

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
**Herbsttreffen 2015 des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-,
Weltraum- und Astrowissenschaften (GeoMUWA) am 13.11.2015 in
Berlin (Rathaus Tiergarten)**

Heinz Kautzleben (MLS), Berlin:

***Initiativvortrag zum Projekt „Hans Stille (1876-1966) – deutscher Geologe mit
Weltruf, Funktionsträger der Akademie der Wissenschaften in Berlin in
schwierigen Zeiten“***

Abstract:

Der Anlass für das Projekt, in dessen Rahmen sich der Arbeitskreis GeoMUWA und seine Mitstreiter in diesem und dem nächsten Jahr mit Leben, Werk und Wirkung von Akademiemitglied Hans Stille befassen werden, sind, wie schon im Titel angedeutet, zwei ganz verschiedene bedeutende Jubiläen: zum einen – in der politischen Geschichte – das Ende des 2. Weltkrieges vor 70 Jahren, das zu tiefgreifenden Umbrüchen auch in der Akademie der Wissenschaften in Berlin geführt hat, und zum andern – in der Wissenschaftsgeschichte – die Formulierung der „Neuen Globaltektonik“ (oder „Plattentektonik“) in den 1960er Jahren, die vielfach mit der durch Alfred Wegener 1913 veröffentlichten Hypothese über die Wanderung der Kontinente verbunden wird. Seinen wissenschaftlichen Weltruf hat der Niedersachse Hans Stille mit seinen Leistungen auf dem Gebiet der Tektonik und Geotektonik errungen. Er wurde lange (nicht zutreffend) als Kontrahent zur Hypothese über die Kontinentaldrift bezeichnet. Nachdem Hans Stille bereits ab 1914 führendes Mitglied der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen gewesen war, wurde er 1933 in Berlin zum Ordentlichen Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften gewählt, 1936 der Sekretar ihrer Physikalisch-mathematischen Klasse und kandidierte er 1940 (gegen Theodor Vahlen) für die Wahl zum Präsidenten. Nach der Schließung der Preußischen Akademie der Wissenschaften durch die Siegermächte im Juni 1945 kämpfte er an der Seite von Johannes Stroux für deren Weiterführung als „Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin“ (DAW) und die Zuordnung von zumeist herrenlos gewordenen Forschungseinrichtungen, was 1946 in der sowjetisch besetzten Zone auf

Befehl der dortigen Militärregierung erfolgen konnte. Von 1946 bis zu seiner Emeritierung 1950 war Hans Stille Vizepräsident der DAW.

Rainer Kind (MLS), Potsdam:

Neue seismische Daten zur Struktur und Entstehung der kontinentalen Lithosphärenplatten

Einleitung

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts gab es zwei konkurrierende Haupthypothesen zur globalen Tektonik, die mit Fixismus (Stille 1918) und Mobilismus (Wegener 1912) bezeichnet wurden. Der Fixismus ging von einer Schrumpfung des Erdkörpers aus als Ursache für Vertikalbewegungen (Gebirgsbildung) und lehnte horizontale Bewegungen ab. Wegener dagegen erkannte die Drift der Kontinente, meinte aber dass zur Bestimmung der Antriebskräfte mehr Beobachtungsdaten nötig seien. Der erste Vertreter großer Lateralbewegungen war allerdings schon Eduard Suess (Suess 1875), der in der Alpen die großen Deckenüberschiebungen erkannte (siehe Abbildung 1), obwohl er ein Vertreter der Kontraktionstheorie war und deren Schwächen kannte.

