

## Ringstrukturen in Nord-Deutschland

BARBARA THEILEN-WILLIGE, Stockach & GÖTZ SCHNEIDER, Stuttgart

**Keywords:** Remote sensing, SRTM, LANDSAT, GIS, geology, ring structures

**Summary:** *Ring Structures in Northern Germany.*

This paper focuses on geologic investigations of Shuttle Radar Topography (SRTM 2000) and LANDSAT ETM data from Northern Germany, especially from the Lübeck (Schleswig-Holstein), Salzwedel (Sachsen-Anhalt), and Schwerin (Mecklenburg-Vorpommern) area, for the detection of subsurface structures. Circular structures and linear, topographic features become clearly visible on SRTM derived morphometric maps and on LANDSAT imageries that are obviously related to halokinetic structures and tectonic features in the subsurface.

**Zusammenfassung:** LANDSAT ETM Daten und

digitale Höhendaten auf der Basis der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM 2000) von Nord-Deutschland, insbesondere vom Gebiet um Lübeck, Schwerin und Salzwedel wurden mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung aufbereitet und zusammen mit anderen Geodaten in ein Geografisches Informationssystem (GIS) integriert. Die Auswertung der verschiedenen Bild- und Kartenprodukte wie simulierte Reliefdarstellungen, Hangneigungskarten, Karten der Geländewölbungen, etc. liefern deutliche Hinweise auf Ringstrukturen im Untergrund Nord-Deutschlands, die sich mit Salzstrukturen im Untergrund in Verbindung bringen lassen. So ist auf SRTM basierten morphometrischen Karten und auf LANDSAT-Aufnahmen in der Seenlandschaft nordöstlich von Schwerin eine ringförmige Struktur mit konzentrisch angeordneten Tälern und Erhebungen zu erkennen.

---

### 1 Einleitung

Die Bearbeitungen und Auswertungen digitaler Höhendaten, die seit der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM 2000) weltweit zur Verfügung stehen, haben auch in Deutschland das Spektrum geomorphologischer und strukturgeologischer Untersuchungen erheblich erweitert. Durch morphometrische Karten auf der Basis von SRTM Daten wie simulierten Reliefdarstellungen, Hangneigungskarten oder Wölbungskarten werden oberflächennahe Untergrundstrukturen häufig deutlicher sichtbar, als es mit bisherigen vergleichbaren Datensätzen der Fall war. Dies gilt selbst für das flache Norddeutsche Tiefland. Auf morphometrischen Karten und LANDSAT-

Aufnahmen sind hier ringförmige Strukturen mit konzentrisch angeordneten Tälern und Erhebungen zu erkennen. Deren Entstehung lässt sich offensichtlich mit Salzstrukturen im Untergrund in Verbindung bringen. Im Rahmen dieser Untersuchungen werden Ringstrukturen in der Umgebung der Städte Lübeck, Schwerin und Salzwedel näher untersucht.

### 2 Geologische Situation

Salzformationen des Perms und der Trias, die vor mehr als 200 Millionen Jahren entstanden sind, gerieten im Untergrund Nord-Deutschlands als massenbeweglicher, duktil verformbarer und relativ „leichter“ Gesteinsverband durch Scherspannung in Be-

wegung. Die Salinargesteine sind unter den erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen des post-triassischen Deckgebirges kriechfähig geworden und aus Tiefen über 5000 m teilweise bis an die Erdoberfläche aufgestiegen. Die antreibende Kraft für den Aufstieg von Salzgesteinen in das nichtsalinare Deckgebirge ist die Schwerkraftwirkung bedingt durch Dichteunterschiede zwischen dem spezifisch leichteren Steinsalz im tieferen Untergrund und seiner spezifisch schwereren Bedeckung. Auslösend können auch tektonische Bewegungen an der Basis der Salzgesteine gewesen sein (KOCKEL & KRULL 1995, BGR 2007). Die Salzgesteine erreichten zunächst über das beulenartige Salzkissenstadium in mehreren Schüben schließlich Diapirform. Dabei haben die ursprünglich flach lagernden Schichtverbände komplizierte Lagerungsformen angenommen, deren Deformation rheologischen Gesetzmäßigkeiten folgt.

In der mitteleuropäischen Senke können zwei Hauptrichtungen bei der Anordnung der gestreckten Salzdiapire unterschieden werden: Eine NNE bis N-gerichtete Salzachse, welche mit spätriassisch-jurassischen Extensionsstrukturen zu korrelieren ist und eine WNW bis NW-gerichtete Salzachse, welche kretazischen Kompressionsstrukturen zu zuordnen ist (BALDSCHUHN et al. 1985). Zu vermuten ist, dass es mindestens zwei Phasen starken Salzaufstiegs gegeben hat: eine distensive im Keuper-Jura und eine kompressive während Oberkreide und Alttertiär. Seit der letzten Enteisung erfolgt eine Rückströmung in der Mantel-Asthenosphäre – glaziosostatische Bewegungen. Die Senke dieses Prozesses liegt im Bottnischen Meerbusen und dem umgebenden Fennoskandien. Von Süden her greift die Plattenbewegung Afrikas über die Adria-Platte, die Alpen und die variszischen Schollen als System Oberkruste-Unterkruste bis ins nördliche Mitteleuropa durch.

Ogleich direkte Hinweise auf den Salzaufstieg an der Erdoberfläche Nord-Deutschlands selten zu beobachten sind (LANGER & SCHÜTTE 2002), haben sich Salzstöcke dort nachweislich auch noch seit der letzten Überdeckung mit eiszeitlichen Ablä-

gerungen nachträglich bewegt. An der Oberfläche wurden durch halokinetische Bewegungen und Salzauslaugung einzelne Bereiche gehoben, andere senkten sich. Geringe halokinetische Bewegungen und subrosive Vorgänge sind zum Teil an der Quartär-Basis nachweisbar (KATZUNG 2004). Mit Erreichen der Grundwasserzonen werden die eigentlichen Salze an der Oberkante der Strukturen ausgelaugt; es bleibt ein Rückstand von schwerer löslichen Mineralen (vor allem Anhydrit und Gips) übrig. Dieser „Gipshut“ kann bis über die Oberfläche herausgedrückt werden (z. B. Segeberg, Lüneburg). Meistens herrschen aber Senkungen vor, und es können sich sogar Auslaugungs-Seen bilden (z. B. Arendsee in der nördlichen Altmark). Stärkere Bewegungen sind offenbar auf Salzstrukturen beschränkt, die entlang tektonischer Schwächezonen aufgedrungen sind. So zeigen z. B. im Gebiet von Plön, Schleswig-Holstein wiederholte Feinnivellements Hebungsbeiträge von bis 0,6 mm/Jahr und Senkungsbeiträge von 0,4 mm/Jahr, was auf eine rezente Aktivität der dortigen Störungszonen hindeutet (LEHNE & SIROCKO 2007, SIROCKO et al. 2002). Von diesen Autoren wird eine Interaktion zwischen Tiefenstrukturen, der Salzmobilität und quartärer Eisauflast, also glazio-isostatische Ausgleichsbewegungen, angenommen.

