

Tantal

Informationen zur Nachhaltigkeit



73 180,95

Ta

Tantal

AUF EINEN BLICK

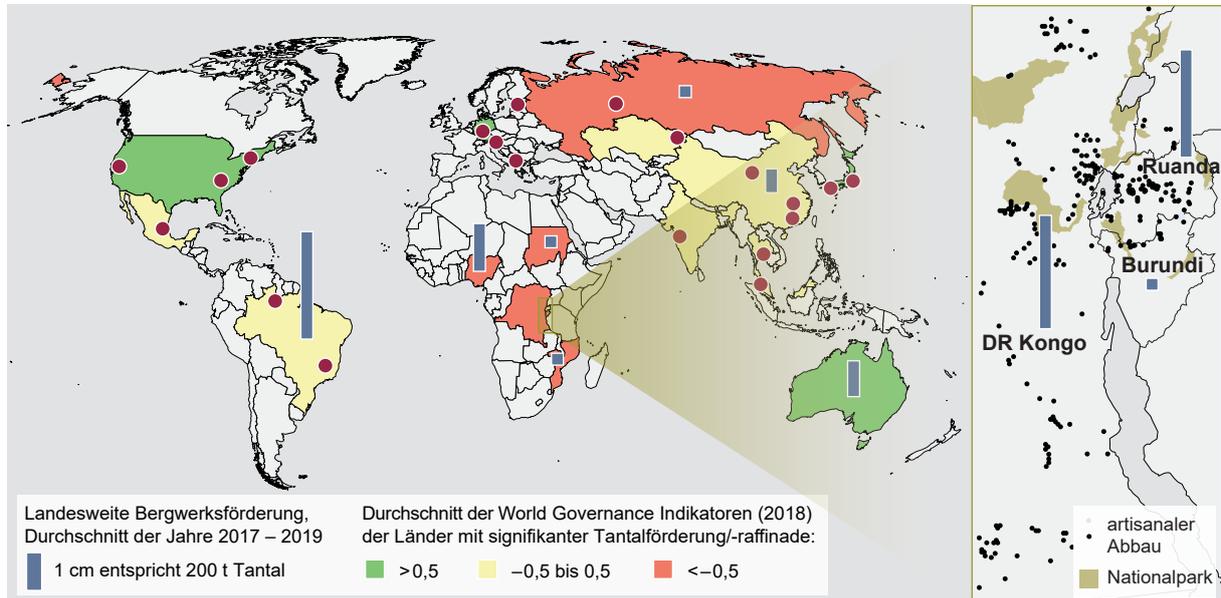


Abb. 1: Verteilung der globalen Bergwerksförderung sowie der Standorte für die primäre Aufbereitung und Raffinade von Tantal (rote Kreise), einschließlich Zinnhütten, von denen anzunehmen ist, dass sie signifikant tantalhaltige Schlacke erzeugen. Falls mehrere Standorte im Kartenmaßstab überlappen, werden diese in der Darstellung als eine gemeinsame Kreismarkierung zusammengefasst.

- Der **artisanale Kleinbergbau** trug im vergangenen Jahrzehnt etwa 60 % zur globalen Primärförderung von Tantal bei. Er stellt eine wichtige Lebensgrundlage für mehrere zehntausend Menschen dar. Eine hohe artisanale Förderung besteht in der DR Kongo, Ruanda, Nigeria und Brasilien. Kleinere Mengen werden unter anderem in Burundi, Mosambik und Äthiopien gefördert.
- **Soziale und ökologische Probleme** des Tantalsektors betreffen vor allem Landnutzungskonflikte, Bodenerosion und Entwaldung sowie die mangelnde Arbeitssicherheit im Kleinbergbau. Die natürliche Radioaktivität von Tantal-Konzentraten und Abfällen aus der Aufbereitung stellt eine Herausforderung für die globale Lieferkettenlogistik und die Abfallentsorgung dar.
- Die illegale **Finanzierung bewaffneter Gruppen** im Umfeld von Gewinnung und Handel von Tantal-Konzentraten im Ostkongo ist im letzten Jahrzehnt zurückgegangen, Transparenz und Nachverfolgbarkeit der globalen Tantal-Lieferketten wurden deutlich verbessert. Trotz dieser Fortschritte bestehen jedoch nach wie vor Schmuggel- und Konfliktfinanzierungsrisiken. Kinderarbeit ist im Tantalsektor hingegen relativ wenig verbreitet.
- Seit dem 1.1.2021 ist die **EU-Verordnung zur Sorgfaltspflicht in der Lieferkette** von den EU-Einführern von Tantal umzusetzen. Lokale Systeme zur Unterstützung der Sorgfaltspflicht sind in der afrikanischen Region der Großen Seen bereits seit mehreren Jahren operativ. Vor dem Hintergrund ihrer globalen Ausrichtung werden sich allerdings auch artisanale Tantal-Produzenten in anderen Konflikt- und Hochrisikogebieten auf die neuen Anforderungen der EU-Verordnung einstellen müssen.

INHALT

1	Relevanz von Tantal	S. 3
2	Von der Lagerstätte zum Metall	S. 3
3	Recycling	S. 9
4	Nachhaltigkeitsaspekte des Bergbaus	S. 10
5	Nachhaltigkeitsaspekte der Weiterverarbeitung	S. 15
6	Quellennachweis	S. 17

1 RELEVANZ VON TANTAL

Die globale Tantal-Bergwerksförderung hat einen Marktwert von wenigen hundert Millionen US Dollar pro Jahr. Damit repräsentiert Tantal einen verhältnismäßig kleinen Rohstoffsektor. Im industriellen Bergbau ist die Gewinnung von Tantal aktuell meist nur als Nebenprodukt wirtschaftlich. Dennoch ist Tantal oder auch dessen in Zentralafrika im artisanalen Kleinbergbau gewonnenes Erzkonzentrat Coltan vielen Menschen aus der medialen Berichterstattung heraus ein Begriff. Grund dafür ist einerseits die relativ hohe Versorgungsrelevanz von Tantal für die Elektronikindustrie. Andererseits reflektiert dies die Risiken der Konfliktfinanzierung in Verbindung mit dem artisanalen Abbau und Handel von Tantalit. Derartige Risiken wurden seit den späten 1990er Jahren im Osten der DR Kongo beschrieben. Aufgrund dieser Zusammenhänge wird Tantal, gemeinsam mit Gold, Zinn und Wolfram, als sogenanntes Konfliktmineral angesprochen.

Die Elektronik- und Kommunikationsindustrie repräsentiert den mit Abstand wichtigsten Abnehmer für aus Tantal gefertigte Komponenten und Materialien. Zum Einsatz kommen dort Tantal-Elektrolytkondensatoren, aus Tantal-Chemikalien gefertigte Akustische-Oberflächenwellen-Filter („SAW-Filter“) und optische Beschichtungen, sowie die Oberflächenbeschichtung von Halbleitern und weiteren Komponenten mittels Kathodenzerstäubung („Sputter Targets“). Mit einem Anteil von 37 % am globalen Tantalbedarf (in 2019) stellen Kondensatoren das größte Marktsegment dar. Die Anteile von Tantal-Chemikalien und Sputter Targets am Tantalbedarf betragen 18 % respektive 14 % [1].

Aufgrund seines relativ hohen Preises und zum Teil auch wegen seiner Rolle als Konfliktmineral steht Tantal seit vielen Jahren unter Substitutionsdruck. Der Markt für Kondensatoren wird mittlerweile von Keramikvielschicht-Chipkondensatoren („MLCC“) dominiert. Daneben kommen Kondensatoren auf Aluminium- oder Niobbasis zum Einsatz. Tantal-Kondensatoren repräsentieren nur noch etwa 1 % der global verbauten Einheiten, allerdings 8 % des Marktwertes. Ein Smartphone enthält hunderte Kondensatoren, darunter jedoch lediglich einzelne Tantal-Kondensatoren [1]. Auch der Tantalbedarf im Marktsegment der SAW-Filter ist rückläufig.

Allerdings kann sich Tantal als Material für spezielle Anwendungszwecke nach wie vor am Markt behaupten, sodass der Gesamtmarkt weiterhin moderat wächst. Dies reflektiert besondere Anforderungen durch die fortgesetzte Miniaturisierung von Elektronikprodukten sowie die hohe Verlässlichkeit und Strapazierfähigkeit

von aus Tantal gefertigten Komponenten. Aufgrund der Miniaturisierung sinkt jedoch die pro Einheit verbaute Menge an Tantal. In den 1970er Jahren enthielt ein Kondensator noch 600 – 800 mg Tantal, mittlerweile liegt die Menge bei weniger als 10 mg [2]. Neben Elektronik- und Kommunikationsprodukten stellt der wachsende Markt für Elektrofahrzeuge ein Einsatzfeld für Kondensatoren und weitere Komponenten auf Tantalbasis dar. Dies reflektiert, dass derartige Fahrzeuge im Vergleich zu konventionellen Verbrennern deutlich mehr elektronische Bauteile enthalten. Da diese in den Fahrzeugen zudem einer hohen Belastung ausgesetzt sind, ist der Einsatz von besonders strapazierfähigen Komponenten auf Tantalbasis von Vorteil.

Mit einem Anteil von 17 % am Tantalbedarf des Jahres 2019 ist der Einsatz von Tantal als Additiv in Superlegierungen ein wichtiges Marktsegment außerhalb des Elektroniksektors. Derartige Legierungen, meist auf Nickelbasis mit einem Tantalgehalt von 3 – 11 %, werden etwa zur Hälfte in der Luft- und Raumfahrtindustrie eingesetzt, primär beim Triebwerksbau [1]. Aufgrund des Rückgangs der zivilen Luftfahrt ist dieser Sektor in besonderem Maße von den wirtschaftlichen Folgen der Coronavirus-Pandemie betroffen. Ein geringer Anteil des Tantals wird zu Halbzeugen und Hartmetall verarbeitet, beispielsweise für die chemische Industrie, als Werkzeugstahl oder als Implantat in der Medizintechnik.

2 VON DER LAGERSTÄTTE ZUM METALL

2.1 Geologie

Die wichtigsten Lagerstättentypen von Tantal umfassen Pegmatite, an seltenen Metallen angereicherte Granite, alkaline Granite und Syenite sowie Karbonatite (Tabelle 1). Die mit alkalinen Graniten und Syeniten verbundenen Lagerstätten enthalten die weltweit größten ausgewiesenen Vorräte an Tantal. Die aktive Förderung erfolgt hingegen zum Großteil aus Pegmatiten. Der Unterschied zwischen der Förder- und Vorratssituation erklärt sich vor allem aus der derzeitigen Dominanz der Tantal-Förderung aus dem artisanalen Kleinbergbau. Dieser ist auf Pegmatite konzentriert, bislang erfolgt dort keine Ausweisung an Vorräten.

Die Tantal-Mineralisation ist in allen Lagerstättentypen charakteristisch mit weiteren Metallen assoziiert, die wirtschaftsgeologisch meist die Rolle des Primärprodukts einnehmen (Tabelle 1). Je nach Lagerstättentyp bezieht sich dies vor allem auf Zinn, Lithium oder

Tabelle 1: Wirtschaftsgeologische Merkmale wichtiger Lagerstättentypen für Tantal

Lagerstättentyp	Primärrohstoff	Globaler Anteil an Förderung & Vorräten	Wirtschaftlich relevante Erzgehalte (Durchschnitt / Variationsbreite)
Pegmatite	Meist Lithium (industriell) oder Tantal (artisanal)	78 % (Förderung) 38 % (Vorräte)	190 g / t Ta (20 – >2000 g/t), 1 % LiO ₂ (0,2 – 2,4 %), variable Sn- und Nb-Gehalte
Seltene-Metall-Granite	Lithium (primäre Tantal-Projekte inaktiv)	5 % (Förderung) 4 % (Vorräte)	150 g/t Ta (110 – 210 g/t), variable Li-, Sn- und Nb-Gehalte
Alkaline Granite und Syenite	Oft Seltene Erden, z. T. Zinn, Zirkon; Niob-Projekte meist inaktiv	12 % (Förderung) 51 % (Vorräte)	180 g/t Ta (80 – 270 g/t), 0,15 % Nb (0,01 – 0,3 %), variable REE- und Sn-Gehalte
Karbonatite	Oft Seltene Erden, z. T. Tantal-Niob	0 % (Förderung) 6 % (Vorräte)	150 g/t Ta (80 – 210 g/t), 0,3 % Nb (0,1 – 0,6 %), variable REE-Gehalte
Zinnschlacke	Tantal	5 % (Förderung) Signifikante Vorräte	Niedrige Gehalte circa 1 % Ta; hochgradig 2 – 3 % Ta, bis zu 25 % (Ta,Nb) ₂ O ₅

Lagerstättenklassifizierung orientiert an [3]. Datenquelle für Förderung, Vorräte und Erzgehalte: projektspezifische Auswertung entsprechender Eingangsdaten aus [4] und BGR-seitig ergänzten Angaben zu artisanalen Projekten. Die Förderung bezieht sich auf den Durchschnitt der Jahre 2017 – 2019. Für die Berechnung der Vorräte wurden nur aktive in der Entwicklung befindliche Projekte, aktiv produzierende sowie temporär stillgelegte Bergwerke berücksichtigt, deren jüngste Angaben zu Vorräten nicht weiter zurückdatieren als 2011. Die in Zinnschlacke enthaltenen Tantal-Vorräte sind nicht standardisiert quantifiziert und wurden daher nicht in die Berechnung der Vorräte einbezogen. Vorräte hier definiert als Summe von Reserven und Ressourcen.

