

Charles Stith, Mimi Stith, Yusuph Karim Mmbaga,
Kenneth Jennings, Breton Scott

Securing the Battery Mineral Supply Chain: A Tanzanian, US American, German Collaborative Model

As global powers work to secure mineral supply chains for high-capacity battery manufacturing, collaboration with Africa is more important than ever. Germany's participation in the Minerals Security Partnership (MSP), an alliance of twelve nations and the EU, signals that winning the race to secure battery minerals requires global collaboration. The MSP engages African partners, including the stable, democratic, resource-rich and under explored East African nation of Tanzania. Pula Graphite Partners (PGP) in Dar es Salaam, a US-Tanzanian venture, has a new model for collaborative extraction of battery minerals in Tanzania, which was developed with international experts, including a German firm. PGP's modular

approach will, at full production, generate 80,000 t/a of graphite concentrate from the rich Ruangwa graphite belt of southeastern Tanzania. The project site is approximately 200 km from the deep-water port of Mtwara and well-poised to be a global hub. This article establishes the techno-financial basis for Pula's modular approach as an important work product and example of international collaboration toward the profitable, fair and efficient extraction of battery minerals in Africa. Through such models and collaborations, the USA, Germany and Tanzania along with other MSP participants can realize their respective and collective ambitions for the clean energy transition.

Sicherung der Lieferkette für Batteriemineralien: Ein tansanisches, US-amerikanisches und deutsches Kooperationsmodell

Da die Weltmächte daran arbeiten, die Rohstofflieferketten für die Herstellung von Hochleistungsbatterien zu sichern, ist die Zusammenarbeit mit Afrika wichtiger denn je. Die Beteiligung Deutschlands an der Minerals Security Partnership (MSP), einem Bündnis von zwölf Staaten und der EU, zeigt, dass der Wettlauf um die Sicherung von Batteriemineralien nur durch globale Zusammenarbeit gewonnen werden kann. Die MSP bindet afrikanische Partner ein, darunter das stabile, demokratische, ressourcenreiche und wenig erforschte ostafrikanische Land Tansania. Pula Graphite Partners (PGP) in Dar es Salaam, ein US-amerikanisch-tansanisches Unternehmen, verfügt über ein neues Modell für die gemeinsame Gewinnung von Batteriemineralien in Tansania, das zusammen mit internationalen Experten, darunter ein deutsches

Unternehmen, entwickelt wurde. Der modulare Ansatz von PGP wird bei voller Produktion 80.000 t/a Graphitkonzentrat aus dem reichen Ruangwa-Graphitgürtel im Südosten Tansanias erzeugen. Der Projektstandort liegt etwa 200 km vom Tiefseehafen Mtwara entfernt und ist gut positioniert, um ein globales Drehkreuz zu werden. In diesem Artikel wird die technisch-finanzielle Grundlage für das modulare Konzept von Pula als wichtiges Arbeitsergebnis und Beispiel für die internationale Zusammenarbeit bei der rentablen, fairen und effizienten Gewinnung von Batteriemineralien in Afrika dargelegt. Durch solche Modelle und Kooperationen können die USA, Deutschland und Tansania zusammen mit anderen MSP-Teilnehmern ihre individuellen sowie gemeinsamen Ambitionen für den Übergang zu sauberer Energie verwirklichen.

1 Introduction

Twelve nations – Australia, Canada, Finland, France, Germany, Japan, Italy, the Republic of Korea, Norway, Sweden, the UK, the USA – and the European Union have entered into the Mineral Security Partnership¹ (MSP), signaling another step in global cooperation to secure their battery minerals supply chains. Among the African nations invited to attend the first organizational meet-

1 Einleitung

Zwölf Länder – Australien, Kanada, Finnland, Frankreich, Deutschland, Japan, Italien, die Republik Korea, Norwegen, Schweden, das Vereinigte Königreich und die USA – sowie die Europäische Union sind der Mineral Security Partnership¹ (MSP) beigetreten und haben damit einen weiteren Schritt in der globalen Zusammenarbeit zur Sicherung ihrer Lieferketten für Batte-

¹ <https://www.state.gov/minerals-security-partnership-convening-supports-robust-supply-chains-for-clean-energy-technologies/>

ing after forming the MSP was Tanzania – a stable, democratic and resource-rich East African nation. New models such as MSP must be used to engage old friends and allies, specifically, African friends and allies. In order to realize the values and aims of the clean energy transition both the public and private sector will need to embrace collaborative extraction, beneficiation and a manufacturing strategy.

The Pula Group, Dar es Salaam/Tanzania, a US-company developing graphite assets in Tanzania through a 50/50 joint venture with local partners, has developed a model that ensures that resource rich African countries benefit from their role in battery supply chains. This model is premised on high-quality assets, rigorous techno-financial analysis, local capacity building, local shareholders and stakeholders and an ethical commitment to the environment and communities surrounding projects. Pula's model has been developed in discussion with an international compendium of in-house experts and consultants, which includes American, Tanzanian, South African and German experts.

This article links the techno-financial characteristics of Pula's modular approach to its model for collaborative extraction in Tanzania's graphite sector. The body of the article is organized into four sections:

- project overview;
- geological and mineral resources summary;
- mining method and processing philosophy; and
- a techno-economic Analysis.

The article concludes by providing a framework for a German-Tanzanian-US partnership to provide a vital link in the critical minerals supply chain.

2 Project Overview

Pula invests in high value opportunities in democratic African countries. The company's current priority is critical minerals for the global clean energy transition. Pula holds four graphite licenses in Tanzania. The first license in the Pula pipeline is PL10332, which is projected to achieve 80,000 t/a of graphite



Fig. 1. Graphite ore from PL10332.
Bild 1. Graphiterz aus PL10332. Photo/Foto: Pula

riemineralien getan. Zu den afrikanischen Ländern, die zur ersten Sitzung nach der Gründung der MSP eingeladen wurden, gehörte auch Tanzania – ein stabiles, demokratisches und rohstoffreiches ostafrikanisches Land. Neue Modelle wie die MSP müssen genutzt werden, um alte Freunde und Verbündete einzubinden, insbesondere afrikanische Freunde und Verbündete. Um die Werte und Ziele des sauberen Energiewandels zu verwirklichen, müssen sowohl der öffentliche als auch der private Sektor die gemeinsame Gewinnung, Aufbereitung und eine Produktionsstrategie in Angriff nehmen.

