

Beteiligung der Fachöffentlichkeit beim Aufbau der Forschungsdateninfrastruktur TerraLID: ein Erfahrungsbericht

Thomas Rose, Tim Greifelt, Katrin J. Westner, Yiu-Kang Hsu & Sabine Klein

Zusammenfassung – Die Bleiisotopenmethode ist eine zentrale Methode für die Rekonstruktion der Rohmaterialherkunft. Das Ziel des TerraLID-Projektes ist die Entwicklung der digitalen Forschungsdateninfrastruktur TerraLID, in der Bleiisotopendaten gemäß den FAIR-Prinzipien beschrieben und abgelegt werden. Als OneStop-Portal wird TerraLID außerdem Möglichkeiten für den Abruf von, die Arbeit mit und die Publikation von Bleiisotopendaten bieten sowie offene Bildungsmaterialien über die Methode entwickeln. Dieses Vorhaben kann nur gelingen, wenn die Fachöffentlichkeit maßgeblich in die Implementierung von TerraLID eingebunden wird. Entsprechende Beteiligungsprozesse spielten bereits in der Konzeption von TerraLID eine zentrale Rolle. In der laufenden Implementierung wird die Einbindung der Fachgemeinde durch einen zweistufigen Prozess in Form der TerraLID-Editors als deren Repräsentanten und einer öffentlichen Konsultationsphase sichergestellt. Nach einer Zusammenfassung der Entwicklung des Projektes werden die verschiedenen Community-orientierten Formate und Prozesse vorgestellt. Ihr Einfluss auf TerraLID wird aufgezeigt und die gemachten Erfahrungen und Erkenntnisse diskutiert. Abschließend zeigt ein Vergleich mit den Empfehlungen vergleichbarer Projekte die erfolgreiche und effektive Aktivierung und Einbindung der Fachöffentlichkeit.

Schlagworte – Archäologie; Bleiisotopie; FAIR-Prinzipien; Forschungsdateninfrastruktur; Archäometallurgie; Community Building und-Partizipation

Title – Community involvement in the implementation of the research data infrastructure TerraLID: a progress report

Abstract – The lead isotope method is a central method for reconstructing the raw material origin. The TerraLID project aims to develop the digital research data infrastructure TerraLID, in which lead isotope data are described and stored according to the FAIR principles. As a one-stop portal, TerraLID will also offer options for retrieving, working with, and publishing lead isotope data, and it will develop open educational materials on the method. This project can only succeed if the community is prominently involved in the implementation of TerraLID. Such participation processes already played a central role during the design of TerraLID. During the implementation, the involvement of the community is ensured by a two-stage process in the form of the TerraLID editors as representatives of the community and a public consultation phase. After summarising the development of the project, the various community-oriented formats and processes are presented. Their influence on TerraLID is shown and experiences and insights are discussed. Finally, a comparison with the recommendations of comparable projects shows the successful and effective activation and involvement of the community.

Key words – archaeology; lead isotopes; FAIR principles; research data infrastructure; archaeometallurgy; community building and participation

Einleitung

Archäologie, insbesondere naturwissenschaftliche Archäologie, ist heute mehr denn je eine auf Daten basierende Wissenschaft. Viele der etablierten analytischen Methoden benötigen hochqualitative und umfangreiche Referenzdaten, mit denen die von archäologischen Objekten gewonnenen Daten verglichen werden können. So können unter anderem Rückschlüsse auf Ernährungsgewohnheiten gezogen werden, Pigmente identifiziert oder über die Rekonstruktion der Rohmaterialherkunft von beispielsweise Keramik oder Metall Austauschbeziehungen und Kontakt- netzwerke rekonstruiert werden.

Für die Rekonstruktion der Rohmaterialherkunft insbesondere von Kupfer, Silber und Blei haben sich Bleiisotope als Standardmethode etabliert. Vor fast 60 Jahren erstmals auf archäologische Fragestellungen angewandt (BRILL & WAMPLER, 1967; GRÖGLER, GEISS, GRÜNENFELDER &

HOUTERMANS, 1966), hat sich die Methode seitdem analytisch und interpretativ signifikant weiterentwickelt (z.B. ARTIOLI, CANOVARO, NIMIS & ANGELINI, 2020; GALE & STOS-GALE, 2000; KILICK, STEPHENS & FENN, 2020; POLLARD & HERON, 2008). Die methodischen Grundlagen sind jedoch gleich geblieben: Im Gegensatz von z.B. der chemischen Zusammensetzung (vgl. PERNICKA, 1999) bleibt die Bleiisotopensignatur während der Verhüttung und anderer metallurgischer Prozesse unverändert (BARON, TÄMAŞ & LE CARLIER, 2014; CUI & WU, 2011; SHIEL, WEIS & ORIANS, 2010), was einen direkten Vergleich der Bleiisotopensignatur archäologischer Objekte mit der Bleiisotopensignatur von Lagerstätten erlaubt. Da die Variation der Bleiisotopensignatur innerhalb einer Lagerstätte üblicherweise kleiner ist als zwischen den Lagerstätten, ermöglicht der Vergleich mit der Bleiisotopensignatur von Erzen – und stellvertretend Objekten mit anderweitig gesicherter Rohmaterialherkunft – in erster Näherung den Ausschluss

von Lagerstätten mit nicht übereinstimmender Bleiisotopensignatur (STOS-GALE & GALE, 2009). In den letzten Jahren rückten hierbei immer stärker Altersmodelle als alternative Darstellungsform in den Fokus (BARON ET AL., 2014). Diese basieren auf geochronologischen Modellen (z. B. ALBARÈDE, DESAULTY & BLICHERT-TOFT, 2012; STACEY & KRAMERS, 1975) und erlauben eine direkte Verknüpfung der Bleiisotopensignatur mit geologischen Prozessen (ALBARÈDE ET AL., 2020; BLICHERT-TOFT ET AL., 2016). Dies wiederum erlaubt insbesondere bei Regionen mit keinen oder nur wenigen Lagerstättendaten bereits eine grobe Eingrenzung potenzieller Herkunftsregionen.

Die Grundlage für die Methode bildet eine möglichst vollständige Sammlung an Bleiisotopendaten von Erzen. Die älteste frei zugängliche Sammlung von Bleiisotopendaten ist OXALID (STOS-GALE & GALE, 2009), welche jedoch nur bis 2012 erschienene Publikationen umfasst. Etliche weitere Datensammlungen wurden insbesondere in den letzten fünf Jahren veröffentlicht (z.B. BLICHERT-TOFT ET AL., 2016; GARCÍA DE MADINABEITIA, GIL IBARGUCHI & SANTOS ZALDUEGUI, 2021; HSU & SABATINI, 2019; KILICK ET AL., 2020; TOMCZYK, 2022). Während diese bereits einen großen Schritt hin zu einer besseren Interoperabilität und Nachnutzbarkeit von Bleiisotopendaten bedeuten, so tragen sie dennoch wenig zur Bewältigung der generellen Herausforderungen bei der Zusammenstellung von und der Arbeit mit Bleiisotopendaten bei:

- Bleiisotopendaten sind über zahlreiche Publikationsformate verstreut, manche davon nur schwer auffindbar.
- Es besteht eine hohe Vielfalt und Variabilität in den die Bleiisotopendaten begleitenden Informationen (Metadaten) und deren Detailgrad (z. B. archäologischer oder geologischer Kontext, Messmethodik und Datenqualität).
- Es bestehen widersprüchliche oder verwirrende Metadaten, beispielsweise durch unterschiedliche Transliterationen eines Fundortnamens oder weil die gleiche Bezeichnung für ein Metadatum unzureichend oder unterschiedlich definiert wird (z. B. „Datierung“ mit Werten in Kalenderjahren, archäologischen Perioden oder Orogenesen).
- Es gibt durch Forschungsschwerpunkte erzeugte Ungleichheiten in der geographischen und archäologischen Abdeckung, was großräumige und diachrone Vergleiche erschwert.
- Es gibt (wahrscheinlich) eine große Zahl unpublizierter Daten.