Seltene Erden. Aufgrund der chemischen Ähnlichkeit zu Tantal besteht zudem fast immer eine Assoziation mit Niob. Die Vergesellschaftung der unterschiedlichen Metalle reflektiert, dass die Elemente im Zuge der magmatischen Differenzierung vor der Bildung der Lagerstätten gemeinsam angereichert werden. Diese genetischen Prozesse bedingen zudem, dass Tantalerze erhöhte Uran- und Thoriumgehalte (natürliche

Radioaktivität) aufweisen. Die globale Verteilung der Tantal-Gewinnung nach assoziiertem Primärprodukt unterscheidet sich deutlich von der Verteilung der Vorräte nach Primärprodukt (Abb. 2). Diese Unterschiede in der Verteilung erklären sich in erster Linie wiederum aus dem hohen Einfluss des Kleinbergbaus auf die aktive Förderung, wohingegen dieser Einfluss in den ausgewiesenen Tantal-Vorräten nicht reflektiert wird.

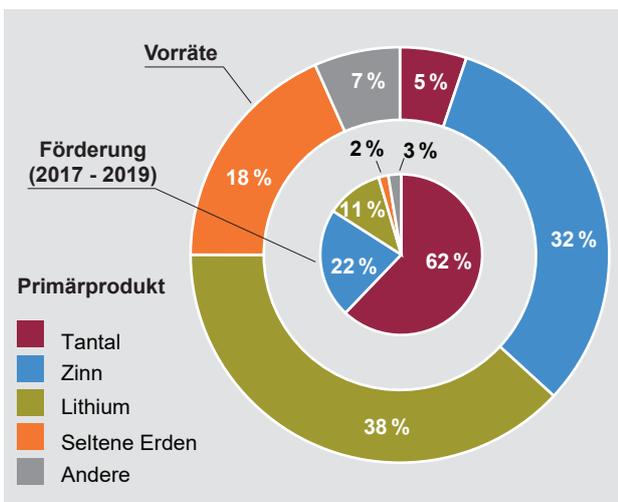


Abb. 2: Anteilige Tantal-Förderung und bekannte Tantal-Vorräte nach assoziiertem Primärrohstoff. Die Auswertung basiert auf den unter Tabelle 1 angegebenen Methoden und Projekt-Auswahlkriterien. Die Verteilung der Förderung berücksichtigt den Beitrag des Kleinbergbau (mit landesspezifischen Primärrohstoffen), während für die artisanalen Lagerstätten keine Vorräte ausgewiesen sind.

Mineralogisch tritt Tantal nahezu ausschließlich in Form von Oxiden in unterschiedlichen Erzmineralen auf. Wirtschaftsgeologisch am bedeutendsten sind die Minerale der Columbit-Tantalit-Serie. Das Mischkonzentrat dieser und weiterer Tantal-Erzminerale, beispielsweise aus der Microlith-Gruppe, wird im zentralafrikanischen Kleinbergbau als Coltan angesprochen. Das Erz ist nur selten mit Sulfiden und Schwermetallen wie Arsen assoziiert. Dementsprechend bestehen in Tantal-Lagerstätten kaum Risiken für die Entstehung saurer Grubenwässer und die Kontamination von Gewässern mit Schwermetallen.

Die Tantalgehalte im Erz sind in den verschiedenen Lagerstättentypen relativ ähnlich ausgeprägt. Häufig liegen die durchschnittlichen Tantalgehalte bei 0,01 – 0,03 %, in Pegmatiten bei bis zu 0,05 %. Höhere Konzentrationen bis zu etwa 0,2 % Tantal treten in einzelnen Pegmatit-Lagerstätten auf, sind jedoch eher die Ausnahme. Niedrigere Tantalgehalte im Erz bestimmter Zinnlagerstätten können wirtschaftlich dennoch relevant sein, da Tantal bei der Zinnverhüttung in der Schla-

cke je nach Herkunft des Erzes auf Gehalte von etwa 1 – 3 % (teils auch höher) angereichert werden kann. In Pegmatit-Lagerstätten ist die Mineralisation in Gängen konzentriert. In den weiteren Lagerstättentypen tritt Tantal fein verteilt in großen Erzkörpern auf. Pegmatitische und granitische Lagerstätten in Afrika und Brasilien zeigen häufig intensive Verwitterungserscheinungen und eine damit verbundene sekundäre Anreicherung.

Laut den in [4] hinterlegten Projektdaten, liegen die Erzkörper der derzeit im industriellen Maßstab betriebenen oder geplanten Bergbauprojekte in der Größenordnung von 100 – 400 Millionen Tonnen. Kleinere Projekte weisen Tonnagen im Bereich von 10 – 30 Millionen Tonnen auf. Für im artisanalen Kleinbergbau erschlossene pegmatitische Ganglagerstätten in Zentralafrika werden typische Tonnagen von bis zu 0,1 Millionen Tonnen je Abbaustandort abgeschätzt [5]. Eine kleine Anzahl der dortigen artisanalen Tantal-Lagerstätten, zum Beispiel Bibatama in der kongolesischen Nordkivu-Provinz, sind jedoch wesentlich größer und überlappen mit den Dimensionen industrieller Projekte. Die Länder mit den größten seit dem Jahr 2010 ausgewiesenen oder aktualisierten Tantal-Vorräten (nach [4]) sind Brasilien, Australien und Kanada. Jedoch berücksichtigt diese Vorratsverteilung keine der im Kleinbergbau erschlossenen Lagerstätten, sodass Länder wie die DR Kongo in dieser Hinsicht unterrepräsentiert sind.

2.2 Bergbau und Aufbereitung

Im Zeitraum 2015 – 2019 schwankte die jährliche globale Bergwerksförderung zwischen 1.300 – 1.800 Tonnen Tantalinhalt. Hinzu kamen pro Jahr etwa 100 Tonnen Tantalinhalt, die aus Zinnschlacke gewonnen wurden. Menge und Wert der globalen Tantal-Förderung liegen damit um mindestens zwei Größenordnungen unter denen von Buntmetallen wie Zinn.

Seitdem die industrielle Tantal-Förderung in Australien um das Jahr 2009 herum wirtschaftlich unrentabel wurde, ist die wichtigste globale Förderregion die afrikanische Region der Großen Seen (Abb. 3). Dort erfolgt die Gewinnung von Tantalerz im artisanalen und teils semi-mechanisierten Kleinbergbau. Der Tantalsektor umfasst 30.000 – 60.000 Kleinbergleute, die gezielt Tantalerz, oft im Verbund mit Zinnerz, fördern. Die Förderung konzentriert sich auf den Ostkongo und Ruanda sowie, in deutlich geringerem Maße, auf Burundi und Uganda. Im Zeitraum 2010 – 2019 lag der mittlere Anteil der Region an der globalen Bergwerksförderung von Tantal bei 49 % (bzw. bei 44 % unter Berücksichtigung der Tantal-Gewinnung aus Zinnschlacke). Die DR Kongo fördert mehr Tantalerz als Ruanda. Jedoch sind beide Länder bedeutende Produzenten, wenn auch die ruandische Förderung seit einigen Jahren leicht rückläufig ist. Die im zweiten Kongokrieg (1998 – 2003) und den Folgejahren verbreitete Aussage, dass der größte Teil der ruandischen Tantal-Konzentratexporte tatsächlich

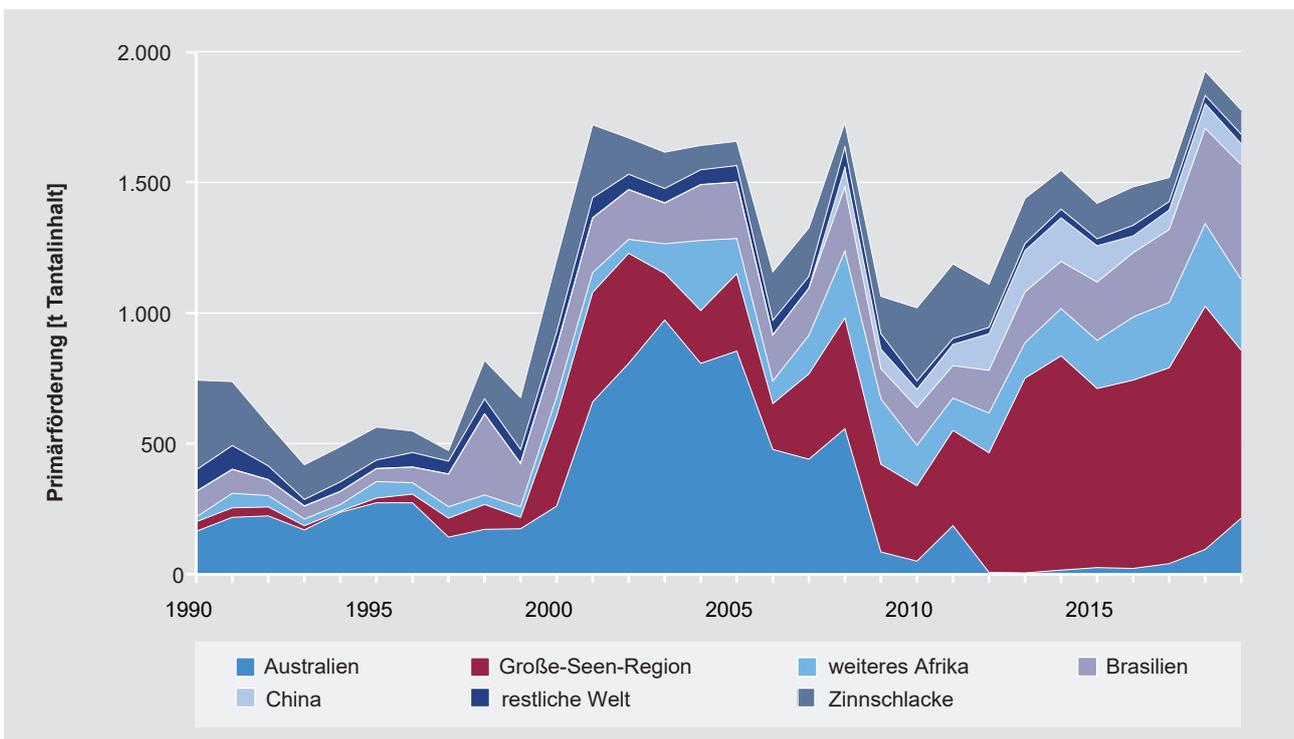


Abb. 3: Entwicklung der globalen Primärförderung von Tantal von 1990 – 2019. Quelle: BGR-Rohstoffdatenbank.

kongolesischen Ursprungs sei, ist heutzutage nicht mehr zutreffend. Jedoch bestehen weiterhin Schmutzrisiken, auf die in Kapitel 4 näher eingegangen wird.

