

Übersetzung des [Originals](#) mittels Google Translate, Fußnoten wurden entfernt, dafür bitte Originaldokument bemühen

## **Der Einfluss der Explorationsaktivitäten einer potenziellen Lithiummine auf die Umwelt in Westserbien**

Dragana Đorđević, Jovan M. Tadić, Branimir Grgur, Ratko Ristić, Sanja Sakan, Jelena Brezjanović, Vladimir Stevanović & Bogdan Šolaja

**Die von der Rio Tinto Corporation geplante Ausbeutung der Lithium-/Borat-Lagerstätte im Jadar-Tal in Serbien deutet auf eine groß angelegte Verarbeitung von bor- und lithiumhaltigem Erz hin. Es wäre eine der weltweit ersten Lithiumminen in besiedeltem und landwirtschaftlich genutztem Gebiet. Das Unternehmen behauptet, der geplante Abbau werde den Umweltschutzanforderungen entsprechen. Die Lagerstätten im Jadar-Tal decken 90 % des aktuellen Lithiumbedarfs Europas. Dennoch regt sich lokaler Widerstand gegen den Bergbau, da er potenziell verheerende Auswirkungen auf Grundwasser, Boden, Wasserverbrauch, Verlust der Artenvielfalt und Abfallansammlungen befürchtet. Forschungsbohrungen des Bergbauunternehmens haben bereits Umweltschäden verursacht: Aus Explorationsbohrungen trat hochgradig borhaltiges Grubenwasser aus und führte zum Vertrocknen von Ernten. Unsere Untersuchungen zeigen zudem deutlich erhöhte Bor-, Arsen- und Lithiumkonzentrationen in nahegelegenen Flüssen flussabwärts im Vergleich zu flussaufwärts gelegenen Regionen. Darüber hinaus zeigen wir, dass Bodenproben wiederholte Überschreitungen der Sanierungsgrenzwerte mit Umweltfolgen für Oberflächen- und Grundwasser aufweisen. Mit der Eröffnung der Mine werden sich die Probleme durch Absetzbecken, Grubenabwässer, Lärm, Luft- und Lichtverschmutzung vervielfachen, was das Leben zahlreicher lokaler Gemeinden gefährdet und ihre Süßwasserquellen, landwirtschaftlichen Flächen, Viehbestände und Vermögenswerte zerstört.**

Die Energieversorgung und der Verkehrssektor sind die weltweit größten Emittenten von Treibhausgasen (THG) – die Haupttreiber des Klimawandels. Die Einführung kohlenstoffarmer Technologien ist eine der allgemein anerkannten Maßnahmen, um die Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren. Diese modernen Technologien basieren stark auf Lithium-Ionen-Batterien und anderen Batterien, die Kobalt, Kupfer, Nickel, Graphit, Mangan und andere Metalle und Mineralien benötigen. Lithium-Ionen-Batterien, die eine hohe Energiedichte speichern können, benötigen neue Mengen an Lithium aus der Natur, teilweise weil die vorhandenen Batterien kaum recycelt werden. Trotz des Lithiumreichtums auf der Erde gibt es nur wenige konzentrierte Vorkommen oder „Reserven“, die gewinnbringend gefördert werden können. Das sogenannte Lithium-Dreieck, das Regionen in Chile, Argentinien und Bolivien umfasst, enthält den Großteil der weltweiten Lithiumvorkommen. Die größten Lithiumvorkommen der Welt befinden sich in den Salzlaugen des Lithiumdreiecks (bis zu 70 %) und deutlich weniger in Form von Erzgesteinen (ca. 10 %), darunter Spodumen, Lepidolith, Hectorit und Jadarit. Die einfachste und umweltschonendste Methode zur Lithiumgewinnung ist die Gewinnung aus Salzlaugen, während die Gewinnung aus Erzgesteinen schwerwiegende Folgen für die Umwelt hat.

Daher wird Lithium üblicherweise in Wüsten und unbewohnten Gebieten Australiens, Chiles, Chinas, Argentinien, Kanadas, Simbabwe und der Vereinigten Staaten abgebaut. Kürzlich wurde die Gewinnung von Lithium in zwei besiedelten Gebieten in Portugal und Serbien in Erwägung gezogen.

