

1. Geologische Grundlagen: Das norddeutsche Becken

Frank Sirocko

Inhalt:

Perm: 296 – 251 Mio. J.v.h.	1
Trias: 251 – 200 Mio. J.v.h.	10
Jura: 200 – 142 Mio. J.v.h.	12
Kreide: 142 – 65 Mio. J.v.h.	13
Tertiär: 65 – 2,6 Mio. J.v.h.	14
Der Aufstieg des Lüneburger Salzstocks seit 15 Mio. J.v.h.	15
Die Eiszeiten der letzten 2,6 Mio. Jahr	18

Perm: 296 – 251 Mio. J.v.h.

Der Ursprung des Lüneburger Salzstocks (Abb. 1.1, 1.2) liegt 300 Mio. Jahre zurück im Perm, also im ausgehenden Erdaltertum (Abb. 1.3). In dieser Zeitspanne beginnt die Einsenkung eines tiefen geologischen Beckens, das sich von Polen bis England erstreckt (Abb. 1.4).

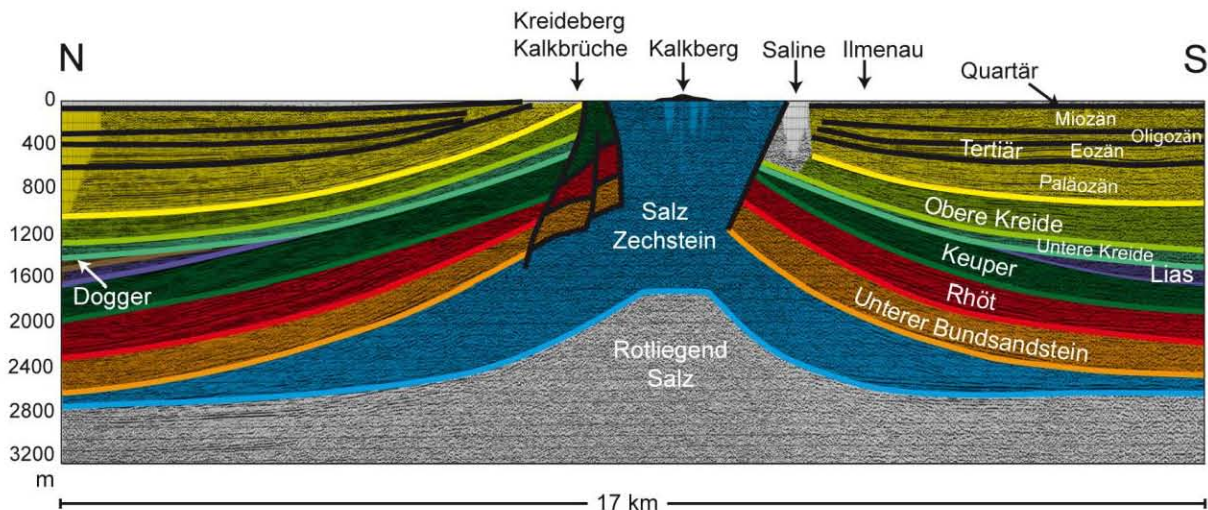


Abb. 1.1: Profil durch den Lüneburger Salzstock, nach seismischen Daten der Erdölindustrie

Die ältesten Ablagerungen in diesem Becken (Sandsteine und Salze aus dem „Rotliegenden“ des unteren Perm) befinden sich heute in fünf bis zehn Kilometern Tiefe. Durch die kontinuierliche Absenkung verfüllt sich das Becken allmählich mit

Sedimenten; über den Sandsteinen des Rotliegenden folgen insbesondere mächtige Salzablagerungen, darüber marine und terrestrische Sedimente der nachfolgenden Erdzeitperioden Trias, Jura, Kreide, Tertiär und Quartär (Abb. 1.3).

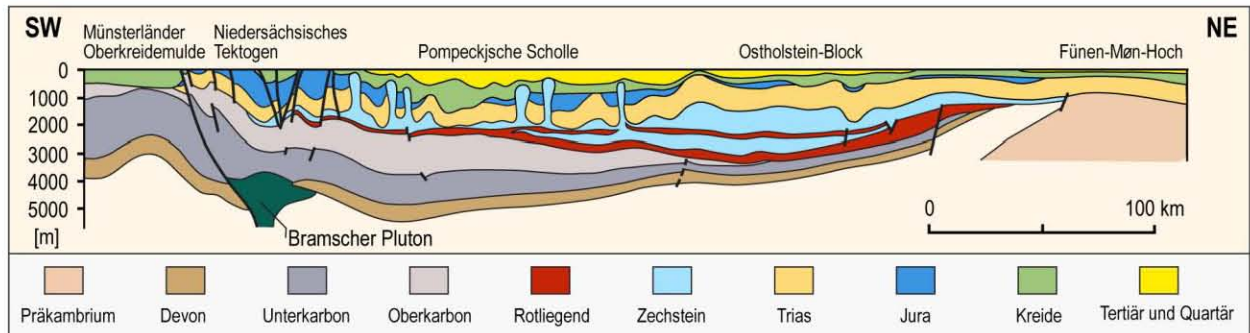
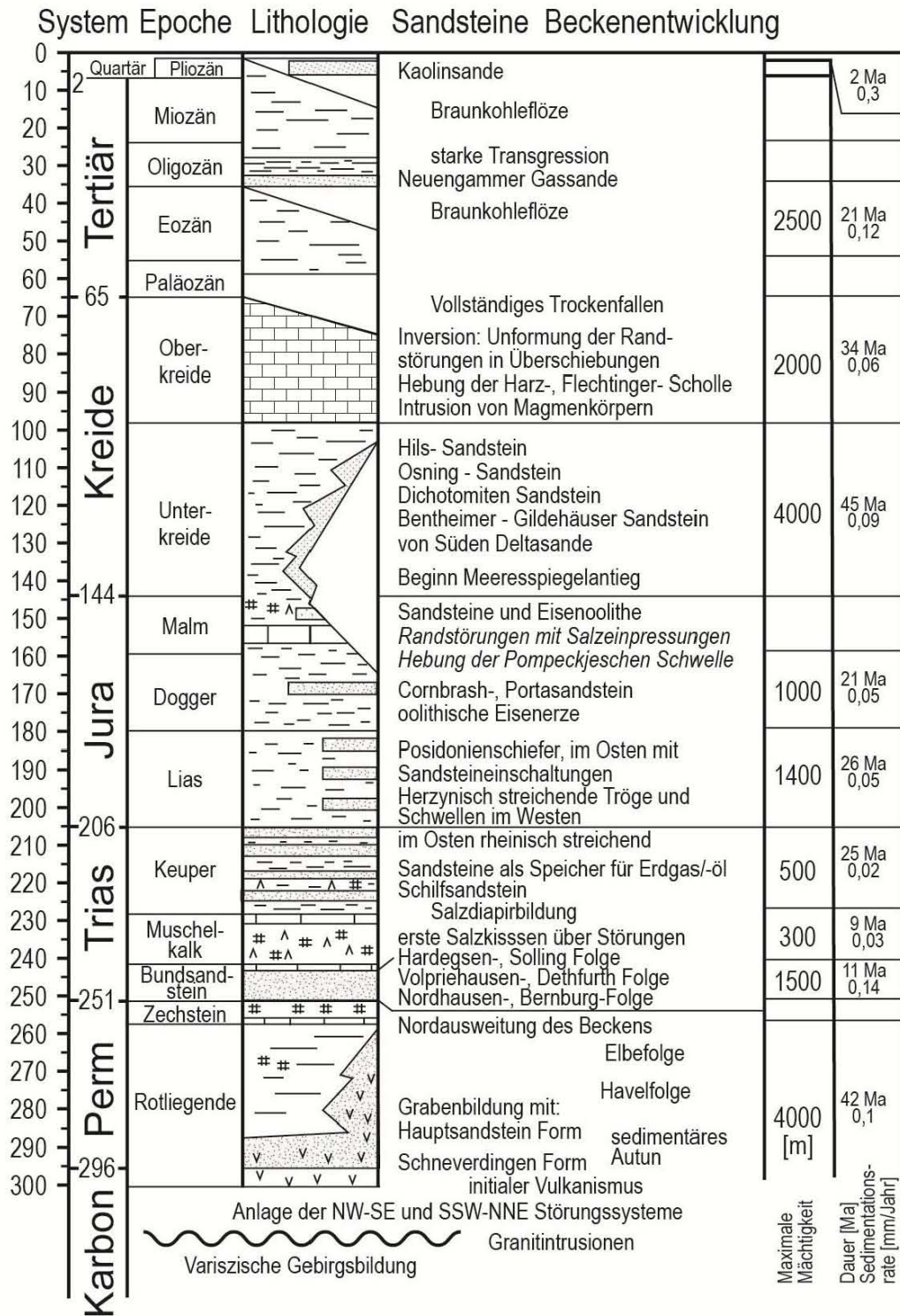


