

Die Struktur der Kruste von Harz und Umgebung: Übersicht und Analyse

HEINZ-JÜRGEN BRINK

Hindenburgstraße 39, 30175 Hannover, 0511814674-0001@t-online.de

Mit der deutschen Einheit wurde eine Kompilation aller geophysikalischen und geologischen Daten aus der Zeit der Teilung auch für die Harzregion möglich. Die Analysen des refraktionsseismischen Geschwindigkeitsfeldes und der identifizierten Verwerfungen der Moho sowie petrologische Interpretationen weisen auf neue Fragestellungen (Brink 2011).

Niedriggeschwindigkeitsmantel

Die Kompilation aller refraktionsseismischen Moho-Daten zur Harzregion (Abb. 1) hat dazu beigetragen, signifikante seismische Charakteristiken des zentraleuropäischen Erdmantels zu identifizieren. In einem Gebiet mit einem Radius von ungefähr 100 km um den Harz herum, das das nördliche Vorland (Subherzynische Senke), den südlichen Leinetalgraben, die nördliche Hessische Senke und das südliche Vorland/Thüringisches Becken einschließt, wird der obere Mantel mit einer niedrigen Moho-Geschwindigkeit von 7.8 - 7.9 km/s charakterisiert (Abb. 2 und 3) (Brink 2011). In den Gebieten außerhalb erreichen die refraktionsseismischen Geschwindigkeiten der Moho Werte über 8.05 km/s. Dies schließt das benachbarte Rhenoherkynikum im Südwesten (Prodehl und Giese 1990) und Nordosten (Bormann et al. 1989, Schulze und Bormann 1990), das Saxothuringikum (Bormann et al. 1989, Prodehl und Giese 1990, Schulze und Bormann 1990), das Norddeutsche Becken (Prodehl und Giese 1990, Reichert 1993) und die komplexe Anomalie von Bramsche im invertierten Niedersächsischen Becken (Brockamp 1967) ein.

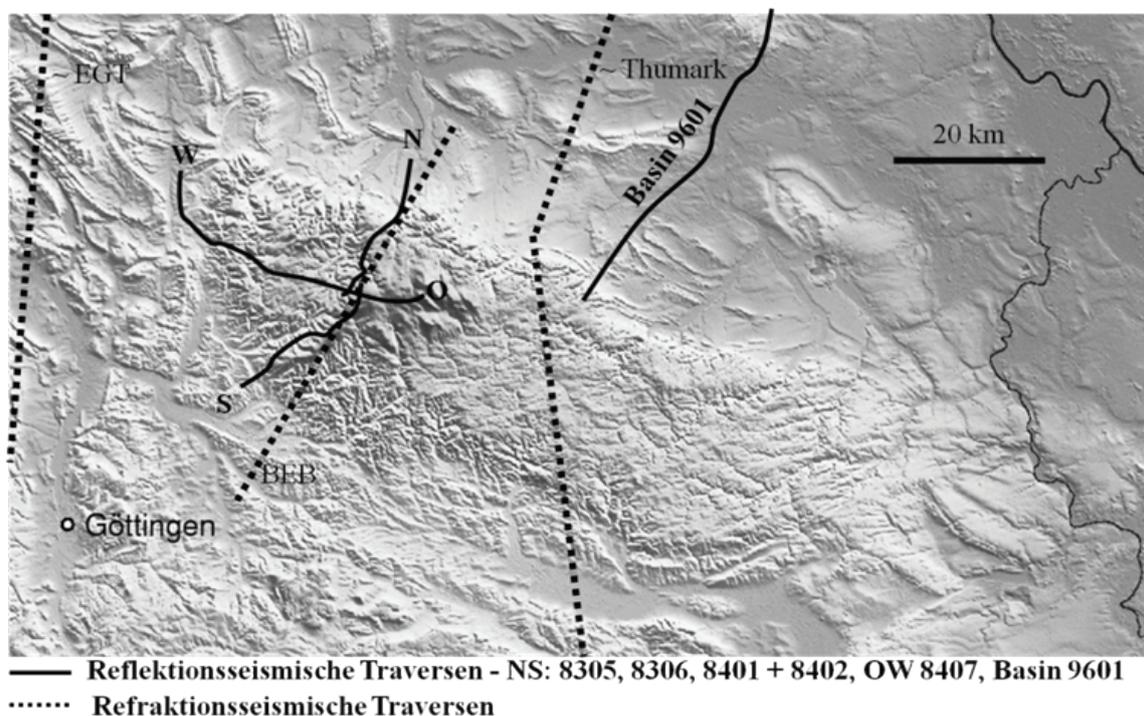


Abb. 1 Lokationskarte reflexionsseismischer und refraktionsseismischer Linien mit Bezug zum Harz (Brink 2011)

