

# **Ist Uranbergbau ein Gewinn für Tansania?**

## **Uranbergbau, Tailings, Folgekosten und Wirtschaftlichkeit**

### **Fakten und Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit und wirtschaftlichen Aspekten des Uranbergbaus**

April 2012



**uranium-network.org**

---

Günter Wippel, Diplom-Volkswirt,  
in Zusammenarbeit mit Martin Kurz, Diplom-Agrarwissenschaftler

# Inhalt

## **1. Uranbergbau - Grundlagen**

- 1.1. Urangehalt
- 1.2. Zerfallsprodukte
  
- 1.3. Gefahren von Uran und Zerfallsprodukten
  - 1.3.1. Radioaktivität
  - 1.3.2. Toxizität
  - 1.3.3. Genetische Schäden
  
- 1.4. FAZIT
- 1.5. Beispiele für nachträglich anfallende Kosten Sanierung / Tailings-Verwahrung

## **2. Sanierung / Tailings-Verwahrung**

- 2.1. Zum Begriff der "Sanierung"
- 2.2. Tailings-Verwahrung

## **3. Kosten der Tailings-Verwahrung**

- 3.1. Studie des Bundeswirtschaftsministeriums
- 3.2. OECD-Studie
- 3.3. Wer trägt die Kosten?
- 3.4. FAZIT

## **4. Bedeutung für Tanzania**

- 4.1. Kosten der Tailingsverwahrung in der Region Bahi
- 4.2. Kosten der Tailingsverwahrung bei Mkuju River Uranbergbau Projekt
- 4.3. Wer trägt die Kosten?

## **5. Erfahrungen mit Uranbergbau in anderen afrikanischen Ländern**

- 5.1. Namibia
  - 5.1.1. Tailings-Situation
  - 5.1.2. Gesundheits- und soziale Situation der Arbeiter
  
- 5.2. Niger
  - 5.2.1. Tailings-Situation
  - 5.2.2. Kontamination von (Trink-)Wasser Boden, Luft, Gesundheitsschäden

## Zusammenfassung

Bei der Beurteilung von Projektes des Uranbergbaus werden häufig die wirtschaftlichen Vorteile sowie die Steuer- und Pachteinnahmen für den Staat als Vorteile hervorgehoben.

Der Uranbergbau zieht jedoch aufgrund der physikalischen, chemischen und geologischen Gegebenheit sowie der allgemeinen Umweltbedingungen langfristige und teilweise schwerwiegenden Folgen nach sich.

In der Bundesrepublik liegen Erfahrungen mit der 'Sanierung' von Uranbergbauen anhand der ehemaligen Wismut, die 20 Jahre nach Beendigung des Uranbergbaus immer noch kein Ende gefunden hat, vor. Die Kosten belaufen sich bisher auf knapp € 7 Milliarden, bezahlt von der öffentlichen Hand.

Auch umfangreiche Gesundheitsstudien wurden u.a durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt, knapp 7.000 Krankheitsfälle wurden als berufsbedingt anerkannt.

Die Folgen von Uranbergbauen sind also nicht leicht zu nehmen.

Im folgenden werden die Kosten der Sanierung / Tailingsverwahrung von Uranbergbauen anhand zweier Studien - eine vom Bundesministerium für Wirtschaft 1995 in Auftrag gegebene, sowie eine Studie der OECD und IAEA - in verschiedenen Varianten geschätzt, und auf die geplante Uranbergbau-Vorhaben in Tansania übertragen.

Es wird auch der - höchst wichtigen - Frage nachgegangen, wer diese Kosten voraussichtlich tragen wird.

### **Fazit:**

Für beide Uranbergbau-Projekte in Tansania, sowohl in der Region Bahi als auch für das Mkuju River Project, ergeben sich Kosten der Tailingsverwahrung / 'Sanierung' von jeweils mehreren hundert Millionen US \$.

Die Schätzungen umfassen dabei ausschließlich die Tailingsverwahrung, keine Kompensation von aufgetretenen Umwelt- und Gesundheitsschäden etc.

Die Kosten liegen damit im Bereich der geschätzten Einnahmen aus Steuern für die Regierung von Tansania, in einigen Szenarien (bei Mkuju River Project) darüber.

Die Frage "Wer trägt die Kosten?" wird ebenfalls untersucht, und führt zu dem Schlußfolgerung, daß das Verursacherprinzip vermutlich nicht durchgesetzt werden kann. Die Kosten der 'Sanierung' / Tailingsverwahrung werden mit hoher Wahrscheinlichkeit vom Staat getragen werden müssen.

Es besteht akut Gefahr, daß die Kosten der 'Sanierung' / Tailingsverwahrung die Einnahmen aus Steuern übersteigen, und der Uranbergbau damit für die tansanische Regierung zu einem Verlustgeschäft wird.

Sollte die tansanische Regierung nicht in der Lage sein, die für die Tailingsverwahrung / 'Sanierung' erforderlichen Mittel selbst aufzubringen, so wird die internationale Gemeinschaft, allen voran die "Geberländer" um - finanzielle - Hilfe gebeten werden.

Eine solche Situation kann derzeit in Kyrgyztan beobachtet werden: Die Tailingsverwahrung / 'Sanierung' alter Uranbergbaue soll (teilweise) durch die Internationale Gemeinschaft finanziert werden.



# 1. Uranbergbau - Grundlagen

## 1.1. Urangehalt

In vielen der heute abgebauten oder zum Abbau anstehenden Vorkommen beträgt der Urangehalt im Gestein deutlich weniger als 1%, es werden in Afrika Vorkommen mit einem Urangehalt von unter 0,1% für den Uranbergbau in Betracht gezogen bzw. abgebaut.

Bei einem Urangehalt von 0,1% fallen für die Gewinnung von 1 t Uran 999 t Abfälle an, bei einem Urangehalt von 0,01% sind es bereits 9.999 t Abfälle.

Vereinfachend kann man bei diesen geringen Urangehalten davon ausgehen, dass praktisch die gesamte Menge des abgebauten Erzes zu Abfallgestein wird, die gewonnene Mengen an Uran fällt von der Menge her so gut wie nicht ins Gewicht.

## 1.2. Zerfallsprodukte

Aufgrund der physischen Eigenschaften von Uran zerfällt dieses in einer Zerfallsreihe von 14 Produkten, bis schließlich stabiles Blei erreicht wird (Zerfallsreihe für Uran-238 siehe [Grafik 1](#)).

