



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Risiken der Fissions-Kernenergienutzung unter Berücksichtigung der
verfügbaren Nuklearbrennstoffressourcen

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasser:	Nikolaus Arnold
Matrikel-Nummer:	9808591
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	A 411
Betreuerin / Betreuer:	Prof. Dr. Wolfgang Kromp

Wien, am 11.11.2008

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	8
2 Zielsetzung und Methodik.....	12
2.1 Methodik zur Prognose der Minenentwicklung und der daraus resultierenden Verfügbarkeitsdauer.....	12
2.1.1 Datenerfassung.....	14
2.1.2 Darstellungsweise der Ergebnisse.....	15
2.1.3 Grenzen der Methode.....	16
3 Uran – Eigenschaften und Entstehung	17
3.1 Eigenschaften von Uran	17
3.2 Entstehung von Uran.....	18
3.3 Vorkommen in der Erdkruste - Akkumulation	20
4 Lagerstätten / Reserven / Ressourcen	22
4.1 Globale Erfassung der Uranvorkommen	22
4.1.1 Arten der Lagerstätten.....	23
4.2 Definition der Begriffe „Ressourcen“ und „Reserven“	25
4.2.1 Einteilung der Ressourcen	25
4.2.2 Definitionen der Reserven	27
4.2.3 Recoverable Resources	28
5 Exploration	29
6 Uranbereitstellung	34
6.1 Brennstoffbereitstellung aus sekundären Quellen	35
6.1.1 Brennstoffbereitstellung aus Lagerbeständen und Wiederaufbereitung	35
6.2 Uranbereitstellung aus unkonventionellen Ressourcen	36
6.2.1 Urangewinnung aus Phosphaten	36
6.2.2 Urangewinnung aus Meerwasser	37
6.3 Brennstoffbereitstellung aus Uranminen	38
6.3.1 Auswahl an repräsentativen Ländern.....	40

7	Uranminen ausgewählter Länder.....	44
7.1	Uranminen Australiens	44
7.1.1	Olympic Dam.....	49
7.1.2	Ranger.....	52
7.1.3	Beverley	54
7.1.4	Honeymoon.....	56
7.2	Uranminen Kanadas	58
7.2.1	Rabbit Lake	62
7.2.2	McArthur River.....	64
7.2.3	McClean Lake	66
7.2.4	Cigar Lake.....	68
7.2.5	Midwest.....	70
7.3	Uranminen Kasachstans	72
7.3.1	Akdala	78
7.3.2	Moinikum.....	80
7.3.3	Tortkuduk.....	82
7.3.4	Kharasan	84
7.3.5	South Inkai	86
7.3.6	Inkai	88
7.3.7	Andere Minen in Kasachstan	90
7.4	Uranminen Namibias	91
7.4.1	Rössing.....	94
7.4.2	Langer Heinrich	96
7.4.3	Trekkopje	98
7.5	Uranminen Nigers	100
7.5.1	Somair.....	103
7.5.2	Cominak.....	105
7.5.3	Imouraren	107
7.6	Produktion anderer Länder	109
7.6.1	China	109
7.6.2	Russland.....	111
7.6.3	Südafrika	113
7.6.4	USA.....	115
7.6.5	Andere Länder	116
7.6.6	Restliche Ressourcen der betrachteten Länder	117

8	Ergebnisse	119
8.1	Betrachtung der weltweiten zukünftigen Produktion	119
8.1.1	Reasonably Assured Resources	119
8.1.2	Identified Resources.....	123
8.2	Entwicklungsprognosen	126
8.3	Folgerung für Optionen künftig verwendeter Reaktortechnologien	129
Anhang A: Lagerstättentypen.....		131
Anhang B: Geographische Verteilung der Uranlagerstätten.....		135
B.1	Liste der Uranlagerstätten.....	135
B.1.1	Lagerstättenstatus	153
B.2	Verteilung der Lagerstätten	155
Anhang C: Tabellarische Beschreibung der Minen.....		160
Literaturverzeichnis.....		161

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktionskurve	13
Abbildung 2: Produktionsnäherung durch eine Glockenkurve	13
Abbildung 3: Vergleich einer Glockenkurve mit der tatsächlichen Produktion	14
Abbildung 4: Bindungsenergieen der Nukleonen	19
Abbildung 5: Der r- Prozesspfad.....	19
Abbildung 6: Globale Verteilung der Uranressourcen.....	21
Abbildung 7: Einteilung der Identified Resources	27
Abbildung 8: Dauer der Inbetriebnahme einer Lagerstätte	29
Abbildung 9: Dauer von Entdeckung bis zur Inbetriebnahme	31
Abbildung 10: Explorationsausgaben gesamt	31
Abbildung 11: Entwicklung Uranpreis und Exploration gesamt	32
Abbildung 12: Funde, Explorationsausgaben und Ressourcenentwicklung Australiens	33
Abbildung 13: Uranproduktion und Uranbedarf weltweit	35
Abbildung 14: Weltweite Verteilung der Ressourcen - RAR	42
Abbildung 15: Weltweite Verteilung der Ressourcen – Identified Resources.....	42
Abbildung 16: Australien - Reserven (Variante 1)	46
Abbildung 17: Australien - Reserven (Variante2)	46
Abbildung 18: Australien - RAR (Variante 1)	47
Abbildung 19: Australien - RAR (Variante 2)	47
Abbildung 20: Australien - Identified Resources.....	48
Abbildung 21: Historische Entwicklung Australien	48
Abbildung 22: Historische Produktion Olympic Dam	50
Abbildung 23: Olympic Dam ohne Produktionsausbau.....	51
Abbildung 24: Olympic Dam bei Produktionsausbau.....	51
Abbildung 25: Ranger - Entwicklung der Produktion für Reserven.....	53
Abbildung 26: Ranger - Abschätzung des Produktionsverlaufes für Ressourcen	53
Abbildung 27: Beverley - Abschätzung des Produktionsverlaufes.....	55
Abbildung 28: Honeymoon - Voraussichtliche zukünftige Produktion.....	57
Abbildung 29: Kanada - Reserven	59
Abbildung 30: Kanada - Minenproduktion historisch und zukünftig (RAR)	60
Abbildung 31: Kanada - Identified Resources	60
Abbildung 32: Kanada - RAR ohne Cigar Lake	61
Abbildung 33: Rabbit Lake - Historische und prognostizierte Produktion.....	63
Abbildung 34: McArthur River - Historische und prognostizierte Produktion	65
Abbildung 35: McClean Lake - Historische und prognostizierte Produktion.....	67
Abbildung 36: Cigar Lake - Prognostizierte Produktion	69
Abbildung 37: Midwest - Prognostizierte Produktion	71
Abbildung 38: Verteilung der Uranlagerstätten in Kasachstan.....	72

Abbildung 39: Kasachstan - RAR (Daten: Redbook 2007)	74
Abbildung 40: Kasachstan - RAR (Daten: Kazatomprom).....	75
Abbildung 41: Kasachstan - Identified Resources (Daten: Kazatomprom)	75
Abbildung 42: Kasachstan - Identified Resources (Variante 1).....	76
Abbildung 43: Kasachstan - Identified Resources (Variante 2).....	76
Abbildung 44: Kasachstan - RAR verzögerter Startup	77
Abbildung 45: Akdala - Historische und prognostizierte Produktion.....	79
Abbildung 46: Moinkum - Historische und prognostizierte Produktion.....	81
Abbildung 47: Tortkuduk - Prognostizierte Produktion	83
Abbildung 48: Kharasan - Prognostizierte Produktion	85
Abbildung 49: South Inkai - Prognostizierte Produktion.....	87
Abbildung 50: Inkai - Prognostizierte Produktion	89
Abbildung 51: Namibia - RAR (Variante 1).....	91
Abbildung 52: Namibia - RAR (Variante 2).....	92
Abbildung 53: Namibia - Identified Resources (Variante 1)	92
Abbildung 54: Namibia - Identified Resources (Variante 2)	93
Abbildung 55: Rössing - Historische und prognostizierte Produktion	95
Abbildung 56: Langer Heinrich - Prognostizierte Produktion	97
Abbildung 57: Trekkopje - Prognostizierte Produktion	99
Abbildung 58: Niger - RAR	101
Abbildung 59: Niger - Identified Resources	101
Abbildung 60: Niger - RAR (alternativ)	102
Abbildung 61: Somair - Historische und prognostizierte Produktion.....	104
Abbildung 62: Cominak - Historische und prognostizierte Produktion.....	106
Abbildung 63: Imouraren - Prognostizierte Produktion.....	108
Abbildung 64: China - RAR.....	110
Abbildung 65: China - Identified Resources.....	110
Abbildung 66: Russland - RAR (Glockenkurve)	111
Abbildung 67: Russland - Identified Resources (Glockenkurve)	111
Abbildung 68: Russland - RAR (Ausbauplan ARMZ)	112
Abbildung 69: Russland - Identified Resources (Ausbauplan ARMZ)	112
Abbildung 70: Südafrika - RAR (Glockenkurve)	113
Abbildung 71: Südafrika - RAR (rasche Produktionssteigerung).....	114
Abbildung 72: Südafrika - Identified Resources (rasche Produktionssteigerung)	114
Abbildung 73: Südafrika - IR (Glockenkurve)	114
Abbildung 74: Prognostizierte Entwicklung der amerikanischen Produktion	115
Abbildung 75: Andere Länder - RAR	116
Abbildung 76: Andere Länder - Identified Resources	116
Abbildung 77: Restliche RAR für die 5 betrachteten Länder	117
Abbildung 78: Restliche IR für die 5 betrachteten Länder	118
Abbildung 79: Restliche IR für die 5 betrachteten Länder (Variante 2).....	118
Abbildung 80: Prognose der detailliert betrachteten Länder - RAR (Var. 1)	120