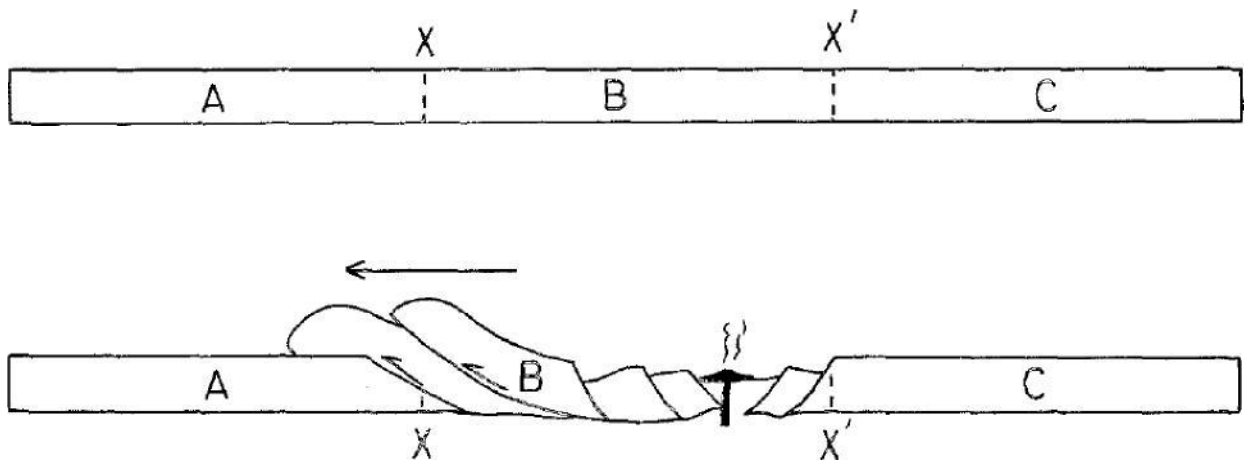


Abbildung 1: Deckenüberschiebungen nach Suess (Sengör 1982).

Beide Hypothesen, Fixismus und Mobilismus, stützten sich bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts nur auf sehr unvollkommene Beobachtungsdaten. Mit der Verfügbarkeit großer Mengen geophysikalischer Daten ab der Mitte des letzten Jahrhunderts wurde der Mobilismus in Form der globalen Plattentektonik generell akzeptiert.

Trotz der großen Fortschritte in den letzten Jahrzehnten sind wesentlich Fragen der globalen Tektonik noch ungeklärt, z. B. wie entstehen Kontinente. Mit Hilfe der seismischen

Tomographie, die Temperaturunterschiede im Erdinneren feststellen kann, wurde festgestellt, dass die relativ kalten kontinentalen Lithosphärenplatten bis zu 200 km mächtig sind. Das Auflösungsvermögen dieser Methode ist aber relativ beschränkt bei der Feststellung von Strukturen innerhalb der Lithosphärenplatten, aus denen eventuell auf ihre Entstehung geschlossen werden kann. Eine noch relativ neue seismische Methode, die sogenannte S Receiver Function Methode (Kind et al. 2012), kann neue Erkenntnisse liefern. Mit dieser Methode gelingt es, seismische Diskontinuitäten im Erdmantel bis zu ca. 400 km Tiefe mit bisher unerreichter Genauigkeit abzubilden. Voraussetzung dafür sind aber das Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl seismischer Stationen. Weltweit existieren zahlreiche permanente seismische Netze, deren Daten auch zu einem großen Teil in Datenarchiven öffentlich zugänglich sind. In tektonisch besonders interessanten Regionen werden temporäre Stationsnetze eingesetzt, um genauere Abbildungen zu erhalten. Mit Hilfe großer Mengen bereits existierende Daten und der neuen Analysemethoden wurde bereits eine Reihe überraschender neuer Ergebnisse erzielt.

Die S Receiver Function Methode

Diese Methode benutzt Scherwellenaufzeichnungen weit entfernter Erdbeben, die an seismischen Diskontinuitäten unterhalb der Messtationen gestreut werden. Die wichtigsten diese gestreuten Wellen sind Konversionen von Scherwellen zu Kompressionswellen. Diese erreichen die seismischen Stationen als schwache Vorläufer der Hauptsignale. Mit geeigneten Methoden müssen die schwachen Signale vieler Erdbeben summiert werden, um sie aus dem Rauschpegel herauszuheben. Damit gelingt es überraschend gut, seismische Diskontinuitäten im oberen Erdmantel zu identifizieren und zu kartieren. Neben den schon bekannten Diskontinuitäten wie der Kruste-Mantel Grenze (Moho), der Lehmann Diskontinuität (Untergrenze der Asthenosphäre) und der Diskontinuität in 410 km Tiefen wurde die bisher kaum direkt beobachtete Lithosphären-Asthenosphären Grenze klar beobachtet und zwei bisher unbekannte Diskontinuitäten wurden identifiziert. Das ist die sogenannte Mid Lithospheric Discontinuity, die unter Kratonen in ca. 100 km Tiefe beobachtet wird und eine Zone erniedrigter Geschwindigkeit direkt oberhalb der 410 km Diskontinuität. Für beide Diskontinuitäten gibt es bisher keine allgemein anerkannte petrologische Interpretation.