Die Ursachen für diese Probleme liegen vor allem in einem unkoordinierten Vorgehen bei der Be-

schreibung von Bleiisotopendaten und ihren Metadaten – jede der oben zitierten Datensammlungen hat ihre eigene Datenstruktur – und in der hohen disziplinären Vielfalt der Forschenden. Gleichzeitig greift jedoch die gesamte Fachgemeinde auf den gleichen Bestand an Publikationen und Daten zu. Das hat weitreichende Auswirkungen, insbesondere in den folgenden Bereichen:

- **Auffindbarkeit:** Vor allem kleinere Datensätze und Fallstudien werden häufig in international unbekannten oder wenig bekannten Zeitschriften oder anderen kleineren Publikationsformaten veröffentlicht. Auch wenn diese mittlerweile oft im Internet auffindbar sind, so können sie oft erst durch eine zeitaufwendige Suche und evtl. nach der Überwindung von Sprachbarrieren gefunden werden.
- **Datenkomplilation:** Durch das Einpflügen der gleichen Publikationen in individuelle und separate Datenbanken wird bereits heute – auf die gesamte Community betrachtet – ein nicht geringer Anteil an Arbeitszeit gebunden. Mit der Zunahme an jährlich publizierten Bleiisotopendaten wird auch der Zeitaufwand für das Aktuell-Halten der Datensammlungen zunehmen.
- **Interoperabilität:** Ein Zusammenführen verschiedener Datenquellen erfordert aufwendige Abgleiche der Metadaten und Schreibweisen. Durch die insbesondere in älteren Publikationen auftretende Inklusion bereits publizierter, aber nicht entsprechend zitierte Daten können ohne sorgfältige Prüfung Duplikate entstehen, die ein verzerrtes Bild der Datengrundlage liefern und damit das Potenzial haben, Ergebnisse statistischer Ansätze (z.B. CEUSTER & DEGRYSE, 2020; TOMCZYK & ŻABIŃSKI, 2024) zu verfälschen.
- **Nachnutzbarkeit:** Es kommt häufig vor, dass auch grundlegende Metadaten wie beispielsweise die Mineralogie von Erzen oder die Messungenauigkeit nicht in ausreichendem Detailgrad angegeben sind bzw. ausreichend erklärt sind um die zugehörigen Bleiisotopendaten umfangreich nachnutzen zu können.
- **Zugang zu Daten:** Durch die historisch bedingte Mehrheit von Publikationen im Closed Access ist der (legale) freie Zugang zu den Daten und die Publikation von offenen Daten oft noch von der jeweiligen Institution bzw. der Zugehörigkeit zu einer akademischen Institution abhängig.

Die aktuelle Situation schränkt damit die Weiterentwicklung des Faches, beispielsweise durch die

Implementierung von Big-Data-Ansätzen, deutlich ein. Darüber hinaus können Arbeitsprozesse durch die Entwicklung und Bereitstellung von geeigneten digitalen Werkzeugen und Infrastruktur deutlich beschleunigt werden und dadurch in repetitiven und nur mittelbar forschungsnahen Tätigkeiten gebundene Ressourcen freigeben.

Die hier vorgestellte, im Aufbau befindliche Forschungsdateninfrastruktur TerraLID will das ändern, indem Bleiisotopendaten und ihre Metadaten zentral gemäß den FAIR-Prinzipien (WILKINSON ET AL., 2016) und unter bestmöglicher Wahrung der CARE-Prinzipien (CARROLL ET AL., 2020) möglichst frei zugänglich gemacht werden. Durch ergänzende offene Bildungsmaterialien und die Förderung von Forschenden aus unterrepräsentierten Ländern soll TerraLID außerdem einen Beitrag zur Angleichung bestehender globaler Ungleichheiten innerhalb der Community leisten (siehe unten).

Den Projektbeteiligten ist dabei überaus bewusst, dass hierfür die Entwicklung und Bereitstellung der entsprechenden technischen Infrastruktur alleine nicht ausreichend ist. Mindestens ebenso wichtig wie der technisch-infrastrukturelle Teil ist die Entwicklung von TerraLID sehr nah entlang den Anforderungen, Bedürfnissen und Erwartungen der Fachgemeinde. Nur dann kann sichergestellt werden, dass TerraLID einen echten Mehrwert für die Community darstellt und diese die Infrastruktur aktiv benutzt und weiterentwickelt. Dies wiederum bedarf eines tiefgreifenden Wandels innerhalb der Community hin zu einer Haltung, die Daten als Allgemeingut begreift und die Prinzipien offener Wissenschaft, insbesondere die Reproduzierbarkeit und Transparenz von Forschungsprozessen, aktiv unterstützt (für Negativbeispiele s. PEARCE, 2016).

Die Bleiisotopencommunity ist natürlich nur eine von vielen Communities, die sich in diesem Transformationsprozess befinden. Ähnliche Ziele haben beispielsweise in Deutschland die Konsortien der nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) mit der NFDI4Objects als NFDI-Konsortium für die materiellen Hinterlassenschaften der Menschheitsgeschichte (BIBBY ET AL., 2023) und auf internationaler Ebene OneGeochemistry im Bereich der Geochemie (KLÖCKING ET AL., 2023).

Ebenso wie für TerraLID sind auch für diese und viele weitere Initiativen der Aufbau und die Pflege einer aktiven und engagierten Community der Schlüssel zum langfristigen Erfolg. TerraLID erreicht dies durch die Kombination verschiedener interaktiver Formate und Feedbackschleifen. Community-Mitgliedern stehen dadurch je

nach Expertise und Zeitbudget unterschiedliche Möglichkeiten zur aktiven und passiven Mitwirkung zur Verfügung. Der vorliegende Aufsatz stellt die Strategie zur Einbindung und Stärkung der Community sowie die unterschiedlichen Formate vor und, soweit bereits implementiert, evaluiert sie. Zunächst zeigt eine Zusammenfassung der verschiedenen Entwicklungsphasen von TerraLID jedoch auf, wie sich die Vision und Ziele von TerraLID entwickelt haben.

Entwicklung des Projektes

Die bisherige Entwicklung von TerraLID kann in drei Phasen eingeteilt werden. Auch wenn sich eine Phase organisch aus der vorherigen entwickelte, unterscheiden sie sich jeweils durch ihre Zielgruppe und Zielsetzung. Der aktive Einbezug der Community in die Entwicklung der Forschungsdateninfrastruktur charakterisiert dabei die dritte und aktuelle Phase.

Phase 1: ProLead (2018 – 2020)

Ursprünglich sollten lediglich die individuellen Bleiisotopendatensammlungen mit Ursprung im geochemischen Labor der Goethe-Universität Frankfurt (heute FIERCE) innerhalb des Forschungsbereichs Archäometallurgie des Deutschen Bergbau-Museum Bochum zu einer gemeinschaftlichen Datenbank „*ProLead*“ zusammengeführt werden. Dieses Vorhaben versprach ein großes Maß an Synergien innerhalb der Gruppe, da die Datenaufnahme innerhalb der Arbeitsgruppe nur noch einmalig erfolgen würde. Außerdem würde die Datenqualität gesteigert werden, indem das Einfügen neuer Daten von einem Teammitglied vorgenommen werden würde, welches auf die jeweilige Region und/oder Zeitstellung spezialisiert ist. Die vereinheitlichte Struktur sollte schlussendlich zu einer besseren Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Daten und von diesen abgeleiteten Interpretationen beitragen.

Basierend auf einem Vergleich der Strukturen und Informationen in den verschiedenen Datensammlungen wurde zunächst konsensbasiert ein vereinheitlichter Katalog von für die Bleiisotopenmethode relevanten Informationen entwickelt, sozusagen die erste Version des Metadatenprofils. Dabei wurde die große Heterogenität in den Metadaten der verfügbaren Datensätze bereits konsequent mitgedacht. Nach umfangreicher Diskussion wurde beschlossen, die Datenbank zunächst auf Erze bzw. Lagerstätten zu beschrän-

ken, da ohne zusätzliche Informationen nur für diese postuliert werden kann, dass ihre BleiisotopenSIGNatur zu einer bestimmten Lagerstätte gehört. Im Anschluss wurden die unterschiedlichen Datensammlungen mit Hilfe eines R-Skriptes angeglichen, zusammengeführt und auf Duplikate überprüft. Dem folgte eine umfassende manuelle Suche nach durch das Skript nicht identifizierten Duplikaten (z.B. abweichende Übertragung der Probennummer, Zahlendreher). Das Ergebnis war eine Datensammlung mit etwa 23.000 Einträgen. Abschließend wurde mit der händischen Überprüfung der einzelnen Einträge begonnen, doppelte Einträge entfernt, Daten von Nicht-Erzen ausgelagert, fehlende Information ergänzt und, wenn nicht bereits vorhanden, die geographischen Koordinaten der Vererzungen ermittelt. Die überprüften Einträge wurden abschließend mittels R-Skripten um fehlende Bleiisotopenverhältnisse und die Parameter verschiedener Altersmodelle ergänzt sowie – unter Nutzung des R-Paketes tidygeocoder (CAMBON, HERNANGÓMEZ, BELANGER & POSSENRIEDE, 2021) – mit geographischen Informationen von OpenStreetMaps angereichert. Wegen des beträchtlichen Zeitaufwandes pro Eintrag und weil diese Arbeiten außerhalb des regulären Arbeitspensums erfolgen, dauert die händische Überprüfung dieser ursprünglichen Einträge bis heute an und ist zum Zeitpunkt des Erscheinens dieser Veröffentlichung zu etwa 28 % abgeschlossen.

