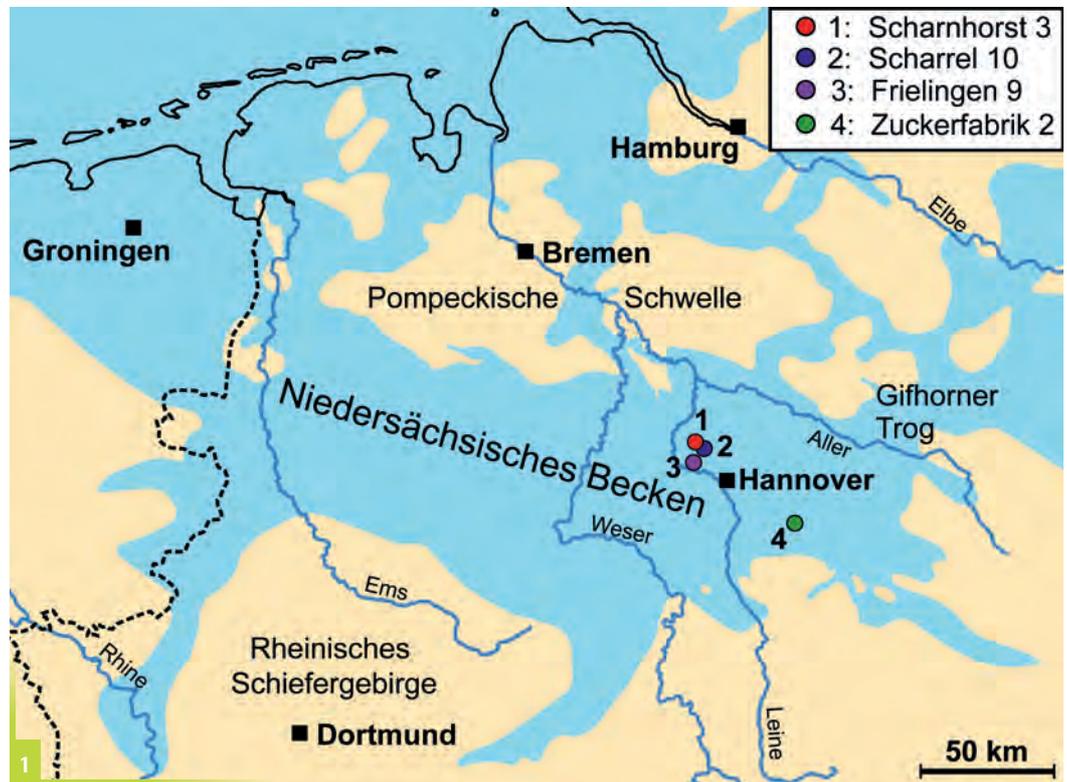


Wo war die Küste?

Rekonstruktion von kreidezeitlichen Meeresspiegel-Schwankungen

Wo sich während der verschiedenen Erdzeitalter die Küste befand, beeinflusst bis heute die Beschaffenheit des geologischen Untergrundes.

Mit Hilfe von geochemischen Analysen an Bohrkernen untersuchen Wissenschaftler des Instituts für Geologie in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe die Zusammensetzung der Sedimentgesteine im Untergrund, um damit der Küstenlinie auf die Spur zu kommen. Für die Energiegewinnung oder Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen kann dies von großer Bedeutung sein.



Änderungen des Meeresspiegels haben großen Einfluss auf die Architektur und Verbreitung von sedimentären Ablagerungssystemen – heute wie in der geologischen Vergangenheit. Meeresspiegel-Schwankungen steuerten beispielsweise die Mächtigkeit und geographische Verbreitung von permeablen Sandsteinkörpern im tiefen geologischen Untergrund, die als potenzielle Speichergesteine für die geothermische Energiegewinnung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Das gleiche gilt für die Ver-

breitung von dichten Tonstein-Formationen, die als Barriere- beziehungsweise Wirtsgesteine für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen in Betracht gezogen werden.

