

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	13 (2006), 1/2	S. 91-115	5 Abb., 5 Tab., 30 Lit.
------------------------------	--------------	----------------	-----------	-------------------------

## Fortschritte bei der Unterscheidung von Aquiferen in der Trias und im Jura von Brandenburg unter spezieller Berücksichtigung der Sequenzstratigraphie

### Advances at distinction between the Triassic and Jurassic aquifers of the country Brandenburg, Germany with particular consideration of the sequence stratigraphy

MICHAEL GÖTHEL

Herrn Dr. Jürgen Kopp zum 60. Geburtstag gewidmet

#### Einleitung

Aquifere sind Grundwasser führende Speichergesteine deren Temperatur insbesondere von der Tiefe abhängig ist und durchschnittlich um 3 °C pro 100 m auf den Kontinenten zunimmt. Nach Höhe ihrer Temperatur können Thermalwasser-Aquifere (> 20 °C), Warmwasser-Aquifere (60 bis 100 °C) und Heißwasser-Aquifere (> 100 °C) unterschieden werden. Petrographisch werden Poren-Grundwasserleiter (vor allem Sandsteine), Kluft-Grundwasserleiter (z. B. Vulkanite mit zirkulierenden Wässern) und Karst-Grundwasserleiter (im Wesentlichen Karbonate) unterschieden. Gemäß dem tektonischen Stockwerksbau befinden sie sich im Tafeldeckgebirge und lagern im Subsalinar-Stockwerk (Ober-Rotliegend) und Suprasalinar-Stockwerk der Norddeutschen Senke. Durch Salzabwanderung können die Aquifere in große Tiefen abgesenkt und auch in höheren Mächtigkeiten auftreten. Durch Salzdiapirismus können sie bis zur Erdoberfläche zu unterschiedlichen Zeiten gehoben worden sein. Wegen des verschiedenzeitlichen Salzdiapirismus sind Aquiferausfälle durch Sedimentationsunterbrechung und Erosion nicht nur auf die Meeresspiegelaustatik zurückzuführen. Im Land Brandenburg gewinnt die wirtschaftliche Nutzung der suprasalinen Aquifere zunehmend an Bedeutung.

Die wirtschaftlich wichtigen Aquifere im Suprasalinar gehören zum Typ Poren-Grundwasserleiter und treten im Mittleren Buntsandstein (Volpriehausen-, Detfurth-Formation), im Oberen Keuper (*contorta*-Sandstein), im Lias (Pylonoten-Sandstein, Lotharing-Sandstein, Domer-Sandstein), Dogger (Aalen-Sandstein), Unter-Kreide (verschiedene Neokom-Sandsteine) und Paläogen auf. Treten Aquifere vom Typ Kluft-Grundwasserleiter im Unteren Muschelkalk auf, könnten sie zukünftig von wirtschaftlichem Interesse sein. Aquifere vom Typ Karst-Grundwasserleiter im Oberen Muschelkalk (*Trigonodus*-Dolomit der Rottweil-Formation) des Oberrheintal-Grabens und im Malm Süddeutschlands (Schwammstotzen-Rifffazies) spielen zwar dort eine wirtschaftlich große Rolle, haben aber wegen der lithologisch anderen Ausbildung dieser stratigraphischen Einheiten in Brandenburg keine Bedeutung. Während im

Süden von Brandenburg, nördlich des Lausitzer Blocks und des Torgau–Doberluger–Synklinoriums mit seinem permokarbonen Rahmen und Magmatiten die älteren Gesteine des Suprasalinar (Lausitzer Triasscholle) unter dem känozoischen Lockergesteinsgebirge verbreitet sind, lagern nach Norden zunehmend jüngere Gesteine darunter (STÄCKEBRANDT & MANHENKE 2002). Nördlich der Linie Belzig–Luckenwalde–Lübben–Guben sind die Aquifere des Juras verbreitet. Die der Unter-Kreide kommen in großflächiger Verbreitung in NW-Brandenburg vor. Gleichzeitig lagern die Aquifere des Juras im Nordwesten von Brandenburg in größeren Tiefen. Die Speicherqualität der Aquifere des Buntsandsteins wird im Norden des Landes Brandenburg durch zunehmende Vertonung eingeschränkt.

#### 1. Die wirtschaftliche Bedeutung der Aquifere in Brandenburg

Mit der wirtschaftlichen Explosion Südost-Asiens, insbesondere Chinas, steigen die Weltmarktpreise aller Rohstoffe. Das gilt insbesondere für die Energierohstoffe wie Erdöl, Erdgas, Steinkohle und Braunkohle. Mit Stärkung ihrer wirtschaftlichen Macht können es sich diese Länder in Zukunft leisten, den Weltmarkt leerkzukaufen. In Folge werden die Preise noch mehr steigen. Dieser Entwicklung im nationalen Interesse entgegenzuwirken, ist Aufgabe der Politik in Deutschland. Dazu gehört zum einen die Sicherung von Rohstoffen und zum anderen die Suche und Anwendung von Alternativen. Von der Energiepolitik werden die „Erneuerbaren Energien“ als Alternativen benannt und gefördert. Dazu gehört die Geothermie bzw. die Nutzung von Erdwärme. Erdwärme steht generell überall und jederzeit zur Verfügung. Bei sachgerechter Bewirtschaftung ist sie praktisch unerschöpflich.

Das Verfahren der Hydrothermalen Tiefengeothermie zur wärmetechnischen Nutzung von Thermal- und Warmwasser-Aquiferen mit Temperaturen des Untergrunds von 40 bis 100 °C wird bereits wirtschaftlich genutzt. Seine Anwendung ist wie die aller tiefengeothermischen Verfahren von der inhomogenen Temperaturverteilung im Gebirge



abhängig und wird vorwiegend durch die unterschiedlichen thermischen Eigenschaften der Gesteine als Träger der Erdwärme und durch Inhomogenitäten im Gebirge, wie Störungszonen und Salzmobilitäten (Salzfließen), gesteuert. Weiter bestimmen die hydraulischen Eigenschaften (Porosität, Permeabilität, hydraulischer Druck) der Aquifere die Wirtschaftlichkeit der hydrothermalen Tiefengeothermie. Die Hydrothermale Geothermie nutzt in Brandenburg den Aquifer-Typ des Poren-Grundwasserleiters. Höhere Porositäten können Küstensande wegen ihrer besseren Sortierung gegenüber Flusssanden erreichen. Ab 120 °C wird Feldspat durch chemische Diagenese alteriert und führt zur Verringerung des Porenraums in Heißwasser-Aquiferen. In Brandenburg werden gegenwärtig permeable Sandsteine mit einer Mächtigkeit größer als 20 m (BEER & MANHENKE 2001) des Zechsteinsalinar-Deckgebirges genutzt. Die geothermalen Wässer dieser Aquifere sind Salinarwässer und deshalb nicht nur wärmetechnisch, sondern auch für balneologische Zwecke (Thermalsolen) nutzbar. Eine hydrothermale Energiegewinnung erfolgt in der Regel im Dublettenbetrieb, um das hydraulische Gleichgewicht im genutzten Aquifer aufrecht zu erhalten. In einer Entnahmebohrung wird das thermale Wasser zu Tage gefördert. Über Tage wird dem Wasser Wärme entzogen. Danach wird das abgekühlte Wasser im geschlossenen Kreislauf über eine Injektionsbohrung wieder in den genutzten Aquifer gepresst. Der Abstand von Förder- und Injektionsbohrung wird so gewählt, dass eine Nutzung des Aquifers in Abhängigkeit von seinen hydraulischen Eigenschaften 20 bis 30 Jahre garantiert ist.

Die tiefengeothermische Erschließung ist zwar grundsätzlich überall möglich, jedoch sind einige Verfahren der geothermischen Energieerzeugung noch in der Forschungsphase oder durch Pilotprojekte im Test. Gegenwärtig wäre die geothermische Stromerzeugung nur gekoppelt mit Heizungsnutzung ab Temperaturen des Untergrunds über 95 °C sinnvoll. Das HDR-Verfahren (hot dry rock-Verfahren) nutzt hochtemperierte Gesteinskomplexe mit Eignung zur Stimulation bzw. Schaffung künstlicher, gerichteter Fließwege durch Klüftung über hydraulische Stimulation (BEER & MANHENKE 2001). Durch die ENRO AG Essen wird im Land Brandenburg mit dem Pilotprojekt in Finowfurt eine geothermische Stromerzeugung ab 160 °C im HDR-Verfahren in Unterrotliegend-Vulkaniten vorbereitet. Stimulationen in Unterrotliegend-Vulkaniten und Oberrotliegend-II-Sedimenten (Elbebasissandstein mit geringer Porosität) werden gegenwärtig im Forschungsobjekt Groß Schönebeck durch das Geoforschungszentrum Potsdam getestet.

Aquifere können auch als saisonale Tiefenwärmespeicher, wie in Berlin am Reichstag, genutzt werden. Aquifere über Salinaraufwölbungen eignen sich als Speicher für Gase und Flüssigkeiten. So werden derzeit künstliche Erdgaslagerstätten, wie in Berlin von der GASAG am Olympiastadion über dem Salzkissen Spandau, betrieben. Derzeit wird als Forschungsprojekt die Verpressung von CO<sub>2</sub> in einen loka-

len Aquifer der Schilfsandstein-Formation (Stuttgart-Formation) im Mittleren Keuper über dem Salzkissen Ketzin durch das Geoforschungszentrum Potsdam vorbereitet.

Die bereits vorhandenen Nutzungsmöglichkeiten verdeutlichen die zukünftige wirtschaftliche Perspektive der Aquifere in Brandenburg und ihre energiepolitische Bedeutung. Die erfolgreiche Anwendung der genannten Technologien zur Nutzung der Aquifere erfordert nicht nur Kenntniss der thermischen und hydraulischen Eigenschaften sondern auch der petrographischen Eigenschaften der Aquifere. Deren genaue Unterscheidung und ihre fazielle und stratigraphische Zuordnung ist aus bergrechtlichen und wirtschaftlichen Gründen geboten. Hydraulische Verbindungen zwischen den Aquiferen müssen ausgeschlossen werden. Förder- und Injektionsbohrung sollten beim Verfahren der hydrothermalen Tiefengeothermie denselben Aquifer nutzen, um das hydraulische Gleichgewicht im beanspruchten Aquifer aufrecht zu erhalten und eine dauerhafte Ergiebigkeit der Förderbohrung zu gewährleisten.

## 2. Überblick über die stratigraphischen Methoden

Die zeitliche Ordnung der Gesteine ist Inhalt der geowissenschaftlichen Stratigraphie. Als chronostratigraphische Grundeinheit wird die Stufe (Stage) definiert. Sie wird jeweils an ihrer Basis abgegrenzt. Die Definition der Basis einer Stufe erfolgt an einem Typusprofil (Stratotyp) in erster Linie biostratigraphisch, aber auch magnetostratigraphisch, sequenzstratigraphisch und lithostratigraphisch. Die Anerkennung eines Typusprofils zur Abgrenzung einer Stufe als Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) erfolgt durch die Internationale Kommission für Stratigraphie (International Commission on Stratigraphy, ICS). Dabei gilt als Grundbedingung ein lückenloser lithologischer Übergang von der älteren zur jüngeren Stufe. Über Korrelationen ist die Zuordnung und relative Altersbestimmung von Profilen anderer mariner und terrestrischer Ablagerungsräume unserer Erde zu diesen Grenzprofilen möglich.

Als GSSP sind gegenwärtig Griesbach/Indus/Trias in China und Ladin in Italien in der Trias und im Jura Sinemur in England, Aalen in Spanien sowie Bajoc in Portugal von der ICS ratifiziert worden. Alle anderen Stufen-Abgrenzungen befinden sich noch in der Diskussion und erfolgen nach dem Arbeitsstand der ICS (Tabellen 2 bis 5).

Absolute Altersbestimmungen verschiedener Methoden an Gesteinen ermöglichen sowohl die zeitliche Fixierung stratigraphischer Grundeinheiten als auch die Einordnung von kristallinen Gesteinen. Hiermit können insbesondere Magmatitkomplexe einschließlich Pyroklastiten, Metamorphosealter und damit tektonische Strukturen chronostratigraphisch eingeordnet werden.

Die biostratigraphische Grundeinheit wird meist durch das Erstauftreten (First Appearance Date, FAD) oder das letz-



te Auftreten (Last Appearance Date, LAD) eines Indexfossils, aber auch durch das zeitliche Überschneiden des Auftretens zweier Indexfossilien definiert. Meeresspiegelaustatik und Klimawechsel sind vor allem verantwortlich für Faunen- und Florenveränderungen durch Radiation (Entfaltungsschub) und Ausbreitung. Die Immigration von Faunen und Floren erfolgt meist gemeinsam und reflektiert biostratigraphische Ereignisse. Das Vorkommen der Indexfossilien (Leitfossilien) bleibt in Abhängigkeit von der Umwelt, insbesondere von Ablagerungsraum und Klima meist nur auf bestimmte Areale, wie zum Beispiel auf den tethyalen/borealen Raum beschränkt. Globale biostratigraphische Zonen sind somit die Ausnahme. Die Korrelation verschiedener Ablagerungsräume wird möglich durch ihren Faunen- und Florenaustausch mit der Immigration von Indexfossilien. Unter Berücksichtigung unten noch benannter stratigraphischer Methoden erfolgt die Korrelation zu den weiteren stratigraphischen Grundeinheiten (Tab. 1).

rungen. Das konservierte Sauerstoffisotopenverhältnis der Kalkschalen von Mikroindexfossilien reflektiert das jeweilige Klima während ihrer Bildung.

Zur zeitlichen und faziellen Einordnung von Ablagerungen wurden Sequenzmodelle und zur stratigraphischen Korrelation sequenzstratigraphische Skalen anhand von eustatischen Zyklen entwickelt (HAQ et al. 1988, HARDENBOL et al. 1998). Die in Abhängigkeit von Klima und geotektonischen Prozessen stattfindenden Meeresspiegelschwankungen werden insbesondere von Küstenablagerungen einschließlich des meereseitigen Schelfbereichs und des landwärtigen Ablagerungsraums eines Deltas reflektiert. In diesen Ablagerungsräumen, wo die Biostratigraphie durch den eustatisch verursachten Fazieswechsel nur bedingt anwendbar ist, ermöglicht die Sequenzstratigraphie die Gliederung von lithostratigraphischen Einheiten und ihre Korrelation. Die Begrenzung der Sequenzen erfolgt von einem Meeres-

Tab. 1: Überblick zur Hierarchie der stratigraphischen Einheiten mit Beispielen zur Trias (jeweilige Grundeinheiten fett hervorgehoben)

Tab. 1: Overview of the stratigraphic units and examples of the Triassic deposits (main units in bold type)

Einordnung der Gesteine			
zeitliche Zuordnung	Korrelation		räumliche Zuordnung
Chronostratigraphische Einheiten/Beispiele	Biostratigraphische Einheiten/Beispiele	Zyklen & Sequenzen der Meeresspiegelaustatik/Beispiele	Lithostratigraphische Einheiten/Beispiele
Äonothem Ärathem System/Periode Subsystem Serie Subserie <b>Stufe (Stage)</b> Substufe	<b>Zone/</b> Subzone Horizont	1. Ordnung  2. Ordnung  <b>3. Ordnung</b> Systemtrakt  Sequenzgrenze	Hauptgruppe  Gruppe Subgruppe <b>Formation</b> Subformation Schichtglied (Member) Schicht
Phanerozoikum Mesozoikum Trias  Ober-Trias  <b>Nor</b> Sevat	<b>Rhabdoceras suessi</b> <i>Sagenites quinquepunctatus</i>	1. Ordnung  2. Ordnung  <b>3. Ordnung</b>  LST No 2	Germanische Trias  Keuper Oberer Keuper (Rhätkeuper) <b>Exter-Formation</b> Oberer Steinmergelkeuper <i>posterus</i> -Sandstein Basis Ob. Steinmergelk. 2

Der zyklische Wechsel der magnetischen Polarität der Erdachse kann lückenlos in der Ozeankruste wegen ihrer ständigen Neubildung an den Mittelozeanischen Rücken konserviert sein. Durch den Wechsel von Chronen normaler und reverser Polarität – analog der heutigen Lage von N- und S-Pol – erfolgt die Definition von Chronen bzw. die magnetostratigraphische Definition von Chronozonen.

Die Klimastratigraphie fußt in erster Linie auf den Untersuchungen von lückenlos sedimentierten Ozeanablage-

spiegeltiefstand zum nächsten. Ein Zyklus 3. Ordnung beginnt demzufolge mit dem Niedrigstand des Meeresspiegels (Lowstand Systems Tract, LST). Mit schnell steigendem Meeresspiegel folgt die Transgression (Transgressive Systems Tract, TST) des Meeres. Mit dem Ausklingen des Meeresspiegelanstiegs und während des langsamen Meeresspiegel fallens drängt die Sedimentfracht der Flüsse die Küstenlinie zurück und ermöglicht die Progradation eines Deltas bzw. eines Schelfs. Der Hochstand des Meeresspiegels (Highstand Systems Tract, HST) leitet somit die Re-



gression des Meeres ein. Der Zeitpunkt des Meeresspiegel-Tiefststands reflektiert den Beginn bzw. das Ende eines Zyklus 3. Ordnung als Sequenzgrenze (Sequence Boundary, SB). Sie ist im Küstenbereich mit Sedimentationsunterbrechungen und Erosionen, wie incised valley-Anlage, verknüpft. Die folgende Transgression greift im Küstenbereich auf ein Abtragungsniveau (lowstand surface, ls) infolge des gesunkenen Meeresspiegels über und bewirkt oft eine Erosion älterer Ablagerungen. In der Zeit der maximalen Überflutung (maximum flooding zone, mzf) erfolgt meist eine geringere bzw. kondensierte Sedimentation im tieferen marinen Ablagerungsraum. Im Küstenbereich bewirkt sie ein Erosionsniveau (maximum flooding surface, mfs), welches mit dem Abtragungsniveau der Transgression identisch sein kann. In der Regel wird die Transgression sedimentologisch durch Unten-Grob-Sequenzen (fining upward sequence) wiedergegeben. Die Regression bzw. Progradation eines Deltas reflektieren Oben-Grob-Sequenzen (coarsening upward sequence). In Watten-Ablagerungen, wo an die Küste das feinere Schlickwatt und daran das gröbere Sandwatt anschließen, verhält sich die Sedimentation umgekehrt (FÜCHTBAUER 1988). Die Sequenzstratigraphie ist ebenso auf limnische Ablagerungsräume anwendbar. Dabei kann deren Grundwasserniveau durchaus vom Meeresspiegelniveau beeinflusst sein. Die Definition der Basis der lithostratigraphischen Grundeinheiten ermöglicht im Sinne der Sequenzstratigraphie die SB und die mfs, die den Beginn der Sedimentation nach einer Ablagerungslücke (Hiatus) oder einen markanten Sedimentationswechsel anzeigen können. An die Transgression oder maximale Überflutung ist oft das FOD oder die Immigration von marinen Fossilien geknüpft und ermöglicht die Korrelation zu den biostratigraphischen Einheiten. Faunen- und Florenwechsel im terrestrischen Milieu sind dagegen meist an Regressionen gebunden. Florenwechsel und Immigration von Amphibien, Landreptilien und Landsäugetern ermöglichen neben Klimaveränderungen insbesondere Landbrücken (v. d. MADE 1999), die sequenzstratigraphisch mit der Ausbildung einer SB, also einer Meeresspiegelabsenkung, in Verbindung stehen. Sie können die geotektonische Auswirkung von Kontinentkollisionen auf die Eustatik besonders verdeutlichen.