Abbildung 81: Prognose der detailliert betrachteten Länder - RAR (Var. 2)	120
Abbildung 82: Maximales globales Wachstum - RAR.....	121
Abbildung 83: Globale Prognose ohne Cigar Lake - RAR.....	122
Abbildung 84: Globale Prognose - RAR.....	122
Abbildung 85: Prognose der detailliert betrachteten Länder - IR	123
Abbildung 86: Prognose der detailliert betrachteten Länder - IR (Var. 2)	123
Abbildung 87: Maximales globales Wachstum - IR	124
Abbildung 88: Globales Wachstum - IR	125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Natürliche Uranisotope	17
Tabelle 2: Durchschnittliche Strahlungsenergie je Zerfall.....	18
Tabelle 3: Durchschnittliche Gewinnungsfaktoren verschiedener Abbaumethoden	28
Tabelle 4: Ressourcen ausgewählter Länder	41
Tabelle 5: Top 10 Uranproduktion nach Ländern 2007	42
Tabelle 6: Größte Uranminen 2007.....	43
Tabelle 7: Ressourcen - Australien	48
Tabelle 8: Ressourcen - Kanada.....	61
Tabelle 9: Ressourcen - Kasachstan.....	77
Tabelle 10: Minen in Kasachstan	90
Tabelle 11: Ressourcen - Namibia	93
Tabelle 12: Ressourcen - Niger.....	102
Tabelle 13: Ressourcen – China.....	110
Tabelle 14: Ressourcen - Russland	112
Tabelle 15: Ressourcen - Südafrika	115
Tabelle 16: Ressourcen - USA	115
Tabelle 17: Liste der weltweiten Uranlagerstätten.....	135
Tabelle 18: Lagerstätten nach Typ und Region	155
Tabelle 19: Lagerstätten nach Typ und Land.....	156
Tabelle 20: Ursprüngliche Ressourcen der Lagerstätten.....	158

1 Einleitung

Angesichts des Klimawandels und der sich anbahnenden Verknappung fossiler Energieträger rückt neben alternativen Energieträgern wieder die Kernenergie ins Zentrum des Interesses. In den Medien ist vielfach von einer „Renaissance der Kernenergie“ die Rede.

Die Kernenergie beansprucht heute für sich, eine wesentliche Rolle erstens in der Bekämpfung des Klimawandels durch Treibhausgasverminderung und zweitens in der Kompensation der Verknappung fossiler Energieträger zu spielen. Ebenso flammen neue Kontroversen auf, inwieweit (sicherheits-)technische Fortschritte eine praktische Umsetzung obiger Erwartungen erlauben.

Für die zukünftige Energiebereitstellung durch Kernspaltung werden unterschiedliche Reaktorentwicklungen diskutiert. Eine wichtige Klassifizierungsmöglichkeit ergibt sich dabei aus der Art des für den Betrieb der jeweiligen Reaktortype vorgesehenen spaltbaren Materials, des sogenannten Kernbrennstoffes:

Kernbrennstoffe (Grobeinteilung¹):

1. **Spaltbares Uran-235:** Es findet als Natururan² – mit 0,7% in einer nicht (bzw. schwer) spaltbaren U^{238} -Matrix – Verwendung in Schwerwasserreaktoren, oder – weltweit am häufigsten – in einer zu einigen Prozenten (typisch 3-5%) angereicherter Form Verwendung in Leichtwasserreaktoren. Varianten letzterer Reaktortypen sind Druckwasserreaktoren (DWR), Siedewasserreaktoren (SWR) und seltener graphitmoderierte Reaktoren sowjetischer Bauart (RBMK).
2. **Spaltbares Plutonium-239:** Wird durch Umwandlung von U^{238} erzeugt. Wegen der im Vergleich zu U^{235} wesentlich größeren Ressourcen wäre dieses als Basis künftiger Reaktoren der 4. Generation vorgesehen. Mittelfristig erscheint eine Nutzung nur mittels des im Prinzip technisch umsetzbaren Schnellen Brütters möglich.
3. **Spaltbares Uran-233:** Wird durch Umwandlung von Thorium-232 erzeugt. Dies ist eine aufgrund der reichlich vorhandenen Thoriumressourcen vornehmlich von Indien vorangetriebene Entwicklung. Derzeit mangelt es noch an technischen Umsetzungen und somit sind noch keine nennenswerten Bewährungsdauern bekannt.

¹ Weitere Unterteilungen ergeben sich durch unterschiedlichen Anreicherungsgrad von U^{235} in der U^{238} -Matrix sowie durch Beimengungen von Pu^{239} im „Mischoxid“ (MOX, siehe S. 36).

² Als Natururan wird jenes in seiner natürlichen Isotopenzusammensetzung bezeichnet. Der Prozentsatz des spaltbaren U^{235} beträgt nur 0,7% (siehe Tabelle 1). Mengenangaben in der Brennstoffbereitstellung werden im Allgemeinen immer auf Natururan bezogen.

Die Wahl des Kernbrennstoffes bestimmt aufgrund seiner jeweils höchst unterschiedlichen Radiotoxizität in hohem Maße das Risikopotential einer zukünftigen Energieversorgung durch Kernspaltung.

„Herkömmlicher“ Risikopfad

Sollte für Option 1 spaltbares Uran noch in großen Mengen vorhanden sein, würde man sich innerhalb im Prinzip bekannter Risikogrenzen bewegen. Diese Annahme beruht auf der Ähnlichkeit der in Einführung begriffenen 3. Reaktorgeneration mit der derzeit laufenden 2. Generation und den seit Einführung der Spalttechnologie verflossenen hohen Anzahl von Reaktorjahren. Sollten die Vorräte an spaltbarem Uran selbst für einen moderaten Ausbau der Kernenergie nur mehr für wenige Jahrzehnte reichen, dann wird die Kernenergie auf der Basis von U^{235} keine bedeutende Rolle in der globalen Energieversorgung spielen.

Hochrisikopfad

Wann und ob überhaupt es für die Optionen 2 und 3 der Kernindustrie gelingen wird, auf Pu^{239} (via noch reichlich vorhandenem U^{238}) oder U^{233} (via ebenfalls reichlich vorhandenen Th^{232}) basierende „Schnelle Reaktoren“ der 4. Generation zu entwickeln und einzusetzen, ist derzeit offen. Jedenfalls besteht aus heutiger Sicht die Gefahr, dass man sich damit wegen der enormen Radiotoxizität derartiger Brennstoffe in Techniken mit erheblich gesteigerten Risiken einlassen würde. Die angestrebten Risikoverminderungen – Unmöglichkeit des schweren Unfalles („inhärente Sicherheit“), keine langlebigen Nuklearabfälle, Proliferationsresistenz und alles bei geringen Kosten – erscheinen in hohem Maße unrealistisch:

“We have not found and, based on current knowledge, do not believe it is realistic to expect that there are new reactor and fuel cycle technologies that simultaneously overcome the problems of cost, safety, waste, and proliferation”[XXXII].

Wie immer auch, realistisch ist vor Entwicklungsdauern von mehreren Jahrzehnten nicht mit Reaktoren der 4. Generation zu rechnen und stehen deshalb auch nicht rechtzeitig zur Verfügung, da zur Abschwächung des Klimawandels die Energiewende innerhalb des kommenden Jahrzehntes bewerkstelligt werden muss [XXXIII].

Das einzige derzeit bekannte und durch praktische Erfahrungen belegte Verfahren zur Verwendung von U^{238} ist das des Schnellen Brüters. Neben zahlreichen weltweit erfolgten Fehlschlägen ist hier der russische BN600 in Belojarsk als einziges Beispiel eines in Betrieb befindlichen Leistungsreaktors anzuführen (Inbetriebnahme: 1980, Leistung: 600 MWe, Auslastung: 75 - 77 %).

Allerdings führt diese Technik direkt in die hochriskante „Plutoniumökonomie“, wozu bereits 1975 der angesehene Radiochemiker Engelbert Broda in „Eine Welt aus Plutonium?“ folgende Feststellungen [XXIX] trifft:

„Dann erhebt sich aber die weitere Frage, ob nicht die Expansion der Kernenergiewirtschaft auf weitere Sicht zu unlösbaren Problemen höherer Ordnung führt. Schlagwortmässig seien sie als die Probleme der „Plutoniumökonomie“ bezeichnet. Dies ist eine Ökonomie, die weitgehend oder sogar fast gänzlich auf der Verwertung von Plutonium beruht. Meiner Meinung nach sind diese Probleme tatsächlich zum Teil unlösbar.“ ...