Abb. 1.2: Schematisches Nord-Süd-Profil durch das Norddeutsche Becken mit Salzstöcken und wichtigen geologischen Schichten, (Roth, 1853)

Diese mächtigen Beckenfüllungen wurden in mehreren Phasen vom Salz durchdrungen, da das Salz auf die Überlagerung plastisch reagiert, indem es sich an manchen Stellen sammelt und aufsteigt, oder aus anderen Bereichen regelrecht herausgepresst wird. Entlang von tektonischen Bruchzonen haben sich diese Aufwölbungen im Verlauf der Erdgeschichte zu großen Salzdiapiren oder Salzmauern entwickelt (Abb. 1.2, 1.5), die meistens bis in eine Tiefe von einigen hundert Metern unterhalb der Erdoberfläche herauf gedrungen sind. Solche Salzdiapire sind ein weit verbreitetes Strukturelement des tieferen geologischen Untergrunds im gesamten norddeutschen Becken, wobei der Lüneburger Salzstock noch einer der sehr kleinen ist. Insgesamt gibt es zwar in Norddeutschland zahlreiche Salzkissen, Salzstöcke und Salzmauern, aber nur in Sperenberg, Bad Segeberg und Lüneburg reichen sie bis direkt an die Erdoberfläche hinauf.

Entwicklung des norddeutschen Beckens



Lithologie und Beckenentwicklung nach Walter (1992)
Systemalter und -dauer nach Menning (1997)

Abb. 1.3: Zeittafel und typische Gesteine im Norddeutschen Becken

Einen Einblick in die komplexe Erdgeschichte erhält man in Abb. 1.4, einem Geländemodell Norddeutschlands. Am Südrand des Beckens liegen die Mittelgebirge, im Norden die Landmassen Skandinaviens. Die großen Ströme und Flüsse Norddeutschlands scheinen vom Salz auf den ersten Blick unbeeinflusst. Bei genauem Hinschauen sieht man, dass sie aber doch nicht völlig frei mäandrieren, sondern scharfe Umbiegungen oder Knicke zeigen, die oftmals tektonischen Störungen im Erdinneren folgen (Sirocko et al. 2002). Die Anordnung der großen Salzmauern zeigt die gleichen Vorzugsrichtungen (NNW-SSW, NW-SE) wie sie auch im Netz der Flussläufe sichtbar sind. Gleichermäßen nehmen die Küstenlinien genau diese Richtungen immer wieder auf. Offensichtlich gibt es Prozesse, die aus der Tiefe bis an die Erdoberfläche wirken (Sirocko et al. 2008). Dies sind aber weniger die Salzstöcke selbst, sondern vielmehr tektonische Störungen, die aus dem Tiefsten des Beckens heute noch an die Erdoberfläche reichen und dort lokal zu Bewegungen führen können (Lehne & Sirocko 2010).

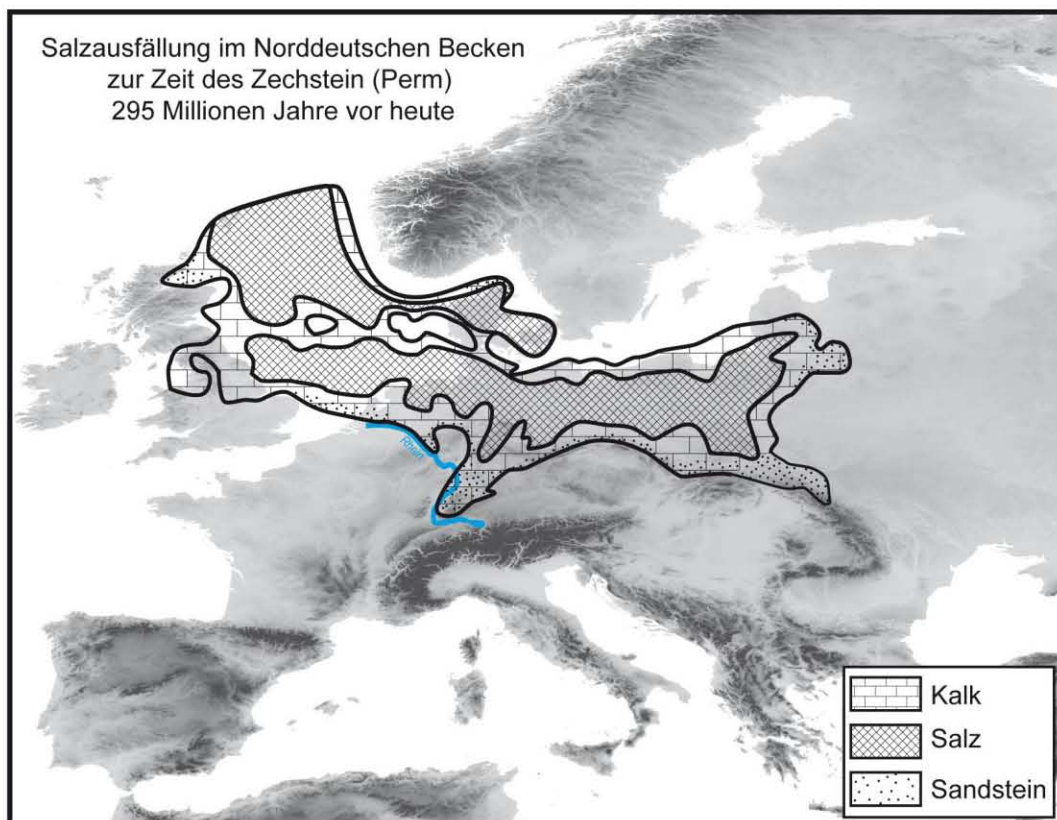


Abb. 1.4: Heutiges topographisches Geländemodell und Umriss des Beckens zur Zeit des Perm 300 – 250 Mio. Jahre vor heute (= J.v.h.)

In den Vereisungsperioden der letzten 500.000 Jahre drangen aus Skandinavien große Inlandgletscher bis weit nach Nordeuropa vor. Ihre größte Ausdehnung besaßen sie zur Elster und Saale Eiszeit, als sie bis an die Mittelgebirge heranreichten, die Grenzen der Eisschilde sind in Abb.1.7 dargestellt. Ganz Norddeutschland lag damals unter einer 3000 m mächtigen Eisdecke begraben. Ablagerungen dieser Gletscher modellieren als Grundmoränen, Endmoränen und Schmelzwasserablagerungen die Landoberfläche, in die sich später – seit etwa 130.000 Jahren – Flussläufe eingeschnitten und ein Relief geprägt haben, das im Lüneburger Raum vor allem von den Endmoränen der Saale Eiszeit grundlegend gestaltet wurde und seitdem durch Erosion, aber auch lokale Hebungen und Senkungen seine heutige Form gewonnen hat. In der Situation Lüneburgs, mit seinem bis an die Oberfläche aufragenden Salzstock, spielt seit dem frühen Mittelalter darüber hinaus der Mensch mit durch die Soleförderung verursachten lokalen Senkungen eine wichtige Rolle. Die verschiedenen geodynamischen Prozesse von einer solchen anthropogenen Überprägung, auch wenn sie erst in – erdgeschichtlich betrachtet – jüngster Zeit einsetzt, zu unterscheiden, ist eines der wesentlichen Anliegen dieser Studie.

Das Phänomen des aufsteigenden Salzes hat damit bereits eine ebenso lange wie dynamische Entwicklung seit dem Eintiefen eines flachen permzeitlichen Meeresbeckens vor 300 Mio. Jahren hinter sich. Der Mittelpunkt dieser Absenkung liegt im heutigen Schleswig-Holstein, die Geschwindigkeit betrug damals etwa 0,1 mm/Jahr (vgl. Abb. 1.5). Bewegungen dieser Größenordnung werden vom Menschen nicht wahrgenommen, da im Verlauf eines Lebens gerade mal ein Versatz von 7 mm stattfindet. Auf langen geologischen Zeitskalen allerdings wirken Kräfte dieser Größenordnung erheblich; es kann sich ein Becken um 100 m in 1 Mio. Jahre senken oder bis zu 1 km in 10 Mio. Jahren. Die geodynamischen Ursachen hierfür sind meist mit plattentektonischen Prozessen verbunden, oftmals aber auch mit regionaler Erhitzung (Ausdehnung) oder Abkühlung der Erdkruste (Senkung).