### 3 Arbeitsmethodik

Methoden der Fernerkundung, der digitalen Bildverarbeitung und angewandten Bildinterpretation wurden im Rahmen dieser Arbeit auf ihre Einsatzmöglichkeiten bei der Erfassung von Untergrundstrukturen untersucht. Dazu wurden LANDSAT ETM, TM und ältere MSS-Daten aus den 70-er Jahren in Kombination mit topographischen und geologischen Daten im Geoinformationssystem (GIS) ausgewertet. Zur digitalen Bildverarbeitung der LANDSAT ETM- und SRTM Daten wurde das Programm ENVI 4.3 der Fa. CREASO verwendet, für die GIS Applikationen ArcView GIS 3.3 und ArcGIS 9.2 mit dem GIS-Erweiterungsprogrammen Spatial Analyst

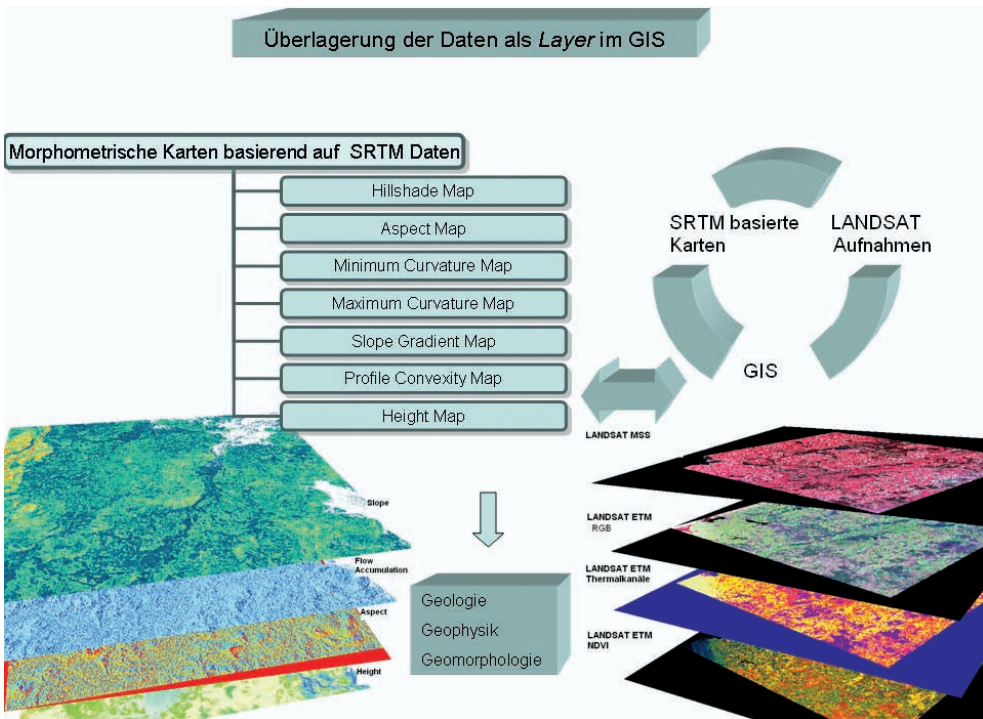
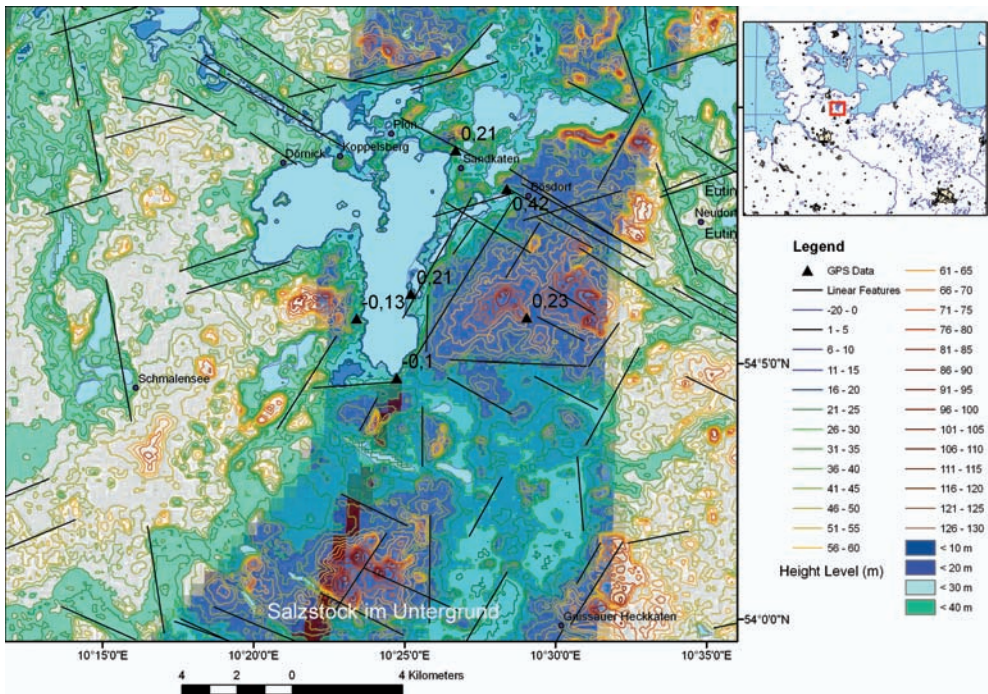


Abb. 1: Überlagerung von LANDSAT- und SRTM Daten im GIS.

und 3D-Analyst der Fa. ESRI sowie die ArcHydro-Tools. Ziel der Bildverbesserungen war die Hervorhebung von geologischen Strukturen (Bruch- und Störungszonen) im Untergrund, um deren Kartierbarkeit zu verbessern.

Ausgangspunkt für die digitale Reliefanalyse bildete das Digitale Höhenmodell, das auf der Basis von SRTM Daten mit 90 m räumlicher Auflösung gewonnen wurde. Dieses DEM diente für die Ableitung verschiedener Reliefparameter wie der Hangneigung, Exposition, sowie der Oberflächenwölbung und deren richtungsabhängige Komponenten, der Horizontalwölbung bzw. Vertikalwölbung. Im Rahmen dieser Studie sollen die zeitgleich und mit demselben Aufnahmesystem über weite Gebiete Nord-Deutschlands gewonnenen SRTM Höhendaten dazu genutzt werden, durch die Analyse von Reliefparametern wie Hangneigungen, Wölbungen oder des Gewässernetzes Informationen über Untergrund-

strukturen abzuleiten. So können z. B. lineare Anomalien auf Hangneigungskarten oder Wölbungskarten Hinweise auf den strukturgeologischen Aufbau liefern: in der Regel auf tektonische Bruch- und Verwerfungszonen. Abb.1 verdeutlicht schematisch die Verknüpfung der verschiedenen Daten im GIS, Abb.2 die Kartierung von linearen Reliefelementen, die Rückschlüsse auf Untergrundstrukturen ermöglichen. Lineare Verläufe von Höhenlinien entlang von Höhenrücken und Tälern dienen dabei als einer der Indikatoren für den Einfluss von Untergrundstrukturen auf die Reliefentwicklung. Geradlinige und parallele Geländestufen und Täler zeichnen in der Regel Untergrundstrukturen nach. Geodätische Feinnivellements, die Hebungs- und Absenkungsbewegungen dokumentieren, bilden dafür weitere Indikatoren.