„Da ist zunächst die außergewöhnliche technische Schwierigkeit der Brüter zu nennen, die sich sowohl in ihren Entwicklungs- und Betriebskosten als auch in ihrer vermuteten Anfälligkeit gegen Havarien und sogar Katastrophen ausdrückt.“ ...

„Nach meiner Meinung ist zu schließen, dass der Schnelle Brüter schon deshalb gänzlich abzulehnen ist, weil er teuer, unsicher, gefährlich und völlig unnötig ist.“ ...

„Die Ausbreitung der Schnellen Brüter würde mit sich bringen, dass in einer zunehmenden Zahl von Anlagen ferngelenkt bestrahlte Brennstoffelemente in Säuren aufgelöst und chemische Trennungen durchgeführt würden, das isolierte Plutonium chemisch umgesetzt und schließlich wieder zur Fabrikation neuer Brennstoffelemente verwendet würde. Diese technischen Maßnahmen erfordern mannigfache Handhabung, gewiss auch durch unqualifizierte Kräfte, sowie massenhafte Transporte von hoch radioaktiven Brennstoffelementen, Plutonium und Atomasche auf Schiene oder Straße. Dabei sind offenbar auf die Dauer Verluste durch Unfälle, Unachtsamkeit oder sogar bösen Willen gar nicht zu vermeiden.“

Im Rahmen der Kernenergiekampagne der österreichischen Bundesregierung warnt Broda in „Kernenergie in Österreich – pro und contra“ [XXXIII]:

„Das Plutonium ist überdies auf Grund seiner Radioaktivität, die sich infolge seiner besonderen chemischen Natur besonders stark auswirken kann, auch ein extrem starkes Gift. Bereits ein Millionstel Gramm in Form von feinem Staub (als „Aerosol“) eingeatmet kann Lungenkrebs erregen.“

Das künftige Gefahrenpotential der Kernenergie wird demnach wesentlich von der Art des in den nächsten Jahrzehnten zur Verfügung stehenden Kernbrennstoffes bestimmt. D.h., ob der „herkömmliche“ Risikopfad³ weiterverfolgt, oder auf einen Hochrisikopfad bislang ungekannter Dimensionen gewechselt wird. Dabei spielt das Ausmaß der noch vorhandenen Weltreserven an spaltbarem U²³⁵ eine entscheidende Rolle. Die derzeit bekannt gewordenen Schätzungen variieren erheblich, von nur einigen Jahrzehnten [XXX] bis hunderten [XIII] und tausenden Jahren [12]. Eine zielführende Diskussion der physikalisch-technischen Möglichkeiten und Grenzen oben genannter Entwicklungsoptionen sowie Risikoabschätzungen – genauer, ob Reaktoren der 2. und 3. Generation eine längerfristige Existenzchance haben oder nicht – setzt die Klärung der Schlüsselfrage nach den verfügbaren Ressourcen an spaltbarem Uran voraus. Letzteres soll einen Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bilden.

³ Die im Vergleich zu einer Plutoniumwirtschaft verringerten Risiken sollen hier keinesfalls bagatellisiert werden. Eine Darstellung der Risiken der (herkömmlichen) Kernenergie würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Dazu sei auf weiterführende Literatur verwiesen, siehe beispielsweise [XXXIV].

2 Zielsetzung und Methodik

Zur zukünftigen Energiebereitstellung werden verschiedene Optionen für Spaltreaktoren diskutiert. Nach dem Obigen sind ihre physikalisch-technischen und ökonomischen Grenzen sowie anhaftenden Risiken in erster Linie von der Menge verfügbarer Ressourcen an spaltbarem Uran abhängig. Daher ist die kontroversielle Ressourcenfrage vorrangig zu klären.

Basierend auf der Ressourcenbetrachtung der Energy Watch Group [XXIV], sollen deshalb deren Prognosen vertieft werden. Insbesondere soll beurteilt werden, ob die Lücke zwischen Produktion und Bedarf von Uran in den nächsten Jahren geschlossen werden kann und inwieweit Bedarfsprognosen für nukleares Wachstum plausibel sind. Nicht zuletzt soll unter Annahme verschiedener KKW-Ausbauszenarien deren von den Brennstoffressourcen abhängige Verfügbarkeitsdauer abgeschätzt werden. Die Untersuchung beginnt bei einzelnen Minen und wird über Länderbetrachtungen zu einem globalen Bild zusammengeführt.

Anhand der Ergebnisse soll die Frage behandelt werden, ob und wie lange derzeit laufende bzw. in Entwicklung befindliche Reaktorlinien im Einsatz bleiben bzw. zum Einsatz gelangen können und insbesondere, inwieweit eine Beschreitung des damit verbundenen „herkömmlichen“ Risikopfades bzw. Hochrisikopfades in Frage kommt.

2.1 Methodik zur Prognose der Minenentwicklung und der daraus resultierenden Verfügbarkeitsdauer

Zur Abschätzung der Entwicklung von Minen und Länder wurden zwei Methoden angewandt. Zum einen wurden Daten zu Kapazitäten und Ressourcen erfasst und mit deren Hilfe eine Prognose der Produktion erstellt. Zum anderen wurde die Vorgehensweise der Energy Watch Group [XXIV] gewählt und eine Anpassung der Produktionskurven durch Glockenkurven dargestellt.

Diese Verwendung von Glockenkurven zur Näherung von Rohstoffförderungen wurde bereits 1956 von M. King Hubbert postuliert [I]. Dabei wird angenommen, dass die Förderung zu einem bestimmten Zeitpunkt ($t=0$) mit Null beginnt und dann einen exponentiellen Anstieg erfährt. Nach einiger Zeit wird ein Maximum erreicht, welches eine Zeit lang gehalten werden kann, und schließlich erfolgt wieder ein Abfall der Förderraten, bis die Lagerstätte erschöpft ist. Die kumulierte Produktion $F(t)$, wie sie sich durch einen solchen Abbauverlauf ergibt, ist in Abbildung 1 dargestellt. Hinter dieser Kurve steckt die folgende Funktion:

$$F(t) = \frac{P}{1 + e^{-a(t - T_{\max})}}$$

P entspricht der gesamten Produktion und somit den verfügbaren Ressourcen. Die Variable a bestimmt die Steigung der Kurve und somit die Geschwindigkeit des Abbaus. Die höchste Abbaurate wird zum Zeitpunkt $T_{\max}$ erreicht. Dies zeigt sich deutlicher in der zeitlichen Ableitung der Funktion $F(t)$ (Abbildung 2), die unsere Glockenkurve ergibt. Die Fläche unter der Kurve entspricht hier wieder der Gesamtproduktion.