Die Methode der Sequenzstratigraphie rückte in den letzten Jahren zur chronostratigraphischen Zuordnung von Küstenablagerungen passiver Kontinentalränder und epikontinentaler Ablagerungsräume immer mehr in den Vordergrund. Insbesondere förderte und nutzte die Erdöl-/Erdgas-Industrie diese Methode zur Erkundung ihrer Lagerstätten. Erste Anwendung dieser Methode fand für die Ablagerungen der Trias im epikontinentalen Germanischen Becken durch AIGNER & BACHMANN (1998) für Baden-Württemberg statt. SZULC (2000) wendete sie für die die Korrelation von Oberem Buntsandstein (Röt) und Muschelkalk in Oberschlesien und dem Heiligen Kreuzgebirge (Polen) zu benachbarten Ablagerungsräumen an. Von MÖNNIG (2000) wurde eine eustatische Meeresspiegelkurve für die Ablagerungen des Juras in Deutschland auf der Geländetagung der Subkommission für Jura-Stratigraphie vorgestellt.

### 3. Überblick zum Erkundungsstand der Aquifere der Trias und des Juras

Mit den nachstehenden Ergebnissen werden für Brandenburg erstmalig Übersichten für die stratigraphischen Systeme Trias und Jura gegeben, die sich an der aktuell gültigen Skala der Internationalen Stratigraphischen Kommission (GRADSTEIN et al. 2004, OGG, OGG & INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY Stand Februar 2006) orientieren. Nur die detaillierte Aufnahme und Dokumentation der Lithologie durch Kernstrecken und ergänzt durch bohrlochgeophysikalische Vermessung sowie der Fossilinhalt lassen eine Interpretation des Ablagerungsmilieus und damit eine exakte Zuordnung zu den sequenzstratigraphischen Skalen (HARDENBOL et al. 1998, zitiert in OGG, OGG & INTERNATIONAL COMMISSION OF STRATIGRAPHY Stand Februar 2006) zu. Insbesondere liefern die Bohrungen, die in Brandenburg und Berlin zur Erkundung von Thermalwasser und zur geothermischen Nutzung zwischen 1985 und 2001 geteufte wurden, neue wichtige Ergebnisse zur Biostratigraphie und Lithologie. In diesen Bohrungen wurden nach dem staatlichen Kartierungsbohrprogramm der DDR von 1953 bis 1967 wieder Kernstrecken, insbesondere aus Trias und Jura gezogen, die flächenhaft auf dem Territorium des Landes Brandenburg verteilt sind und im Kernlager Wünsdorf des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg für weitere Untersuchungen zur Verfügung stehen. Ihre Ergebnisse sind ein wichtiger Beitrag zum Schließen von Kenntnislücken bei der Unterscheidung der Aquifere durch detaillierte stratigraphische Einordnung in die Trias und in den Jura. Eine Vielzahl von mesozoischen Kernstrecken wurde außerdem zur Untersuchung unterirdischer behälterloser Speicher in den Erkundungsobjekten Berlin-Spandau von 1982 bis 1991, Buchholz bei Treuenbrietzen von 1964 bis 1978, Dabendorf 1974, Flatow von 1964 bis 1965, Kabelitz 1960, Ketzin von 1960 bis 1975, Lehnin 1960, Mittenwalde von 1974 bis 1976, Potsdam von 1961 bis 1963, Wredenhagen 1979, Wesenberg von 1973 bis 1979 sowie Wülpen 1960 realisiert. Der Kavernenbau im Zechsteinsalinär und Verpressung der anfallenden Sole durch Bohrungen erfolgt seit 1998 für den Gasspeicher Rüdersdorf. Die Kernstrecken dieser Erkundungsobjekte beschränken sich auf die einzelnen salinartektonischen Strukturen und lagern derzeit noch überwiegend bei den Eigentümern GASAG in Berlin-Spandau, UGS GmbH Mittenwalde sowie EWE AG Oldenburg.

Vergleiche zu obertägigen Aufschlüssen benachbarter Länder beseitigen Kenntnislücken in Brandenburg. Zur Korrelation der Ablagerungen der Trias bietet sich das Thüringer und Subherzyne Becken an. Die Leithorizonte der Trias in diesen Ablagerungsräumen sind im Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper Brandenburgs wiederzufinden (Tab. 2). Die Stratigraphie des Juras in Brandenburg lässt sich mit der im östlichen Niedersachsen korrelieren (Tab. 3 bis 5). Durch den ständigen Wissensfortschritt können die Tabellen 2 bis 5 nur den aktuellen Kenntnisstand zur Stratigraphie von Trias und Jura vermitteln. Ihre Aktualisierung



wird ist wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung eine der Aufgaben des Landesamts für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg.

Die dargestellten Profile der Kartierungsbohrung Strausberg Kb Su 1/63 und der Geothermiebohrung Neuruppin Gt Nn 2/87 wurden anhand des Kernmaterials im Bohrkernlager Wünsdorf des LBGR Brandenburg neu bewertet und stratigraphisch neu interpretiert. Die Benennung der klastischen sowie der kalkigen und dolomitischen Sedimente erfolgt nach FÜCHTBAUER (1988).

#### 4. Stratigraphie von Trias und Jura in Brandenburg und die sequenzstratigraphische Entwicklung seiner Aquifere

##### 4.1 Buntsandstein

Die siliziklastische Fazies der oberen Zechstein-Ablagerungen begrenzen das Zechsteinsalinar im Hangenden. Damit leiten Friesland- und Fulda-Formation lithologisch in Brandenburg zum Buntsandstein über (Tab. 2). Die Abgrenzung des Unteren Buntsandsteins zum Zechstein erfolgt an der Basis der Calvörde-Formation mit dem Rogenstein  $\alpha 1$  (SZURLIES 1999, BECKER 2005). Nach der biostratigraphischen Korrelation von Conodonten-Zonen (marin) und Conchostraken-Zonen (epikontinental terrestrisch) sowie magnetostratigraphischen Ergebnissen beginnt die Trias in der Calvörde-Formation mit dem LAD von *Falsisca postera* und befindet sich im Niveau des Graubankbereichs bzw. des Rogensteins  $\alpha 2$  (SZURLIES et al. 2003, KOZUR & BACHMANN 2005). Die Rogenstein-Bänke ermöglichen eine Korrelation der Ablagerungen des Unteren Buntsandsteins. Die Abgrenzung der Bernburg-Formation erfolgt an der Basis des Rogensteins  $\zeta$  bzw. an der Basis des Hauptoolith-Intervalls 1 (SZURLIES et al. 2003). Als HST des eustatischen Zyklus 3. Ordnung über der SB In 2 (HARDENBOL et al. 1998) werden die Sandsteine im oberen Teil der Bernburg-Formation wegen ihrer Ausbildung als Oben-grob-Sequenz in der Thermalwasserbohrung Burg Gt BuC 1/98 westlich Cottbus interpretiert. Sie leiten zur lithologischen Ausbildung des Mittleren Buntsandsteins über.

Der Mittlere Buntsandstein ist auch in Brandenburg durch die Zyklizität von sandigen und pelitischen Ablagerungen geprägt. Besonders gut lässt sie sich in der Lausitz nach den Ergebnissen der Thermalwasserbohrung Burg Gt BuC 1/98 erkennen. Die Formationen des Mittleren Buntsandsteins beginnen jeweils mit einem Basissandstein, gefolgt von Sandstein/Schluffstein/Tonstein-Wechsellagerungen. Dabei nimmt der größere Anteil im Mittleren Buntsandstein Brandenburgs nach oben und in nördlicher Richtung ab. Die Basis der Formationen werden deshalb als SB interpretiert, wobei der LST zum Teil einen Hiatus repräsentiert. Der Mittlere Buntsandstein beginnt im zentralen Germanischen Becken mit dem Quickborn-Sandstein (LEPPER & RÖHLING 1998, Tab. 2). Ob die Quickborn-Formation in Brandenburg entwickelt ist oder zumindest zum Teil einen

Hiatus repräsentiert, ist noch zu klären. Sequenzstratigraphisch wird die Basis der Quickborn- bzw. Volpriehausen-Formation als SB In 2 interpretiert. In diesem Sinne wird die Basis der Detfurth-Formation mit der SB Ol 1, die Basis der Hardeggen-Formation mit der SB Ol 2, die Basis der Solling-Formation mit der SB Ol 3 korreliert. Das Detfurth-Karbonat wird als Ingression ausgehend von der maximalen Überflutung im Zyklus Ol 1 gesehen. Der Thüringer Chirotherien-Sandstein im oberen Teil der Solling-Formation markiert die SB Ol 4. In der Thermalwasserbohrung Burg Gt BuC 1/98 wird der Volpriehausen-Basissandstein als Aquifer genutzt. Als Aquifere wären nach ihrem Korngrößenspektrum außer dem Volpriehausen-Basissandstein, der Detfurth-Basissandstein, meist ausgebildet in 2 Bänken sowie unter Umständen der Hardeggen-Basissandstein in der S-Hälfte Brandenburgs nutzbar, wenn sie keinen Karbonatgehalt aufweisen, der ihren Porenraum verschließt.

Die Röt-Formation, die dem Oberen Buntsandstein entspricht, folgt transgressiv darüber und leitet zur lithologischen Ausbildung des Muschelkalks über (Tabelle 2). Verbindungen des epikontinentalen Germanischen Beckens zum tethyalen ozeanischen Raum über die Ostkarpatenpforte belegt die Immigration der Muschel *Costatoria costata*, die zusammen mit dem Ammonit *Beneckeia tenuis* in den Myophoriendolomiten von Jena (Thüringen) des basalen Pelitröts vorkommt.

##### 4.2 Muschelkalk

Der Untere Muschelkalk wird traditionell nach der Ausbildung in Thüringen in Unteren, Mittleren, und Oberen Wellenkalk (DOCKTOR et al. 1980) lithostratigraphisch gegliedert (Tab. 2). Der Untere Wellenkalk wird vom Mittleren Wellenkalk durch die beiden Oolithkalkbänke  $\alpha$  und  $\beta$ , der Mittlere Wellenkalk vom Oberen Wellenkalk durch die beiden Terebratelbänke  $\tau$  getrennt. Die Schaumkalkbänke  $\chi$  schließen den Unteren Muschelkalk nach oben hin ab. In dieser Ausbildung entspricht der Untere Muschelkalk der Jena-Formation (HAGDORN 2004). Funde von *Noellingites* unter den Oolithbänken von Jena (Thüringen) lassen wieder auf eine Verbindung zum Tethys-Ozean über die Ostkarpatenpforte im Unteren Wellenkalk schließen. Auf Immigration aus der Tethys über die Mährisch-Oberschlesische Pforte weisen die Ammoniten-Funde von *Balatonites egregius* und *Acrochordiceras damesii* in den oberen Gogolin-Schichten von Raciborowice in Niederschlesien (Polen), *Balatonites* und *Bulogites* in den Góraždze-Schichten Oberschlesiens, *Acrochordiceras* in den *Terebratula*-Schichten Oberschlesiens sowie *Paraceratites trinodosus* in den Karchowice-Schichten Oberschlesiens (Polen) hin. *Serpianites antecedens* wurde über den Rauhen Dolomiten von Freudenstadt (Baden-Württemberg) und über der „2. Madigen Schicht“ (lokale bergmännische Bezeichnung) von Rüdersdorf östlich Berlin geborgen. Während *Discoptychites* 12 m unter dem Schaumkalk von Leimen bei Heidelberg (Baden-Württemberg) gefunden wurde, liegen Funde von *Discoptychites dux* und *Judicarites stautei* erst



aus dem Schaumkalk von Freyburg (Sachsen-Anhalt) vor. Die Fundumstände weisen auf eine Einwanderung dieser Ammoniten aus heute SW in das Germanische Becken hin. Die Immigration dieser Ammoniten ermöglicht die chronostratigraphische Korrelation des Unteren Muschelkalks (URLICHS 1999, Tab. 2). Die Basis der Gelben Grenzkalkbank grenzt den Unteren Muschelkalk vom Oberen Buntsandstein ab. In Brandenburg wurde sie in der Lausitz in der Braunkohlenbohrung Welzow-Süd Brk Wzw-S 6416A/79 nachgewiesen (GÖTHEL & GRUNERT 1996). Das Äquivalent der Eigelben Kalke im Bereich der Oolithkalkbänke von Jena wird in der „Tauben Lage“ (lokale bergmännische Bezeichnung) von Rüdersdorf gesehen. Die Terebratelbänke  $\tau$  lassen sich in der Kartierungsbohrung Vetschau Kb Vea 1/61 sowie in den Braunkohlenbohrungen Reddern Brk Gaed 8805/89 und Brk Gaed 8833/89 nachweisen und sind dort wie in Jena durch Crinoiden-Reste und den Brachiopoden *Coenothyris vulgaris* gekennzeichnet. Die Kenntnis der Bohrergebnisse aus der Lausitz ermöglicht eine Korrelation des Unteren Muschelkalks von Thüringen mit Rüdersdorf, wobei die partienweise wechselnde Wellenkalk-Schaumkalk-Ausbildung im Unteren Muschelkalk der Lausitz eine vermittelnde Stellung einnimmt (JUBITZ 1994). Die Gelbe Grenzkalkbank und die „Tauben Lage“ werden als Sequenzgrenzen interpretiert und nach den Ammoniten-Korrelationen der SB An 1 und der SB An 2 gleichgesetzt. In der Lausitz und in Rüdersdorf markiert der Einsatz der Schaumkalk-Ausbildung den HST des Zyklus An 1. Mit den Terebratelbänken  $\tau$  setzt der HST im Zyklus An 2 ein. Die Schaumkalkbänke  $\chi$  von Jena und Freyburg, die in der Lausitz in der Braunkohlenbohrung Cottbus-Süd Brk CS 2309/88 nachgewiesen wurden (GÖTHEL & GRUNERT 1996), schließen die Oben-Grob-Sequenz, beginnend mit dem Oberen Wellenkalk, nach oben hin ab.

Mit dem Mittleren Muschelkalk setzt der nächste eustatische Zyklus 3. Ordnung ein. Er wird in Karlstadt-, Heilbronn- und Diemel-Formation gegliedert (HAGDORN 2004, Tab. 2) und wird als LST nach der SB An 3 interpretiert. Dabei wird im Muschelkalk-Salinar (Heilbronn-Formation) der Meeresspiegeltiefstand gesehen. Seine Basis wird von den *orbicularis*-Schichten bzw. dem Unteren Dolomit (Karlstadt-Formation) gebildet, die in Brandenburg zum Teil noch oolithisch ausgebildet sind. Die Funde des Ammoniten *Arcestes* in verkieselten Oolith-Lagen im Oberen Dolomit (Diemel-Formation) des östlichen Schwarzwaldrands (frdl. mdl. Mitteilung HAGDORN 2005) belegen die Verbindung des Germanischen Beckens zur Tethys über die Burgundische Pforte und den wiederbeginnenden Meeresspiegelanstieg.

Die erste Hornsteinbank Thüringens bildet die Basis des Oberen Muschelkalks (Hauptmuschelkalk). Sie bildet die Basis der Zwergfauna- bzw. Brockelkalk-Schichten. Ihre Abgrenzung im Top erfolgt durch die *Tetractinella*-Bank, die wieder eine Verbindung zur Tethys (HAGDORN 2004) markiert. Sie leitet die Trochitenkalk-Ausbildung ein, die mit den letzten Trochiten-Anhäufungen der Spiriferinen-

bank endet (Tab 2). Zwergfauna-Schichten und Trochitenkalk-Entwicklung bilden die Trochitenkalk-Formation. Die Trochitenkalk-Entwicklung ist als Oben-Grob-Sequenz ausgebildet und wird als HST des eustatischen Zyklus An 3 interpretiert, der mit der Spiriferinenbank nach oben abschließt. In Brandenburg sind keine Trochitenkalk-Bänke entwickelt. Über den Zwergfauna-Schichten (*transversa*-Schichten mit Hornstein-Knollen) lagert hier der oolithische Glaukonitkalk. Traditionell beginnt der Mittlere Hauptmuschelkalk mit der *Ceratites compressus*-Zone. Die Spiriferinenbank würde sich damit bereits im Mittleren Hauptmuschelkalk befinden. Aus sequenzstratigraphischen Gründen wäre es besser, den Unteren Hauptmuschelkalk der Trochitenkalk-Formation gleichzusetzen. Damit würde die SB An 4 wahrscheinlich an der Basis des Mittleren Hauptmuschelkalks liegen, der zusammen mit dem Oberen Hauptmuschelkalk die Meißner-Formation bildet (HAGDORN 2004). Über der *reticulata*-Bank (HAGDORN & SIMON 1993, GÖTHEL 2000) wurde in der Tonschicht  $\beta$ 1 *Flexoptychites angustoumbilicatus* in Weissach bei Stuttgart und *Nevadites* in Gundelsheim (Baden-Württemberg) gefunden, die eine Ammoniten-Immigration aus der Tethys über die Burgundische Pforte belegen und eine chronostratigraphische Korrelation des oberen Mittleren Hauptmuschelkalks ermöglichen (URLICHS 1999). Die *cycloides*-Bank grenzt den Mittleren Hauptmuschelkalk nach oben ab und lagert der Tonschicht  $\gamma$  auf, die nach der chronostratigraphischen Korrelation als mfs des eustatischen Zyklus An 4 zu interpretieren wäre. Sie wurde in der Lausitz in mehreren Prätertiär-Braunkohlenbohrungen, u. a. Cottbus-Süd Brk CS 2346/88 nachgewiesen (GÖTHEL 2000). Im Oberen Hauptmuschelkalk lagern in Thüringen die Saurierkalkbank, die Glaukonitkalkbank und die Zinkblendebank (WIEFEL & WIEFEL 1980), die in mehreren Braunkohlenbohrungen des Erkundungsobjekts Cottbus-Süd nachgewiesen wurden (GÖTHEL & GRUNERT 1996, GÖTHEL 2000). In Brandenburg ist der Obere Hauptmuschelkalk gegenüber dem Unteren und Mittleren Hauptmuschelkalk generell mehr tonig ausgebildet. Der Abschnitt von *cycloides*-Bank bis Saurierkalkbank (Untere Fischschuppen-Schichten), wird als HST des Zyklus An 4 interpretiert, in dem in der Lausitz bereits Feinsandsteinbänkchen eingelagert sind. Die Saurierkalkbank wird als Sequenzgrenze interpretiert, die mit der SB Lad 1 korreliert wird. Über der Zinkblendebank setzt eine allmähliche Kornvergrößerung ein, die im Unteren Sandstein des Unteren Keupers Thüringens und der Lausitz gipfelt. Dieser Abschnitt wird daher als HST des eustatischen Zyklus Lad 1 angesehen.