Weitere wichtige Förderländer sind derzeit insbesondere Brasilien und Nigeria. Auch in diesen und weiteren Ländern ist der artisanale oder semi-mechanisierte Kleinbergbau verbreitet. In Brasilien konzentriert sich der Kleinbergbau auf zinnreiche Seifenlagerstätten und historische Aufbereitungsabgänge. Auch wenn aus diesen artisanalen Aktivitäten eine signifikante Tantal-Förderung resultiert, entstammt der wichtigste Anteil der nationalen Förderung dem industriellen Abbau in den Bergwerken Pitinga und Mibra (Tabelle 2). Die australische Tantal-Förderung erfährt seit wenigen Jahren eine Renaissance als Nebenprodukt der sich dynamisch entwickelnden Gewinnung von Lithium, insbesondere in den Bergwerken Greenbushes und Pilgangoora. Eine kontinuierliche industrielle Tantal-Förderung auf niedrigem Niveau besteht zudem in der VR China sowie in Russland. Im Zeitraum 2017 – 2019 betrug der globale Anteil des Kleinbergbaus an der Tantal-Bergwerksförderung 64 % (bzw. 60 %, wenn das aus Zinnschlacke gewonnene Tantal berücksichtigt wird). Damit ist Tantal das Metall mit dem weltweit höchsten artisa-

nen Förderanteil. Allerdings sind vom absoluten Wert der artisanalen Produktion her andere Metalle wie Gold und Zinn deutlich wichtiger als Tantal.

Auf dem im vergangenen Jahrzehnt vorherrschenden Tantal-Preisniveau erlauben mittlere Erzgehalte von etwa 0,02 % Tantal einen wirtschaftlich tragfähigen Abbau von Tantal als Primärprodukt im zentralafrikanischen artisanalen Kleinbergbau [5]. Das in den pegmatitischen Lagerstätten enthaltene Zinn ist meist ein Nebenprodukt, kann jedoch gelegentlich auch das Primärprodukt der Kleinbergleute darstellen. Im brasilianischen und nigerianischen Kleinbergbau ist Tantal hingegen häufig das Nebenprodukt der Zinn- und Niob-Förderung. Die industrielle Tantal-Förderung findet aktuell ebenfalls größtenteils als Nebenprodukt anderer Rohstoffe, insbesondere von Zinn oder Lithium, statt. Dies gilt auch für diejenigen industriell erschlossenen Lagerstätten, die ähnlich hohe Tantal-Erzgehalte wie die artisanalen Lagerstätten in Zentralafrika aufweisen.

Indem sie das harte Festgestein auflockern und teilweise zersetzen, spielen sekundäre Verwitterungsprozesse eine Schlüsselrolle für die Wirtschaftlichkeit und Produktivität der artisanalen Förderung. Einerseits wird

Tabelle 2: Dokumentierte oder geschätzte Jahresförderung und Erzdurchsatz der größten industriellen Bergwerke und artisanalen Produzenten von Tantal (2017 – 2019).

Bergwerk	Land	Betreiber (Haupteigentümer)	Primärprodukt	Förderung [t Tantalinhalt]	Erzdurchsatz [Mt]
Kleinbergbau	Große-Seen-Region	Divers	Tantal, zum Teil Zinn	781	5 – 10 (geschätzt)
Pitinga	Brasilien	Mineração Taboca (Minsur)	Zinn	175	6,7
Kleinbergbau	Nigeria	Divers	Tantal, Zinn, Niob	164	n. v.
Mibra	Brasilien	AMG Mineração (Advanced Metallurgical Group)	Tantal	99	0,6
Kleinbergbau	Brasilien	Divers	Zinn, Niob, Tantal	87	n. v.
Yichun	VR China	Ningxia Non-Ferrous Metals	Lithium	83	1,5 (geschätzt)
Greenbushes	Australien	Talison Lithium / Global Advanced Metals	Lithium	60	2,8
Kleinbergbau	Mosambik	Divers	Tantal	49	n. v.
Kleinbergbau	Äthiopien	Divers	Tantal	38	n. v.
Lovozero	Russland	JSC Sevredmet (Lovozersky GOK)	Seltene Erden	34	n. v.

Datenquelle: [1], [4], BGR-Rohstoffdatenbanken und Recherchen des Autors. Der durchschnittliche Erzdurchsatz industrieller Bergwerke bezieht sich auf 2018 – 2020 (soweit verfügbar), ansonsten auf 2017 – 2019. Die Angabe des Primärprodukts bezieht sich im Kleinbergbau speziell auf tantalfördernde Minen und nicht den gesamten Kleinbergbau im jeweiligen Land. Große-Seen-Region = DR Kongo, Ruanda und Burundi. N.v. = nicht verfügbar.

damit ein effektiver Abbau mit einfachen manuellen Methoden ermöglicht. Andererseits reduziert sich die Notwendigkeit der energieintensiven, und damit teuren, mechanischen Zerkleinerung des Erzes im Rahmen der Aufbereitung durch die Kleinbergleute. Im semi-mechanisierten Kleinbergbau wird der Abbauprozess durch den Einsatz von Baggern (z. B. zur Abtragung von überlagernden Bodenschichten) sowie einfache Aufbereitungsanlagen unterstützt, bleibt jedoch arbeitskraftintensiv. Industriell wird Tantalerz andernorts vor allem aus Festgestein gefördert, was einen Bohr- und Schießbetrieb mit anschließendem Brechen und Mahlen erfordert. Auch im artisanalen Kleinbergbau wird zum Teil Tantalerz aus Festgestein gewonnen, anstatt aus stärker verwitterten und aufgelockerten Erzzonen. Normalerweise erfolgt dies mit manuellen Methoden und hat eine entsprechend geringe Produktivität.

Die Aufbereitung von Tantalerz beruht sowohl im artisanalen als auch im industriellen Sektor auf gravimetrischen, magnetischen und teils elektrostatischen Methoden. Zum Einsatz kommen Kombinationen von Aufbereitungsschritten, zum Beispiel mittels Spiralen, Rütteltischen oder Magnetscheidung. Die Magnetscheidung dient zudem der Trennung von Tantal- und Zinn-Mineralen in den Konzentraten. Die Trennung von Tantal- und Lithium-Mineralen erfolgt in Spiralen sowie mittels Schwertrübeaufbereitung („heavy media separation“). Eine Trennung von Tantal und Niob ist erst in der hydrometallurgischen Aufbereitung möglich. Wenn andere Aufbereitungsparameter konstant gehalten werden, hängt das erzielbare Ausbringen von Tantal vor allem von der Korngrößenfraktion des Erzes ab. Für feinsandige oder gröbere Erzpartikel liegt das Ausbringen von Tantal in der industriellen Aufbereitung bei 70 – 95 %, während es für ultrafeine Partikel (<0,01 mm) unter 30 % liegt [6]. Weiterentwickelte gravimetrische Methoden zur Verbesserung des Ausbringens von Tantal im ultrafeinen Bereich kamen auf der kanadischen Tantal-Lithium-Grube Tanco zum Einsatz. Seit der Schließung der Grube im Jahr 2009 sind diese allerdings nicht mehr marktrelevant.

Im artisanalen Sektor erfolgt die Gewinnung häufig durch die Auswaschung mittels des sogenannten „Ground Sluicing“. In dessen einfachster Form wird Wasser entlang eines Gefälles über das aufgeschichtete pegmatitische Roherz geleitet. Während leichtes Material dadurch ausgewaschen wird, unterstützen Kleinbergleute die residuale Anreicherung schwerer Erzpartikel, indem sie das Erz kontinuierlich entgegen der Stromrichtung des Wassers schaufeln. Besser kontrollierte Methoden nutzen stattdessen befestigte Waschrinnen oder Becken. Derart gewonnene Vorkonzentrate werden durch die Auswaschung in Waschpfannen weiter konzentriert.

Das Ausbringen von Tantal wird bei diesen Prozessen oft pauschal auf 50 % oder weniger geschätzt. In der Praxis sind in Abhängigkeit von den Erzeigenschaften deutliche Abweichungen im Ausbringen, sowohl nach unten als auch nach oben hin, möglich [7].

Da die Aufbereitungsprozesse auf den artisanalen Minen nicht standardisiert sind, schwanken die Tantalgehalte in den Konzentraten stärker als im industriellen Sektor. In Ruanda erfolgt daher vor dem Export meist eine zusätzliche mechanisierte Aufbereitung und Homogenisierung artisanaler Konzentrate. Diese wird durch einige größere Bergbaubetreiber sowie durch Händler, Exporteure oder Vereinigungen von Kooperativen veranlasst. Dadurch werden in der internationalen Verschiffung der Konzentrate relativ konstante Tantalgehalte von etwa 23 % erreicht. Auch in der DR Kongo finden diese Prozesse auf den größeren Minen sowie in registrierten Handelszentren (Comptoirs) statt. Sie werden jedoch nicht überall gleich angewandt, sodass die Tantalgehalte der kongolesischen Exportkonzentrate heterogener sind [5].

Das gängigste hydrometallurgische Aufbereitungsverfahren für Erzkonzentrate sowie für aus Zinnschlacke oder Prozessrückständen erzeugte synthetische Konzentrate ist ein Säureaufschluss mit nachfolgender Solvent-Extraktion, mit der Tantal und Niob separiert werden [8]. Durch Zugabe von Fällungsmitteln werden sodann Tantalpentoxid oder das sogenannte „K-salt“ (Kaliumheptafluorotantalat) erzeugt (Abb. 4). Diese stellen die wesentlichen Zwischenprodukte in der Tantal-Wertschöpfung dar, auf deren Basis die Raffinade und Weiterverarbeitung erfolgt. Neben dieser Aufbereitungsmethode existieren weitere, an die Mineralogie einzelner Lagerstätten sowie im Hinblick auf bestimmte Anwendungsfelder angepasste Aufbereitungsmethoden (z. B. Chlorung, Alkalischmelze). Das Ausbringen von Tantal im Rahmen der hydrometallurgischen Aufbereitung und Raffinade liegt bei bis zu 95 %. Durch das nachfolgende Recycling von Prozessrückständen können die Aufbereitungsverluste im Endeffekt auf bis zu 0,5 % reduziert werden [1]. Im Mittel werden effektive Aufbereitungsverluste von 2 – 4 % angesetzt [2].

Lediglich in Brasilien, China und Russland wird das vor Ort geförderte Tantalerz direkt im Land zu Zwischenprodukten aus der Hydro- oder Pyrometallurgie aufbereitet (Abb. 1). Die artisanale Förderung Afrikas wird, ebenso wie die industrielle Förderung Australiens, derzeit als Konzentrat ausgeführt und in Asien, Europa und Nordamerika aufbereitet. Wichtigster globaler Einführer und Raffinadestandort von Tantal-Konzentraten ist die VR China.