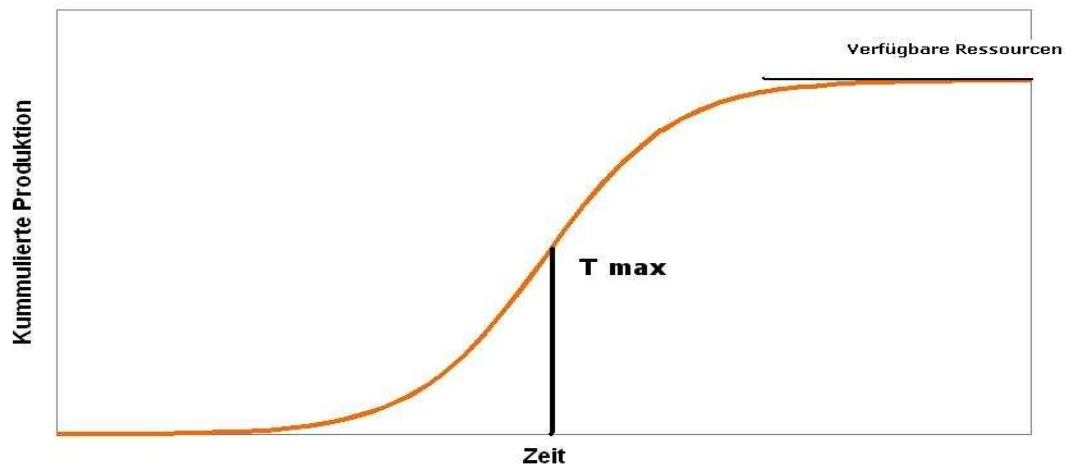


Abbildung 1: Produktionskurve

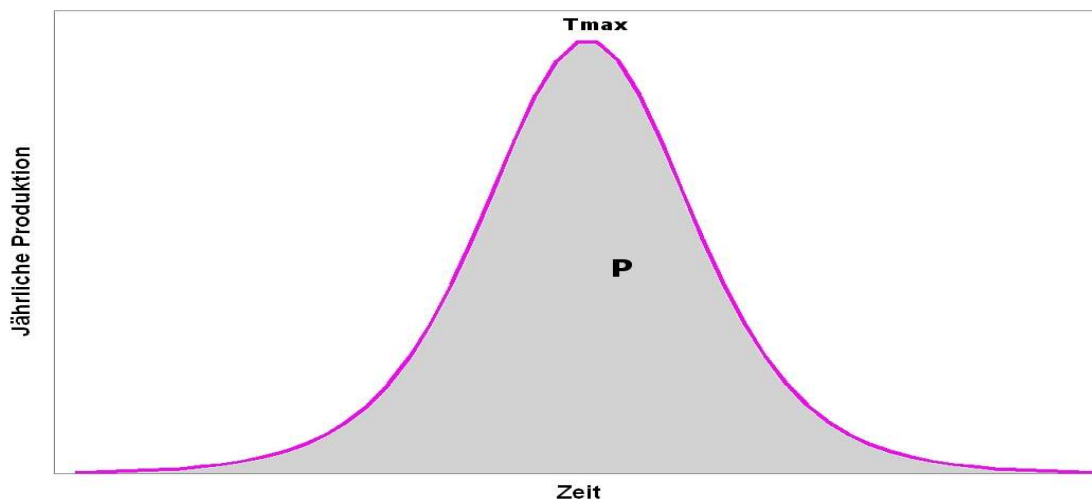


Abbildung 2: Produktionsnäherung durch eine Glockenkurve

Die Darstellung der Produktion durch die Glockenkurve entspricht also einem exponentiellen Wachstum in einem begrenzten (Ressourcen-)Raum. In Realität wird diese von Außen natürlich noch durch Markteinflüsse und gewisse Infrastruktur limitiert. Darüber hinaus ist auch anzunehmen, dass das Hochfahren einer Produktionsstätte in Richtung ihrer nominellen Produktionskapazität im Normalfall schneller vor sich geht. Dennoch hat sich in der Vergangenheit empirisch erwiesen, dass diese Art der Abschätzung erstaunlich gute Übereinstimmungen mit der realen Produktion aufweist. Abbildung 3 zeigt hierzu ein Beispiel

aus der Uranwirtschaft. Da die Glockenkurve am Ende mit Minimalstbeträgen gegen Null läuft, wurde diese – wie auch die anderen Kurven dieser Arbeit – im Bereich von 5-10% der Maximalkapazität abgeschnitten. Die Produktionsmengen wurden folglich ebenso nur bis zu diesem Zeitpunkt berücksichtigt.

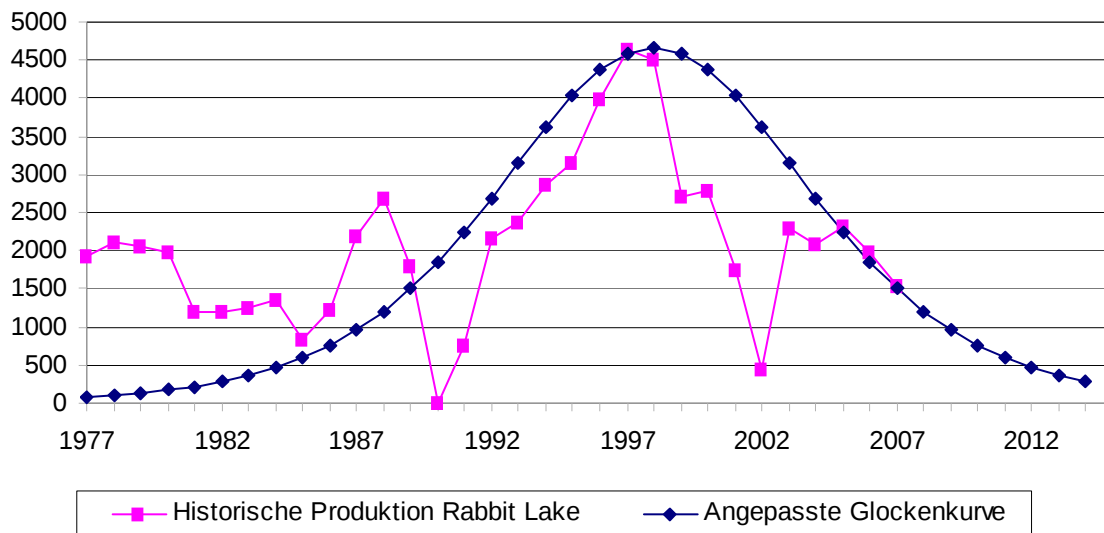


Abbildung 3: Vergleich einer Glockenkurve mit der tatsächlichen Produktion
Rabbit Lake, Kanada.

2.1.1 Datenerfassung

Um eine Abschätzung der weltweit verfügbaren Uranressourcen durchführen zu können, bedarf es zunächst einer umfassenden Sammlung der dazu vorliegenden Daten. Die Mengenabschätzungen zum vorhandenen Uran werden von diversen Firmen und Institutionen mit unterschiedlicher Genauigkeit vorgenommen⁴.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde danach getrachtet, Daten aus den Geschäftsberichten jener Firmen als Basis heranzuziehen, die auch Eigentümer der jeweiligen Lagerstätte sind. Konnten dementsprechende Daten nicht, oder nur unzureichend ermittelt werden, so wurden als zweite Quelle offizielle Zahlen, vornehmlich aus „Uranium 2007: Resources, Production and Demand“ – dem Redbook 2007⁵ - verwendet. Sofern es die Datenlage zuließ, wurde versucht, die Informationen aus mehreren Quellen abzugleichen und vorhandene Zahlen zu bestätigen.

⁴ Eine genauere Diskussion zur Klassifizierung der Uranressourcen und der Zuverlässigkeit der Abschätzung findet sich in Kapitel 4.2

⁵ Bei „Uranium 200x: Resources, Production and Demand“ handelt es sich um eine alle zwei Jahre erscheinende Publikation der IAEA und der OECD. Sie beschäftigt sich einerseits mit Exploration und Produktion, andererseits mit dem weltweiten Reaktorbedarf, auch im Rahmen von Zukunftsprognosen. Da diese Publikation in der Fachwelt mit Redbook bezeichnet wird, wird dies auch in dieser Arbeit so gehandhabt.

Neben Daten zu den Ressourcen und Reserven wurden auch noch eine Reihe anderer Informationen gesammelt. Historische Daten zu den Erkundungstätigkeiten, zu Funden und zur Produktion wurden ebenfalls erfasst, um Entwicklungen und Probleme darzustellen und Abschätzungen und Prognosen zu untermauern.

Um eine einheitliche Darstellung und Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden alle Mengenangaben in dieser Arbeit in Tonnen Uran (t U) ausgedrückt. Für Daten, die in der sonst auch noch üblichen Einheit Tonnen U_3O_8 vorgefunden wurden, erfolgte also eine Umrechnung in Tonnen Uran ($1 \text{ t } U_3O_8 = 0,848 \text{ t U}$).

2.1.2 Darstellungsweise der Ergebnisse

Aus den gesammelten Daten galt es nun Produktionsabschätzungen zu erstellen. Im ersten Schritt wurden dazu die Minen herangezogen und die noch verfügbaren Ressourcen auf die folgenden Jahre aufgeteilt. Dies erfolgte entsprechend der nominellen Kapazität der Produktionsstätten. Für das Ende der Lebenszeit einer Mine wurde ein angepasster Rückgang, wie er etwa durch eine Glockenkurve (Abbildung 2) darstellbar ist, gewählt. So die vorhandenen Zahlen es ermöglichten wurde dies sowohl für Reserven als auch die Ressourcen durchgeführt.

Im nächsten Schritt wurden aus den gesammelten Kurven der einzelnen Minen Darstellungen für die einzelnen Länder erstellt. Für diese Länderbetrachtungen wurde dann noch zusätzlich ein Vergleich der Summe der Minendaten mit den Gesamtressourcen des Landes angestrebt⁶. Dafür wurden die gesammelten Produktionsabschätzungen mit angepassten Glockenkurven zu den verschiedenen Ressourcenklassen (Reserven, Reasonably Assured Resources, Identified Resources) hinterlegt. Auf diese Weise lässt sich auf einen Blick erkennen welcher Anteil der Gesamtressourcen eines Landes in den betrachteten, aktiven Produktionsstätten zu finden ist und auch welches Ausbaupotential noch vorhanden ist.

Länder, die aufgrund eingeschränkter Informationslage zu Projekten und Entwicklungsplänen keine Aufschlüsselung in einzelne Minen zuließen oder die keinen relevanten Beitrag zur globalen Produktion liefern, wurden ebenfalls erfasst. Die Darstellung erfolgte hierbei als Glockenkurve für das ganze Land, ausgehend von der aktuellen Produktion (vgl. 7.6).

Aus der Abschätzung der Länderdaten lassen sich dann globale Bilder fertigen, denen Abschnitt 8.1 gewidmet ist.

⁶ Da nicht an jeder Lagerstätte zwangsläufig Abbau betrieben wird, kann sich die Summe der aktiven Minen von der Gesamtsumme des Landes deutlich unterscheiden.

2.1.3 Grenzen der Methode

Eine Betrachtung zukünftiger Ereignisse, wie eben die prognostizierte Produktion von Minen, bringt naturgemäß Unsicherheiten mit sich, die hier näher beleuchtet werden sollen.