**Abb. 2:** Korrelation der Kartierung linearer Reliefelemente mit Geodätischen Feinnivellements (Hebungs- und Absenkungsbeträge in mm/Jahr nach Landesvermessungsamt Schleswig Holstein; LEHNE & SIROCKO 2007) zur Verdeutlichung des Einflusses von Untergrundstrukturen auf die Reliefentwicklung.

## 4 Ringstrukturen in Nord-Deutschland

Bei einer ersten Analyse von SRTM Daten zeigten sich ringförmige Anomalien, die mit Hilfe von Farbkodierungen noch deutlicher hervorgehoben werden konnten. In Abb. 3 ist eine Höhengschichtenkarte zu sehen, auf der sich die ringförmigen Strukturen durch Höhenunterschiede und kreisförmige Senken abzeichnen. Letztere werden von konzentrisch angeordneten Tälern eingerahmt. Besonders deutlich ausgeprägt sind die Ringstrukturen bei Lünebeck und Schwerin.

### 4.1 Ringstruktur von Lünebeck

Bei Lünebeck ist auf der Höhengschichtenkarte (siehe Abb. 3 und 4) eine kreisförmige Senke mit etwa 20 km Durchmesser zu erkennen. Auch in der Nordhälfte der Senke ist trotz der Abrasionswirkung der während der letz-

ten Eiszeit von Norden in die Lübecker Bucht eingedrungenen pleistozänen Inlandgletscher eine konzentrische Anordnung ersichtlich. Abb. 5 zeigt die Lage der bekannten Salzkissen und Salzdome im Gebiet der Ringstrukturen von Lünebeck und Schwerin. Unter der Lübecker Bucht befindet sich ein größeres Salzkissen. Offenbar pausen sich hier Spuren der Salztekonik bis zur Oberfläche durch. Es ist anzunehmen, dass subrosive Prozesse zur Bildung der Senke um Lünebeck beigetragen haben, die dann später durch das Inlandeis weiter ausgeformt wurden. (Subrosion: Aus- und Ablaugeprozesse eines Salzkörpers setzen ein, sobald die Salzgesteine mit Grundwasser in Berührung kommen.) Die Lübecker Ringstruktur wird von linear und parallel angeordneten Tiefenlinien in WSW-ENE- und NNW-SSE-Richtung durchzogen. Diese linearen Reliefelemente wurden als Lineationen im GIS kartiert. Besonders die WSW-

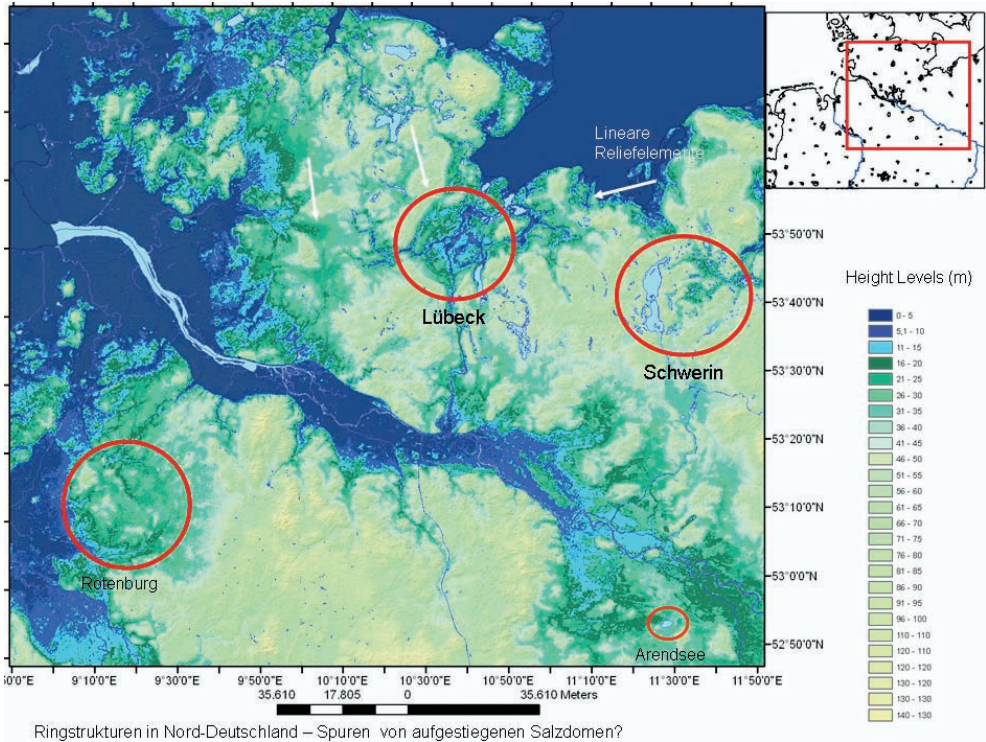


Abb. 3: Höhenschichtenkarte Nord-Deutschlands.