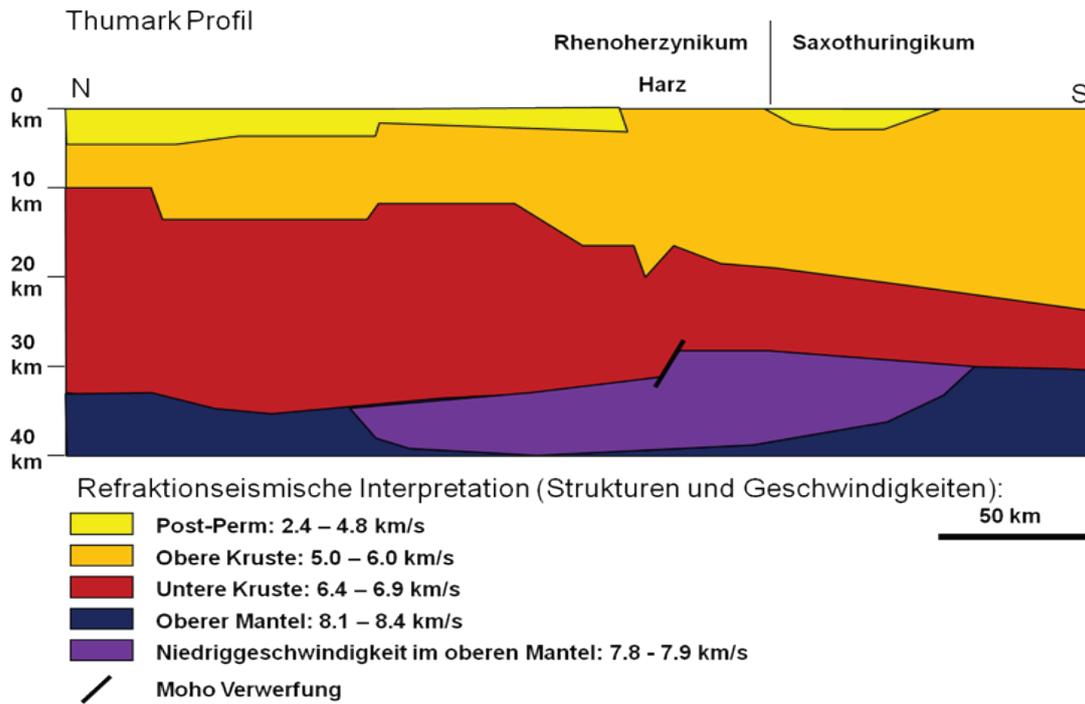


Abb. 2 Krustenschnitt entlang des Thumark-Profiles im Harz nach Bormann et al. 1989



Abb. 3 Anomaler Erdmantel mit geringeren seismischen Geschwindigkeiten unter der Harzregion (gedunkelter Bereich) nach refraktionsseismischen Messungen (Brink 2011)

