

zur Eiszeit nicht existiert hätte, denn das Inlandeis kam aus Norden und muss unweigerlich den Vulkanberg überfahren haben!

**Die Landschaft wurde gehoben**

Eine solche Beobachtung lässt sich am einfachsten erklären, wenn man annimmt, dass Lausitzer Block und Zittauer Gebirge in – geologisch gesehen – jüngerer Zeit angehoben wurden. Derartige Bewegungen sind seit Langer bekannt, werden aber fast immer in ältere Zeiträume zwischen 100 und 50 Mio. Jahren vor heute gelegt, als auch die Mittelgebirge in Zentraleuropa entstanden. Die Erdkrustenbewegungen zu dieser Zeit stehen mit der Faltung der Alpen in Zusammenhang.

Für Skandinavien sind allerdings auch sehr viel jüngere, quartäre Hebungen gut belegt. Sie haben jedoch eine ganz andere Ursache. In Nordeuropa hebt sich die Erdkruste noch heute, weil sie von der Last der eiszeitlichen Gletscher befreit ist. Außerhalb Skandinaviens wurden solche jungen Krustenbewegungen bislang nur vermutet und selten bewiesen. Mithilfe der Lausitzvulkane können wir die Hebung aber eindeutig belegen, da sie erst lange Zeit nach der Entstehung der Vulkane erfolgt sein muss. Es ist sogar möglich, die Hebungsraten und Abtragungsraten für die letzten 30 Mio. Jahre zu berechnen. Sie liegen für die Oberlausitz zwischen 0,3 und 8,5 mm pro Tausend Jahre (Tietz & Büchner 2015).



Bei Kartierungsarbeiten auf dem Sonnenberg-Vulkan.

**Auch Mittelgebirge nach Gletscherrückzug gehoben**

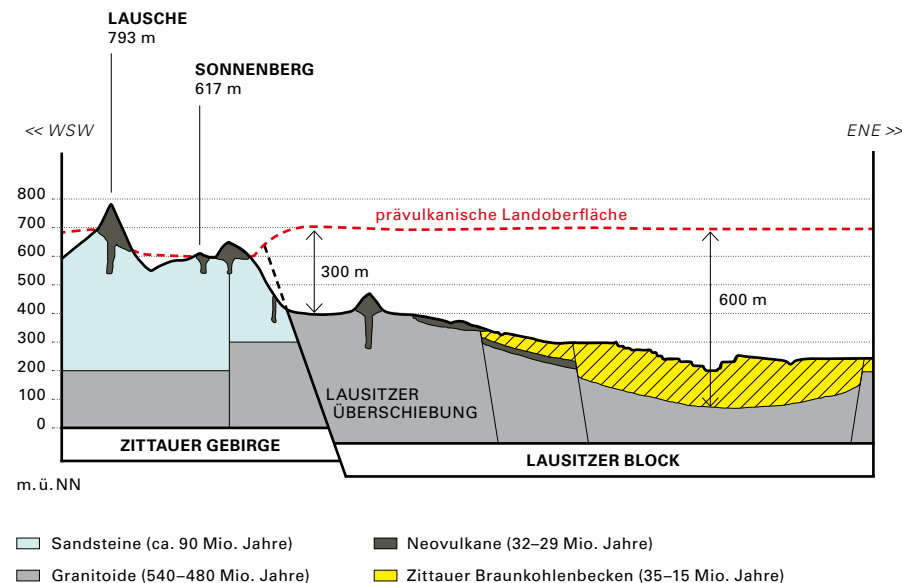
Als Ursache für die neotektonischen Unruhen sehen wir isostatische Ausgleichsbewegungen der Erdkruste Mitteleuropas infolge des Rückzugs des skandinavischen Inlandeises nach dem Ende der Elster-Kaltzeit. Besonders im Süden der Oberlausitz sind die Bewegungen am stärksten, mit einem klaren Höhepunkt dieser Aktivitäten zwischen Elster- und Saale-Kaltzeit vor ca. 320 000 Jahren. Daher waren beim Vorstoß des Elster-Eises vor etwa 400 000 Jahren das Zittauer Gebirge und auch die Landeskrone noch nicht so weit wie heute herausgehoben und bildeten kein größeres Hindernis für das Inlandeis.

Gerade diese Auswirkungen werden auch außerhalb von Skandinavien in letzter Zeit immer häufiger diskutiert. Daraus lässt sich ableiten, dass möglicherweise auch in anderen Mittelgebirgen Europas, so zum Beispiel im Rheinischen Schiefergebirge, solche jungen Hebungen stattfanden. ↙

**Kontakt:** Dr. Olaf Tietz, Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz, Sektion Paläozoologie und Geologie, Am Museum 1, D-02826 Görlitz, olaf.tietz@senckenberg.de

**Hochlagen des Zittauer Gebirges**

Profilschnitt vom Zittauer Gebirge zum Lausitzer Block mit der rekonstruierten Landoberfläche zur Vulkanzeit. Die Vulkangebäude (dunkelgrau) und die dazwischenliegenden Sandsteine (hellblau) im Zittauer Gebirge sind trotz ihres hohen Alters kaum abgetragen, obwohl sie heute sehr exponiert die Granitlandschaft (hellgrau) des Lausitzer Blocks überragen. Das kann nur durch eine sehr junge (neotektonische) Hebung erklärt werden, die besonders für die Zeit vor 320 000 Jahren nach den Eisvorstößen in der Elster-Kaltzeit angenommen wird. Dies steht im Zusammenhang mit der Absenkung des Zittauer Braunkohlenbeckens (gelb).