Die Lage des Meeresspiegels markiert die Position der Küstenlinie, ein Anstieg oder Abfall führt entsprechend zu einer Verlagerung der Küste sowie der dort gebildeten Sedimentablagerungen (zum Beispiel Strandsande) in Richtung Land oder Ozean. Anhand von sedimentologischen

und paläontologischen Beobachtungen lassen sich im geologischen Aufschluss oder an Bohrkernen Veränderungen in der Wassertiefe identifizieren, die eine Rekonstruktion von relativen Meeresspiegel-Schwankungen in der geologischen Vergangenheit zulassen. Die so konstruierten Meeresspiegel-Kurven liefern heute ein wichtiges Instrument für die stratigraphische Einordnung von sedimentären Ablagerungssequenzen sowie für deren Korrelation über große Distanzen hinweg (Haq 2014).

Abbildung 1
Paläogeographische Rekonstruktion des Niedersächsischen Beckens für den Zeitabschnitt der mittleren Unterkreide (ca. 132 Millionen Jahre vor heute) und die Lage der vier untersuchten Kernbohrungen. Große Teile Norddeutschlands waren von einem flachen Epikontinentalmeer bedeckt.
Quelle: Schott et al. (1967/1969)

Während sedimentologische Indikatoren (wie zum Beispiel Änderungen in der Korngröße oder die Ausbildung von Diskontinuitätsflächen) in küstennahen Ablagerungen meist gut erkennbar ausgebildet sind, fehlen makroskopisch identifizierbare sedimentäre Strukturen in den meist feinkörnigen und homogenen Sedimentablagerungen des Beckens, die weit entfernt von der Küstenlinie abgelagert wurden. Dieser Umstand erschwert die Identifikation von Meeresspiegel-Schwankungen in feinkörnigen Tonsteinabfolgen (so genannte „Mudrocks“) im Beckenzentrum und somit auch die Korrelation der entsprechenden Gesteinsformationen. Im Rahmen des von der BGR koordinierten Projekts TUNB (Tieferer Untergrund Norddeutsches Becken) wurde gemeinsam mit Wissenschaftlern der LUH untersucht, ob und in welcher Form geochemische und palynologische Signale genutzt werden können, um Meeresspiegelschwankungen auch in homogenen Tonsteinabfolgen zu identifizieren.

Bohrkerne aus dem Niedersächsischen Becken als Meeresspiegel-Archiv

Vor 145 bis 100 Millionen Jahren, während der so genannten Unterkreide, waren große Teile Norddeutschlands von einem flachen Epikontinentalmeer bedeckt, dessen Südrand das Rheinische Schiefergebirge sowie das Böhmisches Massiv bildeten (Abb. 1). Die etwa Ost-West verlaufende Küstenlinie lag zu dieser Zeit ungefähr auf der Höhe von Hildesheim. Nördlich davon erstreckte sich der Ablagerungsraum des sogenannten Niedersächsischen Beckens, welches im Norden durch einen Archipel bestehend aus mehreren Inselgruppen begrenzt wurde. Entlang der ehemaligen Küste kamen

überwiegend Sande zur Ablagerung, während sich im küstenfernen Bereich des Beckenzentrums feinkörnige Silt- und Tone absetzen konnten.

Im Rahmen des TUNB Projekts wurden vier Forschungsbohrungen niedergebracht, welche die Schichtenfolge der Unterkreide im Niedersächsischen Becken erschließen. Die Alterseinstufung der unterschiedlichen erbohrten Gesteinsformationen erfolgte anhand von Mikrofossilien sowie mittels Kohlenstoff-Isotopen-Stratigraphie und liefert ein präzises zeitliches Gerüst, welches die Grundlage für die weiteren Arbeiten legt.