Radionuclide		Mode of decay	Half-life
Uranium-238	<sup>238</sup> U	α	4.5 billion years
Thorium-234	<sup>234</sup> Th	β	24 days
Protactinium-234	<sup>234</sup> Pa	β	6.7 hours
Uranium-234	<sup>234</sup> U	α	245.500 years
Thorium-230	<sup>230</sup> Th	α	77.000 years
Radium-226	<sup>226</sup> Ra	α	1.600 years
Radon-222	<sup>222</sup> Rn	α	3.85 days
Polonium-218	<sup>218</sup> Po	α	3 minutes
Lead-214	<sup>214</sup> Pb	β	27 minutes
Bismuth-214	<sup>214</sup> Bi	β	20 minutes
Polonium-214	<sup>214</sup> Po	α	164 micro-seconds
Lead-210	<sup>210</sup> Pb	β	22 years
Bismuth-210	<sup>210</sup> Bi	β	5 days
Polonium-210	<sup>210</sup> Po	α	238 days
Lead-206	<sup>206</sup> Pb		stable

Grafik 1: Zerfallsreihe U-238

Alle Zerfallsprodukte werden fortgesetzt nachproduziert, das Abfallgestein ("tailings") enthält damit rund 85% der ursprünglichen Radioaktivität des Erzes, nur Uran (U-234, U-235, U-238) wurde extrahiert.

Die Zerfallsprodukte werden auch nach Extraktion des Urans weiter durch den radioaktiven Zerfall produziert; in den Extraktionsanlagen ("Uranmühle") kann aus prozesstechnischen Gründen nicht das gesamte enthaltene Uran extrahiert werden, sondern es verbleiben Reste davon im Abfallgestein.

Selbst wenn das gesamte Uran-238 und Uran-235 extrahiert werden könnten, würde das langlebige Thorium-230 (77.000 Jahre Halbwertszeit) für weitere hunderttausende von Jahren dafür sorgen, dass die nachfolgenden Zerfallsprodukte quasi *ad infinitum* weiterproduziert werden.

Die Abfälle aus der Uranmühle/-extraktionsanlage bleiben nach menschlichen Maßstäben also für immer radioaktiv.

### 1.3. Gefahren von Uran und Zerfallsprodukten

#### 1.3.1. Radioaktivität

Einige der Zerfallsprodukte sind sehr langlebig (U-234: 245.500 Jahre,  $\alpha$ -Strahler, Thorium-230: 77.000 Jahre,  $\alpha$ -Strahler), Radon-222 ist gasförmig und kann sich innerhalb kurzer Zeit über große Strecken mit dem Wind verbreiten, Radon-222 wird als die häufigste Ursache von Lungenkrebs angesehen.

Die radioaktive Strahlung von Uran und seinen Zerfallsprodukten kann eine Vielzahl verschiedener Krankheiten, vor allem Krebs und Leukämie, verursachen, aber auch andere Krankheitsbilder hervorrufen.

Siehe auch:

- Bundesamt für Strahlenschutz: "Uranbergarbeiter-Kohorten-Studie"  
[www.bfs.de/de/bfs/forschung/Wismut](http://www.bfs.de/de/bfs/forschung/Wismut)
- Human Health Implications of Uranium Mining and Nuclear Power Generation,  
Dr. Cathy Vakil M.D., C.C.F.P., F.C.F.P., und Dr. Linda Harvey B.Sc., M.Sc., M.D.. Mai 2009  
<http://www.uranium-network.org/images/pdfs-u-rad-health/VAKIL-HARVEY-Human-health-implications-LONG-2009-May.pdf>

Besonders problematisch für eine Bewertung des Uranbergbaus aus wirtschaftlicher Perspektive ist dabei die lange Latenzzeit der Krankheitsbilder, die im Bereich von 15 - 20 Jahren von Exposition bis zum Eintritt einer (diagnostizierbaren) Krankheit liegt.

Im Falle einer 10-jährigen Betriebszeit eines Uranbergwerks würden Krankheitsbilder erst 5 bis 10 Jahre nach Schließung des Bergwerks auftreten; damit wird es sehr schwierig, die Krankheitsbilder überhaupt als vom Uranbergbau verursacht zu identifizieren.

Schadensersatzforderungen gegen Bergbauunternehmen sind dann schwer durchsetzbar, da sie möglicherweise gar nicht mehr bestehen oder nicht mehr im Land ansässig sind.

#### 1.3.2. Toxizität

Uran bzw. dessen Zerfallsprodukte wirken toxisch und können hierdurch z.B. Erkrankungen der Nieren, kardiovaskuläre Krankheiten und andere hervorrufen.  
(vgl. dazu auf die in Abschnitt 1.3.1. verwiesenen Arbeiten).

Uran wird als chemisches Element allgemein als toxisch eingestuft:

Es kann reprotoxisch wirken und damit Schwierigkeiten bei der Reproduktion hervorrufen, d.h. Sterilität bei Männern respektive bei Frauen verursachen.

Current evidence from animal studies suggests that the toxicity of uranium is mainly due to its chemical damage to kidney tubular cells, leading to nephritis. Other sensitive targets of toxicity include the respiratory tract (inhalation only), neurological system, reproductive system, and the developing organism.

Polonium-210, das zwar nur eine geringere Halbwertszeit hat (238 Tage), ist extrem toxisch, bereits kleinste Mengen (1 Mikrogramm) können eine tödliche Wirkung entfalten.

Es sei hier auf die *englische* site zu Uran & Toxizität in wikipedia verweisen, die eine Übersicht über wissenschaftliche Studien hinsichtlich der Toxizität beinhaltet.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Uranium#cite\\_note-BuildingBlocks477-17](http://en.wikipedia.org/wiki/Uranium#cite_note-BuildingBlocks477-17)

Die Toxizität von Uran und seiner Zerfallsprodukte wird in aller Regel zu wenig beachtet. Gegenseitige Wirkungen von Toxizität und Radioaktivität sind bisher so gut wie nicht untersucht.

### 1.3.3. Genetische Schäden

Darüber hinaus können Uran bzw. seine radioaktiven Zerfallsprodukte durch die radioaktive Strahlung genetische Schäden verursachen, die von Generation zu Generation weitergegeben werden können.

Die potentiellen Folgeschäden sind derzeit nicht absehbar und finden deshalb ebenfalls in keiner wirtschaftlichen Betrachtung des Uranbergbaus Niederschlag.

## 1.4. FAZIT

### **Quantifizierbare / monetäre Folgekosten und nicht / schlecht quantifizierbare Folgekosten**

Der Uranbergbau selbst und die Verwahrung der Tailings verursacht

- (1) Monetäre, quantifizierbare Folgekosten, sowie
- (2) nicht-monetäre, nicht / kaum quantifizierbare Folgen

zu (1) Quantifizierbare / monetäre Folgekosten

Die Verwahrung der Tailings verursacht erheblich Kosten:

Die Abfallhalden (Tailings) und -becken bleiben nach menschlichem Maßstab für immer radioaktiv und toxisch. Die Abfälle des Uranbergbaus müssen daher langfristig und sicher getrennt von der Biosphäre und von menschlichen Aktivitäten verwahrt werden.

Sichere langfristige Verwahrungsmethoden sind bisher kaum bekannt, und keinesfalls langfristig erprobt; hingegen gibt es zahlreiche Beispiele, die aufzeigen, daß langfristige Verwahrungen schon nach wenigen Jahren obsolet werden.