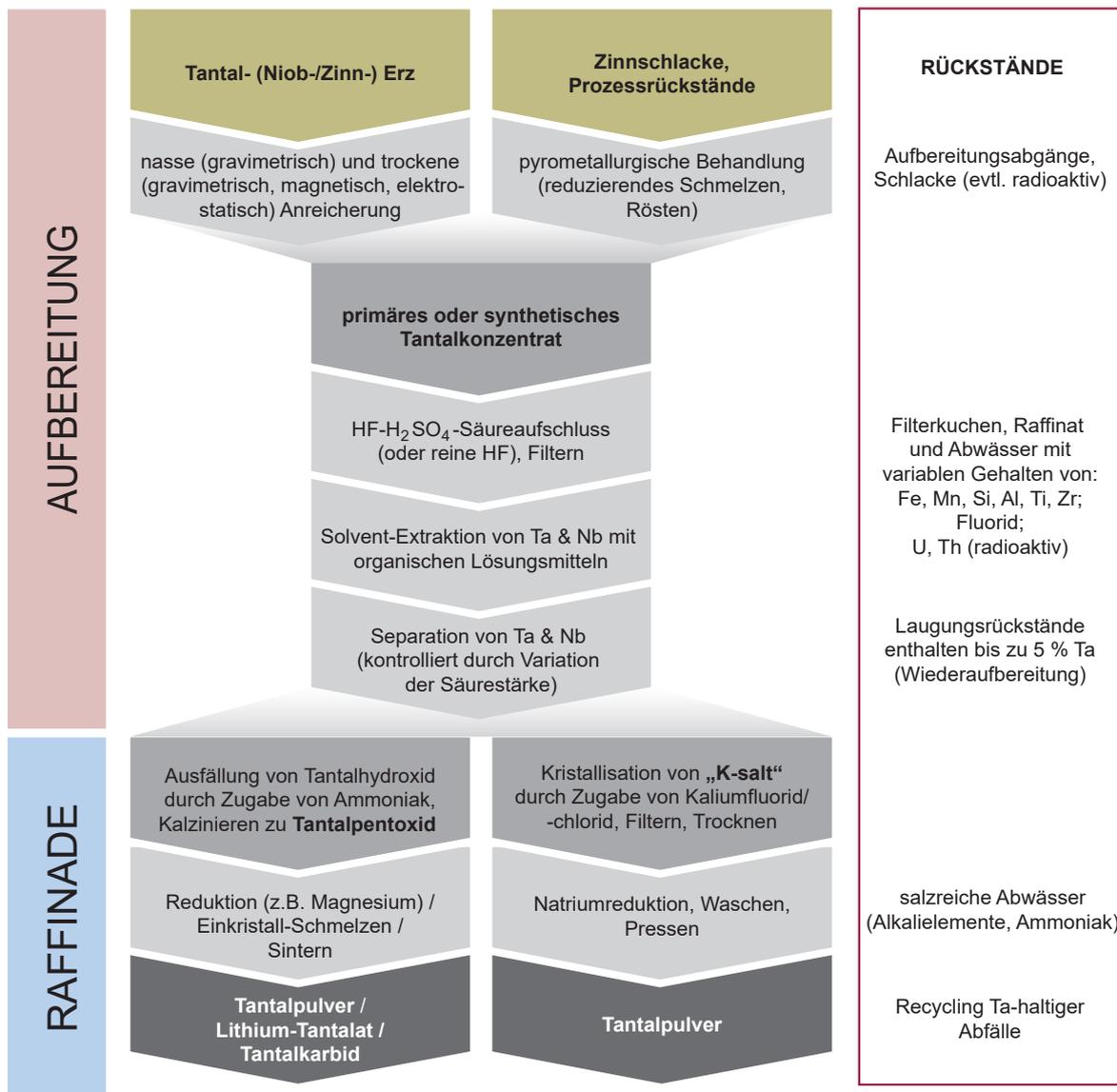


Abb. 4: Schematische Übersicht zu den kommerziell gebräuchlichsten Verfahren in der Aufbereitung und Raffinade von Tantal. Dunkelgraue Felder kennzeichnen finale Produkte, graue Felder kennzeichnen Rohstoffe und Zwischenprodukte, die oft international verschifft werden. Hellgraue Felder beziehen sich auf Aufbereitungsprozesse.

Seit einigen Jahren bestehen Bestrebungen, einen größeren Teil der zentralafrikanischen Förderung direkt in der Region weiter aufzubereiten. Entsprechende Aufbereitungsanlagen wurden für Dar-es-salam (Tansania), Kigali (Ruanda) und zuletzt für das Manono-Projekt (DR Kongo) vorgeschlagen. Auch Äthiopien, ein historisch signifikanter Tantal-Produzent, strebte im Jahr 2012 eine Aufbereitung vor Ort an. Relevant wäre eine derartige Ansiedlung nicht nur hinsichtlich der Wertschöpfung, sondern auch im Hinblick auf internationale Transportbestimmungen, da die natürliche Radioaktivität der Tantal-Konzentrate ein Logistikproblem für die Verschiffung darstellt (vgl. Kapitel 5). Bislang gibt es jedoch keine betriebsbereiten Anlagen für die hydrometallurgische Aufbereitung von Tantal-Konzentraten in Afrika.

2.3 Weiterverarbeitung

Metallisches Tantalspulver stellt das wichtigste Raffinadeprodukt für die Weiterverarbeitung dar. Je nach Anwendungsfeld liegt die kommerziell gebräuchliche Reinheit der Pulverprodukte im Bereich von 99,5 – 99,999 % Tantal. Tantalspulver (gemeinsam mit Tantaldraht im Verhältnis von etwa 10:1) dient als Ausgangsmaterial für die Fertigung der Anoden in elektrolytischen Kondensatoren. Im Hinblick auf den Einsatz entweder in Kondensatoren oder in anderen Anwendungsfeldern werden zwei Qualitätsstufen des Pulvers unterschieden. Bei der Fertigung von Kondensatoren bestehen besondere Anforderungen an die geringe Korngröße und einheitliche Morphologie des Tantalspulvers. Diese Anforderungen dienen der Maximierung der Kapazität des Kondensators. Das dazu erforderliche Pulverpro-

dukt wird als „capacitor grade“ angesprochen. Davon unterschieden werden „metallurgical grade“ Pulverprodukte für weitere Anwendungsfelder. Diese umfassen die Beimengung von Tantal in Superlegierungen, die sogenannten „Sputter Targets“, sowie die Fertigung von Halbzeug.

Das Tantalpulver wird überwiegend aus der Reduktion von Kaliumheptafluorotantalat mittels Natrium gewonnen (Abb. 4). Ein international gebräuchlicher Handelsname für Kaliumheptafluorotantalat ist „K-salt“. Führende Unternehmen haben für besonders hohe Qualitäts- und Performanceanforderungen an das Tantalpulver weitere Spezialverfahren entwickelt. Dazu gehört die Magnesium-Dampfphasenreduktion, die mit Tantalpentoxid anstelle von Kaliumheptafluorotantalat durchgeführt wird. Des Weiteren ist eine Flammensynthese des Pulvers möglich, bei der Natriumdampf zur Reduktion von Tantalchlorid eingesetzt wird. Zur Fabrikation von Kondensatoren wird Tantalpulver als Anode um einen Draht herum zu Pellets gepresst und gesintert. Anschließend wird in einem Säurebad durch Anlegen einer Spannung eine dielektrische Tantalpentoxid-Schicht an der Oberfläche der Pulverpartikel erzeugt. Das Pellet wird sodann in eine Mangannitratlösung getaucht, die in die Kornzwischenräume eindringt. Durch Pyrolyse wird die Nitratlösung zu Mangandioxid umgesetzt, dieses fungiert als Kathode des Kondensators.

Für die Verarbeitung als Halbzeug wird Tantalpulver durch Verpressen und Sintern sowie über Schmelzen im Vakuum-Lichtbogenofen oder mittels Elektronenstrahl in die geforderte Form und Reinheit gebracht. Das Schmelzen mittels Elektronenstrahl ermöglicht den höchsten Reinheitsgrad, dieser lässt sich bei Bedarf durch doppelte oder dreifache Schmelzvorgänge steigern [1]. Tantalpentoxid wird größtenteils für die Produktion von Tantal-Chemikalien verwendet, beispielsweise für die Herstellung von Akustischen-Oberflächenwellen-Filtern für die Halbleiterindustrie. Dafür wird zunächst Lithium-Tantalat aus Tantalpentoxid erzeugt, dies erfolgt durch kontrolliertes Einkristall-Schmelzen. Aus dem Substrat werden anschließend die Wafer herausgeschnitten.

3 RECYCLING

Recycling trug in den letzten Jahren 25 – 30 % zur globalen Tantal-Versorgung bei, dies entspricht gut 500 Tonnen Tantalinhalt pro Jahr. Die Deutsche Rohstoffagentur in der BGR geht in ihren Tantal-Angebots-szenarien davon aus, dass dieser Anteil bis ins Jahr 2026 in etwa gleichbleiben sollte [9]. Im Jahr 2015 ent-

stammten 72 % des recycelten Tantals dem betriebsinternen Recycling von Prozessrückständen aus der Hydrometallurgie, Raffinade sowie von Fabrikationsabfällen aus der weiteren Verarbeitung [2]. Hingegen ist der Recycling-Anteil am Ende des Produkt-Lebenszyklus, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nur gering. Dies betrifft insbesondere Elektronikprodukte. Für das dort enthaltene Tantal wird von einer Recyclingquote von weniger als 1 % ausgegangen [10]. Im Jahr 2017 hatte lediglich ein Unternehmen in den USA ein kommerzielles Verfahren zur Rückgewinnung von wenigen Tonnen Tantal pro Jahr aus Kondensatoren im Einsatz [2].

Die Problematik der Rückgewinnung von Tantal aus Elektronikprodukten lässt sich am Beispiel eines Smartphones illustrieren. Der mittlere Tantalgehalt eines Smartphones entspricht in etwa dem einer primären Erzlagerstätte, der Tantalgehalt in der Leiterplatte selbst liegt deutlich darüber. Für die Rückgewinnung von Tantal aus derartigen Produkten am Ende ihres Lebenszyklus wäre zwar der Einsatz bestimmter Verfahren technisch möglich, insbesondere bei einer Vorsortierung und mechanischen Separation der einzelnen Bauteile. Jedoch enthält die Leiterplatte eines Smartphones Elemente wie Gold, Palladium und Kupfer, die einen wesentlich höheren Wert als das enthaltene Tantal besitzen. Diese Wertelemente können direkt pyrometallurgisch gewonnen werden, ohne dass eine aufwändige mechanische Vorbehandlung notwendig wäre. Tantal reichert sich dabei als Oxid in der Schlacke an. Eine Rückgewinnung von Tantal ist bei diesem Verfahren somit kommerziell nicht attraktiv [11].

Hingegen werden die bei der Fertigung elektronischer Komponenten intern generierten Tantal-Abfälle effektiv recycelt. Dabei bestehen separate Verfahren zur Tantal-Rückgewinnung aus metallischen oder oxidierten Abfällen. Metallische Abfälle können direkt mit einem Elektronenstrahl geschmolzen oder alternativ zu Karbid umgesetzt werden. Oxidierte Abfälle wie die Anoden von Kondensatoren werden mit Salpeter- und Salzsäure gelaugt. Dies bringt andere Metalle in Lösung, während Tantal als unlöslicher Rückstand verbleibt, aus dem es anschließend gewonnen werden kann. Falls der Kondensator von Harz ummantelt ist, wird das Material zunächst gemahlen, gefolgt von einer Schwere-trennung der leichten Harzpartikel [12].

Lediglich Hartmetalle, Superlegierungen und verbrauchte Sputter Targets werden in signifikantem Ausmaß am Ende ihres Lebenszyklus zwecks Tantal-Rückgewinnung recycelt. Dies betrifft beispielsweise Triebwerke aus der Luft- und Raumfahrt. Aus dem in den Triebwerken verbauten Legierungsmaterial werden

durch Säureaufschluss zunächst Rhenium und Platin gewonnen. Nicht lösliches Tantal sowie Wolfram verbleiben als Filterkuchen, der an hydrometallurgische Aufbereiter verkauft wird. Damit sich der Prozess für den Betreiber rentiert, sollten die Rückstände mindestens 5 % Tantal enthalten [1]. Wirtschaftlicher Treiber des Recyclings der Superlegierungen ist in erster Linie deren Rheniumgehalt. Somit ist das Ausmaß des Tantal-Recyclings aus derartigen Produkten von der Rhenium-Preisdynamik abhängig. Das derart mittels Recycling zurückgewonnene Tantal ist häufig mit einem „Downgrading“ der künftigen Nutzungsform verbunden, beispielsweise als Additiv in der Stahlherstellung. Im globalen Durchschnitt wurden in den letzten Jahren 18 % des in allen Produkten enthaltenen Tantals am Ende des Produktlebenszyklus recycelt [2].

4 NACHHALTIGKEITSASPEKTE DES BERGBAUS

4.1 Umwelt

Aufgrund der hohen Bedeutung von Wasser für simple gravimetrische Aufbereitungsmethoden wie das „Ground Sluicing“ zeichnet sich der artisanale Kleinbergbau durch eine intensive, oft kaum kontrollierte Wassernutzung aus. Artisanale Fördergebiete sind häufig von deutlichen Erosionserscheinungen gekennzeichnet. Diese ergeben sich aus der Kombination der praktizierten Aufbereitungsmethoden, der mit dem Kleinbergbau oft einhergehenden Entwaldung sowie der die Erosion begünstigenden natürlichen Topographie vieler Fördergebiete (Abb. 5).

Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten wie Ruanda und einzelnen Provinzen des Ostkongos, aber auch in Nigeria, tritt der Kleinbergbau auf Tantal und weitere Erze in Land- und Wassernutzungskonkurrenz mit der Landwirtschaft. Zwar liegen die dortigen Förderregionen in der Regel in niederschlagsreichen Gebieten. Jedoch ist während der saisonalen Trockenzeit mit lokaler Wasserknappheit zu rechnen. Das direkte Einleiten von Abwässern aus der Aufbereitung in Fließgewässer führt zu einer erhöhten Gewässerbelastung mit Sediment. Der Sedimenteintrag wird durch die während der Regenzeit ohnehin signifikante und durch den Kleinbergbau verstärkte Erosion weiter erhöht und belastet so die aquatischen Ökosysteme. Aus dieser Dynamik resultieren stromabwärts erhöhte Überflutungsrisiken, landwirtschaftlich genutzte Flächen können negativ beeinträchtigt werden. Die weitgehend fehlende Rekultivierung oder Renaturierung von inaktiven artisanalen

Abbauflächen und Halden verstärkt die Landnutzungskonflikte zwischen Kleinbergbau und Landwirtschaft.

Die ruandische Regierung hat seit mehreren Jahren das Waschen von Erz oder die unkontrollierte Einleitung von Prozessabwasser aus der Aufbereitung in Fließgewässer verboten. Von einigen, jedoch nicht allen, Betreibern wurden daraufhin Betonbecken für besser kontrollierte Auswaschprozesse (mit rudimentärem Wasser-Recycling; Abb. 5) sowie Absetzbecken zur Sedimentation der Schwebstoffe vor der Einleitung von Abwasser in Fließgewässer angelegt. Aufgrund der geogenen Eigenschaften der pegmatitischen Erzlagerstätten bestehen im Zuge des Tantal-Kleinbergbaus nur geringe Risiken einer Versauerung oder Schwermetallkontamination von Böden und Gewässern. Damit besteht für die artisanale Tantal-Gewinnung ein Unterschied zu den in dieser Hinsicht höheren Umweltrisiken, die sich im lokal verbreiteten Kleinbergbau auf Zinn, Wolfram und Gold aus Quarz-Ganglagerstätten ergeben. Beispielsweise weisen Böden und Flusssedimente im Umfeld von ruandischen Zinn- und Wolframgruben, die mit Quarz-Ganglagerstätten assoziiert sind, signifikante Arsengehalte auf [13].

Die besonders artenreiche Fauna und Flora des tropischen Regenwaldes ist in den Tantal-Fördergebieten Zentralafrikas oft nur noch in ausgewiesenen Nationalparks und Schutzgebieten erhalten (Abb. 1). Offiziell ist der Kleinbergbau dort verboten, jedoch sind einige geschützte Gebiete mit wirtschaftlich attraktiven Tantalvorkommen assoziiert. Falls hier illegale Abbautätigkeiten stattfinden, können diese mit wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Biodiversität assoziiert sein. Diese werden insbesondere dann ersichtlich, wenn Kleinbergleute sich und ihre Familien durch die illegale Jagd auf „Bushmeat“ versorgen. Der westlich des Kivu-Sees gelegene Kahuzi-Biega-Nationalpark im Ostkongogo gelangte in dieser Hinsicht zu trauriger Berühmtheit. Im Zuge des mit dem Tantal-Preispeak einhergehenden Coltan-Booms um die Jahrtausendwende, drangen tausende Kleinbergleute und ihre Familien illegal in den Park ein und dezimierten die lokale Elefanten- und Gorillapopulation nahezu komplett [14]. Mittlerweile werden die kongolesischen Nationalparks besser vor illegalem Kleinbergbau geschützt. Jedoch sind Risiken negativer Auswirkungen auf die Biodiversität durch den illegalen Kleinbergbau vor dem Hintergrund der verbreiteten Armut und der mangelnden staatlichen Kontrollkapazitäten weiterhin nicht auszuschließen.

Auch der industrielle Zinnbergbau in der brasilianischen Grube Pitinga, in der als Nebenprodukt eine Niob-Tantal-Legierung produziert wird, ist seit Beginn der Abbautätigkeit im Jahr 1982 mit signifikanten Problemen



Abb. 5: Darstellung der Förderbedingungen von Tantal-Konzentrat (Coltan) im artisanalen Kleinbergbau in der Region der Großen Seen. Verantwortungsvolle Abbaupraxis (obere Reihe): Kleinbergleute tragen persönliche Schutzausrüstung, das Grubengebäude wird gesichert, die Erzaufbereitung erfolgt kontrolliert mit rudimentärem Wasser-Recycling. Fragwürdige Abbaupraxis (untere Reihe): hohe Unfallrisiken bestehen durch nicht gesicherte Stollen, das unkontrollierte „Ground Sluicing“ führt zu Hangrutschungen und massiven Erosionserscheinungen.

hinsichtlich Entwaldung und Verlust an Biodiversität assoziiert. Der derzeitige Betreiber Minsur kündigte ein Rehabilitierungsprogramm in den am stärksten betroffenen Abbauzonen an und stimmte im Jahr 2019 zudem Kompensationszahlungen für einige historische Schäden zu. Mit 5,7 Millionen Tonnen [15] erzeugte die Grube im Jahr 2019 Aufbereitungsabgänge in einer ähnlichen Größenordnung, wie dies für die kollektive artisanale Tantal-Förderung der afrikanischen Großen Seen Region angenommen wird (5 – 10 Millionen Tonnen; [5]). Der Wasserverbrauch der Grube liegt mit umgerechnet etwa 11.000 Litern pro Tonne Erz sehr hoch. Allerdings erfolgt im Gegensatz zum wasserintensiven Kleinbergbau ein effektives Recycling und eine Wiederverwendung des Nutzwassers, derzeit liegt diese Quote bei 87 % [15].

Die Umweltauswirkungen der industriellen Lithium-Tantal-Förderung in Australien werden effektiv reglementiert. In der Pilbara-Region im australischen Nordwesten findet der Abbau auf der Grube Pilgangoora

in einem aridem Umfeld statt. Der Zugang zu Wasser erfolgt in erster Linie über Grundwasserbohrungen, Abwasser wird aufbereitet. Aufgrund der geringen Besiedlungsdichte besteht keine nennenswerte Wassernutzungskonkurrenz. In Südwestaustralien, in unmittelbarer Nachbarschaft zur Kleinstadt Greenbushes, liegt der gleichnamige Tagebau inmitten eines Staatsforstes. Dieser soll zwar wegen einer kürzlich genehmigten Ausweitung der Förderung teils gerodet werden. Jedoch sieht der Betreiber die Umsetzung von Rekultivierungsmaßnahmen parallel zum Betrieb vor. Daneben bestehen Auflagen, Ausgleichsflächen für neu von Bergbauabfällen beanspruchte Flächen zu schaffen, um Habitatverluste für Wildvögel zu kompensieren [16]. Somit wirkt die australische Förderung unter den meisten Umweltgesichtspunkten weniger kritisch als die Tantal-Förderung in Afrika oder Brasilien.

Allerdings gilt diese Beobachtung nicht aus der Perspektive des Klimawandels heraus. In dieser Hinsicht ist die australische Förderung derzeit kritischer zu

bewerten. Der Energiebedarf des afrikanischen Kleinbergbaus ist gering, daher erzeugt er nur geringe direkte CO₂-Emissionen. Einige Betriebe nutzen kleine Diesel-Generatoren zum Betrieb von Pumpen, Kompressoren und weiteren Anlagen. Schweres Gerät wie Bagger wird nur punktuell von größeren Betrieben eingesetzt. Weitere Emissionen entstehen vor Ort durch den Konzentrattransport aus den zentralafrikanischen Fördergebieten hin zu den Häfen Ostafrikas. Diese Transportemissionen sind relativ gering. Für das Streckensegment Zentral- nach Ostafrika können sie überschlägig auf etwa 500 t CO₂-Äquivalent (CO₂e) pro Jahr abgeschätzt werden (für die gesamte Jahresexportmenge der Tantal-Konzentrate; berechnet mit [17], basierend auf der Streckenlänge Kigali-Dar-es-salam). Die Förderung im industriellen Bergbau ist deutlich energieintensiver und der standortspezifische Energiemix ist entscheidend für die Klimabilanz. In der brasilianischen Grube Pitinga wurden zuletzt 70 – 80 % des Energiebedarfs aus der Wasserkraft gedeckt [15]. Im Energiemix der Grube Greenbushes in Australien kommen hingegen vermehrt fossile Energieträger zum Einsatz. Die Treibhausgasemissionen (Scope 1 und 2) von Pitinga [15] und Greenbushes [18] lagen im Jahr 2018 bei 92.000 bzw. 73.000 t CO₂e. Umgerechnet auf die im gleichen Jahr geförderte Tonne Zinn- beziehungsweise Lithiumerz (jeweils mit Tantal als Nebenprodukt) entspricht dies Emissionen von 13 kg CO₂e/t Erz in Brasilien und 31 kg CO₂e/t Erz in Australien.

Die natürliche Radioaktivität von Erzkonzentraten und Abfällen spielt sowohl in industriellen als auch in artisanalen Tantal-Lieferketten eine Rolle. Da dieser Aspekt insbesondere für die Verschiffung relevant ist, wird er zusammenfassend in Kapitel 5.1 vorgestellt.

4.2 Soziale und ökonomische Aspekte

Mit einer im vergangenen Jahrzehnt schwankenden Anzahl von 30.000 – 60.000 Kleinbergleuten, ist die zentralafrikanische Tantal-Förderung im Vergleich zum industriellen Sektor deutlich beschäftigungsintensiver. Die im artisanalen Kleinbergbau generierten Erlöse aus der Förderung teilen sich zwischen verschiedenen Parteien auf. Die Kleinbergleute selbst erhalten im ruandischen Tantalsektor im Mittel 40 – 60 % des Exportwertes der Konzentrate. Allerdings bestehen starke Variationen zwischen unterschiedlichen Betrieben und Kooperativen. Häufig müssen die Kleinbergleute ihren Anteil bis zur Hälfte mit dem Vorsteher des Produktionsteams teilen. Der verbleibende Wertanteil der Exportkonzentrate verteilt sich auf Konzessionsinhaber, Zwischenhändler und Exporteure [19].

Bei einem typischen täglichen Pro-Kopf-Verdienst von 2 – 3 USD (teils auch höher) fällt der erzielte Verdienst der Kleinbergleute im Tantalsektor zwar unter den offiziellen kongolesischen Mindestlohn von 4,20 USD pro Tag. Letzterer ist jedoch für weite Teile der armen lokalen Bevölkerung in der Praxis unerreichbar. Der Verdienst aus dem Kleinbergbau auf Tantal liegt oberhalb der international geltenden Armutsgrenze von derzeit 1,90 USD pro Tag und ermöglicht im lokalen Vergleich ein attraktiveres Einkommen als die Landwirtschaft [5]. Oft ergänzt der Kleinbergbau das Familieneinkommen und wird parallel zur häuslichen Subsistenzlandwirtschaft betrieben.

Im Hinblick auf die hohe Beschäftigungs- und Einkommensrelevanz wird eine zu intensive Semi-Mechanisierung des Kleinbergbaus von lokalen Gemeinden abgelehnt. In Bibatama, der größten kongolesischen Tantal-Grube, mit bis zu 5.000 Kleinbergleuten, besteht seit mehreren Jahren ein zeitweise eskalierender Konflikt zwischen Anwohnern und dem Konzessionsinhaber. Eine Kooperative mit Kleinbergleuten aus der Gemeinde fordert Zugang zu den Abbaustätten und die Vermeidung von stärker mechanisierten Abbauprozessen, sodass weiterhin eine große Anzahl an Bergleuten beschäftigt wird. Ein ähnlicher Konflikt entwickelte sich im Jahr 2013 um die Abbautätigkeiten der chinesischen Kenyang Mining Company in Nigeria. Diese Vorfälle zeigen, dass das Konzept der gesellschaftlichen Legitimierung des Bergbaus mittels einer „Social License to Operate“ nicht nur im industriellen, sondern auch im artisanalen Sektor Relevanz entfaltet.