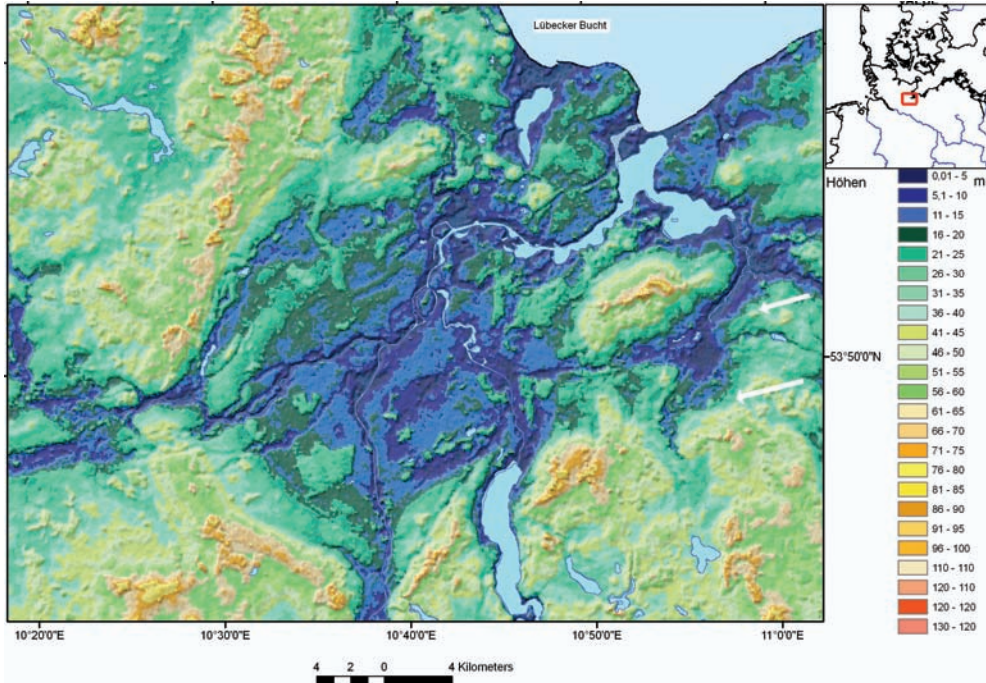
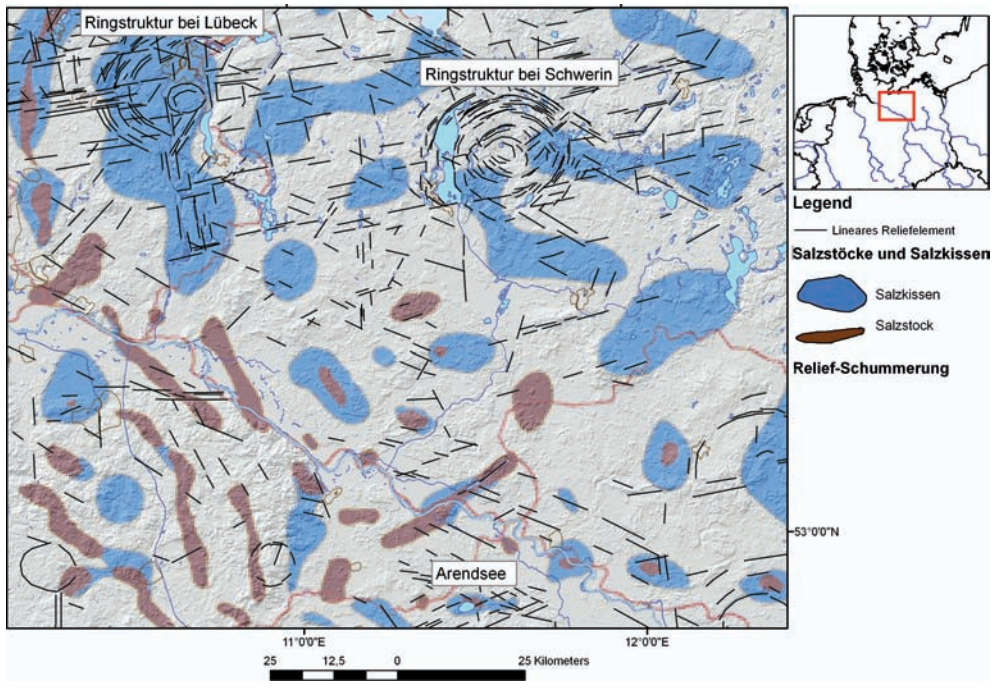
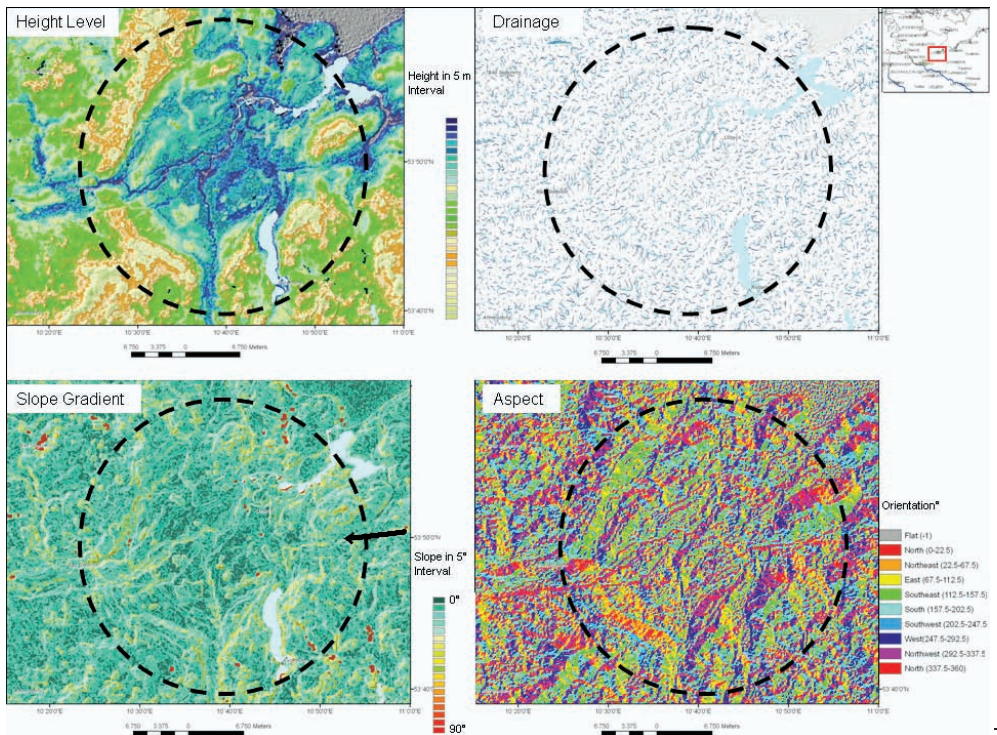


Abb. 4: Ringförmige Senke und lineare Reliefelemente bei Lübeck.



**Abb. 5:** Überlagerung der kartierten Ringstrukturen und linearen Reliefelemente mit der Karte der Salzkissen und Salzdomen im Untergrund Nord-Deutschlands (BALDSCHUHN et al. 1999, KOCKEL & KRULL 1995, BGR 2007).



**Abb. 6:** Mophometrische Karten auf der Basis von SRTM Daten von der Lünecker Ringstruktur. Die Ringstruktur wird sowohl durch die Höhenschichten, als auch durch das Gewässernetz, die Hangneigungen und Hangorientierungen ersichtlic.

ENE-orientierten, linearen Tiefenlinien sind klar ausgeprägt (siehe Pfeile auf Abb. 3 und 4 und Lineationen in Abb. 5).

Noch deutlicher wird die Ringstruktur von Lübeck auf Hangneigungs- und Aspektkarten sowie bei der Analyse des Entwässerungsnetzes sichtbar (siehe Abb. 6). Auch in diesen Darstellungen zeichnen sich lineare Reliefelemente ab.

