

# Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus und deren Sanierung

## Ein Überblick über Afrika, Asien und Australien

B.Sc (Hons) Peter Waggitt<sup>1</sup>, Waste Safety Specialist bei der Waste and Environmental Safety Section der Internationalen-Atomenergie-Behörde (IAEA), Wien, Österreich,  
Co-Autoren: Dr.-Ing. Michael Lersow, Obmann des Arbeitskreises „Tailings“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) e.V., Breitenbrunn/Erzgebirge und Dr.rer.nat.habil. Horst Märten, Geschäftsführer der UIT GmbH Dresden und Managing Director Technology of Heathgate Resources Pty. Ltd. and Quasar Resources Pty. Ltd., Adelaide, Australien

**D**er Uranerzbergbau entwickelte sich in den späten 1940er-Jahren, um die Rohstoffe für das neue „Kernzeitalter“ zu liefern. In dieser Zeit machte man sich wenig Gedanken über den Umweltschutz. In den meisten nationalen Gesetzgebungen war der Umweltschutz nicht integriert, abgesehen von einigen Vorschriften zum Schutz der Wasserressourcen. Mit den zunehmenden Bestrebungen in dieser Zeit, die Uranproduktion zu sichern, verschärfte sich auch die Auswirkungen des Uranbergbaus auf die Umwelt.

In den 1960er-Jahren ging die Uranproduktion zurück, da sich die Atomwaffen besitzenden Nationen mit genügend Material für ihre Waffenprogramme ausgestattet sahen. Viele Bergbaustandorte aus dieser Ära wurden ohne jegliche Versuche der Sanierung aufgegeben. Diese Altlasten der frühen Zeiten des Uranbergbaus waren häufig verbunden mit fortwährenden Umweltproblemen wie der radioaktiven Strahlung von den Rückstandsteichen (Tailings), den Armerz- und Bergehalden sowie aus Kontaminationen im sauren Sickerwasser aus den Tailings und den Bergehalden. Die Öffentlichkeit wurde auf Umweltbedrohungen durch diese Hinterlassenschaften des Altbergbaus zunehmend aufmerksam, und in einigen Regionen entwickelten sich die gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Beseitigung der Umweltbedrohungen. In Australien trat beispielsweise das Umweltschutzgesetz im Jahr 1974 in Kraft. Aber nur wenige dieser Gesetze enthielten rückwirkende Verpflichtungen, so blieben viele Altbergbaustandorte unsaniert.

Mitte der 1970er-Jahre erfuhr der Uranerzbergbau aufgrund der erheblich gestiegenen Nachfrage nach Uran durch die rasant wachsende Anzahl von Kernkraftwerken einen neuen Aufschwung. Aber nicht alle Bergbaustandorte wurden unter den Bedingungen der Umweltschutzgesetzgebung entwickelt. In mehreren zentralistischen Wirtschaftssystemen – zum Beispiel in Zentralasien – stand die Uranproduktion im Mittelpunkt – Umwelt- und Gesundheitsvorschriften waren bestenfalls von sekundärem Interesse. Das Ergebnis war, dass sich die Altlasten für wieder aufgeschlossene Bergbaustandorte vermehrten und neue Hinterlassenschaften hinzukamen.

<sup>1</sup>Peter Waggitt hat Bodenkunde (Soil Science) an der University of Reading in UK studiert, er ist unter anderem Mitglied des Australasian Institute of Mining and Metallurgy (C.P. & I.Eng) und Mitglied der Institution of Agricultural Engineers (C.Env)

Später ging der Bau neuer Kernkraftwerke zurück, und viele Unternehmen hatten Uranvorräte angelegt, sodass die Nachfrage nach weiterer Uranproduktion nachließ. Wiederum wurden Bergbaustandorte aufgegeben, aber nunmehr gab es Gesetze, die eine Sanierung vorschrieben. Dies wurde auch an einigen Standorten getan, aber gewöhnlich nur da, wo der Bergbau gerade abgeschlossen worden war. Weiter zurückliegende Altlasten blieben meist unberührt. In Zentralasien wurde die Produktion über einige Jahre weitergeführt, aber mit dem Rückgang der politischen Spannungen fiel auch der strategische Bedarf an Uran. Das Ergebnis waren zahlreiche Schließungen von Bergwerken und Aufbereitungsanlagen, die nun am offenen Weltmarkt nicht mehr konkurrenzfähig waren. Nur wenige Standorte besaßen ein ausreichendes Produktionsvolumen und eine entsprechende Leistungsfähigkeit und somit die

**Das Umweltmanagement im Uranerzbergbau hat eine wechselvolle, mehr als 50 Jahre währende Geschichte. Neben Beispielen einer gelungenen Sanierung von Bergbau- und Aufbereitungsstandorten in einigen Ländern gibt es auch zahlreiche Fälle, bei denen fehlende oder mangelhafte Sanierung ernsthafte Altlasten hinterließen. Im Zuge der Renaissance der Uranindustrie gibt es ein wachsendes Interesse an der Sanierung derartiger Altstandorte. Es besteht nach wie vor das dringende Erfordernis, Umweltauswirkungen des Altbergbaus zu beseitigen. Andererseits könnten frühere Lagerstätten unter den jetzigen ökonomischen Randbedingungen für einen Neuanfang wieder interessant werden. Dabei hat die Sanierung als Bestandteil des gegenwärtigen und künftigen Uranbergbaus unter Anwendung moderner internationaler Sicherheitsstandards eine herausragende Bedeutung. Der Beitrag gibt einen Überblick über Sanierungsprojekte des Altbergbaus in verschiedenen Teilen der Welt und zeigt, wie die Internationale Atomenergie-Behörde (IAEA), die nationalen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden sowie die Bergbauunternehmen an zahlreichen Standorten bei der Bewältigung der schwierigen Aufgaben eng zusammenarbeiten.**

notwendige Effizienz, um weiter profitabel zu produzieren. So kamen erneut Hinterlassenschaften aus diesen aufgegebenen Uranerzbergbaustandorten zu den bereits bestehenden hinzu.