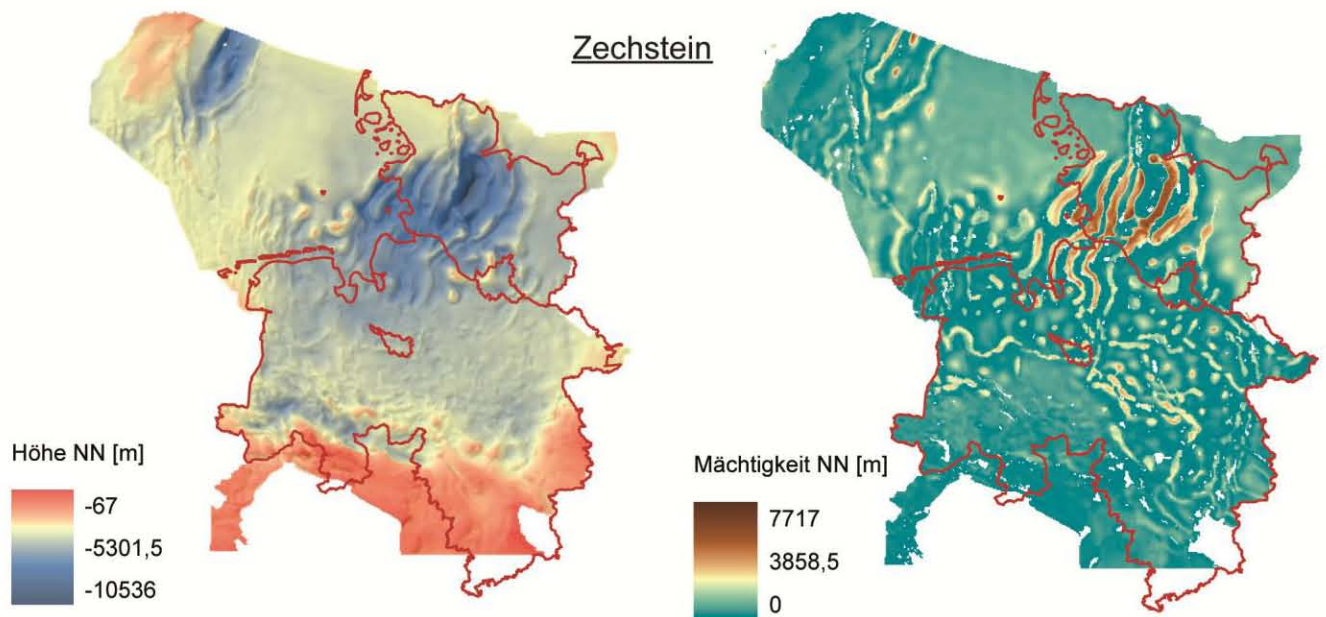
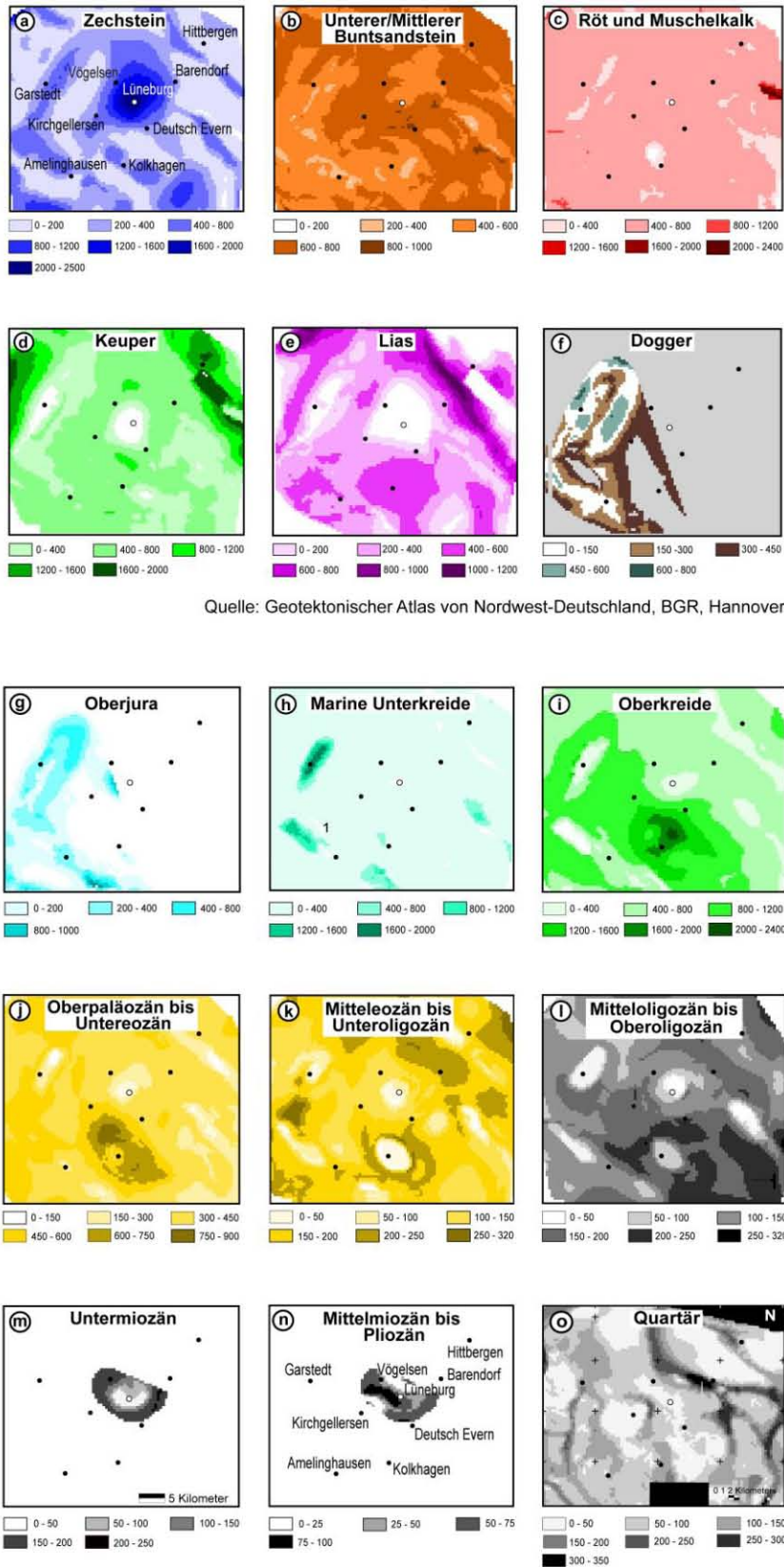


Abb. 1.5: Tiefenlage und Mächtigkeit der Zechsteinablagerungen, nach Geotektonischer Atlas NW-Deutschland (2001)

Zunächst wird die Beckenfüllung mit Sedimenten beschrieben, um sowohl Entstehung als auch spezielle Zusammensetzung der Gesteine nachvollziehen zu können. In Abb. 1.5 zeigt die linke Seite die Tiefenlage der untersten Schichten des Perms, die rechte Seite die Mächtigkeit der permzeitlichen Ablagerungen. Basis für diese Tiefenlagen- und Mächtigkeitskarten sind seismische Daten aus der Erdölindustrie, die im Geotektonischen Atlas NW-Deutschland (2001) aufbereitet wurden.

Das im Perm entstandene Meeresbecken wurde damals von tropischen Klimabedingungen reguliert, wobei salzhaltiges Meerwasser langsam eindampfte, bis sich Kristalle bildeten, die dann auf den Grund sanken. Auch die Gewinnung von Speisesalz z.B. in Salzgärten des Mittelmeerraumes beruht auf demselben Prozess. Die Besonderheit des permzeitlichen Beckens liegt darin, dass über viele Millionen Jahre die mittlere Absinkrate ganz genau der mittleren Sedimentationsrate entsprochen hat, d.h. jedes Jahr setzten sich im Mittel 0,1 mm Salz ab und das Becken vertiefte sich gleichzeitig um 0,1 mm. Dadurch blieb die Wassertiefe über lange Zeiten hinweg konstant, so dass immer wieder neues Ozeanwasser in das Becken nachströmte, verdunstete, und die Mächtigkeit der Salzlager in mehreren Zyklen anwuchs.