Kinderarbeit tritt im zentralafrikanischen Kleinbergbau auf Tantal punktuell auf. Der belgische International Peace Information Service (IPIS) führt seit langem ein regelmäßiges Monitoring hunderter artisanaler Abbaustätten im Ostkongo durch. Im Zeitraum 2013 – 2019 wurden dabei insgesamt lediglich vier Vorfälle registriert, bei denen Kinder auf Tantal-Gruben präsent waren [20]. Im benachbarten Ruanda wird häufig davon ausgegangen, dass Risiken der Kinderarbeit im Rohstoffsektor geringer ausgeprägt sind als in der DR Kongo. Allerdings hat die Regierung in den letzten Jahren einen Strategiewechsel im Hinblick auf die Formalisierung des artisanalen Kleinbergbaus vollzogen. Im Zeitraum 2011 – 2015 stieg die Anzahl registrierter artisanaler Produzenten stark an. Dabei wurde die artisanale Förderung unter anderem auch auf Basis einer Explorationslizenz (anstatt einer Abbaulizenz) toleriert. Seit dem Jahr 2016 wurde diese Praxis beendet. Abbautätigkeiten sind seitdem nur mit einer formellen Fördergenehmigung gestattet, die für artisanale Produzenten zunehmend schwierig zu erhalten ist. Dies resultierte in einer Zunahme informeller artisanaler Aktivitäten, in

deren Umfeld auch eine Zunahme von Kinderarbeit zu verzeichnen ist [21]. Auch in Nigeria bestehen Risiken der Kinderarbeit im Kleinbergbau.

Ein drängendes Problem des artisanalen Kleinbergbaus, insbesondere wenn dieser illegal stattfindet, betrifft die Arbeitssicherheit. Dies bezieht sich sowohl auf den zentralafrikanischen Sektor als auch auf die artisanale Förderung in Ländern wie Mosambik und Nigeria. Minenunfälle mit tödlichen Unfällen sind relativ häufig, werden jedoch oft von den Betreibern und lokalen Behörden vertuscht, um für sie problematische Untersuchungen zu vermeiden. Somit erfolgt auch keine offizielle Forschung zu den Unfallursachen. Jedoch ist bekannt, dass Hangrutschungen und instabile Grubenwände im Tagebau sowie Bergstürze und Wassereintritte in artisanalen Minen untertage verbreitet sind. Insbesondere während der Regenzeit sind diese Risiken hoch. Ein staatliches Mineninspektionswesen ist in Zentralafrika für den Kleinbergbau nur sehr rudimentär ausgebildet. In Ruanda ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung im Kleinbergbau relativ verbreitet, in der DR Kongo und in Burundi erfolgt dies tendenziell nur auf den besser geführten, größeren Betrieben. Eine formelle Unfallversicherung der Kleinbergleute besteht nur in seltenen Fällen. Allerdings organisieren artisanale Arbeitsgruppen zum Teil interne Abgaben, um im Falle von Unfällen Ausgleichszahlungen an betroffene Familien zu leisten.

Die australische Lithium-Tantal-Förderung erscheint im Hinblick auf die betriebliche Arbeitssicherheit sowie hinsichtlich der gesellschaftlichen Akzeptanz unproblematisch. Auf Basis des Native Title Acts von 1993 und der assoziierten Gesetznovellen werden die traditionellen Landrechte der indigenen Bevölkerung im Rahmen des Genehmigungsprozesses für Explorations- und Abbau-lizenzen geprüft. In der spärlich besiedelten Pilbara-Region ist der Bergbausektor der größte Arbeitgeber für lokale Gemeinden. Auch in Greenbushes besteht eine gute Beziehung zwischen Betreiber und Lokalbevölkerung. Im Unterschied dazu werden die industriellen Abbautätigkeiten in Brasilien von betroffenen indigenen Gemeinden teilweise kritisch gesehen. Historisch sind aus den 1980er Jahren und um die Jahrtausendwende herum Proteste indigener Anwohner im Umfeld der Pitinga-Grube bekannt. Diese fühlten sich wirtschaftlich benachteiligt oder kritisierten die Umweltauswirkungen des Betriebs. Ungeachtet dieser Proteste spielt der Bergbaubetrieb mit tausenden direkten und indirekten Arbeitsplätzen jedoch auch hier eine bedeutende Rolle für den lokalen Arbeitsmarkt.

4.3 Governance

Seit Ende der 1990er Jahre stehen im Ostkongo die Förderung und der Handel von Tantal und weiteren sogenannten Konfliktmineralen teilweise im Zusammenhang mit der Finanzierung von bewaffneten Gruppen. Medienberichte prägten das Bild von „Blut-Coltan“, regelmäßige Untersuchungen einer Expertengruppe der Vereinten Nationen illustrierten detailliert die bestehenden Risiken und beleuchteten dabei auch die Rolle der Rohstoffabnehmer. Die hohe öffentliche Aufmerksamkeit zum Themenkomplex der Konfliktminerale trug maßgeblich dazu bei, dass betroffene Regierungen, die Industrie und die Zivilgesellschaft das Konzept der Sorgfaltspflicht in der Lieferkette entwickelten.

Gemäß diesem Konzept und den regulativen Marktauswirkungen des Dodd-Frank-Gesetzes der USA, wurden seit dem Jahr 2010 in den betroffenen Förderregionen im Ostkongo sowie im benachbarten Ruanda schrittweise großflächig Maßnahmen umgesetzt, um eine verbesserte Kontrolle der Lieferketten von Tantal, Zinn und Wolfram zu ermöglichen. Dabei gab es zunächst die Befürchtung, dass der Region durch diese Kontrollprozesse und damit verbundene Kosten ein Wettbewerbsnachteil entstehen könnte. Über einen längeren Zeitraum betrachtet (2006 – 2017), hat die Exportfähigkeit der Tantal-Konzentrate der Region jedoch unter der Umsetzung dieser Maßnahmen nicht gelitten, da sich die globalen Tantal-Marktbedingungen als günstig für die artisanale Förderung gestalteten. Im Hinblick auf seine internationale Reputation hat der Tantalsektor der Region von den Maßnahmen profitiert, was sich in einer zunehmenden Diversifizierung der Abnehmer seit dem Jahr 2014 äußerte [22]. Allerdings wurden durch die neu eingeführten Kontrollprozesse kleine, kaum formalisierte artisanale Bergbaukooperativen im Ostkongo in ihrer Stellung teils geschwächt.

Konkret beruht der vor Ort etablierte Kontrollprozess auf einer Dokumentation und Verifizierung der einzelnen Konzentratlieferungen sowie der assoziierten Umstände von Abbau und Handel. Das als Kooperation zwischen lokalen Regierungen und der Industrie umgesetzte sogenannte iTSCi-System umfasst neben der Nachverfolgung von Lieferungen ein Monitoring von relevanten Risikovorfällen in den Abbaugebieten sowie eine regelmäßige Auditierung [23]. Das iTSCi-System sowie das ähnlich angelegte „Better Sourcing“-System ermöglichen den nachgelagerten Lieferkettenakteuren, Risiken der Konfliktfinanzierung sowie weitere Risiken zu bewerten und sodann im Rahmen ihres Risikomanagements darauf zu reagieren. Der Großteil der signifikanten Betriebskosten der lokalen Systeme der

Sorgfaltspflicht wird von Wirtschaftsakteuren vor Ort finanziert.

Der Anspruch dieser Systeme ist nicht, die Konfliktfreiheit der Lieferkette zu 100 % zu garantieren. Stattdessen sollen betroffene Unternehmen damit ihre Lieferkettenrisiken bewerten und bei entsprechenden Vorfällen auf eine Milderung der Risiken hinarbeiten. Wie in der unten stehenden Textbox erläutert, sollten beteiligte Akteure eine realistische Erwartungshaltung an die Möglichkeiten und Grenzen derartiger Systeme entwickeln. Zwar ist die Konfliktfinanzierung im Tantalsektor insgesamt zurückgegangen. Allerdings beschreibt die Expertengruppe der Vereinten Nationen weiterhin entsprechende Vorfälle, zuletzt im Jahr 2020 [24]. Neben

der Finanzierung nicht-staatlicher Konfliktparteien ist auch das illegale oder unverhältnismäßige Vorgehen staatlicher Sicherheitsorgane (Armee, Polizei) im Sinne der Sorgfaltspflicht risikorelevant.

Neben Aspekten der Sorgfaltspflicht sind aus der Governance-Perspektive heraus die rechtlichen Rahmenbedingungen des Kleinbergbaus sowie die allgemeine Korruptionsanfälligkeit (z. B. bei der Vergabe von Bergbaulizenzen) als kritisch zu sehen. Während Australien relativ geringe Korruptionsrisiken aufweist, so sind diese in Brasilien und in den afrikanischen Förderländern höher ausgeprägt. Die Regierungen aller relevanten Tantal-Förderländer sind primär auf die Entwicklung des industriellen Bergbaus fokussiert.

Die Nachverfolgbarkeit von Tantal-Lieferketten im zentralafrikanischen Kleinbergbau

Der artisanale Kleinbergbau in der Region der Großen Seen entwickelte sich größtenteils aus der schrittweisen Liberalisierung des postkolonialen Rohstoffsektors heraus. Die Pleiten staatlicher Bergbauunternehmen seit den 1980er Jahren im Verbund mit der Rohstoffpreisentwicklung führten zu einer Intensivierung des Kleinbergbaus. Von Ausnahmen abgesehen, haben die Kleinbergleute schon immer in Gruppen als relativ unabhängige Subkontraktoren gearbeitet, die auf Basis ihrer Konzentratproduktion bezahlt wurden. Als lokale Abnehmer der Konzentrate fungierten einerseits die Inhaber der Konzessionen, auf denen die Kleinbergleute schürften, aber auch Händler, die potentiell höhere Ankaufpreise als die Bergbauunternehmen anboten. Aufgrund dieser Gegebenheiten hat die Region eine lange zurückreichende Historie des informellen Handels mit Tantal- und Zinnkonzentraten, einschließlich Schmuggel.

Seit dem Jahr 2010 wurde im Zuge der Sorgfaltspflicht das sogenannte iTSCi-System in der Region etabliert. Das System strebt unter anderem eine Nachverfolgung von Tantal-, Zinn- und Wolframkonzentraten entlang lokaler Lieferketten mittels sogenannter Tags an, die regelmäßig in einer bestimmten Anzahl an einzelne zertifizierte Minen ausgegeben werden. Die individuell mittels Barcode registrierten Tags dienen zum Versiegeln („Tagging“) einzelner Konzentratsäcke. Jedoch wird Tantalerz vor Ort zum Teil auch außerhalb des iTSCi-Systems abgebaut. Allein im Jahr 2020 konfiszierte eine kongolesische Aufsichtsbehörde gut 4 Tonnen Tantal-Konzentrat [24]. Dieses wurde ohne Tags gelagert oder transportiert, möglicherweise mit der Absicht, das Material illegal in zertifizierte Lieferketten in der DR Kongo oder Ruanda einfließen zu lassen. Dafür wäre der Diebstahl oder Missbrauch von Tags notwendig, wie er von der UN-Expertengruppe seit vielen Jahren immer wieder dokumentiert wurde.

Der informelle Handel von Erzkonzentraten außerhalb der Konzessionsgrenzen sowie deren grenzübergreifender Schmuggel sind nicht notwendigerweise Anzeichen für eine verdeckte Konfliktfinanzierung. Stattdessen reflektiert dies ein aus Sicht der Kleinbergleute historisch legitimes Vorgehen,

ihr Einkommen zu steigern, wenn sie mit dem ihnen offerierten Ankaufpreis der Konzentrate unzufrieden sind. Ebenso wichtig ist die Frage der Liquidität, da Kleinbergleute häufig eine unmittelbare Bezahlung ihrer Produktion erwarten, ohne Verzögerungen, wie sie beispielsweise der Tagging-Prozess verursachen kann. Es ist somit unrealistisch, von iTSCi und ähnlichen Kontrollsystemen zu erwarten, dass durch diese der Schmuggel oder informelle Handel der Rohstoffe komplett unterbunden werden könnte.

Stattdessen sollte der Fokus auf der Frage liegen, wie effektiv die Umsetzung derartiger Kontrollsysteme zu einer Minderung von Konfliktfinanzierungsrisiken beiträgt. Es gibt klare Anzeichen dafür, dass sich die Militarisierung artisanaler Tantal- und Zinngruben in den letzten Jahren reduzierte, während sie im artisanalen Goldsektor – wo so gut wie keine Systeme zur Nachverfolgung etabliert sind – unvermindert hoch ist [25]. Ungeachtet dieses Trends stellt die UN-Expertengruppe regelmäßig fest, dass im ostkongolesischen Tantalsektor nach wie vor vereinzelt Konfliktfinanzierung stattfindet. Daher ist weiterhin eine erhöhte Achtsamkeit im Monitoring derartiger Risiken geboten.



