

# » RÜCKKEHR DES URANABBAUS NACH EUROPA?«



Probebohrungen bewilligt



Probebohrungen angesucht

Im Auftrag der:

 ÖSTERREICHISCHES  
**ÖKOLOGIE INSTITUT**

 **wiener  
umwelt  
anwaltschaft**

# INDEX

Vorwort	1
Nuklearenergie – Eine Einführung	2
Die Rückkehr des Uranabbaus nach Europa?	3
Vom Uranerz zum Spaltstoff	4
Die nukleare Brennstoffkette	6
Uranbergbau und Umwelt	8
Uranfieber in der EU	10
Uranabbau in der Tschechischen Republik	12
Uranabbau in der Slowakei	14
Ungarn – Alte Uranlagerstätten und neue Umweltschäden	16
Zusammenfassung	17
Glossar	18

# LIEBER LESERIN, LIEBER LESER!

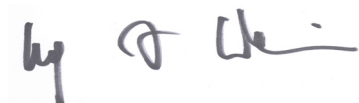
Vom 5. bis zum 21. November 2008 fand in der Wiener Umweltanwaltschaft eine Ausstellung unter dem Titel „Rückkehr des Uranabbaus nach Europa?“ statt. Die gemeinsam mit der Umweltstadträtin Mag. Ulli Sima eröffnete Veranstaltung entstand im Rahmen des vom Lebensministerium geförderten Joint Project 2007/2008, in dem sich das Österreichische Ökologie-Institut zusammen mit NGOs mehrerer Länder mit Fragen der nuklearen Sicherheit befasst.

Die vorliegende Broschüre soll dieses aktuelle Thema auch unabhängig bzw. begleitend zur Ausstellung zugänglich machen. Sie zeigt, warum die Problematik des Uranabbaus in Europa zur Zeit wieder aktuell wird und welche Gefahren aus einer möglichen Wiederbelebung des Uranabbaus resultieren. Nach einer kurzen Einleitung in die Nuklearenergie im Allgemeinen wird der Fokus auf den Uranabbau gelegt: auf die nötigen Prozess-Schritte, auf Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Ausstoß sowie auf die Umweltfolgen. Die derzeitige Entwicklung in Europa wird anhand einiger Beispiele beleuchtet. Im Text hervorgehobene Fachbegriffe werden im Glossar erklärt.

Die Broschüre richtet sich an Schülerinnen und Schüler und an alle BürgerInnen, die mehr über das Themenfeld Nuklearenergie erfahren möchten. Auf Anfrage können auch die Ausstellungsplakate an Schulen ausgeliehen werden, eine digitale Version ist über die Homepage des Österreichischen Ökologie-Institutes unter [http://www.ecology.at/files/pr633\\_2.pdf](http://www.ecology.at/files/pr633_2.pdf) zugänglich.

Der Text der Ausstellung wurde vom Österreichischen Ökologie-Institut in Kooperation mit folgenden NGOs erstellt: Global 2000, Calla (CR), Energia Klub (Ungarn), Za Matku Zem (SR) und Friends of the Earth Europe.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre und freuen uns über Ihr Interesse an diesem wichtigen Thema.



Ing<sup>in</sup> Antonia Wenisch  
Österreichisches Ökologie Institut



Mag<sup>a</sup> Andrea Wallner  
Österreichisches Ökologie Institut

# »NUKLEARENERGIE – EINE EINFÜHRUNG«

Der Hauptzweck von *Kernreaktoren* ist es, durch Kernspaltung Energie und in Folge elektrischen Strom zu gewinnen (Prinzip eines Kernkraftwerks).

*Kernkraftwerke* (KKW) sind *Wärmeleistungswerke* (kalorische Kraftwerke). Die Turbine wird durch Wasserdampf angetrieben, der durch die bei der Kernspaltung freierwende Energie erzeugt wird. Sie betreibt den Generator, dieser wandelt mechanische Energie in elektrische. Der Wirkungsgrad eines KKW beträgt etwa 30%. Weltweit sind zur Zeit 439 Kernkraftwerkseinheiten mit einer *elektrischen Nettoleistung* von gesamt 372 GW in 31 Staaten in Betrieb (Stand Nov. 2008). Davon liegen 151 in Europa (59 davon allein in Frankreich) und 101 in den USA. (Quelle: <http://www.euronuclear.org/info/npp-ww.htm>). Die Lebensdauer der derzeit in Betrieb befindlichen KKW's beträgt etwa 30 - 40 Jahre. Bei vielen Kernkraftwerken neigt sich diese Lebensdauer jetzt ihrem Ende zu, weshalb Kraftwerksfirmen häufig die Lebensdauer verlängern oder neue KKW's bauen wollen. Man spricht von einer möglichen Renaissance der Kernenergie.

Oft verwenden AtomkraftbefürworterInnen das Argument, dass Kernkraft als „saubere“ Energie zum Klimaschutz beitragen könne. Über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, ist die Kernkraft allerdings alles andere als sauber. Bei der Kernspaltung selbst entstehen zwar nur wenig Treibhausgas-Emissionen, beim Abbau des Urans und bei der Herstellung der *Brennstäbe* jedoch wesentlich mehr. Der Energie- und Wasserbedarf für diese Vorgänge ist ebenfalls beträchtlich, auch die *Dekommissionierung* von KKW's ist energieaufwändig. Ein noch weitgehend ungelöstes Problem ist die Endlagerung des hochradioaktiven Mülls, der über mehrere 100.000 Jahre sicher gelagert werden muss.

Überdies birgt die Kernenergie erhebliche Gefahren in sich: Destabilisiert sich die Kettenreaktion, kann es zu schweren Unfällen kommen – die möglichen Folgen haben 100.000e Menschen durch den katastrophalen Unfall im KKW Tschernobyl (1986) erleben müssen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines solchen Unfalls wurde durch Modernisierung der Kernkraftwerke zwar herabgesetzt, kann

aber nicht auf Null gebracht werden, und – wie aus *Murphy's Law* bekannt ist – können auch sehr unwahrscheinliche Dinge sehr wahrscheinlich sehr schief gehen. Die freierwende radioaktive Strahlung wird in *Becquerel* (Bq) angegeben, die von einem Körper aufgenommene radioaktive Strahlung als Dosis mit der Einheit Sievert (Sv).

Eine weitere Gefahr von KKW's ist das *Proliferationsrisiko*: Das bei der Spaltung des Urans entstehende Plutonium ist ein mögliches Ausgangsmaterial für *Kernwaffen*. Bevor es für diesen Zweck verwendet werden kann, muss es allerdings erst waffenfähig gemacht, also angereichert werden. Man kann Bomben auch aus Uran bauen. Allerdings braucht man sehr viel mehr Uran-235 als *Plutonium* um eine *Atombombe* zu bauen.

Nuklearenergie bringt viele negative Aspekte mit sich, die man beachten muss. Diese Broschüre widmet sich einer dieser Problematiken: dem Uranabbau.

# »DIE RÜCKKEHR DES URANABBAUS NACH EUROPA«

Eine sichere Energieversorgung hat in den Industriestaaten hohe politische Priorität. Die Energiepreise steigen, Öl und Erdgas werden zu einem großen Teil in die Europäische Union eingeführt. Dadurch entsteht Abhängigkeit von den Lieferanten. Größere Unabhängigkeit in der Energieerzeugung gilt in der Europäischen Union als wichtiges politisches Ziel. Auch der Kampf gegen den Klimawandel erfordert gravierende Veränderungen in der Europäischen Energiepolitik. Die Nuklearindustrie stellt ihre Dienste als Beitrag zur Problemlösung dar und hofft so auf einen Aufschwung in den Industriestaaten. Befürworter der Kernenergie argumentieren gerne damit, dass die Kernenergienutzung weder vom schwarzen Rauch begleitet wird, noch CO<sub>2</sub> oder andere Schadstoffe emittiert – Kernenergie als saubere Energie? Nein. Diese Broschüre erinnert daran, dass Kernbrennstoff aus Uran hergestellt wird. Wer sich für die Kernenergie stark macht, muss auch an die Rohstoffe denken, die sie als Energieträger benötigt. Im letzten Jahrzehnt wurde der Uranabbau

zurückgeschraubt, da sekundäre Quellen, also Vorräte und Uran aus der Abrüstung von Atomwaffen zur Verfügung standen. Ein Comeback der Kernenergie braucht auch ein Comeback der Uranförderung. Einige Unternehmen aus Australien, Russland und Kanada versuchen, Uranförderlizenzen in der Tschechischen Republik, der Slowakei, Ungarn, Polen, Schweden, Finnland und Bulgarien zu bekommen. Uran muss zunächst entweder im Bergbau (unter oder ober Tag) oder mit Lösungstechnologie aus der Erde geholt werden. Das Rohmaterial für die Herstellung der kleinen Brennstofftableten, die in den Europäischen Reaktoren eingesetzt werden, stammt meist von weit her – Russland, Australien, Kanada, Niger – die Rückstände werden zurückgelassen und vergiften dort die Umwelt. Angesichts steigender Rohstoffpreise versuchen zahlreiche Bergbauunternehmen v.a. aus Kanada und Australien sich Abbaurechte in der EU, darunter auch in Österreichs Nachbarstaaten Slowakei, Tschechien und Ungarn zu sichern. Die französische Nuklearfirma AREVA hingegen untersucht und sichert sich Standorte

in Kanada und den USA, währenddessen die französischen Uranminen stillgelegt wurden. Auch in Spanien und Skandinavien sehen die Uranfirmen Möglichkeiten wieder Uran abzubauen. Aber auch wenn die Preise steigen und daher auch Vorkommen mit geringem Urangehalt „wirtschaftlich“ abgebaut werden könnten, gibt es Grenzen, die dieses Vorhaben sinnlos machen. Je geringer der Urangehalt, desto mehr Energie wird für die Herstellung der Brennstäbe benötigt. Je mehr Energie zur Herstellung des Spaltstoffs benötigt wird, desto mehr CO<sub>2</sub> wird ausgestoßen. Fragen der Energie-Ökonomie, des Beitrags zum Klimaschutz und der Proliferation werden in dieser Broschüre behandelt. Diese Broschüre beleuchtet den wahren Preis der aus Uran gewonnenen Energie – für die Landschaft, für die Menschen, die Umwelt und Gesundheit und schließlich den Steuerzahler. Der Schwerpunkt der Broschüre liegt auf Europa und zeigt, was die Konsequenzen der Rückkehr des Uranabbaus nach Europa sein würden.



*Uranoxid in der Glasherstellung :  
In der österreichisch-ungarischen Monarchie wurde  
Uranoxid zur Grünfärbung von Glas verwendet. Dafür  
wurde 1854 in Nordböhmen das erste Uranbergwerk der  
Welt errichtet.  
Foto: Joseph Braunbeck*

# »VOM URANERZ ZUM SPALTSTOFF«

*Wie bei den meisten Metallen sind die Uranlagerstätten unterirdisch. Soll Uran wirtschaftlich genutzt werden, muss es abgebaut werden. Dabei entstehen auch große Volumina an Abfällen.*

## **Bergbau**

Der erste Schritt in der Kette zur Herstellung von spaltbarem Material ist der Uranabbau. Dabei kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz: Untertagebau, Tagbau und Auslaugen (in-situ leaching /ISL). Welches Verfahren angewandt wird hängt von den Gesteinen, der Tiefe der uranhaltigen Schicht und den Umgebungsbedingungen ab.

## **Klassischer Bergbau**

Wird Uranerz im klassischen Bergbau gewonnen, fällt im ersten Schritt ein großes Volumen an Abfallgestein an, das kein oder nur sehr wenig Uran enthält. Meistens enthalten diese Gesteine aber doch Zerfallsprodukte des Urans wie z.B. Radium (radioaktiv) oder Blei, das stabile Endprodukt der Uranzerfallsreihe (sehr giftig). Das taube Gestein bleibt als Abraumhalde am Ort der Mine zurück.

