

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

Ausführliche Projektbeschreibung

Einleitung und Fragestellung

Eisen und Stahl sind nach wie vor die bei Weitem wichtigsten Materialien in jedem (entwickelten) Land dieser Erde. Um so erstaunlicher ist es, dass die Geschichte der Eisen- und Stahltechnologie, ein Teilgebiet der Geschichte der Metalle, nicht sehr gut verstanden ist. Der Beginn der „Eisenzeit“ wird im Allgemeinen auf den Zeitraum um 1200 v. Chr. gelegt; der Ursprung der Eisentechnologie wird auf die Hethiter (im heutigen Anatolien) zurückgeführt. In diesem Zusammenhang muss betont werden, dass die Eisen- und Stahltechnologie sich radikal von der um 1200 v. Chr. gut beherrschten Bronze- und Kupfertechnologie unterscheidet, sowohl im Herstellungsprozess als auch in der Verarbeitungstechnik. Es genügt darauf hinzuweisen, dass Eisen oder Stahl vor ca. 1750 n. Chr. nicht verflüssigt werden konnten und damit die bis dato bekannten Gusstechnologien keine Anwendung fanden. Jedes Eisenteil musste der Schmied mit dem Hammer in die gewünschte Form bringen – nachdem er, ebenfalls mit dem Hammer, die verfügbaren kleineren Teile im festen Zustand bei hoher Temperatur „feuerverschweißte“ hatte. Die Herstellung und Unterscheidung der Eisen- und Stahlsorten zusammen mit der Beherrschung der möglichen Härtingungsverfahren erforderten eine Technologie, die um Größenordnungen komplexer ist als die alten Bronze- und Kupfertechnologien.

Nach dem Beginn der Eisenzeit um 1200 v. Chr. im heutigen Anatolien „diffundierte“ das Know-how dann in den Mittelmeerraum und nach Nordeuropa und erreichte (mit den Kelten) beispielsweise Hallstatt im heutigen Österreich um 800 v. Chr..

Erstaunlich ist, dass aus der Anfangszeit vor und um 1200 v. Chr. kaum Eisenartefakte vorliegen. Das bis vor kurzem komplexeste Eisenobjekt, der perfekt erhaltene Eisendolch von Pharao Tutanchamun (1332 bis 1323 v. Chr.) wurde aus Meteoriteneisen gemacht, wie erst kürzlich (d. h. mit knapp 100-jähriger Verspätung) festgestellt wurde. Damit beginnt die Eisenzeit in der derzeitigen Sichtweise ohne einprägsame Objekte (**Bild 1**), ein unbefriedigender Zustand.

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen



Bild 1: Eisenobjekte aus dem Beginn der Eisenzeit;
(1100 – 1200) v. Chr., gefunden in Karagündüz, Türkei)
Ursprüngliche Quelle: Hadi Özbal, Istanbul University:
"Ancient Anatolian Metallurgy", a Powerpoint Presentation in the Net.

Details (inklusive wissenschaftlicher Referenzen) zu den bisher gemachten Aussagen sowie den folgenden Erläuterungen finden sich im umfangreichen „Hyperskript“ des Antragstellers zur Geschichte der Metalle [1], aus dem auch alle hier gezeigten Bilder entnommen sind.

Überaus komplexe Objekte, die *möglicherweise* in das Zeitfenster um 1200 v. Chr. fallen, sind aber die sogenannten „Maskenschwerter“ aus Luristan (**Bild 2**).

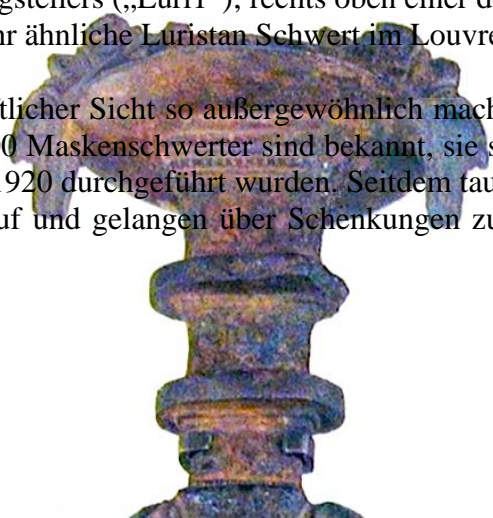


Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen



Bild 2: Links. Eines der Schwerter des Antragstellers („Luri1“); rechts oben einer der sog. „Löwen“ im Detail; rechts unten das sehr ähnliche Luristan Schwert im Louvre.