Mohoverwerfungen

Eine Mohoverwerfung von 3 bis 7 (?) km, wie sie unter der Harznordrandstörung vermutet werden kann (Bormann et al. 1989, Schulze & Bormann 1990, Brink 2011), scheint für Mitteleuropa kein Ausnahmefall zu sein (Abb. 2). Ohne weitere Untersuchungen kann die Mohoverwerfung unterhalb der Harznordrandstörung (Abb. 4) nicht mit dieser in Beziehung gesetzt werden, da sie tektonisch entkoppelt sein können. Der Interpretation von Bormann et al. (1989) folgend, ist die Gesteinsdichteverteilung entlang des Harz querenden Thumark-Profiles isostatisch ausbalanciert (ca. 1150 MPa in 40 km Tiefe im oberen Erdmantel). Das heißt, dass kurz vor der spätkretazischen Inversion vor ca. 87 Ma (subherzynische Phase) bzw. 65 Ma (Laramische Phase) (Kley et al. 2008) und der folgenden Erosion dichter Harzgesteine und der zeitgleichen Subsidenz der Subherzynischen Senke und ihrer Füllung mit geringdichten Sedimenten eine vertikale Druckdifferenz von ca. 20 MPa im obersten Mantel geherrscht haben muss, wenn man Gesteinssäulen entsprechend vertikal verschiebt und ihren Dichteaufbau dabei verändert (Brink 2011). Die abgeschätzte Druckdifferenz könnte Ursache dafür sein, dass sich der Harz in einem horizontal- (trans-) kompressionalen tektonischen Regime isostatisch gehoben hat. Dies würde dann zu der beobachteten Mohoverwerfung führen mit der Folge, dass sich Form und Kontinuität einer tektonisch entkoppelten Harznordrandstörung ebenfalls verändert haben müssten. In diesem Sinne lässt sich der Großteil der Hebungsrates des Harzes von ungefähr 5 km seit 83 Ma, wie von Franzke (2006) für die Brockengranit/Eckergneis-Grenze oder wie für die Zeitspanne von 88 bis 82 Ma von Voigt et al. (2009) skizziert, ebenfalls erklären. Auch ein mögliches horizontales „Detachment“ (Flick 1986) in unbekannter Tiefe wäre davon mit einem ähnlichen Verwerfungsbetrag betroffen. Sollte allerdings eher eine Blattverschiebung wirksam gewesen sein, wie von Wrede (1988, 2008 und 2009) vorgeschlagen, würde bei ihrem eher vertikalen Charakter eine tektonische Kopplung mit der Mohoverwerfung möglich sein. Nach Kley et al. (2008) wäre sogar ein vertikaler Versatz an der Harznordrandstörung von 7 bis 10 km ableitbar.

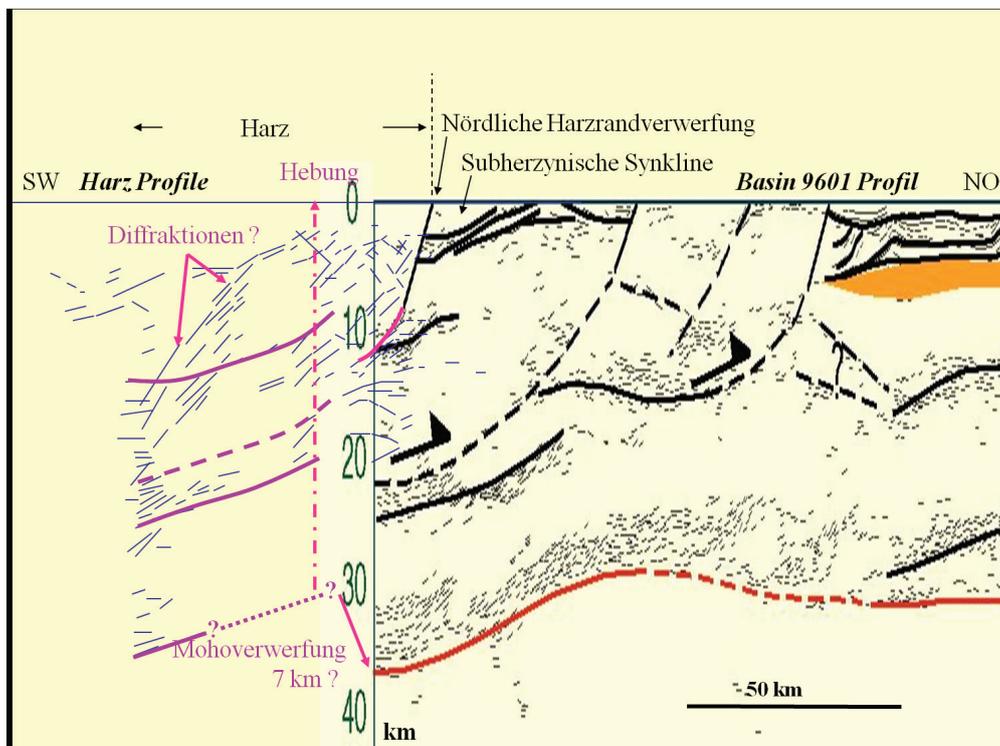


Abb. 4 Kombinierte Strichprofile der seismischen Profile Basin 9601 und der Nord-Süd-Traverse des Westharzes (Abb. 1) nach Bayer et al. (1999) und Brink (2011).