Die Lithosphäre unter Nordamerika

In den USA gibt es besonders viele moderne seismische Breitbandstationen, deren Daten öffentlich verfügbar sind. Innerhalb des USArray Projektes wurden diese Stationen im Abstand von 70 km aufgestellt, registrierten für zwei Jahre und wurde dann zu einem neuen Ort bewegt. Mit diesem wandernden Stationsnetz wurden die gesamten USA abgedeckt. Eine Analyse der S Receiver Function Daten des USArray Projektes ergab, dass sich die ozeanische Farallon Platte, die vor ca. 70 Millionen Jahren mit dem Milliarden Jahre alten amerikanischen Kraton zusammenstieß, unter einem sehr flachen Winkel bis zu 200 km weit unter den Kraton schob (Kind et al. 2015). Diese Kollision verlief teilweise sehr kompliziert und führte vermutlich auch zu einer Absenkung von Teilen der kratonischen Lithosphäre (siehe Abbildung 2). Diese Interpretation ist umstritten, da man bisher aufgrund tomographischer Abbildungen von einem sehr steilen Abtauchen der Farallon Platte ausging. Hinweise auf konservierte Subduktion aus der Zeit der Entstehung des amerikanischen Kratons wurden ebenfalls aus anderen Receiver Function Daten und seismischen Reflexionsdaten erhalten (Bostock 1998). Gegenwärtig ablaufende kontinentale Subduktion wird unter Tibet beobachtet (Zhao et al. 2011). In Skandinavien wurden Hinweise auf eine geschichtete Lithosphäre gefunden, die möglicherweise ebenfalls auf Kollision und Subduktion deuten könnten (Kind et al. 2013).

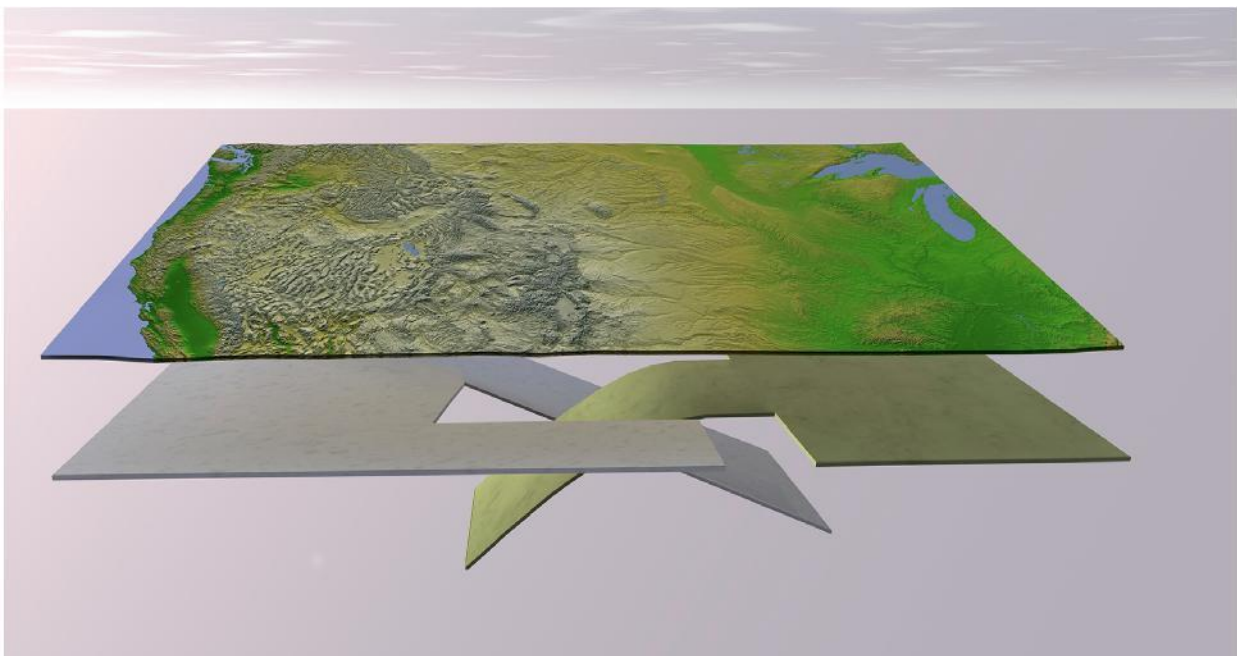


Abbildung 2: Vereinfachtes Modell der nordamerikanischen Lithosphäre abgeleitet aus neuen S Receiver Function Daten des USArray Projektes. Dargestellt ist im Westen die Lithosphären-Asthenosphären Grenze der Farallon Platte, die sich bis fast zu den Großen Seen unter der amerikanischen Kraton schiebt. Sie taucht im Norden sehr flach ab und ist im Süden relativ