Die Pula Group, Dar es Salaam/Tanzania, ein US-amerikanisches Unternehmen, das im Rahmen eines 50/50 Joint-Ventures mit lokalen Partnern Graphitvorkommen in Tanzania erschließt, hat ein Modell entwickelt, das sicherstellt, dass rohstoffreiche afrikanische Länder von ihrer Rolle in der Batterielieferkette profitieren. Dieses Modell basiert auf qualitativ hochwertigen Anlagen, einer strengen technisch finanziellen Analyse, dem Aufbau lokaler Kapazitäten, lokalen Aktionären und Teilhabern sowie einer ethischen Verpflichtung gegenüber der Umwelt und den Gemeinden im Umfeld der Projekte. Das Modell von Pula wurde in Zusammenarbeit mit einer internationalen Gruppe von internen Experten und Beratern entwickelt, darunter amerikanische, tansanische, südafrikanische und deutsche Experten.

In diesem Artikel werden die technisch-finanziellen Merkmale des modularen Ansatzes von Pula mit dem Modell für den gemeinschaftlichen Abbau von Graphit in Tanzania in Verbindung gebracht. Der Hauptteil des Artikels ist in vier Abschnitte gegliedert:

- Projektübersicht;
- Zusammenfassung der geologischen und mineralischen Ressourcen;
- Abbauprozesse und Verarbeitungsphilosophie; und
- eine technisch-wirtschaftliche Analyse.

Der Artikel schließt mit einem Rahmen für eine deutsch-tansanisch-amerikanische Partnerschaft, die ein wichtiges Glied in der Versorgungskette für kritische Mineralien darstellt.

2 Projektübersicht

Pula investiert in hochwertige Möglichkeiten in demokratischen afrikanischen Ländern. Die aktuelle Priorität des Unternehmens sind wichtige Mineralien für den globalen Übergang zu sauberer Energie. Pula besitzt vier Graphitlizenzen in Tanzania. Die erste Lizenz in der Pula-Pipeline ist PL10332, aus der in zwei Phasen 80.000 t/a Graphitkonzentrat gewonnen werden sollen (Bild 1). PL10332 befindet sich im südöstlichen Distrikt Ruangwa, 225 km vom Tiefseehafen Mtwara entfernt, der eine Verschiffungskapazität von 1.000.000 t/a hat.

Die Rohstoffschätzung für das Projekt beläuft sich auf etwa 100 Mio. t, von denen 34,7 Mio. t als Indicated und 62 Mio. t als Inferred Ressourcen gelten. Diese Ressourcenschätzung basiert auf nur 1/3 der 15 km² großen Lizenz. Die Ressourcenschätzung und -bewertung entspricht den Normen Ni-43-101. Die Schätzung und der Bericht der zuständigen Person (Competent Person's Report – CPR) wurden von der DMT Group erstellt, einem deutschen Unternehmen, das weltweit für sein Fachwissen im Bergbau bekannt ist.

concentrate in two phases (Figure 1). PL10332 is located in the southeastern district of Ruangwa, 225 km from the deep-water port of Mtwara, which has a shipping capacity of 1,000,000 t/a.

The resource estimate for the project is approximately 100 Mt, of which 34.7 Mt are Indicated Resource and 62 Mt are Inferred Resource. This resource estimate is based on only 1/3 of the 15 km² license. The resource estimation and assessment are compliant with Ni-43-101 standards. The estimate and Competent Person's Report (CPR) were prepared by DMT Group, a German company globally respected for its expertise in mining.

To date, the following developmental work has been completed on PL10332:

- a field study and mapping survey;
- an independent business proposal (by South African-based Bowline Professional Services Pty Ltd);
- an environmental impact assessment to be completed in the second quarter 2023;
- an Ni-43-101 CPR and mineral resource estimate; and
- a drilling and trenching program proving:
 - Ore ranges from 5.45 % to 20.1 % TGC with average of 8.9 %, which exceeds China @ 2 – 4 % Total Graphite Carbon (TGC).
 - Flake size: 70 % medium to jumbo flakes.
 - Traditional floatation techniques achieve concentrate of 96 % TGC.

Pula has secured a Memorandum of Understanding (MOU) for an offtake agreement with a Singapore trading company to purchase graphite concentrate from Phase 1 through full production. The offtake strategy also includes soliciting middlestand as well as auto manufacturers. Beyond the financial resources committed to date by Pula, the company has completed terms for an investment by the Brown Venture Group, a Minneapolis-based venture capital fund, in November 2022. This investment enables the company to build out operational capacity, do further project development on currently held assets, and vet other exploration opportunities for battery minerals in Tanzania and elsewhere in Africa.

2.1 Project development and timeline

Pula has developed a unique, modular approach to produce 80,000 t/a of graphite concentrate at full production. This is achieved in three phases over the course of approximately 24 months. The total amount required to develop PL10332 to full production is approximately 115 M US\$.

Pula's modular approach is premised on a clearly identifiable and easily accessible ore body. The modular approach minimizes risk and maximizes value during exploration and mining. The eight benefits of a modular approach include:

- well-suited to a high quality, shallow ore body with long-term potential;
- generates revenue in phase 1 while proving out future parameters for mine development;
- responds efficiently and effectively to market conditions;
- provides multiple production centers to ensure non-stop production;

Bis heute wurden in PL10332 die folgenden Erschließungsarbeiten durchgeführt:

- eine Feldstudie und eine Kartierungsstudie,
- ein unabhängiger Geschäftsvorschlag von der in Südafrika ansässigen Bowline Professional Services Pty Ltd,
- eine Umweltverträglichkeitsprüfung, die im zweiten Quartal 2023 abgeschlossen werden soll,
- eine Ni-43-101 CPR- und Mineralressourcenschätzung und
- die Erprobung eines Bohr- und Schürfprogramms:
 - Der Erzgehalt reicht von 5,45 % bis 20,1 % TGC mit einem Durchschnitt von 8,9 %, was über dem chinesischen Wert von 2 bis 4 % Gesamtgraphitkohlenstoff (TGC) liegt.
 - Flockengröße: 70 % mittlere bis Jumbo-Flocken.
 - Mit traditionellen Flotationsverfahren wird ein Konzentrat von 96 % TGC erzielt.