Um die Entfernung zur Paläoküstenlinie abschätzen zu können, wurde der Eintrag von kontinentalen Verwitterungsprodukten in das Niedersächsische Becken untersucht. Hierzu wurden die Bohrkernkerne zunächst in zwei Hälften gesägt und anschließend mittels zerstörungsfreier Röntgenfluoreszenz Analytik (XRF Bohrkernscanner) chemisch analysiert. Die insgesamt 430 Meter umfassende Sedimentabfolge wurde hierbei mit einer stratigraphischen Auflösung von 100 Messpunkten pro Meter analysiert. Schwankungen in den Elementgehalten (zum Beispiel Silizium und Aluminium) zeigen Änderungen im Eintrag spezifischer Mineralvergesellschaftung an, die wiederum durch die Entfernung zur Paläoküstenlinie kontrolliert werden (Abb. 2). Somit lässt sich anhand der chemischen Signaturen in den ansonsten homogenen Tonsteinen der Eintrag von kontinentalen Verwitterungsprodukten ablesen, der wiederum durch die Entfernung zur Küstenlinie abhängig von wird.

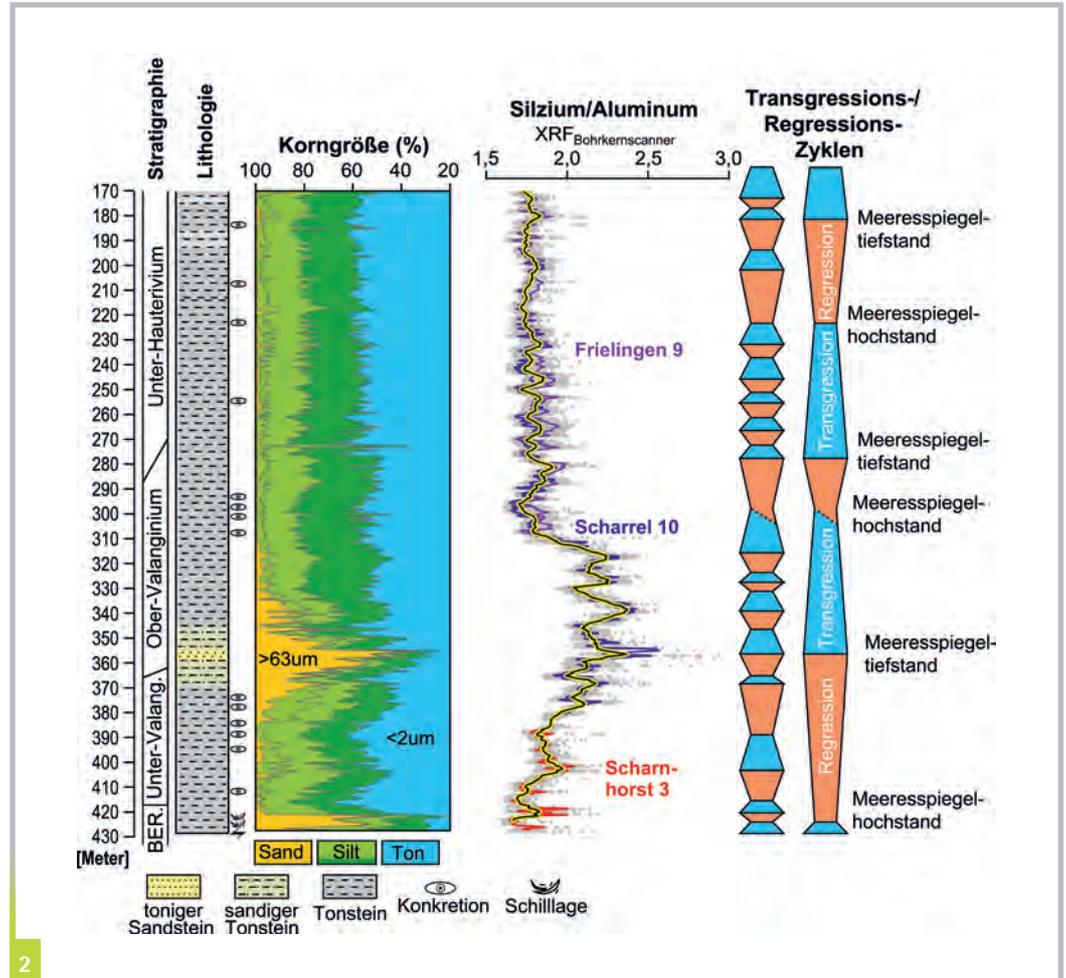
Parallel zur Analyse der chemischen Elementzusammensetzung wurde an ausgewählten Proben die Zusammensetzung

