



Dr. Barbara Ventura

Alfried Krupp Junior Fellow

Oktober 2009 – September 2010

Kurzvita Barbara Ventura wurde 1968 in Brescia, Italien, geboren. Sie studierte Geowissenschaften an den Universitäten Padua und Bologna und promovierte 2000 in Bologna mit einer Arbeit über die geodynamische Entwicklung des nördlichen Apennins anhand thermochronologischer Daten. 2001 wechselte sie an den Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen, wo sie zwei eigene DFG-Projekte durchführte. Der Schwerpunkt ihrer

Forschung liegt auf der Wechselwirkung zwischen Geodynamik, Oberflächenprozessen und Klima in Deutschland, im Mittelmeerraum und in der Antarktis. Gegenwärtig ist Dr. Ventura Lehrbeauftragte für das Modul „Petrologie und Tektonik“ an der Universität Bremen und führt ihre Habilitationsschrift über die langfristige geologische Entwicklung des Ostdeutschen Raums zum Abschluss.

Die Krusten- und Landschaftsentwicklung des Nordostdeutschen Tieflands auf der Grundlage von Paläotemperatur-Indikatoren

Das Landschaftsbild des Nordostdeutschen Tieflands ist durch ausgedehnte Ebenen geprägt, die sich zwischen Ostsee und mitteleuropäischer Mittelgebirgsschwelle erstrecken. Diese homogene Landschaft überlagert allerdings einen strukturellen Kontrast im geologischen Untergrund mit dem Verlauf der Elbe als markanter Grenze. Südlich der Elbe steht der planierte Gebirgsrumpfs des Variszischen Gebirges an, der im heutigen Nordostdeutschen Becken von bis zu acht Kilometer mächtigen mesozoischen Sedimenten bedeckt ist. Ziel meines Fellowships am Krupp-Wissenschaftskolleg war es, mittels thermochronologischer Daten die Ursache dieses Niveauunterschieds unter einer morphologisch homogenen Oberfläche zu klären und die Beckenentwicklung zu rekonstruieren. Wurde das Nordostdeutsche Becken bereits in seiner heutigen Ausdehnung angelegt oder existierte ein sehr viel größerer mesozoischer Ablagerungsraum, dessen südlicher Bereich später invertiert wurde? Die Kompilation und thermische Modellie-

rung von ca. 300 thermochronologischen Daten belegt eine prinzipiell einheitliche mesozoische Geschichte Ostdeutschlands. Die Verteilung der modellierten Paläotemperaturen positioniert eine regionale Oberfläche innerhalb eines gemeinsamen Beckens in Tiefen zwischen zwei bis acht Kilometern. Die südliche Hälfte dieses ehemaligen ostdeutschen Beckens wurde mit dem Beginn der Kreidezeit gehoben und abgetragen, während das heutige Nordostdeutsche Tiefland ein Becken blieb, in das die Abtragungsprodukte geschüttet wurden. Der Inversionsprozess der Region südlich der Elbe vollzog sich jedoch nicht homogen. Es begann mit einem Impuls rascher Hebung, die allmählich stagnierte. Einige Gebiete wurden zeitweise sogar erneut versenkt und enthalten die heutigen ostdeutschen Braunkohle-Lagerstätten. Außerdem untersuchte ich während meines Krupp-Fellowships das Potential natürlich geätzter Spaltspuren im Mineral Apatit für die Datierung von Paläo-Oberflächen und als Paläoumwelt-Indikator.



Projektbericht

Das Nordostdeutsche Tiefland umfasst die Flächen von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und der nördlichen Regionen von Sachsen-Anhalt und Sachsen. Sein Landschaftsbild ist durch ausgedehnte Ebenen geprägt, die sich zwischen dem Küstengebiet der Ostsee und der mitteleuropäischen Mittelgebirgsschwelle erstrecken. Solche Tiefebene korrelieren häufig mit einer einheitlichen Architektur der obersten Erdkruste. Allerdings blieb der regionale geologische Aufbau Nordostdeutschlands bis in das 20. Jahrhundert unter einer durchgehenden Deckschicht aus tertiären Ablagerungen und quartären glazialen Lockersedimenten verborgen. Erst der Einsatz von Tiefbohrungen und geophysikalischen Methoden enthüllte einen strukturellen Kontrast im geologischen Untergrund mit dem Verlauf der Elbe als markanter Grenze.