Pula hat ein Memorandum of Understanding (MOU) für eine Abnahmevereinbarung mit einem Handelsunternehmen in Singapur abgeschlossen, um Graphitkonzentrat aus Phase 1 bis zur vollen Produktion zu erwerben. Die Abnahmestrategie umfasst auch die Anwerbung von Mittelständlern und Automobilherstellern. Neben den bisher von Pula bereitgestellten Finanzmitteln hat das Unternehmen die Bedingungen für eine Investition durch die Brown Venture Group, einen in Minneapolis ansässigen Risikokapitalfonds, im November 2022 erfüllt. Diese Investition ermöglicht es dem Unternehmen, die Betriebskapazitäten auszubauen, weitere Projektentwicklung auf den derzeit gehaltenen Anlagen durchzuführen und weitere Explorationsmöglichkeiten für Batterieminerale in Tansania und anderen Teilen Afrikas zu prüfen.

2.1 Projektentwicklung und Zeitplan

Pula hat einen einzigartigen, modularen Ansatz entwickelt, um bei voller Produktion 80.000 t/a Graphitkonzentrat zu produzieren. Dies wird in drei Phasen über einen Zeitraum von etwa 24 Monaten erreicht. Der Gesamtbetrag, der für die Erschließung von PL10332 bis zur vollen Produktion erforderlich ist, beläuft sich auf etwa 115 Mio. US-\$.

Der modulare Ansatz von Pula basiert auf einem klar identifizierbaren und leicht zugänglichen Erzkörper. Der modulare Ansatz minimiert das Risiko und maximiert den Wert während der Exploration und des Abbaus. Zu den acht Vorteilen eines modularen Ansatzes gehören:

- gut geeignet für einen hochwertigen, oberflächennahen Erzkörper mit langfristigem Potential,
- generiert in Phase 1 Einnahmen und erprobt gleichzeitig die zukünftigen Parameter für die Bergwerkserschließung,
- reagiert effizient und effektiv auf die Marktbedingungen,
- bietet mehrere Produktionszentren, um eine Non-Stop-Produktion zu gewährleisten,
- senkt die Kosten und den Zeitaufwand für die Projektvorbereitung,
- bietet mehr Möglichkeiten für den Aufbau lokaler Kapazitäten;
- bessere Voraussetzungen für die skalare Integration von nachhaltigen Energie- und Wasserlösungen,
- bessere Rückverfolgbarkeit und Transparenz im Hinblick auf Umwelt-, Sozial- und Unternehmensführungsprinzipien (ESG).

- decreases pre-project cost and time;
- increases opportunity for local capacity building;
- better positioned for scalar integration of sustainable energy and water solutions;
- increased traceability and transparency for Environmental, Social and Corporate Governance (ESG) principles.

2.2 Phase 1: First Pit - First Plant

„First Pit - First Plant“ is the first phase of Pula’s modular approach to developing PL 10332. First Pit - First Plant targets 12,000 t/a while proving out the project’s future parameters. While conducting exploration, First Pit - First Plant utilizes an open pit mining method with the first pit exploiting the orebody outcrop, i. e., a pit planned to a depth of 25 m and will utilize a traditional flotation process for a conservative 95 % TGC concentrate, generating revenue while confirming assumptions for full production.

First Pit - First Plant requires nine to twelve months to achieve production. The Internal Rate of Return (IRR) is 42 % and a conservative valuation of the project in Phase 1 is 110 M US\$. The capital required for First Pit - First Plant is approximately 10 M US\$.

2.3 Phases 2 to 3: a modular approach to full production

Phases 2 to 3 reflect Pula’s modular approach to full production and scale up from the 12,000 t/a generated from First Pit - First Plant to 80,000 t/a for full production. Given the shallow and non-complex nature of the ore body, an open pit mining method and traditional flotation process will be systematically scaled up to full production.

The activities to achieve full production using a modular approach include the BFS for full production and scaling the operation up to produce 80,000 t/a graphite concentrate.

Phases 2 to 3 will achieve full production in intervals over the course of approximately 12 to 18 months. The average annual EBIDTA for full production is 53 M US\$, during steady state production. A conservative valuation of the project at the start of full production will be 330 M US\$. The capital required for Phases 2 to 3 amounts to approximately 105 M US\$.

It is envisaged that the future mine would derive its power directly from the main power grid as well as develop alternative energy supply solutions, such as solar power generation. If supply from the main grid is possible and economically viable, then the alternative power generation plant on site need only cater for emergency backup power. As part of Pula’s commitment to environmentally responsible mining practices, renewable energy, principally solar photovoltaic, will displace diesel-powered generators whenever possible. Other technologies, such as the generation and storage of electrical energy from kinetic energy is being seriously investigated.

3 Geology and mineral resource estimate

Regionally, license PL10332/2014 is within the Usagaran (Mozambique belt) Proterozoic system. This system is principally defined by high grade metamorphic rocks of both sedimentary and igneous origin, ranging from amphibolite to granulite facies. Rock types including, marble, amphibolite, graphitic schist, mica and kyanite schist, acid gneisses, hornblende, biotite and garnet gneisses, quartzite and that are overlain by Cretaceous sediments in the east and Karoo topography in the southwest.

2.2 Phase 1: First Pit - First Plant

„First Pit - First Plant“ ist die erste Phase des modularen Ansatzes von Pula zur Entwicklung von PL 10332. First Pit - First Plant zielt auf 12.000 t/a ab, während die zukünftigen Parameter des Projekts getestet werden. Während der Exploration wendet First Pit - First Plant eine Tagebaumethode an, wobei der erste Tagebau den Erzkörper erschließt, d. h. ein Tagebau, der bis zu einer Teufe von 25 m geplant ist, und ein traditionelles Flotationsverfahren, das für ein konservatives 95 %-iges TGC-Konzentrat angewendet wird, um Einnahmen zu erzielen und gleichzeitig die Annahmen für eine vollständige Produktion zu bestätigen.

First Pit - First Plant benötigt neun bis zwölf Monate, um die Produktion zu erreichen. Die Internal Rate of Return (IRR) beträgt 42 % und eine konservative Bewertung des Projekts in Phase 1 liegt bei 110 Mio. US-\$. Der Kapitalbedarf für First Pit - First Plant liegt bei etwa 10 Mio. US-\$.

2.3 Phasen 2 bis 3: ein modularer Ansatz zur vollen Produktion

Die Phasen 2 bis 3 spiegeln den modularen Ansatz von Pula für eine vollständige Produktion und eine Steigerung von den 12.000 t/a aus First Pit - First Plant auf 80.000 t/a für eine vollständige Produktion wider. In Anbetracht der flachen und einfachen Beschaffenheit des Erzkörpers werden ein Tagebauverfahren und ein traditionelles Flotationsverfahren systematisch bis zur vollen Produktion hochgefahren.