Was diese Schwerter aus materialwissenschaftlicher Sicht so außergewöhnlich macht, ist im **Anhang 1** ausführlich dargestellt. Ungefähr 100 Maskenschwerter sind bekannt, sie stammen ausnahmslos aus Raubgrabungen die 1910 – 1920 durchgeführt wurden. Seitdem tauchen die Schwerter immer wieder im Antikenhandel auf und gelangen über Schenkungen zunehmend auch in Museen.



Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

Luristan liegt im Zagrosgebirge im heutigen Iran und war in der fraglichen Zeit ein Nachbar von Assyrien und Babylonien; siehe **Bild 3**.



Bild 3: Luristan und benachbarte Großreiche um 1000 v. Chr.

Aus den o. g. Raubgrabungen sind außer den Eisenschwertern mehrere 1000 Bronzeobjekte mit unverkennbarem „kanonischem“ Luristan Stil in den Handel gekommen, sehr viel mehr als aus den damals umliegenden Großreichen zusammen. Es wurde viel Zeit und Mühe darauf verwendet, diese Objekte unter wissenschaftlichen Kriterien in die allgemeine Geschichte der Region einzuordnen; siehe z. B. die Arbeiten von Bruno Overlaet [2], einer der profiliertesten Luristan Experten. Kein Maskenschwert wurde jemals durch Wissenschaftler ausgegraben, eine Datierung über Funde im Umfeld ist deshalb nicht möglich. Die eisernen Maskenschwerter werden derzeit auf der Basis von indirekten Indizien überwiegend auf (600 – 700) v. Chr. datiert. Es muss in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass Metallgegenstände bis vor kurzem nicht „physikalisch“ datiert werden konnten. Dieser sehr bedauerliche Umstand gilt nach wie vor für Objekte aus Kupfer, Bronze, Gold, Silber usw. – aber nicht mehr für Eisen, oder genauer für Stahl. Altes „Eisen“ ist aber genau genommen fast immer alter Stahl oder Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt um 0.2 % – 1 % - und diesen Kohlenstoff kann man mit der Radiocarbontechnik (C14-Technik) im Prinzip datieren; erste Versuche dazu wurden bereits 1969 gemacht [5]. Im Vergleich zu der C14-Datierung von „normalem“ organischem Material ist die Stahldatierung komplizierter und erfordert komplexe Techniken zur Präparation der Proben. Derzeit sind nur wenige C14 Labore in der Lage, eine Stahldatierung durchzuführen; eines davon ist das Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel [3].

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

Die erste C14-Altersbestimmung an einem Luristan-Eisenschwert wurde schon 1992 an dem "Ontarioschwert" durchgeführt und ergab ein Alter von 1094 (+/- 60) v. Chr. [4]. Einmal ist aber keinmal, und dieses Ergebnis ist bisher von der Fachwelt nicht akzeptiert.

Das Kieler Leibniz Labor hat nun kürzlich eine Altersbestimmung an einem Luristan Eisenschwert des Antragstellers durchgeführt und erhielt einen Wert um 1330 v. Chr.

Damit ergibt sich eine einfache Lage. Falls die C14-Datierungen auch nur annähernd korrekt sind, entsteht durch die Eisenschwerter aus Luristan ein neuer wirkmächtiger Auftakt der Geschichte der Eisentechnologie – sie muss in Teilen neu geschrieben werden. Falls die konventionelle Datierung korrekt sein sollte, hätte die Analytik offenbar noch derzeit nicht verstandene Probleme. Das hier beantragte Projekt dient zur Klärung dieser Situation.

Geplante Untersuchungen

Grundlage der geplanten Untersuchungen sind 4 „Luri“ Eisenschwerter aus dem Besitz des Antragstellers, die für umfassende Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden (**Bild 4**).