### 4.3 Keuper

#### 4.3.1 Unterer Keuper

Der Untere Keuper entspricht traditionell dem Lettenkeuper bzw. der Erfurt-Formation (BEUTLER 1998, Tab. 2). Definiert man, wie in Thüringen, die Basis des Unteren Keupers mit dem Einsetzen des Unteren Sandsteins S1 (BEUTLER 1980, JUNGWIRTH et al. 1996), so befindet sie sich inmitten der Oben-Grob-Sequenz und ist bei fehlender Ausbildung, wie



in den Prätertiärbohrungen des Braunkohlenerkundungsobjekts Illmersdorf-West, der Thermalwasserbohrung Burg Gt BuC 1/98 und vielen anderen Bohrungen Brandenburgs, nicht zu fassen. Der über dem Unteren Sandstein lagernde Guthmannshausen-Kalk Thüringens ist in zahlreichen Braunkohlenbohrungen der Erkundungsobjekte Cottbus-Süd (GÖTHEL & GRUNERT 1996), Illmersdorf-West und Proschim sowie in der Thermalwasserbohrung Burg Gt BuC 1/98 in der Lausitz nachgewiesen. Mit seiner Ausbildung als glaukonitisches Bonebed kann er als Sequenzgrenze interpretiert werden, die der SB Lad 2 möglicherweise entspricht. Aus diesen litho- und sequenzstratigraphischen Gründen sollte die Abgrenzung des Unteren Keupers zum Muschelkalk an der Basis des Guthmannshausen-Kalks erfolgen. Am besten lässt sich der Untere Keuper (Lettenkeuper) durch Karbonate gliedern. Der Untere Lettenkeuper wird durch den Nauendorf-Kalk Thüringens vom Mittleren Lettenkeuper und dieser vom Oberen Lettenkeuper durch den Neudietendorf-Kalk Thüringens begrenzt. Über dem Guthmannshausen-Kalk können mehrere Sandsteine folgen. Wie in Thüringen (JUNGWIRTH et al. 1996) sind diese Sandsteine erheblichen Mächtigkeitsdifferenzen bis zum Ausfall auf kurzer Distanz unterworfen. Dabei gehen sie oft in Karbonate über und können einen Glaukonit-Gehalt vorweisen. Eine erosive Auflagerung dieser Sandsteine ist nicht nachzuweisen. Das wurde durch zahlreiche Prätertiärbohrungen der Braunkohlenerkundungsobjekte Illmersdorf-West, Cottbus-Süd, Proschim und Spreetal-Nordost in der Lausitz belegt. Im Unteren Lettenkeuper kann vereinzelt der Sandstein Sx auftreten. Über dem Unteren Sandstein S1 und dem Guthmannshausen-Kalk wurde in der Braunkohlenbohrung Cottbus-Süd Brk CS 2322/88 *Myophoria pesanseris* nachgewiesen (GÖTHEL 2000, Bestätigung der Bestimmung durch HAGDORN 2005). Diese Muschel galt bisher als Leitfossil für den Oberen Muschelkalk. Im oberen Teil wird der Untere Lettenkeuper durch eine Rotmergelzone charakterisiert. Der Mittlere Lettenkeuper kann durch den Hauptsandstein S2 geprägt sein, der meist in mehreren Bänken ausgebildet ist. Im Oberen Lettenkeuper kann der Obere Sandstein S3 entwickelt sein. Die Ausbildung des Unteren Lettenkeupers mit der Rotmergelzone spricht für eine Einordnung als LST. Ausbildung und Lagerungsverhältnisse der Bereiche des Hauptsandsteins und Oberen Sandsteins legen eine Einordnung als TST nahe. Die Trennung von LST und TST erfolgt entweder durch den Nauendorf-Kalk oder durch ein Dolomitmittel im Hauptsandstein, welches der Anthrakonitbank Frankens entspricht. Charakterisiert wird der Obere Lettenkeuper durch den Grenzdolomit. Das Auftreten der Muschel *Costatoria costata* zusammen mit den Ammoniten *Allocepatites schmidi* und *Neoclypites? peregrinus* sowie dem Nautiloiden *Germanonutilus jugatonodosus* von Reisdorf bei Apolda (Thüringen) belegt eine Verbindung zum tethyalen Raum (URLICHS 1999) und ist mit einer maximalen Überflutung, vermutlich im eustatischen Zyklus Lad 2, in Verbindung zu sehen. *Costatoria costata* wurde in der Braunkohlenbohrung Missen Brk Miss 1346A/84 westlich Cottbus im Grenzdolomit nachgewiesen (GÖTHEL & GRUNERT 1996)

und gilt bisher als nördlichster Fund im Germanischen Becken (BEUTLER et al. 1999). Mit dem Grenzdolomit schließt der Untere Keuper nach oben ab. Die Sandsteine eignen sich wegen ihres den Porenraum schließenden Karbonatgehalts und ihrer stark schwankenden Mächtigkeiten kaum als Aquifere.

#### 4.3.2 Mittlerer Keuper

Der Mittlere Keuper beginnt mit dem Unteren Gipskeuper, der der Grabfeld-Formation (BEUTLER 1998, Tab. 2) entspricht. Der Grundgips  $\alpha$ , u. a. nachgewiesen in der Thermalwasserbohrung Burg Gt BuC 1/98, ist mit einem Meeresspiegeltiefstand in Verbindung zu bringen, der über der SB Lad 3 folgt. In der Bleiglanzbank tritt *Myophoria kefersteini okeni* auf, die im tethyalen Raum in den Pachycardientuffen der Seiser Alm (Italien) vorkommt und oberes Ladin belegt (URLICHS & TICHY 1998, Tab. 2). Ihre Immigration in das Germanische Becken ist mit der maximalen Überflutung im eustatischen Zyklus Lad 2 in Verbindung zu bringen. Die Bleiglanzbänke trennen die Mergel des Grundgips-Schichtglieds von denen des Unteren und Oberen Hauptgips-Schichtglieds (BEUTLER 1980). In Untergrundspeicherbohrungen der Struktur Ketzin westlich Potsdam ist in Mergeln des Unteren Gipskeupers lokal mächtiges Hauptkeupersteinsalz mit sichtbarem Wachstumsgefüge ausgebildet, das mit dem folgenden Meeresspiegeltiefstand nach der SB Car 1 in Zusammenhang gesehen werden kann.

Die Mergel des Unteren Gipskeupers gehen nach oben allmählich durch Schluff- und Feinsandstein-Ausbildung in die Schilfsandstein-Formation über. Dieser Übergang entspricht einer Oben-Grob-Sequenz und ist einem HST zuzuordnen. Die Schilfsandstein-Formation, die der Stuttgart-Formation (BEUTLER 1998) entspricht, ist mit dem Lunz-Sandstein Niederösterreichs vergleichbar, der über der *Trachyceras aon*-Zone lagert (Tab. 2). In Baden-Württemberg wird die Stuttgart-Formation im Top vom Hauptsteinmergel begrenzt, der mit dem Gansing-Dolomit (N-Schweiz) korrelierbar ist. Oft ist in der Schilfsandstein-Formation Brandenburgs ein größerer Sandstein-Körper ausgebildet, der sich in die Oben-Grob-Sequenz einschneidet. Diese Talbildung entspricht einem incised valley und ist mit einem LST in Verbindung zu bringen. Der Sandstein-Körper ist als oft zweigeteilte Unten-Grob-Sequenz ausgebildet. In der Braunkohlenbohrung Jerischke Brk Jei 23/77 südöstlich Cottbus weist er neben seinem Karbonat-Gehalt auch Glaukonit auf. Diese lithologische Entwicklung begründet seine Einordnung als TST. Die Erosion entspricht der SB Car 2 (Tab. 2, Abb. 1). Im Top der Unten-Grob-Sequenz müsste nun bereits der Hauptsteinmergel Baden-Württembergs folgen, interpretiert man ihn als Ergebnis der maximalen Überflutung im Zyklus Car 2. Die darauf folgende mehr schluffige Ausbildung kann als Oben-Grob-Sequenz in eine feinschichtige Schluffstein-Feinsandstein-Wechselagerung übergehen und mit einem feinsandigen Mittelsandstein enden. Dementsprechend erfolgt die Einordnung als



HST des Zyklus Car 2. Typisch sind in diese Sequenz eingelagerte Anhydrit-Konkretionen oder Gips-Knollen (Abb. 1). Wegen der meist schluffigen bis feinschichtig, feinsandig-schluffigen Ausbildung der Schilfsandstein-Formation in der lokal maximal drei größere Sandstein-Körper mit erheblichen Mächtigkeitsdifferenzen auftreten und dann noch karbonatisch ausgebildet sein können, ist die Schilfsandstein-Formation nur bedingt als Aquifer-Komplex geeignet. Die Nutzungsmöglichkeiten der größeren Sandstein-Körper als Aquifere ist deshalb nur standortbezogen zu entscheiden.

Der Obere Gipskeuper entspricht der Weser-Formation (BEUTLER 1998, Tab. 2) und beginnt mit dem Rote Wand-Schichtglied. Als Basis des Oberen Gipskeupers ist die KÜHLsche Brekzie Niedersachsens (BEUTLER et al. 1999) zu definieren, deren Dolomitmergelstein-Äquivalent auch in Brandenburg entwickelt ist (Abb. 1). Sie weist auf einen Meeresspiegeltiefstand außerhalb des Germanischen Beckens hin, der mit der SB Car 3 in Zusammenhang stehen könnte. Mit deren Basis setzt gegenüber der Schilfsandstein-Formation ein Dolomit-Gehalt ein. Es folgen dolomitische Tonmergel und durch Abnahme des Dolomitgehalts dolomitische Tonsteine. Im Rote Wand-Schichtglied können die Berggipse  $\gamma$  und  $\delta$  entwickelt sein. Neben den kennzeichnenden Anhydrit-Einlagerungen ist ein disperser Anhydrit-Gehalt von 3 bis 6% auch immer in den Peliten nachweisbar. Über dem Rote Wand-Schichtglied folgt das Lehrberg-Schichtglied mit dolomitischen Tonmergeln und Dolomitmergel-Bänken. In Erfurt sind die dolomitischen Lehrberg-Bänke zum Teil oolithisch ausgebildet und führen kleine Schnecken und Muscheln, die lakustrines Ablagerungsmilieu belegen. Möglicherweise steht es im Zusammenhang mit der maximalen Überflutung im Zyklus Car 3. In Baden-Württemberg folgen über den Lehrberg-Bänken die Kieselsandsteine, die den Blasensandsteinen Frankens bzw. der Hassberge-Formation (BEUTLER 1998) entsprechen. In Brandenburg sind diese Sandsteine bzw. ist diese Formation nicht ausgebildet. Der Untere Kieselsandstein weist einen progradierenden Trend auf, während der Obere Kieselsandstein einen retrogradierenden Trend zeigt (KERN & AIGNER 1997). Das erlaubt eine Zuordnung des Unteren Kieselsandsteins zu einem HST und des Oberen Kieselsandsteins zum TST. Der Lorch-Krustenkalk, der den Unteren vom Oberen Kieselsandstein trennt, markiert eine Sequenzgrenze, die der SB Car 4 entsprechen könnte. In diesem stratigraphischen Niveau befindet sich der Heldburg-Gips (BEUTLER 1980), der den Oberen Gipskeuper im Top abschließt und in Brandenburg ausgebildet ist (Abb. 1).

Mit einem Hiatus folgt in Brandenburg der überwiegend von dolomitischen Tonmergeln gebildete Steinmergelkeuper. Namengebend wird er gekennzeichnet durch Dolomitmergelstein (Dolomit-Gehalt von 55 bis 78%), der die „Steinmergelbänke“ bildet. Die Sedimentationsunterbrechung ist sehr gut in der Kartierungsbohrung Strausberg Kb Su 1/63 zu erkennen. Der Sulfat-Anteil des Heldburg-Gipses wurde

völlig ausgelaugt und ist als residuale, kavernös-zuckerkörnige, basal Coelestin führende Calcit-Brekzie ausgebildet (Abb. 1). In ihr nimmt der restliche Gipsgehalt von oben mit 2% nach unten mit 6% zu. Darüber lagert der Basisdolomit, ein dolomitischer Tonmergelstein mit Dolomitmergelbänken. Diese Sedimentationsunterbrechung markiert die Sequenzgrenze zwischen Oberem Gipskeuper und Steinmergelkeuper. Der mittlere Teil des Steinmergelkeupers kann in Brandenburg fein- bis mittelsandig entwickelt sein und erlaubt eine Gliederung in Unteren, Mittleren und Oberen Steinmergelkeuper (TESSIN 1976). In den dolomitischen Tonmergelsteinen des Unteren Steinmergelkeupers sind Conchostraken zu finden, die lakustrines Ablagerungsmilieu anzeigen. Im mittleren Teil des Unteren Steinmergelkeupers treten gehäuft Dolomitmergel-Bänke auf. Die dolomitischen Tonmergelsteine dazwischen führen Anhäufungen von Conchostraken und Fischresten. Ob dieser Abschnitt des Unteren Steinmergelkeupers ein Äquivalent der Ochsenbachbank Baden-Württembergs darstellt, ist zu prüfen. Ist die sandige Ausbildung des Mittleren Steinmergelkeupers nicht entwickelt, so ist er dennoch abgrenzbar. Er lagert über mächtigen Dolcrete-Bildungen des Unteren Steinmergelkeupers (Abb. 1). Diese Bodenbildungen im Top des Unteren Steinmergelkeupers kennzeichnen eine Sedimentationsunterbrechung, die als Sequenzgrenze zu interpretieren ist. Obwohl eine Anbindung des Germanischen Beckens zur Meeresspiegeleustatik nach dem Ablagerungsmilieu von Unterem und Mittlerem Steinmergelkeuper unwahrscheinlich ist, ist davon auszugehen, dass die altkimmerischen Tektoevents die Meeresspiegeleustatik beeinflussten. Deshalb wird die Sequenzgrenze an der Basis des Unteren Steinmergelkeupers der SB Car 4 und die an der Basis des Mittleren Steinmergelkeupers der SB No 1 zugeordnet. Typisch in seiner fein- bis mittelsandigen Ausbildung ist die Feinschichtung durch tonig-schluffige Wechsellagerung des Mittleren Steinmergelkeupers. Diese Ausbildung erlaubt keine Nutzung als Aquifer. Der Mittlere Steinmergelkeuper schließt in Brandenburg nach oben mit einer charakteristischen und bohrlochgeophysikalisch erkennbaren Dolomitmergelbank ab, die ihn vom Oberen Steinmergelkeuper trennt. Über seiner Basis nimmt der Dolomit-Gehalt ab. Er wird vorwiegend von dolomitischen Tonsteinen und Tonsteinen gebildet. Der Obere Steinmergelkeuper kann durch seinen sandig entwickelten mittleren Teil in den Oberen Steinmergelkeuper 1, 2 und 3 gegliedert werden. Wie der Untere und Mittlere Steinmergelkeuper ist der Obere Steinmergelkeuper 1 vorwiegend rot gefärbt. Dieser rote Abschnitt entspricht der Arnstadt-Formation (BEUTLER 1998), die den Mittleren Keuper nach oben abschließt (Tab. 2).

#### 4.3.3 Oberer Keuper

Der Obere Keuper entspricht der Exter-Formation (BEUTLER 1998). Er wurde traditionell dem Rhät gleichgesetzt und als Rhätkeuper bezeichnet (DOCKTOR et al. 1980) und in „Unter-, Mittel- und Oberrhät“ gegliedert (SCHOTT 1942, DOCKTOR et al. 1980). Das „Unterrhät“ wurde den *posterus-*



Schichten, das „Mittelrhät“ den *contorta*-Schichten und das „Oberhät“ den *Triletes*-Schichten gleichgesetzt (WILL 1953). Dabei war die Umfassung des „Unterrhät“ und des Oberen Keupers umstritten. BEUTLER (1976) sowie BEUTLER & SCHÜLER (1987) ließen den Oberen Keuper bereits mit dem Steinmergelkeuper bzw. Dolomitmergelkeuper (DOCKTOR et al. 1980) beginnen. BEUTLER (1976) fasste den gesamten Steinmergelkeuper als *posterus*-Schichten zusammen und gliederte sie in Untere und Obere *posterus*-Schichten und sah dabei in den Oberen *posterus*-Schichten das „Unterrhät“. Diese unterschiedlichen Ansichten zur Gliederung sind in den Dokumentationen zahlreicher Kartierungsbohrungen und Bohrungen der Erdöl-/Erdgas-Erkundung Brandenburgs zu finden und stiften Verwirrung. Die lithostratigraphische Gliederung und Korrelation zur Chronostratigraphie kann mit Hilfe der Sequenzstratigraphie geklärt und durch palynologische Ergebnisse unterstützt werden (Tab. 2). Die Anbindung des Germanischen Beckens an die Transgression 2. Ordnung nach der SB No 2 bedingt die Auflösung des Germanischen Beckens und seine Konnektierung an den borealen und tethyalen ozeanischen Raum und leitet zur Sedimentation des Juras über. Diese Anbindung erlaubt die exakte Zuordnung der Ablagerungen des Oberen Keupers an die eustatischen Zyklen 3. Ordnung und ermöglicht eine chronostratigraphische Korrelation (Tab. 2). Er umfaßt drei Zyklen 3. Ordnung, die dem „Unterrhät“, „Mittelrhät“ und „Oberhät“ im Sinne PUTZERS (1938) entsprechen. Die einzelnen Zyklen können mit Erosion auf ihr Liegendes übergreifen, was durch den Einfluß der altkimmerischen Tektoevents im Oberen Keuper hervorgerufen und damit ihren Einfluß auf die Eustatik zeigen.

In Brandenburg beginnt der Obere Keuper mit dem Oberen Steinmergelkeuper 2, in dem der *posterus*-Sandstein, oft auch als „Unterrhät-Sandstein“ bezeichnet, die Basis bilden kann. Lokal ist seine Nutzung als Aquifer in Brandenburg möglich. Bei Seebergen (Thüringen) befindet sich an seiner Basis das Untere Bonebed, das der SB No 2 zugeordnet wird. Darüber folgen dort (Seeberger Trift) glaukonitische Feinsandsteine mit Tonmergel-Geröllen aus dem unterlagernden Steinmergelkeuper und mit der „Gerstenkorn“- oder „Gurkenkernschicht“ (lokale bergmännische Bezeichnung, PUTZER 1938, KLAUA 1969), die durch die Muschel *Unionites posterus* gekennzeichnet wird. In der Kartierungsbohrung Strausberg Kb Su 1/63 werden diese Sandsteine durch Mittel- und Feinkonglomerat-Bänke vertreten. Hervorzuheben ist, dass ein Anteil der Lithoklasten von Orthoklas und Plagioklas gebildet wird (Abb. 2), der auf eine Abtragung von Magmatiten, möglicherweise aus dem Unter-Rotliegenden oder kristallinen Gebieten Polens (Mittel-Oder-Kristallin oder sogar Baltischer Schild), hinweisen. Im Oberen Steinmergelkeuper 2 Brandenburgs können neben Sandsteinen Glanzkohlenbänke (Abb. 1) und in der Vetschauer Keupermulde der Lausitz Kalksteine (Braunkohlenbohrung Seese-Ost Brk SeeseO 4654/86 westlich Cottbus) eingelagert sein, die auf ein generell transgressives Ablagerungsmilieu hinweisen. Die rote Färbung nimmt

im Oberen Steinmergelkeuper 2 nach oben hin ab (Abb. 1) oder ist überhaupt nicht vorhanden. Hellolivgraue Tonsteine (Abb. 1) lassen auf limnisches Ablagerungsmilieu schließen. Über den „Unterrhät“-Feinsandsteinen bei Seebergen folgt eine Wechsellagerung von zum Teil rotbraunen Feinsandsteinen und sandigen Tonsteinen. Darüber folgen noch schwach kalkige Tonsteine, die im Top Kalkstein-Lagen führen (KLAUA 1969, DOCKTOR 1974). Über dem Steinmergelkeuper 2 folgt der Steinmergelkeuper 3, der wieder durch rote, tonige Sedimente gebildet wird. Charakteristisch sind Dolomitmergel-Intraklasten-Einlagerungen. Oft ist der Obere Steinmergelkeuper 3 erodiert. Ob der Knollenmergel Baden-Württembergs als sein Äquivalent zu betrachten ist, ist noch zu prüfen.