Die Aktivitäten zur Erreichung der vollen Produktion unter Verwendung eines modularen Ansatzes umfassen die BFS für die volle Produktion und die Skalierung des Betriebs auf die Produktion von 80.000 t/a Graphitkonzentrat.

In den Phasen 2 bis 3 wird die volle Produktion in Intervallen innerhalb von etwa 12 bis 18 Monaten erreicht. Das durchschnittliche jährliche EBIDTA für die volle Produktion beträgt 53 Mio. US-\$ bei stabiler Produktion. Eine konservative Bewertung des Projekts zu Beginn der vollen Produktion beträgt 330 Mio. US-\$. Der Kapitalbedarf für die Phasen 2 bis 3 liegt bei etwa 105 Mio. US-\$.

Es ist vorgesehen, dass das künftige Bergwerk seinen Strom direkt aus dem Hauptstromnetz bezieht, aber auch alternative Energieversorgungslösungen, wie z. B. die Erzeugung von Solarstrom, entwickelt. Wenn die Versorgung aus dem Hauptnetz möglich und wirtschaftlich tragfähig ist, muss die alternative Stromerzeugungsanlage vor Ort nur für die Notstromversorgung sorgen. Im Rahmen des Engagements von Pula für umweltverträgliche Bergbaupraktiken werden erneuerbare Energien, vor allem Photovoltaik, wann immer möglich die dieselbetriebenen Generatoren ersetzen. Andere Technologien, wie die Erzeugung und Speicherung von elektrischer Energie aus kinetischer Energie, werden ernsthaft untersucht.

3 Geologie und Schätzung der Mineralressourcen

Regional gesehen liegt die Lizenz PL10332/2014 innerhalb des proterozoischen Systems Usagaran (Mosambik-Gürtel). Dieses System ist hauptsächlich durch hochgradige metamorphe Gesteine sowohl sedimentären als auch magmatischen Ursprungs definiert, die von Amphibolit- bis Granulitfazies reichen. Zu den Gesteinsarten gehören Marmor, Amphibolit, Graphitschiefer, Glimmer- und Kyanitschiefer, saure Gneise, Hornblende-, Biotit- und Granatgneise sowie Quarzit, die im Osten von kreidezeitlichen Sedimenten und im Südwesten von der Karoo Topographie überlagert werden.



Fig. 2. Pula's jumbo flakes.
Bild 2. Die Jumbo-Flocken von Pula. Photo/Foto: Pula

Structural trends of the Usagaran are mainly north-south. Rocks in the Usagaran system are well known for hosting gold, nickel, copper, different gemstones such as tourmaline, red garnet, green garnet, tanzanite and the highest-grade coarse graphite flakes in the country. The tenements held by the Pula Group's subsidiary, Pula Graphite Partners, are located in Ruangwa District, 25 km from the district capital and 75 km west of the regional capital, Lindi. Extensive exploration work has been undertaken in the region, including geological mapping, soil geochemistry, IP dipole-dipole, magnetic surveys, trenching and drilling for graphite and gold. The above-mentioned activities reveal that the region has significant quantities of graphite. The area has extensive deposits of graphite schist throughout, which are, compositionally, coarse flake, high-grade graphite ores, ranging from 3 to 5%, 5 to 18% and 25 to 50% carbon content. Several graphite ore samples have undergone various tests in activation labs, which show on average major content of high purity, battery grade graphite as well as large flakes of crystalline graphite (Figure 2).

Pula Graphite Partners has conducted an extensive mapping, drilling, and sampling programme on PL10322 (Figure 3). The purpose of the programme was to prepare a geological map delineating various rock units, collect rock samples from graphitic rock that were submitted to an accredited laboratory for mineralogical, total graphite carbon (TGC) and multi-element analysis. During the programme, the mineralogical composition of the graphite bearing lenses, graphite flake sizes and gangue minerals were evaluated. Analysis on excavated materials also indicates a potential for lithium in the pegmatite. This process culminated with the preparation of a NI43-101 competent persons report, with a Mineral Resource estimate.

Die strukturellen Trends des Usagaran verlaufen hauptsächlich in Nord-Süd-Richtung. Die Gesteine des Usagaran-Systems sind bekannt für ihre Vorkommen von Gold, Nickel, Kupfer, verschiedenen Edelsteinen wie Turmalin, rotem Granat, grünem Granat, Tansanit und den höchstwertigen groben Graphitflocken des Landes. Die Grundstücke der Tochtergesellschaft der Pula Group, Pula Graphite Partners, befinden sich im Distrikt Ruangwa, 25 km von der Distrikthauptstadt und 75 km westlich der regionalen Hauptstadt Lindi entfernt. In der Region wurden umfangreiche Explorationsarbeiten durchgeführt, darunter geologische Kartierungen, geochemische Bodenuntersuchungen, IP-Dipol-Dipol-Untersuchungen, magnetische Untersuchungen, Schürfungen und Bohrungen nach Graphit und Gold. Die oben erwähnten Aktivitäten haben gezeigt, dass die Region über beträchtliche Graphitmengen verfügt. Das Gebiet verfügt über ausgedehnte Graphitschieferorkommen, bei denen es sich um grobkörnige, hochgradige Graphiterze mit einem Kohlenstoffgehalt von 3 bis 5%, 5 bis 18% und 25 bis 50% handelt. Mehrere Graphiterzproben wurden verschiedenen Tests in Aktivierungslabors unterzogen, die im Durchschnitt einen hohen Gehalt an hochreinem, batterietauglichem Graphit sowie große Flocken kristallinen Graphits aufweisen (Bild 2).

Pula Graphite Partners hat in PL10322 ein umfangreiches Kartierungs-, Bohr- und Probenahmeprogramm durchgeführt (Bild 3). Zweck des Programms war die Erstellung einer geologischen Karte, in der verschiedene Gesteinseinheiten abgegrenzt wurden, sowie die Entnahme von Gesteinsproben aus graphitischem Gestein, die einem akkreditierten Labor zur mineralogischen Analyse, zur Analyse des Gesamtgraphitkohlenstoffs (TGC) und zur Analyse mehrerer Elemente vorgelegt wurden. Im Rahmen des Programms wurden die mineralogische Zusammensetzung der graphitführenden Linsen, die Größe der Graphitflocken und die Gangminerale untersucht. Die Analyse des erschlossenen Materials deutet auch auf ein Lithiumpotential im Pegmatit hin. Dieser Prozess endete mit der Erstellung eines NI43-101-konformen Sachverständigenberichts mit einer Mineralressourcenschätzung.