horizontal. Im Osten ist unter dem Kraton die Mid Lithospheric Discontinuity dargestellt, die sich im zentralen Bereich nach Westen absenkt.

Schlussfolgerungen

Schon seit Jahrzehnten gab es Hinweise aus der Reflexionsseismik, dass Überbleibsel präkambrischer kontinentaler Subduktion sich in Kratonen erhalten haben. Aufgrund neuer seismischer Methoden haben sich diese Hinweise vervielfacht und durch Hinweise auf gegenwärtig ablaufende kontinentale Subduktion ergänzt. Das ist ein starker Hinweis, dass Plattentektonik seit Milliarden Jahren aktiv ist und dass die resultierende Subduktion eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der Kontinente gespielt hat

Literatur:

Bostock, M. G.: Mantle stratigraphy and evolution of the Slave province, *J. Geophys. Res.*, 103(B9), 21,183–21,200,1998.

Kind, R., X. Yuan, and P. Kumar: Seismic receiver functions and the lithosphere-asthenosphere boundary, *Tectonophysics*, 536–537, 25–43, 2012.

Kind R, F. Sodoudi, X. Yuan, et al.: Scandinavia – A former Tibet? *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 14, 10, 4479-4487, 2013.

Kind, R., X. Yuan, J. Mechie and F. Sodoudi: Structure of the upper mantle in the north-western and central United States from USArray S-receiver functions. *Solid Earth*, 6, 957–970, 2015.

Sengör, Celal A. M.: Eduard Suess' relations to the pre-1950 schools of thought in global tectonics. *Geologische Rundschau* 71, 2, 381-420, 1982.

Stille H.: Über Hauptformen der Orogenese und ihre Verknüpfung. *Nachr. k. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl.*, 362-393, 1918.

Suess, E.: Die Entstehung der Alpen. W. Braunmüller, Wien, 168pp., 1875.

Wegener, A.L.: Die Entstehung der Kontinente. *Petermanns Geogr. Mittlg.*, Aprilheft 185-195, Maiheft 253-256, Juniheft 305-309, 1912.

Zhao, W., P. Kumar, J. Mechie, R. Kind, R. Meissner, Z. Wu, D. Shi, H. Su, G. Xue, M. Karplus and F. Tilmann: Tibetan plate overriding the Asian plate in central and northern Tibet, *Nat. Geosci.*, 4, 870–873, 2011.

Axel Müller (MLS), Oslo:

Hans Stille (1876-1966) über den Zusammenhang zwischen globaler Tektonik und Magmatismus

Abstract

Hans Stille (1876-1966) war ein Wegbereiter der Erkennung, Analyse und Korrelation von globalen tektonischen Ereignissen - den gebirgsbildenden (orogenen) Phasen. Stille's

Arbeitsmethode war der regionale und globale Vergleich basierend auf detaillierten Feldbeobachtungen. Seine Ideen, Methoden und Modelle nahmen ihren Ausgangspunkt in der vom ihm erkannten und stratigraphisch (zeitlich) eingeordneten Saxonischen Bruchtektonik im Deckgebirge des Teutoburger Waldes. Von seinem Dissertationsgebiet ausgehend erweiterte Stille systematisch seine tektonischen Korrelationen sowohl räumlich, d.h. weltumspannend, als auch zeitlich, was 1924 in seinem berühmten Werk „Grundfragen der vergleichenden Tektonik“ resultierte. Bereits 1922 erkannte Stille, dass orogene Phasen von zyklischen magmatischen Ereignissen mit spezifischem Chemismus begleitet sind. 1938 hielt er in Berlin über dieses Thema den Vortrag „Die Großfelder der Erdkruste und ihr Magmatismus“, der 1940 in der wichtigen Publikation „Zur Frage der Herkunft der Magmen“ resultierte. 1950 erschien eine weitere bedeutende Arbeit zu diesem Thema „Der ‚subsequente‘ Magmatismus“. Im Rahmen des Projektes „Beziehung der Leibniz-Sozietät zu Hans Stille“ sollen Stille’s Modellansätze und Ideen über globale Tektonik und assoziierten Magmatismus diskutiert und analysiert werden u.a. unter dem Aspekt, dass die Arbeiten während seiner Berliner Schaffensperiode als Akademiemitglied bzw. deren Vizepräsident entstanden.