Da China mittlerweile den größten Teil der Lieferkette für Lithium-Ionen-Batterien kontrolliert und 80 % der weltweiten Rohstoffraffination, 77 % der weltweiten Zellkapazität und 60 % der weltweiten Komponentenherstellung betreibt, hat die Europäische Kommission Bergbauprojekte in Europa gefördert<sup>16</sup>. Obradovic et al. berichteten 1999 erstmals über einen hohen Lithium- und Borgehalt im Jadar-Tal (Republik Serbien), und das Mineral Jadarit wurde 2007 von Whitfield et al. charakterisiert. Jüngsten Berichten zufolge sind die im Jadar-Tal gefundenen Vorkommen beträchtlich und könnten bis zu 90 % des aktuellen Lithiumbedarfs Europas decken. Dennoch ist zu

beachten, dass der Lithiumgehalt von Jadar nur etwa 1 % der weltweiten Reserven ausmacht. Rio Tinto, ein multinationaler Bergbaukonzern, erkundet seit über 15 Jahren Mineralvorkommen und plant die Eröffnung einer Lithiummine in Serbien. Rio Tinto schloss die geologische Explorationsphase des Jadar-Projekts im Januar 2020 ab, nach mehreren Versuchsbohrungen zur Erkundung von Jadarit, einer neuen Lithiumquelle. Das Unternehmen erhielt im Juni 2021 politische Unterstützung von den serbischen Behörden. Unsere ersten Ergebnisse der Analyse ausgewählter chemischer Elemente aus dem Jadar-Bergbaugebiet im lokalen Boden und Flusswasser deuten darauf hin, dass die Umweltauswirkungen während der Explorationsphase im Bereich des potenziellen Jadar-Bergbaugebiets deutlich spürbar sind und über das Gebiet der geplanten Mine hinausgehen.

Erste Explorationsbohrungen führten zu Beschwerden der lokalen Bevölkerung über die beobachteten erheblichen negativen Auswirkungen der Grundwassernebenproduktion auf die Boden- und Wasserqualität. Diese Bedenken wurden durch vorhandene Informationen über die negativen Auswirkungen des Lithiumabbaus auf den Wasserverbrauch, den Verlust der biologischen Vielfalt und die Abfallerzeugung an anderer Stelle verstärkt. Eine Petition gegen die Eröffnung der Mine erhielt über 292.000 Unterschriften und führte zu Protesten, Straßenblockaden und politischen Spannungen. Darüber hinaus hat die wissenschaftliche Debatte Bedenken hinsichtlich der ökologischen, umweltbezogenen und technologischen Risiken geweckt, insbesondere angesichts der fragwürdigen Technologielösungen der Jadaritverarbeitung. Rio Tinto reichte 2018 ein Patent für ein Verfahren zur Mineralgewinnung ein, das vom EPA erst am 5. Juli 2024 erteilt wurde. Obwohl die Regierungspolitik und das Bestreben der Industrie nach nachhaltigen Energiequellen zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen starke Argumente lieferten, behinderten sie gleichzeitig die Diskussion über die negativen Auswirkungen der Nutzung von Lithiumbatterien, einschließlich deren Recycling. Bibliometrische Untersuchungen zeigen, dass die Mehrheit der veröffentlichten Studien aus Lithium verbrauchenden Ländern stammt und sich hauptsächlich auf den Lebenszyklus der Batterie und ihre Kosten konzentriert. Nur etwa 5 % dieser Studien konzentrieren sich auf die sozioökologischen Auswirkungen, und lediglich 2 % stammen aus Lithium produzierenden Ländern. Dieses Ungleichgewicht in der Informationsverfügbarkeit ist ein großes Problem und erfordert dringend eine Ausweitung der Forschung um eine ganzheitliche Betrachtung der Lithiummineralgewinnung und ihrer sozioökologischen Auswirkungen. Ziel dieses Dokuments ist es, die ökologischen, ökochemischen und sozioökologischen Gefahren zu untersuchen und zu bewerten, die mit den experimentellen Bohraktivitäten und der geplanten Lithiummine im serbischen Jadar verbunden sind.

