Fazies und Diagenese des Norddeutschen Zechsteins anhand von Bohrlochmessungen

Autor(en): **Hock, M. / Stowe, I.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **54 (1988)**

Heft 127

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-211746

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., Vol. 54, Nr. 127, Oktober 1988 - S. 25-30

Fazies und Diagenese des Norddeutschen Zechsteins anhand von Bohrlochmessungen

mit 1 Figur

M. HOCK* und I. STOWE**

Abstract

Sedimentary facies and their diagenetic equivalents in Zechstein carbonates and adjacent evaporites are determined from wireline logs using a petrophysical database calibrated in 14 key wells. The selected key wells have between 8 and 100% core cover with 49% on average, and a logging suite consisting of density, neutron, photo-electric factor (Pe), sonic, gamma ray, deep, shallow and micro-resisitivity logs. The database was constructed in three major steps:

(A) A volumetric analysis including mineralogic composition, porosity and saturations was computed using an iterative minimisation program and checked against petrophysical core data, petrographic data provided by core description, and mineralogical data based on micorscopy and x-ray analysis. Principal minerals were calcite, dolomite, anhydrite, and halite, with occasionally significant amounts of potassium salts, pyrite, clay, sulfur and bitumen. Gas corrections based on the calculated saturations were used to normalize the logs for each key well.

(B) The gas-corrected log data were then grouped using a cluster analysis of their principal components to obtain electrofacies for each single well. These electrofacies were matched with geological facies defined from the petrographic core descriptions.

(C) Log data values of similar electrofacies from the individual key wells were plotted in 10 two-dimensional multiwell-crossplots. To avoid ambiguities produced by the cluster analyses an independant five-dimensional ellipsoid was created from the multiwell-crossplots for each geological facies. The defined ellipsoids were combined to form a petrophysical database.

In general the following carbonate facies with significant differences in log responses are distinguished based on different mineralogy and porosity types:

— replacement dolomites such as mudstones, mouldic mudstones, wacke-, grain- and packstones, which show a curved density/neutron response;

— replacement and recrystallized dolomites as above, but evaporite cemented with anhydrite and/or halite;

— dedolomites including layered, nodular (concretionary), vuggy types and calcite-cemented grainstones;

— limestones divided into micrites, sparitic mudstones, wacke-and grainstones.

Petrophysically significant traces of minerals such as pyrite and evaporite mixes also require separate ellipsoids, resulting in 48 carbonate and 24 evaporite lithofacies.

The correctness of the database was verified on three cored test wells. Evalutation using old logging suites consisting of density, sidewall or gamma-ray neutron, gamma ray, sonic and laterolog seven is now also performed. Routine application of the database provides complete facies descriptions in uncored sections and wells for use in geological profiles and facies maps.

* BEB Erdgas und Erdöl GmbH, Riethorst 12, 3000 Hannover 51, BRD
** Schlumberger Log Services B.V., Den Haag, Niederlande

Zusammenfassung

Sedimentäre Fazies der Zechstein Karbonate und deren diagenetische Überprägung werden anhand von Bohrlochmessungen bestimmt. Eine entprechende petrophysikalische Datenbasis wurde an Kernen von 14 Schlüsselbohrungen geeicht und basiert auf folgenden Messungen: Dichte, Neutron-Porosität, Photoelektrischer Effekt (Pe), Sonic-Log, Gamma Ray.

Die Datenbasis wurde durch die Kombination verschiedener statistischer Verfahren wie Crossplot-Techniken, Cluster-Analysen und der Berechnung von Wahrscheinlichkeitsellipsen aufgebaut und erlaubt die Unterscheidung von 48 unterschiedlichen Karbonat- und 24 Evaporit-Lithofazies.

Einleitung

Eine Faziesanalyse anhand von Bohrlochmessungen in komplexen Karbonaten wurde von ASQUITH (1979) , BASHAM & DORFMAN (1983) und DORFMAN & DUPREE (1985) mit zwei- bzw. dreidimensionalen Crossplot-Techniken versucht, die aber nur in verwässerten Bohrungen eine sehr grobe Faziesuntergliederung zuliessen.

Eine detailliertere Faziesuntergliederung erlaubt eine Cluster-Analyse (WOLFF & PELISSIER COMBESCURE, 1982). Diese mehrdimensionale Methode hat jedoch den Nachteil, dass die Faziesuntergliederung ausschliesslich auf einer statistischen Analyse der Bohrlochmessungen in einer einzelnen Bohrung beruht. Ähnliche geologische Fazies in verschiedenen Bohrungen können zu überlappenden Clustern im mehrdimensionalen Raum führen, ohne dass dies unmittelbar feststellbar wäre. Eine Faziesuntergliederung in weiteren Bohrungen mit diesen zu einer Datenbasis kombinierten Clustern kann daher zu zwei- oder gar mehrdeutigen Ergebnissen führen.