Die DMT kartierte und überwachte die Schürf-, Bohr- und Probenahmeprogramme, wertete die Ergebnisse durch eine sorgfältig geführte Datensammlung aus und entwickelte anschließend ein geologisches Blockmodell (Bild 4). Das Modell ermöglichte es



Fig. 3. Drilling activities on PL10332.
Bild 3. Bohraktivitäten in PL10332. Photo/Foto: Pula



Fig. 4. DMT led QA/QC (Quality Assurance/Quality Control).
 Bild 4. DMT-geführte QA/QC (Quality Assurance/Quality Control).
 Photo/Foto: Pula

DMT mapped out and supervised the trenching, drilling and sampling programmes, evaluated the results through carefully managed data collection and then developed a geology block model (Figure 4). The model enabled DMT to prepare code compliant mineral estimates. The Mineral Resource results show that the Pula Graphite Project has a compliant Indicated Mineral Resource of 34.7 Mt grading at 6.13% TGC. At the same cut-off grade, the project area has a compliant Inferred Mineral Resource of 62 Mt grading at 5.81% TGC. This assessment is based on modelling for only one and a half zones out of five zones on the tenement.

These estimates formed the base case for the updated Independent Business Plan in February 2023. Both the Ni-43-101 report and Independent Business Plan can be located at <https://www.thepulagroup.org/mining>

4 Mining method and processing philosophy

4.1 Mining methodology

Owing to the nature of the geology for this project and the fact that the graphite mineralisation is close to the surface, the most appropriate mining method would be via traditional open pit mining operations. The very nature of an open pit allows for the scalability of mining production tightly corresponds to the geometry of the orebody and ore production rates. The mining approach is also treated in a modular fashion, whereby the mining fleet can be scaled up and duplicated as may be required. It is important to highlight that the first 25 m of the orebody, and its host rock, can be dug freely without blasting. Only once this limit is reached, drilling and blasting techniques be introduced to fragment the ore in an appropriate manner.

4.2 Metallurgical processing

In addition to testing completed at international labs such as SGS, Bureau Veritas and AMGC, Pula issued approximately 2 kg of graphitic schist material to an accredited laboratory in Zimbabwe, Peacocke & Simpson (P&S). The metallurgical testwork results suggested that a 2-stage flotation process should be adopted to upgrade the graphitic schist material to achieve a minimum concentrate grade of 95%. The P&S report showed that it was possible

der DMT, eine regelkonforme Mineralienschätzung zu erstellen. Die Ergebnisse der Mineralressourcen zeigen, dass das Graphitprojekt Pula über eine konforme angezeigte Mineralressource von 34,7 Mio. t mit einem Gehalt von 6,13% TGC verfügt. Bei demselben Cut-off-Gehalt weist das Projektgebiet eine konforme abgeleitete Mineralressource von 62 Mio. t mit einem Gehalt von 5,81% TGC auf. Diese Bewertung basiert auf der Modellierung von nur eineinhalb der fünf Zonen auf der Liegenschaft.

Diese Schätzungen bildeten die Grundlage für den aktualisierten unabhängigen Geschäftsplan im Februar 2023. Sowohl der Ni-43-101-Bericht als auch der unabhängige Geschäftsplan können unter <https://www.thepulagroup.org/mining> abgerufen werden.

4 Abbauverfahren und Aufbereitungsphilosophie

4.1 Abbaumethodik

Aufgrund der geologischen Beschaffenheit dieses Projekts und der Tatsache, dass die Graphitmineralisierung nahe an der Oberfläche liegt, wäre die am besten geeignete Abbaumethode der traditionelle Tagebau. Die Beschaffenheit eines Tagebaus ermöglicht die Skalierbarkeit der Abbauproduktion in enger Abstimmung mit der Geometrie des Erzkörpers und den Erzproduktionsraten. Das Abbaukonzept ist außerdem modular aufgebaut, sodass die Abbauflotte je nach Bedarf vergrößert und vervielfältigt werden kann. Es ist wichtig hervorzuheben, dass die ersten 25 m des Erzkörpers und seines Nebengesteins ohne Sprengungen abgebaut werden können. Erst wenn diese Grenze erreicht ist, werden Bohr- und Sprengtechniken eingesetzt, um das Erz in geeigneter Weise zu zerkleinern.

4.2 Metallurgische Aufbereitung

Zusätzlich zu den Tests, die in internationalen Labors wie SGS, Bureau Veritas und AMGC durchgeführt wurden, gab Pula etwa 2 kg graphitisches Schiefermaterial an ein akkreditiertes Labor, Peacocke & Simpson (P&S), in Simbabwe ab. Die Ergebnisse der metallurgischen Tests legten nahe, dass ein zweistufiges Flotationsverfahren angewandt werden sollte, um das graphitische Schiefermaterial so aufzubereiten, dass ein Mindestkonzentratgehalt von 95% erreicht wird. Der Bericht von P&S zeigte, dass es möglich war, das Material auf 95% zu verbessern. P&S unterzog dieses Konzentratmaterial dann einer dritten Runde einer sauberen Flotation und konnte das Konzentrat auf 96,5% aufwerten.

Während der nächsten Runde der Machbarkeitsstudien wird eine umfassendere metallurgische Testkampagne durchgeführt werden, um den Prozessablauf für dieses spezielle Erz zu bestätigen. Auf Grundlage der derzeit verfügbaren Informationen werden die folgende Verarbeitungsmethode und metallurgische Anlage übernommen.

Das Erz wird aus dem Tagebau auf die Halden transportiert, wo es vor der Weiterleitung an die Aufbereitungsanlage gelagert wird. Das Erz wird von diesen Halden in einen Primärbunker befördert, wo ein Plattenbandförderer das Material über einen vibrierenden Grizzlyfeeder transportiert, der für eine Korngröße von etwa 150 mm ausgelegt ist. Der Überkornanteil des Aufgabereisters wird einem Backenbrecher zugeführt, der ein 150 mm großes Produkt erzeugt. Dieses zerkleinerte Material wird zusammen mit dem Unterkorn auf ein Förderband gegeben, das ein Doppeldecker-Schwingsieb beschickt. Das Überkorn des Siebs wird durch einen sekundären und möglicherweise einen tertiären Walzenbrecher geleitet, um die Größe weiter auf 15 mm zu reduzieren.

to upgrade the material to 95%. P&S, then took this concentrate material and subjected it to a third round of cleaner flotation and was able to upgrade the concentrate to 96.5%.