Luri 2; am Leibniz Labor bereits untersucht

Luri 3

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen



Luri 4



Luri 5

Bild 4: Die für das Projekt verfügbaren Eisenschwerter aus Luristan

Folgende Arbeiten sind vorgesehen:

- Das Leibniz Labor der CAU bestimmt das Alter der noch nicht untersuchten 3 Schwerter.
- Ein unabhängiges Labor bestimmt das Alter aller 4 Schwerter.
- Ein erfahrener MA im Institut für Materialwissenschaft der Technischen Fakultät (TF) der CAU Kiel macht metallurgische Untersuchungen an den Stellen der Probenentnahme. Damit können Hinweise auf evtl. Probleme der Probenzusammensetzung gewonnen werden.
- Eines der Schwerter wird über die gesamte Fläche des Griffes (quer durch die Figuren) aufgesägt (mit materialsparender Funkenerosion; Fa. Hofmann in Kiel); eine der Schnittflächen wird mit dem verfügbaren Instrumentarium der TF untersucht. Damit sollen Antworten auf die zahlreichen Detailfragen zur Verhüttungs- und Schmiedetechnik gefunden werden. Eine Auswahl erfolgt u. a. auf der Basis von Röntgenaufnahmen der vier Schwerter (ausgeführt am Landesmuseum Gottorf).
- Das zweite Teilstück wird mit dem verfügbaren Instrumentarium und insbesondere Know-how der Bochumer Archäometallurgie untersucht. Damit soll sichergestellt werden, dass größtmögliche Erkenntnistiefe erreicht wird. Die damit auch erfolgende Ein-

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

bindung einer in der Welt der Archäologie bekannten und insbesondere anerkannten Einrichtung beugt möglichen Missverständnissen vor.

- Weiterführende Analytik (REM, TEM, XRF, ...) kann nach Maßgabe der erhaltenen Ergebnisse und der daraus resultierenden Fragestellungen mit den Mitteln der TF erfolgen.

Prof. **Bruno Overlaet**; Professor an der Ghent University und Kurator am “Royal Museum of Art and History,” in Brüssel sowie aktiver Archäologe in Luristan, wie auch Prof. **Ünsal Yalçın**, ein weltbekannter Archäometallurge an der Uni Bochum, stehen beratend zur Verfügung. Die Arbeiten werden außerdem in die derzeit existierende Graduiertenschule „Human Development in Landscapes“ der CAU Kiel eingebunden (und eventuell nach Anlauf dieses Projektes dort fortgeführt).

Die Profs. **Rainer Adlung** und **Lorenz Kienle** zusammen mit dem „Centrum für Materialanalytik“ der Technischen Fakultät stellen Laborfläche und Infrastruktur für die gesamte Analytik zur Verfügung.

**Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit
metallographischen Untersuchungen**

Kosten- und Finanzierungsplan (Anlage 2)

In den anstehenden Arbeitspaketen (AP) entstehen die folgenden Kosten:

AP	Beschreibung	Kosten (€)
1	Organisationsbezogene Durchführungskosten Altersbestimmung and vier Schwertern; Leibniz Labor CAU (Dr. Hüls) Radiokarbonanalysen, 4 x 450,00 €	1.800,00 €
2	Sonstige Kosten Altersbestimmung and vier Schwertern; Fremdes Labor, Finnland Radiocarbonanalysen, 4 x 450,00 €	1.800,00 €
3	Sonstige Kosten Probenentnahme und großflächiges Trennen von mind. 1 Probe mit Fun- kenerosion (Fa. Hofmann, Kiel), 800,00 € Röntgenaufnahmen aller 4 Schwerter (Landesmuseum Schloss Gottorf), 4 x 200,00 €	1.600,00 €
4	Organisationsbezogene Personalkosten Analytische/metallographische Arbeiten an der TF sowie Gesamtorgani- sation und Organisaition /Mitwirkung bei Fremdarbeiten Vorgesehen dafür ist Dipl.-Prähist. Ingo Petri , der über einschlägige Erfahrung verfügt. Herr Petri hat im Rahmen der Graduiertenschule „Human Development in Landscapes“ der CAU Kiel eine Dr.-Arbeit be- gonnen hat, die umfassende Analysen an archäologischen Eisenobjekten enthält. Diese wurden an der TF unter Leitung des Antragstellers durch- geführt. Zwischenzeitlich war er als wissenschaftlicher Volontär am Ar- chäologischen Museum Hamburg Kurator für die Sonderausstellung „Mythos Hammaburg“ und als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deut- schen Archäologischen Institut Berlin in einem Projekt zur Weiterent- wicklung eines Großflächenmagnetometers tätig. Die Arbeiten finden in Teilzeit (freie Mitarbeit o. ä.) statt.	5.000,00 €
5	Eigenmittel, Eigenleistungen (organisationsbezogene Durchfüh- rungskosten) Analytische/metallographische Arbeiten an der TF; sonstige Kosten z. B. Material, Labornutzung, Verwaltung; Analytik, ... (diese Kosten werden vom Institut Materialwissenschaft und der AG Kienle getragen).	7.000,00 €
6	Sonstige Kosten Metallographische Arbeiten in Bochum	1.500,00 €
7	Sonstige Kosten Reisen zu Partnern (z. B. Bochum, Schloss Gottorf), Dokumentation, Sonstiges	1.000,00 €
	Summe inkl. Eigenmittel / Eigenleistungen	19.700,00 €
	Beantragte Mittel	12.700,00 €

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

Anhang 1

Was macht die Eisenschwerter aus Luristan so bemerkenswert?

Eisenschwerter aus Luristan sind in vieler Hinsicht bemerkenswert oder gar einzigartig - relativ zu allen im Zeitraum von 1200 v. Chr. – 300 v. Chr. bekannten Eisen- / Stahlprodukten. Hier ist eine Liste:

1. Aufbau aus vielen (i. d. R. mehr als 10) Einzelteilen: **Bild 5** illustriert dies für ein einfaches Schwert ohne die üblichen Figuren.