Schichtmächtigkeiten (in Metern)



Quelle: Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland, BGR, Hannover

Abb. 1.6: Schichtmächtigkeiten der wichtigsten geologischen Formationen im Raum Lüneburg, nach Geotektonischer Atlas NW-Deutschland (2001)

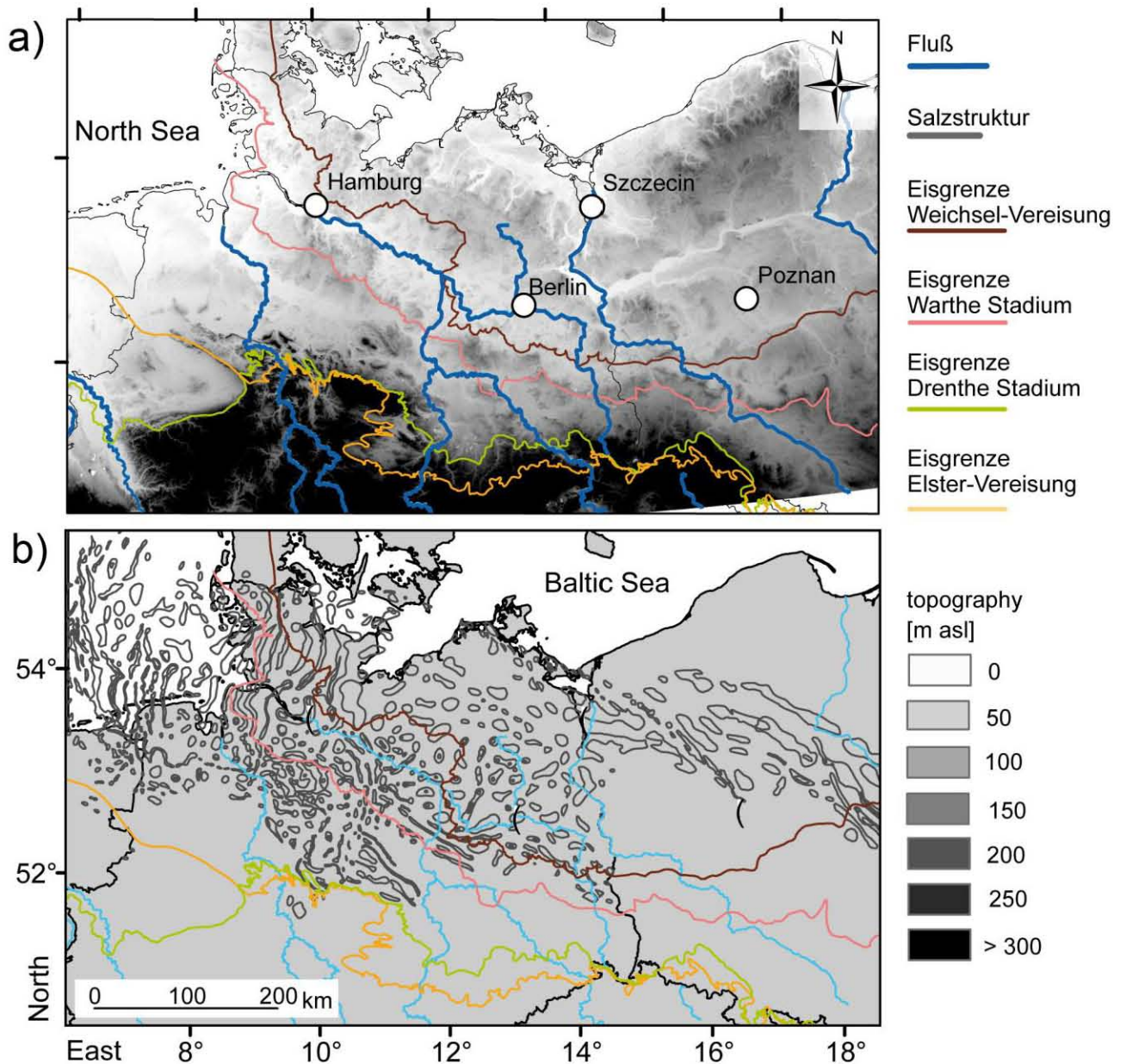


Abb. 1.7: Geländemodell Norddeutschlands mit Flüssen und Reichweite der Inlandgletscher während der Vereisungen im Quartär a) ohne Salzstöcke mit Eisrandlagen, b) mit Salzstöcken (Sirocko et al. 2008), Daten der Salzstockumrisse nach: Geotektonischer Atlas NW-Deutschlands (2001)

Diese sogenannten Salzserien bestehen nicht nur aus reinem Steinsalz (NaCl), sondern auch aus den Mineralen Anhydrit (CaSO_4) und Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), die während des Eindampfens der Lösung noch vor dem Steinsalz zuerst ausfallen. Bei Eintrocknung von 100 m Meereswasser bilden sich über diesen Prozess etwa 7 cm Gips und 1,4 m Steinsalz. Solange durch zeitweise Erhöhung des Meeresspiegels (oder Absinken des

Beckens) neues Meerwasser in das Becken einströmt, kann sich dieser Prozess ständig wiederholen und die Salzfolgen werden immer dicker. Auf diese Weise wuchsen die mächtigen Salzlager Norddeutschlands in einigen wenigen Millionen Jahren während des späten Perm heran. Der Lüneburger Salzstock besteht zwar hauptsächlich aus weißem Steinsalz, enthält allerdings auch erhebliche Anteile von Anhydrit und Gips, die heute beispielsweise auf dem Kalkberg unmittelbar an der Oberfläche anstehen.

Die ersten mächtigen Salzfolgen stammen aber schon aus dem frühen Perm, das als Rotliegend bezeichnet wird; sie bilden den Kern vieler norddeutscher Salzstöcke. Darauf folgen Salze aus dem oberen Perm, dem sogenannten Zechstein. Vor allem ihre Verformung während des Diapirauftiegs bestimmt das heutige Ausmaß der Salzsichten; im Fall des Lüneburger Salzstocks wird eine Mächtigkeit von mindestens 4,5 km erreicht (Abb. 1.8). Im Lauf seiner Aufstiegsgeschichte ist das Salz aus einem Umkreis von etwa 10 km, d.h. von Deutsch Evern, Barendorf, Vögelsen und Kirchzellern, in das Zentrum des Aufstiegs gedrückt worden. Die Gebiete, in denen das Salz in der Tiefe abwanderte, zeigen immer nur minimale Schichtstärken. Die regionalen Salzbewegungen lassen sich in Abb. 1.6 ablesen, wo speziell für den Lüneburger Raum die Schichtmächtigkeiten im Detail dokumentiert sind.

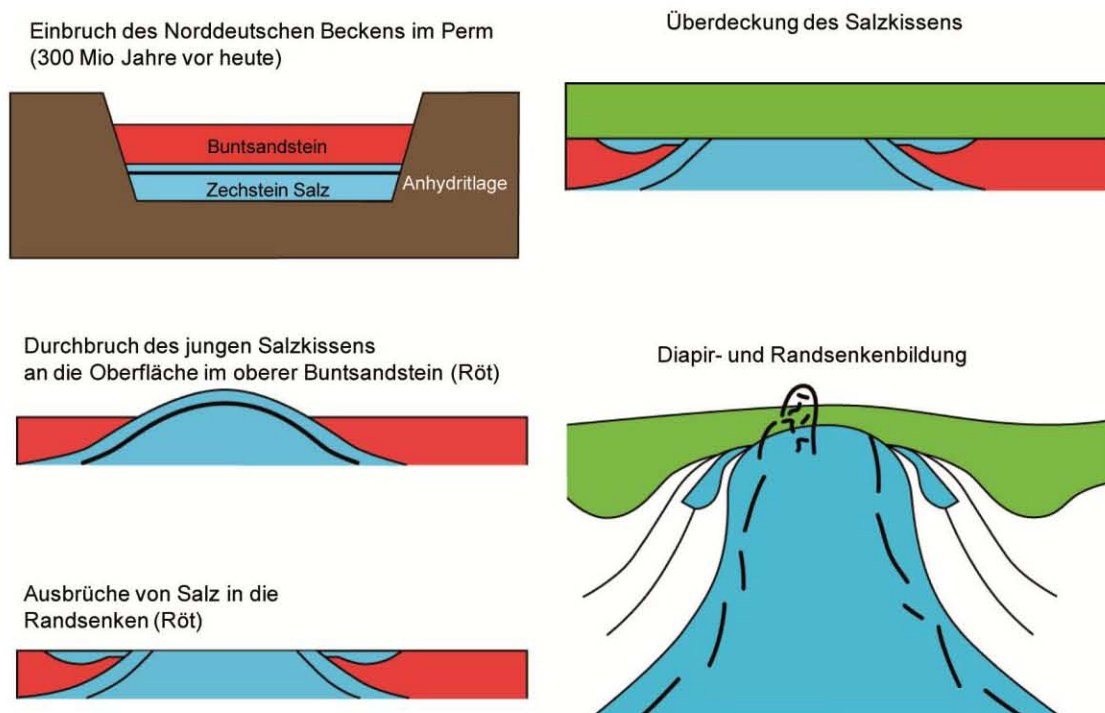


Abb. 1.8: Schemazeichnung der Salzstockentwicklung

Das aufsteigende Salz kann schließlich sogar die randlich angelagerten Schichten anheben und verstellen. Die Verteilung der Schichtmächtigkeiten um einen Salzstock herum zeigt insofern ein komplexes Bild von primären Unterschieden bei der Ablagerung in regionalen Becken am Salzstock (Abwanderung des Salzes) einerseits und einer späteren Verstellung durch den Druck des aufsteigenden Salzes andererseits (Abb. 1.1, 1.6). Diese miteinander gekoppelten Prozesse sind in dem seismischen Profil durch den Salzstock deutlich ablesbar (Abb. 1.1), welches für die Suche nach Erdöl und Erdgas erstellt wurde. Es wird mit freundlicher Erlaubnis der Firma EMPG (Exxon Mobil Production GmbH) wiedergegeben.