During the next round of feasibility studies, a more comprehensive metallurgical testwork campaign will be conducted to confirm the process flow for this specific ore. Based on the information currently available, the following processing route and metallurgical facility will be adopted.

The ore will be transported from the open pit onto the run of mine (ROM) pad where it will be stockpiled ahead of reporting to the plant. Ore will be fed from these stockpiles into a primary bin where an apron feeder will convey the material over a vibrating grizzly feeder designed to cut at around 150 mm. Oversize from the grizzly feeder will be fed into a jaw crusher set to produce a 150 mm product. This crushed material will join the grizzly undersize onto a conveyor feeding a double deck vibrating screen. The screen oversize will be fed through a secondary and possibly a tertiary roll crusher to further reduce the size down to 15 mm.

Material from the secondary and tertiary crushers will be in closed circuit with the jaw crusher discharge screen. The double deck screen undersize at 15 mm will be fed through a rod mill. Rod mills typically produce a coarser product than the equivalent ball mill, which protects the integrity of the graphite flakes. Rod mill discharge will be fed to the rougher flotation circuit with the tails from these cells reporting to a regrind ball mill to further grind the material to a suitable size for the scavenger flotation circuit.

Concentrate from the rougher and scavenger flotation cells will be fed to the cleaning and recleaning flotation circuits. The recleaner concentrate will be filtered to produce a filter cake ready for drying and then dispatch as the final product. Pine oil is typically used as a frother to stabilize froth in the flotation cells and the collector used is normally kerosene and/or pine oils.

It is important to highlight that these crushers and grinding steps are designed to ensure only minimal ultra-fines are generated, as these would be detrimental to the flotation circuit and ultimately affect the quality of the final product flake sizes. However, although the ultra-fine material will be minimized, Pula will further utilize the fines product to support its business case and enter the long life battery production market.

The DMT competent persons report presents the findings of some initial flotation sampling testwork conducted, in addition to the work done by P&S. The combined results suggest a graphite flotation recovery that ranges between 73 and 86%, with an overall average of 80% that is achievable. This means that at the run of mine production of 150 kt/month, a concentrate tonnage of greater than 7,200 t/month is achievable; or, for the First Pit-First Plant scenario, at 20 kt/month a concentrate of 1,000 t/month is achievable. In other words, the First Pit-First Plant scenario will generate approximately 12 kt/a of concentrate and the Full Production scenario will generate approximately 80 kt/a of concentrate.

4.2 Production profile

Based on the current market conditions and that Pula has a MOU in place with a Singapore trading company, it was prudent to investigate a mining operation with a minimum 25 year life of mine. The original base case project economics looked at a production

Das Material aus dem Sekundär- und Tertiärbrecher wird in einem geschlossenen Kreislauf mit dem Austragssieb des Backenbrechers geführt. Das Unterkorn des Doppeldecksiebs in einer Größe von 15 mm wird durch eine Stabmühle geleitet. Stabmühlen erzeugen in der Regel ein gröberes Produkt als eine entsprechende Kugelmühle, wodurch die Integrität der Graphitflocken geschützt wird. Der Austrag aus der Stabmühle wird dem Kreislauf der Grobflotation zugeführt, wobei die Rückstände aus diesen Zellen einer Nachmahl-Kugelmühle zugeführt werden, um das Material weiter auf eine geeignete Größe für den Spülflotationskreislauf zu zerkleinern.

Das Konzentrat aus den Grob- und Spülflotationszellen wird den Reinigungs- und Nachreinigungsflotationskreisläufen zugeführt. Das Reinigungskonzentrat wird gefiltert, um einen Filterkuchen zu erzeugen, der getrocknet und dann als Endprodukt versandt wird. Kiefernöl wird in der Regel zur Schaumbildung verwendet, um den Schaum in den Flotationszellen zu stabilisieren. Als Sammler wird normalerweise Kerosin und/oder Kiefernöl verwendet.

Es ist wichtig hervorzuheben, dass diese Brecher und Mahlstufen so ausgelegt sind, dass nur ein minimaler Feinstanteil erzeugt wird, da dieser für den Flotationskreislauf schädlich wäre und letztlich die Qualität der Flockengrößen des Endprodukts beeinträchtigen würde. Obwohl das ultrafeine Material auf ein Minimum reduziert wird, wird Pula das feine Produkt weiterverwenden, um sein Geschäftsmodell zu unterstützen und in den Markt für die Herstellung langlebiger Batterien einzusteigen.

Der Bericht der DMT-Sachverständigen präsentiert die Ergebnisse einiger erster Flotationsproben, die zusätzlich zu den Arbeiten von P&S durchgeführt wurden. Die kombinierten Ergebnisse deuten auf eine Graphitflotationsausbeute hin, die zwischen 73 und 86% liegt, wobei ein Gesamtdurchschnitt von 80% erreicht werden kann. Das bedeutet, dass bei einer Bergwerksproduktion von 150 kt/Monat eine Konzentrattonnage von mehr als 7.200 t/Monat erreicht werden kann; oder, für das Szenario First Pit-First Plant, bei 20 kt/Monat ein Konzentrat von 1.000 t/Monat erreicht werden kann. Mit anderen Worten werden im Szenario First Pit-First Plant ca. 12 kt/a Konzentrat und im Szenario von voller Produktion ca. 80 kt/a Konzentrat erzeugt.

4.2 Produktionsprofil

Angesichts der aktuellen Marktbedingungen und der Tatsache, dass Pula eine Absichtserklärung mit einem Handelsunternehmen in Singapur abgeschlossen hat, war es ratsam, einen Bergbaubetrieb mit einer Mindestlebensdauer von 25 Jahren zu untersuchen. Das ursprüngliche wirtschaftliche Basisszenario des Projekts sah eine Produktionsrate von 150.000 t Erz pro Monat vor, die aus dem Bergwerk stammen. Die Anlaufzeit bis zur vollen Produktion beträgt in diesem Fall etwa fünf Jahre.

Nach sorgfältiger Prüfung wurde festgestellt, dass es möglich ist, dieses Projekt in zwei Stufen zu entwickeln, d.h. Stufe 1 als modulares Bergwerk, um eine frühe Produktion und Einnahmen zu erzielen, die zu einem größeren Betrieb führen, der jederzeit erweitert werden kann – unter Verwendung des modularen Ansatzes, der wiederholbar und skalierbar ist.

