffen können.

An Bord des CHAMP-Satelliten wird ein kontinuierlich arbeitendes GPS-System betrieben, welches, neben der Aufgabe einer genauen Positionsbestimmung, für zahlreiche weitere passive Experimente genutzt wird. Sehr viele Beiträge in dem besprochenen Buch behandeln die Beobachtungen von GPS-Signalen bei der Erde streifendem Einfall des Verbindungsstrahls (radio occultation). Dies erlaubt einmal, die atmosphärische Temperatur und den Wasserdampfgehalt in Abhängigkeit von der Höhe in großem Detail bis hinab in die tiefe Troposphäre zu bestimmen. Dank der globalen räumlichen und der dichten zeitlichen Belegung mit solchen Okkultationen (bis zur Erstellung der Beiträge zu diesem Buch waren es bereits mehr als 40.000) können diese Temperatur- und Feuchteprofile auch eine gute und verlässliche Basis für globale Klimamodelle darstellen. Da die GPS-Signale auf zwei Frequenzen beobachtet werden, kann aber auch - wie dies schon von GPS-Bodenmessungen erprobt ist - die integrierte Elektronendichte, der Gesamtelektronengehalt, längs des Verbindungsstrahls vom GPS-Satelliten zu CHAMP bestimmt werden. Bei Okkultationsbeobachtungen lässt sich daraus leicht ein genaues Höhenprofil der Elektronendichte der Ionosphäre ableiten (ionospheric radio occultation). Schließlich kann man aber auch, wenn man Strahlwege auswertet, die den gesamten Raum überdecken und nicht nur den streifenden Einfall, eine 3D-Durchleuchtung der oberen Ionosphäre und der Plasmasphäre bis hinauf auf Höhen von etwa 20.000 km gewinnen. Für einen Erdumlauf des CHAMP-Satelliten hat man bis zu 4.000 solcher „links“ mit verschiedenen GPS-Satelliten. Die Umsetzung des Gesamtelektronengehaltes längs des Strahls in eine 3D-Elektronendichteverteilung geschieht dann entweder auf der Basis von parametrisierten Ionosphäre-/Plasmasphäre-Modellen oder durch eine Inversion, die nicht unähnlich jener ist, die man in der Seismologie kennt.

Mit diesem Abriss über einige Höhepunkte dieses Buches möchte ich „Appetit“ machen, in einzelne Beiträge, die sämtlich gut lesbar und stringent formuliert sind, tiefer einzudringen. Vorwiegend werden die geophysikalischen Aspekte aufgezeigt, die durch innovative Technik, die bei CHAMP verwirklicht wurde, nun neu zu unserem geowissenschaftlichen Wissen hinzugetreten sind oder noch hinzutreten werden. Den Herausgebern und dem Verlag muss man Dank und Anerkennung zollen, dass sie dieses Sammelwerk haben herausbringen können, welches schlaglichtartig den Blick auf den (fast) aktuellen Stand der Möglichkeiten von geo-physikalischen Messungen von Erdsatelliten aus auch dem öffnet, der nicht dem engeren Kreis der unmittelbar an den Experimenten beteiligten Wissenschaftlern zugehört.

Frontiers in Geo- and Paleomagnetism

***A colloquium in honor of Prof. Heinrich Soffel, former chair of
Geophysics at Munich University, to be held at the
Bavarian Academy of Sciences on February 12, 2004***

The colloquium will bring together a group of leading scientists worldwide to discuss coming challenges and directions in the field of geo- and palaeomagnetism. Presentations of 45 min each by the invited speakers will be followed by discussions. The one-day meeting will be held at the Royal Residence in downtown Munich and will conclude with a festive "Bavarian" dinner.



Invited speakers:

**Subir K. Banerjee, Minneapolis
Vincent Courtillot, Paris
Richard Holme, Liverpool
Andrew P. Roberts, Southampton
John A. Tarduno, Rochester
Rob van der Voo, Michigan**

**GEO
LMU**

For further information please see our website www.geophysik.uni-muenchen.de or email michaelw@LMU.DE

Programme committee: Valerian Bachtadse, Hans-Peter Bunge, Nikolai Petersen, Michael Winklhofer

Department of Earth and Environmental Science, Geophysics Section, University of Munich
Theresienstr. 41, D-80333 Munich, Germany; Tel 0049 89 2180 4226 Fax: 0049 89 2180 4205

DEUTSCHE GEOPHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT e.V.



Aufnahmeantrag

Änderungsmeldung
(bitte nur die zu ändernden Daten eintragen)

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft
c/o W. Webers
GeoForschungsZentrum Potsdam
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Bearbeitungsvermerke:

Name, Vorname, Titel: _____ Geburtsdatum: _____

Anschrift privat: _____

Anschrift dienstlich: _____

Tel.: _____ Fax: _____

e-mail: _____

Art der Mitgliedschaft:

- persönlich
- korporativ (Institut, Firma)
- mit Zeitschrift GJI
- ohne Zeitschrift GJI

Versand der Mitteilung, Zeitschrift usw. an: Dienstadresse Privatadresse

Aufnahme gewünscht ab: sofort oder Jahr _____

Zahlung der Beiträge: gegen Rechnung Einzugsermächtigung (bitte ausfüllen)

Folgende Mitglieder der DGG gebe ich als Referenz an (§ 4.4 der Satzung):

1) Name, Ort: _____

2) Name, Ort: _____

(Ort, Datum) (Unterschrift)

EINZUGSERMÄCHTIGUNG:

Hiermit erteile ich der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) die Erlaubnis, den
 DGG Mitgliedsbeitrag sowie falls zutreffend die Kosten GJI.
von meinem Girokonto per Lastschrift abzubuchen. Die Erlaubnis gilt bis auf Widerruf.

Name: _____

Anschrift: _____

Kontonummer: _____ Bankleitzahl: _____

Name der Bank: _____

Ort, Datum, Unterschrift