Phase 2: GlobalID (2020 – 2024)

Auf Grund des großen Aufwandes und im Wissen, dass zahlreiche andere Forschende vor dem gleichen Problem stehen, keimte schnell die Idee, ProLead der Öffentlichkeit frei zugänglich zu machen und die Grundidee auf die gesamte Community auszuweiten: eine einheitliche Datenbeschreibung, um die Datenkuratorierung für alle zu vereinfachen und die Reproduzierbarkeit von Forschung zu erhöhen sowie die Aufnahme von Daten durch die jeweiligen Fachkundigen um eine größtmögliche Qualität der Daten sicherzustellen. Dies sollte außerdem zu einer „Demokratisierung“ von Bleiisotopendaten aus der mehrheitlich nicht im Open Access publizierten Literatur führen, da Bleiisotopendaten per se maschinengenerierte Daten sind und damit für sich genommen nicht urheberrechtlich geschützt (BENICHOU ET AL., 2023; KREUTZNER, FISCHER & BMBF, 2023). Das Ziel war im Grunde die Implementierung der FAIR-Prinzipien (WILKINSON ET AL., 2016), wenn auch (noch) nicht auf technischer Ebene. Parallel dazu sollten Werkzeuge für den Zugriff

auf die Datensammlung entwickelt werden, um ihre Nutzung zu erleichtern. Durch standardisierte Darstellungsformate sollte zum einen die Nutzung der Daten vereinfacht und zum anderen ein Mindestmaß an Qualität gewährleistet werden (z.B. das Verhindern des Weglassens von für die Interpretation „unbequemen“ Datenpunkten).

In Diskussionen mit Fachkollegen wurde deutlich, dass die Idee einer solchen offenen, community-getriebenen digitalen Forschungsdateninfrastruktur bzw. deren Umsetzung für viele sehr abstrakt zu sein schien. Als „proof of concept“ wurde daher – basierend auf R Shiny 1.7.0 (CHANG ET AL., 2021) – eine Webanwendung als Prototyp einer solchen Forschungsdateninfrastruktur entwickelt (GLOBALID CORE TEAM, 2021). Da bereits verschiedene Firmen und Software „ProLead“ heißen, erfolgte die Umbenennung in GlobalID (Global Lead Isotope Database). Parallel wurde die Datensammlung als Datenpublikation über GFZ Data Services publiziert (WESTNER, ROSE, KLEIN & HSU, 2021). Von 2022 bis 2023 entstand im Rahmen eines NFDI4Earth Educational Pilot die erste Version des technisch auf Quarto (ALLAIRE, TEAGUE, SCHEIDECKER, XIE & DERVIEUX, 2024) basierenden Online-Lehrbuchs „Lead Isotopes in Archaeology“ (ROSE, 2023), welches GlobalID mit offenen Bildungsmaterialien rund um die Bleiisotopenmethode flankiert. Parallel wuchs bis Ende 2023 die Anzahl an in GlobalID zugänglichen Daten von ursprünglich 1892 auf 4147, nicht zuletzt durch das Einpflegen von Daten für Südamerika und Afrika durch TerraLID-Editors (s. unten). Im Zuge dessen wurden graduelle Anpassungen am Datenschema von GlobalID vorgenommen, sodass zum Jahreswechsel 2023/2024 eine neue Version der GlobalID-Datenbank publiziert wurde (WESTNER ET AL., 2023). Stand Ende Januar 2025 sind 5413 Einträge verfügbar.

Nach der Publikation von Datenbank und Webanwendung in 2021 begann die aktive Öffentlichkeitsarbeit, um GlobalID und unsere Vision in der Community bekannt zu machen. Dies erfolgte im Wesentlichen durch das Erstellen einer Projekt-Webseite (<https://archmetabm.github.io/Globalid/> [31.1.2025]), die Publikation von zwei Aufsätzen (KLEIN, ROSE, WESTNER & HSU, 2022; ROSE, KLEIN, HSU & WESTNER, 2022) und 18 Tagungsbeiträgen bis Ende 2023. Die Resonanz aus der Community war zum weit überwiegenden Teil positiv bis enthusiastisch. In Anbetracht der anderweitigen Verpflichtungen der Teammitglieder war jedoch klar, dass eine substanzelle Weiterentwicklung nur im Rahmen eines finanzierten Projektes erfolgen kann und andernfalls

lediglich der Status Quo und eine Fortführung der Datenüberprüfung leistbar sind.

Einige Aktivitäten dieser Phase überlappen sich zeitlich mit den ersten Schritten der dritten Phase. Die Trennung erfolgt hier entlang der aktiven Einbindung der gesamten Community (statt nur von einigen Forschenden) in die Entwicklung und Ausgestaltung der Forschungsdateninfrastruktur.

Phase 3: TerraLID (seit 2022)

Mit der dritten Phase begann im Februar 2024 erstmals eine zunächst auf drei Jahre befristete Finanzierung für die Arbeit an der Forschungsdateninfrastruktur. Wesentliche Aktivitäten für die aktive Einbeziehung der Community begannen jedoch bereits 2022, insbesondere die Bedarfsanalyse und ein Community-Meeting. Die Ergebnisse beider flossen maßgeblich in die Konzeption der Forschungsdateninfrastruktur ein (s. unten). Die Umbenennung in TerraLID erfolgte auf Anraten eines Markenrechtsanwalts, da trotz unterschiedlicher Zielgruppen und angebotener Dienstleistungen die Tätigkeitsbereiche einer Firma mit einem Namen in gleichlautender Buchstabenfolge markenrechtlich ausreichend ähnlich zu GlobalID sind.

Diese Phase konsolidiert und erweitert die bisherigen Aktivitäten um die Voraussetzungen für einen nachhaltigen Betrieb der Forschungsdateninfrastruktur zu schaffen. Wo immer möglich, sollen bereits vorhandene Infrastrukturen, Dendrodiene, Vokabularen etc. nachgenutzt werden. Beiträge aus der Community werden in allen Aspekten eine Schlüsselrolle einnehmen, z.B. bei der inhaltlichen Ausgestaltung des Metadatenprofils, durch Rückmeldungen zur Nutzerfreundlichkeit von Webanwendung und Vorlagen oder zur Verständlichkeit der erarbeiteten Bildungsmaterialien.

TerraLID besteht aus vier Komponenten:

- Einer *Datenbank*, in der Bleiisotopendaten und Metadaten von Lagerstätten und archäologischen Materialien gemäß den FAIR-Prinzipien (WILKINSON ET AL., 2016) abgelegt sind. Dies schließt die Entwicklung eines Metadatenprofils für Bleiisotopendaten mit ein, da dieses gleichzeitig als Datenmodell für die Datenbank dient. Es schließt außerdem die Anbindung bereits bestehender Datenservices über ihre APIs (Application Programming Interface, also Programmierschnittstellen) sowie das Aufsetzen einer eigenen API mit ein.
- Eine *Webanwendung*, über die mit der Datenbank interagiert werden kann und eigene Daten für die Dauer der Sitzung hochgeladen

werden können, um diese direkt mit den Referenzdaten zu vergleichen. Die Webanwendung stellt dafür die wichtigsten Werkzeuge und Methoden für die Arbeit mit Bleiisotopen bereit und erlaubt den Export von beispielsweise Diagrammen in Publikationsqualität. Ferner wird es möglich sein, über die Webanwendung Daten zur Veröffentlichung einzureichen.

- *Offene Bildungsmaterialien*, die neben der Dokumentation und Tutorials für die im Rahmen des Projekts entwickelten Anwendungen vor allem über das Online-Lehrbuch bereitgestellt werden. Das Online-Lehrbuch ist im Stile eines Sammelwerkes konzipiert und erlaubt die Kombination vielfältiger Inhaltstypen (Videos, interaktive Inhalte, Texte). Technische Barrierefarmut wird sichergestellt, indem es für mobile Endgeräte optimiert wird und sämtliche Inhalte im Browser abrufbar sind. Gleichzeitig wird versucht, die Inhalte so inklusiv wie möglich zu gestalten, z. B. durch die Untertitelung von Videos und farbenblindfreundliche Diagramme.
- Einer *Sammlung an Werkzeugen und Funktionen* für die Arbeit mit Bleiisotopendaten und für TerraLID. Das sind zum einen die über die Webanwendung bereitgestellten Werkzeuge sowie Vorlagen für die Publikation neuer Daten und ihrer Beschreibung. Zum anderen sind es Workflows und Werkzeuge für die (automatisierte) Datenkuratierung.

Die Datenbank wird nur publizierte Daten enthalten. Sofern Daten noch unpubliziert sind, wird die Möglichkeit bestehen, diese unter Nutzung der erwähnten Vorlagen über TerraLID im Repository GFZ Data Services als Datenpublikation zu publizieren, also ohne ihre Interpretation. Während das TerraLID-Team die Daten und ihre Beschreibung auf Plausibilität und Verständlichkeit überprüft sowie kuratiert, übernimmt GFZ Data Services die eigentliche Publikation der Daten.

Zusätzlich hat sich das TerraLID-Team verpflichtet, die Vernetzung und Förderung der Community mit besonderem Fokus auf Forschende aus unterrepräsentierten Ländern voranzutreiben. So soll das Online-Lehrbuch Interessierten helfen, sich selbstständig in die Bleiisotopenmethode einzuarbeiten und fortzubilden. Außerdem werden gezielt Forschende aus diesen Ländern mit passender Expertise ermutigt, sich aktiv in die Diskussion einzubringen. Die Hauptaktivität in diesem Bereich wird jedoch die Organisation zweier Workshops sein. Einer der Workshops wird Forschende, bevorzugt solche in frühen Karrierephasen, in der Bleiisotopenmethode fortbilden. Der

zweite Workshop wird ein Community-Meeting sein, das als Auftakt regelmäßiger Meetings dienen soll, auf denen die Weiterentwicklung der Bleiisotopenmethode und von TerraLID vorangetrieben wird. Zu beiden Workshops werden gezielt Forschende aus bislang unterrepräsentierten Ländern eingeladen und durch Reisekostenbeihilfen unterstützt.