Die erste Stufe, die als First Pit-First Plant bezeichnet wird, ermöglicht einen Betrieb von etwa 20 kt/Monat RoM-Erz im Vergleich zur Vollproduktion, d.h. 150 kt/Monat. Ausgehend vom aktuellen geologischen Modell, das bis zu einer Teufe von etwa 25 m unter

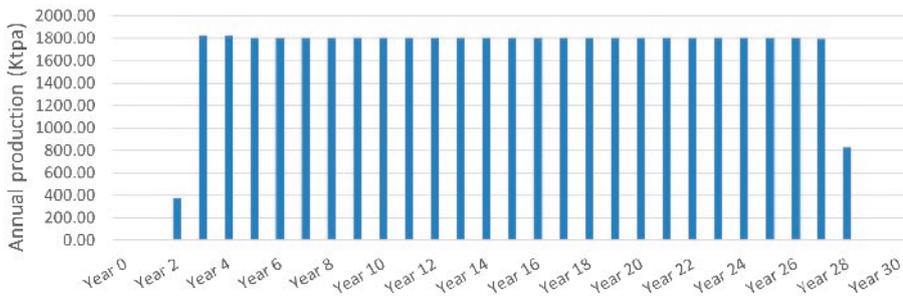


Fig. 5. Combined Run of Mine ore production profile.

Bild 5. Kombiniertes Run-of-Mine-(RoM)-Erzproduktionsprofil. Source/Quelle: Pula

rate of 150,000 t of run of mine (RoM) ore per month. The ramp-up period to full production, in this case, is approximately five years.

After careful consideration, it was found that it will be possible to develop this project in two stages, i. e. stage 1 as a modular mine to achieve early production and revenues, leading into a larger operation that can be scaled up at any point time – utilizing the modular approach, which is repeatable and scaleable.

The first stage, referred to as the First Pit-First Plant, accommodates an operation of approximately 20 kt/month of RoM ore versus full production, i. e. 150 kt/month. Emanating from within the current geology model, and capping the model to a depth of approximately 25 m below surface, a preliminary first mining pit was designed. The First Pit-First Plant, will have a production profile as shown in figure 5.

Owing to the modular approach, it will be possible to scale the project up at an appropriate point in time that makes sound economic sense.

4.3 Techno-economic analysis

As an example, a combined production profile could look as follows, with a ramp-up period of three years.

Technical-economic or techno-financial models were prepared to evaluate the scenarios First Pit-First Plant and Full Production respectively. The financial evaluation has been built on the understanding of the graphite value chain, i. e. taking raw graphite ore from the mine, through beneficiation (crushing and flotation processes) and ultimately producing a 95% TGC concentrate suitable for sale into the market. All technical and economic parameters/assumptions used in the TFM to test the business case have emanated from benchmarking against other operations of a similar size and nature from database, past experience and from information available in the public domain.

Based on the timeframes typical for project development, the construction of the First Pit-First Plant project could begin as early as September 2023 aiming to start production in the first quarter of 2024.

The First Pit-First Plant project has sufficient mineral resource in the first pit to operate for several years, while confirming the assumptions and parameters for a Full Production upgraded project. At this stage of the project development, to generate a life of mine of 25 years for the full production, it was prudent to consider 100% of the Indicated Resource estimate and only 15% of the Inferred Resource. Therefore, providing a 25-year mineable tonnage of 44 Mt at 6.06% TGC. It must be highlighted that Pula is currently embarking on an advanced exploration programme to upgrade

der Oberfläche reicht, wurde ein vorläufiger erster Tagebau entworfen. Die First Pit-First Plant wird ein Produktionsprofil haben, wie in Bild 5 dargestellt.

Dank des modularen Ansatzes wird es möglich sein, das Projekt zu einem geeigneten Zeitpunkt, der wirtschaftlich sinnvoll ist, zu erweitern.

4.3 Technisch-wirtschaftliche Analyse

Ein kombiniertes Produktionsprofil könnte z. B. wie folgt aussehen, mit einer Anlaufzeit von drei Jahren.

Es wurden technisch-wirtschaftliche bzw. technisch-finanzielle Modelle erstellt, um die Szenarien First Pit - First Plant bzw. Volle Produktion zu bewerten. Die finanzielle Bewertung basiert auf dem Verständnis der Graphit-Wertschöpfungskette, d. h. der Entnahme von Rohgraphit aus dem Bergwerk, der Aufbereitung (Brech- und Flotationsverfahren) und schließlich der Herstellung eines 95%igen TGC-Konzentrats, das für den Verkauf auf dem Markt geeignet ist. Alle technischen und wirtschaftlichen Parameter/Annahmen, die im TFM zur Prüfung des Business Case verwendet wurden, stammen aus einem Benchmarking mit anderen Betrieben ähnlicher Größe und Art aus Datenbanken, früheren Erfahrungen und öffentlich zugänglichen Informationen.

Ausgehend von den für die Projektentwicklung typischen Zeitrahmen könnte der Bau des Projekts First Pit-First Plant bereits im September 2023 beginnen, um die Produktion im ersten Quartal 2024 aufzunehmen.

Das Projekt First Pit-First Plant verfügt über ausreichende Mineralressourcen in der ersten Grube, um mehrere Jahre lang in Betrieb zu sein und gleichzeitig die Annahmen und Parameter für eine Projekterweiterung auf volle Produktion zu bestätigen. In diesem Stadium der Projektentwicklung war es ratsam, 100% der angezeigten Ressourcenschätzung und nur 15% der abgeleiteten Ressourcen zu berücksichtigen, um eine Lebensdauer des Bergwerks von 25 Jahren für die volle Produktion zu erreichen. Daraus ergibt sich eine abbaubare Tonnage von 44 Mio. t bei 6,06% TGC für 25 Jahre. Es muss hervorgehoben werden, dass Pula derzeit ein fortgeschrittenes Explorationsprogramm durchführt, um die Mineralressourcenschätzungen zu aktualisieren und alle drei Kategorien, d. h. gemessene, angezeigte und abgeleitete Ressourcen, einzubeziehen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden dann die gemessenen und angezeigten Ressourcen in wahrscheinliche und nachgewiesene Mineralreserven umgewandelt.