- Weltweit wurden bisher fast 900 Lagerstätten identifiziert und etwa 70 Produktionsstätten waren 2007 in Betrieb oder für den Betrieb zugelassen. Eine Bearbeitung aller Minen würde den Rahmen dieser Arbeit übersteigen. Jedoch konnte aufgrund der Gewichtigkeit gewisser Länder eine repräsentative Auswahl leicht getroffen werden. Dies ist Gegenstand des Abschnittes 6.3.1.
- Obwohl die Daten nur aus frei zugänglichen Quellen ermittelt wurden, lagen diese in erstaunlichem Umfang und unerwarteter Genauigkeit vor. Dennoch waren teilweise nicht vernachlässigbare Unterschiede in verschiedenen Datensätzen auszumachen. Dies mag auf ungenaue Rundungen oder ältere Datensätze zurückzuführen sein. In dieser Arbeit wurde immer danach getrachtet, die aktuellsten Geschäftsberichte aus dem Jahre 2007 heranzuziehen, sofern solche verfügbar waren.
- Der Tatsache, dass die Geschäftsberichte im Allgemeinen mit Ende des Jahres 2007 abschließen und die offiziellen Länderdaten des aktuellen Redbook mit 1.1.2007 definiert sind, wurde mit einer entsprechenden Anpassung genüge getan⁷.
- Es konnten nur Minen betrachtet werden, die bereits in Betrieb sind bzw. deren geplante Inbetriebnahme ermittelt werden konnte. Andere Pläne und Projekte wurden den gesamten Länderressourcen zugeordnet.
- Im Rahmen der Ressourcenbetrachtungen wurden diese hinsichtlich ihrer Verarbeitungsverluste bereinigt. Das bedeutet, es wurde ein entsprechender Gewinnungsfaktor⁸ verwendet. Der für die Reserven gültige Prozentsatz wurde, wenn er nicht anders ermittelt werden konnte, auch auf die Ressourcen angewandt. Nachdem die Sicherheit der Abschätzung der Reserven größer ist als jene der Ressourcen und sich auch die Erzgehalt der unsicheren Kategorien im Allgemeinen als geringer erweist, erscheint es wahrscheinlich, dass man unter dieser Annahme der Obergrenze der Gewinnbarkeit nahe kommt.
- Historische Produktionsverläufe zeigen, dass Minen nicht immer am maximalen Output arbeiten (können)⁹. Dennoch wurden die Kapazitäten als Maß für die Darstellung der Jahresproduktionen herangezogen und zeigen dadurch eine Obergrenze der produzierbaren Mengen.

⁷ Für Australien flossen daher auch die Ressourcenzahlen für Mitte des Jahres 2007 ein, um die Daten der einzelnen Minen mit den Länderzahlen in Übereinstimmung zu bringen.

⁸ Siehe Kap. 4.2.3.

⁹ Im Normalfall liegt die Jahresproduktion bei 80-90% der Kapazität.

3 Uran – Eigenschaften und Entstehung

3.1 Eigenschaften von Uran

Uran ist ein natürlich vorkommendes, radioaktives, silbernes Schwermetall, das sich an der 92. Stelle des Periodensystems findet und somit den Actinoiden zugehörig ist. Es wird mit dem Symbol U abgekürzt. Obwohl es relativ weich und verformbar ist, weist Uran eine hohe Dichte von $19,1 \text{ g/cm}^3$ auf. Sein Schmelzpunkt liegt bei $1405,45 \text{ K}$. Da es sich bei Uran um ein reaktives Metall handelt, überzieht es sich an der Luft bald mit einer Oxidschicht. Man findet es in der Natur daher in Form seiner Minerale, die sich in verschiedensten und komplexen Ausbildungen zeigen und zumeist die Uranyleinheit UO_2^{2+} enthalten. Das häufigste und auch für den Abbau wichtigste Mineral ist Pechblende (U_3O_8) [II].

Tabelle 1: Natürliche Uranisotope [II]

Isotop	Anteil	HWZ
^{238}U	99.2745 %	$4,468 \cdot 10^9 \text{ a}$
^{235}U	0.7200 %	$7,038 \cdot 10^8 \text{ a}$
^{234}U	0,0055 %	$2,455 \cdot 10^5 \text{ a}$

Natürlich vorkommendes Uran ist eine Mischung aus 3 Isotopen - ^{238}U , ^{235}U und ^{234}U - wobei ^{238}U mit Abstand den größten Anteil ausmacht (Tabelle 1). Alle diese Uranisotope sind radioaktiv und erzeugen in ihrer natürlichen Zusammensetzung eine Zerfallswärme von etwa $0,1 \text{ Watt}$ je Tonne. Dadurch stellt Uran eine der Hauptwärmequellen im Erdinneren dar, welche Konvektion und Kontinentaldrift vorantreiben. Die natürlichen Isotope unterliegen vornehmlich dem α -Zerfall, der Anteil an β - und γ -Strahlung ist eher gering. Die Gesamtaktivität von reinem Uran, bestehend aus den 3 natürlichen Isotopen, beträgt 25 Bq per mg. [1a]

Tabelle 2: Durchschnittliche Strahlungsenergie je Zerfall [MeV/Bq] [2a]

Isotop	Alpha	Beta	Gamma
^{238}U	4,26	0,01	0,001
^{235}U	4,47	0,048	0,154
^{234}U	4,84	0,0013	0,002

Uran ist Ausgangspunkt zweier natürlicher Zerfallsreihen. Die Uran-Radium Zerfallsreihe beginnt bei ^{238}U , die Uran-Actinium Zerfallsreihe bei ^{235}U . Beide enden bei einem stabilen Blei-Isotop.

In seiner technischen Anwendung bildet Uran heute die Grundlage der Energiegewinnung in Kernreaktoren. Weltweit stammen heute in etwa 16% der erzeugten Elektrizität aus Kernreaktoren.

Uran wurde 1789 vom deutschen Chemiker Martin Heinrich Klaproth in der Pechblende entdeckt und von diesem nach dem einige Jahre zuvor entdeckten Planeten Uranus benannt. Erst gute 100 Jahre später wurde von Henri Becquerel die Radioaktivität des Elementes erkannt. Die erste künstlich induzierte Spaltung eines Urankerns gelang im Jahre 1938 Otto Hahn und Fritz Straßmann.

3.2 Entstehung von Uran

Um die Ursachen der Entstehung schwerer Elemente wie Uran zu finden, ist es erforderlich, sich mit den kosmischen Prozessen zu beschäftigen. Wie aus der Kernphysik bekannt ist, ist die Bindungsenergie je Nukleon für das Eisen am höchsten (Abbildung 4). Das bedeutet aber, dass Elemententstehung durch Fusionsprozesse, wie sie in Sternen vor sich gehen, nur bis zum Eisen möglich ist. Aus weiteren Fusionsreaktionen ist kein Energiegewinn mehr möglich, der Stern kollabiert und wird zu einer Supernova vom Typ II.

Die Synthese von Atomkernen höherer Ordnungszahl ist nun nur noch durch sukzessive Addition von Neutronen und anschließenden β -Zerfall möglich. In den Hüllen von Supernovae finden sich viele freie Neutronen, die in zwei verschiedenen Prozessen zur Entstehung schwerer Elemente beitragen. Für die Synthese von Urankernen ist der so genannte r-Prozess von Bedeutung. Hierbei müssen die Neutronen im Kern schneller addiert werden, als der Zerfall vor sich geht, was bedeutet, dass hohe Neutronenflüsse und Temperaturen nötig sind, wie sie beispielsweise in Hüllen von Supernovae gegeben sind.

Eben dort entstehen dann Kerne mit großem Neutronenüberschuss, die nach Beendigung des hohen Flusses zu stabilen oder langlebigen Kernen wie Uran zerfallen [III].

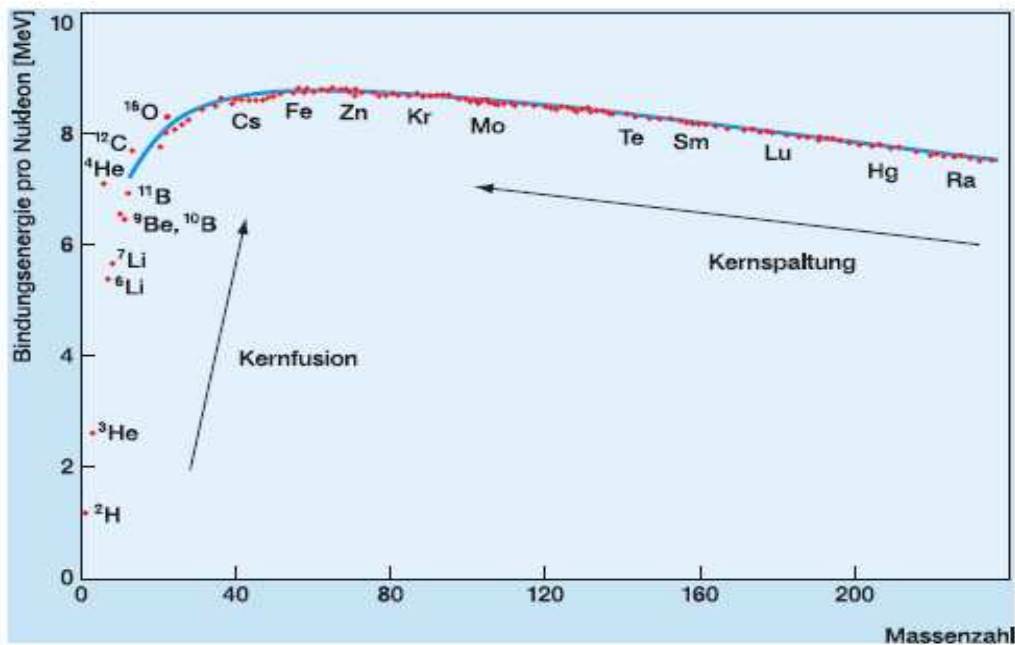


Abbildung 4: Bindungsenergien der Nukleonen[III]