Anfang des 21. Jahrhunderts wurde der Uranmarktzyklus erneut kräftig belebt. Die Uranproduktion liegt derzeit bei nur ungefähr 60 % des Bedarfs. Um diese Produktionslücke zu schließen, werden neue Urangewinnungsmöglichkeiten benötigt. Die Explorationstätigkeit hat sich weltweit enorm verstärkt und schließt aufgebundene oder gestundete Standorte ein, um zu untersuchen, ob eine effiziente und profitable Produktion unter den neuen Rahmenbedingungen möglich ist. Viele dieser Standorte sind noch durch Altlasten belastet. Dieser Aufwand muss bei der Projektplanung und Kostenkalkulation berücksichtigt werden. Dabei sind die Lehren aus der Vergangenheit zu berücksichtigen und neue Umweltbelastungen zu vermeiden.

Viele Schlussfolgerungen aus den Fehlern der frühen Jahre der Uranproduktion wurden gezogen. Im vorliegenden Beitrag werden einige ausgewählte Beispiele guter und weniger guter Sanierung aufgezeigt – Erfahrungen, die die Uranindustrie bei der Erkundung und Entwicklung alter und neuer Bergbau- und Aufbereitungsstandorte berücksichtigen sollte.

## Die Probleme

Die Hauptursachen für die bestehenden Altlastenprobleme waren die in der Vergangenheit unzureichende oder fehlende Gesetzgebung zur Sanierung und der Mangel an finanziellen Mitteln zur Ausführung der Sanierungsleistungen. Die Finanzierung ist bei der Umsetzung der Sanierungsprogramme für Altlasten der kritischste Punkt. Kosten für die Sanierung können erheblich sein. So sind die veranschlagten 6,2 Mrd. EUR an öffentlichen Mitteln für die Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus der ehemaligen SDAG Wismut ein Finanzvolumen, das wohl kaum von einem der ehemaligen zentralistischen Staatswirtschaftssysteme aufgebracht werden kann. Vielmehr haben viele der am stärksten von den Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus betroffenen Länder weder ausreichende Finanzmittel und die notwendige Infrastruktur noch das notwendige Regelwerk, um die Sanierungsprogramme zu planen, zu entwickeln und durchzuführen. Nur wenige der betroffenen Länder verfügen über eine Umweltschutzgesetzgebung, die für die Bewältigung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus ausreichend wäre.

## Fallbeispiele

Für diesen begrenzten Beitrag war es erforderlich, wenige repräsentative Fallbeispiele aus aller Welt auszuwählen, um nicht nur die Probleme mit Altstandorten, sondern auch die vielfältigen gewählten Lösungsmöglichkeiten zur Bewältigung der Altlasten zu demonstrieren. Der vorliegende Beitrag beschreibt ebenfalls, welche Optionen erfolgreich waren und welche versagten. Geographisch gesehen ist der Uranerzbergbau weltweit

verbreitet, die ausgewählten Fallbeispiele betreffen aber nur drei Kontinente:

- Afrika.
- Asien.
- Australien.

Es existieren natürlich auch in Europa und in Amerika Altlasten in bedeutendem Umfang (und viele bestehen noch), jedoch beschränkt sich dieser Beitrag des Umfangs wegen auf die genannte Auswahl. In den letzten 20 Jahren wurden bedeutende öffentliche Sanierungsprogramme in Europa und Nordamerika umgesetzt, so die Sanierung der Hinterlassenschaften der SDAG Wismut in Deutschland, die Sanierung im Elliot-Lake-Bergbaurevier in Kanada, das UMTRA-Programm (Uranium Mill Tailings Remedial Action) in den USA und die Sanierungsleistungen im Bergbaurevier von Limousin in Frankreich. Die Fallbeispiele aus Europa und Nordamerika sind in der Literatur gut dokumentiert und waren Gegenstand zahlreicher Konferenzen und Symposien (so zum Beispiel auf der Internationalen Konferenz „Wismut 2000 – Bergbausanierung“ in Schlemma/Erzgebirge und auf dem Internationalen Bergbausymposium „WISMUT 2007 – Stilllegung und Revitalisierung von Bergbaustandorten zur nachhaltigen Regionalentwicklung“ in Gera, die von der Wismut GmbH veranstaltet wurden). Die in diesem Beitrag beschriebenen Fallbeispiele sind nachfolgend regional geordnet.