Ein zweites ernsthaftes Problem stellen die großen Mengen der Tailings dar, die in umgekehrter Relation zum Urangehalt des Erzes stehen: sie betragen größenordnungsmäßig das 100- bis 1.000 fache des gewonnenen Erzes und machen viele Millionen t aus.

Eine sichere langfristige Verwahrung von Millionen t Abraum stellt sowohl

- (a) ein - bisher nicht abschließend gelöstes - technisches Problem dar, als auch
- (b) einen erheblichen wirtschaftlichen Faktor, der bei der Beurteilung von Uranbergwerksprojekten häufig keine angemessene Berücksichtigung findet.

Grundsätzlich stellt sich die Frage nach der wirtschaftlichen Sinnhaftigkeit von Uranbergbau.

zu (2) nicht-monetäre, nicht / kaum quantifizierbare Folgen

Wie in Abschnitt 1.3. ausgeführt, verursacht der Uranbergbau Schäden in der Umwelt und an der Gesundheit sowohl der Bergarbeiter als auch der Umgebungsbevölkerung.

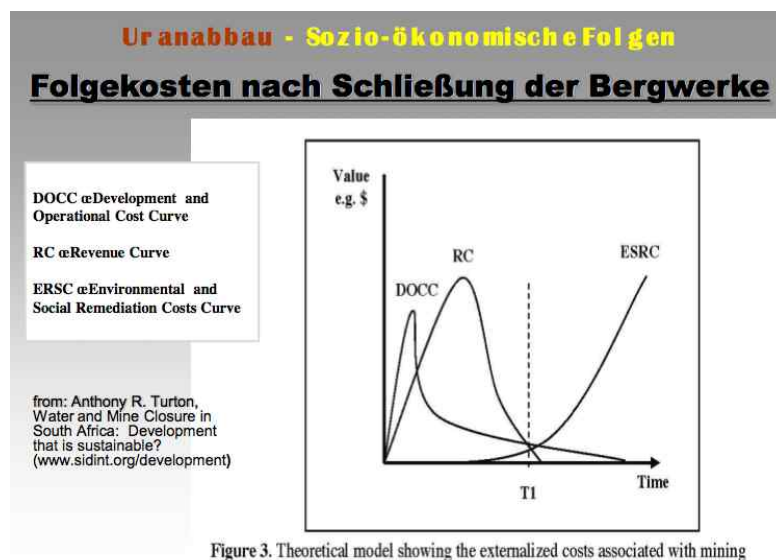
Diese Schäden sind - wenn überhaupt - nur sehr quantifizierbar und nur unter Vorbehalt monetär zu bewertbar, weshalb sie tendenziell unberücksichtigt bleiben.

Einige Überlegungen hier zu finden sich in Abschnitt 1.5.

### 1.5. Beispiele für nachträglich anfallende Kosten

In Südafrika findet seit vielen Jahrzehnten Bergbau statt, u.a. Gold. Uran etc., und es gibt entsprechend eine umfangreiche Auseinandersetzung mit den Hinterlassenschaften des Bergbaus.

Wir verweisen auf einen Artikel von Dr. Anthony R. Turton: "Water and Mine Closure in South Africa: Development that is sustainable?", in dem die Frage der ökonomischen Folgen bzw. der sog. 'sozialen Kosten' der Schließung von Bergwerken diskutiert wird. Er kommt zu folgendem Schluss:



The third plot is the **Environmental and Social Remediation Curve (ERSC)** which typically **starts to manifest itself some time after mining commences**, but which grows rapidly in amplitude once mine closure is reached (T1) and no further cash is available for remediation. **Typically the ESRC is not a balance sheet item**, being kept away from investors, **effectively representing the cost of production that is externalized onto society.**

from: Online Dialogue, siehe: <http://fse.org.za/downloads/SIDINT%20Mine%20Closure.pdf>, page 5 / 6  
Hervorhebungen nicht im Original

Nach Schließung von Bergwerken kommen erhebliche Kosten (ESRC-Kurve) auf die Allgemeinheit zu.

Beispiele für die beträchtlichen nachträglich anfallenden Kosten, die von der Allgemeinheit zu tragen sind:

- Die Bundesrepublik Deutschland bezüglich der Kosten und Kompensationen an ehemalige Mitarbeiter des Uranbergbaus in der ehemaligen DDR (Wismut): Hier ist zwar die besondere



Situation der Auflösung der damaligen DDR und Wiedervereinigung zu berücksichtigen. Es bleibt jedoch die Tatsache bestehen, dass die Krankheitskosten sowie die Entschädigungszahlungen nicht von den verursachenden Betrieben, sondern von der Allgemeinheit getragen wurden und werden.

- Die Vereinigten Staaten: Dort werden Kompensationszahlungen an ehemalige Uranarbeiter gemäß dem RECA (Radiation Exposure Compensation Act) an ehemalige Uranbergarbeiter vom Staat geleistet - nicht von den verursachenden Unternehmen.

## 2. Sanierung / Tailingsverwahrung

### 2.1. Zum Begriff der "Sanierung"

Der Begriff "Sanierung" kann suggerieren, dass der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden kann bzw. dass die verursachten Umweltschäden "geheilt" werden könnten. Dies ist nicht zutreffend.

Das Uranerz ist zunächst mechanisch bis auf Sandkorngröße zerkleinert und danach mit Chemikalien (Schwefelsäure und andere) behandelt worden, um das Uran aus dem Erz zu lösen. Der ursprüngliche radiologische Zustand ist damit irreversibel verändert.

Uran und seine Zerfallsprodukte sind durch die mechanische Zerkleinerung des Erzes, den Kontakt mit Chemikalien sowie mit Sauerstoff sowohl physisch als auch chemisch sehr viel mobiler als sie es im Erz und unter der Erdoberfläche waren. Daher ist es irreführend, von "Sanierung" zu sprechen.

### 2.2. Tailings-Verwahrung

Aus den obengenannten Aspekten der Gefährlichkeit von Uran und seinen Zerfallsprodukten ergibt sich, dass die Abfälle ("tailings" ) aus dem Uranbergbau und der Uranextraktion

- (1.) langfristig
- (2.) effektiv von der Umwelt / Biosphäre

abgeschottet werden müssen.

Die Problematik liegt dabei - unter anderem - in

- den großen Mengen der Abfälle
- der Langlebigkeit des Urans und der Zerfallsprodukte, die *de facto* eine sichere Verwahrung 'für immer' erfordern.

### 3. Kosten der Tailings-Verwahrung

Die Verwahrung der Abfälle ("tailings") und Absetzbecken ("tailings ponds") verursacht erhebliche Kosten.

#### 3.1. Studie des Bundeswirtschaftsministeriums

Das Bundeswirtschaftsministerium ließ im Jahr 1995 die 'Sanierungskosten' von Uranbergbaubetrieben weltweit in einer Studie untersuchen und vergleichen.