Petrologische Interpretation und integrative Analyse

Mengel & Kern (1990, 1992) konnten demonstrieren, dass die Position der seismischen Moho (definiert als eine Geschwindigkeitsdiskontinuität erster Ordnung) und der petrologischen Moho (definiert als die Grenze zwischen nicht-peridotitischen Krustengesteinen und Olivin dominierten Gesteinen) dann nicht identisch sind, wenn mafische Gesteine an der Basis orogenetisch verdickter Kruste in Eklogite umgewandelt werden. P-Wellengeschwindigkeiten von Eklogiten überlappen sich zu einem großen Teil mit jenen von Peridotiten, obwohl ihre Dichten bedeutend höher sind als die gewöhnlicher Gesteine des oberen Mantels. Infolge dessen können refraktionsseismische Messungen Eklogite nicht als Gesteine der Kruste identifizieren. Dies bedeutet, dass die refraktionsseismisch bestimmte Moho an der oberen Grenze zwischen Eklogiten und darüber liegenden krustalen Einheiten liegt. Da Eklogite im Allgemeinen eine höhere Dichte als Peridotite aufweisen, versinken sie möglicherweise in die tiefere Lithosphäre und werden dort „recycled“. Die Interpretation von Mengel & Kern (1990, 1992) wird durch die Arbeit von Bormann et al. (1989) unterstützt. Letztere vermuten in der östlichen Harzregion statt eines peridotitischen Mantels einen eklogitischen Niedriggeschwindigkeitsmantel.

Nach einer gemeinsamen Analyse aller oben beschriebenen Beobachtungen repräsentiert der Niedriggeschwindigkeitsmantel der Harzregion möglicherweise Überreste der Gebirgswurzel des variszischen Orogens, die noch keine vollständige Transformation in mantelähnliche Gesteine (granatreiche Granulite und Eklogite) durchgemacht haben bzw. diese trotz ihrer möglichen größeren Dichte noch nicht weiter in den peridotitischen Mantel eingesunken sind. Stattdessen enthält dieser Wurzelrest immer noch mafische Gänge und Lagergänge wahrscheinlich paläozoischen Alters. Da die refraktionsseismischen Geschwindigkeiten des rhenoharzynischen oberen Mantels anderenorts normal sind und bei 8.1 km/s liegen (Prodehl & Giese 1990), kann eine vollständige Transformation in granatreiche Granulite und Eklogite und deren möglicher subsequenter Versenkung für die variszische Gebirgswurzel des Rheinischen Schiefergebirges angenommen werden. Behrmann et al. (1991) zufolge war die variszische mitteleuropäische Kruste während des späten Paläozoikums maximal 50 km dick, von der inzwischen etwa 10 km oberes Krustengestein erodiert wurde. Dieser relativ kleine Erosionsbetrag kann die gegenwärtig beobachtete Tiefe der Moho von etwa 30 km nicht erklären. Deshalb müssen signifikante Anteile der Gebirgswurzel der rhenoharzynisch-saxothuringischen Zone in granatreiche Granulite und Eklogite transformiert worden sein. Der gesamte Transformations- und „Recycling“-Prozess des Wurzelrestes von etwa 10 km Dicke hat weniger als 300 Millionen Jahre gedauert, wie die Anwesenheit von weiterhin untransformierten variszischen Wurzelresten in der Harzregion vermuten lässt. Die verbleibende Mächtigkeit von etwa 5 km (ERCEUGT 1992) dieser untransformierten Gesteine verlangt offensichtlich maximal zusätzliche 150 Millionen Jahre, bis sie schlussendlich auch ersetzt werden. Aus der Beobachtung geht auch hervor, dass die ehemalige Gebirgswurzel der rhenoharzynischen und saxothuringischen Zonen der Harzregion bis zu 5 km mächtiger als die des Rheinischen Schiefergebirges war. Diese größere Wurzel repräsentierte sicherlich einen Gebirgskomplex innerhalb des variszischen Orogens, der im späten Paläozoikum der höchste in Mitteleuropa war und über ein markantes topografisches Relief verfügte, wie man es heute in den ‚Rocky Mountains‘ der nordamerikanischen Cordillera in Colorado/USA oder in der Hohen Tatra der europäischen Karpaten vorfindet.