Zwischenlagerung von mit Tags versiegelten Konzentratsäcken vor dem Weitertransport.

Die Formalisierung sowie die adäquate Umsetzung von Gesetzen im Kleinbergbau werden daher nicht prioritär behandelt. Dies hat zur Folge, dass der Kleinbergbau in die Illegalität abgedrängt wird und sich dessen wirtschaftliches Entwicklungspotential nicht entfalten kann. Bekannte Probleme des Sektors, wie beispielsweise die Arbeitssicherheit, werden hingegen weiter verschärft.

5 NACHHALTIGKEITSASPEKTE DER WEITERVERARBEITUNG

5.1 Umwelt

Die durch ihre Uran- und Thorium-Gehalte bedingte natürliche Radioaktivität von Tantal-Konzentraten und Zinnschlacke kann 10 Bq/g übersteigen. Oberhalb dieses Grenzwertes fallen Güter unter die Klasse-7-Transportregulierungen für radioaktive Materialien der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation. Der Transport afrikanischer Konzentrate zu den in Asien, Europa und Nordamerika angesiedelten hydrometallurgischen Aufbereitungsstätten ist in hohem Maße von diesen Regulierungen betroffen, da nur wenige afrikanische Häfen derartig klassifizierte Güter für die Verschiffung annehmen. Der Rückgang der Tantal-Förderung in einigen relevanten Förderländern wie Äthiopien ist unter anderem auch auf Transportschwierigkeiten aufgrund der Radioaktivität des Materials zurückzuführen. Die Tantalindustrie und Deutschland versuchen derzeit zu erwirken, dass der bestehende Radioaktivitäts-Grenzwert in der Seeschiffahrt auf 30 Bq/g erhöht und die Verschiffung von Konzentratlieferungen damit erleichtert wird [26]. Derzeit wird der Vorschlag von einer Arbeitsgruppe an der Internationalen Atomenergiebehörde geprüft. Um Einschränkungen im Hinblick auf den momentan geltenden Grenzwert von 10 Bq/g zu vermeiden, werden einige Konzentrate von den Aufbereitungsbetrieben in der Großen-Seen-Region bewusst nicht über Gehalte von etwa 30 % Ta_2O_5 hinaus konzentriert, da höhere Gehalte zu einem Anstieg der Radioaktivität führen können.

Die Radioaktivität von Tantal-Konzentraten und Zinnschlacke ist darüber hinaus auch im Hinblick auf die Entsorgung von Abfällen aus der Aufbereitung und Raffinade problematisch. Anwohner im Umfeld der Aufbereitungs- und Veredelungsbetriebe zeigen sich oft darüber besorgt, selbst wenn eine fachgerechte Deponierung der Abfälle erfolgt. In Estland verfügt der Betreiber der Silmet-Aufbereitungsanlage über eine Lizenz zur Zwischenlagerung von 616 Tonnen radioaktiver Abfälle auf dem Betriebsgelände. Diese Lizenz ist

nach mehreren Betriebsjahren mittlerweile voll ausgeschöpft. Das Unternehmen plant, die vor Ort gelagerten Abfälle in der Uran-Aufbereitungsanlage White Mesa in den USA zu nuklearen Brennstäben verarbeiten zu lassen. Aufgrund starker Anwohneropposition und ausstehender behördlicher Genehmigungen ist der Vorgang jedoch derzeit blockiert. Da in Estland keine adäquate Entsorgung der zwischengelagerten Abfälle möglich ist, kann der Betreiber als Konsequenz derzeit keine weiteren radioaktiven Tantal-Erzkonzentrate in der Anlage aufbereiten [27].

Neben radioaktiven Rückständen resultiert aus der Tantal-Aufbereitung und -Raffinade eine Belastung der Abwässer mit anorganischen Salzen (vgl. Abb. 4), zudem fällt weiterer Sondermüll an. Bei der Laugung von Erzkonzentraten können bis zu 6 – 7 % der verwendeten Flusssäure als Gas entweichen und als Fluorid ins Abwasser gelangen [28]. In modernen Anlagen können derartige Verluste jedoch auf 0,3 % begrenzt werden, indem die Flusssäure im Abgasstrang mittels Rückflusskühlern kondensiert und recycelt wird. Durch eine optimierte Prozesskontrolle lässt sich auch die Salzkonzentration im Abwasser reduzieren.

5.2 Soziale und ökonomische Aspekte

Wirtschaftlich gesehen liegt der wichtigste Teil der Wertschöpfung in der Tantal-Lieferkette in der Fertigung von Kondensatoren. Der globale Kondensatormarkt hat aktuell ein Volumen von knapp 30 Milliarden USD. Davon entfielen im Jahr 2019 circa 8 % des Werts – mehr als zwei Milliarden USD – auf Tantal-Kondensatoren. Für deren Herstellung wurden im selben Jahr 856 Tonnen Tantal veranschlagt [1]. Der Wert der gesamten Primärförderung des Jahres 2019 (1.776 t Tantalinhalt in Konzentraten und Zinnschlacke) betrug hingegen nur geschätzt etwa 300 Millionen USD, wenn man näherungsweise den durchschnittlichen Konzentratpreis laut BGR-Rohstoffdatenbank (in diesem Fall basierend auf [29]) zugrunde legt. Umgerechnet auf den Metallinhalt, liegt der Marktwert des in Kondensatoren verbauten Tantals demnach etwa achtmal so hoch wie der Marktwert des in Konzentraten enthaltenen Tantals. Der Preis des Zwischenprodukts Tantalpentoxid lag im Mittel der letzten Jahre circa 40 % über dem Konzentratpreis. Einige Tantal-Produzenten haben durch Übernahmen vertikal integrierte Lieferketten geschaffen, bei denen entweder Bergbau und Raffinade, oder Raffinade und Kondensatorfertigung beim gleichen Unternehmen angesiedelt sind.

Investoren in verschiedenen afrikanischen Förderländern haben in der jüngeren Vergangenheit Pläne ent-

wickelt, Anlagen zur hydrometallurgischen Aufbereitung und Raffinade von Tantal direkt vor Ort zu errichten, anstatt den Rohstoff als Konzentrat zu exportieren. Dies böte zudem die potentielle Gelegenheit, die umfangreichen historischen Aufbereitungsabgänge in der Region im Hinblick auf deren Restgehalte an Tantal erneut aufzubereiten. Problematisch wirken sich jedoch folgende Faktoren auf derartige Geschäftspläne aus. Einerseits liegen die Fördergebiete in Ruanda und im Ostkongo über 1.500 km von den nächstgelegenen Seehäfen entfernt. Diese Lage erschwert und verteuert die Versorgung der Anlagen mit Verbrauchsgütern, wie beispielsweise Chemikalien. Zudem wird die lokale Infrastruktur, insbesondere die Verlässlichkeit und Wirtschaftlichkeit der Stromversorgung für industrielle Zwecke, häufig in Frage gestellt. Schließlich stellt auch der Mangel an regionaler rohstoffwirtschaftlicher Kooperation, insbesondere zwischen Ruanda und der DR Kongo, ein Hindernis dar, beispielsweise um eine optimale Auslastung von Aufbereitungsanlagen über einen längeren Zeitraum hinweg zu garantieren. Im Jahr 2019 wurden Pläne publik, eine Tantal-Aufbereitungsanlage im Wert von circa 20 Millionen USD in Kigali zu errichten. In den letzten Jahren konnte sich die Stadt als neuer Verhüttungsstandort für Gold sowie – bislang im kleinen Maßstab – Zinn etablieren. Somit wurden zumindest erste Schritte erfolgreich umgesetzt, um einen lokalen Arbeitsmarkt für qualifizierte Fachkräfte in der Metallverarbeitung zu entwickeln.

5.3 Governance

Die Einhaltung der Sorgfaltspflicht entsprechend den Empfehlungen der OECD [30] ist für bestimmte Akteure in der Lieferkette von Tantal und weiteren Konfliktmineralen verpflichtend. Dies betrifft Unternehmen, die im Rahmen des US-amerikanischen Dodd-Frank-Gesetzes Bericht erstatten sowie, seit Januar 2021, Unternehmen, die von der EU-Verordnung 2017/821 betroffen sind. Für EU-Einführer von Tantal-Konzentrat oder daraus gefertigten Hüttenprodukten wird im Rahmen dieser Verordnung ein detaillierter Nachweis der Sorgfaltspflicht eingefordert und von nationalen Behörden der Mitgliedsstaaten kontrolliert. Ausgenommen sind lediglich Einführer, die Rohstoffe aus dem Recycling beziehen oder deren jährliche Importe unter einer bestimmten Mengenschwelle liegen. Für Tantal-Konzentrate liegt diese jährliche Schwelle derzeit bei 100 Tonnen, für Tantal-Pulverprodukte bei 2,5 Tonnen.

Während das Dodd-Frank-Gesetz die Fragestellung der Konfliktminerale in der Lieferkette geographisch auf die DR Kongo und Anrainerstaaten fokussiert, definiert die EU-Verordnung einen globalen Anwendungsrah-

men bezogen auf Konflikt- und Hochrisikogebiete [31]. Für Zentralafrika identifiziert die indikative EU-Liste lediglich die DR Kongo und Burundi, nicht jedoch Ruanda als derartige Gebiete. Allerdings ist im Rahmen der EU-Verordnung dennoch ein detaillierter Nachweis der Sorgfaltspflicht für aus Ruanda bezogenes Tantal-Konzentrat zu erbringen, da für derartige Lieferketten aufgrund von Schmuggelrisiken das Auftreten von kritischen Bedingungen („Red Flags“) zu prüfen ist. Dies gilt auch für weitere ostafrikanische Transitländer.

Der neben der Region der Großen Seen wichtigste von der EU-Verordnung teilweise als Konflikt- und Hochrisikogebiet betroffene Tantal-Produzent ist Nigeria, insbesondere die Förderung im Kaduna-Staat. Daneben ist die Tantal-Förderung in Simbabwe betroffen. Zwar identifiziert die von der EU veröffentlichte indikative Liste weitere Tantal-Produzenten wie Mosambik und Kolumbien. Jedoch konzentriert sich die Tantal-Förderung in diesen Ländern auf andere als die auf der EU-Liste erfassten Regionen. Auch dort wäre jedoch das Auftreten von kritischen Bedingungen („Red Flags“) in den assoziierten Tantal-Lieferketten zu prüfen.

Um den OECD-Empfehlungen zur Sorgfaltspflicht und darauf basierenden regulativen Anforderungen gerecht zu werden, setzt die Tantalindustrie, im Verbund mit der Zinn-, Wolfram- und Teilen der Goldindustrie, seit dem Jahr 2010 ein Programm zur Auditierung und Zertifizierung der Hütten (Aufbereitungsanlagen) um. Tabelle 3 illustriert am Beispiel einer Smartphone-Lieferkette, wie die unterschiedlichen Kontrollprozesse entlang der vor- und nachgelagerten Tantal-Lieferkette miteinander verzahnt sind. Nachgelagerte Akteure in der Lieferkette verfolgen die in ihren Produkten enthaltenen Rohstoffe über ihre Zulieferer bis zur Hütte zurück und können deren Zertifizierungsstatus in ihr eigenes Risikomanagement einfließen lassen. In dem von der Responsible Minerals Initiative (RMI) koordinierten Programm sind zurzeit (Stand Januar 2021) 37 von 38 identifizierten primären Tantal-Aufbereitern zertifiziert [32]. Um die Lieferkettenrisiken von der Hütte bis zurück zu den artesischen Abbaustätten in der afrikanischen Region der Großen Seen lückenlos zu bewerten, greift das RMI-Auditprogramm auf Informationen der in der Region etablierten Kontrollsysteme wie iTSCi zurück.