Südlich dieser Grenze finden sich unter wenigen Metern lockerer Sedimente die planierten Überreste des Variszischen Gebirges, das vor ca. 350 Millionen Jahren in der Dimension der Alpen oder des Himalajas aufragte. Festgesteine dieses Gebirgsrumpfs treten in den angrenzenden Mittelgebirgen, zum Beispiel im Harz, im Erzgebirge und im Thüringer Wald, zu Tage. Im Gegensatz dazu

stapeln sich nördlich der Elbe im heutigen Nordostdeutschen Becken auf dem ehemaligen Variszischen Gebirge mesozoische Sedimentgesteine mit einer Mächtigkeit von bis zu acht Kilometern.

Die Rekonstruktion dieses Niveauunterschieds von mehreren Kilometern unter einer morphologisch homogenen Oberfläche wirft die Frage nach der Ursache des Kontrasts auf. Ein Szenario basiert auf der Anlage des Nordostdeutschen Beckens in seiner heutigen Ausdehnung im Vorland des Variszischen Rumpfes – und auf dessen Kosten – und impliziert eine langfristig stabile Beckenentwicklung. Alternativ könnte das Gebiet südlich der Elbe Bestandteil eines ehemals sehr viel größeren mesozoischen Beckens gewesen und später separat herausgehoben (invertiert) worden sein. Für diesen Fall wären Ursache, Beginn, Dauer und Betrag der inversionsbedingten Exhumierung zu klären. Diese Fragen sind durch die Anwendung klassischer Methoden auf der Grundlage von Fossilien in Sedimentschichten (Biostratigraphie) und dem Vergleich mit zeitgleich gebildeten, verwandten Gesteinen (Lithostratigraphie) nicht zu beantworten, da der Untersuchungsgegenstand fehlt: eine durchgehende post-Variszische Sedimentschicht wurde südlich der

Elbe entweder nicht abgelagert oder erodiert. Die Mächtigkeit der fehlenden Gesteine lässt sich allerdings indirekt über die thermischen Eigenschaften der Erdkruste rekonstruieren. Die Temperatur einer Gesteinssäule nimmt von der Oberfläche aus mit der Tiefe um eine bestimmte Rate, den geothermischen Gradienten, zu. Durch den Einsatz thermochronologischer Methoden, zum Beispiel Spaltspur-Analytik, kann die Maximaltemperatur bestimmt werden, der ein Gestein während seiner Versenkung ausgesetzt war. Setzt man diese maximale Paläotemperatur ins Verhältnis zum geothermischen Gradienten, so ergibt sich die maximale Versenkungstiefe eines Gesteins, und somit der notwendige Erosionsbetrag, um dieses Gestein wieder an die Oberfläche zu befördern. Außerdem datieren thermochronologische Methoden den zeitlichen Ablauf von Abkühlungs- und Exhumierungsprozessen und erlauben somit die Rekonstruktion primärer Gesteinsmächtigkeiten zu verschiedenen Zeiten und des Verlaufs der Beckenbildung, sowie genetische Aussagen über Hebungs-, Abtragungs- und Ablagerungsprozesse.

Im Vorfeld meines Krupp-Fellowships führte ich im Rahmen zweier DFG-Projekte erste Studien im Erzgebirge, im Thüringer Wald,

in der Lausitz und in der Leipziger Tieflandsbucht durch. Meine Untersuchungen belegten, dass die heute anstehenden Gesteine jedes dieser Arbeitsgebiete im Anschluss an die Variszische Gebirgsbildung auf mindestens 110°C aufgeheizt wurden bevor sie wieder auf Oberflächentemperatur abkühlten. Die tatsächliche maximale Versenkungstiefe konnte allerdings meist nicht ermittelt werden. Zudem waren Informationen über Anzahl, Beginn und Verlauf von Abkühlungsphasen und Abkühlungsraten trotz eines prinzipiell identischen Altersspektrums und ähnlicher Proxy-Daten wenig abgesichert.