Studie: Kosten der Stilllegung und Sanierung von Urangewinnungsprojekten im internationalen Vergleich - Einflußgrößen und Abhängigkeiten - Auszug aus dem Abschlußbericht zum Forschungsauftrag Nr. 37/93 im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft durchgeführt von URANERZBERGBAU-GmbH, März 1995 ("BMW-Studie")

Die Studie kommt zu folgenden Ergebnissen:

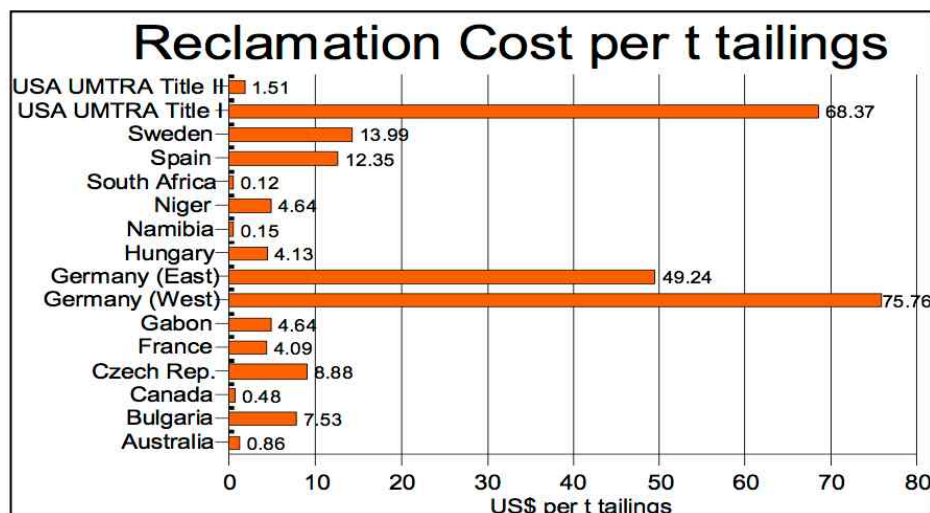
„Die aufgelaufenen und veranschlagten Kosten für Stilllegung und Sanierung der in dieser Studie erfaßten Urangewinnungsanlagen betragen rd. 3,7 Mrd US\$ (Kostenbasis 1993). Hieraus resultieren spezifische Sanierungskosten von 1,25 US\$/lb U30S und 2,20 US\$/t Tailings.

Läßt man die Betriebe, in welchen Uran als Nebenprodukt der Gold- und Kupfergewinnung produziert wird/wurde außer acht, so erhöht sich der letztgenannte Wert auf knapp 4 US\$/t Tailings.

Die Aussagekraft dieser Kostengrößen ist allerdings relativ begrenzt, da die Variabilität der spezifischen Kosten für die einzelnen Projekte und Länder sehr groß ist: Der Schwankungsbereich der spezifischen Kosten liegt im **Minimum** bei 0,12 US\$/lb UPs (Kanada) bzw. **0,12US\$/t Tailings** (Südafrika), und im **Maximum** bei rd. 40 US\$/lb U30S (Schweden) bzw. **68 US\$/t Tailings** (UMTRA Titel I-Programm, USA).“

aus: BMW-Studie, Zusammenfassung Seite 5, Hervorhebungen nicht im Original

Die Ergebnisse der Studie sind einer Grafik von WISE Uranium Project anschaulich zusammengestellt:



Grafik 2: Sanierungskosten pro t 'tailings'

Die Schwankungsbreite der Verwahrungskosten der tailings aus dem Uranbergbau ist in der Tat beachtlich. Im folgenden werden deshalb vier Varianten für die Tailingsverwahrungskosten, basierend auf den Werten der BMWi-Studie, Seite 5, zugrunde gelegt:

<u>Tailingsverwahrungskosten (Kostenbasis 1993)</u>		
Szenario 1:	Urangewinnung als Nebenprodukt:	US \$ 2,20 / t tailings
Szenario 2:	Reiner Uranbergbau:	US \$ 4.- / t tailings
Szenario 3a:	Mittelwert aus <u>allen</u> verfügbaren Werten	US \$ 15,76 / t tailings
Szenario 3b:	Mittelwert aus minimalen (US\$ 0,12/t tailings, South Africa) und maximalen Kosten (US\$ 75,76/t tailings, Germany West)	US \$ 37.97 / t tailings

In Szenario 3 (a+b) (Mittelwerte) bleibt unberücksichtigt, dass in verschiedenen Fällen (Südafrika, Namibia, Niger) von einer 'Sanierung' nicht die Rede sein kann; die Tailings lagern in diesen Ländern so gut wie ohne jede Rehabilitationsmaßnahme; dies wurde inzwischen durch verschiedene Berichte von NGOs dokumentiert (CRIIRAD, Greenpeace-Studie "Left in the Dust")

Hingegen sind die Sanierungskosten von UMTRA Title I und von Deutschland aufgrund der anfänglich sehr mangelhaften Ablagerung der Tailings extrem hoch ausgefallen. Ein Aussondern der niedrigsten und der höchsten Werte aufgrund ihrer Besonderheiten würde aber nicht zu wesentlich anderen Kosten in der Größenordnung führen.

Die obengenannten Kosten wurden auf Basis 1993/95 ermittelt. Bei Ansatz einer moderaten Inflationsrate von 3% pro Jahr würde sich für 2012 das rd. 1,65-fache der in der BMWi-Studie von 1995 ermittelten Sanierungskosten ergeben.

Auf eine Berücksichtigung der Inflationsrate während der Laufzeit des Projektes bzw. bis zum Beginn der abschließenden Tailingsverwahrung, wurde wegen der Unsicherheiten bei der erforderlichen Schätzungen verzichtet.

Geht man jedoch z.B. beim Mkuju River Project in Tanzania von einer 10-jährigen Betriebsdauer aus, und nimmt weiter eine 3%-ige Inflation / Jahr an, so erhöhen sich die Kosten um rund 35%.

Kosten der 'Sanierung' pro t tailings, gemäß Studie des Bundeswirtschaftsministeriums			
<i>angepasst bezüglich Inflation auf 2012</i>		<u>1995</u>	<u>2012</u>
			(bei 3% Inflation / Jahr)
Szenario 1	Uranbergbau, mit Gold-Kupferabbau	2,20 USD	3,86 USD
Szenario 2	Reiner Uranbergbau	4,00 USD	7,01 USD
Szenario 3 a	Mittelwert (arithmetisches Mittel aller Werte)	15,76 USD	27,64 USD
Szenario 3 b	Mittelwert aus Minimal- und Maximalwert	37,97 USD	66,58 USD

Tabelle 1: Kosten der Tailingsverwahrung, Basis BMWi-Studie, angepasst auf 2012

### 3.2. OECD-Studie

Eine in 2002 veröffentlichte Studie von OECD und IAEA kommt zu dem Schluß, daß die Kosten für die Tailingsverwahrung zwischen US\$ 0,55 und US\$ 13,62 / t abgebautes Erz liegen (Kostenbasis 2002), wobei hierunter offenbar nur die Kosten für die Tailings aus dem Bergbau erfasst sind.