### **Ökologische Risikobewertung der Lithiummine Jadar in Westserbien**

Die geplante Lithiummine Jadar mit der dazugehörigen Infrastruktur, den Produktionsanlagen und mindestens zwei Deponien befindet sich im Westen Serbiens nahe der Grenze zu Bosnien und Herzegowina, in einer Region, die für ihre erfolgreiche Landwirtschaft bekannt ist. Das Projekt würde das Gebiet der umliegenden Dörfer mit etwa 20.000 Einwohnern einnehmen. Basierend auf einer ursprünglich prognostizierten Lebensdauer von 64 Jahren würde das Projekt zum Verlust von Arbeitsplätzen für Tausende von Menschen führen, die derzeit von der Landwirtschaft der Region abhängig sind.

Die vorläufige geschätzte räumliche Ausdehnung des Jadar-Projekts beträgt 2031. In der Anfangsphase der Projektumsetzung werden voraussichtlich 533 ha Land zerstört. Von dem zu zerstörenden Land sind 206,5 ha Wälder und 173 ha Ackerland. Erzabbau und Grundwasserabpumpen bzw. -lecks würden zur Absenkung von fast 850 ha Land führen. Durch die Errichtung von Mülldeponien in der unmittelbaren Küstenzone der Flüsse Jadar und Korenita, den extrem reißenden lokalen Wasserläufen, würde eine ständige Gefahr der Verschmutzung der flussabwärts gelegenen Abschnitte entstehen und die Wasserversorgung von etwa 2,5 Millionen Menschen gefährdet.

Die geplanten Abraumdeponien mit einer Fläche von 20 ha und einem Abfallanfall von 360.000 t/Jahr sowie eine Industrieabfalldeponie mit einer Fläche von 167 Hektar und einem Abfallanfall von 1,4 Mio. t/Jahr<sup>31</sup> sind mit gefährlichen Stoffen wie Bor, Arsen usw. belastet und sollen auf einer 1,5–2 mm dicken Folie entsorgt werden, um die Grundwasserreserven vor dem Austreten giftiger Stoffe zu schützen<sup>30</sup>. Die Abraumdeponien würden außerdem neben den Flüssen Korenita und Jadar errichtet, die zu starken Überschwemmungen in den umliegenden Gebieten führen können.

In dieser Region gibt es einzigartige Sand- und Kiesvorkommen, die direkt mit praktisch dem gesamten Gelände der Region Mačva und Jadar verbunden sind. Die größte Mächtigkeit des Vorkommens liegt entlang der Drina und reicht von 50 bis 75 m, während sie im übrigen Gebiet der Mačva zwischen 20 und 40 m beträgt. Dieses Gebiet stellt das bedeutendste Grundwasserreservoir Westserbiens dar.

Die Auswirkungen des geplanten Jadar-Projekts, die zu Bodenerosion und Bodendegradation führen, entsprechen dem Begriff „Desertifizierung“ und stellen einen direkten Verstoß gegen die Grundsätze der „RIO“-Konventionen (UNFCCC-Klimawandel, UNCBD-Biodiversität, UNCCD-Kampf gegen Wüstenbildung und Landdegradation) dar. Darüber hinaus untergräbt das Projekt die Ziele der Vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung und die verabschiedete Agenda 2030 sowie die nationale Gesetzgebung zum Naturschutz.

Es wird erwartet, dass das geplante „Jadar“-Projekt zu erheblicher Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen führen wird, was schwerwiegende negative Auswirkungen auf die Tierwelt, darunter mehrere hundert Pflanzen- und Tierarten, haben wird. Von diesen Arten stehen 145 unter Schutz bzw. sind streng geschützt. Das Projekt würde zudem die isolierte östliche Enklave von *T. scorodonia* bedrohen, einer subatlantischen Art, die mehr als 600 km vom nächstgelegenen westlichen Vorkommen entfernt ist. Darüber hinaus würden der seltene Farn *Dryopteris* und 20 weitere seltene Arten vom Standort der geplanten Abraumhalden verschwinden, wie Krizmanić et al. im Jahr 2021 berichteten.

Darüber hinaus stellt das Projekt „Jadar“ eine Bedrohung für das bestehende Touristenziel sowie für über 50 Objekte des architektonischen Erbes und archäologische Stätten von historischer, kultureller und spiritueller Bedeutung dar. Zusätzlich zu den gegebenen Auswirkungen gehen wir davon aus, dass die möglichen Einnahmen aus landwirtschaftlichen Aktivitäten, die auf 81,96 Millionen Euro pro Jahr (basierend auf 17.000 EUR/ha) geschätzt werden, das Potenzial der Erzpacht von 16 Millionen Euro bei weitem übersteigen.