Beteiligung der Community

Wie bereits erwähnt, ist die Entwicklung von TerraLID in engem Austausch mit der Fachgemeinschaft essenziell für den langfristigen Erfolg. Dabei sind vor allem drei Aspekte sehr prominent: Die Integration externer Expertise, die Akzeptanz und die Nutzerfreundlichkeit. Das TerraLID-Team ist weder in allen archäologischen Materialgruppen noch mit der regionalen Geologie aller Regionen weltweit ausreichend vertraut, um ein möglichst universales Metadatenprofil zu erarbeiten. Zudem werden weite Teile der Community TerraLID und das entwickelte Metadatenprofil für die Publikation ihrer Daten nur dann nutzen, wenn die Workflows und Datenaufbereitung leicht verständlich sind und ein Mehrwert im zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Aufbereitung der Daten gesehen wird. Ebenso muss die Webanwendung leicht verständlich und einfach zu bedienen sein und gleichzeitig die Möglichkeit bestehen, die Daten detailliert zu analysieren. Das Projektteam ist nicht in der Lage, hierfür gutes Feedback zu geben, da es zu stark in die Entwicklung und Implementierung eingebunden ist.

Konzeption von TerraLID

Bedarfsanalyse

Die Bedarfsanalyse wurde in Form einer Community-Umfrage durchgeführt, um in Vorbereitung auf den Förderantrag das generelle Interesse der Community an einer solchen Forschungsdateninfrastruktur zu erkunden, die bisherige Handhabung von Bleiisotopendaten zu erfassen und Erwartungen an die Forschungsdateninfrastruktur sowie eine potenzielle Mitwirkung an ihr zu erfragen. Die anonyme Umfrage lief von Mitte August bis Ende Oktober 2021. Sie wurde breit in der archäometallurgischen Fachgemeinschaft gestreut, es beteiligten sich 46 Teilnehmende. Basierend auf den abgefragten demographischen Daten sind die Teilnehmenden sowohl in der Altersverteilung als auch ihrem akademischen Hintergrund repräsentativ für die Community. Die geographische Verteilung der Teilnehmenden spiegelt die da-

maligen Netzwerke des Projektteams wider, kann aber gleichzeitig für eine nach wie vor mangelnde globale Vernetzung der Community stehen. Nach Auswertung der Umfrage erfolgte über die gleichen Kanäle, über die die Umfrage beworben wurde, eine zusammenfassende Rückmeldung der Ergebnisse an die Fachgemeinschaft.

Die Ergebnisse der Umfrage können im Ergänzenden Material 1 nachgelesen werden. In diesem Kontext möge es genügen, dass bis auf eine teilnehmende Person alle Teilnehmenden für die Beteiligung an einer Forschungsdateninfrastruktur für Bleiisotope prinzipiell offen sind, davon über 75 % ohne Einschränkungen. Etwa der gleiche Anteil an Teilnehmenden ist bereit, für die Arbeit mit Bleiisotopendaten auf eine Webanwendung umzusteigen und keiner schließt dies generell aus. Für die Teilnehmenden sind die wichtigsten Funktionen der Webanwendung verschiedene Möglichkeiten zum Filtern von Daten sowie die Möglichkeit Diagramme zu erstellen und Literaturlisten herunterzuladen.

Die Einträge in den Freitextfeldern waren durchweg positiv und reichten von uneingeschränkter Begeisterung (z.B. „*Congrats for this initiative that all Pb isotope users are waiting since long time*“) bis zu konstruktiv-kritischen Anmerkungen. Letztere betrafen vor allem die kritische Evaluation der Datenqualität und die langfristige Perspektive der Forschungsdateninfrastruktur.

Die Rückmeldungen aus der Umfrage flossen direkt in die Definition der Projektziele im Förderantrag ein, insbesondere hinsichtlich einer besseren Vernetzung der Community, der Inklusion archäologischer Daten und den geplanten Funktionalitäten der Webanwendung. Im Kontext dieses Aufsatz ist außerdem der mehrfach geäußerte Wunsch nach Information über den Fortschritt des Projektes zu nennen, dem durch verschiedene Formate entsprochen wird (s. unten).

Community-Workshop

Im Rahmen des Workshops „*Many LIDs, but none matching the vessel: Developing a community standard for the publication and long-term archiving of lead isotope data in the archaeological sciences – A brainstorming workshop*“ (8.-10. Febr. 2023, Deutsches Bergbau-Museum Bochum) wurde mit zahlreichen internationalen Angehörigen der Bleiisotopencommunity aus allen Karrierestufen sowie relevanter Partner aus dem Bereich des Forschungsdatenmanagements lebhaft und überaus konstruktiv über die Ausgestaltung der angedachten Forschungsdateninfrastruktur diskutiert. Zunächst erfolgte eine Bestandsaufnahme

aktueller Ansätze in der Arbeit mit Bleiisotopen-daten sowie zum Forschungsdatenmanagement in Form von Vorträgen. Anschließend fanden sich die Teilnehmenden in kleineren Diskussionsgruppen zusammen um sehr engagiert ausgewählte Aspekte zu diskutieren. Während der Abschlussdiskussion wurden die Ergebnisse der Gruppen allen Teilnehmenden vorgestellt und weitere Schritte hin zur Forschungsdateninfrastruktur diskutiert.

Die Ergebnisse des Workshops fanden unmittelbaren Eingang in die Struktur der vorgeschlagenen Forschungsdateninfrastruktur sowie der Art und Weise, wie die Community in die Arbeiten einbezogen wird. Besonders hervorzuheben sind hier der Workflow zur Veröffentlichung von Daten über TerraLID sowie die Idee zu den TerraLID-Editors (s. unten). Es wurde außerdem deutlich, dass insbesondere unter den jüngeren Forschenden ein sehr starkes Interesse darin besteht, sich aktiv einzubringen.

Implementierung von TerraLID TerraLID-Editors

Die ehrenamtlichen TerraLID-Editors unterstützen das Projektteam langfristig bei der Erarbeitung der Forschungsdateninfrastruktur durch ihre Expertisen in verschiedenen Regionen oder Materialgruppen. Die ersten der derzeit 17 Mitglieder hatten sich auf dem Community-Workshop bereit erklärt, TerraLID-Editors zu werden. Alle weiteren Mitglieder wurden anschließend gezielt angesprochen, um eine möglichst breite Abdeckung an geographischen Regionen und relevanten Materialgruppen zu gewährleisten und so die Bedarfe der Community bestmöglich zu repräsentieren. Freiwillige sind (wie in allen TerraLID-Formaten) jederzeit willkommen und können bei passendem fachlichem Profil TerraLID-Editors werden. Die Aufteilung in die Gruppen der „Regional Editors“ und „Material Editors“ dient der thematischen Fokussierung auf geologische/lagerstättenkundliche und archäologische/materialgruppenspezifische Themen, wobei jede Gruppe für alle Editoren offen ist und sämtliche Dokumente in einem gemeinsamen Cloud-Ordner abgelegt werden.

Das TerraLID-Team koordiniert die Gruppe der TerraLID-Editors. Es bereitet die monatlichen einstündigen Treffen vor und nach, setzt eine Agenda auf, übernimmt die Moderation und führt Protokoll. Jedes Treffen hat ein klar definiertes Ziel, wobei immer zu Beginn eines Treffens über aktuelle Entwicklungen im Terra-

LID-Projekt oder bei den Editors informiert wird. Sämtliche Entscheidungen werden konsensbasiert getroffen. Insbesondere wenn nur wenige Mitglieder an einem Termin teilnehmen konnten, besteht am darauffolgenden Termin die Möglichkeit, Entscheidungen bei Bedarf neu zu diskutieren, sodass auch die Standpunkte zuvor abwesender Mitglieder berücksichtigt werden können.

Weitere Möglichkeiten zur aktiven Beteiligung

Neben den TerraLID-Editors gibt es noch weitere Möglichkeiten, sich aktiv in die Implementierung von TerraLID einzubringen. So kann bei der Datenüberprüfung und dem Einpflegen neuer Daten unterstützt, zum Online-Lehrbuch beigetragen und bei der technischen Implementierung geholfen werden. Beiträge zur Programmierung, das Testen von Software und Workflows sowie das Melden von Bugs sind jederzeit willkommen. Gleichermaßen gilt für Rückmeldungen zu den jeweiligen Komponenten und Vorschläge für ihre Verbesserung oder Erweiterung. Perspektivisch ist die Etablierung einer Tester-Gruppe insbesondere für die Webanwendung angedacht, um Rückmeldungen zur Nutzerfreundlichkeit systematisiert einzuholen. Das TerraLID-Team wird außerdem gerne dabei helfen, bereits bestehende Datensammlungen, Bildungsmaterialien oder Softwaretools gemeinsam mit ihren Autoren bzw. Entwicklern über TerraLID der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Die Arbeit an TerraLID erfolgt als offenes Team, das heißt jede Person ist willkommen und bekommt für ihre Beiträge die angemessene Anerkennung. Dazu gehört insbesondere die Sichtbarkeit der Teammitglieder auf der Webseite des Projektes sowie je nach Umfang und Art der Beiträge Autorenschaften von Publikationen und vergleichbare Namensnennungen.