der im Sedimentgestein enthaltenen fossilen organischen Reste untersucht. Hierzu werden die mineralischen Bestandteile einer Gesteinsprobe mit Hilfe unterschiedlicher Säuren gelöst und entfernt. Das fossile organische Material bleibt hingegen erhalten und kann anschließend unter dem Mikroskop analysiert und quantifiziert werden. Als Indikator für die Entfernung zur Paläoküstenlinie wird hierbei der Eintrag von Landpflanzen-Resten gewählt, der organische Partikel wie Pollen und Sporen, Holzfragmente und Blattreste umfasst. Während Phasen eines steigenden Meeresspiegels (Transgression) nimmt die Entfernung zur Paläoküstenlinie kontinuierlich zu; der kontinentale Eintrag von Verwitterungsprodukten und Landpflanzenresten wird entsprechend kleiner. Umgekehrt steigt der Anteil an kontinentalem Eintrag in Zeiten eines fallenden Meeresspiegels (Regression), da sich die Distanz zur Küstenlinie verringert. Somit lassen sich anhand der gewählten Parameter relative Änderungen des Meeresspiegels für den Zeitabschnitt Unterkreide identifizieren.

Rekonstruktion der Meeresspiegel-Schwankungen für die kreidezeitliche Treibhauswelt

Zunächst wurden Änderungen der Korngröße genutzt um Meeresspiegel-Änderungen in den feinkörnigen Gesteinen zu identifizieren (Abb. 2). Diese Ergebnisse wurden mit der XRF Bohrkernscanner Analytik abgeglichen, die als neue und zeitsparende Methode für die Erstellung hochauflösender Datensets Verwendung findet. Als Indikator für Änderungen in der Korngröße wurde das Silizium/Aluminium Verhältnis herangezogen. Die Kombination aus geochemischen XRF Bohrkernscanner

Abbildung 2
 Änderungen in der Korngröße
 sowie im Silizium/Aluminium
 Verhältnis (basierend auf XRF
 Bohrkernscanner Daten) für
 den ältesten Abschnitt der unter-
 suchten Zeitscheibe. Schwankun-
 gen des Meeresspiegels sind als
 Transgressions- und Regressions-
 zyklen dargestellt.
 Quelle: verändert nach Thöle et al.,
 2020



Daten und palynologischen Beobachtungen liefert ein hervorragendes Instrument für die Rekonstruktion von Meeresspiegel-Schwankungen in feinkörnigen Tonsteinablagerungen in einer bislang nicht gekannten stratigraphischen Auflösung. Der Abgleich mit existierenden Meeresspiegel-Kurven aus dem Niedersächsischen Becken zeigt darüber hinaus eine hervorragende Übereinstimmung zwischen den geochemischen Signaturen aus dem Beckenzentrum und den küstennahen Sedimentabfolgen und unterstreicht die Qualität des hier gewählten Ansatzes (Thöle et al. 2020).

Schwankungen des globalen Meeresspiegels sind über die gesamte Erdgeschichte hinweg bekannt und unterschei-

den sich hinsichtlich der Raten, der Amplituden sowie der zugrunde liegenden Mechanismen. Auf sehr langen Zeitskalen (10 bis 100 Millionen Jahre) spielen tektonische Prozesse eine wichtige Rolle, während kurzzeitige Meeresspiegel-Schwankungen (10 bis 100 Tausend Jahre) durch Änderungen im globalen Eisvolumen hervorgerufen werden können (Miller et al. 2011). Dies ist beispielsweise für die jüngste Erdgeschichte gut belegt, als durch das Anwachsen der polaren Eisschilde im Verlauf der letzten Eiszeit der globale Meeresspiegel um etwa 120 Meter absank.