## **Uranmühle**

Im klassischen Bergbau folgt als zweiter Schritt die Zerkleinerung des Erzes, es wird gebrochen und zermahlen. Danach erfolgt eine chemische Auslaugung, wie sie beim Auslaugverfahren schon innerhalb der Mine erfolgt. Allerdings kann dieses Verfahren nur unter speziellen Bedingungen durchgeführt werden. Daher werden  $\frac{2}{3}$  auch des Uranerzes im klassischen Bergbau gewonnen.

## **Lösungsbergbau**

Das Prinzip des Auslaugens (In-situ leaching /ISL) besteht darin, dass über Bohrlöcher eine das Erz lösende Flüssigkeit in die uranhaltige Erzschieben gepumpt wird. Diese Flüssigkeit laugt das Uranerz aus dem Gestein und gelangt dann über andere Bohrlöcher wieder an die Oberfläche, wo der wertvolle Rohstoff daraus gewonnen wird. Welche Chemikalien zum Auslaugen verwendet werden ist abhängig vom Grundwasser und der Geologie: Hohe Kalziumanteile im Erzkörper (z.B. Kalk oder Gips) verlangen nach einer alkalischen Karbonatlösung. In allen anderen Fällen wird Schwefelsäure als Laugungssubstanz verwendet. Die verbleibende Flüssigkeit wird wieder in den Untergrund gepumpt und der Kreislauf wird so fortgesetzt. Im Auslaugverfahren werden also die ersten zwei Bearbeitungsschritte in einem Arbeitsgang erledigt.

**400 000 t**  
unbrauchbares Erz

**35 000 t**  
Rückstände

**180 t**  
taubes Gestein

**187 t**  
abgereichertes Uran

**33 t**  
angereichertes Uran

### Herstellung von „Yellowcake“

Das Uran wird mit Säure oder Lauge herausgelöst (Extraktion). Dies geschieht unter Hinzufügung eines Oxidationsmittels. Auf diese Weise lassen sich über 90 Prozent des im Erz befindlichen Urans gewinnen. Unerwünschte Begleitstoffe werden in mehreren Reinigungsschritten abgetrennt. Aus der Flüssigkeit wird Uran ausgefällt, z. B. durch Zugabe von Ammoniak. Das ausgefallte Produkt enthält Uranoxide und wird wegen seiner gelben Farbe als „Yellowcake“ bezeichnet. In getrockneter Form enthält es 70 bis 80 Gewichtsprozent Uran. Dieses Material wird teilweise noch am Abbauort durch Kalzinierung in Uranoxid umgewandelt. Das Minenprodukt wird in Stahlfässer abgefüllt und so transportfähig gemacht. Die Rückstände der Uranaufbereitung (Tailings) müssen in speziellen Becken langfristig sicher gelagert werden. Sie enthalten noch den größten Teil des Aktivitätsinventars des ursprünglichen Uranerzes (in Form der Zerfallsprodukte des Urans wie z.B. Radium) sowie Schwermetalle.

### Konversion

Das Ausgangsmaterial für die Anreicherung muss gasförmig sein. Das Minenprodukt „Yellowcake“ besteht aus Uranoxiden und wird zu Uranhexafluorid ( $UF_6$ ) umgeformt, das bei niedriger Temperatur ( $56^\circ C$ ) gasförmig ist.

### Anreicherung

Die Uran-Anreicherung dient zur Herstellung der Kernbrennstoffe für Kernreaktoren und Kernwaffen. Uran ist das einzige schwere Element, dessen Isotope im industriellen Maßstab getrennt werden. Natururan besteht zu etwa 99,3 % aus U-238 und zu 0,7 % aus U-235. Die meisten Kernkraftwerke werden mit angereichertem Uran (3-5 % U-235) betrieben. In der Urananreicherungsanlage wird Natururan („Feed“) in zwei Fraktionen getrennt, von denen die eine („Product“) gegenüber dem Ausgangsstoff einen höheren, die andere („Tails“) einen niedrigeren Anteil an U-235 besitzt. Als Nebenprodukt der Anreicherung entsteht abgereichertes Uran mit einem U-235-Gehalt von ca. 0,3 %. Zur Anreicherung werden heute zwei Verfahren eingesetzt: die Gasdiffusion und die Gaszentrifugierung.

# »DIE NUKLEARE BRENNSTOFFKETTE«

## Uranbedarf vs. Uranreserven

Anfang 2007 waren 435 kommerzielle KKW mit einer Nettoleistung von 370 GWe in Betrieb. Pro Jahr verbrauchen diese KKW ca. 10 500 t angereichertes Uran in Form von Brennstäben. (IAEO Yearbook 2007)

Der jährliche Bedarf an Uran zur Herstellung der Brennstäbe beträgt ca. 66 500 t Natururan (OECD NEA Uranium 2007). 43 300 t stammen aus dem Uranabbau, der Rest kommt aus Lagerbeständen und recyceltem Uran aus Brennelementen und ausgemusterten Atomsprengeköpfen.

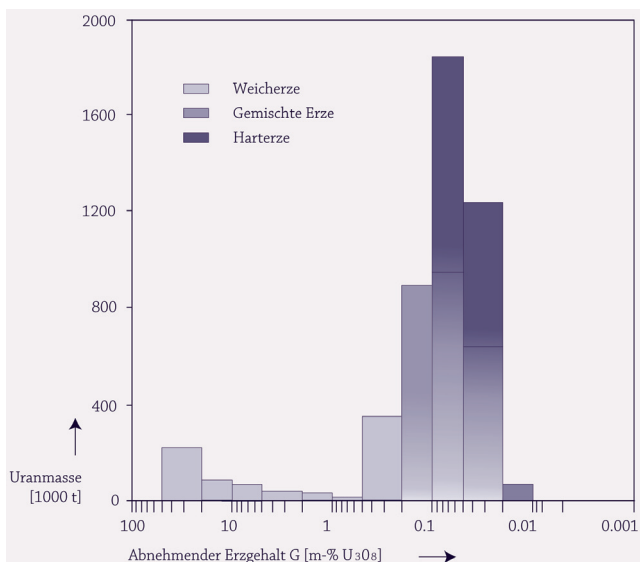
Die bekannten Uranreserven wurden 2006 von IAEA und NEA mit 4,7 Millionen Tonnen angegeben, das „red book“ der NEA beziffert 2007 die bekannten Uranressourcen mit 5,5 Millionen Tonnen (OECD NEA Uranium 2007). Wieviel Energie tatsächlich aus diesen Uranreserven erzeugt werden kann hängt davon ab, wieviel Energie bei Abbau, Verarbeitung, Urananreicherung und Herstellung der Brennstäbe verbraucht wird. **DER ENTSCHIEDENDE FAKTOR FÜR DEN ENERGIEVERBRAUCH DER BRENNSTOFFHERSTELLUNG IST DER URANGEHALT DES ERZES.**

Große Uranvorkommen mit einem Urangehalt von mehr als 10 % sind selten. Weltweit betrachtet liegt der Urangehalt im Bereich von 0,5 % bis 0,13 % ! Obwohl seit 20 Jahren (1988) keine großen Ressourcen mehr gefunden wurden (die mit Cigar Lake und McArthur River vergleichbar wären, wo es einen Urangehalt von bis zu 15 % gibt), steigen laut NEA die Uranreserven kontinuierlich. Zur Zeit unterliegt der Uranabbau den folgenden Trends:

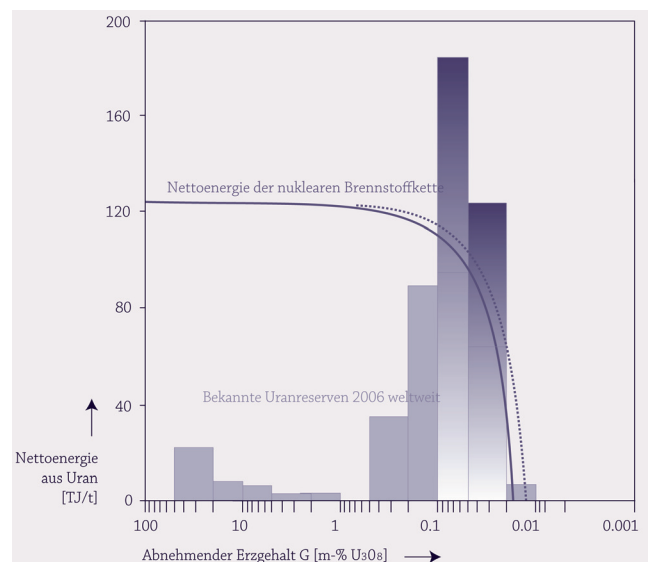
- ⊕ *Durch vermehrte Probebohrungen an bereits bekannten Fundorten steigen die bekannten Uranreserven.*
- ⊕ *Es ist durchaus möglich bei weiterer Suche neue Reserven zu finden – allerdings*
- ⊕ *liegen diese höchstwahrscheinlich tiefer als bei den aktuellen Uranvorkommen.*
- ⊕ *Je tiefer die Ablagerung liegt, desto mehr Energie ist für den Abbau einer Uranoxid-Einheit nötig; dieser Trend kann zur Zeit in Kanada sehr gut verfolgt werden.*
- ⊕ *Der Erzgehalt zeigt über die letzten 5 Jahrzehnte einen abfallenden Trend in den meisten Ländern, besonders deutlich ist dies in Australien zu beobachten. (Sustainability of Uranium Mining and Milling: Toward Quantifying Resources and Eco-efficiency. Mudd and Diesendorf, Institute of Environmental Studies, University of New South Wales, Australia in Environmental Science & Technology, Vol 42, No 7, 2008).*

## Energieinput vs. Energieoutput

Der Urangehalt des Erzes bestimmt, wieviel Energie für die Herstellung des Spaltmaterials eingesetzt werden muss. Je stärker die Uranvorkommen bereits ausgebeutet wurden, desto eher müssen Vorkommen mit sehr geringem Urangehalt verwendet werden. Aber selbst wenn der Abbau von Erzen mit geringem Urananteil für die Minenbetreiber aufgrund steigender Preise rentabel sein sollte, macht es keinen Sinn diese Uranerze in Brennstäbe zu verwandeln, wenn bei deren Einsatz im KKW kaum ein Überschuss über die zu ihrer Herstellung verbrauchte Energie erwirtschaftet wird. Ein solches System kann keinen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

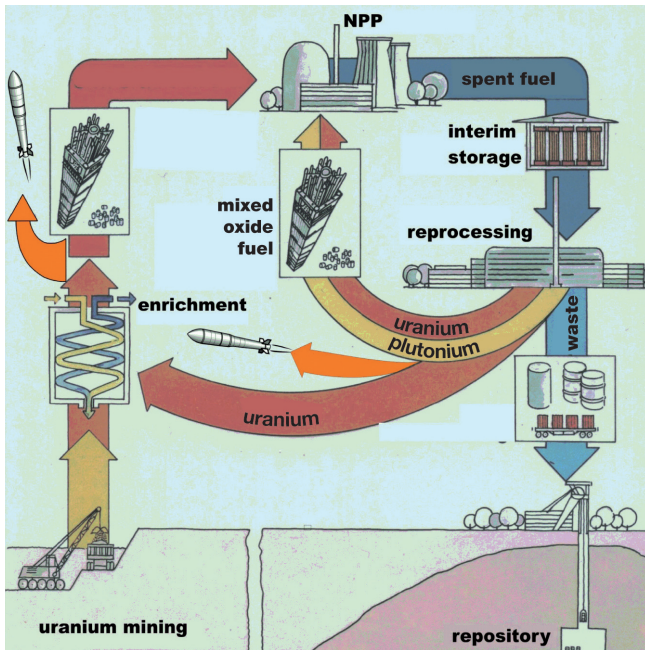


Menge der Uranreserven in Bezug auf Erzgehalt  
Quelle : Oxford Research Group: Secure Energy, 2007