Eine petrophysikalische Datenbasis beruhend auf Wahrscheinlichkeitsellipsen für die Log-Parameter verschiedener Sedimenttypen wurde von DELFINER et al. (1984) vorgestellt. Diese Methode definiert Wahrscheinlichkeitsellipsen ausschliesslich für lithologische Faziestypen, die mit herkömmlichen petrographischen Methoden an Kernen bestimmt wurden, ohne jedoch das tatsächliche Auflösungsvermögen der Bohrlochmessungen zu berücksichtigen. Die publizierten Beispiele zeigen, dass eine detaillierte Faziesuntergliederung in komplexen Karbonaten mit einer derart generalisierenden Datenbasis nicht zu einem adäquaten Ergebnis führt.

In der vorliegenden Studie wurden die Ergebnisse der Cluster-Analyse mit Hilfe von Crossplot-Techniken in Wahrscheinlichkeitsellipsen überführt. Diese Kombination verschiedener statistischer Verfahren (STOWE & HOCK, 1988) erlaubt eine detaillierte lithologische Faziesuntergliederung (Fig. 1), indem das Auflösungsvermögen der Bohrlochmessungen optimal ausgenutzt wird.

Methodik der Logauswertung

Die Rohdaten aus den Bohrlochmessungen müssen in einem aufwendigen Prozess für eine Faziesanalyse aufbereitet werden. Dazu gehört die Überprüfung der Kalibrationen und der Messgenauigkeit einschliesslich der Reproduzierbarkeit der Messung (log quality control), eine präzise Teufenkorrektur (depth matching) sowie die Korrektur von Einflüssen der hangenden und liegenden Schichtpakete (shoulderbed-effects).

Volumetrische Analyse

Aus den so aufbereiteten Logs werden die mineralogische Zusammensetzung sowie die Porosität und anhand der Widerstandsmessungen (Dual-Laterolog und Mikrowiderstand) die Sättigungsverhältnisse der Gesteinsformation berechnet (GLOBAL*; MAYER & SIBBIT, 1980). Die Ergebnisse dieser volumetrischen Analyse werden anhand von Kerndaten verifiziert.

Gaskorrekturen

Die in der volumetrischen Analyse errechnete Wassersättigung wird benötigt, um die Dichtemessung, den photoelektrischen Effekt und die Neutron-Porosität für Gaseffekte zu korrigieren.

Cluster-Analyse

Die drei gaskorrigierten Logs sowie das Sonic-und Gamma-Ray-Log (insgesamt 5 Kurven als Eingabe) werden normalisiert und mit Hilfe eines Cluster-Programms (FACIOLOG*; WOLFF & PELISSIER-COMBESCURE, 1982) in Elektrofazies gruppiert (5-dimensional cluster). Durch Vergleiche mit Kernen werden den Elektrofazies entsprechende lithologische Faziestypen zugeordnet.

Crossplot-Analyse und petrophysikalische Datenbasis

Für jeden so bestimmten Faziestyp werden die zugehörigen 5-dimensional Cluster aus allen 14 Schlüsselbohrungen in ihren 10 zweidimensionalen Schnitten dargestellt, um Überschneidungen verschiedener Lithofazies auszuscheiden und die Konsistenz der Ergebnisse aus den Cluster-Analysen zu überprüfen. Erst für dermassen statistisch und petrographisch gesicherte Elektrofazies werden Wahrscheinlichkeitsellipsen berechnet und in einer petrophysikalischen Datenbasis zusammengefasst (Litho analysis process* nach DELFINER et al., 1984).

Diese Datenbasis wurde anhand der Schlüsselbohrungen sowie an 3 unabhängigen, gekernten Bohrungen auf die Zuverlässigkeit ihrer Aussagen erfolgreich getestet.

Beschreibung der Lithofazies

Die Karbonat-und Evaporit-Lithofazies sind in STOWE & HOCK (1988) ausführlicher beschrieben. Es folgt eine sehr geraffte Darstellung.

---

* mark of Schlumberger

Karbonatfazies

Die Datenbasis erlaubt die Unterscheidung von insgesamt 48 Karbonatfazies, die in fünf Hauptgruppen untergliedert werden können:

— Verdrängungsdolomite (replacement dolomites) wie mudstones, mouldic mudstones, wacke-, grain- und packstones;

— rekristallisierte (zuckerkörnige) Dolomite (sucrosic dolomite in Fig. 1), die durch Mikrolösungsprozesse (microsolution) mit gleichzeitiger Sammelkristallisation und evtl. anschliessender Kompaktion gebildet wurden;

— Evaporit-zementierte Dolomite mit Anhydrit und/oder Halit;

— Dedolomite (Rekalzitisierung) mit der Unterscheidung geschichteter und konkretionärer Gefügetypen sowie von «vuggy dedolomites» (Fig. 1);

— Kalke wie Mikrit und Sparit (Fig. 1), wacke- und grainstones mit verschiedenen Porentypen und unterschiedlichen Stadien der Calcitzementation.