Trias: 251 – 200 Mio. J.v.h.

Am Übergang in eine neue erdgeschichtliche Periode senkte sich der Meeresspiegel so weit ab, dass das einstige Flachwasserbecken austrocknete. Daraufhin konnten sich in der Trias erstmals terrestrische Ablagerungen bilden (vgl. Abb. 1.3). In der ersten Phase der Trias (der sogenannten Buntsandstein Epoche) reichte ein großräumiges Flusssystem von Süden bis in den heutigen Nordseeraum hinein, dessen Ablagerungen, durch das damalige Klima bedingt, eine stark rote Färbung zeigen (ähnlich der heutigen Sahelzone, wo es ebenfalls rote Böden gibt); der sog. Buntsandstein war entstanden. Da das Becken im Laufe der Trias unaufhörlich kräftig absank, lagerten sich während der 6 Mio. Jahre andauernden Buntsandstein-Zeit immerhin etwa 1000 m rotfarbige Sand- und Tonsteine auf dem Salz ab.

Mit ihrer erheblichen Last drückten diese dann auf das darunterliegende Salzgestein, das sich schon jetzt, in der Trias, plastisch verformte, so dass sich entlang von tektonischen Störungen, die weit in die tiefere Erdkruste reichen, erste Salzkissen bildeten, in denen das Salz aus der Tiefe abwanderte und entlang der Störungen nach oben stieg (Abb. 1.2). Regionale, kleinräumige Maxima erhöhter Schichtmächtigkeit im Buntsandstein (Abb. 1.6) zeigen also eine allererste Mobilität des Salzes an, denn in den Senken um die Salzkissen und Diapire sedimentiert der Buntsandstein. Im Raum Lüneburgs findet sich Buntsandstein in konstanten Mächtigkeiten von 500 – 1000 m (Abb. 1.6). Einen starken Aufstieg des Salzes kann es damals also noch nicht gegeben haben, sonst wären die Ablagerungen über dem Salzstock ausgedünnt. Dagegen

lassen sich im Bereich des Salzstocks von Kolkhagen aus derselben Zeit schon definitiv erste Aufstiegsbewegungen nachweisen, da sowohl lokale Schichtmaxima (Senkung) als Schichtminima (Hebung) auftreten.

An vielen norddeutschen Salzstöcken hat das Salz sogar die Buntsandstein-Sedimente durchstoßen. Im Röt, der jüngsten Folge der Buntsandstein-Zeit, dürfte es wohl auch in Lüneburg lokale Austritte von Salz aus der Erdoberfläche gegeben haben. Von mehreren Stellen Norddeutschlands wissen wir, dass Oberflächenwasser das aufdringende Salz gelöst hat, woraufhin sich kleine Salzseen um die Salzstöcke herum ausgebreitet haben. In diesen Seen sedimentierten dann die für das Röt typischen Wechselfolgen von rot gefärbtem Salz, Sand- und Tonsteinen, wie sie auch in Baugruben nördlich des Kalkbergs ebenso wie in den Feldern zwischen Mönchsgarten und dem Volgershall-Kalkbruch mehrfach beschrieben sind (Bicher, 1957). Röttone und Wechselfolgen von zentimetermächtigem rötlichem Salz und Sandstein hat man darüber hinaus am Ochtmisser Kirchsteig in 50 – 80 m Tiefe erbohrt (vergleiche hierzu Abb. 3.8. aus dem Kapitel 3: Senkungen).

Nach der terrestrisch geprägten Zeit des Buntsandsteins steigt der Meeresspiegel erneut an, wodurch ein Flachmeer mit den typischen Kalk- (CaCO_3) und Dolomitablagerungen (Ca,MgCO_3) der Muschelkalk Epoche entsteht. In der am Nordrand des Salzstocks gelegenen tektonischen Scholle reichen solche Ablagerungen bis nah an die Oberfläche heran. Dieses am Kreideberg schon in wenigen Metern Tiefe anstehende Gestein wurde noch im 19. Jahrhundert als Baumaterial verwendet. Der Bohrkern OK1 am Ochtmisser Kirchsteig enthält Bruchstücke von Muschelkalk in 32-42 m Tiefe, wobei die genaue Mächtigkeit des Muschelkalks sich nicht bestimmen lässt, da diese Sedimente in allen seismischen Profilen nur zusammen mit dem oberen Buntsandstein kartiert werden.

Auf den Muschelkalk folgt der Keuper (235 – 200 Mio. J.v.h.) mit marinen Tonen, die eine Vertiefung des gesamten Norddeutschen Beckens anzeigen. Diese starke Absenkung erreichte vor allem in Schleswig-Holstein ein deutliches Maximum mit über 5000 m mächtigen Keupersedimenten. Im Großraum Lüneburg zeigt der Keuper eine etwa gleichbleibende Mächtigkeit von einigen hundert Metern, ist allerdings auf der südlichen Flanke des Salzstocks deutlich ausgedünnt (sichtbar im Profil der Abb. 1.1). Dass die Keupersedimente im Lüneburger Raum auch Gips enthalten, ist ein Hinweis auf die lokale Bildung von Senken mit salzhaltigem Wasser, aus dem Gips ausgefallen

ist. Folglich muss auch der Lüneburger Salzstock zu dieser Zeit erstmals mobil gewesen sein.

Die grauen Tone des Keupers sind heute an der südlichen Wand des Kalkbruchs Volgershall aufgeschlossen und durch wunderschöne fächerförmige Gipskristalle, die sich in dem weichen Ton gebildet haben, leicht zu identifizieren. Auch im Bohrkern vom Ochtmisser Kirchsteig werden Keupertone angeschnitten. Der Keuper keilt zum Zentrum des Salzstocks hin aus, entweder weil der Lüneburger Salzstock damals schon aufgestiegen ist oder weil dieses weiche und heute noch plastische Sediment über dem Hebungszentrum ausgequetscht wurde.

Jura: 200 – 142 Mio. J.v.h.

Im weiteren Verlauf des Erdmittelalters bilden sich im Norddeutschen Becken während des unteren Jura sowohl stark eingetieft Tröge als auch Erhebungen in Form flacher Schwellen, die teilweise trocken fallen können (vgl. Abb. 1.6). In den Trögen lagern sich große Mengen feinkörnigen Sediments mit einem hohen Anteil an organischem Kohlenstoff ab. Im Beckentiefsten wird der Sauerstoff des Tiefenwassers sogar durch die Oxidation von Kohlenstoff aufgezehrt, so dass das Wasser anoxisch wird. Darüber hinaus werden diese Tiefen nicht mehr von frischem Meerwasser durchlüftet und es entsteht ein extrem lebensfeindliches Milieu mit der Ablagerung von Faulschlamm, die bis zu 20% organischen Kohlenstoff enthalten. Solche Sedimente wandeln sich in den nachfolgenden Jahrillionen durch Veränderungen der Kohlenwasserstoffketten langsam zu Erdöl. Lüneburg muss in dieser Zeit allerdings auf einer Schwelle (vermutlich sogar auf einer Insel) gelegen haben, da es im Untergrund gar keine Sedimente des Lias (Epoche des Unteren Jura) gibt (vgl. Abb. 1.6), weswegen man auch trotz intensiver Exploration kein Erdöl gefunden hat.