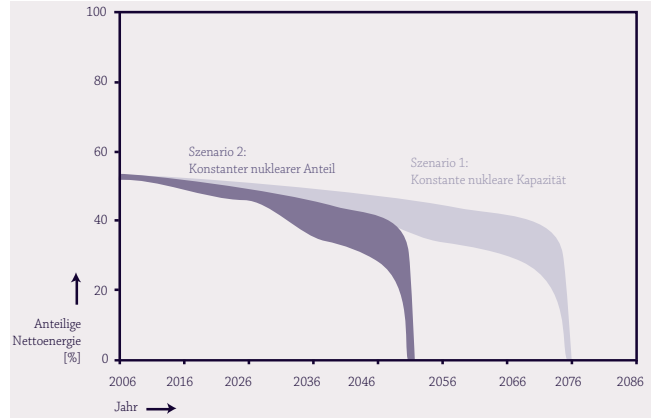


Nettoenergie aus Uran in Abhängigkeit vom Urangehalt des Erzes  
Quelle : Oxford Research Group: Secure Energy, 2007





Die nukleare Brennstoffkette



Zeitlicher Verlauf der Energiebilanzen zweier Szenarien  
Quelle : Oxford Research Group: Secure Energy, 2007

### Kernkraft – Eine Energie mit Zukunft?

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kernenergie nach verschiedenen Quellen :

	g CO <sub>2</sub> /kWh
Nuklear (OECD)	11-22
Nuklear (Extern E UK)	11,5
Nuklear (Storm and Smith)	84-122
Nuklear (ISA, Univ. of Sydney)	10-130

#### Zum Vergleich: CO<sub>2</sub>-Emissionen anderer Systeme der Stromerzeugung:

	g CO <sub>2</sub> /kWh
Erdgas (mit Kraftwärmekopplung)	50-140
Windkraft	24
Wasserkraft	40
Energieeffizienz („Negawatt“)	5

Eine Bestimmung des Energieverbrauchs entlang der Brennstoffkette von der Uranmine bis zum KKW ergibt, dass unter einem Urangehalt des Erzes von 0,02 % - 0,01 % die Energiebilanz negativ wird. Da zu erwarten ist, dass die meisten noch nicht erforschten Uranvorkommen geringeren Urangehalt als 0,02% haben werden, ist festzuhalten, dass diese Ressourcen nicht als Energieträger betrachtet werden können (Uranium Resources and Nuclear Energy, Energy Watch Group Paper 1/2006). Wenn in etwa 30 Jahren die reichsten Erze ausgebeutet sein werden, wird der durchschnittliche Urangehalt abnehmen. Sobald er unter 0,1% gefallen ist, nimmt die Nettoenergieproduktion der KKW rasch ab. Je nach Szenario wird dieser Wendepunkt zwischen 2050 und 2070 erreicht werden. In der Abbildung werden 2 Szenarien betrachtet:

*Szenario 1: gleichbleibende KKW Leistung*  
*Szenario 2: gleich bleibender Anteil der Nuklearenergie an der Weltenergieerzeugung.*

Der Mangel an hochwertigem Uranerz eröffnet verschiedene Wege:

1. Der Ausstieg aus der Nuklearenergie: verringert Proliferationsrisiko und Unfallgefahr, vermindert die Umweltzerstörung durch Uranabbau, verringert die Probleme der Lagerung langlebigen hochaktiven Mülls. Nur ein Sechstel der Staaten betreibt Kernkraftwerke. Der Atomausstieg betrifft also nur eine Minderheit.
2. Wenn das Uran für Reaktor Brennstäbe ausgeht, wird zunehmend Plutonium als Reaktor Brennstoff verwendet werden, die Generation IV Reaktorkonzepte beinhalten die Wiederauflage wenig erfolgreicher Reaktoren wie der Schnellen Brüter oder der

Hochtemperaturreaktoren. Die vorhandene Handvoll Wiederaufbereitungsanlagen (WAA) wird nicht reichen, um die wachsende Zahl von KKW zu versorgen. Das Proliferationsrisiko wird erheblich größer werden, denn um einen Atomsprengkopf zu bauen braucht man viel weniger Plutonium als Uran. Das Verschwinden kleiner Mengen Plutonium aus den riesigen WAA kann durch die Ungenauigkeiten der Bilanzierung innerhalb der technologischen Prozesse kaum verhindert werden. Der Handel und der Transport von Spaltstoffen wird ausgedehnt. Die Gefahr terroristischer Angriffe auf Transporte und Anlagen droht, auch paramilitärische und terroristische Organisationen könnten sich Bombenmaterial beschaffen.

Wenn Länder wie Frankreich mit einer großen Nuklearindustrie ihre Reaktoren auch in den Krisenregionen der Welt zum Kauf anbieten, wird die Gefahr der Verbreitung von Atomwaffen wesentlich zunehmen. Dann droht nicht nur ein nukleares Wettrüsten zwischen Israel und dem Iran, sondern vielleicht im ganzen mittleren Osten oder in Afrika. Schließlich darf auch nicht vergessen werden, dass es die 5 anerkannten Nuklearmächte sind, die ihre Verpflichtungen aus dem Atomwaffensperrvertrag nicht einhalten, vor allem Artikel 4 des Vertrages, der die Atomwächte zur vollständigen Abrüstung der eigenen Atomwaffen verpflichtet.

# »URANBERGBAU UND UMWELT«

*Der Uranabbau fördert nicht nur das gewünschte Schwermetall Uran, sondern auch andere gefährliche Bestandteile des Gesteins aus ihren relativ sicheren unterirdischen Lagerstätten.*

Beim Bergbau fällt taubes Gestein an, das auf Abraumhalden gelagert wird. Abraumhalden enthalten auch Uranerz mit zu geringem Urangehalt. Bei der weiteren Verarbeitung des Uranerzes wird aus festem Gestein feiner Sand und Schlamm, wodurch die gefährlichen Reststoffe leichter in die Umwelt gelangen.

## Einsatz verschiedener Bergbautechniken

Konventioneller Abbau unter- und obertags	62 %
Lösungsbergbau/IN-SITU-LEACHING (ISL)	29 %
Uran als Nebenprodukt	9 %

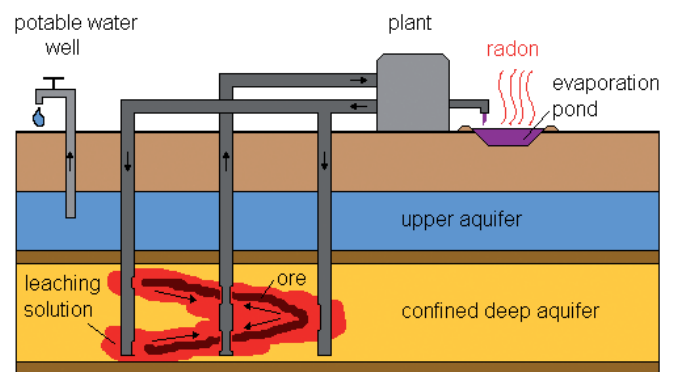
Anteil an der Weltproduktion

Beim Betrieb einer Uranmine werden große Mengen kontaminierten Wassers aus dem Bergwerk gepumpt und in die umliegenden Gewässer abgeleitet. In den Sedimenten reichern sich die radioaktiven und giftigen Schadstoffe an. Fallweise gelangen sie auch ins Trinkwasser. Aus den Abraumhalden entweicht das radioaktive Gas Radon (Rn-222) und zwar ständig, da es als Zerfallsprodukt des Radiums laufend nachgebildet wird. Mit dem Sickerwasser aus den Halden gelangen radioaktive und giftige Stoffe in die Umwelt. Der Staub wird vom Wind in der Umgebung verteilt.

In manchen Minen werden die Abraumhalden durch Haufenlaugung (heap leaching) aufgearbeitet. Eine Lösungsflüssigkeit, meist Schwefelsäure, wird von oben in die Halde eingeleitet. Sie sickert dann durch die Halde durch bis zu einer Abdichtung unter der Halde, wo sie aufgefangen und abgepumpt wird. Damit kann aus minderwertigem Erz noch Uran gewonnen werden. Dieses Verfahren wurde z.B. in Ungarn angewandt.

Der Lösungsbergbau (in-situ leaching) ist ein technisch ähnliches Verfahren: hierbei wird die Lösungsflüssigkeit (Schwefelsäure oder Ammoniumcarbonat) durch Bohrlöcher in die Uranlagerstätte eingeleitet und dann wieder nach oben gepumpt. Dieses Verfahren ist aber nur beschränkt einsetzbar: das Uranvorkommen muss in durchlässigem Gestein in einem Grundwasserleiter liegen und muss von undurchlässigem Gestein umgeben sein.

Lösungsbergbau wurde z.B. in der Tschechischen Republik und in Bulgarien in großem Maßstab angewandt. Nach Schließung der Mine bleibt die Lösungsflüssigkeit im porösen Gestein eingeschlossen. Diese Lösungsflüssigkeit enthält große Mengen an Schadstoffen wie Cadmium, Arsen, Nickel und Uran. Diese Mischung stellt eine Gefahr für den Grundwasserleiter dar, im tschechischen Straz pod Ralskem hat sich die kontaminierte Flüssigkeit horizontal und vertikal über die Lösungszone hinaus ausgebreitet und dadurch mehr als 200 Millionen Kubikmeter Grundwasser verseucht (Mythos Atom, Hrg. Heinrich Böll Stiftung, Berlin 2006).



Schematische Darstellung des Lösungsverfahrens

Vorteile des Lösungsbergbaus sind:

- ⊕ Es fallen keine Abraumhalden und wenig Staubentwicklung an.
- ⊕ Die radioaktive Belastung der Umgebung ist geringer.
- ⊕ Die Landschaft bleibt unbeeinträchtigt.
- ⊕ Die Unfallgefahr und die radioaktive Belastung für die Beschäftigten ist geringer.

Die wichtigsten Nachteile sind:

- ⊕ Das Risiko des Austritts von Lösungsflüssigkeit und dadurch bedingte Verseuchung des Grundwassers
- ⊕ Nach Beendigung des Abbaus ist es nicht möglich wieder natürliche Bedingungen im Abbaubereich herzustellen.
- ⊕ Die in Absatzbecken abgelagerten Schlämme stellen eine Gefahr für die Umwelt dar.

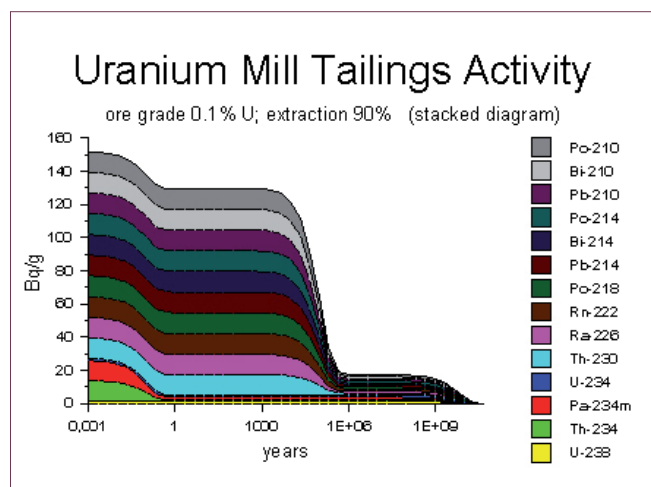
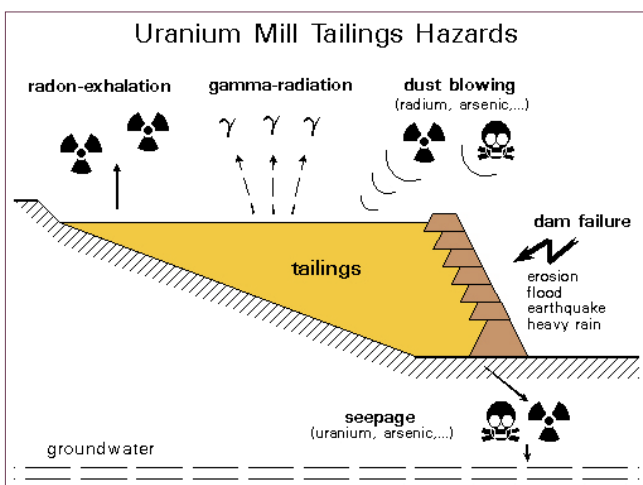
Schlämme als Rückstand entstehen auch bei der Uranextraktion aus dem Erz. Diese sogenannten Tailings werden in Absetzbecken gepumpt und verbleiben dort. Die Menge des Rückstandes entspricht der Menge des geförderten Erzes, da das Uran nur einen Bruchteil des Erzes ausmacht.