(Ergo Strategy Group, September 2023)

Jüngsten Forschungsergebnissen zufolge können alte Wälder jährlich etwa 1,6–4 t CO<sub>2</sub> assimilieren; für 204 ha kann dies auf 0,32–0,82 kt pro Jahr geschätzt werden. Für landwirtschaftliche Flächen wurde bei einem angenommenen Minimum von 0,5 kg pro 1 m<sup>2</sup> eine Kohlenstoffassimilationsrate von 5 t pro Hektar bzw. 1,6 kt pro 320 Hektar geschätzt. Ein Teil des Kohlenstoffs wird in den Boden übertragen, und große Mengen werden in Waldböden gespeichert. Björheden geht basierend auf Daten von Stendahl et al.<sup>38</sup> davon aus, dass die durchschnittliche Speicherung von Kohlenstoff im Boden schwedischer Waldflächen etwa 75 t pro Hektar bis zu einer Tiefe von 100 cm beträgt, oder umgerechnet auf CO<sub>2</sub> 275 t. Analog dazu würden die 204 Hektar Wald in Serbien, deren Rodung im Rahmen des Projekts „Jadar“ geplant ist, etwa 56.000 Tonnen Kohlenstoff speichern.

Die Deponie für Industrieabfälle ist im Einzugsgebiet des Bachs Štavica (167 Hektar Fläche) geplant, wo etwa 26.000 Kubikmeter Holzmasse entfernt werden sollen. Diese Menge an Waldholz zur CO<sub>2</sub>-Aufnahme wird dauerhaft zerstört, was Bodenerosion, das Austrocknen von Quellen und das Verschwinden der Lebewesen im Einzugsgebiet und Flussbett beschleunigt und das Risiko zerstörerischer Hochwasser erhöht. Es gibt weltweit zahlreiche Beispiele dafür, dass Grubenwasser und das Auswaschen gefährlicher Stoffe aus Bergbauabfällen Flüsse so stark verschmutzt haben, dass sie zu toten Flüssen geworden sind. Ein Beispiel hierfür ist der Fluss Borska in Ostserbien.<sup>46</sup> Dieser ist durch Bergbauaktivitäten so stark verschmutzt, dass er zu einem toten Fluss geworden ist und zu den am stärksten verschmutzten Flüssen der Welt zählt.

## **Ökochemische Risiken des Jadaritabbaus und der Lithiumgewinnung**

Das in der Weltpatentanmeldung WO 2019/094674 A1 vorgeschlagene Verfahren zur Gewinnung von Lithium aus Jadarit-Erz beinhaltet den Aufschluss des Erzes mit konzentrierter Schwefelsäure (> 95 %) bei Temperaturen zwischen 80 und 95 °C und einem pH-Bereich von 2,0–3,8. Der entstehende Gärrest kann konzentriert und weiterbehandelt werden, um  $B(OH)_3$ ,  $Li_2CO_3$  und  $Na_2SO_4$  als Nebenprodukte zu erzeugen. Einer Machbarkeitsstudie zufolge würde die jährliche Produktion von  $Li_2CO_3$  58.000 t/Jahr und die von  $B(OH)_3$  286.000 t/Jahr betragen. Die anfallenden Rückstände würden jedoch hohe Konzentrationen an Bor und anderen schädlichen Elementen wie Arsen enthalten und somit zu gefährlichen Abfällen werden. Die geplante Erzverarbeitung (853.333 t/Jahr) würde 320.000 t/Jahr konzentrierte  $H_2SO_4$  (94–98 %) sowie verschiedene Brennstoffe, Materialien und andere Komponenten erfordern. Erdgas dürfte die rentabelste Brennstoffoption sein, außerdem würden erhebliche Mengen Zement benötigt und Emulsionssprengstoff in erheblichen Mengen eingesetzt werden.