Sedimente des mittleren Jura (Dogger) fehlen im Raum Lüneburg ebenfalls (Abb. 1.6f). Die Heraushebung der Schwellen intensiviert sich in dieser Zeit. Eine kräftige Meeresspiegelabsenkung vergrößert zudem die Landflächen, so dass nun hauptsächlich Flusssande in die Tröge gespült wurden. Solche Sande stellen wegen ihres hohen Porenvolumens ein besonders gutes Speichergestein dar. Der organische Kohlenstoff der Lias-Ablagerungen wird in den Sedimenten mobil, da sich schon bei Temperaturen ab 70 °C flüssige Kohlenwasserstoffphasen bilden, die dann langsam als

Erdöl durch den Porenraum der Sandsteine wandern, bis sie auf ein Hindernis stoßen, das ihre weitere Bewegung nach oben stoppt. Bremsende Wirkung haben dabei vor allem wasserundurchlässige Tone, die das Erdöl in nach oben abgedeckten Strukturen (sogenannten Erdölfällen) aufnehmen können. Im Lüneburger Raum fehlen aber sowohl das Erdölmuttergestein aus dem Lias als auch entsprechendes Speichergestein aus dem Dogger, so dass Erdölfunde nicht zu erwarten sind, auch wenn in der Stadtgeschichte immer wieder von einem kleinen Öl-Austritt zu lesen ist.

Sedimente des Oberjura (Malm) bestehen zum größten Teil aus Kalken oder Mergel (Gemisch von Ton, Sand, Kies und Kalk), die in Lüneburg ebenfalls fehlen (vgl. Abb. 1.6) und auch in weiten Bereichen des Norddeutschen Beckens lediglich regional vorkommen. Im Süden Niedersachsens, am Rand der Mittelgebirge, erreichen die Mergel des Oberjura dagegen große Mächtigkeiten; diese Ablagerungen gehören aber geologisch eher zum Nordrand subtropischer Flachmeere aus dem Alpenraum. Im nördlichsten Teil des Norddeutschen Beckens entwickeln sich an der westlichen und östlichen Flanke langgestreckte, relativ kleinräumige Vertiefungen, die den Randsenken des dort aufsteigenden Salzes entsprechen. Viele Erdölvorkommen Schleswig-Holsteins stehen in Bezug zu diesen Ablagerungen, denn in den abgeschnürten, sauerstoffarmen Becken überdauern große Teile der marinen Biomasse, die sich später unter Druck und Temperatur zu Erdöl umwandelt.

Kreide: 142 – 65 Mio. J.v.h.

Am Beginn der Unterkreide steigt der Meeresspiegel weltweit an, wobei auch das Norddeutsche Becken erneut vollständig überspült wird (vgl. Abb. 1.3). Sande, Mergel und Tone dokumentieren dieses Flachmeer, dessen Ablagerungen in Lüneburg stattliche 400 m Mächtigkeit erreichen können (vgl. Abb. 1.6h). Selbst die Schwellen über den Salzstöcken werden nun geflutet. Die nächsten Küstenregionen liegen weit entfernt, so dass sich sehr feinkörnige Sedimente – vor allem Tone – ablagern. Die porösen Sandsteine des Dogger hat der kontinuierliche Salzaufstieg deutlich verkippt und sie werden von tonigen Sedimenten der Unterkreide nach oben hin versiegelt. Der Anstieg des Meeresspiegels führt damit zu einer Abdeckung der doggerzeitlichen Sandstein-Speichergesteine und ist eine der wichtigsten Grundlagen für die spätere Bildung von Erdöllagerstätten.

Während der Oberkreide bleibt es in dem Becken relativ ruhig bei global hohem Meeresspiegel. Vorzufinden ist also ein am Rand des Ozeans gelegenes Meer mit nahezu einheitlicher Wassertiefe, in dessen Oberflächenwasser kalkbildende und für tropische Meere typische Algen (Coccolithophoriden) lebten. Die Reste dieser Organismen bilden am Boden des Nebenmeeres große Mengen eines weißen Gesteines, das Kreide genannt wird und in früheren Zeiten auch tatsächlich als Schreibkreide diente. Verwendet wurde die Kreide jedoch vor allem zur Gewinnung von Düngekalk, aber auch zur Zementherstellung. In diesen Sedimenten finden sich häufig Lagen oder Knollen von Feuerstein, der sich aus Skelettresten von kieseligen (d.h. aus SiO_2 bestehenden) Diatomeen und Schwämmen gebildet hat. Feuersteine sind ganz typisch für Kreidesedimente, da die filigranen Diatomeenskelette nach gemeinsamer Ablagerung mit den kalkschaligen Coccolithophoridenschalen durch Grundwasser mit basischem pH-Wert aufgelöst werden und dann das Siliziumoxid in Strukturen wie Knollen oder Lagen wieder ausfallen kann.

Solche Oberkreidesedimente sind im Randgebiet Lüneburgs bis zu einer Mächtigkeit von 400 m zu finden, so dass man sie bis in die 1960er Jahre hinein in den Kalkbrüchen Volgershall, Kreideberg und am Städtischen Krankenhaus in großen Tagesaufschlüssen abgebaut hat, zumal sie dort oberflächennah anstanden (vergl. Abb. 1.11 in Kapitel: Historische Entwicklung); sie gaben auch dem Stadtgebiet „Kreideberg“ seinen Namen. Im Bereich des Kalkbruchs von Kolkhagen im Süden Lüneburgs erreichen diese Sedimente sogar bis zu 2400 m Mächtigkeit (Abb. 1.6), da sich der dort liegende Salzstock offensichtlich schon in der Kreide zu heben begann, wobei sich eine besonders kräftige Randsenke ausbildete, die dann im Lauf der Zeit mit Ablagerungen verfüllt wurde.

Tertiär: 65 – 2,6 Mio. J.v.h.

Die nächste Epoche der Erdgeschichte beginnt mit einem radikalen Wandel, denn die beachtliche Absenkung des globalen Meeresspiegels um 100 bis 200 Meter am Ende der Kreide verändert das Sedimentationsgeschehen völlig. Die Ablagerungen im Norddeutschen Becken sind wieder deutlich von kontinentalem (terrestrischem) Einfluss geprägt und setzen sich vor allem aus Sanden zusammen, die von Flüssen in ein Flachmeer transportiert werden, dessen Zentrum im Bereich der heutigen Nordsee liegt.

Im frühen Tertiär beginnt zugleich die Hauptaufaltungsphase der Alpen, d.h. die gesamte europäische Platte steht unter einem von Süden her wirkenden Druck, auf den die Salzstöcke des Nordens mit plastischer Verformung reagieren. Folglich zeigen alle im Tertiär ihre stärksten Hebungsraten. Als Ausgleich für den Massenverlust in der Tiefe brechen um die Salzstöcke herum starke Randsenken ein, die aber oft von Sanden schnell zu sedimentiert werden. Teilweise verflachen die Senken so stark, dass Sümpfe mit Torfablagerungen entstehen, aus denen sich später – unter erneutem Auflastdruck – schließlich Braunkohlensande bilden konnten, die heute in etwa 200 m Tiefe liegen und das Speichergestein für das hervorragende Lüneburger Trinkwasser bilden.

In den Verbreitungskarten der Schichtmächtigkeiten erreichen beispielsweise allein die Sedimente des Oberpaläozäns (Stufe des Tertiärs, Abb. 1.6) eine beachtliche Stärke von 300 m. Also ist davon auszugehen, dass auch der Aufstieg des Lüneburger Salzstocks schon im Paläozän begann. Der Salzstock von Kolkhagen drückt in dieser Zeit schon extrem schnell an die Oberfläche und es bildet sich eine tiefe Randsenke aus, die über das gesamte Tertiär aktiv war. Der obere Teil des Salzstocks von Kolkhagen dürfte damals als Insel aus dem Flachmeer heraus geragt haben. Der Hauptaufstieg des Lüneburger Salzstocks beginnt erst später im Miozän (15 – 5 Mio. J.v.h.). Dabei bilden sich auch hier deutliche Randsenken, die Schichtmächtigkeiten erreichen 250 m. Da das gesamte Umland inzwischen trocken gefallen war, konnten sich hier keine Sedimente mehr ablagern; eine Situation, die auch im Pliozän das Bild beherrscht (vgl. Abb. 1.6).

Der Aufstieg des Lüneburger Salzstocks seit 15 Mio. J.v.h.

Eigentlich besteht der Kalkberg aus Gips und müsste daher auch konsequenterweise Gipsberg heißen. Gips (CaSO_4) lagerte sich im Zechstein in Wechselfolgen mit Salz ab und ist genauso in jedem anderen Salzstock Norddeutschlands vorhanden. Dringt ein Salzstock beim Aufstieg bis in das Grundwasserstockwerk (die obersten 400 m) vor, wird das Salz gelöst und über das Grundwasser abgeführt. Zurück bleiben Reste des Gipses, die als oberste Deckschicht auf dem Salz liegen. Sie heißen ganz anschaulich Gipshut und sind von zahlreichen Hohlräumen durchzogen, da eben das Salz zwischen den verstürzten Gipslagen weggelöst wurde. Der Lüneburger Kalkberg stellt die oberste

Spitze eines Gipshutes dar und die mannshohen Höhlen im Kalkberggrund zeigen, wie stark ausgeprägt die Klüftigkeit dieses Gesteins sein kann. Lüneburg ist einer von drei Salzstöcken in Norddeutschland, dessen Gipshut tatsächlich durch die jüngsten eiszeitlichen Lockersedimente hindurchragt.