Evaporitfazies

Die 24 verschiedenen Evaporittypen sind durch unterschiedliche mineralogische Zusammensetzung gekennzeichnet (z.B. calcareous anhydrite oder dolomitic anhydrite, Fig. 1). Eine geologisch-fazielle Beschreibung im engeren Sinne ist einmal wegen meist fehlender Kerne und auch mit den verwendeten Logs nicht möglich, da verschiedene Sedimentstrukturen der dichten Anhydrite (z.B. chicken wire gegenüber laminiertem Anhydrit) bei fast gleicher mineralogischer Zusammensetzung von den eingesetzten Messsonden nicht aufgelöst werden.

Interpretation und Anwendung der Lithofazies-Auswertung

Die wahrscheinlich frühdiagenetisch gebildeten «replacement dolomites» haben die sedimentären Strukturen am besten bewahrt und erlauben ebenso wie die Evaporit-zementierten Dolomite (Sabkha) eine direkte, wenn auch vereinfachte Rekonstruktion des Ablagerungsraumes.

Viele Lithofazies wie die rekristallisierten Dolomite, die Dedolomite und Kalke sind jedoch durch diagenetische Prozesse derart überprägt, dass die Sedimentstrukturen z.T. völlig verwischt sind. Eine Rekonstruktion des Ablagerungsmilieus ist hier nur noch indirekt nach einer Interpretation der diagenetischen Entwicklung möglich.

Für die Kohlenwasserstoff-Exploration im Norddeutschen Zechstein sind jedoch Mächtigkeitskarten einzelner Lithofazies ebenso wie geologische Profile vorteilhaft, die aus Daten dieser Art Loginterpretationen gewonnen werden, da die petrophysikalische Faziesuntergliederung neben Unterschieden in der mineralogischen Zusammensetzung im wesentlichen auf den angetroffenen Porositätstypen und -volumen beruht.

Fig. 1 Vergleich zwischen Kernbeschreibung, volumetrischer Analyse (GLOBAL*), Elektrofazies der Cluster-Analyse (FACIOLOG*) und LITHO*-Fazies.

Schlussfolgerungen

Eine lithologisch-fazielle Auswertung durch die Kombination verschiedener statistischer Verfahren erlaubt eine detaillierte Faziesuntergliederung komplexer Karbonate anhand von Bohrlochmessungen und ermöglicht somit reduzierte Kernprogramme und dadurch eine Reduzierung der Bohrkosten. Die Voraussetzungen dafür sind:

— die Beschreibung einer geologischen Formation anhand von Bohrlochmessungen erfordet eine für diese spezifische Formation geeichte petrophysikalische Datenbasis;

— Schlüsselbohrungen für eine Datenbasis müssen eine gute Kernabdeckung aufweisen und alle zu erfassenden Faziestypen enthalten;

— alle Bohrungen müssen mit dem möglichst gleichen, relativ vollständigen Messprogramm abgedeckt sein;

— die petrophysikalische Datenbasis kann nicht besser sein als die petrographische Beschreibung der Schlüsselbohrungen, die so schematisch, detailliert und präzise wie möglich sein sollte;

— die Methodik erfordert eine enge und intensive Zusammenarbeit zwischen Petrographen und Petrophysikern.

Danksagung

Die Autoren danken BEB Erdgas und Erdöl GmbH und Schlumberger Log Services für die Erlaubnis zur Publikation dieser Studie, die im Oktober 1985 von Dr. D. BETZ angeregt wurde. Die petrographischen Arbeiten wurden wesentlich mitbestimmt von Dr. M. ZIEGLER, Dr. J. ZIMDARS, Dr. M. SCHORR und Dipl. Geol. C. STROHMENGER. An der Entwicklung der Methodik sind nicht zuletzt durch notwendige software-Modifikationen O. SERRA, P. DELFINER und J.C. LEVERT (Schlumberger, Paris) beteiligt.

Literaturverzeichnis

ASQUITH, G. B. (1979): Subsurface depositional models — a concise review, Tulsa, Penn Well, 121 pp.

BASHAM, W. H. and DORFMAN, M. (1983): Facies characteristics of carbonates by use of well logs, Sligo Formation (Lower Cretaceous), South Texas. SPWLA 24th Annual Logging Symposium Trans., Vol. 2, Calgary, June 27 — 30.

DELFINER, P.C., PEYRET, O. and SERRA, O. (1984): Automatic determination of lithology from well logs., 59th Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers, Houston, Sept. 16-19.

DORFMAN, M. and DUPREE, J. (1985): New techniques for facies determination of carbonates by use of well logs., 3rd AGIP SPA, Rome, Apr. 16-18, Proc., Vol. 1,p. 13-23.

MAYER, C. and SIBBIT, A. (1980): GLOBAL, a new approach to computer processed log interpretation., 55th Annual Fall Technical Conference and Exhibiton of the Society of Petroleum Engineers of AIME, Dallas, Sept. 21-24, SPE paper 9341.

STOWE, I. and HOCK, M. (1988): Facies analysis and diagenesis from well logs in the Zechstein carbonates of Northern Germany., SPWLA 29th Annual Logging Symposium Trans., Vol. 2, paper HH, San Antonio, June 5-8.

WOLFF, M. and PELISSIER-COMBESCURE, J. (1982): Faciolog — Automatic electrofacies determination., SPWLA 23rd Annual Logging Symposium Trans., Houston, July 6-9.