Die Erkundungsphase des Projekts hatte aufgrund des Austretens von giftigem Grubenwasser mit hohem Bor-, Arsen- und Lithiumgehalt schädliche Auswirkungen. Diese Elemente haben aufgrund des Austretens von giftigem Grubenwasser während der Explorationsphasen zur Boden- und Wasserverschmutzung in landwirtschaftlichen Gebieten beigetragen. Würde die Mine geöffnet, würden diese giftigen Wässer aus der Tiefe rund um das Erzvorkommen unter einem Druck von mehreren Bar an die Oberfläche gelangen, die reich an Oberflächen- und Oberflächengrundwasser hoher Qualität ist. Dies würde sowohl die Oberfläche als auch den umgebenden Boden erheblich belasten. Trotz der angekündigten neuen Technologie konnte das Unternehmen die gesetzlichen Grenzwerte für Bor in Boden und Wasser nicht einhalten. Die durch lokale Gesetze vorgeschriebenen Grenzwerte für Bor im Wasser wurden jedoch erhöht, sodass Bor gemäß den neuesten Vorschriften in Serbien auch im Boden nicht mehr als Schadstoff gilt. Unsere Feldmessungen am Probenentnahmeort zeigen, dass giftiges Grundwasser aus der Erzgesteinszone (Tabelle S1) landwirtschaftliche Felder kontaminiert hat. Die geologische Struktur des Untergrunds im untersuchten Gebiet ist hauptsächlich karbonatischen Ursprungs. Bodenproben von Feldern mit Ackerland wurden bis zu einer Tiefe von 5 cm entnommen. Proben von Oberflächen- und Grundwasser sowie Flusssedimenten wurden außerdem in PE-Flaschen aus der Mitte der Flüsse Jadar und Korenita entnommen (Tabelle S2). Boden- und Sedimentproben wurden mittels des sequenziellen Extraktionsverfahrens BCR extrahiert, das eine Restfraktion für Elemente enthält, die stark mit mineralischen Kristallstrukturen assoziiert sind. Siebzehn Proben von Grubenwasser aus zwei Brunnen, die der örtlichen Bevölkerung vom Rio Sava-Forschungsteam zur Verfügung gestellt wurden, wurden ebenfalls analysiert. Mit dem optischen Emissionsspektrometer (ICP/OES) iCAP-6500 Duo mit induktiv gekoppeltem Plasma und einer Unsicherheit von 1 % bestimmten wir die Elementkonzentrationen (detaillierte Methoden finden Sie in den ergänzenden Materialien). Die Genauigkeit der erhaltenen Ergebnisse wurde durch Analyse des Sedimentreferenzmaterials (BCR-701) für eine dreistufige sequenzielle Extraktion überprüft. Die Genauigkeit wurde durch Vergleich der gemessenen Konzentration mit dem zertifizierten Wert ermittelt und anschließend in Hundertteilen angegeben. Die durchschnittlichen Wiederfindungswerte für Schwermetalle im Standardreferenzmaterial lagen im Bereich von 82,7–109,5 %. Doppelproben wurden verwendet, um die Präzision der Methode zu überprüfen. Die relativen Standardabweichungen der Mittelwerte der Doppelmessungen lagen unter 10 %. Die Messunsicherheit betrug für alle Metalle maximal 3 %, während die erweiterte Unsicherheit mit Erweiterungsfaktor 2 maximal 6 % betrug. Die Elemente As, B und Li sind charakteristisch für das Erzvorkommen im Jadar-Tal; ihr gleichzeitiges Auftreten prägt diese Erzzone. Ihr gleichzeitiges Vorkommen in hohen Konzentrationen wurde in unterirdischen Grubenwässern, im Boden in der Nähe der undichten Brunnen und im Jadar-Fluss unterhalb der Erzzone im Jadar-Feld, mehr als 20 km von den undichten Brunnen entfernt, nachgewiesen. Oberhalb des potenziellen Bergbaugebiets im Jadar-Tal und im Jadar-Fluss wurden sie nicht gefunden, da ihre jeweiligen Konzentrationen im Boden oder in der Entfernung von den Explorationsbrunnen um oder unter der Nachweisgrenze lagen. Der

Borgehalt im unterirdischen Grubenwasser überschritt  $1 \text{ gL}^{-1}$ , und der Borgehalt im Boden um die undichten Brunnen überschritt den in früheren Rechtsnormen festgelegten Grenzwert um das Vierfache. Nach neuen staatlichen Vorschriften wird der Borgehalt im Boden jedoch nicht mehr reguliert. Auch der Grenzwert für Arsen wurde mehrfach (8–9 Mal) überschritten. Es überschritt sogar den Sanierungswert (4- bis 5-mal), wie im ergänzenden Material (Tabellen S3 und S4) dargestellt.