Die Kosten für die Verwahrung der Tailings aus den Uranmühlen /-extraktionsanlagen ("mill plants") sind mit US \$ 3,1 - 32,9 / kg Uran; diese pro kg gewonnenem Uran angegebenen Werte müssen zu den obengenannten Werten addiert werden; sie können aber ohne zusätzliche Angaben nicht mit diesen vergleichbar gemacht werden, da sie pro kg gewonnenes Uran angegeben sind und nicht pro t abgebautes Erz.

Die Werte von US\$ 0,55 bis 13,62, angepasst auf 2012 (bei 3% Inflation) ergeben sich US\$ 0,74 - 18,30; diese Werte sind in jedem Fall die Untergrenze der Kosten der Tailingsverwahrung.

In der anschließend betrachteten Situation in Tanzania geht es sowohl für die Region Bahi als auch für das Mkuju River Project immer um Tailings aus Uranbergwerk und Uranmühle, da die Extraktion des Uran aus dem Erz vor Ort stattfindet.

Costs of decommissioning and rehabilitation are country- and site-specific. They are determined by the type of mining method used, by infrastructural and organisational conditions, national environmental standards, labour costs, and costs of materials. /OCE-02/ quotes unit costs (without water treatment) for the decommissioning and remediation of uranium mines in a range from US\$0.76 to US\$16.9 per tonne of mined uranium ore or of US\$0.55 to US\$13.62 per kg of uranium produced, respectively. Costs of decommissioning and remediation of mill plants (again without water treatment) are in the range from US\$3.1 to US\$32.9 per kg of uranium. Inclusion of water treatment will push up costs between 10 and 50 %.

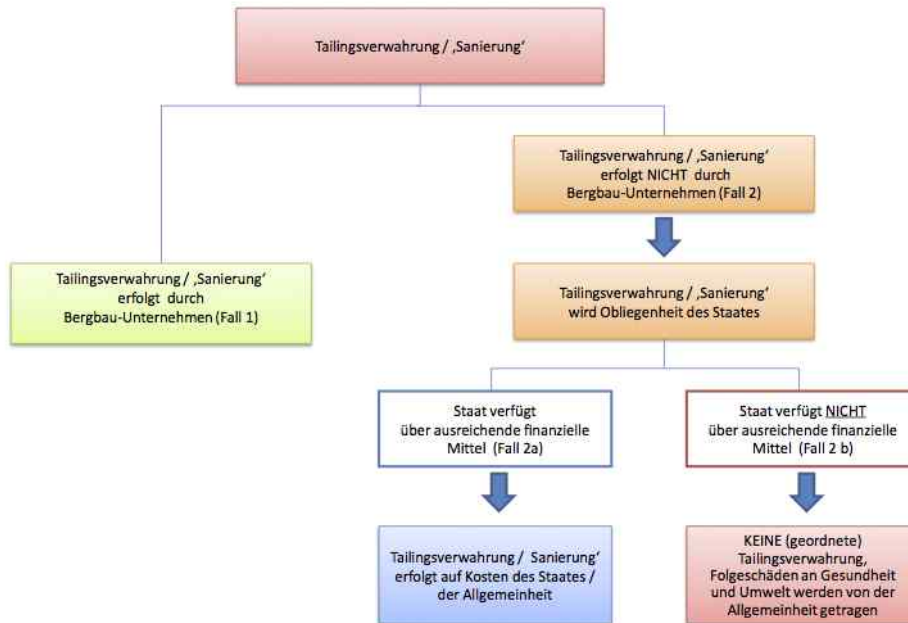
from: Environmental Remediation of Uranium Production Facilities, OECD, International Atomic Energy Agency (IAEA). Published by: OECD 2002

### **3.3. Wer trägt die Kosten?**

Grundsätzlich müssten nach dem Verursacherprinzip die Kosten der Tailingsverwahrung / 'Sanierung' von den Betreibern der Uranbergwerke übernommen werden.

Die BMWi-Studie kommt (auf Seite 4) jedoch bereits zu einer Typisierung der Sanierungssituation, bei der eine Sanierung durch die öffentliche Hand untersucht wird (Typ 1 und 2).

Im Gesamtbetrachtung, lässt sich die die Frage "Wer trägt die Kosten der Tailingsverwahrung / 'Sanierung'?" wie folgt beantworten:



Grafik 3: Tailingsverwaltung / 'Sanierung' durch Betreiber oder Staat?

### Kategorie 1

#### Tailingsverwaltung / 'Sanierung' durch den Betreiber / das Bergbau-Unternehmen

Voraussetzungen:

- 1./ Die staatlichen Regularien sind strikt genug und
- 2./ die Administration ist effizient / stark genug, diese Regularien durchzusetzen, und
- 3./ der Betreiber / das Bergbau-Unternehmen ist nach Beendigung des Abbaus noch existent und hat ausreichend finanzielle Mittel zur Verfügung

Der Grad der 'Sanierung' / einer wirksamen Tailingsverwaltung kann dabei sehr unterschiedlich ausfallen. Bei verschiedenen Uran-Bergbauen wurden zwar 'Sanierungs'maßnahmen durchgeführt, jedoch sind diese unzureichend, so dass nach wie vor Gefahren für Umwelt und Gesundheit bestehen.

*(Beispiel:* Rum Jungle Uranbergwerk, Australien)

### Kategorie 2

#### Tailingsverwaltung / 'Sanierung' erfolgt NICHT durch Betreiber / Bergbau-Unternehmen

Mit dieser Situation ist zu rechnen, wenn entweder

- 1./ die staatlichen Regularien nicht strikt genug und / oder
- 2./ die Administration nicht effizient / stark genug ist, um diese Regularien durchzusetzen, oder
- 3./ wenn aus anderen Gründen (z.B. politische Verhältnisse, militärische Produktion) eine Verwahrung der Tailings bislang nicht angegangen worden war.

*Beispiele:* ehemaliger Uranbergbau der Wismut, Uranbergbau in Kyrgysztan etc.

In diesem Fall wird die Tailingsverwaltung / Sanierung zur Obliegenheit des Staates oder der internationalen Gemeinschaft. Grundsätzlich ergeben sich zwei Möglichkeiten:

#### Kategorie 2a - 'Staat saniert'

Der Staat verfügt über ausreichende finanzielle Mittel sowie über den politischen Willen, eine geordnete Tailingsverwahrung in die Wege zu leiten.

Folge: Eine geordnete Tailingsverwahrung kann angegangen werden.  
Die Kosten werden von der Allgemeinheit / dem Steuerzahler getragen.

Beispiele: USA - UMTRA-Projekte; BRD: Wismut-Sanierung etc.

### **Kategorie 2b - 'Staat saniert NICHT'**

Der Staat verfügt nicht über ausreichende finanzielle Mittel um aus eigener Kraft eine geordnete Tailingsverwahrung anzugehen, oder es fehlt am politischen Willen, oder beides.

