



DAAD RISE
Paleointensity studies on Neoproterozoic
Singbhum craton

National Geophysical Research Institute
Hyderabad, India

Thea Lepage

04.08.2019 - 10.10.2019

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeiner Teil	3
1.1 Reisevorbereitung	3
1.2 Aufenthalt	3
2 Fachlicher Teil	4
2.1 Einleitung	4
2.2 Vorbereitung	4
2.3 Physikalische Grundlagen ^{[1][2]}	4
2.4 Versuchsdurchführung	5
2.5 Auswertung	6
3 Zusammenfassung und Fazit	8

1 Allgemeiner Teil

1.1 Reisevorbereitung

Ende Februar kam die Stipendienzusage und somit began gleich die Kontaktaufnahme mit meinem Betreuer. Im Mai habe ich mein Visum online beantragt, dabei handelte es sich um ein e-Tourist-Visa, da ich die Kriterien für ein Student oder Intern Visa nicht erfüllt habe. Dieses ist für 365 Tage gültig und erlaubt Aufenthalte von 90 Tagen am Stück. Im Juni war ich beim Reisemediziner, welcher mir Impfungen gegen Hepatitis A (2 Spritzen innerhalb eines Jahres) und B, Typhus sowie Japanische Enzephalitis (2 Spritzen innerhalb von 28 Tagen) spritzte. Dies war ein sehr kostspieliges Unterfangen und nicht verpflichtend. Außerdem wäre noch eine Tollwutimpfung möglich gewesen, die üblichen Impfungen hatte ich bereits hinter mir. Während mir mein Betreuer bereits vor meinem Aufenthalt eine Prepaid-Simkarte besorgt hat, habe ich keine Vorbereitungen bezüglich der Finanzen oder Führerschein getroffen.

1.2 Aufenthalt

Das Forschungsinstitut verfügt über einen recht großen, sehr schönen, grünen Campus. Ich habe im Guest House übernachtet. Es bestand die Möglichkeit in einem günstigeren Hostel zu leben, aber dort konnte ich aufgrund des Straßenlärms nicht schlafen. Frühstück und Mittagessen erhielt ich in der campuseigenen Kantine. Für das Abendessen braucht man ein Coupon, welches man vor 16 Uhr erwerben kann, jedoch aß ich abends meistens außerhalb. Hierbei ist zu erwähnen, dass indisches *street food* nicht für den europäischen Magen geeignet ist. Außerdem fand dort zwei Mal täglich *tea time* statt. Da es sich um ein Forschungsinstitut und keine Universität handelt, waren alle meine Kollegen PhD-Studenten oder hatten den Dokortitel bereits abgeschlossen und arbeiteten als *research fellows*. Meine Freizeit verbrachte ich mit Kollegen aus meinem Labor und aus dem Indo-französischen Zentrum für Grundwasserforschung. Zusammen haben wir dann die wichtigsten Orte der Stadt besucht, wie Charminar, den Chowmahalla Palace oder Golkonda Fort. Außerdem wurde mir der indische Alltag näher gebracht durch den Besuch von Märkten, Restaurants und Läden, aber auch das Forschungsthema konnte mir von der Vielzahl an Experten deutlich näher gebracht werden. Neben den freien Wochenenden durfte ich mir einige Tage frei nehmen, welche ich so gut ich konnte mit Reisen in Südindien verplant habe. Mein Betreuer ließ dabei oft seine Kontakte spielen um mir günstigere Aufenthalte zu besorgen. Aufgrund der Größe des Landes bin ich teilweise geflogen oder habe den mit Betten ausgestatteten Nachtbus genommen, wobei auch die Möglichkeit bestand mit dem Zug zu fahren. Als Transportmöglichkeiten in der Stadt dienten Autorikschas, Uber, sowie die moderne, neu erbaute Metro. Mein Aufenthalt war während der Monsunzeit, was aber kein Hinderniss darstellte, da es in Hyderabad weniger regnete als ich erwartet habe. Die einzigen Einschränkungen, die diese Jahreszeit mit sich brachte, waren die Unmöglichkeit im Gelände Proben zu sammeln und das Verbot an der Westküste ins Meer zu gehen.