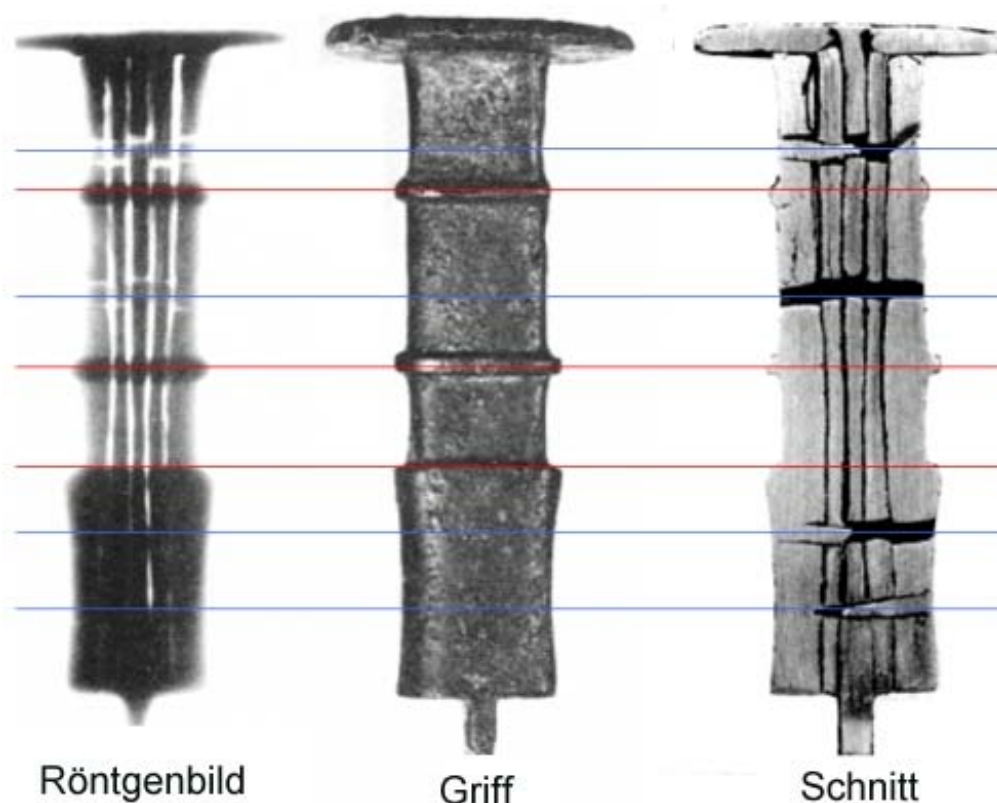


Bild 5: „Innenleben“ eines einfachen Schwertgriffs

Quelle: Herbert Maryon, R. M. Organ, O. W. Ellis, R. M. Brick, R. Sneyers, E. E. Herzfeld and F. K. Naumann: "Early Near Eastern Steel Swords"; American Journal of Archaeology, Vol. 65, No. 2 (1961), pp. 17- 184

Es sind keine anderen „alten“ Eisengegenstände bekannt, die auf so komplexe und handwerklich meisterliche Weise hergestellt wurden. In keinem der bekannten Schwerter sind die Nieten und Verbindungsstellen von außen zu sehen.

2. Die Klinge ist aus einem Stück geschmiedet aber im Querschnitt deutlich komplexer als andere Klingen aus dem genannten Zeitraum (**Bild 6**). Es kann vermutet werden, dass hier bereits Hammerschweißtechniken verwendet wurden; dies ist aber metallographisch bisher nicht gesichert. Eine Härtung durch Martensitbildung mittels Abschrecken ist wohl nicht erfolgt, aber auch dazu gibt es keine belastbaren Daten. Das Herstellen einer sol-

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

chen Klinge nur mit dem Hammer aus einigen Stücken stark verunreinigtem Eisens ist handwerklich anspruchsvoll - ein heutiger Schmied würde es nicht einfach finden.

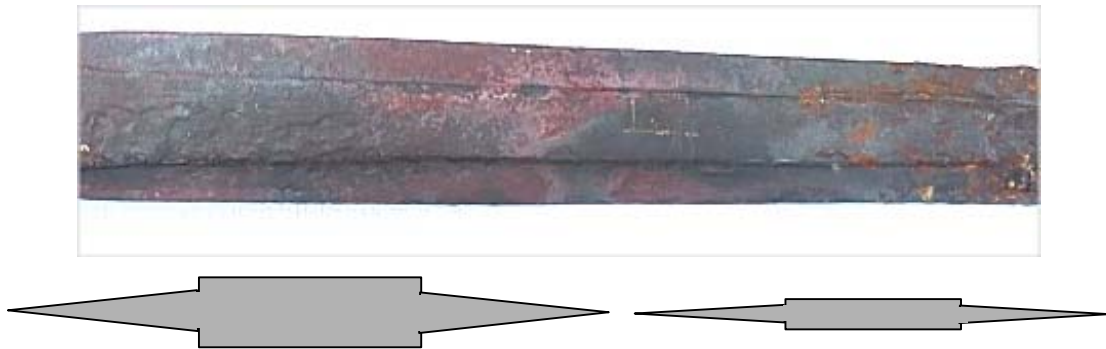


Bild 6: Klingenschnitt am Griff und nahe der Spitze. Die Klinge wird nicht nur schmaler, sondern auch dünner. Dazu kommen noch erhebliche Geometrieänderungen in Griffteil.