Die Minen mit dem höchsten Anteil an Uran im Erz sind Cigar Lake (15 %) und McArthur River (12 %) in Kanada. Seit 1988 wurden keine Vorkommen mit so hohem Urananteil mehr gefunden. Uranerzvorkommen mit einem Gehalt an Natururan von mehr als 1 % haben nur einen geringen Anteil an den bekannten Reserven. Der Großteil des geförderten Urans kommt aus Vorkommen mit weniger als 1 % Gehalt an Natururan. Daher ist es nicht erstaunlich, dass Millionen Tonnen radioaktiver Rückstände als Tailings zurückbleiben. Außer dem extrahierten Uran enthält der Abfallschlamm noch alle anderen Bestandteile des Erzes, darunter langlebige

Zerfallsprodukte des Urans wie Radium und Thorium, außerdem Reste von Uran und andere Schwermetalle wie Arsen, sowie Reste der Chemikalien aus der Uranextraktion.

Wegen der Konzentration von Chemikalien und radioaktiven Stoffen stellen die Tailings eine große Gefahr für die BewohnerInnen der Umgebung dar. In der ungarischen Schlamm-Deponie der Mine in Mecsek bewegt sich kontaminiertes Grundwasser mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 50 Metern pro Jahr auf die Trinkwasserbrunnen der Stadt Pecs zu (Mythos Atom, Hrg. Heinrich Böll Stiftung, Berlin 2006).

Wegen der langen Halbwertszeiten der radioaktiven Stoffe in den Schlammdeponien muss deren Sicherheit für lange Zeiträume gewährleistet sein.



# »VON URAN BEDROHT – URANFIEBER IN DER EU«

*Die Karte zeigt die Explorationstätigkeit der Uranfirmen innerhalb der EU. Besonders betroffen sind unsere nördlichen und östlichen Nachbarn. Aber auch nördliche und südliche Regionen Europas sind für die Uranshürfer interessant. Einige Länder haben bereits früher Uran abgebaut, ihren Uranbergbau dann allerdings stillgelegt – manche vergeben auch keine Lizenzen an Explorationsunternehmen mehr.*

## Schweden

In den 1960er Jahren wurden 200 t Uran aus der Mine in Ranstad abgebaut (uranhaltiger Alaunschiefer). Diese Mine wurde stillgelegt und wird derzeit aus Gründen des Umweltschutzes saniert. Im Alaunschiefer sind möglicherweise große Vorkommen an Uran enthalten. Diese haben sehr geringen Urangehalt und daher hohe Abbaukosten >USD 130/kg U (OECD NEA 2008, p. 328 ff).

Seit 2005 haben mehrere Firmen um Lizenzen zur Suche nach Uran in Schweden angesucht und erhalten. In einigen Fällen wurden die Lizenzen von Vertretern der lokalen Gemeinden bekämpft (OECD NEA 2008, p. 328 ff).

Uranvorkommen gibt es in 4 Regionen:

- ⊕ Südschweden – Billigen (Västergötland), dort liegt auch Ranstad
- ⊕ Plentajokk und 20 weitere Vorkommen, direkt am Polarkreis
- ⊕ Ostersund in Zentralschweden
- ⊕ rund um Asele im Norden (OECD NEA 2008, p. 328 ff)

## Neue Abbaupläne

2005 gab es die ersten neuen Versuche: in Mittelschweden (Umgebung von Ranstad) und in Nordschweden. 2006 - 2007 sind 60 neue Gesuche bei den Behörden eingereicht worden. Von Sekåne im Süden bis nach Lappland im Norden.

## Finnland

Von 1958-61 wurde in Paukkajanvaara eine kleine Mine betrieben, wo 30 t Uran produziert wurden (OECD NEA 2007). Im Osten und Süden Finnlands gibt es uranhaltiges Gestein, das an manchen Stellen großen Uranreichtum aufweist. Das lockte die Uranfirmen an. Areva erhielt 18 Genehmigungen zur Prospektion in Finnland. 117 weitere wurden von der finnischen Behörde abgelehnt. Belvedere Resources und Scandinavian Gold erhielten Lizenzen zur Uran-Prospektion in Südfinnland, die eine Fläche von 315 km<sup>2</sup> erfassen.

## Rumänien

...betreibt eine Uranmine in Crucea, dort wird das Uran für die CANDU-Reaktoren erzeugt. Diese werden mit Natururan (nicht angereichert) betrieben. Auch die Brennstäbe werden in Rumänien erzeugt.

## Spanien

Spanien hat im Jahr 2000 seine Uranminen stillgelegt und inzwischen mit dem Rückbau begonnen. In den letzten Jahren betreiben einige Unternehmen wiederum Exploration in Spanien in den früheren Uran-Bergbaugebieten (Santidad, Barquilla) sowie in der Region Estremadura. Die beteiligten Unternehmen sind WildHorse, Berkeley Resources and AREVA.

## Frankreich

...hatte zahlreiche Minen, 200 Standorte in 25 Departments waren vom Uranabbau betroffen. Die letzte Mine in Frankreich wurde 2001 stillgelegt, seither untersucht die französische Strahlenschutzbehörde die Umweltauswirkungen des Uranabbaus. Die französische Uranfirma AREVA NC hingegen hat ihre Aktivitäten ins Ausland verlegt: der Abbau findet in Kanada und Niger statt, explorativ tätig ist AREVA auch in Spanien

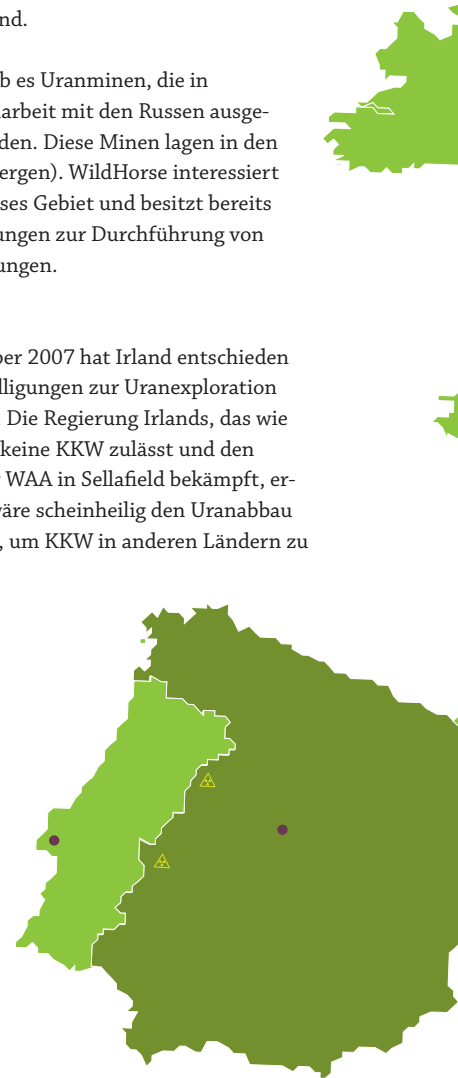
und Finnland.

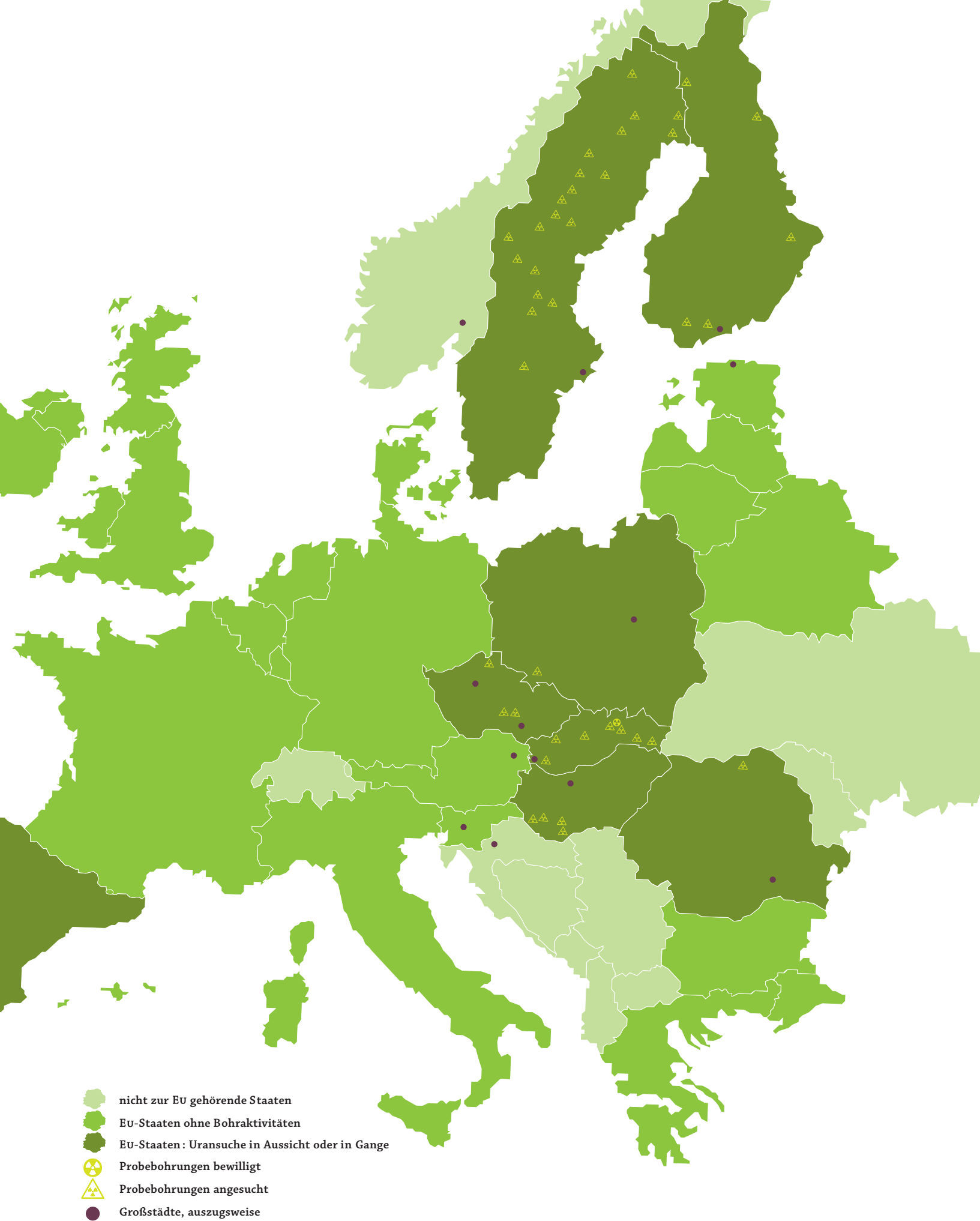
## Polen

In Polen gab es Uranminen, die in Zusammenarbeit mit den Russen ausgebeutet wurden. Diese Minen lagen in den Sudeten (Bergen). WildHorse interessiert sich für dieses Gebiet und besitzt bereits Genehmigungen zur Durchführung von Untersuchungen.