2 Fachlicher Teil

2.1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche Daten über die Orientierung des Erdmagnetfelds gesammelt. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf Polwanderung und Plattentektonik schließen. Jedoch ist nur sehr lückenhaft bekannt wie sich die Intensität des Magnetfelds mit der Zeit entwickelt hat, da sich dieses Forschungsgebiet erst sehr rezent entwickelt hat. Dieses Wissen ist notwendig um die Entwicklung des inneren Erdkerns näher zu verstehen. Um Daten beizusteuern wurde in diesem Projekt die Paläointensität mithilfe von Dykeproben aus dem Singhbunkraton bestimmt.

2.2 Vorbereitung

Es wird damit begonnen im Gelände geeignete Proben zu suchen. Da sich die Dykes mit der Zeit in kleinere Steine spalten ist zu beachten, dass sich der gewählte Stein nicht mit der Zeit bewegt hat und sich somit an fester Ort und Stelle befindet. Mit einem Kompass wird nun die Nordrichtung bestimmt und auf die Probe gezeichnet. Eine Wasserwaage erlaubt das Einzeichnen der Horizontalen. Außerdem ist es möglich einen Sonnenkompass zu verwenden um später auf die Position schließen zu können. Mit einem Hammer wird nun eine Probe vom großen Stein abgeschlagen, nummeriert und ans Institut gebracht. Dort werden dann standardisierte Kerne gebohrt, welche geschnitten und geschliffen werden um letztendlich untersucht werden zu können. Davor müssen jedoch aus den vielen Exemplaren die geeignetsten ausgewählt werden.

2.3 Physikalische Grundlagen^{[1][2]}

Im Gegensatz zu anderen Arten der remanenten Magnetisierung, liefert die thermoremanente Magnetisierung TRM neben den Richtungseigenschaften auch Informationen über die Intensität des Magnetfeldes. TRM bei 20°C ist gegeben durch die Gleichung:

$$TRM(20^\circ) = N(T_B) \cdot v \cdot j_S(20^\circ C) \cdot \tanh\left(\frac{v \cdot j_S[T_B] \cdot H}{k \cdot T_B}\right) \quad (1)$$

Dank der Kleinwinkelnäherung, wird der tangens hyperbolicus vernachlässigt, was verdeutlicht, dass TRM linear von der Stärke des Magnetfelds H abhängt. Ziel ist es nun diese Stärke zu bestimmen. Dazu muss die Proportionalitätskonstante

$$A = \frac{N(T_B) \cdot v^2 \cdot j_S(20^\circ C) \cdot j_S[T_B]}{k \cdot T_B} \quad (2)$$

bekannt sein. Angenommen eine Gesteinsprobe besitzt die primäre TRM_{paleo} , welche einfach zu bestimmen ist. Jedoch ist weder A noch H bekannt. Die Proportionalitätskonstante kann bestimmt werden, indem der Gesteinsprobe eine neue TRM_{lab} gegeben wird so, dass gilt:

$$TRM_{paleo} = A \cdot H_{paleo} \quad TRM_{lab} = A \cdot H_{lab} \quad (3)$$

Die Proportionalitätskonstante wird nun durch Kombination von 1 und 3 eliminiert und es gilt:

$$H_{paleo} = \left(\frac{TRM_{paleo}}{TRM_{lab}} \right) \cdot H_{lab} \quad (4)$$

Prinzipiell sind alle Größen in dieser Gleichung einfach messbar und die Paleointensität kann bestimmt werden. Dafür muss jedoch angenommen werden, dass A konstant bleibt und somit keine Veränderung in den Proben stattfinden. Da diese Annahme oft nicht erfüllt ist, muss man bei der Bestimmung von Paleointensität oft mit Komplikationen rechnen.