Erosiv auflagernd folgen die *contorta*-Schichten, wobei gleichzeitig die markanteste altkimmerische Diskordanz im Oberen Keuper ausgebildet sein kann. Die Erosionsbasis entspricht einer Sequenzgrenze und wird der SB Rh 1 zugeordnet. Der basale *contorta*-Sandstein führt bereits im östlichen Niedersachsen die Muschel *Rhaetavicula contorta*, die dort marines Milieu anzeigt. Bei Seebergen ist sein unterer Teil durch Durchwurzelung charakterisiert und als „Röhrichtsandstein“ („Fuchs“ und „Grund“, lokale bergmännische Bezeichnung) ausgebildet (PUTZER 1938). Dieser Abschnitt wird daher als LST interpretiert. Teilweise kann seine Basis in Brandenburg konkretionär markasitiert sein (Abb. 1). Solche Konkretionen treten im Sandstein „Weißer Grund“ bei Seebergen auf. In Brandenburg ist er generell einer Unten-Grob-Sequenz zuzuordnen, die oben mit Tonsteinen abschließt und in die oft geringmächtige Glanzkohlenbänke eingelagert sind (Abb. 2). Dieses Ausbildung zeigt Küstenablagungsmilieu und wird einem TST zugeordnet. Bei Seebergen würde zumindest der glaukonitische „Schersand“ (lokale bergmännische Bezeichnung) dem TST entsprechen. Typisch sind in Brandenburg außerdem geringmächtige, violettgrau verfärbte Lagen. Der *contorta*-Sandstein kann in Brandenburg im unteren Teil als Mittelsandstein ausgebildet sein und Mächtigkeiten erreichen, die seine Nutzung als Aquifer ermöglichen. Wie bei Seebergen („Schleifstein“ und „Bank“, KLAUA 1969) kann er jedoch durch Silifizierungen gekennzeichnet sein. Die Ton- und Schluffsteine der *contorta*-Schichten bilden in Brandenburg ihren mittleren Abschnitt und können als Oben-Grob-Sequenz wieder in Sandsteine übergehen, was beispielsweise in der Lausitz in der Vetschauer Keupermulde der Fall ist (Braunkohlenbohrung Missen Brk Miss 1004/847 westlich Cottbus), und dem HST des eustatischen Zyklus Rh 1 zugeordnet werden. Ein immer wieder zu findender wichtiger Leithorizont im Top der Sandsteine wird durch einen tonig-schluffigen Horizont gebildet, der durch Salzwasser-Mikroplankton gekennzeichnet wird. Er wird als mfs der maximalen Überflutung im eustatischen Zyklus Rh 1 interpretiert (Abb. 2 und 1). Oft ist der Abschnitt der Oben-Grob-Sequenz zumindest teilweise erodiert, was auch bei Seebergen der Fall ist. Der Zyklus Rh 1 umfaßt das „Mittelrhät“ und könnte lithostratigraphisch als Mittlerer Rhätkeuper ausgehalten werden (Tab. 2).



Die „kavernöse Quarzschicht“ wird als Äquivalent des Oberen Bonebeds Niedersachsens aufgefasst. Sie umfasst den LST des Zyklus Rh 2. PUTZER (1938) lässt damit das „Oberrhät“ bei Seebergen beginnen, was sequenzstratigraphisch völlig richtig ist. Bei Seebergen folgen über der kavernösen Quarzschicht eine geringmächtige tonig-sandige Lage mit Trockenrissen und Grabsuren und darüber die Glaukonit führenden Sandsteine „Lüdstein“, „Schäder“, „Fachstein“ (bergmännische Begriffe), die einem TST zuzuordnen sind. Mit dem darüber lagernden „Töpferton“ lässt BEUTLER (1998) die *Triletes*-Schichten beginnen, die er dem „Oberrhät“ gleichsetzt. Über dem „Töpferton“ folgen bei Seebergen der tonige Sandstein „Schorf“ (lokale bergmännische Begriffe) sowie „graugrünlich sandig-schieferiges Gestein“ (PUTZER 1938). Diese Abfolge wird als HST des Zyklus Rh 2 interpretiert. Der Zyklus Rh 2 umfasst im Sinne PUTZERS (1938) das „Oberrhät“ und könnte lithostratigraphisch als Oberer Rhätkeuper ausgehalten werden (Tab. 2). Wie in Thüringen lagert in Brandenburg ein Sandstein erosiv über dem eustatischen Zyklus Rh 1, der als Unten-Grob-Sequenz ausgebildet ist. In der Vetschauer Keupermulde ist er in Brandenburg am größten ausgebildet und beginnt dort als feinkiesiger Grobsandstein mit kaolinitischem Bindemittel (Braunkohlenbohrungen Seese-Ost Brk SeeseO 5217/87 und Missen Brk Miss 1004/84), der der kavernösen Quarzschicht entspricht und dem LST des Zyklus Rh 2 zugeordnet werden kann. Im übrigen Brandenburg besteht sein basaler Teil höchstens aus grobsandigem Mittelsandstein, der nach oben in Feinsandsteine übergeht. Diese Unten-Grob-Sequenz geht über in Schluffsteine und endet mit Tonsteinen, in denen geringmächtige Glanzkohlenbänke auftreten können (Abb. 1 und 2). Die Schluffsteine können durch feinsandige Lamination und durch verfärbte violettgraue Lagen gekennzeichnet sein. Diese Unten-Grob-Sequenz wird dem TST des eustatischen Zyklus Rh 2 zugeordnet. Während die Porenräume der groben Basis in der Vetschauer Keupermulde durch kaolinitisches Bindemittel geschlossen werden, ist er im übrigen Brandenburg meist etwas karbonatisch ausgebildet. Daher kann er nur bedingt und lokal als Aquifer genutzt werden. Zum Teil ist er auch der Erosion durch die transgressive Auflagerung des Lias mit dem Hettang zum Opfer gefallen.

#### 4.4 Lias

Durch Ammoniten wird der Schwarze Jura oder Lias bio- und chronostratigraphisch gegliedert. Der Lias entspricht dem Unter-Jura. Dabei bietet sich eine Korrelation der Lias-Ablagerungen Brandenburgs hauptsächlich mit der Gliederung Niedersachsens (Tab. 3), aber auch mit den Ablagerungen des Subherzynen Becken (Sachsen-Anhalt) und, wie im Oberen Keuper, mit den Ablagerungen des Thüringer Beckens an. Aus Bohrungen liegen in Brandenburg biostratigraphisch wichtige Ammoniten-Funde vor, die jedoch einer taxonomischen Neubewertung bedürfen. Der Lias ist in Brandenburg hauptsächlich durch einen Wechsel von Sandsteinen, Schluffsteinen und Tonsteinen gekennzeichnet. Dieser Wechsel ermöglicht die Zuordnung zu eustati-

schen Zyklen 3. Ordnung und eine chronostratigraphische Einstufung, die vor allem durch palynologische Ergebnisse gestützt werden kann.

Infolge der altkimmerischen Tektoevents kann das Hettang in Brandenburg bis in den Steinmergelkeuper diskordant übergreifen. Die ältesten Ablagerungen des Hettangs umfassen in Brandenburg eine schwach ausgebildete Unten-Grob-Sequenz, die mit feinsandig geschichteten Schluffsteinen beginnt (Abb. 2) und mit feinsandigen Tonsteinen abschließen kann. Oft wird sie aber nur durch feinsandige Tonsteine repräsentiert. Sie setzt mit der SB He 1 ein. In der Vetschauer Keupermulde der Lausitz ist darin eine Glanzkohlenbank ausgebildet, die die Megaspore *Nathorstisporites hopliticus* führt (GÖTHEL 1999). In den Tonsteinen wurde *Pachyteris papillosa* gefunden, die auf das Ablagerungsmilieu einer Mangrove hinweist (DABER in GÖTHEL 1999). In einer folgenden Oben-Grob-Sequenz schalten sich in die Schluffsteine zunächst Feinsandsteine ein, bevor diese die Sequenz abschließen. Diese Sequenz bildet den HST des eustatischen Zyklus 3. Ordnung He 1. Sie beginnt bei Seebergen (Thüringen) mit den „rhätischen Mergeln“ (PUTZER 1938). Deren oberer, schwarz gefärbter Teil setzt dort mit einer rotbraunen Bank ein, die der maximalen Überflutung im Zyklus He 1 entspricht. Aus diesem Teil gibt PUTZER (1938) einen schwach berippten Psiloceraten und „*Psiloceras nodulosum*“ an. Oft lagert das Hettang mit hellen Küstensanden auf, deren Basis limonitisch verfestigt sein und Gerölle führen kann (Abb. 1). Ob sie dem Zyklus He 1 angehören oder erst mit dem folgenden eustatischen Zyklus He 1.1 oder gar He 2 einsetzen, ist noch zu klären. Der Zyklus He 1.1 wird vorwiegend durch Feinsandsteine repräsentiert und kann mit einer mittelsandigen Basis beginnen. In seinem oberen Teil schalten sich Schluffsteine ein, der schließlich mit Feinsandsteinen endet. Bei Seebergen wird die SB He 1.1 durch die „Hauptknollenbank“, die u. a. den Ammoniten *Caloceras johnstoni* führt (PUTZER 1938), gekennzeichnet. Mit Feinsandsteinen einer Oben-Grob-Sequenz beginnt der Zyklus He 2. Ihnen folgen zum Teil schwarz gefärbte Schluff- und Tonsteine in enger Wechselagerung. Als Oben-Grob-Sequenz können Tonsteine folgen, die mit feinsandig geschichteten Schluffsteinen und schließlich Sandsteinen enden. Diese Oben-Grob-Sequenz umfasst den HST des Zyklus He 2 und vermutlich noch den LST des folgenden eustatischen Zyklus He 3 und ist als Äquivalent der Roten/Rotbunten Tonsteine NW-Deutschlands aufzufassen, die dort die *Schlotheimia angulata*-Zone charakterisiert (Abb. 2). Wo diese rote Fazies in Brandenburg genau verbreitet ist, ist noch unklar, da sie noch einmal im Ober-Sinemur als Fazies-Äquivalent der Pankarpp-Formation Schonens (S-Schweden) auftreten kann und oft Hettang und Sinemur in den Dokumentationen der Bohrergebnisse zusammengefasst wurden. Die Sandsteine vom oberen Teil der Oben-Grob-Sequenz des Zyklus He 1 bis zum unteren Teil der Unten-Grob-Sequenz des Zyklus He 2 bilden einen wirtschaftlich nutzbaren Aquifer in Brandenburg und können als Pylonoten-Sandstein (Abb. 2, Tab. 3) ausgehalten werden.



Das Sinemur wird wie das Hettang durch einen Wechsel von Sandsteinen, Schluffsteinen und Tonsteinen gebildet, wobei die Sandsteine im Ober-Sinemur am mächtigsten entwickelt sind und zum Teil einen weiteren wirtschaftlich nutzbaren Aquifer bilden können. Das Unter-Sinemur setzt transgressiv im eustatischen Zyklus He 3 ein und umfasst die Zyklen Si 1 und Si 2 (Tab. 3, Abb. 2). Das transgressiv einsetzende Ober-Sinemur (Lotharing) umfasst die Zyklen Si 3 und Si 4 (Tab. 3, Abb. 3).

Der transgressive Beginn des Unter-Pliensbach (Carixa) wird in Brandenburg durch kalkige Ablagerungen charakterisiert. Oft setzt es mit Kalkmergelsteinen oder Kalkschluffsteinen ein und geht in tonmergelige bis kalkig-tonige Ablagerungen über. Das Unter-Pliensbach ist in Brandenburg nicht vollständig ausgebildet und setzt nach dem Ammoniten-Fund von *Oistoceras figulinum* in der Kartierungsbohrung Oderin Kb Odn 1/62 wahrscheinlich erst im eustatischen Zyklus Pl 4 bzw. im jüngsten Unter-Pliensbach ein (Tab. 3, Abb. 3). Das Ober-Pliensbach (Domaro) wird durch einen Wechsel von Feinsandsteinen und Schluffsteinen gebildet, in dem geringmächtige Tonsteine eingelagert sein können. Es greift mit der maximalen Überflutung im Zyklus Pl 4 auf das Unter-Pliensbach über und ist durch den Ammoniten *Amaltheus margaritatus* belegt. Die Feinsandsteine gehören zu Oben-Grob-Zyklen (Abb. 3) und sind daher überwiegend dem HST der eustatischen Zyklen Pl 4 bis Pl 7 bzw. dem LST des jeweils folgenden Zyklus zuzuordnen. Schluff- und Tonsteine bilden überwiegend den TST und höchstens den unteren Abschnitt des HST dieser Zyklen. Insgesamt bildet das Ober-Pliensbach einen Aquifer-Komplex, der wegen der Schluffstein-Einlagerungen nur bedingt und lokal wirtschaftlich nutzbar ist.

Im Unter-Toarc (Whitby) überwiegen in Brandenburg Ton- und Schluffsteine in feinschichtiger Wechsellagerung, wobei die Tonsteine dominieren. Sie stellen das Posidonien-schiefer-Äquivalent dar. Nach Norden nimmt ein gewisser sandiger Anteil zu, wobei geringmächtige Feinsandsteinbänke ausgebildet sein können. Sie spielen als Aquifere keine Rolle. Das Unter-Toarc transgredierte im eustatischen Zyklus Pl 8 und kann nach oben mit einem Sandstein abschließen, der die SB Toa 4 markiert (Tab. 3, Abb. 3).

Bei Wandersleben (Thüringen) wird die SB Toa 4 durch ein Belemniten-Schlachtfeld markiert. Darüber transgredierte das Ober-Toarc (Yeovil). Es dominieren Schluffsteine, in denen in N-Brandenburg Feinsandsteine eingelagert sein können, die die SB der Zyklen Toa 5 und Toa 6 markieren. In S-Brandenburg wird die SB Toa 5 durch Belemniten-Anhäufungen gekennzeichnet. Das ist durch die darüber folgenden Tonsteine aus der Kartierungsbohrung Oderin Kb Odn 1/62 belegt, in denen der Ammonit *Pseudogrammoceras fallaciosum* gefunden wurde. Diese Belemniten-Anhäufungen sind bei Wandersleben im kondensierten, mergeligen Abschnitt zwischen *thouarsense*-Kalk und *dispansum*-Kalk zu finden. Im höchsten Ober-Toarc können die Schluffsteine in Nord-Brandenburg mergelig sein. Die

Feinsandsteine des Ober-Toarc sind wegen ihrer geringen Mächtigkeit in Brandenburg nicht als Aquifer geeignet.

#### 4.5 Dogger

Wie der Lias wird der Braune Jura oder Dogger bio- und chronostratigraphisch durch Ammoniten gegliedert. Dabei bietet sich wie im Lias eine Korrelation Brandenburgs mit der Gliederung Niedersachsens an. Der Dogger entspricht dem Mittel-Jura und reicht mit der Ornatenton-Entwicklung lithostratigraphisch bis in die basalen Teile des Ober-Juras (Tab. 4). Zu dem ähneln sich auch die lithologischen Entwicklungen. Aus Bohrungen Brandenburgs liegen die biostratigraphisch wichtigen Ammoniten vor, die jedoch einer taxonomischen Neubewertung bedürfen. Der Dogger wird in Brandenburg hauptsächlich von Schluffsteinen, Schluffmergelsteinen bis Kalkfeinsandsteinen und Tonsteinen aufgebaut. Im unteren Teil dominieren Sandsteine, die nach oben zugunsten der Pelite zurücktreten. Der Wechsel von Sandsteinen, Schluffsteinen und Tonsteinen erlaubt nur im unteren Teil des Doggers (Aalen und Bajoc) eine Zuordnung zu den eustatischen Zyklen 3. Ordnung und danach eine chronostratigraphische Einstufung. Diese wird vor allem durch mikropaläontologische Ergebnisse (Foraminiferen und Ostrakoden) gestützt. Im Dogger wird das Ablagerungsgebiet der Nordostdeutschen Teilsenke zunehmend durch Salzfließen beeinflusst. Die Halokinese wurde insbesondere durch die mittelkimmerischen Tektoevents ausgelöst oder beeinflusst. Dabei wurde das Ablagerungsgebiet in Randsenken und Schwellen aufgegliedert (KÖLBEL 1967). Die durch Halokinese beeinflussten Akkumulations- und Abtragungsgebiete können zu unterschiedlicher Zeit entwickelt, aber lithologisch ähnlich gebildet worden sein. Die Eustatik wird dadurch lokal beeinflusst. Das erschwert eine Zuordnung zu den eustatischen Zyklen 3. Ordnung erheblich. Der obere Teil des Doggers (Bathon und Callov) ist außerdem biostratigraphisch noch nicht durchgängig belegt und zumindest in Teilen Brandenburgs lückenhaft entwickelt.

Das Unter-Aalen transgredierte nach der SB Toa 7 und wird durch Schluffsteine und Tonsteine, oft auch nur durch Tonsteine gebildet, die den *opalinum*-Ton repräsentieren (Tab. 4, Abb. 4). Mit der SB Aa 1 findet ein scharfer Sedimentationswechsel zu Sandsteinen statt. Sie markiert ein mittelkimmerisches Tektoevent. Das Ober-Aalen wird in Brandenburg durch Sandsteine gebildet, die den eustatischen Zyklen Aa1 und Aa2 zugeordnet werden können. Beide Zyklen beginnen als Unten-Grob-Sequenz mit Mittelsandsteinen, gefolgt von Feinsandsteinen und enden als Oben-Grob-Sequenz mit Fein- bis Mittelsandsteinen im Wechsel. Dabei ist der Zyklus Aa 1 mächtiger als der Zyklus Aa 2 ausgebildet (Abb. 4). Diese Sandsteine bilden einen Aquifer, der wegen seiner großen Mächtigkeit von wirtschaftlicher Bedeutung sein kann.