Hennes Obermeyer, Karlsruhe:

Paradigmenentwicklung in politischen Spannungsfeldern 1920-1970

Abstract

Hans Stille (1876-1966) sammelte, aufbauend auf seinen Kartierungserfahrungen als Bezirksgeologe der PGLA, in weltweitem wissenschaftlichen Austausch Daten über Faltungen und Diskordanzen und versuchte sie mit den Faltungen und Diskordanzen hauptsächlich der mitteleuropäischen Varisziden zu parallelisieren. Sein Ziel war der Entwurf einer globalen Tektonik.

Ausgehend von den Ideen des 19. Jahrhundert wird unter Stille der schrumpfende Planet Erde zu einer Ansammlung von Hochkratonen und Tiefkratonen die durch verschiedene Typen von Geosynklinale voneinander getrennt sind. Paroxysmal wird der Inhalt der Geosynklinale, in Falten gelegt, als Decken überschoben und von Magmatiten intrudiert, regurgitiert.

Zur Zeit Stilles (1876-1966) war von der Erdoberfläche gerade mal 30% hinreichend gut bekannt. Die restlichen 70%, namentlich die Ozeanböden harrten ihrer Erforschung. Heute ist bekannt, dass die Kenntnis über Funktion der ozeanischen Kruste wesentlich für das Verstehen der planetarischen Entwicklung ist. Deshalb erscheint auch das Scheitern Stilles (und auch Wegeners) aus heutiger Sicht unausweichlich.

In der wissenschaftsgeschichtlichen Betrachtung stellt sich damit die Frage, welche "allochtonen" und welche "autochtonen" Faktoren die Entwicklung der Paradigmen gefördert oder behindert haben.

Zu den autochtonen Faktoren gehört neben dem fehlenden Schulterschluss mit benachbarten Disziplinen wie Geophysik, Geodäsie und Meeresforschung vor allem die methodische Ödnis, zu glauben, man könnte alleine mit Verstand und Hammer (*mente et malleo*) ein globales 4D-Puzzle lösen. Der Vergleich von geowissenschaftlichen Veröffentlichungen der Jahre 1900-1930 zeigt eine massive Dominanz von stratigraphisch-paläontologischen Publikationen von etwa 85%. Dieser hohe Wert nimmt ab den 1950er Jahren kontinuierlich ab und beträgt heute noch etwa 10%. In gleich hohem Maße war die fehlende Bereitschaft zur Quantifizierung und zur Verifikation dafür verantwortlich, dass Irrwege nicht früh genug als solche erkannt wurden. Experimente und mathematisch hinterlegte Modelle waren vor 1930 nicht en vogue.

Wesentlich für retardierte Entwicklung der deutschen Geowissenschaften sind jedoch externe Faktoren. Wirtschaftlicher Stress in Kriegsjahren und wirtschaftlichen Notzeiten behinderte die Forschungen zur Hälfte der Zeit. Mangelnde politische Unterstützung zu Zeit der Weimarer Republik wurde durch die Wissenschaftsfeindlichkeit des Faschismus abgelöst. Die unrühmliche Rolle der DFG ist dafür bezeichnend.

Von dem allgemeinen Drain-Off der Wissenschaftler 1933-1939 sind die Geowissenschaften nur scheinbar nicht betroffen, da Geologen der Emigrantenstatistik durch Arbeit bei ausländischen Rohstoff-Unternehmen entgehen konnten. Tatsächlich finden sich bei genauerem Hinsehen Emigranten aufgrund religiöser Diskriminierung (W. Salomin-Calvi, M. Pfannenstiel), politischer Diskriminierung (H. Becker) und einfachem Mobbing (R. Brinkmann).