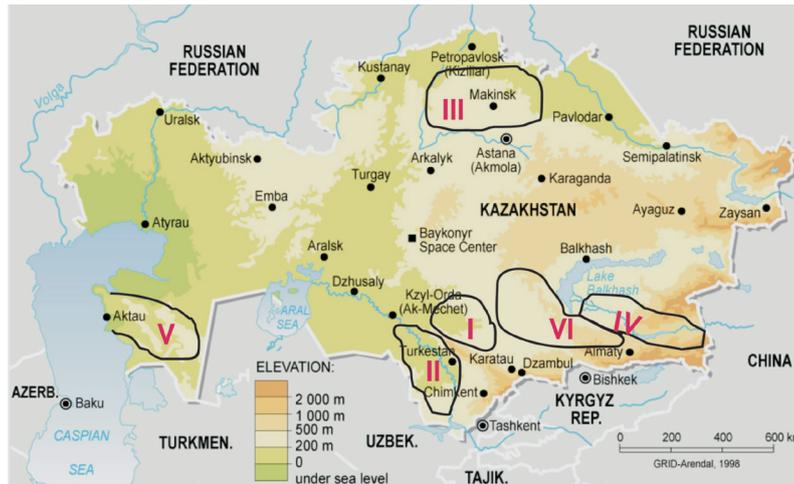
## Asien

In Zentralasien betrieb die ehemalige Sowjetunion zahlreiche Uranbergwerke, insbesondere in Kasachstan, Kirgisistan, Tadschikistan, in Usbekistan sowie der Mongolei, aber auch in anderen Ländern (4). Diese Standorte wurden zwischen den Jahren 1961 bis 1995 aufgegeben. Wenige Standorte wurden saniert, meist nur die, die sich in der Nähe von Siedlungen mit bedeutender Bevölkerungsdichte befanden. So wurde in Tadschikistan die Bergehalde bei Ghafour, die direkt in einem Stadtgebiet mit Wohnungen in weniger als 50 m Entfernung liegt, mit einer ein m starken Bodenabdeckung versehen, die den Radonaustritt und die Gammadosisrate beträchtlich verringerte. Jedoch blieb das Tailingbecken in Degmai, das nur etwa zwei km von der nächsten Siedlung entfernt ist, unabgedeckt und ungesichert. Nunmehr suchen dort Personen nach Schrott und Vieh weidet auf der mittlerweile entstandenen Zwergvegetation der Tailingsoberfläche.

Soweit dies beurteilt werden kann, gibt es in Tadschikistan wenige oder keine Bestimmungen zur Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus und demzufolge gibt es auch keine Fonds zur Verbesserung der Strahlenschutzbedingungen. Für die Internationale Atomenergie-Behörde (IAEA) wird es wahrscheinlich ein langwieriger Prozess sein, geeignete Ausrüstung und Trainingsprogramme für die lokalen Aufsichtsbehörden bereit zu stellen, um Überwachungs- und Erkundungsdaten zur Charakterisierung der verschiedenen Altstandorte und der Abfallfrachten zu bestimmen. Damit können die Grundlagen für die Entwicklung umfassender Sanierungspläne geschaffen werden, eine Voraussetzung für die Beantragung von finanziellen Mitteln bei den zuständigen Behörden.

**Tabelle 1. Uranressourcen in Kasachstan (oben) sowie Übersicht zu Uranlagern (unten).** (Quelle: World Nuclear Association, Annual Symposium 2004.)

No.	Name	Type	Reserves and Resources [1 000 t U]
I	Shu Sarysuyskya	Sandstone	898,7
II	Syrdaryinskaya	Sandstone	229,1
III	North Kazakhstan	Vein	284,0
IV	Ilylskaya	Sandstone-Coal	112,0
V	Caspian	Phosphate	32,7
VI	Balkhash	Vein	8,5
Total			1 565,0 <sup>1</sup>



In den vier genannten zentralasiatischen Ländern wurden die Gewinnungs- und Aufbereitungsstandorte nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion auf gleiche Weise beendet. Doch seit Mitte der 1990er-Jahre gehen diese Länder unterschiedliche Wege. Während Tadschikistan und Kirgisistan gegenwärtig keine Uranproduktion betreiben, haben Usbekistan und Kasachstan diese fortentwickelt (Tabelle 1). Insbesondere Kasachstan ist heute der drittgrößte Uranproduzent der Welt und hat bedeutende Sanierungsleistungen in den ehemaligen Bergbaugebieten im Norden des Landes ausgeführt. In beiden Ländern werden vorzugsweise moderne Produktionsmethoden der In-Situ-Laugung (ISL) eingesetzt, die wesentlich weniger Rückstände hervorrufen als in früheren Zeiten, als der Uranerzabbau dominierte. Viel ist bereits getan worden, um sowohl Berge- und Armerzhalden als auch Bergwerksanlagen zu sa-

nieren, doch nun stehen die Tailings der früheren zentralen Erzaufbereitung in Kasachstan im Mittelpunkt.

In Kirgisistan gab es einige Uranerzbergbaugebiete, aber die Standorte um Mailuu Suu im Süd-Westen haben die meiste Aufmerksamkeit erregt (6). In diesem Tal existieren 23 Bergehalden und 17 Tailings mit unterschiedlichem Sanierungsgrad. Nach 30 Jahren ist festzustellen, dass nicht alle Standorte geomechanisch stabil sind. Eins der vorrangigen Projekte verfolgt das Ziel, eine der am meisten gefährdeten Halden umzulagern, um eine Bewegung in den nahe gelegenen Fluss, ausgelöst durch eine mögliche Kombination aus Erdbeben und Erdbeben, unbedingt zu vermeiden. Das Problem der Umlagerung von Tailings wird im Rahmen eines von der Weltbank finanzierten Projekts mit dem Ziel untersucht, das Abrutschen der Tailings in den Fluss und den weiteren Schadstofftransport über die Grenze nach Usbekistan zu verhindern und die regionale Sicherheit und Stabilität zu verbessern (Bild 1).

In anderen Teilen Kirgisistans gibt es weitere Sanierungsstandorte wie die Tailings von Kadji Say, die offensichtlich noch nicht völlig stabilisiert werden konnten, sowie die Rückstandsteiche von Min Kush, die öffentlich zugänglich sind und ungehindert betreten werden können. Programme zur Sanierungsplanung und -überwachung für diese und andere Standorte sind mit Unterstützung durch eine Reihe internationaler Behörden implementiert worden. Die nachhaltige Sanierung erfordert allerdings erhebliche Finanzen, welche die nationalen Möglichkeiten weit überschreiten.