Die Kreidezeit gilt allgemein als ein Zeitabschnitt der Erdgeschichte, der durch ein ausgeprägtes Treibhausklima gekennzeichnet war. Dies äußert

sich in deutlich erhöhten Durchschnittstemperaturen, einem geringen Temperaturgradienten zwischen Äquator und Pol sowie dem Fehlen ausgedehnter Eiskappen an den Polen. Entsprechend lag der globale Meeresspiegel in der Kreidezeit im Vergleich zu heute deutlich höher, wobei die Schätzungen hier große Differenzen aufweisen und zwischen 100 und 250 m über NN schwanken (Miller et al. 2011; Haq 2014). Die genauen Mechanismen, welche die kleiner-skaligen Meeresspiegel-Schwankungen in der kreidezeitlichen Treibhauswelt steuerten, sind noch immer Gegenstand lebhafter Diskussionen. So wird neben der Existenz von kleinen, kurzlebigen kontinentalen Eisschilden auch der Transfer von Wasser aus dem Ozean in

ausgedehnte kontinentale Süßwasser-Seen sowie die Speicherung in Grundwasser Reservoiren erwogen. Hochauflösende und zeitlich gute kalibrierte Datensets aus unterschiedlichsten Regionen der Erde sind für die Klärung dieser Fragen von zentraler Bedeutung.



Literatur

Haq, B. (2014) Cretaceous eustasy revisited. *Global and Planetary Change*, 113, 44-58.

Miller, K.G., Mountain, G.S., Wright, J. D. and Browning, J.V. (2011) A 180-million-year record of sea level and ice volume variations from continental margin and deep-sea isotopic records. *Oceanography* 24, 40-53.

Thöle, H., Bornemann, A., Heimhofer, U., Luppold, F. W., Blumenberg, M., Dohrmann, R. and Erbacher, J. (2020) Using high-resolution XRF analyses as a sequence stratigraphic tool in a mudstone-dominated succession (Early Cretaceous, Lower Saxony Basin, Northern Germany). *Depositional Record*, 6, 236-258.

Prof. Dr. Ulrich Heimhofer

Jahrgang 1971, ist seit 2011 Professor am Institut für Geologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät. Seine Arbeitsschwerpunkte umfassen stratigraphische Palynologie und Pflanzenentwicklung, die Ablagerung und Erhaltung von sedimentärem organischem Material sowie den Einsatz von stabilen Isotopen für die Paläoklima-Rekonstruktion. Kontakt: heimhofer@geowi.uni-hannover.de

PD Dr. André Bornemann

Jahrgang 1972, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe sowie Privatdozent an der LUH. Er beschäftigt sich vorwiegend mit der Stratigraphie der Kreide und des Paläogens sowie mit der Charakterisierung von Tonsteinen im geologischen Untergrund. Aktuell ist er Sprecher des DFG Infrastruktur-Schwerpunktprogramms „International Ocean Discovery Program“. Kontakt: andre.bornemann@bgr.de

Prof. Dr. Jochen Erbacher

Jahrgang 1966, ist Leiter des Arbeitsbereichs/Referates Stratigraphie, Sammlungen an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und am Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen. 2018 wurde er von der Universität Heidelberg zum Honorarprofessor bestellt. Seine Arbeitsschwerpunkte umfassen stratigraphische, sedimentologische und mikropaläontologische Fragestellungen des Juras und der Kreide. Kontakt: jochen.erbacher@bgr.de



Geo++[®]
geopp.de/jobs



Geo++ ist ein weltweit führender Entwickler von Software für hochgenaue GNSS-Positionierung. Unsere Technologie wird u.a. im Vermessungswesen, in der Positionierung von Fahrzeugen und Schiffen, sowie der Antennen-Kalibrierung genutzt. Wir forschen und entwickeln kontinuierlich und verknüpfen GNSS jetzt auch mit Quantensensoren. Für all diese Aufgaben brauchen wir Unterstützung. Voll- und Teilzeit in Garbsen und auch Remote!

C/C++ Developer (m/w/d)

GNSS Scientist (m/w/d)

IT – Manager (m/w/d)

Java – Developer (m/w/d)

GNSS Specialist (m/w/d)