Die Analyse der Proben ergab, dass der Borgehalt im Boden rund um die undichten Brunnen, Katasterflurstücke Nr. 259 und Nr. 101/2 (Abb. 1), zwischen  $73,2$  und  $214 \text{ mg/kg}^{-1}$  lag, wobei die leicht lösliche Fraktion 96 bis 97 % des gesamten Borgehalts im kontaminierten Boden ausmachte. Die Pflanzen gedeihen in Gebieten abseits der Testbrunnen (Abb. 1) gesund, während sie in Gebieten rund um undichte, mit Bor kontaminierte Testbrunnen sichtbar verkümmert sind. In Gebieten mit gesunden Pflanzen wurde kein Bor nachgewiesen. Obwohl Bor ein essentielles Element für die Pflanzenernährung ist, kann Bortoxizität das Pflanzenwachstum im Boden hemmen. Eine hohe Boraufnahme beim Menschen kann schädlich für Magen, Leber, Nieren und Gehirn sein und sogar zum Tod führen. Das kanadische Umweltministerium gibt an, dass der Grenzwert für Arsen in landwirtschaftlichen Böden  $11 \text{ mg/kg}^{-1}$  beträgt. Für die Nutzung in Wohngebieten, Parkanlagen, institutionellen, industriellen, gewerblichen, kommunalen oder privaten Bereichen beträgt der Grenzwert  $18 \text{ mg/kg}^{-1}$ .

Darüber hinaus ergab unsere Studie, dass die Konzentrationen von Arsen, Bor und Lithium im Wasser des Flusses Jadar flussabwärts (Abb. 2) im Vergleich zu den Werten flussaufwärts deutlich höher waren (9-, 17- bzw. 3-mal höher, 25 km flussabwärts im Vergleich zu 2 km flussaufwärts vom potenziellen Minenstandort im Jadar-Tal). Diese Ergebnisse verdeutlichen den Einfluss der Explorationsaktivitäten auf die Anreicherung von Arsen, Bor und Lithium im Wasser des Flusses Jadar nahe seiner Mündung in die Drina. Diese drei Elemente repräsentieren den Fingerabdruck der Lithium- und Borlagerstätte in Jadar. Die in diesem Dokument genannten Probleme bezogen sich ausschließlich auf die Untersuchungstätigkeiten des Bergbauunternehmens. Wir gehen davon aus, dass mit der Eröffnung der Mine zusätzlich zu den bereits genannten, sich vervielfachenden Problemen neue Probleme aufgrund der Abraumhalden entstehen werden, die das Unternehmen neben den beiden reißenden Flüssen Korenita und Jadar sowie im Tal des Flusses Štavica oberhalb der Lithium-Bor-Mine und der Erzaufbereitungsanlage deponieren will. Die Deponie im Fluss Štavica würde den freien Flusslauf blockieren und einen Stausee bilden. Wir gehen außerdem davon aus, dass Grubenabwässer mit einem hohen Risiko einer großflächigen Gefährdung des Wassersystems freigesetzt werden. Zusammen mit Lärm-, Luft- und Lichtverschmutzung wird dies das Leben zahlreicher Anwohner in unmittelbarer Nähe der Mine sowie die Landwirtschaft, Viehzucht, Imkerei usw. gefährden. Wir haben außerdem die jährlichen  $\text{CO}_2$ -Emissionen des Jadar-Projekts auf 428 bis 522  $\text{CO}_2$ -Äquivalente/kt pro Jahr geschätzt (Tabelle S5).