In Tadschikistan ist das Gebiet um den ehemaligen Bergbau- und Aufbereitungsstandort bei Taboschar eines der schlimmsten Beispiele für verbliebene Umweltbelastungen. Hinterlassene Gebäude und Schrottteile sind zwar im Lauf der Jahre vom Standort entfernt worden, aber Restteile sind auf dem Gelände verblieben, die leicht per Hand bewegt werden können. Die verbliebenen Reste sind in einem gefährlichen Zustand und stellen eine ernste Gesundheitsgefährdung dar, bis hin zur möglichen radiologischen Belastung in einigen Fällen. Der Standort wird dominiert von gelben Aufbereitungsrückständen (Tailings), die nicht abgedeckt wurden und fortdauernd durch Wind- und Regeneinfluss erodieren. Das freigesetzte Sickerwasser aus den Bergehalden verdunstet, und es bilden sich sekundär Uranminerale. Noch schlimmer ist wohl, dass einige Anwohner dieses Wasser als Trinkwasser verwenden und Pläne bestehen, es zur Bewässerung von Getreidefeldern zu nutzen. Die IAEA – in Verbindung mit anderen Behörden – arbeitet intensiv daran, die Überwachung und das Monitoring zu verbessern sowie die Sanierungspläne voranzubringen (Bild 2).

In Usbekistan und Kasachstan sind sich die gegenwärtigen Betreiber von Uranproduktionsanlagen ihrer Verantwortung für die Umwelt bewusst und sind gewillt, Überwachung und

**Bild 1. Kirgisistan, Sanierte Rückstandshalden am Fuß einer Rutschung.**

(Foto: P. Waggitt)



<sup>1</sup> Davon 816 099 t U, die als nachgewiesene Vorräte (Identified Resources (RAR+Inferred, US-\$ 130/kg U) nach der gültigen Kategorisierung eingestuft werden; die verbleibende Menge sind prognostizierte Vorräte auf der Grundlage der gültigen Kategorisierung (Quelle: OECD 2006).

Monitoring durchzuführen, um die Daten für die Sanierungsplanung bereit zu stellen. Während die jetzigen und künftigen Anlagenbetreiber Pläne für die Sanierung voranbringen, ist die generelle Klärung der Altlastenprobleme weiterhin offen. Der Mangel an ausreichender Finanzierung ist auch hier das Haupthindernis.

In Nordkasachstan sind bereits weitreichende Sanierungsarbeiten geleistet worden; im Westen des Landes bleibt allerdings noch sehr viel zu tun (3). So müssen die zentralen Rückstandshalden und Tailings von Stepnogorsk im Norden des Landes saniert werden (Bild 3). Die Sanierungspläne liegen vor, aber die Finanzierung ist derzeit nicht gesichert. Bei Aktau am Kaspischen Meer befindet sich eine Altlast durch Rückstände aus der Urangewinnung von Phosphaten. Die Rückstände sind nicht abgedeckt. Der Standort ist gekennzeichnet durch ein Wirrwarr aus Vegetation, kontaminiertem Metallschrott und abgelagerten radioaktiven Quellen. Auf dem Standort weidet regelmäßig Vieh, das auch Wasser aus dem Teich im Zentrum des Standorts aufnimmt. Anwohner suchen dort nach Metallschrott. Offensichtlich führen diese Aktionen zu einer unnötigen und ungewollten Strahlenbelastung, die durch eine Sanierung nach internationalen Standards vermieden werden könnte.

Eine ähnliche Situation besteht in Usbekistan, das jetzt der siebtgrößte Uranproduzent der Welt ist. Die ehemaligen sowjetischen Unternehmen gewannen hauptsächlich Uranerz, während heute die Gewinnung des Urans mittels ISL dominiert. Einige der früheren Halden und Bergbaustandorte wurden saniert, aber einige blieben unberührt. Anwohner dürften an einigen Standorten das dort lagernde Material als Baumaterial verwendet haben. Die zentralen Rückstandspeicher bei Navoi sind teilweise noch für die Goldaufbereitung in Betrieb, doch die Uran-Tailings müssen dort saniert werden. Es ist zu vermerken, dass der kontaminierte Metallschrott und kontaminiertes Baumaterial in den Tailings von Navoi unter Absicherung abgelagert wurden und somit nicht so leicht für die Öffentlichkeit zugänglich sind. Auch hier ist der Mangel an Finanzierung der begrenzende Faktor für eine schnelle Sanierung. Die IAEA gibt technische Unterstützung, um insbesondere die Datenerfassung und die Entwicklung von Sanierungsplänen voranzubringen.

In der Mongolei wurde die Uranproduktion am Standort Dornod bis zum Jahr 1995 kontinuierlich betrieben und dann aufgegeben (Bild 4). Hier



**Bild 2. Altbergbau- und Aufbereitungsstandort Taboshar, Tadschikistan.**

(Foto: P. Waggitt)

hat der Bergbaubetreiber die Eisenbahnstrecken und den größten Teil der Infrastruktur an diesem entlegenen Standort demontiert. Ein IAEA-Projekt wurde im Jahr 2004 zur Unterstützung bei der Entwicklung von Sanierungsplänen begonnen, aber als die aktiven Arbeiten am Standort im Jahr 2006 begannen, hatte der Wandel des Uranmarktseins einige Unternehmen aus Übersee veranlasst, Erkundungsarbeiten in der Umgebung wieder aufzunehmen (10). Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Unternehmen die Urangewinnung entweder an neuen Standorten oder bevorzugt in der Nähe der alten Lagerstätte um Dornod wieder aufnehmen.

Die Frage, wie man die Haftung für vorhandene Umweltschäden bewertet und wie man Anforderungen für deren Sanierung definiert, stellt eine Herausforderung für das Genehmigungssystem dar. Offensichtlich kann die Verantwortung für vorhandene Umweltschäden nicht einfach auf die neuen Betreiber übertragen werden, aber deren neue Aktivitäten sollten die bestehende Umweltsituation nicht verschlimmern. Die Sanierungspläne müssen eine Verbesserung der vorhandenen Umweltsituation im größtmöglichen Umfang einschließen.