Informationsangebote

Es bestehen vielfältige Möglichkeiten, sich über die Entwicklung des Projektes zu informieren bzw. informieren zu lassen. Zentrale Informationsplattform ist die Webseite mit Projektblog. Der quartalsweise erscheinende Newsletter informiert über Neuigkeiten von TerraLID und der Community sowie anstehende Termine (z.B. Webinare, Vorstellungen von TerraLID auf Tagungen). In den sozialen Medien wird TerraLID auf Bluesky und Instagram sowie mit einem eigenen YouTube-Kanal präsent sein, welche sich noch im Aufbau befinden. Der YouTube-Kanal beinhaltet dabei insbesondere die für das Online-Lehrbuch produzierten Videos sowie später Video-Tutorials

für die Benutzung von TerraLID und Aufzeichnungen ausgewählter Veranstaltungen und Webinare. Anlässlich des Starts der Entwicklung von TerraLID wurde außerdem ein Kick-Off-Event in Form eines Webinars organisiert, in dem der bisherige Arbeitsstand sowie die Vision und die geplanten Arbeiten vorgestellt wurden.

Darüber hinaus werden als Teil des community-getriebenen Entscheidungsprozesses (s. unten) sogenannte Drop-in-Calls angeboten. Dabei handelt es sich um Webinare, in denen wesentliche Entwicklungen vorgestellt werden, um diese anschließend mit den Anwesenden zu diskutieren und von ihnen im Gespräch Feedback einzuholen. Jeder Drop-in-Call wird einige Male wiederholt, um möglichst vielen Mitgliedern der Community trotz unterschiedlicher Zeitzonen und anderweitiger Verpflichtungen die Möglichkeit zu geben, sich aktiv in die Diskussion einzubringen.

Community-getriebener Entscheidungsprozess

Um zu gewährleisten, dass relevante Entscheidungen immer in Rücksprache mit der gesamten Community getroffen werden, wurde ein mehrstufiger Prozess implementiert (Abb. 1), zu dem alle oben genannten Formate beitragen. Dieser soll gewährleisten, dass alle Mitglieder der Community die Möglichkeit haben, sich gemäß dem von ihnen gewünschten Umfang aktiv einzubringen.

Ein erster Entwurf, beispielsweise vom Meta-

datenprofil, wird gemeinsam mit den TerraLID-Editors als Repräsentierende der Community entwickelt. Das TerraLID-Team koordiniert den Arbeitsprozess und stellt sicher, dass die entwickelten Ideen implementierbar sind. Da über die TerraLID-Editors die unterschiedlichsten Expertisen vertreten sind, sollte dieser Entwurf bereits zum überwiegenden Teil die Anforderungen der Fachgemeinschaft abdecken. In einem zweiten Schritt wird der Entwurf online als kollaboratives Dokument für mehrere Wochen veröffentlicht. Die Community wird über die verschiedenen Kanäle eingeladen, den Entwurf entweder asynchron im Dokument zu kommentieren oder ihn in den Drop-in-Calls zu diskutieren. Dadurch sollen nicht berücksichtigte Anwendungsfälle erfasst und eine größtmögliche Passgenauigkeit des Entwurfes zu den Anforderungen der Community hergestellt werden. Anschließend wird der Entwurf von den TerraLID-Editors gemeinsam mit dem TerraLID-Team überarbeitet und veröffentlicht. Das TerraLID-Team übernimmt die technische Implementierung. Mit der Zeit wird sich durch Erfahrungen in der Praxis und dem technischen Fortschritt unweigerlich Überarbeitungsbedarf ergeben, weshalb nach der Veröffentlichung der zitierfähigen Version ein neuer Zyklus dieses Prozesses startet, an dessen Ende eine überarbeitete Version des Dokumentes steht.

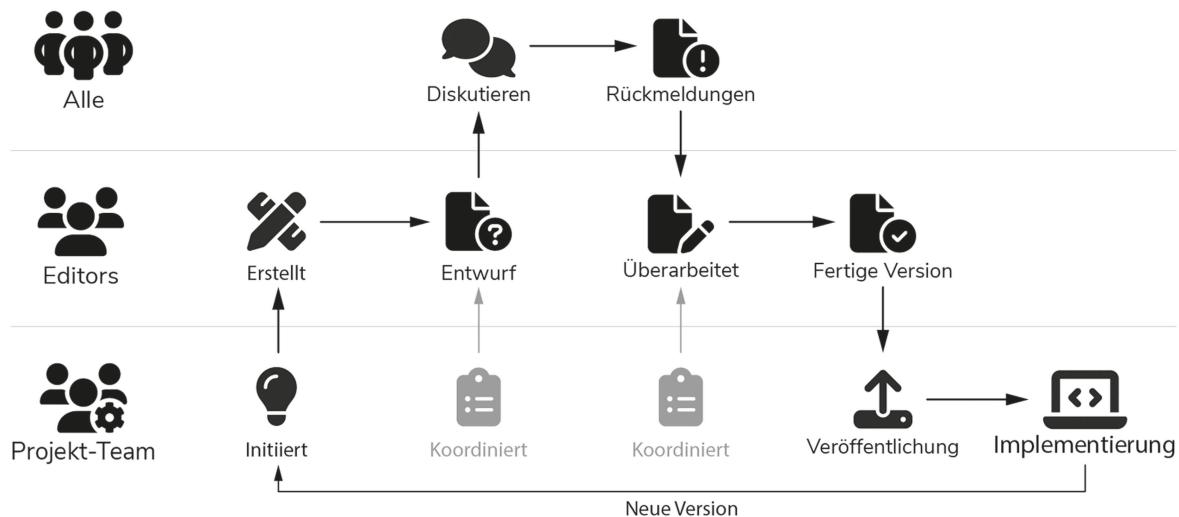


Abb. 1 Schematische Darstellung der aktiven Mitwirkung der Community im TerraLID-Projekt am Beispiel des Metadatenprofils. Icons von FontAwesome Free, Eigentum von Fonticons, Inc., lizenziert unter <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed>.

Erfahrungen

Auch wenn an dieser Stelle nur ein Zwischenbericht gegeben werden kann – insbesondere die Informationsangebote existieren noch nicht lange genug für belastbare Aussagen –, so wurden bereits wertvolle Erfahrungen gesammelt.

Gemäß der Bedarfsanalyse adressiert TerraLID ein großes Desiderat in der Bleiisotopencommunity, sodass die starke Präsenz auf verschiedenen Tagungen ein sehr großes Interesse geweckt hat. Dies ist zweifelsohne überaus positiv, bedeutet aber auch, dass wir momentan oft noch um Geduld bitten müssen. Die Komplexität und der nötige Zeitaufwand der Implementierung von TerraLID werden von der breiten Community vermutlich deutlich unterschätzt. Dies traf zunächst auch auf das Projektteam zu und resultierte in deutlich zu ambitionierten Zeitplänen. Hier hat das TerraLID-Team auch mit Hinblick auf ein realistisches Erwartungsmanagement bereits nachgebessert und ist nun deutlich konservativer in seinen Einschätzungen. Diese Diskrepanz muss der Community nachvollziehbar dargelegt werden, um Verständnis zu erzeugen. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Tatsache, dass der Prototyp der Webanwendung aktuell nicht weiterentwickelt wird und Arbeiten stattdessen an den nach außen hin nur bedingt sichtbaren Komponenten von TerraLID erfolgen.