2.4 Versuchsdurchführung

Der Versuch an den 41 Exemplaren besteht insgesamt aus 28 Schritten, wobei der erste lediglich aus einer Remanenzmessung bei Zimmertemperatur besteht. Die restlichen Schritte bezeichnet man als verschiedene Arten der Demagnetisierung und zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

Natürliche remanente Magnetisierung NRM Die Exemplare werden auf eine Temperatur T_i erhitzt und anschließend ohne ein vorhandenes Magnetfeld auf 40°C abgekühlt.

Thermoremanente Magnetisierung TRM Die Exemplare werden auf die gleiche Temperatur T_i erhitzt, jedoch dann in einem bekannten Magnetfeld abgekühlt.

Partielle thermoremanente Magnetisierung pTRM Nach jedem vierten Schritt werden die Exemplare auf eine geringere Temperatur erhitzt und wieder in einem bekannten Magnetfeld abgekühlt. Der Sinn dieses Schrittes ist es sicher zu gehen, dass die Messungen konsequent bleiben.

Zur Erhitzung diente der nicht-magnetische Ofen MMTD80, wobei das bekannte Magnetfeld durch das Netzteil Aim-TTi EL301R generiert wurde. Nach jedem einzelnen dieser Schritte wird die restliche remanente Magnetisierung mit Hilfe von einem Spinner Magnetometer gemessen. In unserem Fall ist dies ein AGICO JR-6. Diese Daten werden zur späteren Auswertung benötigt. Außerdem wird die magnetische Suszeptibilität jedes einzelnen Exemplars mit dem AGICO MFK1-FA gemessen, um zu überprüfen ob sich die chemischen Eigenschaften des Gesteins mit steigender Temperatur verändern.

2.5 Auswertung

Die Bestimmung der absoluten Stärke des früheren Erdmagnetfelds aus Magmatiten erfordert die ursprüngliche thermoremanente Magnetisierung (paleo-TRM) um mit der künstlich erzeugten verglichen werden zu können. Bei der Thellier-und-Thellier-Methode, welche aus mehreren Heizphasen besteht, wird das schrittweise Entfernen der paleo-TRM (*unblocking*) mit dem Erwerb der lab-TRM (*blocking-in*) verglichen. Aber Reihen an thermischen Verfahren können zu signifikanten physiochemischen Veränderungen in magnetischen Trägern führen. Paleointensitätstudien wurden mithilfe der Thellier-und-Thellier-Methode an sieben 1756 Millionen[3] Jahren alten mafischen Dykes (41 Exemplare) des Singhbhumkratons in Indien durchgeführt. Die Primärkomponente wurde auf einen schmalen Bereich an hohen Curie-Temperaturen isoliert (üblicherweise 550-580°C). Dies rührt von Magnetit oder Titanomagnetit mit geringem Ti-Anteil her. Magnetische Mineralogie und Korngrößenexperimente deuten an, dass pseudo-single Bezirke oder single Bezirke dominieren. Insgesamt sprechen die Eigenschaften für einen thermischen Ursprung. Die Abschätzungen für das Paleofeld liegen in einem Bereich zwischen 4 und 163 μT . Die allgemeine Konvergenz zwischen diesen neuen Ergebnissen und dem Rest der Datenbank verstärkt deutlich die Existenz eines schwächeren Erdmagnetfelds während der 1765 Ma-Periode. Jedoch werden weitere Bestimmungen benötigt um festzustellen ob eine Langzeitentwicklung der zeitlich gemittelten Feldstärke mit dem Einsetzen der Bildung des inneren Erdkerns in Verbindung gebracht werden kann. Weltweit werden mehrere Akzeptanzparameter befolgt um Zuverlässigkeit und Qualität zu untersuchen. In dieser Studie, wurden folgende Auswahlkriterien befolgt:

- a** Mindestens 3-4 Punkte im Araiplot befinden sich innerhalb des Temperaturintervalls um die Steigung des linearen Segments auswerten zu können.
- b** Positive pTRM-Tests besitzen eine Variation von weniger als 15% im Vergleich zur vorherigen pTRM-Messung bei gleicher Temperatur.
- c** Der Bruch des NRM-Werts beträgt mehr als 0,4.
- d** Der Qualitätsfaktor q beträgt mehr als 5.
- e** Die Suszeptibilitätsvariationen im Niederfeld in Funktion der Temperatur schwanken weniger als 10%.
- f** Der maximale Abweichungswinkel beim Einzelkomponenten-NRM beträgt $\text{MAD} \leq 6$.