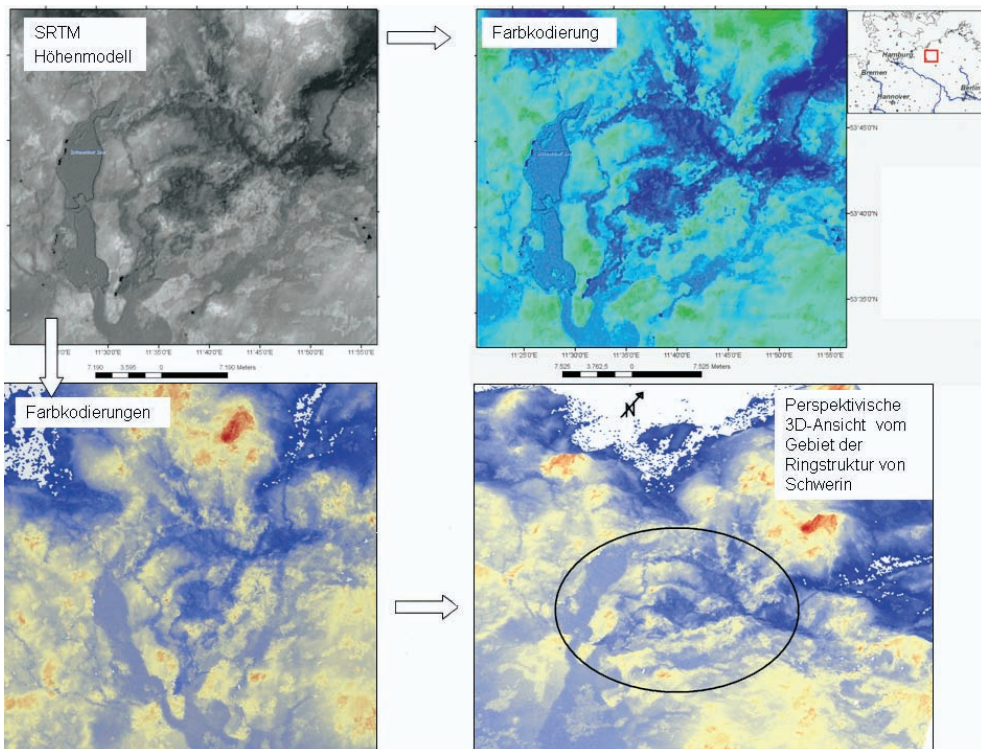
#### 4.2 Die Ringstruktur von Schwerin

Die heutige Landschaft des Untersuchungsgebietes um Schwerin wurde während der Weichseleiszeit vor ca 12000 Jahren durch Urstromtäler und Sander des Pommerschen Stadiums geprägt. Die Seen liegen überwiegend südlich der Pommerschen Hauptendmoräne und werden über die Warnow mit ihren Nebenflüssen zur Ostsee entwässert. Der Schweriner See ist geomorphologisch als Gletscherzungensee der Weichsel-Eiszeit zu deuten. Der prä-quartäre Untergrund ist

durch Salztektonik geprägt. Aufbrüche von Salzstrukturen und die an ihnen aufgewölbten und empor geschleppten Gesteine aus dem Paläozoikum und Mesozoikum sind verbreitet (KATZUNG 2004).

Die Ringstruktur von Schwerin, die sich auf den SRTM Höhengichtenkarten klar abzeichnet, zeigt einen komplexeren geomorphologischen Aufbau als die Struktur bei Lübeck: In der Mitte befindet sich eine Senke, die von konzentrisch angeordneten Erhebungen und Tälern umgeben ist (siehe Abb. 7 und 8). Die Ringstruktur wird auch durch das Flussnetz und die Anordnung, Form und Verteilung der zahlreichen Seen und Teiche dieses Gebietes nachgezeichnet (siehe Abb. 8, 9, 10). Die Hangneigungskarte dieses Gebietes zeigt ebenfalls konzentrisch angeordnete Hangverläufe (siehe Abb. 9).

Untergrundstrukturen beeinflussen die hydrogeologische Situation: Auf der Basis von SRTM Daten in ArcGIS errechnete morphologische Wassereinzugsgebiete ge-



**Abb. 7:** SRTM Farbkodierungen und Bildprodukte vom Gebiet der Ringstruktur bei Schwerin.

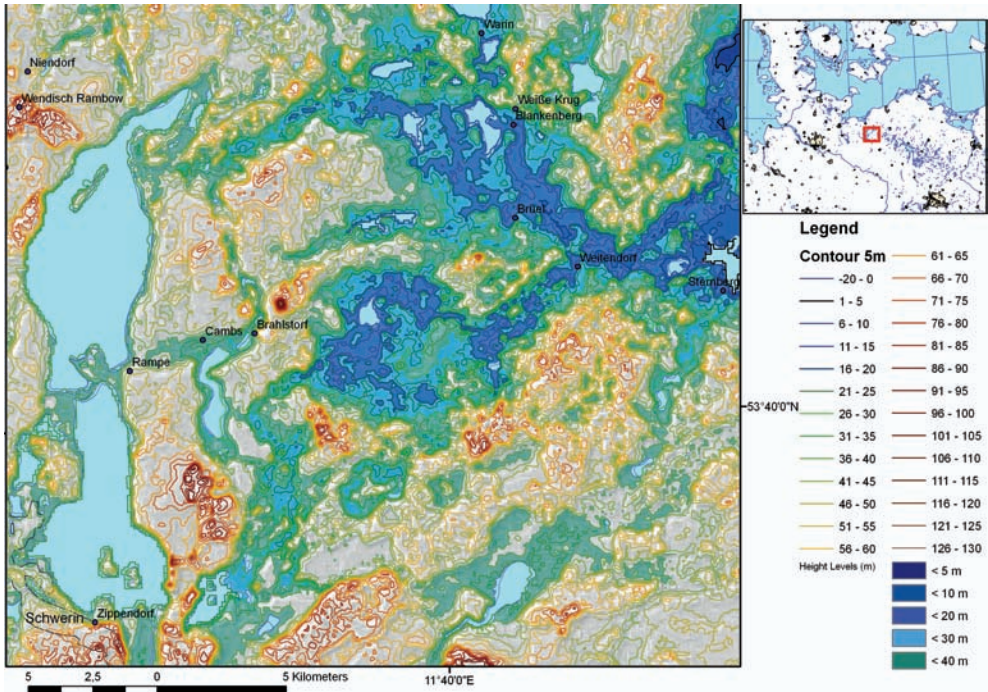


Abb. 8: Höhengschichtenkarte des Schweriner Gebietes.