## Irland

Im Dezember 2007 hat Irland entschieden keine Bewilligungen zur Uranexploration zu erteilen. Die Regierung Irlands, das wie Österreich keine KKW zulässt und den Betrieb der WAA in Sellafield bekämpft, erklärte, es wäre scheinheilig den Uranabbau zuzulassen, um KKW in anderen Ländern zu betreiben.







# »URANABBAU IN DER TSCHECHISCHEN REPUBLIK«

*»schwieriges Erbe der Vergangenheit und  
schwierige Zukunft?«*

Die Regionen Nordböhmen, Westmähren und die Umgebung der mittelböhmischen Stadt Příbram haben gute Uranvorkommen (Uranerzanteil im Durchschnitt 0,1%), darüber hinaus besteht eine sehr lange Tradition des Uranabbaus. Die tschechischen Uranvorkommen werden als die besten in Europa bezeichnet. Sie wurden in den 90er Jahren stillgelegt doch die Sanierung der enormen Umweltschäden wird noch Jahrzehnte dauern. Dennoch drängen ausländische Unternehmen auf eine Wiedereröffnung alter und neuer Uranminen in der CR.

Seit 1945 wird das tschechische Uran industriell genutzt. In den vergangenen 60 Jahren wurden insgesamt 164 Uranlagerstätten entdeckt und es wurde an 66 Standorten abgebaut. Die noch immer nicht behobenen Umweltschäden sind gravierend und die Sanierung kostspielig. Zur Zeit ist nur mehr eine Uranmine in Betrieb, in Dolní Rožinka in Südmähren, die letzte Untertagebauminerale in Europa. Sie hätte mit dem Jahr 2000 stillgelegt werden sollen, die Regierung hat jedoch aufgrund der gestiegenen Uranpreise einen unbegrenzten Betrieb genehmigt.

- 1989 Bis zur »Samtenen Revolution« gibt es Uranabbau an 16 Standorten in der CR
- 1991 Die neue Regierung beschließt nur mehr 2 Standorte weiterzubetreiben – Rožná (Untertagebau) und Stráž pod Ralskem (Chemisches Auslaugen).
- 1996 Unter den neuen politischen Verhältnissen ist der chemische Uranabbau mit den enormen Umweltschäden wie der chemischen und radioaktiven Verseuchung und der Trinkwassergefährdung beim Abbau in Stráž pod Ralskem nicht mehr tragbar, die Regierung beschließt die Stilllegung.
- 1997 Regierungsbeschluss zur Stilllegung des Untertagebaus in Dolní Rožinka seit 2000, doch seither wurde der Betrieb in Dolní Rožinka immer wieder verlängert.

Zur Anwendung kamen in der ehemaligen Tschechoslowakei die Methode des chemischen Auslaugens des Urans direkt im Gestein (ISL – In-Situ-Leaching) und der klassische Untertagebau. Während der kommunistischen Periode wurde Uran in Böhmen und Mähren abgebaut und in die UdSSR für die Produktion von Atombomben und KKW-Brennstoff geschickt. Nach der Samtenen Revolution im Jahre 1989 wurde in Folge der politischen Veränderungen als auch der sehr niedrigen Uranpreise der Uranabbau eingestellt, mit der Ausnahme von Dolní Rožinka. Politisch wird zur Zeit die Energieversorgungssicherheit als Grund für die Rückkehr des Uranabbaus vorgeschoben, die dann bei Nuklearbrennstoff erreicht werden könnte. Das ist allerdings nicht richtig:

Es gibt zwar bei Dolní Rožinka eine Uranaufbereitungsanlage, aber die CR verfügt weder über Anreicherungsanlagen oder gar Brennstofffabriken und würde weiterhin in Abhängigkeit der russischen Firma TVEL bleiben, die für alle WWER-Reaktoren das Brennstoffmonopol hat. Denkbar ist, dass die CR ihr Uran eventuell an z.B. Russland

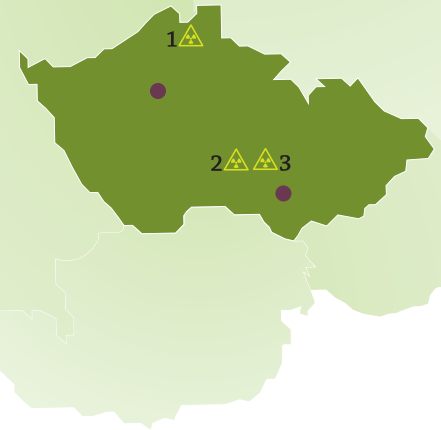
liefert und in verarbeiteter Form zurückbekommt – die Abhängigkeit vom ehemaligen großen Bruder würde bleiben. Bei einer genaueren Betrachtung ist es viel mehr so, dass internationale Explorationsunternehmen nach neuen Abbaumöglichkeiten suchen oder sich einfach die letzten verfügbaren Rohstoffreserven sichern wollen und in der CR und anderen ehemaligen Ostblockstaaten darauf setzen, dass die Bevölkerung über die Folgen der Atomenergienutzung nicht kritisch informiert ist. Wo die Unternehmen fündig werden, wird Druck auf Regierungen und Gemeinden ausgeübt – da in der CR das Umweltministerium die Lizenzen für Untersuchungen vergibt müssten die betroffenen Gemeinden einem Uranabbau zustimmen.

## **Pattsituation**

Bisher wurde noch keine Bewilligung für Probebohrungen oder gar eine Abbaubewilligung in der CR ausgestellt, doch ist dies auf eine fragile politische Pattsituation in der aktuellen instabilen Regierungskonstellation und auf die bestehenden Gesetze zurückzuführen. Die Unternehmen, vor allem Uran Limited, werden zusammen mit der starken heimischen Atomlobby aus CEZ mit DIAMO auch weiterhin auf den Uranabbau drängen – solange bis der Druck zu groß ist und der Damm bricht. Die tschechischen UmweltschützerInnen hoffen dem entgegen wirken zu können – auch mit Hilfe europäischer Unterstützung.

**1** Kotel – Osecná (Region Podještědí) bei Liberec in Nordböhmen: Es ist zur Zeit heiß umkämpft, denn es werden dort 20 000 Tonnen Uran auf dem etwa 10,5 km großen Gebiet vermutet.

**2&3** Auch in Südböhmen bei Strakonice wurden für Uranvorkommen bei den Gemeinden Mecichov, Hlupín, Bratronice, Nahošín und Doubravice, wo Uranvorkommen von 1824 Tonnen Uran vermutet werden, Anträge auf Untersuchungslizenzen von der tschechischen Firma TIMEX ZDICE gestellt. Die Anträge wurden vom Umweltministerium abgelehnt.



### Umweltprobleme aus dem Uranabbau und der Uranverarbeitung in der CR Am Beispiel von Stráz Pod Ralskem und Hamr

Die tschechischen Erfahrungen aus dem Uranabbau zeigen folgende Pfade auf, über die es zur Umweltverschmutzung kommt:

- ⊕ *Halden an abgebautem Gestein, mit Verwehungen von radioaktivem Staub*
- ⊕ *Schlämme (Schlammecken und Absetzbecken)*
- ⊕ *Belüftungsschächte, auch nach Beendigung des Uranabbaus*
- ⊕ *durch In-Situ-Laugung gelangen Schadstoffe (Lösungsmittel, Chemikalien, Uranreste und Zerfallsprodukte von Uran) in die Umwelt*
- ⊕ *Veränderungen der geologischen Verhältnisse*
- ⊕ *unumkehrbare Veränderungen im Wasserregime*
- ⊕ *Entstehung von Gebieten ohne Entwässerung*
- ⊕ *Beeinträchtigung und Zerstörung des Bodenprofils*

### Wasser

Zu den größten Problemen zählt die Störung der hydrodynamischen Bedingungen des Grundwassers und dessen Kontaminierung bei der Ableitung in Oberflächengewässer. In der Geschichte der Minen kam es immer wieder zum Durchbruch von Wasser, was einen Verlust von Wasserquellen in der Umgebung verursachte. Das Grubenwasser aus dem Uranabbau gehört zu den Hauptquellen für natürliche Radionuklide wie Uran, Radium und Thorium in der Umwelt. In der Vergangenheit sind in der Umgebung von Uranminen immer wieder Trinkwasserquellen ausgetrocknet, aber auch ganze Teiche und Bäche.

**DIE WOHL GRÖSSTEN UMWELTSCHÄDEN IN DIESEM ZUSAMMENHANG TRATEN DURCH IN-SITU-LAUGEN IN STRÁZ POD RALSKEM AUF**, wo über mehr als 6 000 Bohrlöcher von bis zu 220 m Tiefe Lösungsflüssigkeit mit Schwefelsäureanteil in die Erde gepresst wurde. Weitere 3 000 Bohrlöcher dienten dem eigentlichen Uranabbau. Seit 1994 wird dieses Gebiet saniert und rekultiviert, was noch weitere 30 Jahre dauern wird.

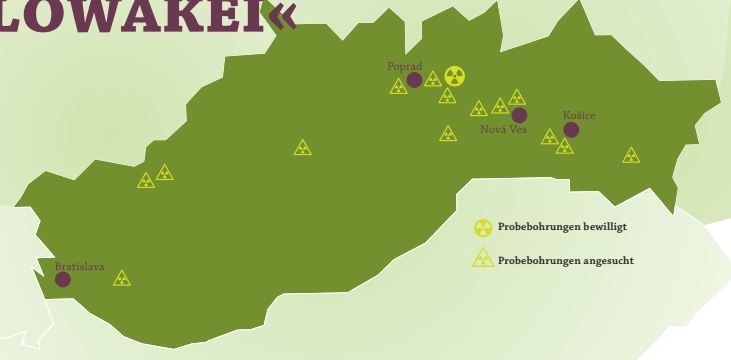
### Luft

Durch die großen Berge an abgebautem Gestein kommt es zu Staubeentwicklung und zur Freisetzung des radioaktiven Edelgases Radon. Der Wind verteilt Radon und Staub in der gesamten Umgebung. Bei schweren Regenfällen kommt es zur Erosion und radioaktiver Schlamm wird in die Umgebung verteilt, was eine Kontamination nicht nur von Boden, sondern zusätzlich der Gewässer und des Grundwassers verursacht. Dadurch kann es auch zu einer Kontamination der Nahrungsmittelkette kommen. (In der CR gilt dies insbesondere für die Gegend um Příbram, wo bis 1992 in bis 1 500 m Tiefe Uran geschürft wurde).



Historischer Uranbergbau in der CR : Uranminen und -mühlen stillgelegt vor 1999 ; in Betrieb nur mehr in Dolní Rožínka  
Quelle: [http://www.calla.ecn.cz/data/energetika/ostatni/uran\\_brozura.pdf](http://www.calla.ecn.cz/data/energetika/ostatni/uran_brozura.pdf)

# »URANABBAU IN DER SLOWAKEI«



**B**isher wurde in der Slowakischen Republik (SR) noch kein Uran abgebaut, da es während der kommunistischen Ära für unwirtschaftlich erachtet wurde. Jetzt sieht es anders aus: Die gestiegenen Uranpreise veranlassen diverse Explorationsunternehmen – Tournigan Gold Corporation und Ultra Uranium wie auch Crown Energy aus Australien – sich in verschiedenen Teilen der Slowakei mit der geologischen Untersuchung und außerdem bereits mit Probebohrungen der verschiedenen Uranlagerstätten zu befassen. Die folgende Liste fasst die wichtigsten Beispiele zusammen.