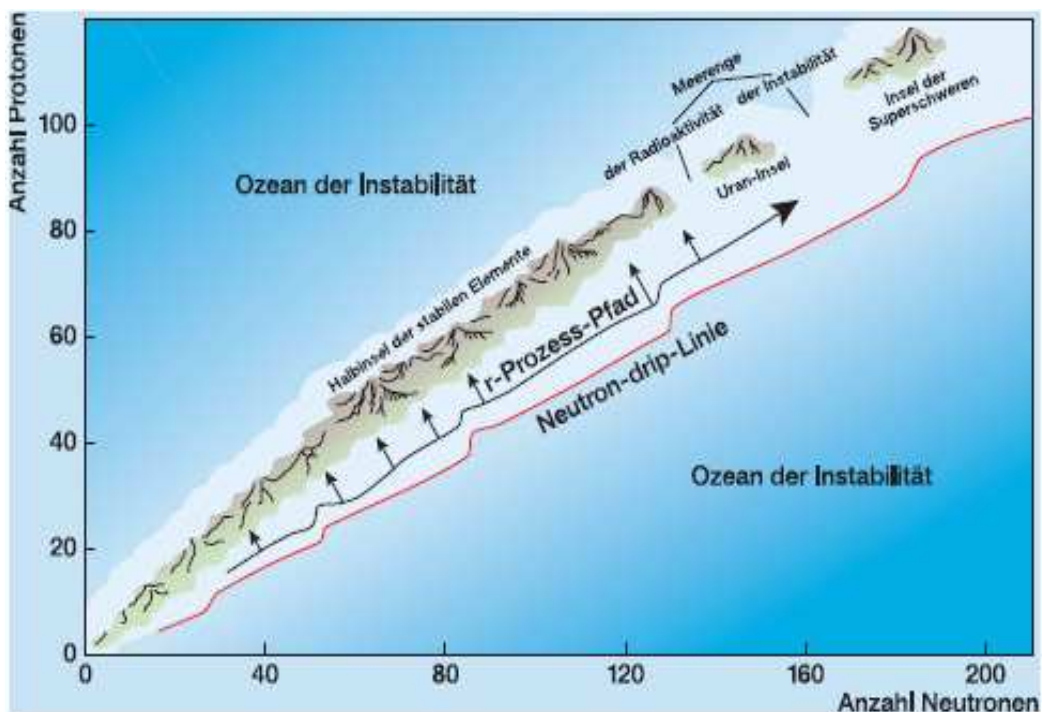


Abbildung 5: Der r- Prozesspfad: Er verläuft durch das Gebiet der gegen β -Zerfall instabilen Isotope. Jenseits der als Neutron-drip bezeichneten Linie existieren aufgrund der negativen Bindungsenergien keine Isotope [III].

3.3 Vorkommen in der Erdkruste - Akkumulation

Als nächstes stellt sich die Frage der Verteilung des Urans in der Erde. Für den Erdkern lässt sich dies infolge der Nichtzugänglichkeit naturgemäß nicht so leicht bestimmen, es wird aber angenommen, dass Uran dort aufgrund seiner Abneigung gegenüber Eisen-Nickelverbindungen kaum vorhanden ist und eher Verbindungen mit den Mineralien der Kruste eingeht.

Für die Erdkruste und den oberen Erdmantel lässt sich der Urangehalt jedoch recht zuverlässig bestimmen. Die Messungen ergeben einen abgereicherten Mantel mit 0,004 ppm (Gramm/Tonne), sowie eine relativ angereicherte kontinentale Kruste mit durchschnittlich 1,4 ppm.

Dieser nun doch recht beträchtliche Unterschied ließe sich durch einen Transfer des Urans zwischen diesen beiden Schichten erklären. Man nimmt also an, dass sich das lithophile Uran im Rahmen der mehrstufigen, erdgestaltenden Prozesse vom Mantel in die Kruste angereichert hat [2b].

Dieser Transfer erfolgte jedoch im Laufe von mehr als einer Milliarde Jahren nicht überall gleichmäßig. So weist vor allem saures magmatisches Gestein höhere Konzentrationen auf. Man bezeichnet diese selektive Anreicherung in Vulkaniten, Tuffen, Graniten, Alkaligraniten, Pegmatiten, Karbonatiten und hydrothermalen Gängen als primäre Lagerstätten.

Durch Erosion gelangt das Uran aus den magmatischen Lagerstätten in den sedimentären Kreislauf. Somit erreicht ein großer Teil des Urans letztlich die Ozeane. Unter geeigneten Bedingungen kann es jedoch in Schiefern und Sandsteinen zu Ausfällung und Anreicherung kommen. Man bezeichnet dies als sekundäre Lagerstätten [IV].

Der Urangehalt in den verschiedenen Lagerstätten kann natürlich stark variieren. Abbauwürdige Konzentrationen beginnen in etwa bei 0,03% und erreichen 3 – 7% in den hochwertigen Uranerzlagerstätten. Im Kanadischen Athabasca-Basin finden sich sogar Konzentrationen von bis zu 23% U_3O_8 [V].

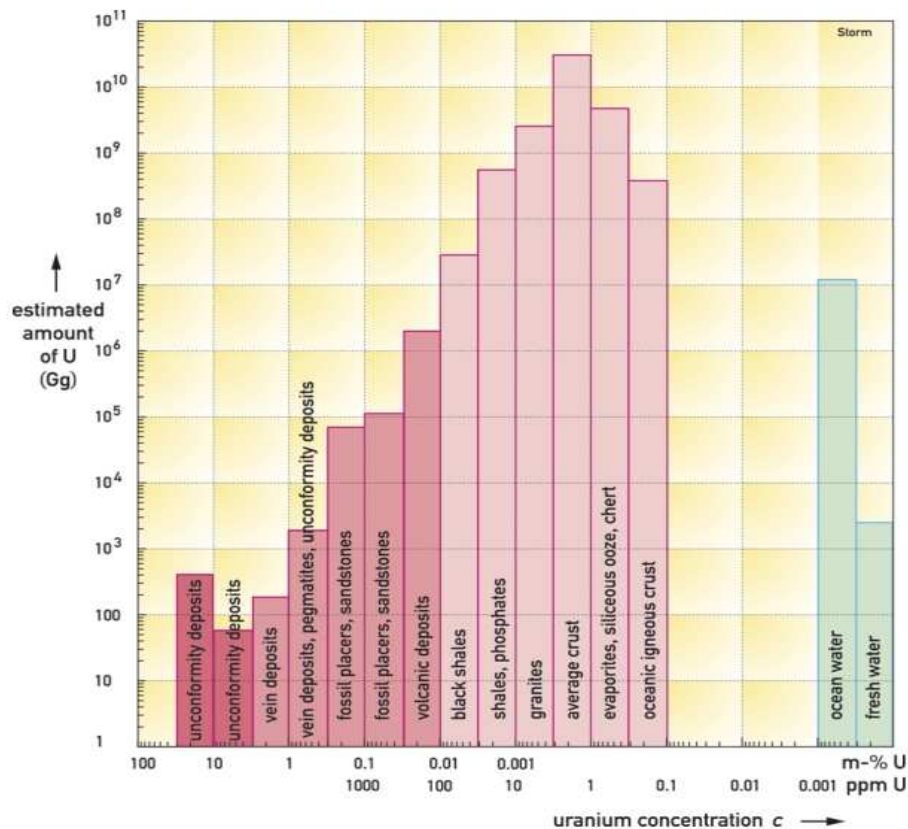


Abbildung 6: Globale Verteilung der Uranressourcen

Die Darstellung zeigt die geschätzten Ressourcen nach ihrem Lagerstättentyp (vgl. 4.1.1). Man erkennt gleich, dass die Lagerstätten hoher Konzentration einen geringen Anteil ausmachen, während der Großteil der globalen Uranvorkommen in den so genannten unkonventionellen Ressourcen (unter 100 ppm U) zu finden sind. Von diesen sollen in Kap. 6.2 noch Meerwasser und Phosphate exemplarisch betrachtet werden. [XXVIII]

4 Lagerstätten / Reserven / Ressourcen

4.1 Globale Erfassung der Uranvorkommen

So wie für jede andere wertvolle Ressource ist es natürlich auch für Uranerze von Interesse, wo und in welcher Menge sich diese in der Erdkruste verteilt und vor allem angehäuft haben. Man ist daher schon lange bestrebt, eine weltweite Gesamterfassung der Daten über Uranvorkommen zu erstellen. Damit soll insbesondere die Frage der Wirtschaftlichkeit der Ausbeutung und der in diesem Zusammenhang bevorzugten geologischen und geographischen Regionen beantwortet werden.