Mit der SB Bj 1 lagert über dem Aalen das Bajoc. In S-Brandenburg wurde es bisher nicht nachgewiesen. In N-Bran-



denburg wird das Bajoc hauptsächlich durch einen Wechsel von Feinsandsteinen, Schluffsteinen und Tonsteinen aufgebaut (Abb. 4). Mittelsandsteine können vorkommen. Wegen ihrer geringen Mächtigkeit sind die Sandsteine des Bajocs nicht als Aquifere geeignet. Dieser Wechsel ermöglicht eine Zuordnung der Ablagerungen zu den eustatischen Zyklen Bj 1 bis Bj 4. Der Zyklus Bj 4 ist durch Kalkgehalt gekennzeichnet und beginnt deshalb mit schwach kalkigen Feinsandsteinen, die das Äquivalent der *garantiana*-Sandsteine Niedersachsens darstellen (Tab. 4). Ihnen folgen mergelige Schluffsteine mit Feinsandstein-Lagen.

In den mergeligen Schluffsteinen mit Feinsandstein-Lagen befindet sich in der Geothermie-Bohrung Neuruppin Gt Nn 2/87 die Basis des Bathons (Abb. 4). Das Mittel-Bathon wurde bisher in Brandenburg nicht nachgewiesen. In den Kartierungsbohrungen Oderin Kb Odn 1/62 und Kb Odn 2/62 scheint das Bathon mit einer Kalkfeinsandstein-Bank zu beginnen, die im oberen Teil Eisenerz-Oolithe führt. In der Struktur Potsdam tritt diese Bank in Form von Kalkfeinsandsteinen bis Kalkschluffsteinen mit Brauneisen-Ooiden auf. Dieser schluffig-sandig-kalkige Lithotyp wird als Cornbrash bezeichnet (NÖLDEKE 1967). Die oolithischen Eisenerze wurden in Brandenburg insbesondere durch das Erkundungsobjekt Westprignitz von 1965 bis 1967 erkundet. Danach wurden Eisenerz-Vorräte ausgewiesen. Im vorhandenen Kernmaterial der Bohrung Potsdam Ug P S11/62 wurden jüngst aus dem Cornbrash große Ammoniten geborgen, deren Bestimmung mit einer Diplom-Arbeit durch Frau Anke Küttner (Freie Universität Berlin) noch erfolgen wird. Auf diese Arbeit darf man besonders gespannt sein, da bisher nicht genau geklärt ist, welche Teile des Bathons vom Cornbrash-Lithotyp eingenommen werden und welche Teile des Bathons und des folgenden Callovs in Brandenburg fehlen. Aus der Bohrung Karstädt-Ost Fe KaO II/3/62 der Eisenerz-Erkundung in der Prignitz gibt WORMBS (1965) die Ammoniten „*Perisphinctes rotundatus*“, „*Paroecotraustes (Alcidellus) costatus*“, „*Paroecotraustes (Paroecotraustes) paradoxus*“, „*Paroecotraustes (Paroecotraustes) serrigerus*“, „*Clydoniceras (Deleticeras) evolutum*“, „*Choffatia (Homoeoplanulites) aequalis*“ an.

Das Callov ist in Brandenburg schluffig bis tonig entwickelt und weist generell einen Kalkgehalt auf. Toneisenstein-Lagen und -Knollen sowie *Chondrites* weisen auf eine lückenhafte Sedimentation hin. In der Geothermie-Bohrung Neuruppin Gt Nn 2/87 ist Unter-Callov durch den Nachweis der Macrocephalen-Schichten mit Ostrakoden nachgewiesen (Abb. 4). Aus der Eisenerz-Erkundung der Prignitz gibt WORMBS (1965) von der Bohrung Karstädt-Ost Fe KaO II/3/62 die Ammoniten „*Macrocephalites (Tmetocephalites) franconicus*“, „*Proplanulites cf. pourcandienensis*“, „*Oppelia cf. ützingensis*“, „*Hecticoceras parallelum*“, „*Perisphinctes (Grossouvria) arlti*“ sowie fraglich *Macrocephalites verus* und von der Bohrung Quitzow Fe Qtz III/1/62 die Ammoniten „*Perisphinctes bucharicus*“, „*Perisphinctes arcicostata*“, „*Proplanulites teisseyreii*“ sowie

„*Macrocephalites*“ sp. an. Mittel- und Ober-Callov wird durch den Ornatenton repräsentiert, der bis in den basalen Ober-Jura entwickelt ist und noch die Ammoniten-Zone *Quenstedtoceras mariae* umfasst. In den Kartierungsbohrungen Oderin Kb Odn 1/62 und Kb Odn 2/62 ist bisher nur Ober-Callov durch Ammoniten (*Reineckeia* sp., „*Perisphinctes polonicus*“, *Quenstedtoceras cf. lamberti*, u. a.) belegt, die jedoch einer Neubestimmung bedürfen. Ebenso ist das Mittel-Callov bisher in der Prignitz nicht durch Ammoniten belegt. Aus dem Ober-Callov der Bohrung Karstädt-Ost Fe KaO II/3/62 gibt WORMBS (1965) „*Pelto-ceras cf. athleta*“, *Quenstedtoceras lamberti* und fraglich *Quenstedtoceras mariae* sowie aus der Bohrung Quitzow Fe Qtz III/1/62 fraglich *Cardioceras excavatum* an. Letztere beiden Ammoniten würden bei exakter Bestimmung bereits basales Ober-Jura belegen (Tab. 5).

#### 4.4 Malm

Nach der Ornatenton-Entwicklung ändern sich in Deutschland die biostratigraphischen und lithologischen Entwicklungen im Jura. Der süddeutsche Weiße Jura oder Malm wird mit seiner Anbindung an den tethyalen Raum von diesem faunistisch bestimmt. Seine Entwicklung reicht heute nur bis ins mittlere Tithon. Die norddeutsche Entwicklung wird von der süddeutschen durch ein Abtragungsgebiet getrennt. Faunistisch wird der norddeutsche Malm durch seine Anbindung an den borealen Raum nach England und Russland bestimmt. Die biostratigraphischen Gliederungen des tethyalen und borealen Raums nach Ammoniten sind insbesondere im oberen Teil verschieden. Ebenso ist die Meeresspiegeleustatik etwas unterschiedlich. Daher ist es nach dem derzeitigen Kenntnisstand sinnvoll, neben dem internationalen chronostratigraphischen Standard einen regionalen chronostratigraphischen Standard für den borealen Raum beizubehalten (Tab. 5). Der Malm reicht in der norddeutschen Entwicklung mit dem Ober-Wolga bzw. Ober-Portland bis in die basale Unter-Kreide. Er ist in W- und NW-Brandenburg lithologisch ähnlich wie im östlichen Niedersachsen entwickelt und lithostratigraphisch gliederbar. Diese lithostratigraphische Gliederung wird durch eine Ostrakoden-Parastratigraphie gestützt (WIENHOLZ 1968, GRAMANN et al. 1997, Tab. 5). Eine nach oben zunehmend mehr lithologisch davon abweichende, aber lithostratigraphisch ebenso gliederbare, durch Konglomerate charakterisierte und bruchtektonisch gestörte Entwicklung wurde östlich Berlin bei Herzfelde durchteuft (BACH et al. 1991).

Der Unter-Malm kann in Brandenburg (beispielsweise in der Struktur Potsdam) wie in Niedersachsen mit der sandig-kalkigen Heersum-Formation, besser als Heersum-Fazies zu bezeichnen, einsetzen. Es folgt eine kalkoolithische Entwicklung mit sandig-kalkigen Einschaltungen, die der Korallenoolith-Formation entspricht (Abb. 5). In der westlichen Prignitz wird der Korallenoolith durch Goethit-Ooide in sandiger Fazies ausgezeichnet. Dieses Eisenerz-Vor-



kommen ist an die Randsenken von Salzstöcken gebunden (NÖLDEKE 1967) und unter Umständen als Aquifer nutzbar.

Der Mittel-Malm wird durch die Süntel-Formation (= der Kimmeridge im lithostratigraphischen Sinne, GRAMANN et al. 1997) repräsentiert. Sie ist durch einen Wechsel von mergeligen Schluffsteinen und sandigen Kalkmergelsteinen sowie Kalksteinen aufgebaut, die eine Gliederung in Unteren, Mittleren und Oberen Kimmeridge ermöglichen (Abb. 5).

Der Ober-Malm entspricht in etwa dem borealen Wolga. Er beginnt mit sandigen Kalkmergeln, die wahrscheinlich den *gigas*-Kalken Niedersachsens entsprechen. Diese transgredieren nach dem jungkimmerischen Deister-Tektoevent, welches der borealen SB Ti 1 entspricht. Es folgen die zum Teil rot gefärbten Münder-Mergel, die in Brandenburg hauptsächlich aus karbonatischen Schluffsteinen gebildet werden. In ihrem oberen Teil kann eine Kalksandstein-Bank ausgebildet sein, die eine Sequenzgrenze markiert und als SB Be 1 der borealen Eustatik interpretiert wird. Sie grenzt den Oberen Münder-Mergel vom Unteren und Mittleren Münder-Mergel ab. Hier befindet sich in etwa die chronostratigraphische Grenze zur Unter-Kreide. Es folgt ein karbonatischer Schluffstein, in dem Karbonat- und Gips-Knollen eingelagert sind. Er stellt wahrscheinlich das Äquivalent des Serpulits Niedersachsens dar, welcher nach dem Osterwald-Tektoevent transgredierte. Dieses jungkimmerische Tektoevent wird der borealen SB Be 2 zugeordnet. Das Serpulit-Äquivalent bildet den Top des Malms in Brandenburg.

In England endet die Malm-Entwicklung mit dem Top der Purbeck-Formation, die vom englischen Wealden überlagert wird und bis ins höchste Rjasan reicht. Dagegen entspricht das deutsche Wealden, das in Niedersachsen durch die Bückeberg-Formation repräsentiert wird, in etwa dem borealen Rjasan (Tab. 5). In den Geothermie-Bohrungen Neuruppin Gt Nn 1/88 und Gt Nn 2/87 wird seine Basis durch rotgefleckte Tonsteine gebildet, die die boreale SB Be 3 markieren. Ansonsten wird es dort durch feinsandige, schwach kalkige Schluffsteine repräsentiert (Abb. 5). Lithologisch ähnlich, aber von großer Mächtigkeit ist das Wealden in den Randsenken des Salzstocks Rhinow entwickelt (STOERMER 1960). Ob überhaupt im Wealden Brandenburgs Sandsteine wie in Niedersachsen entwickelt sind, bleibt nachfolgenden Arbeiten vorbehalten.

### Zusammenfassung

Für Brandenburg werden erstmalig detaillierte Übersichten für Trias und Jura gegeben, die sich an der aktuell gültigen Skala der Internationalen Stratigraphischen Kommission (GRADSTEIN et al. 2004) und eustatischen Zyklen 3. Ordnung (HARDENBOL et al. 1998) orientieren. Die dargestellten Profile der Kartierungsbohrung Strausberg Kb Su 1/63 und der Geothermiebohrung Neuruppin Gt Nn 2/87 wurden mit den Ergebnissen paläontologischer Untersuchungen und

anhand des Kernmaterials im Bohrkernlager Wünsdorf des LBGR Brandenburg sequenzstratigraphisch interpretiert und als Aquifere neu bewertet. Die sequenzstratigraphische Aquifer-Analyse ist ein bewährtes Instrument zur wirtschaftlichen Erschließung des geothermischen Potentials Brandenburgs im Sinne einer zeitgemäßen Energiepolitik.

### Summary

Detailed stratigraphic overviews of the Triassic and Jurassic systems are given at first by Brandenburg. This overviews consider the updated Timescale of the International Commission on Stratigraphy (GRADSTEIN et al. 2004) and the eustatic third order cycles (HARDENBOL et al. 1998). The drilling logs of the hole Strausberg Kb Su 1/63 and of the hole Neuruppin Gt Nn 2/87 are new assessed and stratigraphically new interpreted on the basis of palaeontologic and lithologic studies at the drill core storing plant of the Geological Survey LBGR of Brandenburg, Germany.

### Literatur

- AIGNER, T. & G. H. BACHMANN (1998): Sequence Stratigraphy of the Germanic Triassic: A Short Overview. - Hallesches Jahrb. Geowiss. **B Bh.** 6, S. 23-26, Halle (Saale)
- BACH, D., DIEBEL, L., HALLER, W. & I. KUNZ (1991): Die Ausbildung des Malm in der Bohrung Herzfelde (Ostbrandenburg). - Z. angew. Geol. **37** 1, S. 20-25, Berlin
- BECKER, A. (2005): Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). - Hallesches Jahrb. für Geowiss. **B Bh.** 21, 117 S., Halle (Saale)
- BEER, H. & V. MANHENKE (2001): Erdwärme- und Thermal-solenutzung in Ostbrandenburg. - Z. geol. Wiss. **29**, 1/2, S. 211-222, Berlin
- BEUTLER, G. (1976): Zur Ausbildung und Gliederung des Keupers in NE-Mecklenburg. - Jb. Geol. **7/8**, S. 119-126, Berlin
- BEUTLER, G. (1980): Beitrag zur Stratigraphie des Unteren und Mittleren Keupers. - Z. geol. Wiss. **8**, 8, S. 1001-1018, Berlin
- BEUTLER, G. (1998): Keuper. - Hallesches Jahrb. für Geowiss. **B Bh.** 5, S. 45-58, Halle (Saale)
- BEUTLER, G., FARRENSCHON, J., HAUSCHKE, N., OPPERMAN, K. & M. SEELING (1999): Das Typusprofil der Weser-Formation (Oberer Gipskeuper, Mittlerer Keuper) nördlich Polle/Weser (südliches Niedersachsen). - Hallesches Jahrb. Geowiss. **B 21**, S. 55-66, Halle (Saale)



- BEUTLER, G., HAUSCHKE, N. & E. NITSCH (1999): Faziesentwicklung des Keupers im Germanischen Becken. - In: HAUSCHKE, N. & V. WILDE (Hrsg): Trias – Eine ganz andere Welt, S. 129-174, München
- BEUTLER, G. & F. SCHÜLER (1987): Probleme und Ergebnisse der lithostratigraphischen Korrelation der Trias am Nordrand der Mitteleuropäischen Senke. - *Z. geol. Wiss.* **15**, 4, S. 421-436, Berlin
- COX, B. M. & M. G. SUMBLER (2002): British Middle Jurassic Stratigraphy. - *GCR* **26**, 508 S., London
- DOCKTOR, J. (1974): Keuper. - In: HOPPE, W. & G. SEIDEL (Hrsg): Geologie von Thüringen, S. 633-682, Gotha/Leipzig
- DOCKTOR, J., PUFF, P., SEIDEL, G. & G. KOZUR (1980): Zur Triasgliederung und Symbolgebung in der DDR. - *Z. geol. Wiss.* **8**, 8, S. 951-963, Berlin
- FÜCHTBAUER, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine. - 1141 S., 4. Auflage, Stuttgart (Schweizerbart)
- GÖTHEL, M. (1999): Schlussfolgerungen über Untersuchungen zum Rhät/Lias der Vetschauer Keupermulde. - *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **6**, 2, S. 65-77, Kleinmachnow
- GÖTHEL, M. (2000): Zum Nachweis der „reticulata-Bank“ im Oberen Muschelkalk der Lausitz. - *Natur und Landschaft in der Niederlausitz* **20**, S. 145-148, Cottbus
- GÖTHEL, M. & K. GRUNERT (1996): Neue Erkenntnisse aus der Braunkohlen-Erkundung zur Trias-Stratigraphie der Lausitzer Triasscholle. - *Freiberger Forschungsheft C* **464**, S. 175-202, Freiberg
- GRADSTEIN, F., OGG, J. & A. SMITH (2004): A Geologic Time Scale 2004, 589 S., Cambridge
- GRAMANN, F., HEUNISCH, C., KLASSEN, H., KOCKEL, F., DULCE, G., HARMS, F.-J., HATSCHOREK, T., MÖNNIG, E., SCHUDACK, M., SCHUDACK, U., THIES, D. & M. WEISS (1997): Das Niedersächsische Oberjura-Becken – Ergebnisse interdisziplinärer Zusammenarbeit. - *Z. dt. geol. Ges.* **148**, 2, S. 165-236, Stuttgart
- HAGDORN, H. (2004): Muschelkalkmuseum Ingelfingen, 88 S., Heilbronn
- HAGDORN, H. & T. SIMON (1993): Ökostratigraphische Leitbänke im Oberen Muschelkalk. - In: HAGDORN, H. & A. SEILACHER (Hrsg): Muschelkalk – Schöntaler Symposium 1991, S. 193-208, Stuttgart
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & P. R. VAIL (1988): Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. - In: WILGUS, C. K., HASTINGS, B. S., ROSS, C. A., POSAMENTIER, H., van WAGONER, J. & C. G. S. C. KENDALL (Eds): Sea-level changes: An integrated approach. - *SEPM Special Publication* **42**, S. 71-108, Tulsa
- HARDENBOL, J., THIERRY, J., FARLEY, M. B., THIERRY, J., GRACIANSKY, P.-C. & P. R. VAIL (1998): Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Chart. - In: GRACIANSKY, P.-C., HARDENBOL, J., THIERRY, J. & P. R. VAIL (1998): Sequence Stratigraphy of European Basins. - *SEPM Special Publication* **60**, 786 S., Tulsa
- JUBITZ, K.-B. (1994): Zur Regionalstellung der Rüdersdorfer Schaumkalkfazies im ostelbischen Unteren Muschelkalk Brandenburgs. - *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **1**, 1, S. 121-126, Kleinmachnow
- JUNGWIRTH, J., PUFF, P. & G. SEIDEL (1996): Zur Ausbildung des Unteren Keupers zwischen Erfurt und Arnstadt (Thüringer Becken). - *Geowiss. Mitt. von Thüringen* **4**, S. 19-34, Weimar
- KERN, A., & T. AIGNER (1997): Faziesmodell für den Kie-selsandstein (Keuper, Obere Trias) von SW-Deutschland: eine terminale alluviale Ebene. - *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 5, S. 267-285, Stuttgart
- KLAUA, D. (1969): Sedimentpetrographische Untersuchungen der Rhätsandsteine Thüringens. - *Geologie Bh.* **64**, 82 S., Berlin
- KÖLBEL, H. (1967): Die Paläogeographie des Juras im Nordteil der DDR. - *Ber. Deutsch. Ges. Geol. Wiss.* **A 12**, 3/4, S. 259-288, Berlin
- KOZUR, G. (1998): The Correlation of the Germanic Buntsandstein and Muschelkalk with the Tethyan Scale. - *Hallesches Jahrb. für Geowiss.* **B Bh.** **5**, S. 97, Halle (Saale)
- KOZUR, G. & G. BACHMANN (2005): Correlation of the Germanic Triassic with the international scale. - *Albertiana* **32**, S. 21-35, Utrecht
- LEPPER, J. & H.-G. RÖHLING (1998): Buntsandstein. - *Hallesches Jahrb. für Geowiss.* **B Bh.** **5**, S. 27-34, Halle/Saale
- MADE, J. van der (1999): Intercontinental relationship Europe-Africa and the Indian Subcontinent. - In: RÖSSNER, G. E. & K. HEISSIG (Eds.): The Miocene Land Mammals of Europe, S. 457-472, München
- MENNING, M. & DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland
- MORGANS-BELL, H. S., COE, A. L., HESSELBO, S. P., JENKYN, H. C., WEEDON, G. P., MARSHALL, J. E. A., TYSON, R. V. & C. J. WILLIAMS (2001): Integrated stratigraphy of the Kimmeridge Clay Formation (Upper Jurassic) based on