Literatur

- Bayer, U., Scheck, M., Rabbel, W., Krawczyk, C.M., Götze, H.-J., Stiller, M., Beilecke, T., Marotta, A.M., Barrio-Alvers, L. & Kuder J. (1999): An integrated study of the NE German Basin. – *Tectonophysics*, 314 (1–3): 285–307, Amsterdam.
- Behrmann, J., Drozdowski, G., Heinrichs, T., Huch, M., Meyer, W. & Oncken, O. (1991): Crustal-scale balanced cross sections through the Variscan fold belt, Germany: the central EGT-segment. – *Tecto-*

- nophysics, 196 (1–2): 1–21, Amsterdam.
- Bormann, P., Bankwitz, P. & Schulze, A. (1989): Geophysikalische Ergebnisse und geologische Konsequenzen tiefenseismischer Messungen in der DDR. – Freiburger Forsch.-H., C 440: 72–103, Leipzig.
- Brink, H.-J., (2011): The crustal structure around the Harz Mountains (Germany): review and analysis, *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 162/3, 235–250, Stuttgart
- Brockamp, B. (1967): Kurzbericht über die im Gebiet um Osnabrück durchgeführten seismischen Arbeiten des Instituts für Reine und Angewandte Geophysik der Universität Münster. – Veröff. dt. geodät. Komm., 153 B: 1–12, München.
- ERCEUGT Group (1992): An electrical resistivity crustal section from the Alps to the Baltic Sea (central segment of the EGT). – *Tectonophysics*, 207: 123–139, Amsterdam.
- Flick, H. (1986): The Hercynian Mountains – a postorogenic overthrust massif? – *Naturwiss.*, 73 (11): 670–671, Berlin.
- Franzke, H.J. (2006): Das mesozoische Spannungsfeld im Harzgebiet, abgeleitet aus kinematischen Störungsanalysen. – *Clausthaler Geowiss.*, 5: 89–100, Clausthal-Zellerfeld (Inst. Geol. Paläont. TU Clausthal).
- Kley, J., Franzke, H.-J., Jähne, F., Krawczyk, C., Lohr, T., Reicherter, K., Scheck-Wenderoth, M., Sippel, J., Tanner, D., van Gent, H. & the SPP Structural Geology Group (2008): Strain and stress. – In: Littke, R., Bayer, U., Gajewski, D. & Nelskamp, S. (eds.): *Dynamics of complex sedimentary basins: the example of the Central European Basin System*: 97–124, Berlin.
- Mengel, K. & Kern, H. (1990): Petrologic versus seismic Moho and crustal root mysteries of the Hercynian orogen. – In: Freemann, R., Giese, P. & Mueller, S. (eds.): *The European geotraverse: integrative studies*. – *European Sci. Found.*: 169–176, Strasbourg.
- Mengel, K. & Kern, H. (1992): Evolution of the petrological and seismic Moho – implications for the continental crust-mantle boundary. – *Terra Nova*, 4 (1): 109–116, Oxford (Blackwell).
- Prodehl, C. & Giese, P. (1990): Seismic investigations around the EGT in Central Europe. – In: Freemann, R., Giese, P. & Mueller, S. (eds.): *The European geotraverse: integrative studies*. – *European Sci. Found.*: 77–97, Strasbourg.
- Reichert, C.R. (1993): Ein geophysikalischer Beitrag zur Erkundung der Tiefenstruktur des Nordwestdeutschen Beckens längs des refraktionsseismischen Profils Norddeutschland 1975/76. – *Geol. Jb.*, E 50: 87 p., Stuttgart.
- Schulze, A. & Bormann, P. (1990): Deep seismic sounding in eastern Germany. – In: Freemann, R., Giese, P. & Mueller, S. (eds.): *The European geotraverse: integrative studies*. – *European Sci. Found.*: 109–114, Strasbourg.
- Voigt, T., Eynatten, H. von & Kley, J. (2009): Kommentar zu „Nördliche Harzrandstörung: Diskussionsbeiträge zu Tiefenstruktur, Zeitlichkeit und Kinematik“ von Volker Wrede (*ZDGG* 159/2: 293–316). – *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 160 (1): 93–99, Stuttgart.
- Wrede, V. (1988): Der nördliche Harzrand – flache Abscherbahn oder wrench-fault-system? – *Geol. Rdsch.*, 77 (1): 101–114, Stuttgart.
- Wrede, V. (2008): Nördliche Harzrandstörung: Diskussionsbeiträge zu Tiefenstruktur, Zeitlichkeit und Kinematik. – *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 159 (2): 293–316, Stuttgart.
- Wrede, V. (2009): Antwort auf den Kommentar von T. Voigt, H. von Eynatten & J. Kley zu „Nördliche Harzrandstörung: Diskussionsbeiträge zu Tiefenstruktur, Zeitlichkeit und Kinematik“. – *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 160 (1): 100–106, Stuttgart.