**Jahodná** – liegt in einem Naherholungsgebiet nur 6 km von der ost-slowakischen Metropole Košice entfernt. 1 km von den Probebohrungen entfernt wird ein Skilift betrieben (auch als Kurišková bekannt).

**Novoveská Huta** – die geologischen Untersuchungen finden in der Schutzzone des Nationalparks Slovenský ráj statt!

**Kálnica** – diese Lagerstätte liegt im Erholungsgebiet Považská Inovica (in der Westslowakei bei Trenčín), in dessen Nähe auch hochwertige Trinkwasserquellen liegen.

**Vikartovce** – liegt bei Poprad in der Mittelslowakei, wo in der Niederen Tatra geologische Untersuchungen durchgeführt werden.

**Zemplín** – auch eine für ihre Schönheit bekannte Landschaft, die Weinbaugegend des Tokajer, die zum UNESCO-Weltkulturerbe erklärt werden soll, liegt ebenfalls südlich von Košice.

Crown Energy, Tochterfirma der australischen GB Energy, beginnt heuer die Uranlagersuche und hat für die Orte Zemplín und Vikartovce vom Umweltministerium die Genehmigung bekommen. Tournigan Gold hat sich im Mai 2008 auf Tournigan Energy Ltd. umbenannt womit die neue Ausrichtung auf Uranabbau ausgedrückt werden soll. Als „Flaggschiff“ bezeichnet Tournigan die Entwicklung der Abbaugebiete in der Ostslowakei, wo mit 16,5 Tausend t Uran mit einem Anteil von 0,323 %  $U_3O_8$  gerechnet wird.

Eine ganze Reihe ausländischer Unternehmen haben um Lizenzen für geologische Untersuchungen oder die Einrichtung von Abbaugebieten angesucht.



Abraumhalde (im Hintergrund) in Krasnokamensk  
So könnte es auch in der Slowakei aussehen  
Foto : Global 2000



## **Jahodná – Kurisková** **»Uran oder Wald?«**

Die Wälder rund um Košice sind – gleich nach dem Wienerwald – das zweitgrößte Waldgebiet Europas, das um eine Stadt herum liegt. Es ist ein ökologisch wertvolles Gebiet und wurde daher auch in das Netz von NATURA 2000 aufgenommen. Die geplante Abbaustätte wäre weltweit die Uranmine, die einer Stadt am nächsten liegen würde: Sie wäre nur 8 km von der ostslowakischen Metropole mit 250 000 Einwohnern entfernt.

2007 führte Tournigan Gold aus Kanada in Jahodná Probebohrungen durch, ein Antrag auf „Festlegung des Abbaugebiets“ wurde bereits von der Umweltschutzbehörde Košice POSITIV beantwortet. In nächster Zukunft ist mit dem Verwaltungsverfahren zu rechnen, das dann das Abbaugebiet festlegt. Dann fehlt nur mehr ein Schritt: Fördergenehmigung.

### **Starker Widerstand der Bevölkerung**

Zahlreiche Umweltorganisationen kämpfen aktiv gegen den Uranabbau, es haben sich starke Bürgerinitiativen gebildet. Die Petition gegen den Uranabbau wurde von über 80 000 Menschen unterschrieben. Während sich die Öffentlichkeit größtenteils dagegen stellt, positionieren sich die politischen Vertreter vorsichtig für die Erteilung von Genehmigungen. Die Uranvorkommen der SR sind als relativ gut zu bewerten. In Košice finden immer wieder Demonstrationen von bis zu tausend TeilnehmerInnen statt. Alle großen Umweltschutzorganisation wie z.B. Greenpeace, ZaMatkuZem und lokale Gruppen wie SOSNA und Brectan sind sehr aktiv. Die NGOs der SR hoffen auf Unterstützung aus ganz Europa, um diese Umweltgefährdung zu verhindern. Die Proteste von Bürgerinitiativen wie z.B. SOSNA zeigen die ersten Ergebnisse: Die Stadtverwaltung unterstützt die Forderung nach einer Umweltverträglichkeitsprüfung.

### **Tournigan Energie's Pläne für Jahodná – ein Beispiel Jahodná ist ein Paradebeispiel für Uranabbauprojekte in Mitteleuropa:**

Die Lagerstätte liegt mitten in einem Naturschutzgebiet, nur wenige Kilometer von der Großstadt Košice entfernt. Innerhalb von zehn Jahren soll dort das Uran abgebaut werden. Dabei fallen gigantische Mengen an radioaktivem Abraum und giftigen Substanzen an. Gerade sollen fünfzig neue Jobs durch das Projekt entstehen. Sobald all das Uran abgebaut ist, zieht die Betreiberfirma weiter und hinterlässt der Slowakei radioaktive Altlasten, Unmengen an Müll und die gleiche Arbeitslosenrate wie zuvor.

Die Uran-Lagerstätte Jahodná befindet sich rund zehn Kilometer nordwestlich der ostslowakischen Stadt Košice inmitten ökologisch wertvoller Waldgebiete. Die Uran-Molybdän-Vererzung liegt schichtgebunden in metamorphen Vulkaniten aus permischer Zeit (Paläozoikum). Die Vererzung hat eine Ausdehnung von ca. 500 mal 500 Meter und ist nur rund 2,5 Meter mächtig. Sie liegt 250 bis 650 Meter unter der Erdoberfläche. Der Urangehalt dieser Vererzung ist mit rund 0,5 Prozent relativ hoch. Der Abbau würde also unterirdisch erfolgen, der nicht benötigte Abraum soll – mit Zement versetzt – teilweise wieder in die ausgeerzten Stollen verfüllt werden. Nach



*Plakat gegen Uranabbau in der SR  
Quelle : Greenpeace SR*

den Plänen der kanadischen Explorationsfirma Tournigan (Technical Report) sollen jährlich 100 000 Tonnen Erz abgebaut werden. Wird zur Lösung dieses Erzes Schwefelsäure verwendet, so würde man für jede Tonne 300 kg Säure benötigen. In einer Studie für Tournigan wird zugegeben, dass dies zu Problemen bei der Entsorgung der Säure und des aufgelösten Gesteins führen würde. Eine zweite Möglichkeit wäre die „carbonate pressure leaching“-Methode, bei der das abgebaute Erz dem hohen Druck einer Natronkarbonat-Lösung und Luft ausgesetzt wird. Zu den 100 000 Tonnen Erz kommt noch ca. die gleiche Menge „taubes“ Gestein dazu, das ebenfalls abgebaut werden muss. Die Ausbeute aus diesen 200 000 Tonnen Gestein: weniger als 400 Tonnen „Yellowcake“ pro Jahr. Auch der Arbeitsplatzeffekt ist relativ mager: Für die auf zehn Jahre prognostizierte Betriebszeit werden rund 50 Jobs geschaffen, die aber nach Schließung der Mine wieder verloren gehen. Derzeit werden mit zwei Bohrgeräten Probebohrungen unternommen, um die genauen Ausmaße und den Urangehalt der Lagerstätte zu erkunden.

Technical report for preliminary assessment of the Jahodna uranium project, Slovakia  
[http://www.tournigan.com/i/pdf/Jahodna\\_prelim\\_techrpt\\_lores.pdf](http://www.tournigan.com/i/pdf/Jahodna_prelim_techrpt_lores.pdf)

# UNGARN

## »ALTE URANLAGERSTÄTTEN UND NEUE UMWELTSCHÄDEN«



Das Interesse der weltweit agierenden Uranabbauunternehmen vor allem aus Australien gilt auch Ungarn, das bereits während der kommunistischen Ära Uran für den Export in die Sowjetunion produziert hat. Jetzt könnten die ungarischen Uranlagerstätten für die Uranproduktion vom australischen Unternehmen WildHorse Energy wieder eröffnet werden. Ein bewährtes Modell: Uran wird exportiert, die zerstörte Umwelt würde wieder in Ungarn bleiben, das jetzt noch die Folgen des Uranabbaus aus der Vergangenheit sanieren muss.

Ungarn hat bereits Erfahrungen mit dem Uranabbau gemacht, als gleich nach dem II. Weltkrieg in Kooperation mit der Sowjetunion die Uranvorkommen im Mecsekgebirge entwickelt wurden, die die einzigen Uranlagerstätten in Ungarn darstellen. Am 2. Oktober 1997 verließ der letzte Wagon mit Uranerz die Mecsek-Mine in Südungarn, wo 1956 bis 1997 für die Sowjetunion 21 000 t U produziert wurden. Im Untertagbau wurde 100-800 m unter der Erdoberfläche Uranerz gefördert.

Die 1963 in Betrieb genommene Uranerzmühle hatte eine Kapazität von 700t/Jahr, bis dahin war das Erz zur Verarbeitung nach Estland geschickt worden.

Jetzt plant die australische Firma WildHorse den Wiedereinstieg, sie verfügt bereits über die Explorationsrechte für vier Standorte in Südungarn im Mecsekgebirge. Der Urangehalt im Erz dort ist als extrem gering zu bezeichnen.

### SANIERUNG DER UMWELTSCHÄDEN AUS URANABBAU IN DER VERGANGENHEIT AUF KOSTEN DER STEUERZAHLER IN UNGARN UND DER EU!

Die Mecsek-Mine produzierte in der Vergangenheit 21 000 t Uran und wurde 1997 dekommissioniert und stillgelegt. Seit 1998 läuft die Beseitigung des Erbes aus dem Uranabbau: Schließung der Untertageminen, Sanierung der Gesteinsalden, der Absetzbecken und des kontaminierten Wassers sowie die Dekommissionierung der Uranerzmühle und der offenen Minen.

Die Kosten sind enorm – sie wurden über die Beitritts-Hilfsprogramme der EU (Phare) finanziert und belaufen sich auf 170 Millionen Usd.

### Pläne von WildHorse und Widerstand gegen diese Pläne

Das eventuell produzierte Uran würde nicht für das ungarische Atomkraftwerk Paks verwendet werden, denn dessen Reaktoren sind wie alle anderen VVER auf die Lieferungen des Nuklearbrennstoffs von der russischen Firma TVEL angewiesen. WildHorse würde das Uran auf dem Weltmarkt verkaufen – Ungarn würde mit der Umweltzerstörung fertig werden müssen.

WildHorse hat seine Pläne im September 2008 präzisiert: Neben dem Explorationsgebiet Pécs sollen auch die dortigen ehemaligen Minenschächte weitergeschürft werden, weil sich dort noch Uranerz befinden könnte.

### Die neuen Ziele lauten nun...

...das gesamte Mecsek-Projekt soll zwischen 45 und 60 Millionen kg  $U_3O_8$  bei einem Erzgehalt von 0,08-0,12% produzieren, ein Abbauplan soll entwickelt werden, wo nicht nur die einfacher zugänglichen Vorkommen, sondern auch die in größerer Tiefe unter 200 m genutzt werden, über eine Zeitperiode von 20 Jahren soll Uran abgebaut werden.

Doch auch der Widerstand organisiert sich: Sowohl in Bátorfő als auch in Pécs bildeten sich Bürgerinitiativen, die auch Unterstützung von Experten bekommen. Auch die großen Umweltschutzorganisationen wie Energia Klub, Greenpeace und Friends of the Earth engagieren sich gegen den drohenden Uranabbau in Ungarn.



*In-Situ-Leaching, Stráž pod Ralskem in der CR : Hier wurde im In-Situ-Leaching-Verfahren Uran gefördert. Dazu wurden Schwefelsäure und weitere schädliche Substanzen in den Boden gepresst. Die Sanierung wird noch Jahrzehnte in Anspruch nehmen.  
Foto: Václav Vašků*

# ZUSAMMENFASSUNG

## Hintergrund

Der Nuklearindustrie geht demnächst der Brennstoff aus, hat sie doch die uranreichen und leicht abbaubaren Minen weitgehend ausgebeutet. Derzeit wird Uran von ausrangierten Atombomben in Brennstoff für KKW verwandelt, aber auch dieser Vorrat wird bald zu Ende sein (ca. 2013). Explorationsunternehmen und Mininggesellschaften rechnen mit steigender Nachfrage und suchen weltweit nach neuen Uranlagerstätten.