Eine solche globale Erfassung ging mit den üblichen Problemen einer gesamtheitlichen Erfassung einher. Einerseits liegen Daten für die verschiedenen Regionen der Welt in unterschiedlicher Qualität vor, andererseits werden Ressourcen von jedem Land in anderer Weise klassifiziert und definiert. Auf dieses Problem der Definitionen soll in einem späteren Punkt noch genauer eingegangen werden. Vorweggenommen sei hier nur die Definition der Begriffe „Vorkommen“ und „Lagerstätte“: Ein Uran-Vorkommen definiert sich durch eine natürlich vorkommende, anormale Konzentration von Uran. Eine Menge an natürlich vorkommendem Mineral, aus dem gegenwärtig oder zukünftig Uran geschürft werden kann, bezeichnet man hingegen als Uranlagerstätte [VI].

Neben den oben erwähnten Problemen spielen natürlich immer auch politische Gegebenheiten eine wesentliche Rolle in globalen Betrachtungen. Der erste Versuch einer Zusammenführung der Daten zu Uranvorkommen (INTURGEO) – publiziert 1988 von der IAEA – wurde daher schon im Vorhinein auf nicht-kommunistische Staaten beschränkt. Dieses „International Uranium Geology Information System“ umfasst mehr als 6000 Vorkommen in 96 Ländern und enthält damit wesentlich mehr als nur die ökonomischen Lagerstätten. Um die geologische und explorationstechnische Nutzbarkeit zu gewährleisten wurden alle verfügbaren Daten aufgenommen, bearbeitet und eingebunden [VII].

Im nächsten Schritt der Entwicklung einer weltweiten Zusammenfassung von Uranvorräten flossen wirtschaftliche Überlegungen mit ein. In der 1995 veröffentlichten „IAEA Map: World distribution of uranium deposits“ wurde, um unnötige Häufungen zu vermeiden und das Herangehen an wirtschaftlich nutzbare Vorkommen zu erleichtern, folgende Beschränkung gemacht: In die Karte und das zugehörige Guidebook wurden keine Lagerstätten aufgenommen, deren gesicherte Reserven (RAR) unter 500 t Uran liegen oder

deren durchschnittlicher Urangehalt 0,03% unterschreitet. Ausnahmen wurden gemacht, wenn Uran als Zweitprodukt z.B. neben Gold oder Phosphat gefördert werden kann.

Aufgrund dieser Einschränkung reduzierte sich die Anzahl der Lagerstätten, obwohl bereits Daten aus den Nachfolgestaaten der UDSSR und aus China eingeflossen waren, auf 582 Lagerstätten in 48 Ländern [VIII].

Die im Rahmen der Entstehung der Karte angesammelten Informationen wurden zusammengefasst, weitergeführt und ergänzt und können heute in Form der Datenbank „UDEPO“ online eingesehen werden. Hier können die Daten nach unterschiedlichen Gesichtspunkten gefiltert werden. So kann man sich rasch einen Überblick über Anzahl und Urangehalt der entdeckten Uranlagerstätten verschaffen und eine Aufschlüsselung nach Ländern, Regionen und Lagerstättentypen vornehmen.

In Bezug auf die einzelnen Lagerstätten lassen sich darüber hinaus noch spezifische Informationen, wie geologische Gegebenheiten, Urangehalt, Urankonzentration, Betreiber und ähnliches herauslesen. Es sind jedoch diese Daten zu einem Großteil noch unvollständig und auch nicht immer auf dem aktuellsten Stand.

4.1.1 Arten der Lagerstätten

Um das Verständnis der Verteilung und Eigenschaften von Lagerstätten zu erhöhen und damit auch Grundlagen für die Exploration zu schaffen, ist es nötig, nach Gemeinsamkeiten in den Vorkommen zu suchen und eine Klassifikation zu entwickeln.

Von der IAEA wurden daher aufgrund der geologischen Eigenschaften vorerst 13 Kategorien für Uranlagerstätten festgelegt [VI].

Es erweist sich als schwierig, allen geologischen Gegebenheiten gerecht zu werden und ein System zu schaffen, das sowohl für den Prospektionsgeologen als auch den Ressourcen-Analytiker zufrieden stellend ist, da vor allem die Entstehung verschiedener Lagerstätten immer noch nicht genau geklärt ist [VIII]. Im Grunde finden sich Lagerstätten aus fast allen geologischen Epochen. Sie unterscheiden sich jedoch in ihren Entstehungsbedingungen ebenso wie auch in Größe und Konzentration. Es lässt sich aber eine deutliche Häufung von Lagerstätten in präkambischen Krustenteilen und an deren Randbereichen feststellen [IV].

Im Folgenden findet sich die Klassifikation der IAEA, wie sie für deren Publikation „Uranium 2007: Resources, Production and Demand“ aktualisiert wurde. Die Reihenfolge entspricht in etwa ihrer wirtschaftlichen Bedeutung. Eine genauere Beschreibung der Typen ist in Anhang A zu finden.

- ◆ Diskordanz-gebundene Lagerstätten
- ◆ Sandstein-Lagerstätten
- ◆ Hämatit-Brekzienkomplex-Lagerstätten
- ◆ Quarz-Konglomerat-Lagerstätten
- ◆ Gang-Lagerstätten
- ◆ Intrusivgestein-Lagerstätten
- ◆ Vulkanogene Lagerstätten
- ◆ Metasomatit-Lagerstätten
- ◆ Oberflächennahe Lagerstätten
- ◆ Kollabierte Brekzienröhren-Lagerstätten
- ◆ Phosphorit-Lagerstätten
- ◆ Andere Lagerstättentypen:
 - Metamorphit-Lagerstätten
 - Kalkstein-Lagerstätten
 - Uran-Kohle-Lagerstätten
- ◆ Gesteinsarten mit erhöhter Urankonzentration:
 - Pegmatite mit seltenen Metallen
 - Granite
 - Schwarzschiefer

Diskordanz-gebundene Lagerstätten, wie sie sich vor allem im Athabasca-Basin Kanadas finden (Cigar Lake, McArthur River) zeichnen sich durch einen sehr hohen Urananteil von durchschnittlich 20% aus, und sind daher als äußerst wirtschaftlich anzusehen. Auch in Australien finden sich mit Ranger und Jabiluka große Lagerstätten dieses Typs, die mit 0,2 - 0,5% einen wesentlich geringeren Urangelalt, dafür aber eine größere Ausdehnung haben.

Lagerstätten in Sandstein finden sich weltweit und bilden dadurch einen wichtigen Beitrag zur globalen Uranproduktion. Sie liegen in unterschiedlichen Anreicherungsgraden und Größen vor und können aufgrund der spezifischen Eigenschaften des Sandsteins durch günstiges In-Situ-Leaching (vgl. 6.3) gewonnen werden [IV].

Hämatit-Brekzienkomplex-Lagerstätten wurden bis auf eine Ausnahme bisher nur in Australien gefunden. In diesen Vorkommen liegt der Anteil an Uran nur im Bereich von 0,05%, aber durch den Gehalt von anderen wertvollen Rohstoffen wie Kupfer, Gold und Silber erweist sich die Förderung hier dennoch als ökonomisch sinnvoll.

Eine genaue Aufschlüsselung nach Ländern und Regionen findet sich in Anhang B.

4.2 Definition der Begriffe „Ressourcen“ und „Reserven“

Im Falle von Uran haben sich Definitionen und Klassifikationen der Ressourcen historisch unterschiedlich entwickelt, wodurch natürlicherweise Schwierigkeiten innerhalb der Quantifizierung auftreten.

Was jedoch allen verschiedenen Definitionen gemein ist, ist die Einteilung der Ressourcen in verschiedene Kategorien entsprechend der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der verfügbaren Daten.

Wir betrachten unter dem Begriff „Ressourcen“ die zur Verfügung stehende Menge eines Rohstoffes. Je klarer die äußeren Parameter der Lagerstätten bestimmt sind, desto sicherer kann auch tatsächlich die bestimmte Menge an Uran gefördert werden.

Die Menge der vor Ort vorhandenen Rohstoffe (In-Situ) entspricht aber nicht dem, was tatsächlich gewonnen werden kann. Neben Verlusten im Abbau und der Weiterverarbeitung spielen noch eine Reihe anderer äußerer Einflüsse eine entscheidende Rolle.

Schon 1980 wurde im Survey of Energy Resources [IX] festgestellt: „Eines der grundlegenden Missverständnisse bei den Benutzern der Begriffe ist die herrschende aber nicht gerechtfertigte Annahme, dass die Ressourcen der zur Verfügung stehenden Liefermenge gleichkämen. Dabei werden Parameter wie z.B. wirtschaftliche Fragen, Vorhandensein von Kapital und Arbeitskräften, die physikalische Natur der Lagerstätten, Umweltschutzprobleme, Zeit und lange Vorlaufzeiten ignoriert.“

4.2.1 Einteilung der Ressourcen

Die vorliegende Arbeit stützt sich bei ihrer Klassifizierung vornehmlich auf die Definitionen der IAEA [XIII].