Weltweit wird Lithium hauptsächlich in Wüsten und unbewohnten Gebieten abgebaut. Das Jadar-Tal hingegen ist ein besiedeltes Gebiet mit einem sehr wichtigen Reservoir an hochwertigem, flachem, unterirdischem Trinkwasser. In Greenbushes (Australien) befindet sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet eine Lithiumerzmine. Das Material wird fein zerkleinert und raffiniert, und das Konzentrat wird für den Versand verpackt. Erst kürzlich begann das Kemerton-Lithiumprojekt in unmittelbarer Nähe der Greenbushes mit der Produktion von Lithiumhydroxid aus dem Greenbushes-Konzentrat. Das Projekt steht jedoch bereits heute vor ernsthaften Problemen. Darüber hinaus wurde der größte Teil, wenn nicht sogar das gesamte australische Lithiumerz, für die Batterieproduktion verschifft. Abfälle aus der Spodumenverarbeitung gelten in Australien nicht als gefährliche Abfälle. Während die Verarbeitung von Jadarit aufgrund des hohen Bor- und Arsengehalts gefährliche Abfälle erzeugt, häuft sich in Australien kein Abfall am Ort der Konzentratverarbeitung (in diesem Fall der Lithiumhydroxidproduktion) an.

Sozioökologische Risiken des Jadarit-Bergbauprojekts von Rio-Tinto in Serbien

Eine im Juli 2021 in Gornje Nedeljice, einem Dorf in Westserbien, durchgeführte qualitative Datenanalyse ergab Hinweise auf Boden- und Wasserverschmutzung, Abholzung sowie Zwangsumsiedlungen der Bewohner aufgrund der Explorationsaktivitäten der Rio Tinto

Corporation für eine potenzielle Mine in dem Gebiet (siehe ergänzende Materialien). Jelena Brezjanović führte halbstrukturierte Interviews mit Anwohnern. Sie berichtete von zahlreichen Problemen, seit das Unternehmen mit der Exploration der Mine begonnen hat, darunter Umweltzerstörung und zunehmende soziale Bedenken. Während des Interviews wurden detaillierte Feldnotizen verwendet, um die Interviews und Beobachtungen vor Ort zu reflektieren. Die Forscherin zeichnete die Gespräche auf und speicherte sie auf einem sicheren, nicht gemeinsam genutzten, passwortgeschützten Gerät gemäß den Richtlinien und Vorschriften des Instituts für Chemie, Technologie und Metallurgie (UB-ICTM) der Universität Belgrad zu Teilnehmerrechten und Datenschutz. Die Institution genehmigte das Forschungsprotokoll für diese Studie schriftlich. Zusätzlich wurde von allen Probanden eine Einverständniserklärung eingeholt, alle Identifikatoren wurden aus dem Dokument entfernt und die Personen anonymisiert. Das Forschungsprotokoll wurde vom Wissenschaftlichen Beirat der UB-ICTM genehmigt, der auch für den Schutz ethischer Standards in der wissenschaftlichen Forschung gemäß den im Berufsethikkodex der Universität Belgrad festgelegten Bestimmungen verantwortlich ist. Die Deklaration von Helsinki, die die ethischen Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen regelt, ist für diese Forschung nicht relevant. Aktuelle Erkenntnisse zeigen, dass die geplante Mine im Jadar-Tal negative Auswirkungen auf 22 von der Landwirtschaft abhängige Dörfer hätte, da ihr fruchtbares Ackerland, rund 14.000 Bienenstöcke und zahlreiche Viehzuchtbetriebe zerstört würden.<sup>61</sup> Der potenzielle wirtschaftliche Verlust ist eng mit dem reichen historischen Erbe verknüpft, da die Bewohner dieses Landes seit Generationen bewohnen. Die Bewohner lehnen die Eröffnung der Mine entschieden ab und fordern den Erhalt ihres Landes und ihrer Lebensgrundlagen. In der Anfangsphase des geplanten Bergbauprojekts erlaubten einige Anwohner Probebohrungen auf ihren Grundstücken, ohne zu wissen, dass sich ihr Land auf dem geplanten Haldengelände befand. Sobald jedoch Ernteschäden (siehe Abb. 3) und Tierverluste durch Kontakt mit dem ausgelaugten, giftigen Grubenwasser der Bohrstelle sichtbar wurden, äußerten sie Bedenken gegen das Projekt. Zwei Jahre später begann das Unternehmen mit dem Kauf von Grundstücken dauerhaft bewohnter Haushalte sowie von (Wochenend-)Ferienhäusern, die vom Bergbauprojekt betroffen sein würden (Mailer an Grundstückseigentümer, Oktober 2020. [riotinto.com/Jadar](http://riotinto.com/Jadar)). Während einige Einheimische aufgrund des Drucks des Unternehmens oder aus Angst vor negativen Konsequenzen ihre Häuser verkauften, waren sich andere ihrer Rechte nicht bewusst. Infolgedessen fühlten sich die verbleibenden Anwohner durch die Strategie des Unternehmens, die Dächer der erworbenen Häuser abzudecken und sie mit gelbem Klebeband mit der Aufschrift „Privateigentum, Betreten verboten“ zu kennzeichnen, bedroht und sehr beunruhigt. Es ist wichtig zu beachten, dass das Bergbauunternehmen seine Maßnahmen energisch verteidigt und die möglichen wirtschaftlichen Vorteile des Projekts angeführt hat, während die Anwohner Bedenken hinsichtlich der ökologischen und sozialen Auswirkungen äußerten. Es gab Versuche, Gesetze zu Enteignung und Landnutzung zu ändern, um Bergbauprojekte zu erleichtern. Diese Änderungen stießen jedoch auf Widerstand von Aktivisten und wurden von der serbischen Regierung zurückgezogen. Die Eröffnung von Minen kann erhebliche Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit haben, insbesondere wenn Entscheidungen mit einem engen Fokus auf Profit getroffen werden. Beispielsweise können Bergbauaktivitäten zur Freisetzung giftiger Schadstoffe in die Umwelt führen, was zu einer weit verbreiteten Verschmutzung von Wasser und Boden führt und die öffentliche Gesundheit gefährdet. Darüber hinaus kann ein unkontrollierter Wettbewerb um Ressourcen langfristige Folgen für die Umwelt und zukünftige Generationen haben. Es ist wichtig, die Perspektiven verschiedener Interessengruppen, einschließlich der Bergbauunternehmen, zu berücksichtigen. Aktivisten und Regierungsvertreter bei Entscheidungen über Bergbau und Ressourcennutzung. Zwar können mit Bergbauprojekten wirtschaftliche Vorteile verbunden sein, doch ist es entscheidend, Umweltschutz und öffentliche Gesundheit zu priorisieren, um eine nachhaltige Zukunft zu sichern.