Wo Uranabbau stattfindet, macht die Bevölkerung unangenehme Erfahrungen: radioaktiver Staub, verseuchtes Wasser und große Mengen an „geringfügig“ radioaktivem Schlamm und Gestein, die noch Jahrtausende strahlen werden, bleiben in Becken und auf Abraumhalden zurück. Meist sind die Arbeits- und Lebensbedingungen miserabel.

Der Uranabbau ist jener Teil der nuklearen Brennstoffkette, der die größte Umweltzerstörung hervorruft, und diese wird immer größer werden, je weniger Uran in den Gesteinen enthalten ist. Denn die Gesteinsmenge, die abgebaut werden muss, hängt vom Urangehalt ab. Um die etwa 30 t angereicherten Uran für die jährliche Ladung eines Reaktorkerns herzustellen, benötigt man in etwa 200 t Natururan bei einem 10 % Urananteil im Gestein. Je geringer der Urananteil im Gestein, desto mehr muss abgebaut werden und desto mehr Abraum fällt an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich immer um schwach radioaktiven Abfall handelt, der somit auch gesundheitliche Folgen hat. Und somit steigen die Kosten des Uranabbaus, die Kosten für die Beseitigung der Umweltschäden und die Behandlung der Gesundheitsprobleme der Bevölkerung.

Während ganze Regionen den Uranabbau ablehnen (Westaustralien, British Columbia/CAN, Tilcara/ Nordargentinien) soll er jetzt

in Europa eine Neuauflage erfahren. Europa hat im vergangenen Jahrzehnt praktisch alle Uranminen geschlossen - wo es große gab, mussten gewaltige Ausgaben zur Beseitigung der Rückstände und Renaturierung der Abbaustätten aufgebracht werden (WISMUT in der ehemaligen DDR). Die letzte große Uranmine der EU wird in der CR als Untertagbau betrieben. Während auch dort ein aufwendiges Programm zur Sanierung im Laufen ist, überlegt der staatliche Minenbetreiber Diamo angesichts steigender Uranpreise die Wiederaufnahme des Abbaus. Auch weitere Standorte stehen unter Druck, den Uranabbau zuzulassen, vor allem australische und kanadische Unternehmen sind in Mitteleuropa engagiert.

⊕ **DER URANABBAU IST NICHT NUR DER SCHMUTZIGSTE TEIL DER NUKLEAREN BRENNSTOFFKETTE, SONDERN LIEFERT AUCH DAS PRODUKT; DENN OHNE URAN GIBT ES KEINEN BRENNSTAB, KEIN PLUTONIUM, KEIN MOX UND AUCH KEIN SPALTMATERIAL FÜR ATOMBOMBEN!**

⊕ **MIT DEM URANABBAU BEGINNT DER NUKLEARE TEUFELSKREIS – AM ENDE BLEIBEN VERSEUCHTES LAND, ZERSTÖRTE LANDSCHAFT UND DAS NUKLEARE RISIKO GROSSER UNFÄLLE IN KKW, IN ANLAGEN ZUR HERSTELLUNG VON SPALTMATERIAL UND ATOMBOMBEN UND NICHT ZULETZT DIE UNGELÖSTE FRAGE DER ENDLAGERUNG.**

⊕ **DER BEITRAG DER NUKLEARENERGIE ZUR GLOBALEN ENERGIEERZEUGUNG IST VERZICHTBAR & KANN DURCH INTELLIGENTE ENERGIE-NUTZUNG UND ERNEUERBARE ENERGIEFORMEN ERSETZT WERDEN!**

⊕ **BEENDIGUNG DER ERZEUGUNG VON SPALTMATERIAL FÜR MILITÄRISCHE UND ZIVILE ZWECKE, DA SIE ENG VERWOBEN SIND!**

Die Welt wird erheblich sicherer für alle ihre Bewohner, wenn der Uranabbau und die Verwendung von Spaltmaterial beendet werden!

Mehr Informationen unter :  
[www.ecology.at/uran\\_im\\_fokus.htm](http://www.ecology.at/uran_im_fokus.htm)

# GLOSSAR

## Anreicherung

Die Uran-Anreicherung dient zur Herstellung der Kernbrennstoffe für Kernreaktoren und Kernwaffen. Uran ist das einzige schwere Element, dessen Isotope im industriellen Maßstab getrennt werden. Natururan besteht zu etwa 99,3% aus U-238 und zu 0,7% aus U-235. Die meisten Kernkraftwerke werden mit angereichertem Uran (3 – 5% U-235) betrieben.

## Äquivalentdosis

Die Äquivalentdosis dient zur Ermittlung der Strahlungsbelastung der Menschen und berücksichtigt die Unterschiede in den Wirkungen der verschiedenen Strahlungsarten auf menschliches Gewebe. Sie errechnet sich folgendermaßen:

Äquivalentdosis = Strahlungswichtungsfaktor \* Energiedosis

Die Energiedosis ist die Energiemenge, die auf ein kg Körpergewicht fällt [J/kg], über den Strahlungswichtungsfaktor werden Informationen wie Art der Strahlung und das betroffene Gewebe miteinbezogen. Die Einheit der Äquivalentdosis ist das Sievert (Sv).

## Becquerel

Becquerel (Bq) ist die SI-Einheit der Radioaktivität (A). Sie gibt die Anzahl der Atome an, die pro Sekunde zerfallen. Die Äquivalentdosis kann aus diesem radioaktiven Zerfall mittels eines Umrechnungsfaktors abgeschätzt werden, man benötigt dazu Zusatzinformationen wie z.B. über die Art der radioaktiven Strahlung und das Isotopengemisch.

## Brennstäbe

Die Brennstäbe enthalten den Brennstoff für die Spaltung. Es handelt sich um ca. fingerdicke Rohre, die mit Urandioxid in Tablettenform gefüllt sind. Ihre dichte Metallhülle schützt sie vor Korrosion und verhindert das Austreten von Spaltprodukten in das Kühlwasser. Die Brennstäbe werden mit Abstandhaltern zu Brennelementen zusammengefasst, die einige 100 Brennstäbe enthalten können.

## Dekommissionierung

Dekommissionierung bezeichnet in diesem Zusammenhang alle Tätigkeiten, die mit dem Abbau von Kernkraftwerken zusammenhängen.

## Effektivdosis = effektive Äquivalentdosis

Die Effektivdosis berücksichtigt zusätzlich zu den in der Äquivalentdosis bereits mit einbezogenen Faktoren unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe gegenüber Strahlung.

## Elektrische Nettoleistung

Die elektrische Nettoleistung eines KKW ist die Leistung [J/s = W], die tatsächlich ins Stromnetz eingespeist werden kann. Sie errechnet sich aus der produzierten elektrischen Leistung abzüglich des Eigenbedarfs des KKW.

## Halbwertszeit

Die Halbwertszeit bezeichnet bei radioaktiven Elementen jenen Zeitraum, nach dem die Hälfte der radioaktiven Atome zerfallen ist. Halbwertszeiten können zwischen Sekundenbruchteilen und Millionen von Jahren liegen. So liegt die Halbwertszeit von Iod-131 z.B. bei 8 Tagen, jene von Plutonium-238 bei etwa 88 Jahren und jene von Uran-238 bei ca. 2,5 Mrd. Jahren.

## In-situ-leaching (ISL)

Das Prinzip des Auslaugens (In-situ-leaching) besteht darin, dass über Bohrlöcher eine das Erz lösende Flüssigkeit in die uranhaltige Erzschiefer gepumpt wird. Diese Flüssigkeit laugt das Uranerz aus dem Gestein und gelangt dann über andere Bohrlöcher wieder an die Oberfläche, wo der wertvolle Rohstoff daraus gewonnen wird. Welche Chemikalien zum Auslaugen verwendet werden ist abhängig vom Grundwasser und der Geologie: Hohe Kalziumanteile im Erzkörper (z.B. Kalk oder Gips) verlangen nach einer alkalischen Karbonatlösung. In allen anderen Fällen wird Schwefelsäure als Laugungssubstanz verwendet. Die verbleibende Flüssigkeit wird wieder in den Untergrund gepumpt und der Kreislauf wird so fortgesetzt. Im Auslaugverfahren werden die ersten zwei Bearbeitungsschritte in einem Arbeitsgang erledigt.

## Kernfusion

Als Kernfusion bezeichnet man den energiefreisetzenden Prozess der Verschmelzung zweier Atomkerne. Die freigesetzte Energie stammt aus dem Massendefekt bei der Verschmelzung (das Reaktionsprodukt ist leichter als die zwei ursprünglichen Atomkerne zusammen), der nach der Einsteinschen Formel  $E = m \cdot c^2$  in Energie umgewandelt wird. Dies funktioniert allerdings nur bei Elementen leichter als Eisen. Um die elektrische Abstoßung der Kerne zu überwinden sind hoher Druck und hohe Temperatur nötig. Natürlich kommen Kernfusionsreaktionen auf der Sonne vor, es wird allerdings daran geforscht den Prozess in Kernfusionsreaktoren künstlich zu erzeugen, um die freiwerdende Energie nutzen zu können.



### **Kernkraftwerk**

In Kernkraftwerken wird die bei der Kernspaltung in einem Kernreaktor freigesetzte Energie zur Erhitzung von Wasserdampf verwendet, welcher eine Turbine antreibt und mittels eines Generators elektrische Energie „erzeugt“.

### **Kernreaktor/Kernspaltung, induzierte**

Die Kernspaltung ist ein physikalischer Prozess, in welchem ein Atomkern durch den Stoß eines Teilchens (meistens eines Neutrons) in zwei oder mehr Bestandteile gespalten wird.

Prinzipiell sind nur Elemente, die schwerer als Eisen sind, für die Kernspaltung geeignet, da die Bindungsenergie pro Nuklid bei Elementen schwerer als Eisen mit der Massenzahl abnimmt. Bei der Spaltung entstehen also stabilere Produkte, Energie wird dabei frei.

Kernreaktoren sind Anlagen, in denen Spaltungskettenreaktionen kontrolliert ablaufen.

Man verwendet Uran-235 oder Plutonium-239 als spaltbares Material, weil sie einerseits aufgrund ihrer hohen Ordnungszahl instabil und daher leicht zu spalten sind, und andererseits wegen ihrer ungeraden Massenzahl durch thermische (langsame) Neutronen gut spaltbar sind - schnelle Neutronen lösen nur selten eine Kernspaltung aus. Bei der Spaltung werden neben Energie schnelle Neutronen frei, die nach der Abbremsung in einem Moderator wiederum Kerne spalten können. In einem Leichtwasserreaktor wird als Moderator normales Wasser verwendet. Der Vorteil ist, dass bei einem Verdampfen des Wassers die Neutronen nicht mehr abgebremst werden können und so die Kettenreaktion zum Stillstand kommt. Der Nachteil ist, dass man Brennstäbe mit angereichertem Uran-235 braucht, da das Wasser teilweise die eigentlich zur Spaltung gebrauchten Neutronen absorbiert. Andere Moderatoren wie schweres Wasser oder Graphit absorbieren zwar weniger Neutronen und ermöglichen so die Verwendung von Natururan als Brennelemente, haben allerdings andere Nachteile (Schweres Wasser enthält statt Wasserstoff-Atomen das um ein Neutron schwerere Wasserstoff-Isotop Deuterium).

### **Kernwaffe**

Die Wirkung von Kernwaffen beruht auf Kernspaltung bzw. Kernfusion. Kernspaltungswaffen verwenden meist hochangereichertes Uran-235 oder Plutonium-239 als Spaltmaterial.