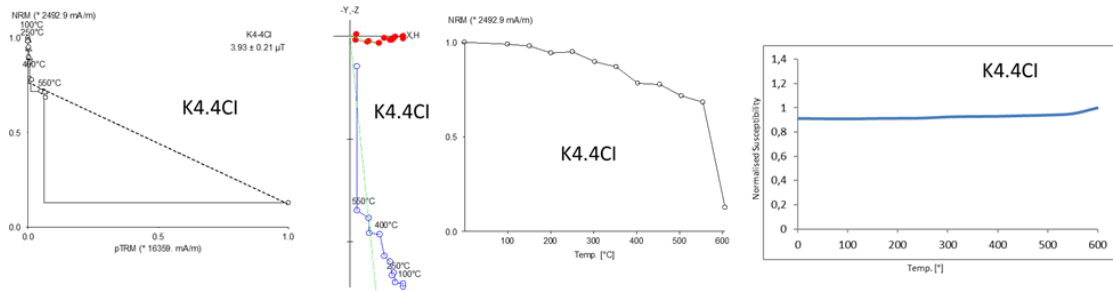


Abbildung 1: Araiplot, orthogonaler Plot, normalisierte NRM Zerfallskurve und Suszeptibilität in Funktion der Temperatur für das Exemplar K4.4CI.

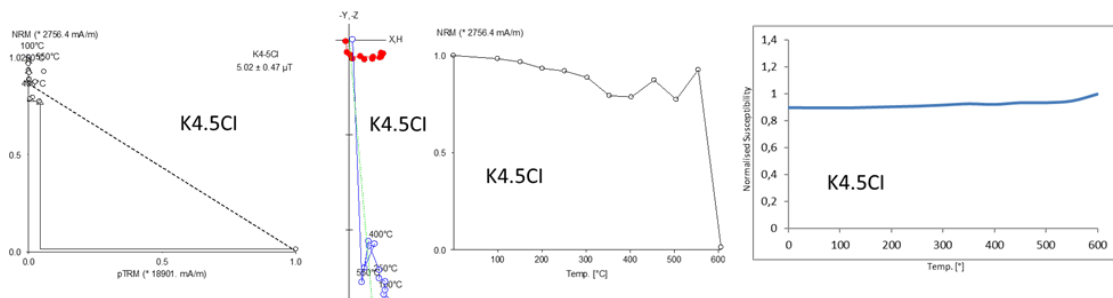


Abbildung 2: Araiplot, orthogonaler Plot, normalisierte NRM Zerfallskurve und Suszeptibilität in Funktion der Temperatur für das Exemplar K4.5CI.

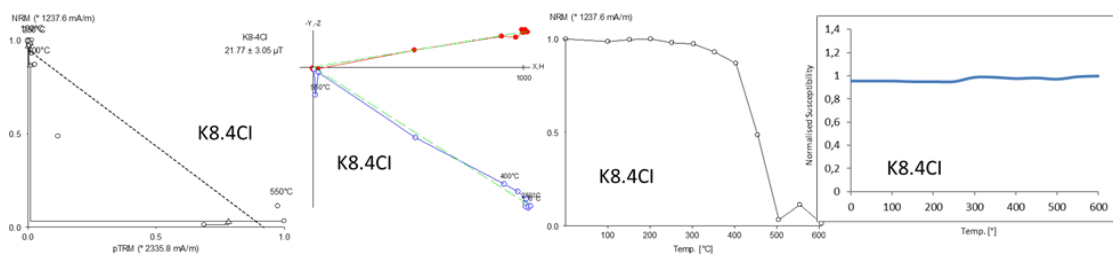


Abbildung 3: Araiplot, orthogonaler Plot, normalisierte NRM Zerfallskurve und Suszeptibilität in Funktion der Temperatur für das Exemplar K8.4CI.