Die sicherlich weitreichendste Erkenntnis ist, dass etwas im Wortsinne „*begreifbares*“ unabdingbar ist für eine erfolgreiche Kommunikation in die Breite. Sobald die Webanwendung online war, veränderte sich die Diskussion schlagartig, da für die Mehrheit der Personen die Diskussion an etwas (An-) Fassbarem wie der Webanwendung scheinbar deutlich leichter fällt. Gleichzeitig wurde deutlich, dass zahlreiche Aspekte zum Forschungsdatenmanagement und zu Forschungsdateninfrastrukturen für viele Interessierte oft zu weit weg von der Alltagspraxis sind. Dies ändert sich sicherlich in den nächsten Jahren – in der Bleiisotopencommunity nicht zuletzt auch durch TerraLID. Auch für diese infrastrukturellen Aspekte war der Prototyp sehr hilfreich, um unsere Ideen (z.B. zum Datenpublikationsworkflow, zur Notwendigkeit eines einheitlichen Metadatenprofils und ergänzender Vokabularen) in praxisnahen Beispielen erläutern zu können. Daraus und aus ähnlichen Erlebnissen wird geschlussfolgert, dass praktisch jeder erste Entwurf in wesentlichen Aspekten überarbeitet werden muss, da erst dann etwas (An-)Fassbares vorliegt. Dies gilt unabhängig davon, wie extensiv vorab Meinungen und Ideen

eingeholt wurden. Das TerraLID-Team hat daher beschlossen, direkt mit Entwürfen in die Diskussion einzusteigen und entlang dieser Entwürfe sowohl konkrete als auch grundlegende Fragen zu diskutieren. Für diese Diskussionen muss wiederum eine offene Atmosphäre erzeugt werden. Dies bedeutet insbesondere, jederzeit und proaktiv deutlich zu machen, dass der Entwurf als reine Diskussionsgrundlage zu verstehen ist, um alle Beteiligten zu ermutigen, sich in die Diskussion einzubringen. Weiterhin gehört dazu, Rückmeldungen anzunehmen und ergebnisoffen zu diskutieren. Wichtig ist ebenso, nach der Überarbeitung die Diskussionsteilnehmenden über die vorgenommenen Überarbeitungen und ihren Beitrag dazu zu informieren. Nur dann wird sichergestellt, dass der positive Eindruck entsteht, tatsächlich etwas bewegt zu haben. Dadurch steigt hoffentlich die Motivation, sich in weitere Diskussionen einzubringen. Mit den TerraLID-Editors funktioniert dies bereits sehr gut. Es bleibt abzuwarten, wie gut dies in größeren Gruppen gelingen wird.

Viele weitere der gemachten Erfahrungen betreffen die Kommunikation. So wurde deutlich, dass langfristige Ziele formuliert werden müssen, um allen Beteiligten ein Ziel zu geben, auf das sie hinarbeiten können. Für einen anhaltenden Fortschritt ist es allerdings gleichermaßen notwendig, dieses Ziel in klar definierte Arbeitspakete mit entsprechenden Meilensteinen zu unterteilen und Diskussionen sowie Arbeitsprozesse an diesen auszurichten. Erreichte Ziele und Meilensteine müssen deutlich als solche kommuniziert werden. Für die Motivation aller Beteiligten schließt dies idealerweise einen sicht- oder spürbaren Wechsel ein, durch den der erreichte Fortschritt fassbar wird. Dies können je nach Arbeitspaket kleine Dinge sein, wie der Wechsel von einem Tabellenblatt zum nächsten, oder größere Ereignisse, wie eine Veröffentlichung oder die Vorstellung einer erfolgreich implementierten Funktion.

Unterstützt wird dies durch offene und ehrliche Kommunikation. Das schließt – auf allen Seiten – Toleranz für die Fallstricke interkultureller Kommunikation ein, und dass eventuell daraus resultierende Probleme explizit als solche angesprochen werden, um voneinander zu lernen. Für die meisten Beteiligten ist die Arbeit an TerraLID unentgeltlich. Dementsprechend verantwortungsvoll muss mit ihrer Zeit umgegangen werden. Dazu gehört, dass Meetings von der Koordination vor- und nachbereitet sind, effizient moderiert und pünktlich beendet werden. Weiterhin gehört dazu, dass Erwartungen, aber auch

Änderungen, so früh wie möglich kommuniziert werden, damit sich alle darauf einstellen können.

Im Sinne einer offenen und ehrlichen Kommunikation mit der Community hat es sich bislang als durchweg lohnenswert erwiesen, Verzögerungen und Herausforderungen als solche anzusprechen. Bislang waren die Reaktionen darauf fast immer Diskussionen, in deren Verlauf neue Anregungen für eine Lösung gesammelt werden konnten oder ein gesteigertes Verständnis des Gegenübers für die Gründe erzeugt wurde. Gleichzeitig macht es die Arbeit und damit verbundenen Herausforderungen an diesem Projekt bzw. seine Beteiligten nahbarer.

Trotz aller wünschenswerten Stringenz in den Meetings der TerraLID-Editors hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, in Diskussionen manchmal erst einzugreifen, wenn sie sich völlig vom eigentlichen Thema weg bewegen und zuzulassen, dass sie die Tagesordnung sprengen. Auch wenn manche Diskussionen zunächst vielleicht nicht zielführend oder relevant und manchmal sogar konfus wirken mögen, so hat sich gezeigt, dass sie als gemeinschaftlicher Denkprozess oft in eine neue, gemeinsam entwickelte Perspektive münden, die in der Sache deutlich bessere Fortschritte erzielt als es durch ein Beharren auf der Tagesordnung möglich gewesen wäre.

Konzeption von TerraLID im Vergleich

Die Community-Strategie von TerraLID basiert weitgehend auf den bisher gesammelten Erfahrungen, in anderen Projekten und Gruppen als positiv wahrgenommene Formate sowie eigenen Ideen und Erwartungen dazu, wie die Community aktiviert und zum aktiven Engagement ermutigt wird. Bislang scheint dies sehr gut zu funktionieren. In Gesprächen wird weiterhin eine große Vorfreude auf die vollständig implementierte Forschungsdateninfrastruktur und das Interesse an ihrem Fortschritt geäußert und die Motivation und Mitwirkung der TerraLID-Editors ist unverändert hoch. Es ist allerdings noch unklar, was diese Eindrücke für die tatsächliche Beteiligung aus der breiten Community heraus bedeuten. Ebenso ist insbesondere für die Informationsangebote noch unbekannt, wie stark sie zur Aktivierung der Community beitragen. Informationen dazu werden aktuell gesammelt und fließen in die kontinuierliche Optimierung und Weiterentwicklung der Community-Strategie von TerraLID ein.

Dennoch ist TerraLID in seiner Konzeption nicht singulär. So entspricht das TerraLID Meta-

datenprofil einem „*reporting format*“ nach Crystal-Ornelas et al. (2022). Die von Crystal-Ornelas et al. (2022) formulierten Guidelines für deren Erarbeitung werden dabei ebenfalls auf alle anderen Aspekte von TerraLID angewendet. Neben technischen Themen wird in diesen Guidelines insbesondere die Notwendigkeit eines iterativen Ansatzes der Entwicklung unter Einbezug von Feedback aus der Community hervorgehoben. TerraLID implementiert diesen Teil der Guidelines durch das vorgestellte zweistufige Verfahren für die aktive Einbeziehung der Community (**Abb. 1**) sowie durch das konsequente Mitdenken von Überarbeitungszyklen für alle relevanten Produkte und zugehöriger Dokumente von Beginn an.

In seinen Komponenten ist TerraLID außerdem vergleichbar mit beispielsweise dem Projekt DE-BIAS. In deren Community Engagement-Methodologie werden verschiedene Strategien aufgelistet, durch die die Zielgruppe aktiviert werden kann und mit dieser interagiert wird (DA MILANO, GUIDA, PASQUALA, TAES & PIREDDU, 2024, 25–26). Obwohl TerraLID und DE-BIAS auf Grund der unterschiedlichen Zielgruppen und Projektziele nur bedingt vergleichbar sind, finden sich die Kernideen der verschiedenen Strategien in TerraLID wieder: Die Community wurde unter anderem in der Bedarfsanalyse eingeladen, ihre Ideen und persönlichen Visionen mitzuteilen. TerraLID wird explizit als Projekt der Community beschrieben, welches durch das TerraLID-Team koordiniert und maßgeblich vorangetrieben wird. Die Ziele werden klar kommuniziert und die Mitwirkung der Community stellt einen zentralen Aspekt für ihr Erreichen dar. Außerdem werden die Beiträge der Community gewürdigt und als solche sichtbar gemacht. Daten werden erhoben, um die Effizienz verschiedener Formate zu evaluieren, beispielsweise durch DSGVO-konforme Tracking-Tools auf der Webseite. Das Online-Lehrbuch trägt dazu bei, die Community weiterzubilden bzw. neue Mitglieder auszubilden. Eine weitere wichtige Strategie sind Partnerschaften mit bereits vorhandenen Institutionen oder Individuen. Dies stellt auch einen zentralen Baustein in der Community-Arbeit von OneGeochemistry dar (Klöcking et al., 2023). Im Fall von TerraLID wären das beispielsweise Fachgesellschaften und die Herausgebenden von Fachzeitschriften, die die Veröffentlichung von Bleiisotopendaten gemäß dem TerraLID-Metadatenprofil empfehlen und im Idealfall sogar fordern. Eine diesbezügliche Kontaktaufnahme ist zwar bereits geplant, wird aber erst erfolgen, wenn zumindest das Me-

tadatenprofil weitgehend abgeschlossen ist, also konkrete Ergebnisse vorliegen. Außerdem betonen da Milano et al. (2024) eine empathische und offene Kommunikation als wichtigen Aspekt für den Aufbau einer Community. Die Erfahrungen des TerraLID-Teams können diese Einschätzung nur bestätigen.