- exposures and boreholes in south Dorset, UK. - *Geol. Mag.* **138**, 5, S. 511-539, Cambridge
- MUTTERLOSE, J. (2000): Berrias. - In: STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION DEUTSCHLANDS (Hrsg.): Die Kreide der Bundesrepublik Deutschland, S. 7-10, Frankfurt a. M.
- NÖLDEKE, W. (1967): Überblick über die Eisenerzföhrung in Jura und Kreide des Nordteils der DDR. - *Ber. Deutsch. Ges. Geol. Wiss. A* **12**, 3/4, S. 315-327, Berlin
- OGG, J. G., OGG, G. & INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (Stand Februar 2006): Updated Geological Time Scale 2004
- PUTZER, H. (1938): Die Rhät- und Liasablagerungen am Seeberg bei Gotha, am Röhnergrücken und bei Eisenach. - *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft* **71**, S. 327-444, Jena
- QUENSTEDT, F. A. (1858): Der Jura. - Text-Band, 842 S., Atlas-Band, 100 S., Tübingen
- SCHOTT, W. (1942): Die Gliederung im nordwestlichen Rätbecken. - *Ber. Reichsanstalt Bodenforsch.*, S. 61-77, Wien
- STACKEBRANDT, W. & V. MANHENKE (Hrsg.) (2002): Atlas zur Geologie von Brandenburg im Maßstab 1 : 100 000. - 142 S., LGRB, Kleinmachnow
- STIMMS, M. J., CHIDLAW, N., MORTON, N. & K. N. PAGE (2004): British Lower Jurassic Stratigraphy. - *GCR* **30**. 458 S., London
- STOERMER, N. (1960): Einiges zur Mikrofauna der Wealdenschichten an der Struktur Rhinow (Westbrandenburg). - *Ber. Deutsch. Ges. Geol. Wiss.* **5**, 4, S. 346-364, Berlin
- SZULC, J. (2000): Middle Triassic evolution of the northern Peri-Tethys area as influenced by early opening of the Tethys ocean. - *Annales Societatis Geologorum Poloniae* **70**, S. 1-48, Krakow
- SZURLIES, M. (1999): Zyklenstratigraphie und Gamma-Ray-Log-Korrelation im Unteren Buntsandstein (Untere Trias) des nördlichen Harzvorlandes. - *Hallesches Jahrb. für Geowiss.* **B 21**, S. 35-53, Halle (Saale)
- SZURLIES, M., BACHMANN, G. H., MENNING, M., NOWACZYK, N. R. & K.-C. KÄDING (2003): Magnetostratigraphy and high-resolution lithostratigraphy of the Permian-Triassic boundary interval in Central Germany. - *Earth and Planetary Science Letters* **212**, S. 263-278
- TESSIN, R. (1976): Kurze Information zur Ausbildung des Keupers in Ost- und SE-Brandenburg. - *Jb. Geol.* **7/8**, S. 131-139, Berlin
- URLICHS, M. (1977): The Lower Jurassic in Southwestern Germany. - *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, **B 24**, 41 S., Stuttgart
- URLICHS, M. (1999): Cephalopoden im Muschelkalk und Lettenkeuper des Germanischen Beckens. - In: HAUSCHKE, N. & V. WILDE (Hrsg.): Trias – Eine ganz andere Welt, S. 343-354, München
- URLICHS, M. & TICHY, G. (1998): Correlation between the Bleiglanzbank (Gipskeuper) of Germany and Upper Ladinian Beds of the Dolomites (Italy). - *Hallesches Jahrb. für Geowiss.* **B Bh. 5**, S. 179, Halle (Saale)
- WIEFEL, H. & WIEFEL, J. (1980): Zur Lithostratigraphie und Lithofazies der Ceratitenschichten (Trias, Hauptmuschelkalk) und der Keupergrenze im östlichen Teil des Thüringer Beckens. - *Z. geol. Wiss.* **8**, 8, S. 1095-1121, Berlin
- WIENHOLZ, E. (1968): Ostracodenfaunen der Jura/Kreide-Grenzsichten im Norden der Deutschen Demokratischen Republik. - *Ber. Deutsch. Ges. Geol. Wiss. A* **13**, 2, S. 233-238, Berlin
- WILL, H.-J. (1953): Paläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des Oberkeupers in Nordwestdeutschland. - Dissertation (unveröff.), Universität Tübingen
- WORMBS, J. (1965): Makrofaunenführung und Fazies des Ober-Bath und Callov in einigen Bohrungen der Prignitz. - *Abhandlungen ZGI* **1**, S. 211-221, Berlin
- WRIGHT, J. K. & B. M. COX (2001): British Upper Jurassic Stratigraphy. - *GCR* **216**. 266 S., London

Anschrift des Autors:

Dipl.-Geol. Michael Göthel  
Landesamt für Bergbau, Geologie  
und Rohstoffe Brandenburg  
Stahnsdorfer Damm 77  
14532 Kleinmachnow

E-mail: michael.goethel@lbgr-brandenburg.de

Mitteilung aus dem Landesamt No. 208

Abbildungsteil ab S. 106



## Abbildungsteil

	Grobkonglomerat		Magmatit-Geröll (Feldspat-Lithoklasten)
	Mittelkonglomerat		Gerölle & Konkretionen
	Feinkonglomerat		Intraklasten
	Grobsandstein		oolithisch
	Mittelsandstein		sandig
	Feinsandstein		sandige Lagen
	Schluffstein		schluffige Lagen
	Tonstein		tonig & tonige Lagen
	Kohle		kohlig
	Kalkstein		Kohle-Lagen
	Kalkmergelstein & Kalkschluffstein		karbonatisch & kalkig
	Mergelstein		dolomitisch
	Schluffmergelstein		Toneisenstein-Lagen
	Tonmergelstein		gipshaltig, anhydrithaltig
	Dolomitstein		Gips- und Anhydrit-Lagen
	Dolomitmergelstein		kieselig, silifiziert
	Sideritstein & Toneisenstein		glaukonitisch
	Anhydrit & Gips		Schill
	Anhydrit- & Gips-Knollen		Grabgänge & Bioturbation
	Phosphorit-Konkretionen		Wurzeln

Legende zu den Abbildungen 1 bis 5

Abb. 1

Lithologische Entwicklung, Paläontologie und Sequenzstratigraphie von Mittlerem Keuper, Oberem Keuper, Hettang und Sinemur in der Kartierungsbohrung Strausberg Kb Su 1/63

Fig. 1

Lithologic formation, palaeontology and sequence-stratigraphy of the Middle Keuper Subgroup, Upper Keuper Subgroup, Hettangian Stage and Sinemurian Stage according to the drilling Strausberg Kb Su 1/63

Abb. 2

Lithologische Entwicklung, Paläontologie und Sequenzstratigraphie von Steinmergelkeuper, Oberem Keuper, Hettang und Unter-Sinemur in der Geothermiebohrung Neuruppin Gt Nn 2/87

Fig. 2

Lithologic formation, palaeontology and sequence-stratigraphy of the Steinmergelkeuper-Formation, Upper Keuper-Subgroup, Hettangian Stage and Early Sinemurian Substage according to the drilling Neuruppin Gt Nn 2/87

Abb. 3

Lithologische Entwicklung, Paläontologie und Sequenzstratigraphie von Ober-Sinemur, Pliensbach und Toarc in der Geothermiebohrung Neuruppin Gt Nn 2/87

Fig. 3

Lithologic formation, palaeontology and sequence-stratigraphy of the Late Sinemurian Substage, Pliensbachian Stage and Toarcian Stage according to the drilling Neuruppin Gt Nn 2/87

Abb. 4

Lithologische Entwicklung, Paläontologie und Sequenzstratigraphie des Doggers in der Geothermiebohrung Neuruppin Gt Nn 2/87

Fig. 4

Lithologic formation, palaeontology and sequence-stratigraphy of the Dogger Group according to the drilling Neuruppin Gt Nn 2/87

Abb. 5

Lithologische Entwicklung, Paläontologie und Sequenzstratigraphie von Malm und Wealden in der Geothermiebohrung Neuruppin Gt Nn 2/87

Fig. 5

Lithologic formation, palaeontology and sequence-stratigraphy of the Malm Group and Wealden Group according to the drilling Neuruppin Gt Nn 2/87

Tab. 2

Stratigraphie und Korrelation der Ablagerungen der Trias in Brandenburg

Tab. 2

Stratigraphic chart and correlation of the Triassic deposits of the country Brandenburg

Tab. 3

Stratigraphie und Korrelation der Ablagerungen des Lias in Brandenburg

Tab. 3

Stratigraphic chart and correlation of the Lias Group of the country Brandenburg

Tab. 4

Stratigraphie und Korrelation der Ablagerungen des Doggers in Brandenburg

Tab. 4

Stratigraphic chart and correlation of the Dogger Group of the country Brandenburg

Tab. 5

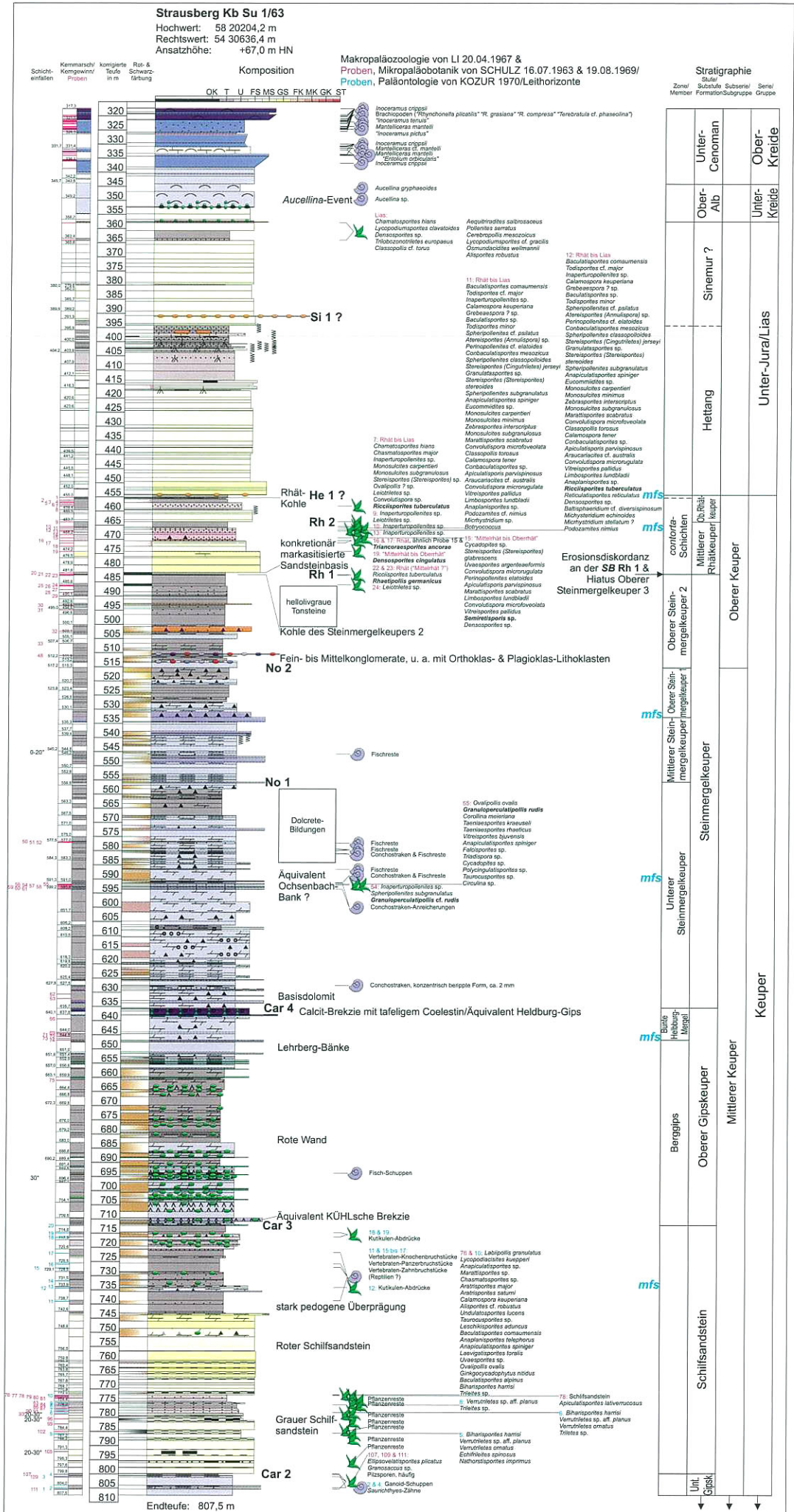
Stratigraphie und Korrelation der Ablagerungen des Malms und Wealdens in Brandenburg

Tab. 5

Stratigraphic chart and correlation of the Malm Group and Wealden Group of the country Brandenburg



Abb. 1





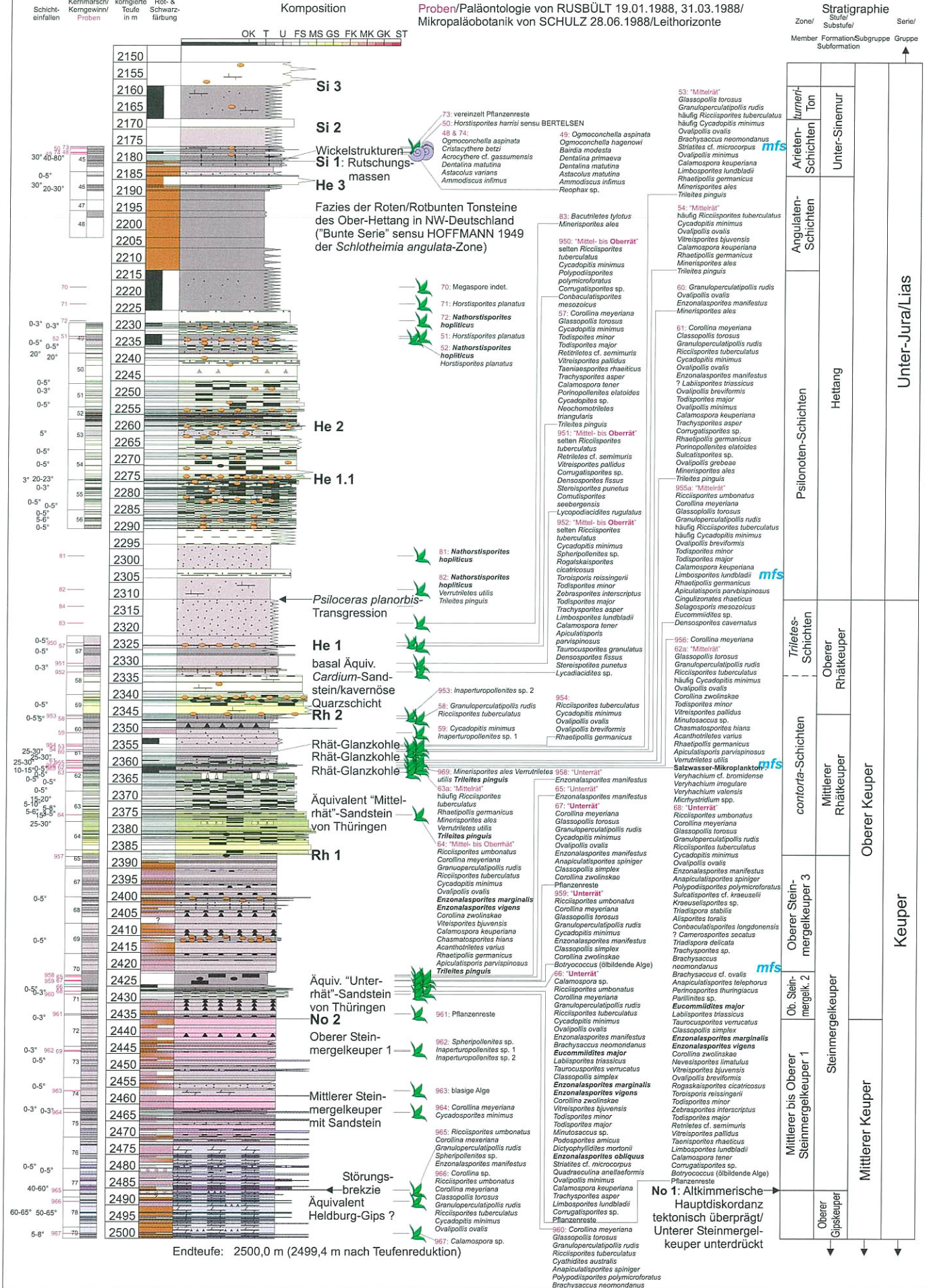
**Neuruppin Gt Nn 2/87**

Hochwert: 58 64313,9 m  
 Rechtswert: 45 53328,7 m  
 Ansatzhöhe: +43,9 m HN

Abweichung: 41,5 m  
 Azimut: 289,0 g  
 Teufenreduktion: 0,6 m

**Abb. 2**

Proben/Paläontologie von RUSBÜLT 19.01.1988, 31.03.1988/  
 Mikropaläobotanik von SCHULZ 28.06.1988/Leithorizonte