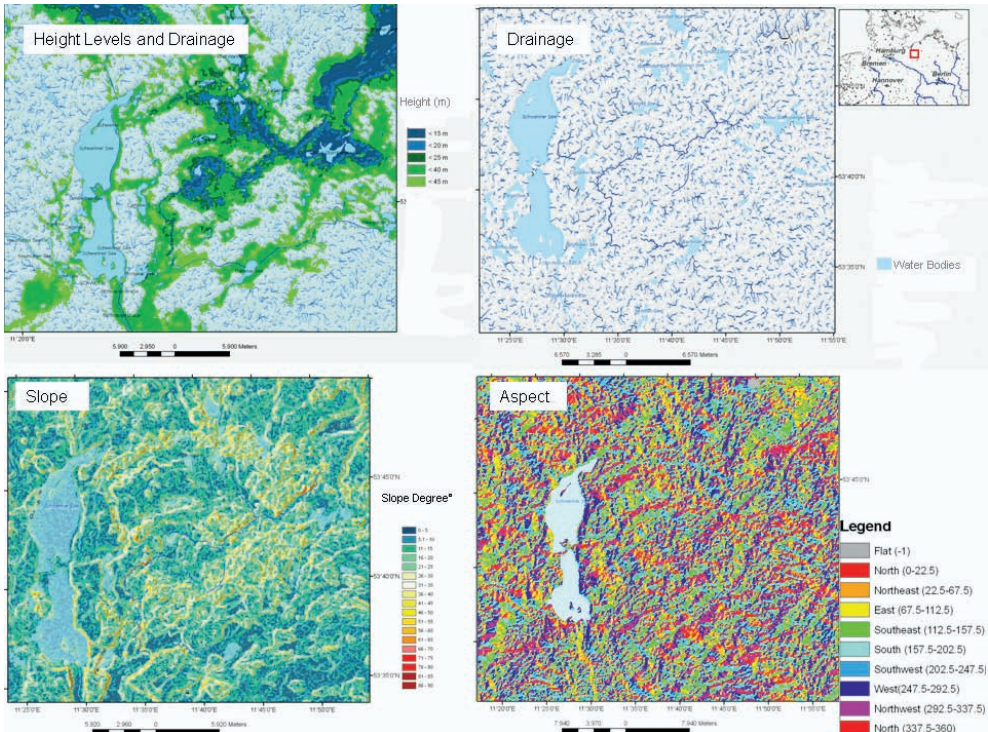


Abb. 9: SRTM basierte morphometrische Karten vom Gebiet der Ringstruktur von Schwerin. Das Gewässernetz, die Höhengschichten, die Hangneigungen und Orientierungen der Hänge lassen die Ringstruktur deutlich erkennen.



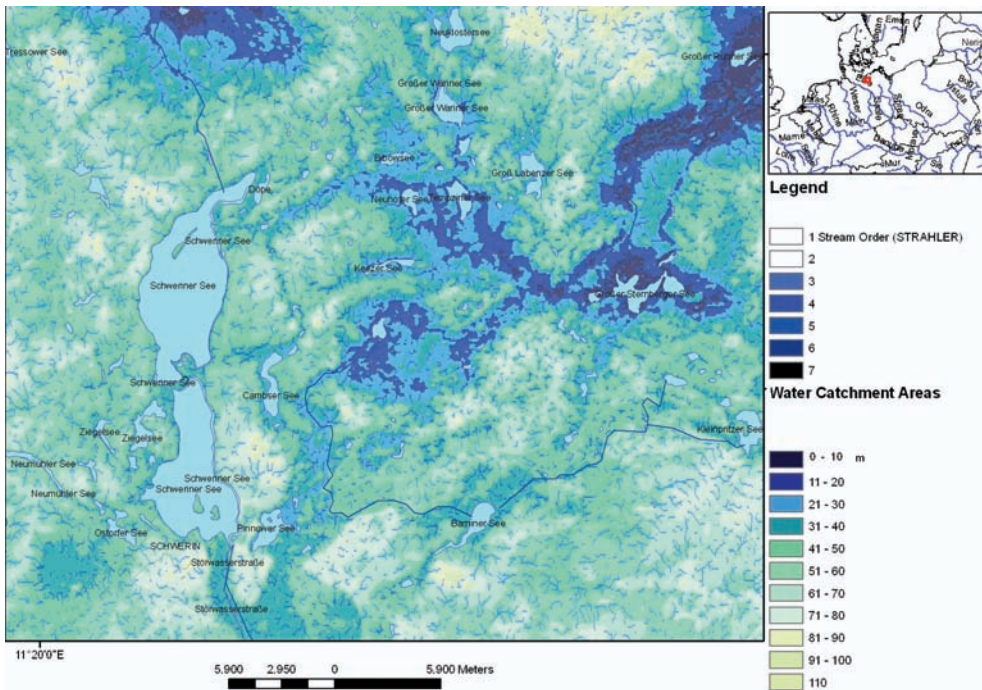


Abb. 10: Gewässernetzanalyse und Wassereinzugsgebiete, abgeleitet aus SRTM Höhendaten.

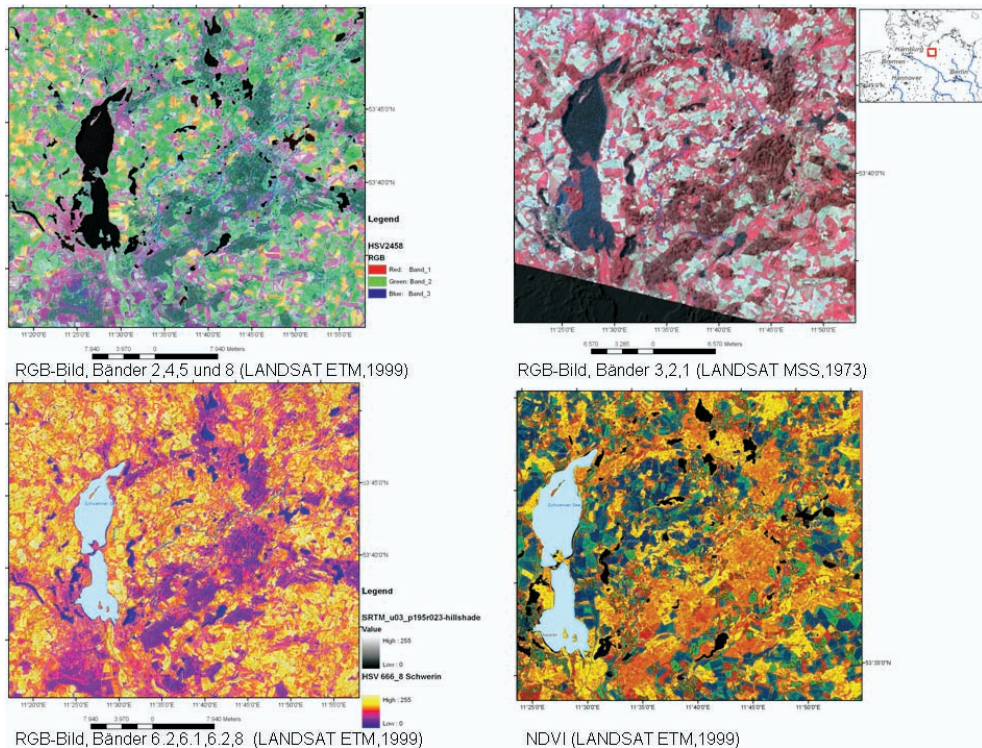


Abb. 11: LANDSAT Bildprodukte unterschiedlicher Aufnahmezeitpunkte und Qualität.