Zusammenfassung

Die momentan übliche, individuelle Kompilation von Bleiisotopendaten ist ineffizient, fehleranfällig und behindert die Weiterentwicklung der Methode. Ein Wandel der Wissenschaftskultur hin zu Daten, die den FAIR-Prinzipien (WILKINSON ET AL., 2016) folgen, ist daher notwendig. TerraLID will diesen Kulturwandel vorantreiben und die dafür notwendige Forschungsdateninfrastruktur entwickeln. Dieses Vorhaben kann nur gelingen, wenn die Community von Beginn an aktiv eingebunden wird. Ein community-getriebener und auf community-sourcing ausgerichteter Ansatz wird vom TerraLID-Team seit Beginn der Arbeiten am Projekt erfolgreich implementiert. So haben Beiträge aus der Community bereits in der Konzeptionsphase die Struktur der geplanten Forschungsdateninfrastruktur maßgeblich mitgestaltet. In der Implementierung wird die Fachöffentlichkeit über ein zweigliedriges System aus TerraLID-Editors als Community-Vertretende und öffentlichen Angeboten für Rückmeldungen beteiligt. Verschiedene Formate informieren über die laufenden Arbeiten an TerraLID. Außerdem hat jeder die Möglichkeit, sich gemäß persönlicher Expertise und Zeitbudget einzubringen. Das TerraLID-Team stellt dabei sicher, dass das Engagement aller Beteiligten angemessen gewürdigt und sichtbar gemacht wird. Die Community-Aktivitäten werden durch das TerraLID-Team regelmäßig evaluiert und optimiert.

Da die TerraLID Community-Aktivitäten erst Anfang 2024 vollumfänglich gestartet sind, müssen die in diesem Erfahrungsbericht geschilderten Eindrücke als vorläufig betrachtet werden. Sie haben jedoch bereits gezeigt, dass Schlüssellemente zu einer erfolgreichen Einbindung der Community das Vorhandensein von Prototypen oder Entwürfen ist, da Diskussionen, insbesondere über abstraktere Fragen, entlang dieser am besten funktionieren. Außerdem ist eine offene und ehrliche Kommunikation mit allen Beteiligten unerlässlich. Ein Vergleich mit zwei ähnlich gelagerten Projekten hat außerdem gezeigt, dass die bisherigen und geplanten Aktivitäten von Ter-

raLID sehr gut mit den dort entwickelten Empfehlungen für eine erfolgreiche Aktivierung und Mitwirkung der Community übereinstimmen.

Danksagung

Die Autoren danken den TerraLID-Editors für ihre Unterstützung und wertvollen Beiträge zur Datenbank und Implementierung von TerraLID. Den Teilnehmenden an der Bedarfsanalyse und dem Community-Workshop sowie zahlreichen weiteren Personen danken wir an dieser Stelle herzlich für ihre Vorschläge und Ideen, die in ihrer Summe TerraLID maßgeblich mitgestaltet haben. Die Autoren danken Eveline Salzmann für ihre Mitarbeit an ProLead sowie Kirsten Elger (GFZ Data Services) für die Beratung und Unterstützung bei den Datenpublikationen von GlobalID und Helge Wiethoff (DMT-LB) für die Betreuung der IT-Infrastruktur von GlobalID und TerraLID. Sabine Fischer-Lechner, Hannah Zietsch und Rebekka Elsasser gebührt Dank für ihre Unterstützung bei der Datenüberprüfung. FIERCE (Link: https://www.fierce.uni-frankfurt.de/81251511/Welcome_to_FIERCE; 31.1.2025) wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziell unterstützt (DFG: INST 161/921-1 FUGG, INST 161/923-1 FUGG und INST 161/1073-1 FUGG) und erhielt finanzielle Unterstützung von der Wilhelm und Else Heraeus Stiftung, wofür wir uns herzlich bedanken. Dies ist FIERCE Beitrag Nr. 193.

Erklärung über Förderung

Die Implementierung von TerraLID wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) durch die Projekte KL 1259/17-1 und WI 5923/2-1 gefördert (Projektnummer 524790825: <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/524790825>; 31.1.2025).

Erklärung über Interessenskonflikte

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

L iteratur

- Albarède, F., Blichert-Toft, J., Gentelli, L., Milot, J., Vaxevanopoulos, M., Klein, S. et al. (2020). A miner's perspective on Pb isotope provenances in the Western and Central Mediterranean. *Journal of Archaeological Science*, 121, 105194. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105194>.
- Albarède, F., Desaulty, A.-M. & Blichert-Toft, J. (2012). A geological perspective on the use of Pb isotopes in Archaeometry. *Archaeometry*, 54 (5), 853–867. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2011.00653.x>.
- Allaire, J. J., Teague, C., Scheidegger, C., Xie, Y. & Dervieux, C. (2024). *Quarto. v. 1.4* [Computer software]. <https://github.com/quarto-dev/quarto-cli>.
- Artioli, G., Canovaro, C., Nimis, P. & Angelini, I. (2020). LIA of Prehistoric Metals in the Central Mediterranean Area. A Review. *Archaeometry*, 62 (S1), 53–85. <https://doi.org/10.1111/arcm.12542>.
- Baron, S., Tämaş, C. G. & Le Carlier, C. (2014). How Mineralogy and Geochemistry Can Improve the Significance of Pb Isotopes in Metal Provenance Studies. *Archaeometry*, 56 (4), 665–680. <https://doi.org/10.1111/arcm.12037>.
- Benichou, L., Agosti, D., Egloff, W., Hermann, E., Kageyama, M., Mergen, P. et al. (2023). Joint statement by CETAf, SPNHC and BHL on DATA within scientific publications. Clarification of [non] copyrightability. *Research Ideas and Outcomes*, 9. <https://doi.org/10.3897/rio.9.e115466>.
- Bibby, D., Bruhn, K.-C., Busch, A. W., Dührkohp, F., Eckmann, C., Haak, C. et al. (2023). NFDI4Objects – Proposal. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10409228>.
- Blichert-Toft, J., Delile, H., Lee, C.-T., Stos-Gale, Z., Billström, K., Andersen, T. et al. (2016). Large-scale tectonic cycles in Europe revealed by distinct Pb isotope provinces. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17 (10), 3854–3864. <https://doi.org/10.1002/2016GC006524>.
- Brill, R. H. & Wampler, J. M. (1967). Isotope Studies of Ancient Lead. *American Journal of Archaeology*, 71 (1), 63–77. <https://doi.org/10.2307/501589>.
- Cambon, J., Hernangómez, D., Belanger, C. & Possenriede, D. (2021). tidygeocoder. An R package for geocoding. *Journal of Open Source Software*, 6 (65), 3544. <https://doi.org/10.21105/joss.03544>.
- Carroll, S. R., Garba, I., Figueroa-Rodríguez, O. L., Holbrook, J., Lovett, R., Materechera, S. et al. (2020). The CARE Principles for Indigenous Data Governance. *Data Science Journal*, 19 (31), 43. <https://doi.org/10.5334/dsj-2020-043>.
- Ceuster, S. de & Degryse, P. (2020). A 'match-no match' numerical and graphical kernel density approach to interpreting lead isotope signatures of ancient artefacts. *Archaeometry*, 62 (S1), 107–116. <https://doi.org/10.1111/arcm.12552>.
- Chang, W., Cheng, J., Allaire, J. J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y. et al. (2021). *shiny. Web Application Framework for R*. (Version 1.7.0) [Computer software]: CRAN. <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
- Crystal-Ornelas, R., Varadharajan, C., O'Ryan, D., Beilsmith, K., Bond-Lamberty, B., Boye, K. et al. (2022). Enabling FAIR data in Earth and environmental science with community-centric (meta)data reporting formats. *Scientific data*, 9 (1), 700. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01606-w>.
- Cui, J. & Wu, X. (2011). An experimental investigation on lead isotopic fractionation during metallurgical processes. *Archaeometry*, 53 (1), 205–214. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00548.x>.
- Da Milano, C., Guida, M. F., Pasquala, M., Taes, S. & Pireddu, R. (2024, 20. Dezember). A community engagement methodology. Resources, reflections, recommendations. V3. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14534372>.
- Gale, N. H. & Stos-Gale, Z. A. (2000). Lead isotope analyses applied to provenance studies. In E. Ciliberto & G. Spoto (Hrsg.), *Modern analytical methods in art and archaeology (Chemical analysis, vol. 155)*. (pp. 503–584). New York: Wiley.
- García de Madinabeitia, S., Gil Ibarguchi, J. I. & Santos Zalduegui, J. F. (2021). IBERLID. A lead isotope database and tool for metal provenance and ore deposits research. *Ore Geology Reviews*, 137, 104279. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104279>.
- GlobaLID Core Team. (2021). *GlobaLID web application*. V. 1.0, database status: 31 January 2025 [Computer software]. <https://globalid.dmt-lb.de/>.
- Grögler, N., Geiss, J., Grünenfelder, M. & Houtermans, F. G. (1966). Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung der Herkunft römischer Bleirohre und Bleibarren. *Zeitschrift für Naturforschung A*, 21 (7), 1167–1172. <https://doi.org/10.1515/zna-1966-0744>.
- Hsu, Y.-K. & Sabatini, B. J. (2019). A geochemical characterization of lead ores in China. An isotope database for provenancing archaeological materials. *PLoS ONE*, 14 (4), e0215973. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215973>.
- Killick, D. J., Stephens, J. A. & Fenn, T. R. (2020). Geological constraints on the use of lead isotopes for provenance in archaeometallurgy. *Archaeometry*, 62 (S1), 86–105. <https://doi.org/10.1111/arcm.12573>.