Mir ist bewusst geworden, dass die geologische Entwicklung des ostdeutschen Tieflands nur über einen regionalen Ansatz verstanden werden kann. Daher wollte ich während meines Jahres am Wissenschaftskolleg alle thermochronologischen Daten aus dem Nordostdeutschen Tiefland und der benachbarten Gebieten evaluieren, sofern notwendig erneut interpretieren und modellieren, und diesen Datensatz um eine Traverse vom Grundgebirge südlich der Elbe in das Nordostdeutsche Becken ergänzen. Dafür habe ich ca. 300 thermochronologische Daten aus eigenen Projekten und der Literatur kompiliert, die eine ca. 100.000 km² umfassende

Region zwischen Elbe, Erzgebirge und Sudeten weit gehend abdecken. Die meisten Apatit-Spaltspuralter liegen zwischen 150 und 50 Millionen Jahren, einige wenige Proben aus Sachsen können jedoch Alter bis zu 200 Millionen Jahre erreichen. Zusätzliche Daten aus dem Nordostdeutschen Becken konnten nicht gewonnen werden.

Ursprünglich wurden die einzelnen Datensätze als Ausdruck isolierter Hebung/ Exhumierung der jeweiligen Arbeitsgebiete interpretiert. Eine gemeinsame qualitative Interpretation und thermische Modellierungen dieser Daten im Rahmen meines Krupp-Fellowships enthüllten jedoch eine prinzipiell einheitliche regionale Geschichte. Die Verteilung der modellierten Paläotemperaturen verlegt die Oberfläche ganz Ostdeutschlands – einschließlich der heutigen Mittelgebirge – für lange Zeit in einer Tiefe von zwei bis acht Kilometern, bedeckt von den sedimentären Ablagerungen eines gemeinsamen Beckens. Die Unterschiede der thermochronologischen Alter sind demnach nicht auf verschiedene Hebungszeiten isolierter tektonischer „Blöcke“ innerhalb dieses Ablagerungsraums zurückzuführen, sondern reflektieren lediglich unterschiedliche Exhumierungsraten bzw. -beträge sowie sekundä-

re Inhomogenitäten während eines gemeinsamen Hebungsprozesses.

Die südliche Hälfte des ehemals weit ausgehnteren Beckens wurde mit dem Beginn der Kreidezeit (d.h. ab ca. 150 Millionen Jahren) gehoben und abgetragen, während das heutige Nordostdeutsche Becken ein Tiefland blieb, in das die Abtragungsprodukte geschüttet wurden. Der Inversionsprozess der Region südlich der Elbe vollzog sich jedoch nicht homogen. Generell erfolgte die initiale Hebung relativ schnell, wobei die Exhumierungsraten in Abhängigkeit von Struktur und Dichte der Erdkruste und der Verwitterungsresistenz der abgetragenen Gesteine variieren konnten. Im Känozoikum kamen Hebung und Abtragung weit gehend zum Stillstand, einige Gebiete – z.B. die Leipziger Tieflandsbucht oder Bereiche der Lausitz – wurden zeitweise sogar erneut versenkt. In diesen lokalen Senken bildeten sich die heutigen ostdeutschen Braunkohle-Lagerstätten.

Der hier skizzierte Denudationsverlauf der Ostdeutschen Tiefländer lässt grundlegende Rückschlüsse auf die regionale geologische Geschichte im nordöstlichen Mitteleuropa im Anschluß an die Variszische Gebirgsbildung sowie auf Charakter und Wirksamkeit der angrenzenden Großstrukturen, insbe-

sondere der tektonischen Elbe-Zone und des Eger-Grabens, zu. Wesentliche Einzelaspekte meines Projekts beziehen sich auf die enge Kopplung von Hebung und Denudation Südostdeutschlands und Deposition im Nordostdeutschen Becken während der letzten 250 Millionen Jahre, die ehemalige Ausdehnung des Beckens bis in den Böhmisches Raum, den Einfluss von Inversionsprozessen auf die heutige Morphologie, und das veränderte Bild der regionalen Paläogeographie. So entzieht die gemeinsame Inversion des südostdeutschen Raums der Existenz der in der Fachliteratur postulierten „Saxonischen Straße“ und „Westsudetischen Insel“ die weitere Grundlage.