## **Fazit**

Der Lithiumerzabbau in Westserbien (Jadar) in einem besiedelten und belebten landwirtschaftlichen

Gebiet wäre weltweit der erste und einzige derartige Fall. Der Bau einer Mine und einer Verarbeitungsanlage zur Gewinnung von Lithium und Bor innerhalb desselben Industriekomplexes würde die Lebensgrundlage von etwa 20.000 Menschen der lokalen Bevölkerung zerstören, die bereits sehr gut leben. Das Unternehmen plant, eine Mine und eine Verarbeitungsanlage inmitten fruchtbaren Bodens, umgeben von Siedlungen, zu errichten, der sich über den größten unterirdischen Trinkwasserreserven Westserbiens befindet, sowie über der Abraumhalde zwischen zwei reißenden Flüssen, die das Feld alle paar Jahre überfluten. Das große Problem bei der weltweiten Lithiumgewinnung ist der aggressive chemische Extraktionsprozess, der große Mengen konzentrierter Mineralsäuren, vor allem konzentrierte Schwefelsäure, benötigt. Der enorme Wasserverbrauch zur Herstellung von Lithiumcarbonat würde enorme Abwassermengen erzeugen, die eine dauerhafte Verschmutzungsgefahr für Oberflächen- und Grundwasser darstellen würden. Obwohl Lithium einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu leisten scheint, wird bei der Herstellung von Lithiumcarbonat aus Erzen enorme Energiemengen aus fossilen Brennstoffen verbraucht, und die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind erheblich. Die Lithiumgewinnung aus Minen und die Lithiumcarbonatproduktion tragen nicht zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Die Lithiumlagerstätte in Westserbien ist aufgrund der Umweltrisiken nicht förderwürdig, da sie die einzige weltweit ist, in der Lithium in einem besiedelten und fruchtbaren landwirtschaftlichen Gebiet gefördert werden soll. Vor allem würde sie mit Sicherheit eines der drei wasserführenden Gebiete Serbiens zerstören. Zudem bietet diese Lagerstätte mit etwa 1 % der weltweiten Lithiumreserven nicht die Menge, die zur globalen Lösung des Klimawandelproblems ausreicht.