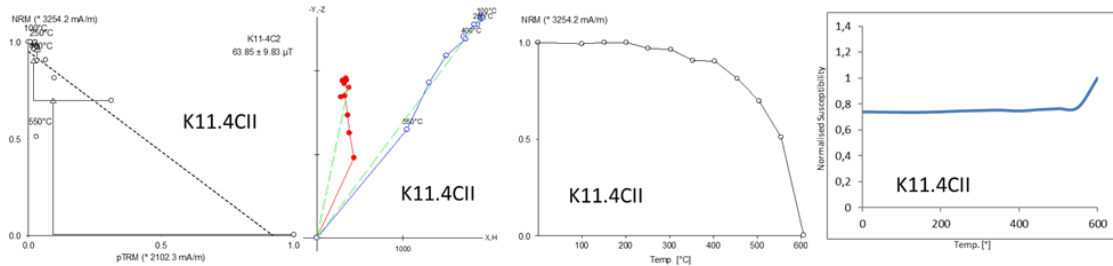


Abbildung 4: Araiplot, orthogonaler Plot, normalisierte NRM Zerfallskurve und Suszeptibilität in Funktion der Temperatur für das Exemplar K11-4CI.

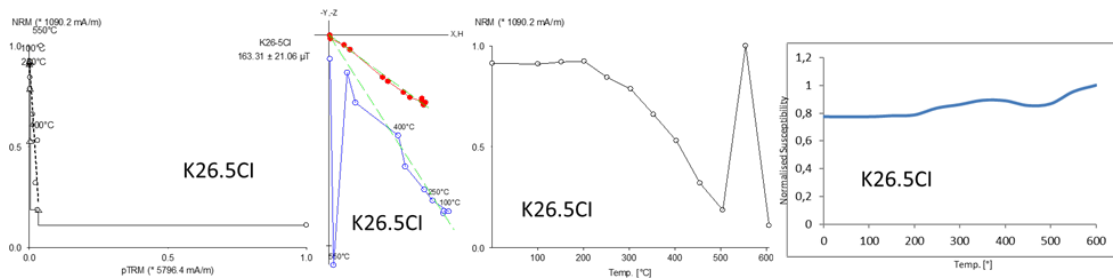


Abbildung 5: Araiplot, orthogonaler Plot, normalisierte NRM Zerfallskurve und Suszeptibilität in Funktion der Temperatur für das Exemplar K26-5CI.

3 Zusammenfassung und Fazit

In Kombination mit einem Praktikum bekommt man Einblicke in das Forschungsthema, aber auch in den indischen Alltag und erlebt Momente und Abenteuer, die bei einem *normalen* Urlaub nicht möglich wären. Ich habe eine Menge über Magnetismus und besonders Paleomagnetismus gelernt, was auch für mein weiteres Studium von Nutzen sein wird. Durch die Zusammenarbeit mit Experten eines Forschungsinstituts wurde mein Interesse an der Forschung geweckt, da ich mir ein vollständigeres Bild von der Laborarbeit machen konnte, als es beispielsweise an der Universität möglich ist. Indien, genauso wie das DAAD RISE Programm, ist eine atemberaubende Erfahrung, die ich jedem empfehlen würde.

Literatur

- [1] Butler, R. F. 1992: *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*. 1st ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- [2] Merrill, R. T., McElhinny, M. W., and McFadden, P. L. 1996: *The Magnetic Field of the Earth. Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle*. 1st ed. San Diego and London: Academic Press Limited.
- [3] Shankar R., Vijayagopal B. and Kumar A. 2014: Precise Pb-Pb baddeleyite ages of 1765 Ma for a Singhbhum 'newer dolerite' dyke swarm. *Current Science*. Vol. 106, pp. 1306-1310.