Die hier skizzierten Ergebnisse sollen 2011 in zwei peer-reviewten Publikationen in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

Zusätzlich zu den regionalgeologischen Schwerpunkten entwickelte ich einen neuen methodischen Ansatz zur Nutzung natürlich geätzter Spaltspuren im Mineral Apatit für die Datierung von Paläo-Oberflächen und als Paläoumwelt-Indikator. Die radiometrische Spaltspur-Altersdatierung basiert auf der Untersuchung von Gitterdefekten (Spaltspuren) im Mineral Apatit. Diese Spuren ent-

stehen bei der natürlichen Spaltung des im Kristallgitter enthaltenen Urans. Sie sind submikroskopisch und werden erst durch Anätzen von Kristalloberflächen im Labor sichtbar. Bei kristalloptischen Untersuchungen an der Universität Bremen entdeckte ich jedoch natürlich geätzte Spaltspuren im Inneren von Apatitkörnern mehrerer Aufschlußproben aus dem Lausitzer Grundgebirge. Eine Untersuchung der umfangreichen Kollektion von mehr als 100 petrographischen Dünnschliff-Präparaten von Gesteinen der Oberlausitz am Geologischen Institut der Universität Greifswald verifizierte und spezifizierte diese Beobachtungen. Das ungewöhnliche Phänomen natürlich geätzter Spuren wurde zwar in der Literatur bereits vereinzelt erwähnt, jedoch noch nicht systematisch untersucht und geklärt.

Dies wirft eine Reihe von Fragen auf: (i) Apatite welcher chemischen Zusammensetzung und Struktur sind besonders betroffen, (ii) welche natürlich auftretenden chemischen Reagenzien (hydrothermale Lösungen, Huminsäuren) ätzen Apatite unter welchen Bedingungen, und (iii) wie können natürlich geätzte Spaltspuren als Hilfsmittel zur Abschätzung von Paläotemperaturen, zur Datierung von Paläo-Oberflächen und/oder als

Paläoumwelt-Indikator genutzt werden? So sollen Expositionsalter von Lausitzer Oberflächen über die Dichte- (Alters-) -Differenz natürlich geätzter und nicht aufgeschlossener Spuren kalkuliert und Standorte fossiler Moore lokalisiert werden. Natürlich geätzte Apatitkörner werden gegenwärtig mit verschiedenen Verfahren (z.B. Massenspektrometer) untersucht, und die Dichte natürlich geätzter Spaltspuren mit der Gesamtpurdichte der jeweiligen Kristalle verglichen. Die Ergebnisse sollen in einer Publikation zusam-

mengefasst und Anfang 2011 in Chemical Geology eingereicht werden.

Viel Freude und Inspiration bereiteten mir außerdem die Einbindung in den Lehrbetrieb der Universität Greifswald und das sehr gute Verhältnis zu den Kollegen und Studierenden des Geologischen Instituts. Im Rahmen des Master Kurses „Advanced geodynamics“ WS 2009/2010 habe ich eine Vorlesungsreihe über Tektonische Geomorphologie gehalten.

ausgewählte Veröffentlichungen

Ventura B., Lisker F. & Ehling B.-C. "Late Mesozoic-Cenozoic thermal and denudation history within the Central European Basin System – Insights from apatite fission track thermochronology" (erscheint voraussichtlich 2011 in Basin Research).

Ventura B. "From the Baltic Sea to the Bohemian Massif: a Mesozoic sea in Central Europe" (in Vorbereitung für International

Journal of Earth Sciences).

Ventura B., Lisker F. & Spiegel C. "Naturally etched fission tracks in apatite: more than a curious occurrence?" (in Vorbereitung für Chemical Geology).