Folge: Die Uran-Tailings bleiben ganz oder weitgehend 'unsaniert', kontaminieren langfristig die Umgebung. Es kommt zu gesundheitlichen Folgeschäden, zu Schäden in der Umwelt, evtl. zur Bedrohung der öffentlichen Wasserversorgung, zum vorzeitigen Tod von Arbeitern oder Personen der Umgebungsbevölkerung; die Gesundheits- und Umweltschäden sowie deren Folgekosten müssen von der Allgemeinheit getragen werden, sei es in monetärer Form, sei es durch Gesundheitsschäden etc.

Beispiele: Niger, Gabun, Namibia, Kyrgysztan etc.

Selbstverständlich sind diese Fälle idealtypische Systematisierungen; in der Realität sind Kombinationen, Mischformen oder Abstufungen zwischen den einzelnen Kategorien möglich.

Bezüglich der Kategorie 2b sei auf die Situation in Kyrgysztan und die Lösungsversuche verwiesen: High-Level International Forum "Uranium Tailings: Local Problems, Regional Consequences, Global Solution" in Genf / Schweiz, 29. Juni 2009

organisiert von der Regierung von Kyrgysztan, u.a. mit Unterstützung des UN Development Program (UNDP).

([www.un.org/kg/en/un-in-kyrgyzstan/what-we-do/article/233-what-un-does/3557-uranium-tailings-in-central-asia](http://www.un.org/kg/en/un-in-kyrgyzstan/what-we-do/article/233-what-un-does/3557-uranium-tailings-in-central-asia))

Wesentliches Ziel des internationalen "High Level Forum" und einer regionalen Konferenz war und ist es, Aufmerksamkeit für die Problematik der Uran-Tailings auf internationaler Ebene zu gewinnen - und die Hilfe von Geldgebern auf internationaler Ebene zu mobilisieren.

In particular, a decision was made to complete collection and summarizing of priority project proposals and ideas of all countries before the Forum in Geneva to be included into the Framework Document and to draw attention of international organizations and financial institutions to these proposals to address the most urgent problems related to the uranium legacy and to mobilize donors' assistance.

[www.un.org/kg/en/component/resource/article/233-What%20UN%20does/3557-uranium-tailings-in-central-asia](http://www.un.org/kg/en/component/resource/article/233-What%20UN%20does/3557-uranium-tailings-in-central-asia)

Auch wenn die Situationen in der ehemaligen DDR oder in Kyrgysztan nicht direkt mit dem geplanten Uranbergbau in Tanzania vergleichbar sind, so wird daraus dennoch eines klar:

Ist ein Staat / eine Region nicht in der Lage, die Hinterlassenschaften des Uranbergbaus alleine zu bewältigen, werden Geberländer / die Internationale Gemeinschaft um finanzielle Hilfe gebeten.

### **3.4. FAZIT**

Die Kosten der Tailingsverwahrung / 'Sanierung' von Uranbergwerken und -mühlen/-extraktionsanlagen sind beträchtlich.

Von einer geordneten, angemessenen Tailingsverwahrung durch die Betreiberfirmen kann in vielen Fällen, wie die Geschichte zeigt, nicht ausgegangen werden.

Die Kosten der Tailingsverwahrung / 'Sanierung' wird damit eine Aufgabe des Staates, finanziert durch die Allgemeinheit.

Ist ein Staat nicht in der Lage, die erforderlichen finanziellen Mittel selbst aufzubringen, dann

(a) unterbleibt entweder eine geordnete Tailingsverwahrung, mit der Folge von Gesundheits- und Umweltschäden, oder

(b) es werden die Internationale Gemeinschaft bzw.- im Kontext von Entwicklungsländern - Geberländer um finanzielle Hilfe gebeten.

Sofern Staaten nicht in der Lage sind, die Betreiber durch Gesetzgebung und deren Durchsetzung zu einer geordneten Tailingsverwahrung zu veranlassen, werden sie wirtschaftlich nicht vom Bergbau profitieren; eventuelle Staatseinnahmen aus Steuern und 'royalties' werden zunächst von der (nachträglichen) Tailingsverwahrung in Anspruch genommen werden; falls sie nicht ausreichen, werden ggf. die Geberländer um finanzielle Unterstützung angegangen.

## 4. Bedeutung für Tanzania

### 4.1. Kosten der Tailingsverwahrung in der Region Bahi

Nach Angaben der explorierenden Unternehmen (Uranex) sind in der Region Bahi rd. 92 Mio t abbauwürdiges Uranerz vorhanden. Der Urangehalt liegt in der Größenordnung von 0,01%, d.h. 99,99% des abgebauten Materials werden zu Tailings.

Geschätzte Kosten der Tailingsverwahrung für Uranbergbau Region Bahi, Tanzania			
<u>Tonnen Tailings (abgerundet):</u>			91.000.000
<u>Kosten</u>		<u>US\$/t</u>	<u>US\$ gesamt</u>
<u>Szenario 1</u>		3,86	351.260.000
(Urangewinnung als Nebenprodukt von Gold-/Kupferabbau)			
<u>Szenario 2</u>		7,01	637.910.000
(Reiner Uranbergbau)			
<u>Szenario 3a</u>		27,64	2.515.240.000
(Arithmetisches Mittel)			
<u>Szenario 3b</u>		66,58	6.058.780.000
(Mittelwert Min. / Max.)			

Tabelle 2: Geschätzte Kosten der Tailingsverwahrung für Uranbergbau Region Bahi, Tanzania

Das Szenario 1 spielt für die Region Bahi keine Rolle, da es sich um reinen Uranbergbau handelt, und nicht um die Gewinnung von Uran als Nebenprodukt.

Die Tailingsverwahrung in der Region Bahi wird dadurch kompliziert, und vermutlich verteuert, daß die Uranvorkommen über einen größeren Raum verstreut liegen und die eventuelle zukünftige Betreiberfirma daher ein "many sources - one plant" -Konzept verfolgt, d.h. Uranerz wird an vielen verschiedenen Stellen abgebaut und an einer Stelle ("plant") verarbeitet; dadurch ergibt sich



voraussichtlich eine Vielzahl zu 'sanierender' Tagebau-Gruben, sowie zusätzlich die Verwahrung der Tailings aus der Uran"mühle" /-extraktionsanlage.

#### 4.2. Kosten der Tailingsverwahrung bei Mkuju River Uranbergbau Projekt

Nach Angaben von Mantra Resources sollen im Mkuju River Project rund 59,6 Mio t Uranerz abgebaut werden, der Uran-Gehalt beträgt 0,037% Uran im Erz ("kleine Version").

Es werden also rund 59,5 Millionen t tailings entstehen.

Falls sich die Reserven, wie die Firma Uranium One, die inzwischen Betreiber des Projektes ist, erhofft, auf rund 139,6 Mio t belaufen, würden ca. 139,5 Mio t radioaktive und toxische Abfallhalden entstehen ("erweiterte Version").