Im Nachgang bleibt zu fragen, welche Faktoren der Plattentektonik zum Durchbruch verholfen haben. Es wäre zu leicht, würde man nur den Tod der Protagonisten der

Geosynklinaltheorie dafür verantwortlich machen. Der intensive Einstieg des amerikanischen Imperiums in die Meeresforschung ab 1940 hat den Grundstock gelegt. Staaten ohne maritimen Machtanspruch hatten dem naturgemäß nichts entgegenzusetzen. Hinzu kamen die Möglichkeiten der externen Beobachtung durch Erderkundungssatelliten ab den 1960er Jahren, die neuen Möglichkeiten der Geophysik, der absoluten Altersdatierung, der Hochdruck- und Hochtemperaturpetrologie und letztlich die Möglichkeit anspruchsvolle mathematische Modelle zu rechnen. Wir beobachten den Wandel vom Dr. phil zum Dr. rer. nat.

Peter Knoll (MLS), Potsdam

Gebirgsmechanisch-seismologische Fragen im Zusammenhang mit der Fracking-Technologie

Abstract

Die starke Zunahme der flüssigkeitsinduzierten Seismizität in jenen Regionen der USA, in denen auch die Fracking-Technologie zur Kohlenwasserstoffgewinnung aus unkonventionellen Lagerstätten in den letzten Jahren stark zugenommen hat, war für das US Geological Survey Veranlassung, in einer 2015 veröffentlichten Studie, die Auswirkungen verschiedener technischer Maßnahmen auf die Seismizität einer Region näher zu untersuchen. Es bestand das Ziel, die aus der Induzierten Seismizität resultierende zusätzliche seismische Gefährdung einzuschätzen und für bestimmte Regionen möglichst zu prognostizieren. In Deutschland herrscht die Meinung vor, dass die durch Fracking induzierte Seismizität kaum die „Fühlbarkeitsschwelle“ an der Erdoberfläche erreicht. In den USA werden aber in bestimmten Gebieten, in denen die natürliche Seismizität - wie auch in Deutschland - niedrig ist, flüssigkeitsinduzierte seismische Ereignisse (wahrscheinlich überwiegend durch Fracking verursacht) beobachtet mit Magnituden $M > 3$ (bis max. $M \approx 5$). Diese Ereignisse besitzen lokal sehr wohl ein Schadenspotential für die Erdoberfläche (s. im Text: Bild 1a).

Die Schwierigkeit bei der Systematisierung dieser induzierten seismischen Ereignisse und bei Erarbeitung geeigneter Modelle für ihre Analyse besteht darin, dass die Prozesse nicht allein von den natürlichen Bedingungen an einem Standort bestimmt werden, sondern dass technische, wirtschaftliche und politische Einflüsse (Petersen et al., 2015) Entstehung und

Verlauf wesentlich bestimmen. Letztere Faktoren sind allerdings einer naturwissenschaftlichen Bewertung nicht zugänglich und lassen sich nicht in seismologische Modellbildungen einbeziehen. Die Folge davon ist, dass die für natürliche Beben bewährten Verfahren der Wahrscheinlichkeitstheoretischen Analyse und Modellbildung allein nicht zielführend sind.

Im Beitrag wird ein Weg der besseren Beschreibung und Prognose darin gesehen, die induzierte Seismizität nicht als seismischen Vorgang allein zu betrachten, sondern sie als gebirgsmechanischen Bruchvorgang in den obersten Bereichen der Erdkruste zu sehen, der primär von den natürlichen Bedingungen (tektonischer Spannungszustand, tektonische Struktur sowie Festigkeits- und Verformungseigenschaften der anstehenden Gesteine und des Gebirgsverbandes) bestimmt wird und bei dem weiterhin technische Faktoren auslösende und den Ablauf bestimmende Einflüsse ausüben. Die eigentlichen Ursachen, der Verlauf und die Modellbildung werden dabei in erster Linie von den natürlichen im Wechselspiel mit den technisch-technologischen Faktoren (z.B. Drücke und Mengen der injizierten Frackflüssigkeiten) bestimmt. So ist auch die freigesetzte Energie technologieinduziert, aber in ihrer Quantität tektonisch bestimmt. Der von McGarr, 2014 gefundene Zusammenhang allein zwischen freigesetzter Energie (maximale Magnitude bzw. maximales seismisches Moment der Ereignisse) und dem Volumen der verpressten Fluide ist somit schwer verständlich und physikalisch nicht eindeutig erklärbar.