Die Schließung des Bergwerks hat auch bewirkt, dass wenig Erfahrung bei den Aufsichts- und Genehmigungsbehörden in der Region verblieb. Keine neuen Betriebe, die sie in der Zwischenzeit beaufsichtigt haben und von denen sie hätten lernen können. Die IAEA finanziert nun ein Programm zum Training und zur Unterstützung bei der Entwicklung eines geeigneten Aufsichts- und Genehmigungssystems.



**Bild 3. Kasachstan, links: Uran-Altbergbauanlagen vor der Sanierung, rechts: Sanierte Bergehalde nördlich von Stepnogorsk.**

(Foto: P. Waggitt)

**Bild 4.** Uranlagerstätte bei Dornod (Mongolei), links: geographische Lage, rechts: das teilweise geflutete Tagebaurestloch.

(Foto: P. Waggitt)



### Afrika

Die Uranbergbauindustrie ist in Afrika weit verstreut. Standorte findet man in der Sahara-Region, in Zentralafrika, in Ostafrika und in Süd- und Südwestafrika. Während heutige Betreiber Vorbereitungen für die eventuelle Sanierung treffen, hat die jüngste Renaissance im Uranbergbau Bedenken über die Schaffung neuer potenzieller Altlasten aufkommen lassen. Es gibt sowohl Beispiele für Altlastenstandorte, so in Sambia und in der Demokratischen Republik Kongo, als auch Beispiele für erfolgreiche Sanierungen wie in Mounana in Gabun.

Bei Shinkolobwe in der Demokratischen Republik Kongo wurde Uranbergbau von den 1920er-Jahren bis Mitte der 1960er-Jahre betrieben (Bild 5). Eine Sanierung erfolgte bei Shinkolobwe kaum; die meisten Bauten blieben unberührt. Berge- und Rückstandshalden wurden so verlassen, wie sie waren. Die untertägigen Bergwerke wurden durch den Verschluss der Schächte mit Beton verwahrt, das Tagebaurestloch verblieb unsaniert, mit einer kleinen Wasserlamelle im tiefsten Bereich. Der Standort war öffentlich zugänglich, und viele Fußpfade verlaufen nun kreuz und quer. Von Zeit zu Zeit kamen Bergleute vorbei, die mit Schlegel und Eisen Erz gewinnen wollten. Dies passierte vorrangig in den Jahren 2003 und 2004, als diese Bergleute nach dem kobaltreichen Mineral Heterogenit suchten, das auch etwas Uran enthält.

**Bild 5.** Sanierungsprojekt Shinkolobwe, Demokratische Republik Kongo, Teile der Aufbereitungsanlage.

(Foto: P. Waggitt)



Nach einem Einsturz des Bergwerks im Juli 2004 schloss die kongolesische Regierung den Standort und vertrieb die Bergleute. Es wurde gemunkelt, dass der Bergbau am Standort wieder beginnen werde. Die Tailings und Bergehalden blieben ungedeckt; es finden sich immer noch Überreste der ehemaligen Infrastruktur. Die Anlagen sind zusammengebrochen und ungesichert, eine Sanierung wird sehr teuer werden. Wenn die gegenwärtige Entwicklung im Uranmarkt anhält, könnte das Bergwerk auf kommerzieller Basis aber wieder geöffnet werden. Sollte dies eintreten, müssen die Probleme der Sanierung der Altlast vor Aufnahme des neuen Bergbaus geklärt werden. Sowohl die Altlastenbewältigung als auch das neue Abfallmanagement sind in einem Programm zu integrieren, das internationalen Sicherheitsstandards entspricht.

Ein völlig gegensätzliches Beispiel der Sanierung stellen die Arbeiten der französischen Bergwerksgesellschaft Areva bei Mounana in Gabun dar. Die lokale Bergbaugesellschaft COMUF betrieb Uranerzbergbau in und um Mounana zwischen den Jahren 1961 bis 1999 (2). Das Erz wurde sowohl im Tagebau als auch untertägig abgebaut und am Standort aufbereitet. In den frühen Phasen des Bergbaubetriebs gab es eine Reihe von nicht nachhaltigen Praktiken der Abfallbeseitigung wie zum Beispiel die Einleitung von Rückständen in den angrenzenden Fluss Ngamaboungou Creek, unter dessen Wasseroberfläche 350 000 bis 500 000 t an Rückständen lagerten. Mit der Zeit wurden die Umweltstandards verbessert, und das Unternehmen legte Langzeitsanierungspläne vor. Im Jahr 2001 begannen die Sanierungsarbeiten und die Umsetzung angemessener Abfallmanagementstrategien. Insbesondere wurden Tailings hinter einem Damm gesichert, frühere Tailingbereiche saniert, Rückstände und Bergmassen in den Tagebau verbracht und dann abgedeckt, Infrastruktur zurückgebaut und dekontaminiert, Abfall in einen weiteren Tagebau verbracht und geflutet. Schächte wurden abgedeckt und Zugänge zu den untertägigen Grubenbauen blockiert.