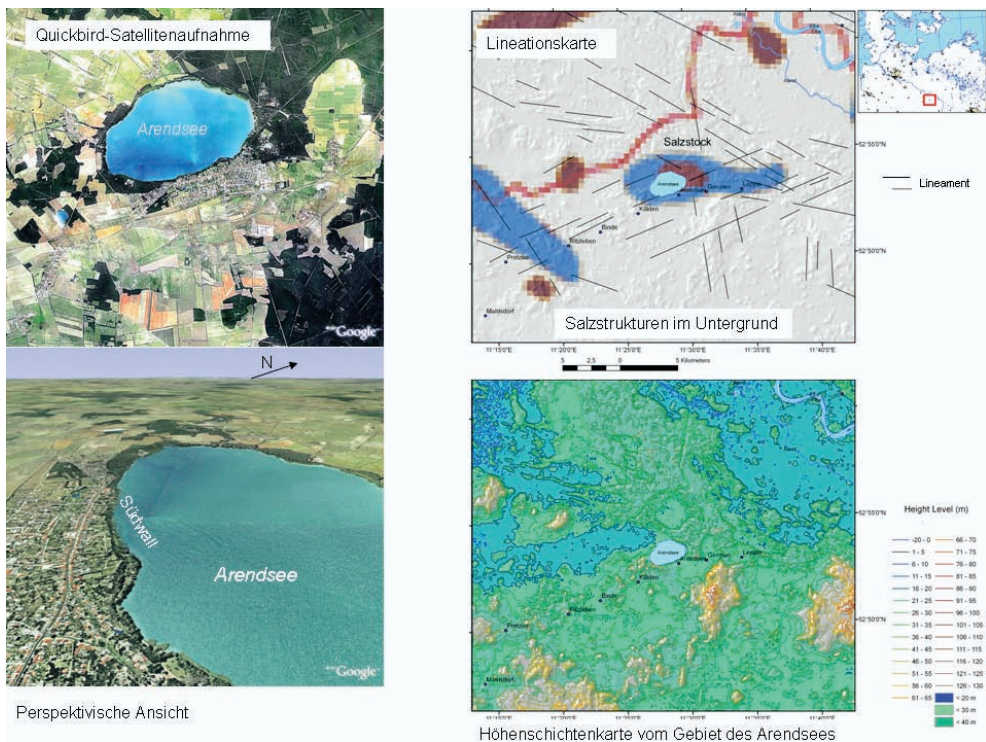
ben deutlich die Ringstruktur von Schwerin wieder (siehe Abb. 10).

Bei einer Auswertung von LANDSAT NDVI- und RGB-Bildprodukten unterschiedlicher Aufnahmezeitpunkte lässt sich die Nordhälfte der Ringstruktur deutlicher erkennen (siehe Abb. 11). Insgesamt sind die strukturgeologischen Auswertungsmöglichkeiten im Vergleich zu den SRTM basierten Karten geringer. Vegetationsbedeckung erschwert die geologische Analyse beträchtlich.

Die Ringstruktur von Schwerin ist offensichtlich mit der Salztektonik im Untergrund in Verbindung zu bringen. Die konzentrisch angeordneten Täler und Erhebungen um die zentrale Subrosionssenke sind durch sekundäre, ringförmige Randsenken um den Salzstock erklärbar, die während des Salzaufstieges durch Anhebung des Deckgebirges entstanden sind.

### 4.3 Arendsee

Die Struktur Arendsee – ein „Salzstock mit Auslaugungswanne über dem Top der Struktur“ – liegt in der Altmark, einer Grenzregion zwischen Elbe-Urstromtal im Norden und Pleistozän-Hochfläche im Süden (HURTIG 1965, STOTTMESTER 1998). Betrachtet man die präkanozoischen Verhältnisse, so ist der Arendsee in seiner geotektonischen Position dem Übergang zwischen Mitteleuropäischer Senke und Mitteleuropäischer Schollengebiet zuzuordnen. Direkt unter der Struktur verläuft ein NNE streichender Tiefenbruch, der als dextrale Horizontalverschiebung die variszische Front zerschert (KATZUNG & EHMKE 1993, KLEDITZSCH 2004). Diese Scherzone lässt sich – ausgehend vom südwestlichen Mecklenburg – bis ans Westende des Thüringer Waldes verfolgen (SÖLLIG & RÖLLIG 1989). Geodynamisch auffällig wurde die Struktur Arendsee durch den Aufstieg eines dammartigen



**Abb. 12:** Fernerkundungsdaten und -auswertungen vom Gebiet des Arendsees. Lineare Reliefelemente wurden auf der Basis SRTM basierter, morphometrischer Karten erfasst.

Walls, der während einer Nacht des Jahres 822 erfolgt ist (THIEME 1878, ALEXANDRE 1990). Wahrscheinlich hat diese Hebung am südwestlichen Rand des Sees in der tertiären Schleppungszone stattgefunden. Stellt man die Altmark in den Rahmen der rezenten tektonischen Verhältnisse Nordwest-Deutschlands, so ist hier eine Drehung der größten horizontalen Hauptspannung ( $\sigma_H$ ) aus einer NW-NNW-Orientierung im Westen in eine mehr N-S streichende Richtung im Osten festzustellen (REICHERTER et al. 2005).

Speziell die Umgebung von Arendsee zeichnet sich durch eine WNW-SSE-Richtung von  $s_H$  aus, sowohl im Supra- als auch im Subsalinar (LEMPPE & LERCHE 2006).

Das Lineationsmuster auf den Satelliten-aufnahmen (siehe Abb. 12) lässt sich zu einem großen Teil konjugierten Scherflächen zuordnen. Sie sind die Antwort auf einen von Arendsee nach Osten gerichteten Salztransport, der sich auch in der Orientierung von  $\sigma_H$  als größte Hauptspannung abbildet. Da eine Wiederbelebung der Bruchtektonik im Tertiär für die Altmark fraglich ist (BRÜCKNER-RÖHLING et al. 2004), ist bei dem beobachteten Bruchmuster eine Durchpausung quartärer Bewegungen anzunehmen. Die historisch wie auch geodätisch nachgewiesenen Vertikalverschiebungen am Rande des Arendsees lassen sich mit einer Spannungsverteilung erklären, bei der als Folge des anhaltenden Salzaufstiegs die vertikale Hauptspannung zur größten Hauptspannung wird, d. h. einer für den kinematischen Typ der Abschiebung charakteristischen Konfiguration (MANDL 1988). Die Streichrichtung der Verschiebungsfläche ist Nord-Süd, das Einfallen vertikal. Falls diese Modell-Vorstellung zutrifft, ergibt sich eine Hebung im Westen, eine Absenkung im Osten. Die Bewegung vollzieht sich durch das Salz zwischen den beiden Blöcken als stilles Erdbeben oder als Kriechprozess.