Die Masse der Tailings würde - bei einer Ablagerung in durchschnittlich 10m hohen Halden ca. 300 ha beanspruchen.

Geschätzte Kosten der Tailingsverwahrung für das Mkuju River Project, Tanzania				
			"Kleine" Version	"Erweiterte" Version
<u>Tonnen Tailings:</u>			59.500.000	139.500.000
<u>Kosten:</u>		<u>US\$/ t</u>	<u>US\$ gesamt</u>	<u>US\$ gesamt</u>
<u>Szenario 1</u>		3,86	229.670.000	538.470.000
(Urangewinnung als Nebenprodukt von Gold-/Kupferabbau)				
<u>Szenario 2</u>		7,01	417.095.000	977.895.000
(Reiner Uranbergbau)				
<u>Szenario 3a</u>		27,64	1.644.580.000	3.855.780.000
(Arithmetisches Mittel)				
<u>Szenario 3b</u>		66,58	3.961.510.000	9.287.910.000
(Mittelwert Min. / Max.)				

Tabelle 3: Geschätzte Kosten der Tailingsverwahrung für Mkuju River Project, Tanzania

Die Kosten für die Sanierung des Uranabraumhalden und Absetzbecken sind beträchtlich. Selbst in den kostengünstigeren Szenarien 1 und 2 fallen in derzeit geplanten "kleinen Version" des Projektes Verwahrungskosten für die Tailings in der Größenordnung von rd. US\$ 230 Mio. bis US\$ 417 Mio. an.

Die tanzanische Regierung erhofft derzeit Einnahmen aus 'royalties' (Pachtgebühren) von rd. US \$ 280 Mio. aus dem Mkuju River Project (5% des Umsatzes aus dem Verkauf des Urans, bei Uranpreis von derzeit US \$ 60).

**Hier wird offensichtlich, daß es sich für die tansanische Regierung um ein Verlust-Geschäft handeln könnte: Die Tailingsverwahrungskosten könnten höher ausfallen als die erhofften Steuereinnahmen.**

Auf die Frage "Wer trägt die Kosten?" / Anwendung und Durchsetzung des Verursacherprinzips wird im folgenden Abschnitt eingegangen.

#### 4.3. Wer trägt die Kosten?

Nach der Kategorisierung "Wer trägt die Kosten der Tailingsverwahrung?" in Kap. 3.3. ergeben sich für Tansania folgende Überlegungen:

## **Kategorie 1**

Es ist als sehr unwahrscheinlich anzusehen, daß die tansanischen Uranbergbaue der Kategorie 1 (Betreiber saniert ...) zugeordnet werden können.

Gründe:

- 1./ Tanzania hat keine stringenten Regularien (Gesetzen, Verordnungen etc.) um eine geordnete Tailingsverwahrung für Uranbergwerke zu erreichen. Gesetze und Bestimmungen sind im vergangenen Jahr (2011) teilweise erst erarbeitet worden, es fehlt Erfahrung im Umgang damit.
- 2./ Detaillierte, von der Tanzania Atomic Energy Commission ("TAEC") eingebrachte Vorschläge für Regularien wurden - dem Vernehmen nach vom Bergbau-Ministerium - gestrichen.
3. / Die Tanzania Atomic Energy Commission ("TAEC"), die für die Überwachung des Uranbergbaus zuständig wäre, hat weder genügend 'manpower' noch technische oder finanzielle Ausstattung, um eine effektive Überwachung des Uranbergbaus bzw. der Tailings-Handhabung sicherzustellen.
- 4./ Die Erfahrungen mit dem Goldbergbau zeigen deutlich, daß die Belange des Umweltschutzes nicht hinreichend berücksichtigt werden; es kam und kommt zur Verschmutzung von Oberflächengewässern mit toxischen Materialien aus dem Goldbergbau, der zu Gesundheitsschäden bei Mensch und Vieh führt.
- 5./ Bereits in der Explorationsphase ist es zu deutlichen Mißständen gekommen:
  - Mehrfach wurde berichtet, daß Explorationsbohrungen ohne Information der Betroffenen, mitten auf Feldern (Region Bahi) niedergebracht wurden; ein ordentliches Verschließen der Bohrlöcher, wie es in den westlichen Staaten vorgeschrieben ist, konnte nicht festgestellt werden.
  - Zu Explorationszwecken ausgehobene Gräben (in der Region Bahi liegen Uranvorkommen z.T. sehr nahe an der Oberfläche) wurden nicht wieder zugeschüttet.
  - Arbeiter bei Explorationsbohrungen bereiteten ihr Mittagessen direkt auf den radioaktiven Bohrkernen zu, in offensichtlicher Unkenntnis der potentiellen Gefahren
  - Arbeiter, teilweise Jugendliche, arbeiteten ohne persönliche Schutzausrüstung und in Unkenntnis der möglichen Gefahren.

Fazit:

**Angesichts dieser bisherigen Erfahrungen ist nicht abzusehen, daß eine geordnete Tailingsverwahrung durch die Betreiberfirma von den Behörden durchgesetzt werden kann.**

Diese Situation haben auch die Betreiberfirmen erkannt und nutzen sie:

John Borshoff, derzeit Chef des australischen Uranbergbau-Unternehmens Paladin, früherer Mitarbeiter der australischen Tochtergesellschaft der deutschen Uranerzbergbau GmbH:

In 2006 the Managing Director of Paladin John Borshoff said,  
"Australia and Canada have become overly sophisticated ... There's been an over-compensation in terms of thinking about environmental issues and social issues, forcing companies like Paladin into Africa".

(from: Melbourne Sun Herald, April 3rd, 2006)

Das heißt, die Betreiberfirmen nutzen den Mangel an gesetzlichen Regularien sowie die Schwäche der Administration in afrikanischen Staaten, um beispielsweise den Kosten einer geordneten Tailingsverwahrung zu entgehen, als Wettbewerbsvorteil, zulasten der afrikanischen Staaten.

Falls durchgesetzt würde, daß die Kosten der Tailingsverwahrung konsequent nach Verursacherprinzip von den Betreiberfirmen zu tragen sind, würden vermutlich verschiedene Uranbergbau-Projekte in afrikanischen Ländern nicht mehr rentabel sein.

## **Kategorie 2**

Damit fallen die Uran-Tailings in die Kategorie 2: Tailingsverwahrung wird Obliegenheit des Staates.

### Mangelnde finanzielle Mittel

Aus Tabelle 3 ergeben sich für Mkuju River Project Tailingsverwahrungskosten von mindestens US \$ 230 Mio., voraussichtlich jedoch rd. US \$ 419 Mio., da es sich bei Mkuju River Project um ein reines Uranbergbau-Vorhaben handelt.

Diese Beträge liegen im Bereich dessen, was Tanzania als Einnahmen aus den 'royalties' des Uranabergbaus einzunehmen erhofft (US \$ 280 Mio.), bzw. die Verwahrungskosten liegen im für Mkuju River Project realistischen Fall von US \$ 329 Mio. deutlich über den Einnahmen aus den 'royalties'.