Die endgültige Landschaftsgestaltung zielte auf die Schaffung einer freien Fläche und nicht auf eine spezielle Flächennutzung. Ein umfassendes Monitoring- und Überwachungssystem für Boden-, Wasser- und Luftwege sowie die lokale Nahrungsmittelkette wurde eingeführt. Teile der Infrastruktur wie die Klinik und Wohnbauten gingen an die lokalen Behörden über. Während der

**Tabelle 2. Daten für Rum Jungle: Produktion und Sanierung.** (Quelle: Australian Uranium Association.)

Rum Jungle	Zeitraum	Aufbereitetes Erz [t]	Urangehalt im Erzkörper [%]	Uranproduktion U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> [t]
Produktionsphase	1954 – 1971	1 526 000	0,27 – 0,43	4 495
Sanierungsphase	1982 – 1988	16,2 Mill. AUS-\$	11,8 AUS-\$/t	4,0 AUS-\$/kg U
	1990 – 1991	1,8 Mill. AUS-\$	10,4 US-\$/t	3,5 US-\$/kg U

Fortlaufend: Gewährleistung und Langzeitsanierung

Sanierungsarbeiten wurde festgestellt, dass eine ganze Reihe von Gebäuden mit ungeeigneten Materialien wie Bergen und Aufbereitungsrückständen gebaut worden waren. Eingeleitete Sanierungsmaßnahmen haben die Gefährdung der Öffentlichkeit an solchen Standorten verringert. So wurden starke Betonabdeckungen auf Bereiche mit hoher Gammastrahlung aufgebracht, Maßnahmen zur Vermeidung der Erosion auf Halden getroffen, Gebäude von gefährdeten Schulen, einer Klinik und des zugehörigen Belegschaftswohnhauses an ungefährdeten Standorten neu errichtet. Der Standort Mounana muss noch von der Regierung des Gabun offiziell abgenommen werden, doch ist das Sanierungsprogramm praktisch vollständig abgeschlossen worden; die radiologischen Bedingungen am Standort entsprechen internationalen Sicherheitsstandards.

### Australien

Der Uranerzbergbau in Australien begann in den späten 1940er-Jahren mit dem Aufschluss der Lagerstätte Rum Jungle (Northern Territory). Als der Bergbau dort in den 1960er-Jahren beendet wurde, verblieb der Standort unsaniert. Besonders die negativen Auswirkungen auf den nahe gelegenen East Finnis River wurden dem Uranbergbau zugeschrieben, aber tatsächlich war das Hauptproblem das Austreten saurer Bergbausickerwässer (Acid Mine Drainage, AMD) aus den sulfidhaltigen Gesteinshalden und der hohe Gehalt an Kupfer aus den polymetallischen Erzrückständen in der Drainage. Eine anfängliche Bereinigung auf Initiative der australischen Bundesregierung in den 1970er-Jahren lieferte aber keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Ein umfassendes Sanierungsprogramm mit einem Budget in Höhe von 16,2 Mill. AUS-\$ wurde im Jahr 1982 umgesetzt (1). Ein weiteres folgte in den Jahren 1990 und 1991 für die Teillagerstätte Rum Jungle Creek South, hier mit einem Budget in Höhe von 1,8 Mill. AUS-\$ (Tab. 2).

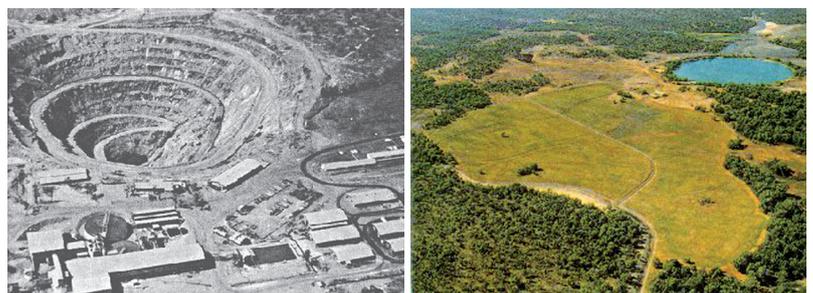
Die Aufgabenstellung des im Jahr 1982 gestarteten Programms beinhaltete die Verbringung der oberflächlich abgelagerten Aufbereitungsrückstände in den ausgeerzten Tagebau White's, die Behandlung der sauren Grubenwässer, soweit dies der Überlauf in der Regenperiode (Regenmenge 1 500 mm/a) aus den zwei wassergefüllten Tagebaurestlöchern erlaubte, und der Einbau der Massen aus zwei Bergehalden mit Aufbringung eines mehrschichtigen Abdeckungssystems nach dem neuesten Stand der Technik (Bild 6). Die Ergebnisse waren sofort sichtbar. Der Erfolg der über fünf Jahre andauernden Arbeiten schien garantiert. Doch Ende der 1990er-Jahre zeigte sich, dass die

Funktionsfähigkeit der Abdeckungen durch die Infiltration des Niederschlags erheblich gelitten hatte. Dies führte dazu, dass die Bildung saurer Sickerwässer in starkem Maß wieder einsetzte, und Gefahr bestand, dass der Standort wieder in den früheren Zustand zurückfiel. Der Einsatz von exotischen und landwirtschaftlichen Pflanzenarten für die Rekultivierung erwies sich für diesen Standort als nicht nachhaltig, erforderte ein spezielles Management und widerstand letztlich nicht der Invasion durch hartnäckige Unkrautarten. Im Jahr 2002 verschlechterten sich die Bedingungen weiter. Unverzüglich wurde ein Programm ins Leben gerufen, das mit einer verbesserten Konzeption eine Langzeitsanierung anstrebte (5). Im Jahr 2006 erfolgten die notwendigen Arbeiten zur Erfassung der wesentlichen Standortdaten für eine Neubewertung und Planung. Das Umweltüberwachungsprogramm der 1980er-Jahre war zu reaktivieren und den neuen Anforderungen anzupassen. Was vor etwa 20 Jahren noch als modernste Technologie galt, hatte sich in Rum Jungle als nicht nachhaltig erwiesen. Dennoch wurden wertvolle Informationen gewonnen und Erfahrungen gesammelt, die heute in weiteren Sanierungsprogrammen unter ähnlichen klimatischen (feucht-trockenen) Bedingungen Anwendung finden.