## 5 Zusammenfassung

Die GIS integrierte Auswertungen des unterschiedlichen Datenmaterials und der aus SRTM und LANDSAT-Daten abgeleiteten Bildprodukte tragen zur Erfassung von Un-

tergrundstrukturen in Nord-Deutschland bei. Oberflächennahe Salzdomen können auf den morphometrischen Karten, die auf der Basis von SRTM Höhendaten erstellt wurden, als zum Teil deutlich sichtbar Ringstrukturen kartiert werden. Es zeichnen sich lineare Reliefelemente ab, die sich mit Störungszonen im Untergrund in Verbindung bringen lassen.

## Danksagung

Herrn Prof. Dr. H. Mayer, Universität der Bundeswehr München, möchten wir herzlich für die sorgfältige Durchsicht des Manuskriptes danken.

## Literatur

- ALEXANDRE, P., 1990: Les seismes en Europe occidentale de 394 a 1259. Nouveau catalogue critique. – Observ. Royal de Belgique, Serie Geophysique, Hors-Serie, Bruxelles, 266 Seiten.
- BALDSCHUHN, R., FRISCH, U. & KOCKEL, F., 1985: Inversionsstrukturen in NW-Deutschland und ihre Genese. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft **136**: 129–139.
- BALDSCHUHN, R., FRISCH, U. & KOCKEL, F., 1999: Die Strukturen im Untergrund NW-Deutschlands. – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Hannover.
- BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, HANNOVER, 2007: Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland – Untersuchung und Bewertung von Regionen mit potenziell geeigneten Wirtsgesteinsformationen. – BGR, Hannover, [www.bgr.bund.de/cdn\\_011/nn\\_329630/DE/Themen/Geotechnik/Downloads/BGR\\_wirtsgest\\_dtl,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/BGR\\_wirtsgest\\_dtl.pdf](http://www.bgr.bund.de/cdn_011/nn_329630/DE/Themen/Geotechnik/Downloads/BGR_wirtsgest_dtl,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/BGR_wirtsgest_dtl.pdf).
- BRÜCKNER-RÖHLING, S., FLEIG, S., FORSBACH, H., KOCKEL, F., KRULL, P., WIRTH, H., 2004: Die Bewegungsphasen tektonischer Störungen im Tertiär Norddeutschlands – Ergebnisse strukturgeologischer Untersuchungen. – Zeitschrift für geologische Wissenschaften, **32**: 295–321.
- HURTIG, E., 1965: Beziehungen zwischen Oberflächenmorphologie und Salzstrukturen. – Geophysik u. Geologie, Leipzig, **7**: 42–56.
- KATZUNG, G. & EHMKE, G., 1993: Das Prätertiär in Ostdeutschland. – Verlag Sven von Loga, Köln, 139 Seiten.

- KATZUNG, G., 2004: Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. – E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- KLEDITZSCH, O.E., 2004: Modalbestand, Materialherkunft und geotektonische Position der Sandsteine des tieferen Oberrotliegend II (Mittel-/Oberperm) der Altmark und angrenzender Gebiete Nordwestdeutschlands. – *Tektonik, Klima oder beides?* – Zeitschrift für geologische Wissenschaften, **32**: 353–384.
- KOCKEL, F & KRULL, P., 1995: Endlagerung stark Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands, Untersuchung und Bewertung von Salzformationen. – BGR, Hannover, [www.bgr.bund.de/cln\\_011/nn\\_329630/DE/Themen/Geotechnik/Downloads/BGR\\_salzstudie,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/BGR\\_salzstudie.pdf](http://www.bgr.bund.de/cln_011/nn_329630/DE/Themen/Geotechnik/Downloads/BGR_salzstudie,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/BGR_salzstudie.pdf).
- LANGER, A. & SCHÜTTE, H., 2002: Geologie norddeutscher Salinare. – Akademie für Geowissenschaften Hannover, Veröffentlichungen, **20**: 63–69, [www.geoakademie.de/PDF/Heft20/Langer.pdf](http://www.geoakademie.de/PDF/Heft20/Langer.pdf).
- LEHNE, R. & SIROCKO, F., 2007: Rezente Bodenbewegungspotenziale in Schleswig-Holstein (Deutschland) – Ursachen und ihr Einfluss auf die Entwicklung der rezenten Topographie. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **158** (2): 329–347.
- LEMP, CH., LERCHE, L., 2006: Correlation of stress directions across the North German Basin: Suprasalt and subsalt differences. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **157**: 279–298.
- MANDL, G., 1988: *Mechanics of faulting*. – Elsevier, Amsterdam, Niederlande, 407 pp.
- REICHERTER, K., KAISER, A., STACKEBRAND, W., 2005: The post-glacial landscape evolution of the North German Basin: morphology, neotectonics and crustal deformation. – *International Journal of Earth Science*, **94**: 1087–1093.
- RÖHLING, S., 2002: Der Mittlere Muschelkalk in Bohrungen Norddeutschlands: Fazies, Geochemie, Zyklus- und Sequenzstratigraphie. – Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, [sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/02/02H160/](http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/02/02H160/)
- SÖLLIG, A. & RÖLLIG, G. (Hauptredaktion), 1989: *Tektonische Karte der DDR*, 1 : 500.000.
- SIROCKO, F., SZEDER, T., SEELOS, C., LEHNE, R., REIN, B., SCHNEIDER, W.M. & DIMKE, M., 2002: Young tectonic and halokinetic movements in the North-German-Basin: its effect on formation of modern rivers and surface morphology. – *Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw* **81**, 3–4: 431–441, [www.njgonline.nl/publish/articles/000216/article.pdf](http://www.njgonline.nl/publish/articles/000216/article.pdf)
- STOTTMEISTER, L., 1998: Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 25.000 von Sachsen-Anhalt, Blatt Arendsee (3134). – Geol. Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle, 190 Seiten.
- THIEME, H., 1878: *Kloster Arendsee: Die Klostergebäude und das Klostergebiet*. – Verlag von H. Weyhe, Salzwedel, 40 Seiten.

### Internet Data Sources – Satellite Data:

- LANDSAT ETM and SRTM data: Earth Science Data Interface (ESDI) at the Global Land Cover Facility, University of Maryland, USA: [glcapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp](http://glcapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp)
- NASA: <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/vers1on1/Eurasia/>, [srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp](http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp)

### Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. habil. BARBARA THEILEN-WILLIGE, Birkenweg 2, D-78333 Stockach, e-mail: Barbara.Theilen-Willige@t-online.de

Prof. Dr. GÖTZ SCHNEIDER, Gerokstr. 58, D-70184 Stuttgart

Manuskript eingereicht: November 2007  
Angenommen: Januar 2008