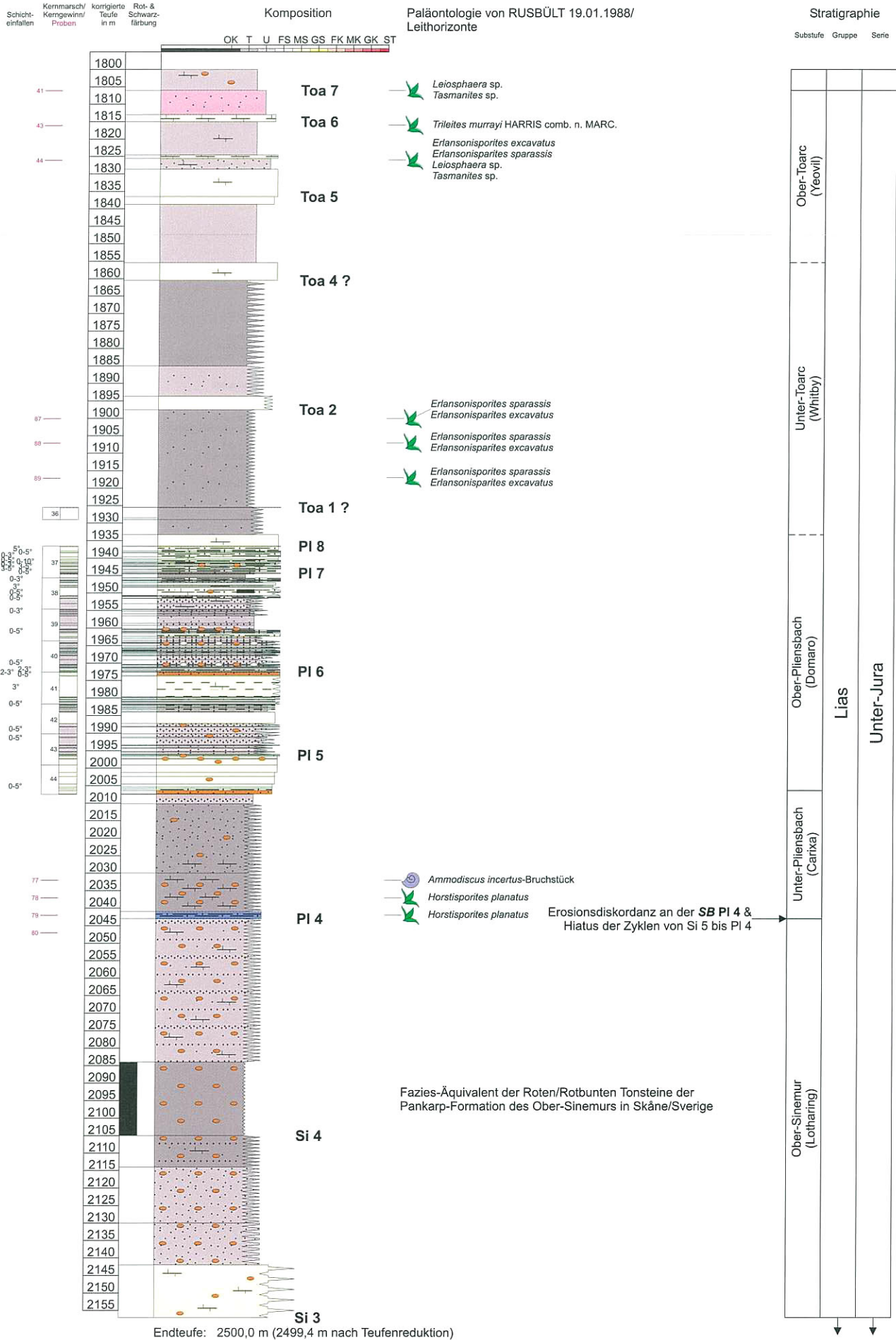


**Neuruppin Gt Nn 2/87**

Hochwert: 58 64313,9 m  
 Rechtswert: 45 53328,7 m  
 Ansatzhöhe: +43,9 m HN

Abweichung: 41,5 m  
 Azimut: 289,0 g  
 Teufenreduktion: 0,6 m

**Abb. 3**





**Neuruppin Gt Nn 2/87**

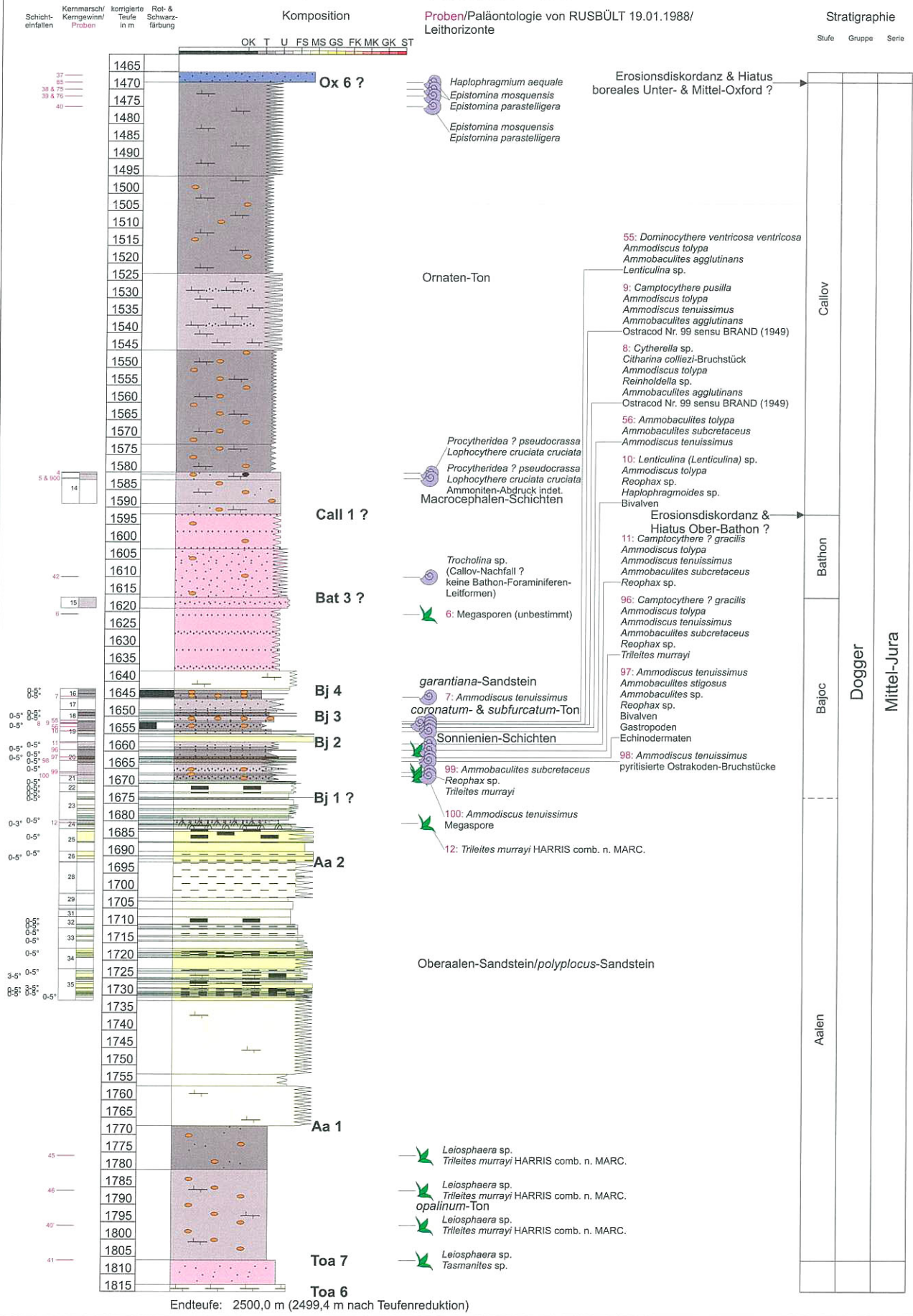
Hochwert: 58 64313,9 m  
 Rechtswert: 45 53328,7 m  
 Ansatzhöhe: +43,9 m HN

Abweichung: 41,5 m  
 Azimut: 289,0 g  
 Teufenreduktion: 0,6 m

**Abb. 4**

Proben/Paläontologie von RUSBÜLT 19.01.1988/  
 Leithorizonte

Stratigraphie  
 Stufe Gruppe Serie



Endteufe: 2500,0 m (2499,4 m nach Teufenreduktion)

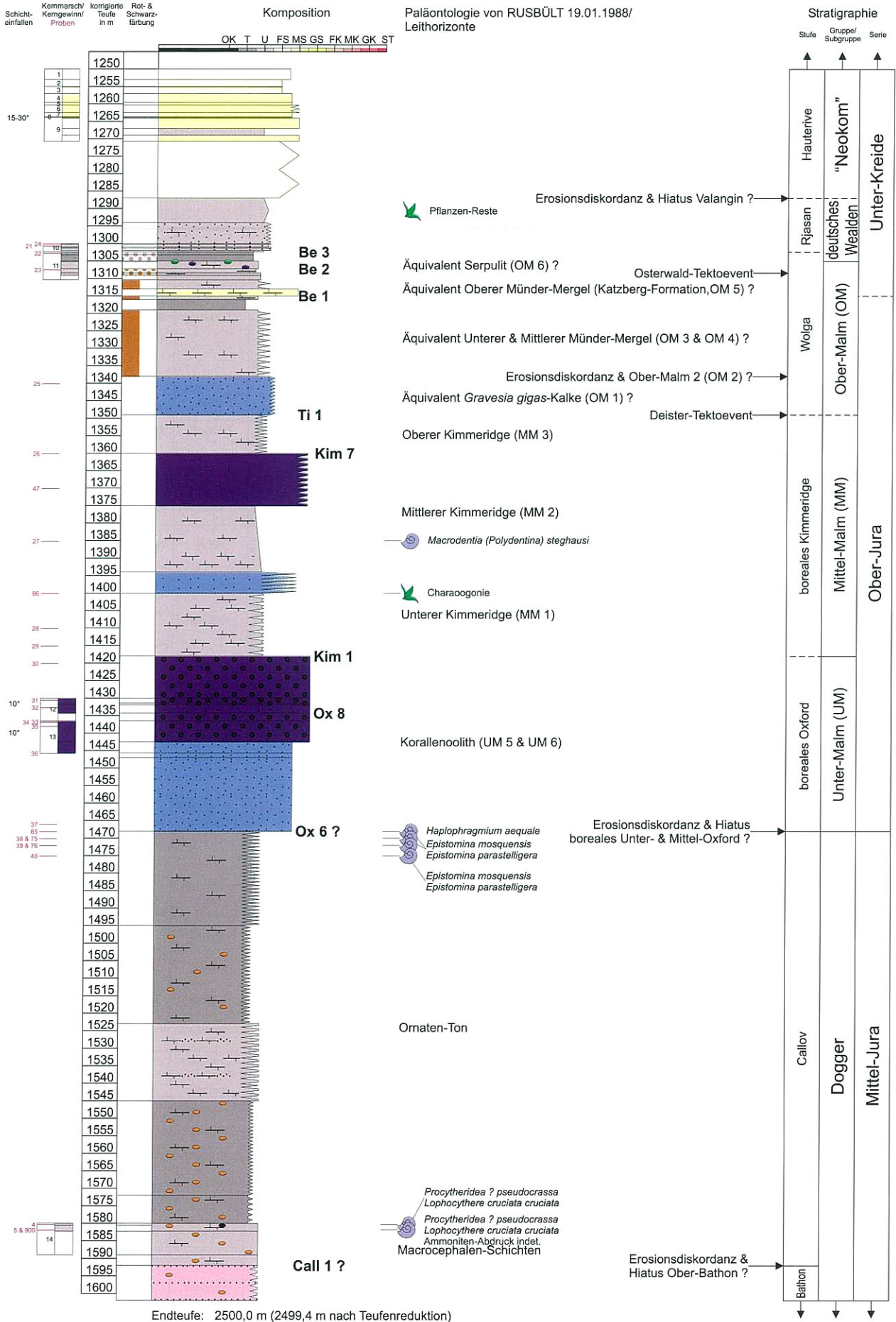


**Neuruppin Gt Nn 2/87**

Hochwert: 58 64313,9 m  
 Rechtswert: 45 53328,7 m  
 Ansatzhöhe: +43,9 m HN

Abweichung: 41,5 m  
 Azimut: 289,0 g  
 Teufenreduktion: 0,6 m

**Abb. 5**





Chronostratigraphie				Biostratigraphie				Lithostratigraphie			
Internat. Standard		Lithostrat. Regionalstandard		Ammoniten		Conodonten		Germanisches Becken			
global		Germanisches Becken		tethyal		Tethys		Deutschland			
Zellskala 2004 (GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006)		MENNING & Deutsche Stratigraphische Kommission 2002		GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006		KOZUR 1998, KOZUR & BACHMANN 2005, HARDENBOL et al. 1998, OGG & OGG Stand Februar 2006		KOZUR 1998, KOZUR & BACHMANN 2005, KOZUR 2003 (zitiert in OGG & OGG Stand Februar 2006)		KOZUR & BACHMANN 2005, HAGDORN 2004, DOCKTOR et al. 1980, HAGDORN et al. 1993, KOZUR 1998, TESSIN 1976	
Serie	Stufe	Substufe	Hauptgruppe	Gruppe	Subgruppe	Zone	Subzone	Zone	Formation	traditionell	Leitbänke
Ober-Trias	Rhät	Sevat	Keuper	Mittlerer	Oberer	<i>Choristoceras marchi</i>	<i>Choristoceras marchi</i>	<i>Misikella ultima</i>	Extar	Ob. Rhätkeuper	kavernöse Quarzschicht
							<i>Vandaites stuerzenbaumi</i>	<i>Misikella posthernsteini</i>			
						<i>Rhabdoceras suessi</i>	<i>Sagenites reticulatus</i>	<i>Cypridodella bidentata</i>	No 2	Mittl. Rhätkeuper	conferta-Sandstein
							<i>Sagenites quinquepunctatus</i>				
						<i>Halorites macer</i>	nicht benannt	<i>Cypridodella postera</i>	No 1	Oberer Steinmergelkeuper 1	posterus-Sandstein
							<i>Amarossites semiplicatus</i>				
	<i>Himavatites hogarti</i>	<i>Himavatites hogarti</i>			<i>Cypridodella spiculata</i>	No 1	Mittlerer Steinmergelkeuper				
		<i>Himavatites watsoni</i>									
	<i>Cyrtopleurites bicrenatus</i>	<i>Juvavites magnus</i>			<i>Epigondolella triangularis - Norigondolella hallstattensis</i>	No 1	Unterer Steinmergelkeuper				
									<i>Malayites paulcke</i>		
	<i>Malayites paulcke</i>	<i>Malayites paulcke</i>			<i>Epigondolella quadrata</i>	Car 4	z.T. Hiatus ?	Ochsenbachbank ?			
		<i>Malayites tingriensis</i>									
<i>Guembelites jandianus</i>	<i>Dimorphites selectus</i>	<i>Epigondolella orchardi - N. navicula</i>	Car 4	Oberer Gipskeuper	Lehrberg-Bänke						
	<i>Dimorphites n.sp.1</i>										
<i>Anatropites spinosus</i>	<i>Gonionotites italicus</i>	<i>Carnepigondolella pseudodiebeli</i>	Car 3	Weser	KÜHL'sche Breckie						
	<i>Discotropites plinii</i>										
<i>Tropites subbullatus</i>	<i>Tropites subbullatus</i>	<i>Carnepigondolella zoae</i>	Car 3	Stuttgart	Schilfsandstein						
	<i>Projuvavites crassepicatus</i>										
<i>Tropites dilleri</i>	<i>Austrotrachyceras austriacum</i>	<i>Metapolygnathus carpathica</i>	Car 2	z.T. Hiatus							
						<i>Neoprotrachyceras</i>					
<i>Trachyceras</i>	<i>Austrotrachyceras austriacum</i>	<i>Gladigondolella tethydis - Metapolygnathus polygnathiformis</i> I.Z.	Car 1	Grabfeld	Unterer Gipskeuper						
	<i>Trachyceras aon</i>										
<i>Protrachyceras</i>	<i>Trachyceras aon</i>	<i>Budurovignathus stiebeli - Metapolygnathus polygnathiformis</i>	Lad 3	Erfurt	Lettenkeuper						
	<i>Frankites rogoledanus</i>										
<i>Protrachyceras</i>	<i>Frankites rogoledanus</i>	<i>Budurovignathus supralongobardica</i>	Lad 2	Meißner	Oberer Hauptmuschelkalk						
	<i>Protrachyceras neumayri</i>										
<i>Eoprotrachyceras curionii</i>	<i>Protrachyceras neumayri</i>	<i>Budurovignathus hungaricus</i>	Lad 1	Meißner	Mittlerer Hauptmuschelkalk						
	<i>Protrachyceras longobardicum</i>										
<i>Nevadites secedensis</i>	<i>Eoprotrachyceras curionii</i>	<i>Budurovignathus truempyi</i>	Lad 1	Meißner	Oberer Hauptmuschelkalk						
	<i>Chieseiceras chiesensis</i>										
<i>Hungarites</i>	<i>Serpianites serpiensis</i>	<i>Paragondolella? trammeri</i>	An 4	Trochitenkalk	Unterer Hauptmuschelkalk						
	<i>Ticinites crassus</i>										
<i>Paraceratites trinodosus</i>	<i>Paragondolella? trammeri</i>	<i>Paragondolella alpina - Paragondolella? trammeri praetrammeri</i>	An 3	Trochitenkalk	Unterer Hauptmuschelkalk						
	<i>Aplococeras avisianum</i>										
<i>Balatonites balatonicus</i>	<i>Reitziites reitzi</i>	<i>Neogondolella mesotriassica</i>	An 3	Trochitenkalk	Unterer Hauptmuschelkalk						
	<i>Kellnerites felsocersensis</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Lardoceras pseudohungaricum</i>	<i>Neogondolella constricta</i>	An 3	Trochitenkalk	Unterer Hauptmuschelkalk						
	<i>Paraceratites trinodosus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Paraceratites trinodosus</i>	<i>Paragondolella bifurcata</i>	An 2	Jena	Schaumkalk						
	<i>Semionites aviticus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Schreyerites abichii</i>	<i>Paragondolella bulgarica</i>	An 2	Jena	Ob. Wellenkalk						
	<i>Schreyerites binodosus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Bulogites zoldianus</i>	<i>Paragondolella? regalis</i>	An 1	Jena	Mittlerer Wellenkalk						
	<i>Balatonites balatonicus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Cuccoceras cuccense</i>	<i>Chiosella timorensis</i>	An 1	Jena	Schaumkalk						
	nicht benannt										
<i>Kocaelia</i>	<i>Aghdarbandites ismidicus</i>	<i>Chiosella gondoleioides</i>	An 1	Jena	Ob. Wellenkalk						
	nicht benannt										
<i>Kocaelia</i>	<i>Nicomedites osmani</i>	<i>Triassospathodus sosioensis</i>	An 1	Jena	Schaumkalk						
	<i>Paracrochordiceras</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Pseudokeysertingites guexi</i>	<i>Triassospathodus triangularis</i>	OI 4	Röt	Mittlerer Wellenkalk						
	nicht benannt										
<i>Kocaelia</i>	<i>Japonites welteri</i>	<i>Triassospathodus homeri</i>	OI 3	Solling	Solling						
	<i>Neopanoceras haugi</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Toziceras pakistanum</i>	<i>Icrospathodus collinsoni</i>	OI 2	Hardeggen	Hardeggen						
	<i>Prohugites - Subcolumbites</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Prohugites - Subcolumbites</i>	<i>Triassospathodus hungaricus</i>	OI 1	Detfurth	Detfurth						
	<i>Tirolites cassianus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Tirolites cassianus</i>	<i>Neospathodus waageni - Scythogondolella milleri</i>	In 2	Volpriehausen	Volpriehausen						
	<i>Columbites parisianus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Tirolites cassianus</i>	<i>Chengyuania nepalensis</i>	In 2	Volpriehausen	z.T. Hiatus ?						
	<i>Anasibirites kingianus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Anasibirites kingianus</i>	<i>Neospathodus dieneri</i>	In 1	Bernburg	Bernburg						
	<i>gemischte Vergesellschaftung</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Meekoceras gracilitatis</i>	<i>Sweetospathodus kummeli</i>	In 1	Bernburg	Bernburg						
	<i>Flemingites rohilla</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Flemingites rohilla</i>	<i>Clarkina postcarinata</i>	end-Perm	Fulda	Oberer Bröckelschiefer						
	<i>Gyronites frequens</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Gyronites frequens</i>	<i>Clarkina carinata</i>	end-Perm	Fulda	Unt. Bröckelschiefer						
	<i>"Pleurogyronites" planidorsatus</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Ophiceras connectens &amp; Ophiceras tibeticum</i>	<i>Isarcicella isarcica</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Otoceras woodwardi</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Otoceras woodwardi</i>	<i>Hindeodus parvus</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Otoceras concavum</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Pseudotirolites</i>	<i>Clarkina meishanensis - Hindeodus praeparvus</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Paratirolites</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Paratirolites</i>	<i>Clarkina hauschkei</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>	<i>Clarkina iranica</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>	<i>Clarkina zhangii</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>	<i>Clarkina changxingensis</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>	<i>Clarkina subcarinata</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>										
<i>Kocaelia</i>	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>	<i>Clarkina wangi</i>	end-Perm	Fulda	Nordhausen (mittl. & ob. Teil)						
	<i>Iranites (mittlerer &amp; oberer Teil)</i>										