In den 1960er-Jahren wurden im South Alligator Valley (ebenfalls Northern Territory) über 1 000 t Uranoxid aus 13 kleinen Uranerzbergwerken produziert. Nach Abschluss des Bergbaus waren die Standorte einfach der Natur überlassen worden. Nach Eingliederung dieses Gebietes in den Kakadu-Nationalpark (KNP), einen Welterbe-Nationalpark, erhielten die Ureinwohner (Aborigines) das Gebiet zurück. Als Teil der Rückgabvereinbarung forderten die Aborigines die Sanierung der ehemaligen 13 Bergbaustandorte bis zum Jahr 2015 (9). In der Zeit zwischen den Jahren 2001 bis 2005 wurden verschiedene Studien und umfangreiche Beratungen mit den Aborigines durchgeführt. Dieses Vorgehen war notwendig, um nicht nur eine Sanierung nach internationalen Sicherheitsstandards zu gewährleisten, sondern um auch den traditionellen Werten und dem kulturellen

**Bild 6. Tagebau White's (links), Sanierter Standort Rum Jungle im April 2004, Vordergrund: sanierte Bergehalden, Hintergrund: sanierte und geflutete Tagebaue (rechts).**

(Foto links: Australian Uranium Association, Foto rechts: P. Waggitt)



Glauben der Ureinwohner gerecht zu werden. So waren einige standortspezifische Gegebenheiten zu berücksichtigen wie die Verhinderung des Einsturzes des Stollensystems, in dem sich gefährdete Fledermausarten angesiedelt hatten. Die Finanzierung konnte im Jahr 2006 mit der Bewilligung von 7 Mill. AUS-\$ durch die Bundesregierung gesichert werden. Die Planungsarbeiten waren Anfang 2007 abgeschlossen. Die Sanierung selbst wird etwa zwei Jahre erfordern. Die Arbeiten insgesamt sind am Standort weniger kompliziert, da die Strahlenrisiken begrenzt sind und sich die Arbeiten im Wesentlichen auf die Umlagerung von Metallschrott und Aufbereitungsrückständen sowie deren nachfolgende Abdeckung beschränken werden.

Als letztes Beispiel sei der Altstandort Nabarlek im Norden Australiens erwähnt. Bergbau wurde an diesem Standort zwischen den Jahren 1979 und 1988 betrieben, wurde dann gestundet, und in den Jahren 1995 beziehungsweise 1996 gänzlich eingestellt. Die vollständige Geschichte dieses Bergbaustandorts ist in der Fachliteratur beschrieben worden (8). Interessant ist aber, dass dieser Uranstandort der erste war, der nach Inkrafttreten der im Jahr 1974 in Australien verabschiedeten Umweltschutzgesetzgebung saniert wurde. Nabarlek war ein interessantes Projekt mit einem verhältnismäßig kleinen Erzkörper, aber sehr hoher Uranerzkonzentration (durchschnittlich mehr als 2 %). Das Erz wurde in nur 143 Tagen abgebaut, auf Halde gelegt und in den folgenden zehn Jahren aufbereitet. Die Aufbereitungsrückstände gingen sofort zurück in das Tagebaurestloch, das einen sicheren Langzeitspeicher bildete. Die Bergwerksgesellschaft (Cogema Australia) hatte eine finanzielle Vereinbarung mit der australischen Bundesregierung über die Sanierungskosten und einen kompletten Verwahrungsplan bereits mit Aufnahme der Gewinnungs- und Aufbereitungsaktivitäten abgeschlossen. Der Sanierungsplan wurde mehrfach während der Gewinnungs- und Aufbereitungsaktivitäten aktualisiert, um ihn an die sich aus den Prozessabläufen und den Umweltbedingungen resultierenden Bedingungen anzupassen. Als die Entscheidung gefallen war, die Anlagen außer Betrieb zu nehmen und die Sanierung zu beginnen, mussten sich der Sanierungsplan und das Budget in der Realität beweisen. Es gab keine Verzögerungen bei der Bereitstellung der finanziellen Mittel. Der Rückbau der Anlagen und Maschinen (inklusive Dekontamination, Ver-

kauf und Deponierung), die Erdarbeiten und die Rekultivierung des Standorts wurden in weniger als zwölf Monaten abgeschlossen.

Ein Problem ergab sich allerdings aus der Auslegung der Vereinbarung aller Parteien, der australischen Bundes- und Landesregierung, des Bergwerkbetreibers und der Aborigines hinsichtlich der Bedingungen, an denen der Abschluss der Rekultivierung zu messen sei. Nur wenige der ursprünglichen Vertragsunterhändler lebten noch und konnten erklären, wie der Text bei Vertragsunterzeichnung interpretiert wurde. In den vorangegangenen zehn Jahren hatten Naturereignisse wie Buschbrände und ein Zyklon den Standort arg mitgenommen und insbesondere dem Wachstum der Bäume geschadet (Bild 7). Wie bei dem Sanierungsprojekt Rum Jungle hat es bei der Rekultivierung durch Anpflanzung landwirtschaftlicher Arten Probleme durch Unkrautbewuchs gegeben. Langsam werden diese aber überwunden, es ist allerdings kostspielig und zeitaufwendig. Nabarlek ist aber ein gutes Beispiel dafür, wie sich die Sanierung verbessert hat – von den Zeiten, als nichts getan wurde, über die Episode bei Rum Jungle bis hin zu einer Lösung, die als vollständig gelten kann. Es ist noch ein weiter Weg zu gehen, aber die involvierten Parteien sind auf jeden Fall einer nachhaltigen Lösung näher gekommen.