Das kombiniert gebirgsmechanisch-seismologische Herangehen erfordert jedoch die interdisziplinäre Analyse der Prozesse und natürlich auch die Verfügbarkeit der technischen Parameter der Fracking-Prozesse selbst. Letztere ist leider aus wirtschaftlichen und politischen Gründen oft nicht im erforderlichen Maße gegeben.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass es hilfreich sein könnte, den Bruchvorgang im Herd der Ereignisse als 2-komponentigen Vorgang zu betrachten, einmal ohne und einmal mit Einbeziehung präexistenter geologischer Störungen in den Bruchablauf. Das führt auf einen komplexen Herdvorgang. Die genannten komplexen gebirgsmechanischen Vorgänge unter Mitwirkung einer bestimmten Art tektonischer Störungen (der „potentiellen“ geomechanischen Schwächeflächen nach Knoll, 1978) können auch Konsequenzen für den Aufstieg der Fracking-Flüssigkeit und somit auch der Chemikalien, die der Flüssigkeit zugesetzt werden, in die oberflächennahen Grundwasserhorizonte haben.

Ansatzpunkte für eine mögliche Analyse werden im Beitrag genannt.

Reinhard O. Greiling (MLS), Karlsruhe

Hans Stilles Beitrag zur Entwicklung der Geotektonik

Abstract

Geotektonik betrifft nach heutigem Verständnis besonders die „Architektur“ der Lithosphärenplatten, einschließlich der Kratone und Orogene. Geotektonik versucht, Vorgänge und Prozesse zu erforschen, die die Struktur der Lithosphäre prägten und prägen. Obwohl dabei der zeitliche Ablauf dieser Vorgänge wichtig ist, liegt der Schwerpunkt doch eher auf plattentektonischen Aspekten und der Struktur von Orogenen, Rift-Strukturen und Sedimentbecken.

Stilles Beiträge umfassen viele dieser Aspekte zur Struktur, aus heutiger Sicht ist aber vor allem sein Begriff der orogenen Phasen (noch) von Bedeutung. Teilweise werden solche Phasen als Bezeichnungen für einzelne orogene Episoden verwendet (z.B. kaledonisch, herzynisch), teilweise auch als solche von wichtigen Diskordanzen in der Erdgeschichte (z.B. laramisch), die vor allem für Erdöl-Lagerstätten von Bedeutung sind.

Reimar Seltmann (MLS)¹, Chris Stanley¹, Axel Mueller (MLS)^{1,2}

Stilleite – A zinc selenide named after Hans Stille

Reimar Seltmann¹, Chris Stanley¹, Axel Mueller^{1,2}

¹ Department of Earth Sciences, Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, UK

² Natural History Museum, University of Oslo, P.O. Box 1172 Blindern, N-0318 Oslo, Norway

Hans Stille (1876-1966) was an outstanding German geologist with international recognition for his life time achievements both in his holistic geoscientific research, reaching well beyond his focus interests in tectonics and geotectonics, and through his role as Ordinary Member of the Prussian Academy of Sciences (he was elected as Academician in 1933) and his pivotal contribution to revive the German Academy of Sciences in Berlin during challenging times immediately after WWII.

The potential existence of a zinc selenide was confirmed in 1937 by Paul Ramdohr (Sindeeva, 1964). Ramdohr (1956) reported that he had definitely identified a selenide of zinc which he had named *stilleite* (ZnSe) in honour of the German geologist Stille. The mineral was

discovered in ore from Shinkolobwe (today's DR Congo), where it forms microscopic segregations in linnaeite (Sindeeva, 1964).

Our contribution will feature the main mineral characteristics of stilleite, illustrated by newly taken images in reflected light.

References:

Ramdohr, P. (1956) Stilleit, ein neues Mineral, natürliches Zinkselenid von Shinkolobwe. Deutsche Geologische Gesellschaft, Geotektonisches Symposium zu Ehren von Hans Stille. Stuttgart, F. Enke: 481-483.

Ramdohr, P. (1975) Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag Berlin 1975, 4th edition, 1277 pages.

Sindeeva, N.D. (1964) Mineralogy and types of deposits of selenium and tellurium. Interscience Publishers (Wiley), New York, London, Sydney 1964. 363 pages.