Um das Geschehen am Salzstock nachvollziehen zu können, wird die Verteilung der Sedimentgesteine unmittelbar unter den eiszeitlichen Schichten, d.h. in 10 – 40 m Tiefe unter der Erdoberfläche, beschrieben. Eine Karte der Gesteine unter den quartärzeitlichen Deckschichten erstellte erstmals Keilhack anlässlich der preußischen Landesaufnahme im Jahr 1899, sie wurde im Lauf des letzten Jahrhunderts stetig verfeinert (Keilhack, 1912, 1921). Wirklich detailliert ist zuerst Bichers Karte von 1928, die seinem ersten Gutachten zur Stadtgeschichte dann wieder 1957 seinem zweiten Gutachten beigegeben ist. Beide Originalgutachten sind als Anlage zu diesem Artikel über das Internet verfügbar. Darauf aufbauend präsentieren Schmidek (1958) und Feger (1969) ihre grundlegenden Karten, die bis heute fast unverändert am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erscheinen (Büchner, 2001). Abb. 1.9 zeigt die Schichtgrenzen nach der Originalkarte von Bicher (1928).

Rings um den zentralen Gipshut des Kalkbergs liegen Zechsteinsalze, auf denen sich heute Altstadt und Sülzwiesen befinden. Auf seiner Oberfläche und auch auf den Flanken ist dieses Salz in den obersten 400 m noch einmal von Gips umgeben, der daher Mantelgips heißt (zur Unterscheidung vom Gipshut). Dieser Mantelgips reicht im Schildstein sogar bis an die Erdoberfläche heran, während er unter der Saline in 14 m Tiefe ansteht und nur von eiszeitlichen Sanden bedeckt ist.

In der weiteren Umgebung um den Salzstockkern schließen sich die beim Aufstieg aufgestellter Schichten aus den verschiedenen Erdzeiten an. Insbesondere Röttone aus dem Buntsandstein dichten den Salzkörper nach außen hin rundherum ab. Diese Gesteine liegen in nur wenigen Metern Tiefe im Bereich der Innenstadt zwischen Am Sande und Markt, aber auch im Norden im Bereich Mönchsgarten, im Osten sowie im Süden in der Nähe des Theaters. Über den Röttonen folgt fast unmittelbar, nur durch einige Meter Muschelkalk getrennt, der graue Keuperton, der noch heute im Südteil des schon erwähnten Kalkbruchs Volgershall ansteht.

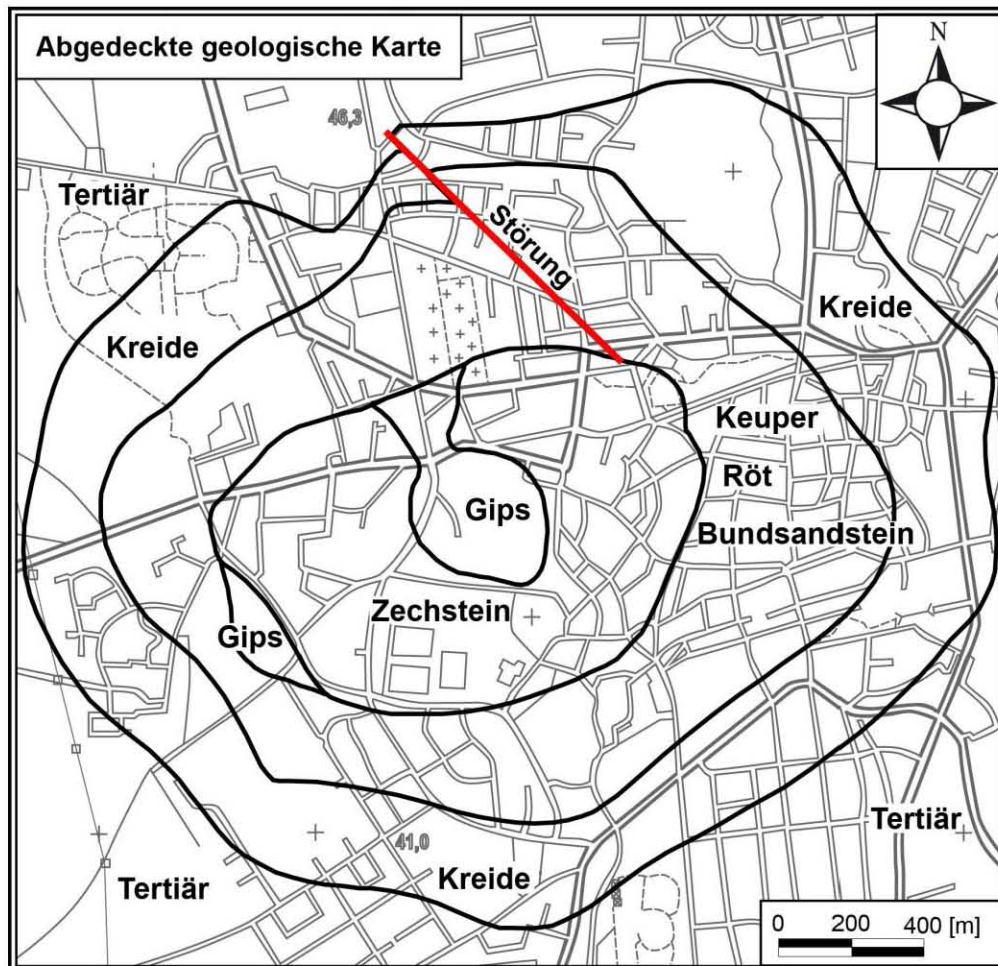


Abb. 1.9: Geologische Karte, nach Unterlagen von Bicher (1957), Ferger (1969) und Büchner (2001)

Dieser weiche, plastische Ton ist insbesondere im Nordosten der Stadt häufig beschrieben worden, er findet sich etwa auch unter dem Turm der Johanniskirche (Abb. 1.10). So ist nach wie vor offen, zu welchen Teilen dieser problematische Baugrund, 40 m unter den eiszeitlichen Sanden, für die Schiefstellung des Johanniskirchturms mitverantwortlich sein könnte. Ein baugeschichtliches Gutachten weist jedenfalls die Reste eines Vorgängerbaus der heutigen Kirche, die sich unter dem Turm befinden, als Ursache für unterschiedliche Erdbewegungen unter Turm und Kirchenschiff aus. Das Schiff der Johanniskirche steht der geologischen Karte zufolge schon eindeutig auf festem Kreidekalk, der Turm aber auf dem plastisch reagierenden Keuperton (Abb. 1.10).

Keuperton Kreidekalk

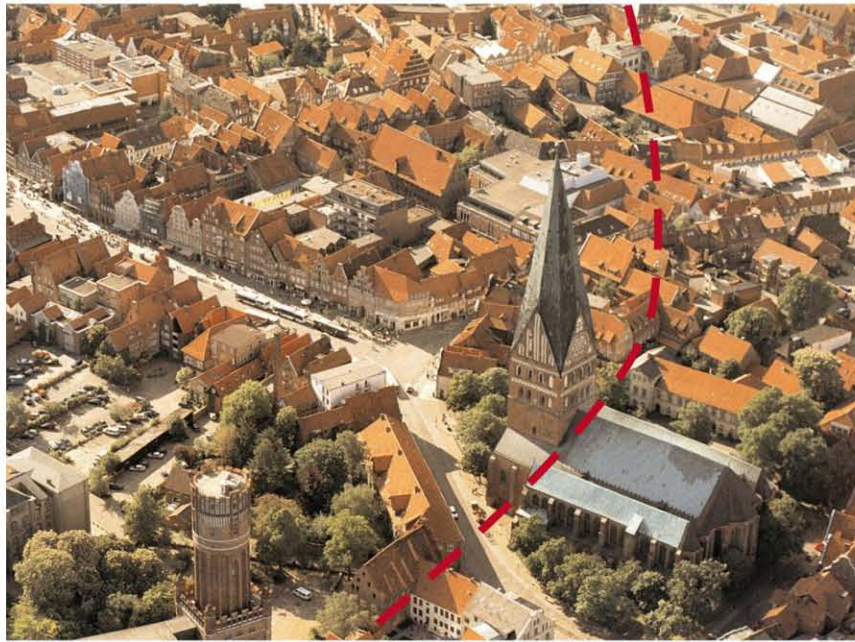


Abb. 1.10. Luftbild der Johanniskirche, freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Pastor Ingo Reimann.