### **Kettenreaktion**

Eine Kettenreaktion ist eine physikalische oder chemische Umwandlung, die sich selbst aufrecht erhält. Bei der Kernspaltung geschieht dies dadurch, dass bei einer Spaltung Neutronen freigesetzt werden (2-3 im Mittel), die abermals Kerne spalten können.

In Kernreaktoren wird ein kritischer Zustand aufrecht erhalten, der eine stabile Kettenreaktion ermöglicht: In einer Zeiteinheit werden ebenso viele Neutronen absorbiert bzw. gehen nach außen verloren wie freigesetzt werden, dadurch wird die Reaktionsrate konstant gehalten.

### **kWh**

Wattstunden (Wh) sind im Unterschied zu Kilowatt eine Einheit der Arbeit, also der Energie. Eine Wattsekunde (Ws) ist nicht anderes als ein Joule (Watt = Joule/Sekunde deshalb Watt \* Sekunde = Joule) - eine Wh sind also 3.600 Joule (Sekunden \* 60 Minuten \* 60 Sekunden). Wenn beispielsweise ein KKW mit einer Leistung von 1.300 MW (1.300 MJ/s) eine Stunde lang Strom produziert, entspricht das einer Energiemenge von 1.300 kWh in diesem Zeitraum.

### **MWe**

Watt ist die SI-Einheit der Leistung. Ein Watt entspricht einem Joule pro Sekunde, eine 100-W-Glühlampe verbraucht in einer Sekunde also 100 Joule Energie. Ein Atomreaktor mit einer elektrischen Leistung von 1.300 MWe (e für elektrisch) liefert in einer Sekunde 1.300 Millionen Joule Energie (könnte also 13 Millionen 100 Watt Lampen gleichzeitig betreiben).

### **Murphy's Law**

Murphy's Law ist eine auf eine auf den US-amerikanischen Ingenieur Edward Murphy zurückgehende Aussage. Sie kann auf verschiedene Arten interpretiert werden, die bekannteste ist wohl: Alles was schief gehen kann wird auch schief gehen. Auf KKW-Unfälle umgemünzt kann man sagen: wenn ein Ereignis möglich, die Wahrscheinlichkeit also nicht Null ist, wird es auch passieren.

### **Plutonium**

Das radioaktive chemische Element Plutonium hat 94 Protonen im Kern (Ordnungszahl 94). Es ist hoch giftig und kommt nur in winzigen Mengen natürlich vor. Es entsteht allerdings in größeren Mengen bei Kernspaltungen in Kernreaktoren, indem Uranatome Neutronen einfangen. Spaltbare Isotope von Plutonium können als Ausgangsstoff für Atomwaffen dienen. Ein Beispiel hierfür ist U-239. Es hat eine Halbwertszeit von über 24.000 Jahren und zerfällt unter der Abgabe von Alpha-Strahlung.

### **Proliferation**

Proliferation bezeichnet die Verbreitung von Massenvernichtungswaffen oder ihren Teilen sowie ihren Trägersystemen (z.B. Raketen).

### **Radioaktive Strahlung**

Radioaktive Elemente zerfallen unter Freiwerden von Energie. Diese Energie kann in verschiedenen Formen abgegeben werden: In Form von Teilchenstrahlung (bei Alpha- und Beta-Strahlung) oder als Gamma-Strahlung. Oft treten mehrere Strahlungsarten gleichzeitig auf. Alpha-Teilchen sind abgespaltene Helium-4 Kerne (2 Protonen, 2 Neutronen). Durch die Abgabe von Alpha-Strahlung entsteht also ein um 2 Protonen und 2 Neutronen leichteres Element. Helium-4-Kerne werden zwar leicht abgeschirmt, wenn sie jedoch (z.B. durch Einatmung) in den Körper gelangen, können sie dort großen Schaden anrichten. Bei der Beta-Strahlung werden meist Elektronen abgegeben (manchmal auch Positronen). Die Masse des Elements verändert sich dabei nicht, allerdings seine Ordnungszahl durch Umwandlung eines Neutrons in ein Proton oder umgekehrt. Beta-Strahlung kann zu schweren Verbrennungen an der Haut führen. Gamma-Strahlung ist eine hoch energetische Strahlung, sie kann sehr leicht in Gewebe eindringen. Gesundheitliche Folgen können durch alle drei Strahlungsarten auftreten, abhängig von der erhaltenen Dosis. Eine der häufigsten gesundheitlichen Folgen ist Krebs. Sehr hohen Strahlendosen führen zu akuter Strahlenkrankheit und ab einer Dosis von einigen Sievert zum Tod.

### **Radionuklide = radioaktive Nuklide**

Nuklide sind Atomkernarten, sie unterscheiden sich in der Anzahl der Protonen und Neutronen. Nuklide mit gleicher Anzahl von Protonen aber unterschiedlicher Neutronenanzahl heißen Isotope.

Die meisten Elemente haben mehrere Isotope, meist überwiegt ein Isotop anteilmäßig stark. Manche Elemente dieser Isotope sind instabil, wie z.B. C-14, und zerfallen radioaktiv. Ab 83 Protonen im Kern sind alle Nuklide radioaktiv. Radionuklide unterscheiden sich in der abgegebenen radioaktiven Strahlung und in ihrer Halbwertszeit. In Kernkraftwerken entstehen viele Nuklide, die wegen ihrer geringen Halbwertszeit in der Natur nicht vorkommen.

Radionuklide können auf verschiedene Arten in den Körper aufgenommen werden: über die Atmung, die Nahrungskette oder als Strahlung von Luft und Boden.

### **Sievert**

Sievert (Sv) ist die Einheit der Äquivalentdosis (H, engl. harm) und der Effektivdosis. Ihre SI-Einheit ist J/kg. In einem Jahr ist ein/e MitteleuropäerIn etwa einer Strahlenbelastung von 3,5 mSv (=0,0035 Sv) ausgesetzt. Diese Belastung resultiert größtenteils aus Röntgenstrahlung und der natürlichen Strahlung, ein sehr kleiner Teil stammt aus der Belastung durch die oberirdischen Atombombentests des letzten Jahrhunderts und aus dem Unfall von Tschernobyl.

### **Strahlenwirkung**

Die gesundheitliche Wirkung von radioaktiver Strahlung basiert auf Schädigungen der Moleküle der menschlichen Zellen (v.a. DNS-Schäden). Da der Körper Reparaturmechanismen besitzt, können diese Schädigungen teilweise repariert werden. Daher kann man keine Dosiswerte angeben, ab denen jedenfalls eine Erkrankung eintreten wird (dies nennt man auch stochastische Strahlenschäden). Je höher die erhaltene Dosis, desto höher ist jedoch das Risiko zu erkranken.

Wenn hingegen ein bestimmter Schwellenwert überschritten wird (bei sehr hohen Dosen), dann hängt die Schwere der Erkrankung mit der Höhe der Dosis zusammen (deterministische Strahlenschäden).

Für den Menschen sind folgende Radionuklide besonders gefährlich: Eingeatmetes Iod-131 kann nachgewiesenermaßen zu Schilddrüsenkrebs führen. Plutonium ist ein sehr gefährlicher Alpha-Strahler, dessen Aufnahme in den Körper vor allem in Leber- und Lungenkrebs resultieren kann. Strontium-90 sowie Cäsium-137 können sich ebenfalls sehr schädlich auf den Menschen auswirken, da sie Calcium bzw. Kalium sehr ähnlich sind und daher durch die auf diese Ionen abgestimmten Transportsysteme in viele Körperbereiche vordringen können.

Beim Uranabbau ist vor allem das Entweichen des gasförmigen Alpha-Strahlers Radon gefährlich, das durch den Zerfall des im Gestein natürlich vorkommenden Radium entsteht. Radon verursacht nachweislich Lungenkrebs und ist übrigens auch im Zigarettenrauch enthalten.

### **Tailings**

Tailings sind die Rückstände der Uranaufbereitung. Sie müssen in speziellen Becken langfristig sicher gelagert werden. Sie enthalten noch den größten Teil des Aktivitätsinventars des ursprünglichen Uranerzes (in Form der Zerfallsprodukte des Urans wie z.B. Radium) sowie Schwermetalle und Reste von Chemikalien.

### **UF6 – Uranhexafluorid**

Das Ausgangsmaterial für die Urananreicherung muss gasförmig sein. Aus diesem Grund wird das Mineralprodukt „Yellowcake“ zu Uranhexafluorid (UF<sub>6</sub>) umgeformt – dieses äußerst giftige, radioaktive Verbindung ist bei niedriger Temperatur (56°C) gasförmig.

### **Uran**

Uran ist ein radioaktives Element mit der Ordnungszahl 92 im Periodensystem (es hat also 92 Protonen). Uran besteht zu über 99% aus dem Isotop U-238. Nur 0,7% fallen auf das Isotop U-235, das als einzige bekannte natürlich vorkommende Substanz zu einer Kernspaltungskettenreaktion fähig ist.

### **Wirkungsgrad**

Der Wirkungsgrad bezeichnet das Verhältnis zwischen aufgewendeter (zugeführter) und nutzbarer (abgegebener) Leistung. Der Wirkungsgrad ist nie 100%, da immer ein Teil der Energie als Wärme (Entropiezunahme) verloren geht. Bei Kernkraftwerken beträgt er ca. 35%, was um etwa 10% weniger ist als in anderen kalorischen Kraftwerken.

### **Yellowcake (Uran-Konzentrat)**

Das Uran wird mit Säure oder Lauge aus dem Erz gelöst (Extraktion). Auf diese Weise lassen sich über 90 Prozent des im Erz befindlichen Urans gewinnen. Unerwünschte Begleitstoffe werden in mehreren Reinigungsschritten abgetrennt. Aus der Flüssigkeit wird dann das Uran als Uranoxid ausgefällt, z.B. durch Zugabe von Ammoniak. Das Ausfallprodukt wird wegen seiner gelben Farbe als „Yellowcake“ bezeichnet. In getrockneter Form enthält es 70 bis 80 Gewichtsprozent Uran. Aus zwei Tonnen abgebautem Erz wird jedoch nur etwa ein Kilogramm Yellowcake gewonnen.



## Impressum

### Medieninhaberin, Verlegerin:

Wiener Umwelthanwaltschaft  
Muthgasse 62, 1190 Wien  
Telefon: +43 1 379 79  
Fax: +43 1 379 79-99-88989  
E-Mail: [post@wua.wien.gv.at](mailto:post@wua.wien.gv.at)  
Homepage: <http://wua-wien.at/home/>

### Herausgeber:

Österreichisches Ökologie-Institut  
Seidengasse 13, 1070 Wien  
Telefon: +43 1 523 61 05-0  
Fax: +43 1-523 58 43  
Email: [oekoinstitut@ecology.at](mailto:oekoinstitut@ecology.at)  
Homepage: <http://www.ecology.at>

### Autorinnen:

Mag<sup>a</sup> Gabriele Mraz  
Mag<sup>a</sup> Andrea Wallner  
Ing<sup>m</sup> Antonia Wenisch (Ausstellung)

### Konzeption, Gestaltung:

Mag<sup>a</sup> Andrea Wallner  
BA Tymon Dabrowski

***DIESE BROSCHÜRE BASIERT AUF EINER AUSSTELLUNG,  
DIE TEIL DES JOINT-PROJECT IST UND GEFÖRDERT WURDE AUS MITTELN DES***



[lebensministerium.at](http://lebensministerium.at)

### ***SIE WURDE ERSTELLT IN KOOPERATION MIT FOLGENDEN NGOS:***

Global 2000, Calla (CR), Energia Klub (Ungarn), Za Matku Zem (SR) und Friends of the Earth Europe. Autorinnen der Ausstellung: Patricia Lorenz (FOE-Europe), Gabriele Mraz, Andrea Wallner, Antonia Wenisch

Wien, Dezember 2008