Daraus folgt, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit das Uranbergbau-Projekt Mkuju River für den Staat Tanzania keine wirtschaftlichen Vorteile erbringt.

Es besteht beträchtliches Risiko, dass entweder

- die Tailings des Uranbergbaus unzureichend oder gar nicht angemessen verwahrt werden, da staatliche Regularien bzw. deren Durchsetzung und Überwachung nicht bzw. nicht in ausreichendem Umfang gegeben sind; die Tailings werden die Umwelt langfristig kontaminieren, Gesundheitsschäden (Kategorie 2.a.)

oder

- die Regierung angemessene Verwahrungsmaßnahmen einleiten will, aber nicht über die finanziellen Mittel verfügt (Situation 2.b.).

**In diesem Fall werden mit hoher Wahrscheinlichkeit die Internationale Gemeinschaft, allen voran die bisherigen Geberländer, für die Verwahrungs-/ 'Sanierungs'-Kosten der Uran-Tailings aufkommen müssen. Vgl. dazu den Fall von Kyrgysztan, Abschnitt 3.3.**

## 5. Erfahrungen mit Uranbergbau in anderen afrikanischen Ländern

Hinweis: Studie "Uranium from Africa"

Die NGOs WISE World Information Service on Energy, Amsterdam, und SOMO, Amsterdam veröffentlichten im Juni 2011 die Studie "Uranium from Africa - Mitigation of Uranium Mining Impacts on Society and Environment", in der die Situation sowie die vorhandenen gesetzlichen Regularien für Uranbergbau in Afrika untersucht werden.

### 5.1. Namibia

In Namibia wird Uranbergbau seit 1976 von Rössing Uranium Ltd., einer Tochtergesellschaft von RioTinto Zinc, betrieben.

#### 5.1.1. Tailings-Situation

Die Tailings werden in einer nahegelegenen Senke abgelagert, in deren Untergrund ein unterirdischer Wasserlauf verläuft (Namib-Wüste).

Der nachfolgende Auszug zeigt die Tailings-Situation:



Grafik 5.1 Tailings von Rössing Uranium Ltd., Namibia

*Linkes Bild:* Die Tailings des Rössing Uranbergwerkes, mit festen und flüssigen / schlammigen Abfällen obenauf  
*Rechtes Bild:* Die Ausbreitungswolke der durchsickernden flüssigen radioaktiven und toxischen Abfälle und deren Verbreitung in das Grundwasser bzw. einen unterirdischen Wasserlauf

Eine angemessene langfristige Tailings-Verwahrung findet nicht statt, noch während des Betriebs des Bergwerks sickert radioaktives Material in das Grundwasser und kontaminiert dieses.

Eine Strahlenschutzgesetzgebung bzw. staatliche Regularien für das Tailings-Management war in Namibia bis Ende 2009 nicht vorhanden. Dem Vernehmen nach wird derzeit (rd. 35 Jahre nach Beginn des Bergbaus (!)) an einer Strahlenschutzgesetzgebung gearbeitet. Ob diese Regularien für die Stilllegung von Uranbergwerken enthalten wird, ist nicht bekannt.

Bei einer Besichtigung des Rössing Uranbergwerks im Oktober 2009 durch den Autor, wurde der Delegation mitgeteilt, dass man als "Sanierung" plane

(1.) die Straßenverbindungen zum Bergwerk zu kappen

(2.) das Areal sich selbst zu überlassen, da eine Rückverfüllung des ausgebaggerten Materials nicht möglich / nicht sinnvoll sei (Größe des 'open pit': ca. 3,6km lang, ca. 1,8km breit, über 300m tief).

Die Geschäftsleitung erwähnte dabei auch, dass man das Bergwerksareal - zusammen mit anderen stillgelegten Bergwerken in der Umgebung - als Museum einrichten könne (!).

### 5.1.2. Gesundheits- und soziale Situation der Arbeiter

Die gesundheitliche Situation der Bergarbeiter war bereits Mitte der 90er Jahre Gegenstand massiver Kritik. Greg Dropkin u.a. veröffentlichten 1993 "Past Exposure: revealing health and environmental risks of Rössing Uranium".

Reinhard Zaire u.a. veröffentlichten Artikel, in denen Krebsfälle der Arbeiter bei Rössing mit der Strahlenexposition in Zusammenhang gebracht wurden.

Das Unternehmen gab daraufhin seinerseits eine Studie in Auftrag, die nach Angaben des Unternehmens das Gegenteil beweist.

Im Jahr 2007 untersuchten Mitwirkende von LaRRI-Labour Research and Ressource Institute, Windhoek, die gesundheitliche und soziale Situation der Rössing-Arbeiter.

Die Ergebnisse dieser Studie, "URANIUM MINING IN NAMIBIA - The mystery behind 'low level radiation'" von Hilma Shindondola-Mote, veröffentlicht von LaRRI im Februar 2009, sind bedenklich und stehen in diametralem Gegensatz zu Äußerungen der Rössing Geschäftsleitung bei einem Besuch des Bergwerks (Oktober 2008).

## **5. 2. Niger**

In Niger bauen die Unternehmen COMINAK und SOMAIR, Tochtergesellschaften von COGEMA, jetzt AREVA, seit rd. 30 Jahren Uran im Tage- und Untertagebau ab.

Dafür wurden u.a. die Bergwerksstädte Arlit und Akokan geschaffen.



. Grafik 5.2 Uran-Tailings in Niger

### 5.2.1. Tailings-Situation

Der Uranabbau in Niger hat bis jetzt rd. 35 Millionen t Abfälle hinterlassen, die ungeschützt und ohne jede 'Sanierung' in der Umgebung der Bergwerke abgelagert werden.

In den Bergwerksstädten Arlit und Akokan ist eine erhebliche radioaktive Kontamination festzustellen.

### 5.2.2. Kontamination von (Trink-)Wasser Boden, Luft, Gesundheitsschäden

Die Situation in den Siedlungen Arlit und Akokan war in den vergangenen Jahren mehrfach Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, zunächst durch CRIIRAD, ein unabhängiges französisches Labor, das u.a. Werte von Uran im Trinkwasser maß, die das 10 - 110fache über dem von der WHO zugelassenen Grenzwerten lagen, eine radioaktive Kontamination der Luft feststellten.

Eine erneute Untersuchung von Greenpeace in Zusammenarbeit mit CRIIRAD weist daraufhin, daß nicht nur eine bedenkliche Kontamination der Umwelt festzustellen ist, sondern auch massive Gesundheitsschäden bei Bergarbeitern und Anwohnern.

Die Folgen sind u.a. in der Studie "Left in the Dust - AREVA's radioactive legacy in the desert towns of Niger", 2010 sowohl anschaulich als auch fundiert beschrieben.

[www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/nuclear/2010/AREVA\\_Niger\\_report.pdf](http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/nuclear/2010/AREVA_Niger_report.pdf)