Das Kreidegestein zieht sich außen um die gesamte Stadt herum; seine Schichten sind geologisch intensiv untersucht, da man eben die Kreide früher bergmännisch abgebaut hat. In den Kalkbrüchen Volgershall und Kreidebergsee sind Aufschlüsse dieses Gesteins heute noch immer zugänglich. Einen großen Kalkbruch gab es darüber hinaus vor dem städtischen Krankenhaus, der aber nach dem Krieg zugeschüttet wurde und heute als Parkplatz dient (siehe auch Kapitel 2: Historische Entwicklung, Abb.2.9). Die Kenntnisse für die Erstellung der oben erwähnten Karten stammen vor allem aus Bohrungen, die anlässlich einer Prospektion auf diesen Kalk unternommen wurden. Den Kreidekalk hat man zu Dünger verarbeitet, bzw. bis um 1960 zur Zementherstellung verwendet. Damals wurden die Wasserpumpen, um die Tagebaue trocken zu halten, abgestellt und die tiefen Löcher wurden vom Grundwasser geflutet.

Die Eiszeiten der letzten 2,6 Mio. Jahre

Die Oberfläche Norddeutschlands ist vor allem durch eiszeitliche Sedimente geformt worden (Abb. 1.7). Im Verlauf einer kontinuierlichen Abkühlung vor etwa 38 Mio. J.v.h.

lagen zuerst die Antarktis und ab 2,6 Mio. J.v.h. auch Grönland, Nordamerika und Skandinavien unter Decken von Inlandeisen, die bis zu 3 km mächtig waren. Unmittelbare Auswirkungen auf Lüneburg gibt es jedoch erst, als der skandinavische Inlandgletscher erstmals bis nach Norddeutschland vorrückt, wobei er Findlinge, Geschiebe und Schmelzwasser mitbrachte. Dieser erste Gletschervorstoß geschah vor etwa 400.000 Jahren und erreichte die Mittelgebirge während der sogenannten Elster Eiszeit. In der Saale Eiszeit von etwa 160.000 – 130.000 Jahren vor heute stießen die großen Inlandgletscher zum letzten Mal bis in den Lüneburger Raum vor und prägten mit ihren Endmoränenwällen die Landschaft Niedersachsens. Lüneburg liegt in einer Kette solcher Moränenwälle, die dem Warthe-Stadium der Saale Eiszeit zugeordnet werden können, d.h. ein Alter von etwa 140.000 Jahren haben.

Die Entwicklung des Lüneburger Salzstockes während der letzten Eiszeit, d.h. von 115.000 – 11.500 J.v.h., ist noch sehr unklar. Geowissenschaftler entwickeln heute zwar sehr wohl Szenarien wie ein Salzstock sich unter 3000 m mächtiger Eisbedeckung verhalten würde, wie überhaupt die gesamte Erdkruste und der obere Erdmantel auf die Eisbedeckung reagieren würde, aber verlässliche, allgemein anerkannte Ergebnisse gibt es dazu noch nicht. Dies liegt auch daran, dass die Mobilität von Salzstöcken unter eiszeitlicher Gletscherbedeckung für die Beurteilung der Sicherheit eines potentiellen Atom-End oder -Zwischenlagers wie Gorleben sehr hohe politische Brisanz hat. Die Geschichte des Salzstockes während der letzten Eiszeit kann daher hier noch nicht beschrieben werden.

Für die Nacheiszeit seit 11.500 J.v.h. kennt man die Entwicklung der Vegetation und des Gewässersystems allerdings schon recht genau, nur gibt es keine spezifischen Untersuchungen von Torfen aus der Randsenke des Lüneburger Salzstocks. Darin würde sich der Aufstieg des Salzes gut widerspiegeln, denn um einen aufsteigenden Salzstock senkt sich die Erdoberfläche in so genannten Randsenken. Man erkennt in Lüneburg rings um den Salzstock zwar sehr wohl eine kreisförmige Absenkung in der Endmoränenlandschaft (siehe Geländemodell Abb. 3.14 in Kapitel 3: Senkungen), wann diese Vertiefung in den saalezeitlichen Moränenzügen aber entstanden sein könnte, ist bis heute nicht datiert; dies wäre ein interessantes Forschungsprojekt.

Letztendlich wissen wir also nicht, ob der Salzstock seit der Saaleeiszeit vor 150.000 Jahren kontinuierlich aufgestiegen ist, ob er nach Rückzug der Saalegletscher im tektonischen Spannungsfeld vor dem Gletscher sehr schnell aufgestiegen ist, oder ob ein Großteil der Aufwärtsbewegung erst in jüngerer Zeit stattgefunden hat, d.h. als sich die letzten eiszeitlichen Gletscher vor 15.000 Jahren aus Schleswig-Holstein zurückzogen. Die Klärung dieser Frage wäre für die Beurteilung der natürlichen Hebungsraten des Salzstockes sehr wesentlich.

Die Hünengräber der Lüneburger Heide zeigen, dass die Region um Lüneburg seit mindestens 3700 vor Christus intensiv landwirtschaftlich genutzt wurde. Wenn es damals auch schon zu einer Nutzung des Salzes gekommen wäre, müsste dies aus archäologischen Befunden erkannt worden sein. Es zeigen sich in der Steinzeit, in der Bronzezeit und der Eisenzeit keine Anzeichen von Soleförderung, obwohl Salzgewinnung aus Sole in Mitteleuropa seit der Bronzezeit, und dann sehr stark in der Eisenzeit (ab ca. 700 vor Christus) dokumentiert ist. Auch aus germanischer Zeit (bis 400 Jahre nach Christus) gibt es keine Befunde zur Solenutzung. Eine ausführliche Beschreibung dieser vorgeschichtlichen Entwicklung findet sich unter www.lueneburger-geschichte.de. Die Lüneburger Solequellen waren also bis in das Frühmittelalter noch nicht entdeckt.

Literatur

- Baldschuhn, R. Franz Binot; Stephanie Fleig; Franz Kockel. (2001). Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem deutschen Nordsee-Sektor - Strukturen, Strukturentwicklung, Paläogeographie - Deutsch-Englisch, Geologisches Jahrbuch Reihe A, Band A 153, 88 Seiten
- Bicher, F. (1928). unveröffentlichtes Manuskript ohne Titel. Lüneburg: 514 S.
- Bicher, F. (1957). Wissenschaftliches Gutachten über das Grundwasser und sein Einfluß auf die Lüneburger Senkungen und deren Ursachen und Gegenmaßnahmen. Lüneburg: 267 S.
- Büchner (2001). Lüneburg TK 2728. Baugrundkarte, NLF -Ingenieurgeologie- Hannover: Gebiete mit ungünstigen Baugrundverhältnissen.
- Ferger, I. (1969). Lüneburg - Eine siedlungsgeographische Untersuchung. Bonn-Bad Godesberg, Selbstverlag.
- Keilhack, K. (1912). Erläuterung zur Geol. Karte von Preussen, Lief. 108, Blatt Lüneburg. Berlin.
- Keilhack, K. (1921). Erläuterungen zum geologischen Maßstabsblatt Lüneburg (Geologische Karte von Preußen, Gradabteilung 25, Blatt 43, bearbeitet von Keilhack 1910/11).
- Lehne, R., Sirocko, F. (2010) Recent vertical crustal movements and resulting surface deformation within the North German Basin (Schleswig-Holstein) derived by GIS-based analysis of repeated precise leveling data, Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Volume: 161, Issue: 2, 175-188 DOI: 10.1127/1860-1804/2010/0161-0175
- Roth, J. (1853). "Beiträge zur Geogn. Kenntnis Lüneburgs." Zeitschrift der deutschen Geol. Ges. 5.

Schmidek, R. (1958). Bericht zu dem Senkungsnivellement 1957/58. Lüneburg.

Sirocko, F., Szeder, T., Seelos, K., Lehne, R., Diehl, M., Rein, B. & Schneider, W.M. and 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.

Sirocko, F., Reicherter, K., Lehné, R.W., Hübscher, Ch., Winsemann, J., Stackebrandt, W. (2008). Glaciation, salt and the present landscape. In: Littke, R., Bayer, U., Gajewski, D., Nelskamp, S. (Eds.) *Dynamics of Complex Intracontinental Basins – The Central European Basin System*. Springer Berlin Heidelberg, p. 519; 234-245