Fünf der RMI-zertifizierten Aufbereitungsstandorte – in Brasilien, Russland und China – werden derzeit aufgrund geringer Lieferkettenrisiken mit einer dreijährigen Auditfrequenz überprüft, alle weiteren Standorte mit einjähriger Frequenz. Dies deutet darauf hin, dass viele Tantal-Verarbeiter teilweise afrikanische Konzentrate oder daraus gefertigte Zwischenprodukte beziehen, für die von erhöhten Lieferkettenrisiken hinsichtlich der

Tabelle 3: Tantalgehalt in Produkten und Kontrollprozesse entlang einer Smartphone-Wertschöpfungskette.

Produkt	Typischer Tantalgehalt	Kontrolle der Sorgfaltspflicht
Tantalierz (Zentralafrika)	100 – 500 g/t	Mineninspektionen
Vorkonzentrat im Kleinbergbau (Zentralafrika)	10 – 40 %*	Mineninspektionen, „Tagging“ der Produktion, Risiko-Monitoring
Tantal-Exportkonzentrat (Zentralafrika)	23 % (homogenisiert)	„Tagging“, Risiko-Monitoring, potentiell ICGLR-Zertifikat, Kontrolle von EU-Einführern
„K-Salt“ (Zwischenprodukt)	46 %	Hüttenzertifizierung (RMI), Kontrolle von EU-Einführern
Tantalpulver (capacitor-grade)	> 99,5 %	Hüttenzertifizierung (RMI), Kontrolle von EU-Einführern
Tantal-Kondensator	~49 %	Informationsaustausch mit Zulieferern
Leiterplatte	2.400 g/t	Informationsaustausch mit Zulieferern
Smartphone (4G/LTE), ohne Akku	360 g/t	Informationsaustausch mit Zulieferern

Quelle der Tantalgehalte: [5, 10, 11]. Der Begriff „Tagging“ bezieht sich auf das iTSCI-System und wird in der Textbox in Kapitel 4.3 erläutert. „K-Salt“ ist ein international gebräuchlicher Handelsname für Kaliumheptafluorotantalat. ICGLR = Internationale Konferenz der Großen Seen. RMI = Responsible Minerals Initiative. * - zinnreiches Mischkonzentrat hat meist niedrigere Tantalgehalte.

Sorgfaltspflicht auszugehen ist. Tantal-Veredler, die kein Tantal aus der Primärförderung für die Verarbeitung annehmen, werden in dem RMI-Zertifizierungsprogramm nicht geprüft. Einige dieser Betriebe lassen sich jedoch freiwillig im Rahmen eines sogenannten Downstream-Assessment-Programmes der RMI überprüfen.

Das Tantalum-Niobium International Study Centre (T.I.C.), eine Interessenvereinigung der Tantalindustrie, hat für seine Mitglieder Verhaltensregeln im Hinblick auf den Kleinbergbau formuliert. Diese betonen die Notwendigkeit, dass T.I.C.-Mitglieder sämtliche Gesetze und Verordnungen einhalten, um die Integrität der Lieferketten sicherzustellen. Über die Anforderungen der Sorgfaltspflicht hinaus sind in der Tantalindustrie keine rohstoffspezifischen Standards zu verantwortungsvollem Abbau und Rohstoffbezug im Sinne der Nachhaltigkeit etabliert. Allerdings organisiert die RMI aktuell (2021) eine öffentliche Konsultation zum Entwurf eines erweiterten Hütten-Standards der Sorgfaltspflicht in Bezug auf ökologische, soziale und Governance-Aspekte. Dieser Standard wäre von Hütten und Aufbereitungsanlagen auf Basis freiwilliger Audits anzuwenden, ohne dass dies den RMI-Zertifizierungsstatus der Standorte beeinflusst. Der neue Standard bezieht sich nicht auf den vorgelagerten Bergbau, selbst dann nicht, wenn dieser direkt mit lokalen Aufbereitungsanlagen integriert ist.

Derzeit wird das Umweltmanagement (teils auch die Arbeitssicherheit) einiger Aufbereitungs- und Raffinadebetriebe gegen entsprechende ISO-Normen zertifiziert. Einzelne Tantal-Verarbeiter und weitere Akteure der nachgelagerten Lieferkette haben darüber hinaus

auf eigene Initiative hin interne Standards und Kontrollprozesse etabliert, um in ihren Lieferketten einen verantwortungsbewussten Rohstoffbezug im Sinne der Nachhaltigkeit sicherzustellen. Inhaltlich orientieren sich diese internen Standards beispielsweise an Vorgaben der Elektronikindustrie oder an Zertifizierungssystemen für den Kleinbergbau.

6 QUELLENNACHWEIS

[1] ROSKILL (2020): Tantalum: Outlook to 2029, 15th Edition. – Roskill, London.

[2] NASSAR, N.T. (2017): Shifts and trends in the global anthropogenic stocks and flows of tantalum. – Resources, Conservation & Recycling, 125, 233-250. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.002>.

[3] LINNEN, R., TRUEMAN, D.L., BURT, R. (2014): Tantalum and niobium. – In: Gunn, G. (Hrsg.), Critical Metals Handbook, British Geological Survey, Keyworth, UK. ISBN 978-0-470-67171-9.

[4] S&P GLOBAL (2021): S&P Global Market Intelligence. – New York. <https://www.spglobal.com/en/> [Stand: 5.1.2021].

[5] SCHÜTTE, P. & NÄHER, U. (2020): Tantalum supply from artisanal and small-scale mining: A mineral economic evaluation of coltan production and trade dynamics in Africa’s Great Lakes region. – Resources

Policy, 69 (2020) 101896. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101896>.

[6] BURT, R.O. (1993): Concentration of tantalum and niobium. – High Temperature Materials and Processes, 11, 35-48. <https://doi.org/10.1515/HTMP.1993.11.1-4.35>.

[7] HEIZMANN, J. & LIEBETRAU, M. (2017): Efficiency of mineral processing in Rwanda's artisanal and small-scale mining sector. – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover. ISBN 978-3-943566-86-4.

[8] AGULYANSKY, A., AGULYANSKY, L., TRAVKIN, V.F. (2004): Liquid-liquid extraction of tantalum with 2-octanol. – Chemical Engineering and Processing, 43, 1231-1237. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2003.11.008>.

[9] DAMM, S. (2018): Rohstoffrisikobewertung Tantal. – DERA Rohstoffinformationen 31. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin. ISBN 978-3-943566-47-5.

[10] UEBERSCHAAR, M., JALALPOOR, D.D., KORF, N., ROTTER, V.S. (2017): Potentials and barriers for tantalum recovery from waste electric and electronic equipment. – Journal of Industrial Ecology, 21, 700-714. <https://doi.org/10.1111/jiec.12577>.

[11] BOOKHAGEN, B., BASTIAN, D., BUCHOLZ, P. ET AL. (2020): Metallic resources in smartphones. – Resources Policy, 68 (2020) 101750. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101750>.

[12] SUNDQVIST ÖKVIST, L., YE, G., HU, X., YANG, T. (2016): State of the art on the recovery of refractory metals from secondary resources. – MSP-REFRAM Projekt, EU Horizon 2020. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5a9083a9f&appId=PPGMS> [Stand: 17.2.2021].

[13] HAIDULA, A.F., ELLMIES, R., KAYUMBA, F. (2011): Environmental monitoring of small-scale mining areas in Rwanda. – GSN-BGR-OGMR, Windhoek / Hannover / Kigali.

[14] HAYES, K. & BURGE, R. (2003): Coltan mining in the Democratic Republic of Congo: How tantalum-using industries can commit to the reconstruction of the DRC. – Fauna & Flora International, Cambridge, UK. ISBN 1-903703-10-7.

[15] MINSUR (2020): Sustainability report 2019: annexes. Minsur. – <https://www.minsur.com/wp-content/up->

[loads/pdf/Memoria%20Anual/ESP/Minsur%20Reporte%20de%20Sostenibilidad%202019%20Anexos.pdf](https://www.minsur.com/wp-content/uploads/pdf/Memoria%20Anual/ESP/Minsur%20Reporte%20de%20Sostenibilidad%202019%20Anexos.pdf) [Stand: 17.2.2021].

[16] ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY (2019): Greenbushes lithium mine expansion – Report and recommendations of the Environmental Protection Authority. – Report 1635, The Government of Western Australia. ISSN 1836-0491.

[17] DHL (2021): Carbon Calculator. – Deutsche Post DHL. <https://www.dhl-carboncalculator.com/#/login> [Stand: 17.2.2021].

[18] GREENBASE ENVIRONMENTAL ACCOUNTANTS (2018): Greenhouse gas estimate for Greenbushes expansion project. – https://www.epa.wa.gov.au/sites/default/files/PER_documentation2/Appendix%20G%20-%20Greenhouse%20Gas%20Estimate.pdf [Stand: 17.2.2021].

[19] COOK, R. & MITCHELL, P. (2014): Evaluation of Mining Revenue Streams and Due Diligence Implementation Costs along Mineral Supply Chains in Rwanda. – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover. ISBN 978-3-943566-18-5.

[20] IPIS (2021): Open data. – International Peace Information Service, Antwerpen, Belgien. <https://ipis-research.be/home/maps-data/open-data/> [Stand: 5.1.2021].

[21] BARRETO, M.L., SCHEIN, P., HINTON, J., HRUSCHKA, F. (2018). Economic contributions of artisanal and small-scale mining in Rwanda: tin, tantalum and tungsten. – Pact Global UK, Somerset & Alliance for Responsible Mining, Envigado, Kolumbien. https://www.responsiblemines.org/wp-content/uploads/2018/03/Rwanda_case_study.pdf [Stand: 28.4.2020].

[22] SCHÜTTE, P. (2019): International mineral trade on the background of due diligence regulation: A case study of tantalum and tin supply chains from East and Central Africa. – Resources Policy, 62, 674–689. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.11.017>.

[23] iTSCI (2021): What we do to support stakeholders & achieve results. – <https://www.itsci.org/about-itsci/> [Stand: 17.2.2021].

[24] UNITED NATIONS SECURITY COUNCIL (2020): Mid-term report of the Group of Experts on the Democratic Republic of the Congo. – S/2020/1283, UN, New York, USA. <https://digitallibrary.un.org/record/3896010> [Stand: 17.2.2021].

[25] JAILLON, A., GOBBERS, E., BOUUAERT, M.C. ET AL. (2019): Assessing the impact of due diligence programmes in eastern DRC: A baseline study. – International Peace Information Service, Antwerpen, Belgien. <https://ipisresearch.be/publication/assessing-impact-due-diligence-programmes-eastern-drc-baseline-study/> [Stand: 17.4.2020].

[26] T.I.C. (2021): A fresh examination of NORM transport regulations. – Tantalum-Niobium International Study Center Bulletin N°184, Januar 2021.

[27] ROSKILL (2020): Niobium, tantalum: Silmet facing uncertain future. – <https://roskill.com/news/niobium-tantalum-silmet-facing-uncertain-future/> [Stand: 11.6.2020].

[28] SHIKIKA, A., MUVUNDJA, F., MUGUMAODERHA, M.C., GAYDARDZHIEV, S. (2021): Extraction of Nb and Ta from a coltan ore from South Kivu in the DRC by alkaline roasting – thermodynamic and kinetic aspects. – Minerals Engineering, 163 (2021) 106751. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106751>.

[29] ASIAN METAL (2021): price database. – <http://www.asianmetal.com/> [Stand: 17.2.2021].

[30] OECD (2016): OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas, Third edition. – OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264252479-en>.

[31] EU (2021): Indicative, non-exhaustive list of conflict-affected and high-risk areas under Regulation (EU) 2017/821. – <https://www.cahraslist.net/> [Stand: 17.2.2021].

[32] RESPONSIBLE MINERALS INITIATIVE (2021): Tantalum smelters list. – <http://www.responsiblemineralsinitiative.org/tantalum-smelters-list/> [Stand: 5.1.2021].

IMPRESSUM

Herausgeber:

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
B 1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe
Arbeitsbereich Bergbau und Nachhaltigkeit
Stilleweg 2
30655 Hannover

E-Mail: mineralische-rohstoffe@bgr.de
www.bgr.bund.de

Autor:

Philip Schütte

Unter Mitarbeit von:

Sophie Damm, Gudrun Franken

Layout:

Jolante Duba

Titelfoto:

© 106972550 Shutterstock HandmadePictures

Stand:

März 2021

DOI:

10.25928/vd6g-rj56