- Klein, S., Rose, T., Westner, K. J. & Hsu, Y.-K. (2022). From OXALID to GlobalID. Introducing a modern and FAIR lead isotope database with an interactive application. *Archaeometry*, 64 (4), 935–950. <https://doi.org/10.1111/arcm.12762>.
- Klöcking, M., Wyborn, L., Lehnert, K. A., Ware, B., Prent, A. M., Profeta, L. et al. (2023). Community recommendations for geochemical data, services and analytical capabilities in the 21st century. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 351 (9), 192–205. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2023.04.024>.
- Kreutzner, T., Fischer, G. & BMBF (July 2023). *Urheberrecht in der Wissenschaft. Ein Überblick für Forschung, Lehre und Bibliotheken*. Bundesministerium für Bildung und Forschung. https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/DE/1/31518_Urheberrecht_in_der_Wissenschaft.html [6.1.2025].
- Pearce, M. (2016). Archaeology and archaeometallurgy. Some unresolved areas in the interpretation of analytical data. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 2 (1), 46–53. <https://doi.org/10.1080/20548923.2016.1160593>.
- Pernicka, E. (1999). Trace Element Fingerprinting of Ancient Copper: A Guide to technology or Provenance? In S. Young, A. M. Pollard, P. Budd & R. A. Ixer (eds), *Metals in antiquity* (BAR International Series, vol. 792). (pp. 163–171). Proceedings of the International symposium at Harvard University, 10 to 13 September 1997. Oxford: Archaeopress.
- Pollard, A. M. & Heron, C. P. (2008). *Archaeological chemistry* (2. Aufl.). Cambridge: Royal Soc. of Chemistry.
- Rose, T. (Hrsg.). (2023). Lead Isotopes in Archaeology. An Interactive Textbook. online: Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10205820>.
- Rose, T., Klein, S., Hsu, Y.-K. & Westner, K. J. (2022). GlobalID. A new database and interactive web tool for provenancing archaeological metals. *Archeomatica*, 13 (1), 10–12. <https://ojs.mediageo.it/index.php/archeomatica/article/view/1861> [3.6.2023].
- Shiel, A. E., Weis, D. & Orians, K. J. (2010). Evaluation of zinc, cadmium and lead isotope fractionation during smelting and refining. *The Science of the total environment*, 408 (11), 2357–2368. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.02.016>.
- Stacey, J. S. & Kramers, J. D. (1975). Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26 (2), 207–221. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(75\)90088-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(75)90088-6).
- Stos-Gale, Z. A. & Gale, N. H. (2009). Metal provenancing using isotopes and the Oxford archaeological lead isotope database (OXALID). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1 (3), 195–213. <https://doi.org/10.1007/s12520-009-0011-6>.
- Tomczyk, C. (2022). A database of lead isotopic signatures of copper and lead ores for Europe and the Near East. *Journal of Archaeological Science*, 146, 105657. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105657>.
- Tomczyk, C. & Żabiński, G. (2024). A PCA-AHC Approach to Provenance Studies of Non-Ferrous Metals with Combined Pb Isotope and Chemistry Data. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 31 (1), 93–143. <https://doi.org/10.1007/s10816-022-09598-y>.
- Westner, K. J., Rose, T., Klein, S. & Hsu, Y.-K. (2021). *GlobalID – Global Lead Isotope Database. V. 1.0. GFZ Data Services*. <https://doi.org/10.5880/fidgeo.2021.031>.
- Westner, K. J., Rose, T., Klein, S., Hsu, Y.-K., Becerra, M. F., Nezafati, N. et al. (2023). *GlobalID – Global Lead Isotope Database V. 1.1: GFZ Data Services*. <https://doi.org/10.5880/fidgeo.2023.043>.
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A. et al. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific data*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.

Beiträge der Autoren

Alle Autoren haben zu gleichen Teilen den von TR verfassten Entwurf überarbeitet. TR, KW, SK, und Y-KH haben als Mitglieder des ursprünglichen Projektteams maßgeblich das Konzept für TerraLID erarbeitet. TG und TR betreuen zusammen die Community-Aktivitäten und werden dabei insbesondere bei der Koordination der TerraLID-Editors von KW unterstützt. SK hat zusammen mit Helge Wiethoff (DMT-LB) die Drittmittel für das TerraLID-Projekt eingeworben und leitet das Projekt.

Über die Autoren

DR. THOMAS ROSE ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich Archäometallurgie des Deutschen Bergbau-Museum Bochum und koordiniert die Implementierung von TerraLID. Er hat Vor- und Frühgeschichte, Naturwissenschaftliche Archäologie und Geowissenschaften studiert. Seine Dissertation erfolgte an der Ben-Gurion-Universität des Negev in Beer Sheva (Israel) und der Sapienza in Rom (Italien) zur chalkolithischen Kupferverhüttung in der Südlevante. Er ist Entwickler von R-Packages und in mehreren Fachgesellschaften engagiert.

DR. KATRIN J. WESTNER ist Mineralogin und wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsbereich Archäometallurgie des Deutschen Bergbau-Museum Bochum. Sie promovierte zu Metallproduktion im Hinterland der römischen Stadtanlage von Ulpiana im Kosovo am Institut für Geowissenschaften der Goethe-Universität Frankfurt. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich mit der Gewinnung, Nutzung und dem Handel von Metallen in vormodernen Gesellschaften mittels analytischer Methoden.

TIM GREIFELT M.Sc. ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich Archäometallurgie des Deutschen Bergbau-Museum Bochum und arbeitet an der Erstellung der Lehrmaterialien und der Konzeption von Workshops für TerraLID. Er hat Geowissenschaften, Kunstgeschichte und Geschichte studiert. Er schreibt zurzeit seine Dissertation über die Herkunft des Münzmetalls römischer Denare der späten Republik und der Kaiserzeit an der Ruhr-Universität Bochum.

DR. YIU-KANG HSU schloss 2016 seine Promotion in Archäologie an der Universität Oxford ab. In seiner Doktorarbeit untersuchte er die Dynamik der Metallversorgung in der prähistorischen eurasischen Steppe während der Bronze- und frühen Eisenzeit. Zu seinen Forschungsgebieten gehören das heutige China, die Mongolei, Sibirien und Kasachstan. Von 2017 bis 2020 war er PostDoc am Deutschen Bergbau-Museum Bochum im Projekt „Resources in Society“ und arbeitet dort seitdem an Themen des Forschungsdatenmanagements, aktuell in Rahmen der NFDI4Objects.

PROF. DR. SABINE KLEIN studierte Mineralogie mit Schwerpunkt Lagerstättenkunde an der Goethe-Universität Frankfurt, wo sie auch mit einer mineralogisch-geochemischen Studie zu mittelalterlichen Buntmetallschlacken aus dem Kloster

Corvey promovierte. Nach ihrer Promotion ging sie mit einem Forschungsstipendium der Volkswagenstiftung für zwei Jahre an das Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston, MA und das National Institute of Standards and Technology (NIST) in Gaithersburg, MA (beide USA). Danach arbeitete sie als Postdoktorandin im Graduiertenkolleg „Archäologische Analytik“ der Goethe-Universität Frankfurt, wo sie 2008 in Mineralogie und Archäometrie habilitiert wurde und die Venia Legendi erhielt. Seit 2016 ist sie Forschungsbereichsleiterin für Archäometallurgie am Deutschen Bergbau-Museum Bochum und zugleich Professorin für Archäometrie am Institut für Archäologische Wissenschaften der Ruhr-Universität Bochum. Sie wurde 2023 mit einem dreimonatigen Forschungsstipendium der Getty Institution in Los Angeles, USA, ausgezeichnet und ist assoziiertes Mitglied von FIERCE, dem Frankfurt Isotope & Element Research Center.

Dr. Thomas Rose

Deutsches Bergbau-Museum Bochum Fachbereich
Archäometallurgie
Am Bergbaumuseum 28
44791 Bochum
Deutschland
thomas.rose@bergbaumuseum.de
<https://orcid.org/0000-0002-8186-3566>

Prof. Dr. Sabine Klein

Ruhr-Universität Bochum
Institut für Archäologische Wissenschaften
Am Bergbaumuseum 31
44791 Bochum

<https://orcid.org/0000-0002-3939-4428>

Dr. Katrin J. Westner

<https://orcid.org/0000-0001-5529-1165>

Tim Greifelt M.Sc.

<https://orcid.org/0009-0007-9701-8547>

Dr. Yiu-Kang Hsu

<https://orcid.org/0000-0002-2439-4863>

Ergänzende Materialien: „Needs assessment“ (PDF)