### Lehren aus der Vergangenheit

Die Hauptlektion aus all den Fallstudien sollte sein, dass jegliche Uranbergbauaktivitäten, ob an neuen oder reaktivierten Standorten, ein nachhaltiges Rechtsregime erfordert, das allen Anforderungen gerecht wird. Die Aufsichts- und Genehmigungsbehörden sollten unabhängig sein von jeglichem Einfluss durch Betreibergesellschaften und über alle erforderlichen Voraussetzungen verfügen. Das heißt, mit einer guten Gesetzesgrundlage, die Sanierung durchsetzt und kontrolliert, mit genügend finanziellen Ressourcen, um die notwendigen Kontrollen, das Monitoring und die Überwachung durchführen zu können, mit ausreichendem Personal, um alle Aufgaben bewältigen zu können und nicht zuletzt mit genügender politischer Unterstützung und Bereitschaft der Regierung, um die Sanierungsprojekte vollständig abzuschließen.

Insbesondere muss die Entwicklung neuer Lagerstätten auch die endgültige Sanierung und die Sicherung der Finanzierung für diese Arbeiten einschließen. Die Genehmigungs- und

**Bild 7. Altstandort Nabarlek Gesamtansicht vor der Sanierung (links), nach der Sanierung, 2. Mai 2006, nachdem ein Zyklon die Fläche verwüstete (rechts).**

(Fotos: P. Waggitt)



Aufsichtsbehörden müssen sicherstellen, dass die Unternehmen die notwendigen finanziellen Mittel für die standortgerechte Sanierung bereitstellen – unabhängig davon, ob der Bergbau ökonomisch rentabel verläuft oder nicht. Dies erfordert üblicherweise die Bildung von Rückstellungen oder die Gewährung unwiderruflicher Bankgarantien.

Der wichtigste Aspekt ist allerdings, dass die Industrie auf keinen Fall künftig neue Altlasten hervorbringen kann und darf. Wenn zum Beispiel Altstandorte neu erschlossen werden, so ist aller Aufwand darauf zu richten, die Sanierung der Altlasten in die Sanierungsleistungen des laufenden Betriebs im höchsten praktikablen Maß zu integrieren. Der Uranindustrie ist eine neue Lizenz zgedacht, als Teil für die Lösung des künftigen Energiebedarfs, als Beitrag im Kampf gegen die globale Erwärmung. Dies ist eine große Verantwortung und Verpflichtung, Urangewinnung in Zukunft ausschließlich im Einklang mit der Umwelt zu betreiben.

#### Quellennachweis

1. Allen, C.G. ; Verhoeven, T.J.: Rum Jungle Rehabilitation Project, Final Project Report. Technical Report Number 7245 1013 3 (NT Department of Mines and Energy: Darwin) (Eds) (1986).
2. Cogema, 2007: <http://www.cogema.com>
3. Kraftaranov, M.: Remediation of areas, contaminated by radioactive wastes of the uranium mining industry in the Republic of Kazakhstan (auf Russisch) In: Meeting Proceedings UMGREG 2005, 14. September 2005,

Freiberg, Deutschland. ed. A. Jakubick. Wismut, GmbH, Chemnitz.

4. NATO: NATO programme Security through Science. Proceedings of the Advanced Research Workshop, „Radiological Risks in Central Asia“ Al Maty, 19-22 June 2006. NATO, Brussels.

5. Taylor, G. ; Spain, A. ; Nefiodovas, A. ; Timms, G. ; Kuznetsov, V. ; Bennett, J.: Determination of the Reasons for Deterioration of the Rum Jungle Waste Rock Cover (Australian Centre for Mining Environmental Research: Brisbane), 2003.

6. Vandenhoeve, H. ; Quarch, J.J. ; Clerc, J.M. ; Sweeney L. ; Sillen, X. ; Masllants, D. ; Zeevaert, T.: Remediation of uranium mining and milling tailing in Mailuu-Suu district of Kyrgystan. Final report, Tacis Project No. SCRE1, No.38. (2003) Consortium SCK-CEN, Belgatoh-H. Quarch, Mol, Belgium.

7. Waggitt, P.: Uranium mining legacies and remediation; an overview from Africa, Asia and Australia „Internationales Bergbausymposium: WISMUT 2007 - Stilllegung und Revitalisierung von Bergbaustandorten zur nachhaltigen Regionalentwicklung“, Gera, Deutschland, Proceedings, Seiten 483-489, 2007.

8. Waggitt, P.: Nabarlek uranium mine: From EIS to decommissioning. In: Proceedings, URANIUM 2000 - International Symposium on the Process Metallurgy of Uranium. Saskatoon, Canada 9-15, 2000. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Montreal, Canada.

9. Waggitt, P.: Uranium mine rehabilitation: The story of the South Alligator Valley intervention. Journal of Environmental Radioactivity 76 (2004) Nr. 1-2, S. 51-66.

10. Western Prospector, 2007: <http://www.westernprospector.com/s/Home.asp>

11. Wismut: Proceedings der Internationalen Konferenz für Bergbausanierung, Schlema, BR Deutschland, veröffentlicht durch WISMUT GmbH, Chemnitz, Deutschland, 11-14. Juli 2000.

## Handbuch für das Grubenrettungswesen im Steinkohlenbergbau



Bestell-Coupon schicken oder faxen an:  
02054 / 924-109 – E-Mail: [vertrieb@vge.de](mailto:vertrieb@vge.de)

Bitte senden Sie mir \_\_\_\_\_ Exemplare

**Handbuch für das Grubenrettungswesen  
im Steinkohlenbergbau**

2007 – 240 Seiten – A5 – mit zahlreichen farbigen  
Abbildungen und Tabellen – ISBN 978-3-7739-1365-4  
49,- € Preis inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten

Unternehmen \_\_\_\_\_

Abteilung / Ansprechpartner \_\_\_\_\_

Straße und Hausnummer \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_