**Literatur**  
 ● Büchner, J. & Tietz, O. (2012): Reconstruction of the Landeskrone Scoria Cone in the Lusatian Volcanic Field, Eastern Germany – Long-term degradation of volcanic edifices and implications for landscape evolution. – Geomorphology 151–152: 175–187 ● Büchner, J., Tietz, O., Viereck, L., Suhr, P. & Abratis, M. (2015): Volcanology, geochemistry and age of the Lausitz Volcanic Field. – International Journal of Earth Sciences 104: 2057–2083 ● Tietz, O. & Büchner, J. (2015): The landscape evolution of the Lausitz Block since the Paleozoic – with special emphasis to the neovolcanic edifices in the Lausitz Volcanic Field (Eastern Germany). – Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften 166, 2: 125–147 ● Tietz, O., Gärtner, A. & Büchner, J. (2011): The monogenetic Sonnenberg scoria cone – implications for volcanic development and landscape evolution in the Zittauer Gebirge Mountains since the Paleogene. – Zeitschrift für Geologische Wissenschaften 39, 5/6: 311–334 ● Wenger, E., Büchner, J., Tietz, O. & Mrlina, J. (2017): The polycyclic Lausche Volcano (Lausitz Volcanic Field) and its message concerning landscape evolution in the Lausitz Mountains (northern Bohemian Massif, Central Europe). – Geomorphology (zum Druck akzeptiert)

**VON GEWÄSSERN, DIE KEIN WASSER FÜHREN ...**



**... UND TIEREN, DIE HIER ZU HAUSE SIND**

Wissenschaftler aus Frankfurt untersuchen die Fauna sommertrockener Bäche

von Felicitas Hoppeler



Mithilfe von Wildtierkameras aufgenommen: Die Fotografien dokumentieren jedes Stadium der Austrocknung.

**F**lüsse und Bäche, die für eine gewisse Zeit im Jahr austrocknen, sind weltweit verbreitet und vermutlich wird es sie in Zukunft häufiger geben. Diese extremen Lebensräume sind aber trotz widriger Bedingungen von zahlreichen Organismen besiedelt. Mit unterschiedlichsten Anpassungsstrategien meistern sie die Trockenphasen. Doch wie genau funktioniert das? Und warum ist das so interessant?

Schätzungsweise ein Drittel des globalen Flussnetzes trocknet zeitweise aus (Datry et al. 2014). Damit ändert sich der Lebensraum für die Wasserbewohner grundlegend. Futtersuche, Atmung und Fortbewegung müssen auch ohne Wasser funktionieren. Mit sehr unterschiedlichen Strategien haben sich Lebewesen im Lauf der Evolution an diesen Wechsel angepasst. Für manche reicht ein besonderes Verhalten, bei anderen ist die Körperform entsprechend entwickelt und wieder andere überleben mithilfe eines sehr speziellen Lebenszyklus.

Solche Spezialisten für regelmäßige Trockenphasen findet man nicht nur in Wüstenregionen. Auch bei uns gibt es sie. ↘



Larve der untersuchten Köcherfliegenart  
*Micropterna lateralis* ...

Köcherfliegen beispielsweise haben sogar mehrere Anpassungsstrategien kombiniert! Sie leben in sommertrockenen Bächen und verbringen den größten Teil ihres Lebens als Larven im Wasser. Nur die erwachsenen Fliegen verlassen es. Die Entwicklung von der Larve zur Fliege (Metamorphose) findet normalerweise vor der Trockenphase statt. Hin und wieder, vor allem in trockenen Frühjahren, beginnt die Austrocknung der Gewässer aber bereits im Frühling. Dann müssen schon die Larven ohne Wasser auskommen. Und das tun sie auch! Bei Geländearbeiten im hessischen Spessart konnten wir das eindrucksvoll beobachten. Doch wie kann die Larve eines Wasserinsekts ohne Wasser überleben?