3. Die fast immer vorhandenen 4 Figuren – zwei stilisierte sog. „Löwen“ als „Handschutz“ und zwei Köpfe eines bärtigen Mannes die mit weiteren zwei „Löwen“ verbunden sind – (**Bild 7**) sind sehr fein gearbeitet. Man kann mit Sicherheit ausschließen, dass diese Figuren mit dem Hammer aus einem Stück heißen Eisens „geschlagen“ wurden. Man kann aber auch mit Sicherheit ausschließen, dass die Figuren gegossen wurden, so wie die unzähligen aus Luristan bekannten Bronzefiguren. In der Literatur wird deshalb Gesenkschmieden erwogen, d. h. das Einpressen von heißem Eisen in eine Negativform. Dies ist aber aus folgenden Gründen sehr unwahrscheinlich:
- Das Gesenk müsste aus einem Material hergestellt worden sein, das deutlich härter ist als Eisen und sowohl die hohe Temperatur als auch die massive mechanische Belastung durch das „Pressen“, d. h. Schläge mit dem Hammer, aushält. Es wäre also deutlich schwieriger, so ein Gesenk zu „schnitzen“, als gleich die gewünschte Figur aus dem weicheren Eisen.
 - Ein Gesenk wäre allenfalls sinnvoll gewesen, wenn es mehrfach benutzt worden wäre. Dies ist aber nicht der Fall, da, soweit analysierbar, die Figuren auf einem Schwert zwar sehr ähnlich, aber nicht identisch sind; siehe **Bild 7**.

Es bleibt als einzige Methode die Ausformung der Figuren durch „schneiden“, d. h. Formgebung durch Materialabtragung mit Meißel und „Messer“.



Bild 7: Die beiden „Löwen“ am Schwert Nr. 1 des Antragstellers im Direktvergleich. Ähnlich, aber nicht identisch.

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

4. Stilistisch sind die Figuren einzigartig – es sind keine stilistisch ähnlichen (Bronze) Figuren aus Luristan oder den umliegenden Kulturen bekannt. Die Beine der „Löwen“ sind im Übrigen *unter* der im Mittelteil ausgeprägten Struktur angedeutet, sodass es sich hier um einen Aufsatz / Sattel handeln muss - bei Löwen eher unüblich.
5. Metallographische Untersuchungen haben gezeigt, dass das verwendete Material zahlreiche Schlackeneinschlüsse enthält und bezüglich des Kohlenstoffgehalts sehr inhomogen erscheint. Das ist für „altes Eisen“ durchaus typisch. Alle bisherigen Analysen waren jedoch auf kleine (mm²) Flächen beschränkt und sind deshalb von eingeschränkter Aussagekraft. So bleibt offen, ob z. B. Hammerschweißen verwendet wurde, oder gar Härtung per Abschreckung versucht wurde.

Resumée:

Es gibt derzeit eine Reihe an Meisterschmieden, die äußert komplex aufgebaute „damaszierte“ Kelten- oder Römerschwerter herstellen können, oder die berühmten „Wootz“ Schwerter der alten Inder / Perser. Man gebe einem dieser Meisterschmiede ein paar Klumpen des typischen Rennofeneisens (das einige dieser Schmiede durchaus auch selbst herstellen können) und bitte sie, daraus ein luristanisches Maskenschwert zu fertigen.

Sie werden es wohl nicht können.

Projekt: Altersbestimmung an Luristan Schwertern verbunden mit metallographischen Untersuchungen

6. Zitate:

- [1] H. Föll, Hyperskript „**Iron, Steel and Swords**“ mit ca. 370 Modulen und 2500 Bildern
<http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/index.html>
- [2] Bruno Overlaet (Ghent University und Kurator am “Royal Museum of Art and History,” Brüssel): **The Chronology of the Iron Age in the Pusht-I Kuh, Luristan**; *Iranica Antiqua*, Vol. XL (2005) S. 1 – 34.
- [3] C.M. Hüls, P.M. Grootes, M.-J. Nadeau, F. Bruhn, P. Hasselberg, H. Erlenkeuser; Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung der CAU Kiel; **AMS Radiocarbon Dating of Iron Artefacts**; *Nucl. Instr. and Methods in Physics, Res. B* (2004).
- Hüls, M., Grootes, P. M., & Nadeau, M.-J. (2011). Sampling iron for radiocarbon dating: Influence of modern steel tools on C14 dating of ancient iron artifacts. *Radiocarbon*, 53(1), 151–160.
- [4] Cresswell, R. G. (1992). Radiocarbon dating of iron Artifacts. *Radiocarbon*, 34(3), 898–905.
- [5] Van der Merwe (1969). *The carbon 14- dating of iron*. The University of Chicago Press, 137p.