Tab. 2



Chronostratigraphie						Biostratigraphie				SB Zyklen 3. Ordnung (HARDENBOL et al. 1998)	Lithostratigraphie	
internat. Standard			Regionalstandard			Ammoniten						
tethyal & boreal			boreal			subboreal		subboreal				
			Nordwest-Europa			Nordwest-Europa		England & Frankreich			östliches Niedersachsen	
Zeitskala 2004 (GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006)			HARDENBOL et al. 1998, STIMMS et al. 2004			GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006, STIMMS et al. 2004		HARDENBOL et al. 1998, OGG & OGG Stand Februar 2006		QUENSTEDT 1858, URLICHS 1977		
Serie	Stufe	Sub- stufe	Gruppe/ Serie	Stufe	Sub- stufe	Zone	Subzone			Formation	traditionell für SW- Deutschland	
Unter-Jura	Toarc	Ober	Schwarzer Jura/Lias	Toarc	Yeovil	<i>Pleydellia aalensis</i>	<i>Pleydellia lugdunensis</i>	Toa 7	jurene-Mergel	Dörnten-Schiefer	ζ <sub>3</sub>	
							<i>Pleydellia mactra</i>	Toa 6				
							<i>Dumortieria moorei</i>					
		<i>Dumortieria levesquei</i>				<i>Dumortieria levesquei</i>	Toa 5					
						<i>Physeogrammoceras dispansum</i>						
						<i>Pseudogrammoceras fallaciosum</i>						
		<i>Grammoceras thouarsense</i>				<i>Esericeras fascigerum</i>	Toa 4					
						<i>Grammoceras thouarsense</i>						
						<i>Pseudogrammoceras bingmanni</i>						
	Mittel	Whitby	<i>Haugia variabilis</i>	<i>Haugia vitiosa</i>	Toa 3	Posidonien-Schiefer	ε <sub>3</sub>					
				<i>Haugia illustris</i>								
				<i>Haugia variabilis</i>								
	Unter	Whitby	<i>Hildoceras bifrons</i>	<i>Catacoeloceras crassum</i>	Toa 2	ε <sub>2</sub>						
				<i>Peronoceras fibulatum</i>	Toa 1							
				<i>Dactylioceras commune</i>	Toa 1							
		<i>Harpoceras falciferum</i>	<i>Harpoceras falciferum</i>	PI 8		ε <sub>1</sub>						
			<i>Harpoceras exaratum</i>									
			<i>Dactylioceras tenuicostatum</i>									
		Ober	Domaro	<i>Pleuroceras spinatum</i>	<i>Dactylioceras tenuicostatum</i>	PI 7	Amaltheen-Ton	δ <sub>2</sub>				
					<i>Protogrammoceras paltus</i>							
					<i>Pleuroceras hawskerense</i>							
	Unter	Carixa	<i>Amaltheus margaritatus</i>	<i>Pleuroceras apyrenum</i>	PI 6	δ <sub>1</sub>						
				<i>Amaltheus gibbosus</i>								
				<i>Amaltheus subnodosus</i>								
	Ober	Carixa	<i>Prodactylioceras davoei</i>	<i>Amaltheus stokesi</i>	PI 5	γ <sub>3</sub>						
				<i>Oistoceras figulinum</i>								
				<i>Androgynoceras capricornus</i>								
		Unter	Carixa	<i>Tragophylloceras ibex</i>	<i>Androgynoceras maculatum</i>	PI 4	γ <sub>2</sub>					
					<i>Beaniceras luridum</i>							
					<i>Acanthopleuroceras valdani</i>							
Ober		Lotharing	<i>Uptonia jamesoni</i>	<i>Tropidoceras masseanum</i>	PI 3	γ <sub>1</sub>						
				<i>Uptonia jamesoni</i>								
				<i>Platyleuroceras brevispina</i>								
Unter	Lotharing	<i>Echioceras raricostatum</i>	<i>Polymorphites polymorphus</i>	PI 2	α <sub>3</sub>							
			<i>Phricodoceras taylori</i>									
			<i>Paltechioceras aplanatum</i>									
	Ober	Lotharing	<i>Oxynoticeras oxynotum</i>	<i>Leptechioceras macdonelli</i>	PI 1	β <sub>3</sub>						
				<i>Echioceras raricostatum</i>								
				<i>Cruciloboceras densinodulum</i>								
	Unter	Sinemur	<i>Asteroceras obtusum</i>	<i>Oxynoticeras oxynotum</i>	Si 5	β <sub>2</sub>						
				<i>Oxynoticeras simpsoni</i>								
				<i>Eparietites denotatus</i>								
Ober	Sinemur	<i>Caenisites turneri</i>	<i>Asteroceras stellare</i>	Si 4	β <sub>1</sub>							
			<i>Asteroceras obtusum</i>									
			<i>Caenisites birchi</i>									
Hettang	Unter	Sinemur	<i>Arnioceras semicostatum</i>	<i>Caenisites brooki</i>	Si 3	α <sub>3</sub>						
				<i>Eugassiceras sauzeanum</i>								
				<i>Agassiceras scipionianum</i>								
	Ober	Hettang	<i>Schlotheimia angulata</i>	<i>Coroniceras charlesi</i>	Si 2	Ariet-Ton/Sandstein						
				<i>Arietites bucklandi</i>								
				<i>Arietites bucklandi</i>								
	Hettang	Hettang	<i>Alsatites liasicus</i>	<i>Coroniceras rotiforme</i>	Si 1	α <sub>2</sub>						
				<i>Alsatites laqueus</i>								
				<i>Waehneroceras portlocki</i>								
keine Ammoniten	Hettang	<i>Psiloceras planorbis</i>	<i>Caloceras johnstoni</i>	He 3	Angulaten-Ton/Sandstein	α <sub>1</sub>						
			<i>Psiloceras planorbis</i>									
			<i>Psiloceras planorbis</i>									
		keine Ammoniten		He 1	prä-planorbis							

Tab. 3



Tab. 4

Chronostratigraphie			Biostratigraphie				Lithostratigraphie			
internat. Standard		Regionalstandard		Ammoniten						
boreal & tethyal		boreal		subboreal		subboreal				
		Nordwest-Europa		Nordwest-Europa		England & Frankreich		östliches Niedersachsen		
Zeitskala 2004 (GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006)		HARDENBOL et al. 1998		COX & SUMBLER 2002, GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006		COX & SUMBLER 2002, HARDENBOL et al. 1998, OGG & OGG Stand Februar 2006		QUENSTEDT 1858		
Serie	Stufe	Substufe	Gruppe/Serie	Stufe	Substufe	Zone	Subzone	SB Zyklen 3. Ordnung (HARDENBOL et al. 1998)	Formation	traditionell für SW-Deutschland
Mittel-Jura	Callovo	Ober	Callovo	Ober		<i>Quenstedtoceras mariae</i>	<i>Cardioceras praecordatum</i>	Ox 1	Ornaten-Ton	§
						<i>Quenstedtoceras lamberti</i>	<i>Cardioceras scaburgense</i>	Ox 0		
					<i>Peltoceras athleta</i>	<i>Quenstedtoceras lamberti</i>	Call 5			
						<i>Kosmoceras spinosum</i>	Call 4			
						<i>Kosmoceras proniae</i>				
						<i>Kosmoceras phaeinum</i>				
		Mittel		<i>Erymnoceras coronatum</i>	<i>Kosmoceras grossouvrei</i>	Call 3				
				<i>Kosmoceras jason</i>	<i>Kosmoceras obductum</i>					
		Unter		Unter	<i>Sigaloceras calloviense</i>	<i>Sigaloceras endodatum</i>	Call 2			
					<i>Sigaloceras calloviense</i>	<i>Sigaloceras calloviense</i>				
				<i>Proplanulites koenigi</i>	<i>Kepplerites galilaeii</i>	Call 1				
					<i>Kepplerites (Gowericeras) curtlobus</i>					
	<i>Kepplerites (Gowericeras) gowerianus</i>		Call 0							
	<i>Macrocephalites kamptus</i>									
	<i>Macrocephalites herveyi</i>	<i>Macrocephalites terebratus</i>	Call 0							
		<i>Kepplerites keppleri</i>								
	Bathon	Ober		Bathon	Ober	<i>Clydoniceras discus</i>	<i>Clydoniceras discus</i>	Bat 5	Oxycerites aspidoides-Ton	ε
						<i>Oxycerites orbis</i>	<i>Clydoniceras hollandi</i>	Bat 4		
			<i>Procerites hodsoni</i>		Bat 3					
			<i>Morrisiceras morrisoni</i>			<i>Wagnericeras</i>				
			<i>Morrisiceras morrisoni</i>							
			Mittel		<i>Tulites subcontractus</i>	Bat 2				
		<i>Procerites progracilis</i>								
		Unter	Unter		<i>Zigzagoceras zigzag</i>	<i>Asphinctites tenuiplicatus</i>	Bat 1			
<i>Oxycerites yeovilensis</i>										
<i>Morphoceras macrescens</i>			Bj 5							
<i>Parkinsonia (Gonolk.) convergens</i>										
<i>Parkinsonia bomfordi</i>										
<i>Parkinsonia densicostata</i>										
Bajoc	Ober		Bajoc	Ober	<i>Parkinsonia parkinsoni</i>	<i>Parkinsonia acris</i>	Bj 4	parkinsoni-Ton	δ	
					<i>Garantiana garantiana</i>	<i>Garantiana tetragona</i>				
		<i>Garantiana subgaranti</i>		Bj 3						
		<i>Garantiana dichotoma</i>								
		<i>Orthogarrantiana schroederi</i>								
		<i>Strenoceras niortense</i>		<i>Garantiana baculata</i>	Bj 2					
	<i>Caumontisphinctes polygiralis</i>									
	(Mittel)	Unter		<i>Stephanoceras humphriesianum</i>	<i>Teloceras banksi</i>	Bj 1				
					<i>Teloceras blagdeni</i>					
		<i>Stephanoceras humphriesianum</i>			Bj 2					
		<i>Dorsetensia romani</i>								
	Unter			<i>Sonninia propinquans</i>	<i>Dorsetensia hebridica</i>	Bj 1				
<i>Emileia sauzei</i>										
<i>Witchellia laeviuscula</i>		<i>Witchellia laeviuscula</i>	Bj 1							
		<i>Shirbuirnia trigonalis</i>								
		<i>Euhoplaceras ovalis</i>								
		<i>Hyperlioceras discites</i>								
Aalen	Ober		Aalen	Ober	<i>Graphoceras concavum</i>	<i>Graphoceras formosum</i>	Aa 2	"Inoceramus" polyplocus-Sandstein	β	
					<i>Graphoceras concavum</i>					
	<i>Brasilia bradfordensis</i>	<i>Brasilia gigantea</i>		Aa 1						
		<i>Brasilia bradfordensis</i>								
		<i>Ludwigia murchisonae</i>		<i>Ludwigia murchisonae</i>	Aa 1					
				<i>Ludwigia obtusifomis</i>						
Unter	<i>Leioceras opalinum</i>	<i>Ludwigia haugi</i>		Aa 1						
		<i>Leioceras bifidatum</i>								
Unter	<i>Leioceras opalinum</i>	<i>Leioceras opalinum</i>		Aa 1	Hiatus opalinum-Ton	α				



Tab. 5

Chronostratigraphie						Biostratigraphie				Lithostratigraphie											
internationaler Standard			Regionalstandard			Ammoniten															
tethyal		boreal	boreal			subboreal		subboreal													
Frankreich		Russland	Nordwest-Europa			Nordwest-Europa		England		Niedersachsen											
Zeitskala 2004 (GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006)			HARDENBOL et al. 1998			GRADSTEIN et al. 2004, OGG & OGG Stand Februar 2006, WRIGHT et al. 2001		MORGANS-BELL et al. 2001, GRAMANN et al. 1997, HARDENBOL et al. 1998, OGG & OGG Stand Februar 2006, WRIGHT et al. 2001		GRAMANN et al. 1997, MUTTERLOSE 2000		QUENSTEDT 1858									
Serie	Stufe	Substufe	Stufe/Substufe	Gruppe/Serie	Stufe	Substufe	Zone	Subzone		Formation	Member (Ostrakoden-Gliederung)	traditionelle Gliederung & Tekto-Events									
Unter-Kreide	Berrias	Ober	Rjasan	deutsches "Wealden"	Rjasan		<i>Paratollia/Platylenticeras</i>	<i>Platylenticeras involutum</i>	Be 3	Bückeberg	Osterwald (Wealden 5 bis 6)	traditionelle Gliederung & Tekto-Events									
								<i>Platylenticeras heteropleurum</i>													
								<i>Platylenticeras robustum</i>													
						<i>Peregrinoceras albidum</i>															
						<i>Surites stenomphalus</i>															
						<i>Surites icenii</i>															
	(Mittel)	Ober-Wolga	Ober	Mittel-Wolga	Portland			<i>Hectoroceras kochi</i>		Be 2	Serpulit	(Obermalm 6)	Osterwald								
								<i>Runctonia runctoni</i>													
								<i>Subcraspedites lamplughi</i>													
	Unter	Ober-Wolga	Ober	Mittel-Wolga					<i>Subcraspedites preplicomphalus</i>		Be 1	Münder-Mergel		Hiatus Katzberg = Oberer Münder-Mergel (Obermalm 5)	Top Neuburg-Fm. der Fränkischen Alb						
								<i>Subcraspedites primitivus</i>													
								<i>Paracraspedites oppressus</i>													
Tithon	(Mittel)	Ober	Mittel-Wolga	Kimmeridge	Unter		<i>Titanites anguiformis</i>		Ti 6	Münder-Mergel	Serpelkalke (Obermalm 4b)		Münder-Mergel (Obermalm 4a)								
							<i>Galbanites kerberus</i>									Ti 5	Aldorf-Serpelkalk				
							<i>Galbanites okusensis</i>														
	Unter	Unter-Wolga	Unter			Mittel-Wolga			<i>Glaucolithes glaucolithus</i>					Ti 4	Münder-Mergel	Unterer Münder-Mergel (Obermalm 3)	ζ				
									<i>Progalbanites albani</i>												
									<i>Virgatopavlovia fittoni</i>												
Ober-Jura	Kimmeridge	Ober	Kimmeridge	Weißer Jura/Malm	Ober		<i>Pavlovia rotunda</i>	<i>Pectinatites paravirgatus</i>	Ti 3	Süntel ("Kimmeridge")	Hiatus	ζ									
							<i>Pavlovia pallasioides</i>	<i>Pectinatites eastlecottensis</i>					Ti 2	Unterer Münder-Mergel (Obermalm 2)				ε			
							<i>Pectinatites pectinatus</i>	<i>Pectinatites encombensis</i>													
		(Mittel)	Ober			Kimmeridge	Kimmeridge						<i>Pectinatites hudlestoni</i>	<i>Pectinatites reisiformis</i>	Ti 1	Süntel ("Kimmeridge")	gigas-Kalke (Obermalm 1)	δ			
													<i>Pectinatites wheatleyensis</i>	<i>Pectinatites wheatleyensis</i>					Kim 7	Hiatus	Oberer (Mittelmalm 3)
													<i>Pectinatites scitulus</i>	<i>Pectinatites smedmorensis</i>							
	Unter	Unter	Kimmeridge	Kimmeridge			<i>Pectinatites elegans</i>	<i>Gravesia gravesiana</i>	Kim 6	Süntel ("Kimmeridge")	Hiatus	ε									
							<i>Aulacostephanus autissiodorensis</i>	<i>Gravesia irius</i>					Kim 5	Mittlerer (Mittelmalm 2)							
							<i>Aulacostephanus eudoxus</i>	<i>Aulacostephanus contejeani</i>													
	Oxford	Ober	Oxford	Oxford	Oxford	Ober		<i>Orthaspidoceras orthocera</i>	<i>Orthaspidoceras orthocera</i>				Kim 4	Korallenoolith	Hiatus	γ					
								<i>Orthaspidoceras lallierianum</i>	<i>Aulacostephanus mutabilis</i>								Kim 3	Unterer (Mittelmalm 1)	β		
								<i>Aulacostephanus mutabilis</i>	<i>Rasenioides chatelaillonensis</i>												
Mittel		Oxford	Oxford	Oxford					<i>Rasenia cymodoce</i>	<i>Lithacosphinctes achilles</i>	Kim 2	Korallenoolith	Hiatus				α				
									<i>Rasenia cymodoce</i>	<i>Rasenia cymodoce</i>								Kim 1	z. T. Hiatus (Unterarm 3)		
									<i>Pictonia baylei</i>	<i>regional Paraspidoceras rupellense</i>											
Oxford	Unter	Oxford	Oxford	Oxford	Unter		<i>Rasenia evoluta</i>	<i>Ringsteadia pseudocordata</i>	Ox 8	Heersum	Hiatus			α							
							<i>Ringsteadia pseudocordata</i>	<i>Ringsteadia pseudocordata</i>							Ox 7	Mittlerer (Unterarm 5)					
							<i>Ringsteadia caledonica</i>	<i>Perisphinctes variocostatus</i>													
	Ober	Oxford	Oxford			Oxford			<i>Perisphinctes cautisnigrae</i>			<i>Perisphinctes cautisnigrae</i>	Ox 6		Heersum	Hiatus	α				
									<i>Perisphinctes pumilis</i>			<i>Perisphinctes nunnigtonense</i>						Ox 5	Unterer (Unterarm 4)		
									<i>Perisphinctes plicatilis</i>			<i>Perisphinctes parandieri</i>									
Unter	Oxford	Oxford	Oxford			<i>Cardioceras vertebrale</i>	<i>Cardioceras vertebrale</i>	Ox 4	Heersum	z. T. Hiatus (Unterarm 2)	α										
						<i>Cardioceras cordatum</i>	<i>Cardioceras cordatum</i>					Ox 3	z. T. Hiatus (Unterarm 1)								
						<i>Cardioceras costicardia</i>	<i>Cardioceras bukowskii</i>														
Ox 2	Oxford	Oxford	Oxford			<i>Cardioceras cordatum</i>	<i>Cardioceras cordatum</i>	Ox 2				Heersum	z. T. Hiatus (Unterarm 1)	ζ							
						<i>Cardioceras costicardia</i>	<i>Cardioceras bukowskii</i>														
Ox 1	Oxford	Oxford	Oxford			<i>Quenstedtoceras mariae</i>	<i>Cardioceras praecordatum</i>	Ox 1							Ornaten-Ton	z. T. Hiatus (Unterarm 1)	ζ				
Ox 0	Oxford	Oxford	Oxford			<i>Cardioceras scarburgense</i>	<i>Cardioceras scarburgense</i>	Ox 0	Ornaten-Ton	z. T. Hiatus (Unterarm 1)	ζ										