#### Austrocknung in der Klimakammer simuliert

Mithilfe von Laborexperimenten sind wir der Frage nachgegangen, wie sich die Austrocknung auf den Stoffwechsel der Köcherfliegenlarven auswirkt. Mithilfe molekularbiologischer Methoden konnten wir einen Blick auf alle aktiven Gene werfen und Veränderungen in deren Aktivität messen. So ließen sich „Schlüsselgene“ identifizieren, die als Antwort auf eine Umweltveränderung aktiviert oder deaktiviert werden. Diese Gene verraten uns viel über die Stoffwechselprozesse der Köcherfliegenlarve. Unsere Untersuchungen zeigen, dass sich die biologischen Prozesse der Tiere als Antwort auf den Wassermangel verlangsamen und die Tiere dadurch auch langsamer wachsen. Auch Funktionen zur Kontrolle der Stoffkonzentrationen im Körper werden reguliert. Alle diese Strategien helfen den Köcherfliegenlarven, sowohl Energie als auch Wasser zu sparen und damit auch im trockenen Bachbett zu überleben.

#### Alles eine Frage der Energie?

Gut gefüllte Energiespeicher könnten die Überlebenschancen und somit die erfolgreiche Fortpflanzung der Köcherfliegenlarven begünstigen. Könnte dabei auch die Form (Zucker oder Fett) der gespeicherten Energie von Bedeutung sein? Unsere Zucker- und



In Laborexperimenten – hier in der Mesokosmenhalle des BiK-F – simulieren wir die Austrocknung.



... und die Imago bzw. das adulte Insekt.

können wir die jährlichen Muster der Austrocknung vergleichen und erfahren viel über die Dynamik der Gewässer. Bereits jetzt sehen wir, dass sich die Austrocknungsmuster, das heißt der Beginn und die Dauer der Austrocknung, zum Teil stark unterscheiden. Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist nicht auszuschließen, dass sich diese Muster weiter verändern. Dabei erhöht sich möglicherweise auch die Intensität der Austrocknung, wie das im Mittelmeergebiet bereits beobachtet wird (Larned et al. 2010).

#### Unsichere Zukunft

Wenn bestehende Anpassungsstrategien unter neuen Bedingungen nicht mehr ausreichen, stehen die Gewässerbewohner vor einer enormen Herausforderung. Wie unsere ersten Ergebnisse jedoch zeigen, scheinen die untersuchten Köcherfliegenarten eine Strategie der Anpassung an die beobachteten Verschiebungen zu haben. Ob diese Strategie in Zukunft ausreicht, um auf potenziell auftretende Extreme zu reagieren, wird die weitere Forschung zeigen müssen. ◀

**Kontakt:** PD Dr. Steffen Pauls, Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am Main, steffen.pauls@senckenberg.de

#### DIE DOKTORANDIN ...



**Felicitas Hoppeler** studierte Umweltwissenschaften an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Für die Masterarbeit kam sie 2013 zu Senckenberg ans Biodiversität und Klima Forschungszentrum. In der Arbeitsgruppe von Steffen Pauls begann sie 2014 ihre Promotion zur Anpassung von Wasserinsekten an sommertrockene Fließgewässer.

#### ... UND IHR BETREUER



**PD Dr. Steffen Pauls** leitet die Sektion Entomologie III bei Senckenberg. Er untersucht, wie und wo sich die große Vielfalt an Insektenarten, die in Bächen und Flüssen leben, entwickelt hat, wie sich diese Arten an Umweltveränderungen wie Eiszeiten oder Gebirgshebungen angepasst haben und wie es um deren Zukunft in Zeiten des globalen Wandels steht.

#### Literatur

● Datry, T., Larned, S.T. & Tockner, K. (2014): Intermittent Rivers: A Challenge for Freshwater Ecology. – *BioScience* 64: 229–235. ● Haase, P., Frenzel, M., Klotz, S., Musche, M. & Stoll, S. (2016): The long-term ecological research (LTER) network: Relevance, current status, future perspective and examples from marine, freshwater and terrestrial long-term observation. – *Ecological Indicators*: 1–3. ● Larned, S.T., Datry, T., Arscott, D.B. & Tockner, K. (2010): Emerging concepts in temporary-river ecology. – *Freshwater Biology* 55: 717–738.

Fettmessungen haben zu erstaunlichen Ergebnissen geführt: Köcherfliegen, die in sommertrockenen Bächen leben, speichern den Großteil ihrer Energiereserven in Form von Zucker. Das ist erstaunlich, weil es den bisherigen Befunden widerspricht: Man hat bei Insekten bislang stets größere Fett- als Zuckerreserven beobachtet. Glykogen, der hauptsächliche Zuckerspeicher unserer Köcherfliegenart, bindet viel Wasser, wodurch das Wasservolumen in den Zellen sehr groß ist. Somit könnten die hohen Zuckergehalte der Köcherfliegen mit der Anpassung an die sommertrockenen Bäche im Zusammenhang stehen.

#### Jährliche Austrocknungsmuster

Seit drei Jahren beobachten wir die Wasserführung einiger austrocknender Mittelgebirgsbäche im Senckenberg-Dauerbeobachtungsgebiet „Rhein-Main-Observatorium“ im hessischen Spessart (Haase et al. 2016). Anhand solcher Beobachtungen