Die Finanzierung derartiger Projekte ist ein kreatives Unterfangen. Im Großen und Ganzen gibt es fünf Möglichkeiten, die Finanzierung zu strukturieren, die notwendig ist, um das Projekt zur vollen Produktion zu bringen:

- Eigenkapital,
- Kombination aus Fremd- und Eigenkapital,
- Schulden,
- in Eigenkapital wandelbares Fremdkapital und
- Vorauszahlungsfazität für Abnahmen.

Bislang hat Pula einen amerikanischen Hauptinvestor, die BVG, die eine Kapitalbeteiligung an der Muttergesellschaft hält. Diese

the mineral resource estimates to include all three categories, i.e., measured, indicated, and inferred resources. The feasibility study activities will then convert the measured and indicated resources into probable and proven mineral reserves.

Financing projects like this is a creative enterprise. There are, broadly, five potential ways to structure the financing necessary to get the project to full production:

- equity;
- combination of debt-equity;
- debt;
- debt convertible to equity; and
- pre-payment facility for offtake.

To-date Pula has an American lead investor, BVG, which has an equity stake in the parent company. That investment has enabled Pula to further develop the project, among other things. The company is currently in advanced stage talks with a quasi-governmental South Africa entity for capital for further project development and final stage debt to get the project to full production. Pula is actively engaging other interested parties to satisfy its financial needs to bring the project to full production. At full production, the project will require about 115 M US\$ in funding.

5 Conclusion

Projects such as Pula's Ruangwa Graphite are essential to the fair integration of Tanzania into the global supply chain for batteries. The Pula project lays a strong foundation during exploration that builds on local and international strengths, collaboration, and trends. Pula's work lays the foundation for international engagement in Tanzania's mining sector among MSP partners. There is a particularly important role for Germany to play, given its manufacturing and mining history – which includes Tanzania – technical expertise, small and medium size enterprise and current government incentive for e-transportation and clean energy.

German commitment to being a leader in the green energy transition has been benchmarked in a number of ways. As a part of its COVID recovery package Germany included 3.4 bn € to further the transition to hybrid and e-vehicles. Another example of Germany's commitment to lead in the green energy transition taking place is its membership in Minerals Security Partnership. Finally, its concerted effort to engage in countries like Tanzania is perhaps the strongest indicator that Germany is committed to helping define the "green" energy sector and not be defined by it.

Pula's Ruangwa Graphite Project represents a unique opportunity for collaboration involving America, Tanzania and Germany. This potential collaboration starts with an American company with a high quality, large quantum of graphite resource in the United Republic of Tanzania. Germany has placed big bets on green energy technologies, bringing capital and expertise to the table. The combination of American ingenuity, German technical capacity and market potential and high quality graphite resources in Tanzania complete the circle of a potentially unique partnership. This collaboration could well be the critical link in securing the supply of critical minerals the MSP was formed to secure and, at the same time, position the partners in the collaborative to be leaders in the green energy revolution currently underway.

Investition hat es Pula u.a. ermöglicht, das Projekt weiterzuentwickeln. Das Unternehmen befindet sich derzeit in fortgeschrittenen Gesprächen mit einer quasi-staatlichen südafrikanischen Einrichtung, um Kapital für die weitere Projektentwicklung und die Endphase der Fremdfinanzierung zu erhalten, damit das Projekt in die volle Produktion gehen kann. Pula bemüht sich aktiv um andere interessierte Parteien, um seinen Finanzbedarf zu decken und das Projekt zur vollen Produktion zu bringen. Bei voller Produktion wird das Projekt ca. 115 Mio. US-\$ an Finanzmitteln benötigen.

5 Schlussfolgerung

Projekte wie das Ruangwa-Graphitprojekt von Pula sind für die faire Integration Tansania in die globale Lieferkette für Batterien von wesentlicher Bedeutung. Das Pula-Projekt legt während der Exploration ein starkes Fundament, das auf lokalen und internationalen Stärken, Kooperationen und Trends aufbaut. Die Arbeit von Pula legt den Grundstein für das internationale Engagement der MSP-Partner im tansanischen Bergbausektor. Deutschland spielt dabei eine besonders wichtige Rolle, da es über eine lange Geschichte in der Industrie und im Bergbau verfügt, zu der auch Tansania gehört, sowie über technisches Know-how, kleine und mittelständische Unternehmen und aktuelle staatliche Anreize für E-Transport und saubere Energie.

Das deutsche Engagement für eine führende Rolle bei der Umstellung auf grüne Energie wurde auf verschiedene Weise bewertet. Im Rahmen des COVID-Konjunkturpakets hat Deutschland 3,4 Mrd. € für die Förderung des Übergangs zu Hybrid- und Elektrofahrzeugen bereitgestellt. Ein weiteres Beispiel für Deutschlands Engagement, bei der grünen Energiewende eine Vorreiterrolle einzunehmen, ist seine Mitgliedschaft in der Mineralien-Sicherheitspartnerschaft. Und schließlich sind die konzertierten Bemühungen Deutschlands, sich in Ländern wie Tansania zu engagieren, vielleicht der stärkste Indikator dafür, dass Deutschland sich verpflichtet, den „grünen“ Energiesektor mitzugestalten und nicht von ihm bestimmt zu werden.

Das Ruangwa-Graphitprojekt von Pula stellt eine einzigartige Gelegenheit für eine Zusammenarbeit zwischen den USA, Tansania und Deutschland dar. Diese potentielle Zusammenarbeit beginnt mit einem amerikanischen Unternehmen, das in der Vereinigten Republik Tansania über ein hochwertiges und umfangreiches Graphitvorkommen verfügt. Deutschland setzt in großem Umfang auf grüne Energietechnologien und bringt Kapital und Fachwissen mit ein. Die Kombination aus amerikanischem Einfallsreichtum, deutschen technischen Kapazitäten und Marktpotentialen sowie hochwertigen Graphitvorkommen in Tansania schließt den Kreis zu einer potentiell einzigartigen Partnerschaft. Diese Zusammenarbeit könnte das entscheidende Bindeglied sein, um die Versorgung mit wichtigen Mineralien zu sichern, für die die MSP gegründet wurde, und gleichzeitig den zusammenarbeitenden Partnern die Chance geben, Pioniere in der derzeit stattfindenden grünen Energierevolution zu sein.

Authors / Autoren

Ambassador Charles Stith, Dr. Mimi Stith, Yusuph Karim Mmbaga B.Sc., Dr. Kenneth Jennings, The Pula Group, Dar es Salaam/Tanzania, Breton Scott M. Sc., Bowline Professional Services (Pty) Ltd, Johannesburg/South Africa