Dort werden die Uranressourcen in einer ersten groben Trennung in konventionelle und unkonventionelle geteilt. Als konventionelle Ressourcen gelten solche, bei welchen Uran alleine in etablierten Verfahren abgebaut wird, sowie jene, bei welchen man Uran als Zweit- oder Nebenprodukt in entsprechend großer Menge gewinnt, wie dies beispielsweise bei Olympic Dam (Australien) der Fall ist. Vorkommen, die einen sehr geringen Urangehalt aufweisen, wie er zum Beispiel im Meerwasser zu finden ist, oder jene, wo Uran nur in kleinen Mengen als Nebenprodukt gewonnen werden kann, werden als unkonventionell bezeichnet.

Betrachtet man nun die konventionellen Ressourcen genauerhin, so lassen sich diese entsprechend der Sicherheit des Vorkommens in 4 Ressourcenkategorien einteilen:

- (1) Reasonably Assured Resources (RAR)
- (2) Inferred Resources
- (3) Prognosticated Resources
- (4) Speculative Resources

Reasonably Assured Resources (relativ sichere Ressourcen, **RAR**) definieren jene Mengen an Uran, die in Lagerstätten von bestimmter Größe und mit definiertem Urangehalt enthalten sind. Sie sind in gegebenen Kostenspannen und mit erprobten Abbau- und Verarbeitungsmethoden gewinnbar. Die große Wahrscheinlichkeit ihrer Existenz basiert auf Probenahmen und diversen naturwissenschaftlichen Messungen.

Unter **Inferred Resources** (vermuteten Ressourcen) versteht man solche Ressourcen, deren Vorhandensein aus geologischen Beweisen von limitiertem Umfang hergeleitet wird, wobei die Vermessung der Lagerstätte aber noch nicht so weit fortgeschritten ist, sie als RAR einzustufen. Die Abschätzung der Menge und Konzentration des Urans ist hier also weniger zuverlässig.

Die Summe aus Reasonably Assured - und Inferred Resources wird als **Identified Resources** (identifizierte Ressourcen, **IR**) bezeichnet. Die oben erwähnten Kostenspannen sind auf beide Subklassen anwendbar. Sie wurden von der IAEA als <40\$/kgU, <80\$/kgU und <130\$/kgU festgelegt¹⁰ und sollen die umfassenden Gesamtkosten der Uranproduktion enthalten. Dazu müssen direkte Abbau-, Transport- und Verarbeitungskosten, Umwelt- und Abfallmanagement, Kosten für Produktionsexpansion und weitere indirekte Kosten berücksichtigt werden.

Prognosticated Resources (vorausgesagte Ressourcen) und Spekulative Resources (spekulative Ressourcen) werden unter dem Begriff **Undiscovered Resources** (unentdeckte Ressourcen) zusammengefasst. Sie beinhalten Ressourcen, die in „Uran-Gegenden“ noch erwartet werden bzw. solche, die man in Regionen mit ähnlichen geologischen Gegebenheiten wie die bekannten Lagerstätten vermutet¹¹. Diese Ressourcen werden in dieser Arbeit nicht betrachtet, da diese aufgrund ihrer Unbestimmtheit für eine wirtschaftliche Abschätzung und damit auch für eine zukünftige Gesamtbetrachtung nicht brauchbar sind.

Im Normalfall werden Ressourcen in gewinnbaren Tonnen Uran ausgewiesen, manchmal auch in Tonnen U_3O_8 .

¹⁰ Die in dieser Arbeit mit RAR oder Identified Resources bezeichneten Ressourcen beinhalten immer die Mengen der höchsten Kostenklasse (<130 US \$/kgU), sofern nicht anders angegeben.

¹¹ 2007 wurden die gesamten unentdeckten Ressourcen auf 10,5 Mio t U geschätzt.

4.2.2 Definitionen der Reserven

Als Reserve wird im Allgemeinen die nach aktuellem Stand der Technik ökonomisch förderbare Menge eines Erzes bezeichnet, welche zumindest in einer Machbarkeitsstudie belegt wird. Diese Studie betrachtet die Art des Abbaues und der Erzverarbeitung, metallurgische und andere wichtige Aspekte, um die Wirtschaftlichkeit zu belegen [X].

In Bezug auf die Klassifikationen der IAEA entsprechen die Reserven dann in etwa den Ressourcenabschätzungen der niedrigsten Kostenkategorie.

Die Kategorie der Reserven wird vornehmlich von in der Uranwirtschaft tätigen Firmen verwendet und für aktuelle Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Jahresberichte herangezogen. Sie werden zumeist von den Gesamtressourcen einer Lagerstätte abgezogen und separat ausgewiesen.

Innerhalb der Kategorie Reserven werden entsprechend der Zuverlässigkeit der Abschätzung, die durch fortschreitende Erkundung eines Erzkörpers gegeben ist, noch bewiesene (proven) und wahrscheinliche (probable) Reserven unterschieden. Anschaulich lässt sich dieser Unterschied wie folgt darstellen: Bei proven reserves handelt es sich um einen Erzkörper, der wohl erkundet und abgegrenzt ist und sich eventuell schon im Abbau befindet. Die zusätzlichen probable reserves finden sich in einer angrenzenden Erzader, die weniger genau erkundet ist, die aber bei einem entsprechenden Ausbau des Minenkomplexes durchaus noch „mitgenommen“ werden kann.

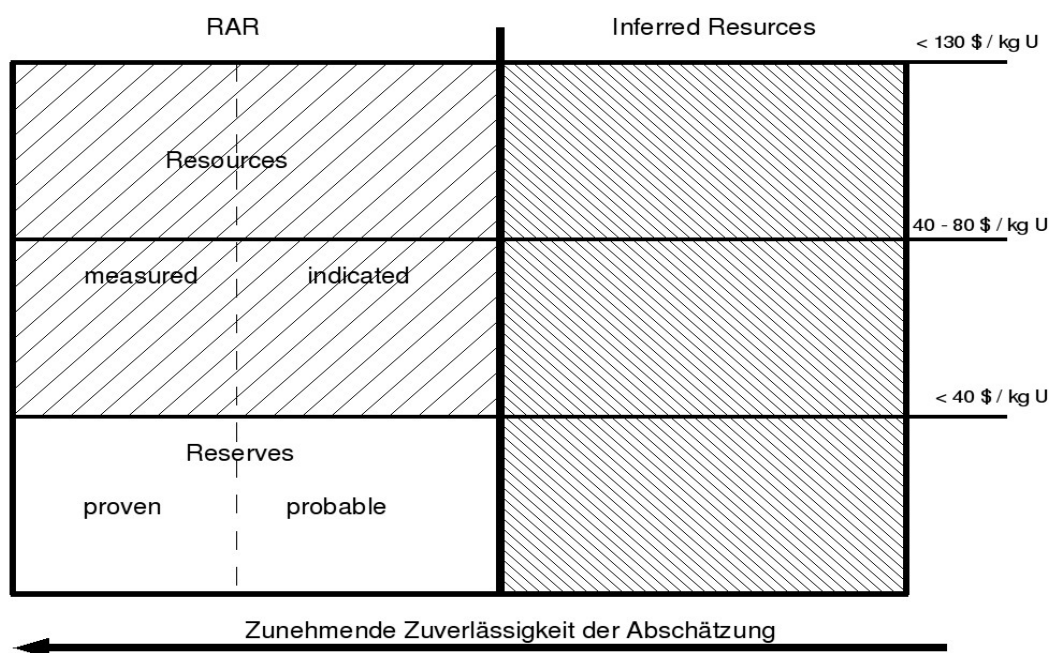


Abbildung 7: Einteilung der Identified Resources

Auch in der Wirtschaft wird zusätzlich zu den Reserven eine Kategorie Ressourcen geführt. Die Charakteristika (Art, Qualität, Konzentration) dieser Lagerstätten sind dabei so weit bekannt bzw. abschätzbar, dass an wirtschaftliche Machbarkeitsstudien gedacht werden kann. Man unterscheidet wie bei den Reserven – nach Wahrscheinlichkeit und Sicherheit der Abschätzung – zwei verschiedene Klassen: Measured und Indicated Resources.

4.2.3 Recoverable Resources

Während die offiziellen Angaben der RAR und Inferred Resources immer auf die gewinnbare Menge Uran zurückgerechnet sind, ist dies bei den Firmenangaben für Reserven nicht unbedingt der Fall. Oft werden die im Boden vorhandenen Gesamtreserven ausgewiesen, die man als In-Situ Reserven/Ressourcen bezeichnet. Die Verluste durch Abbau und Erzverarbeitung, somit also die effektiv förderbare Menge, lassen sich dann aber durch Multiplikation mit dem durchschnittlichen Gewinnungsfaktor (siehe Tabelle 3) bestimmen. Eine genauere Abschätzung ergibt sich, wenn – wie von manchen Firmen in ihren Jahresberichten ausgewiesen – ein Gewinnungsfaktor speziell für die einzelnen Minen ausgewiesen ist.

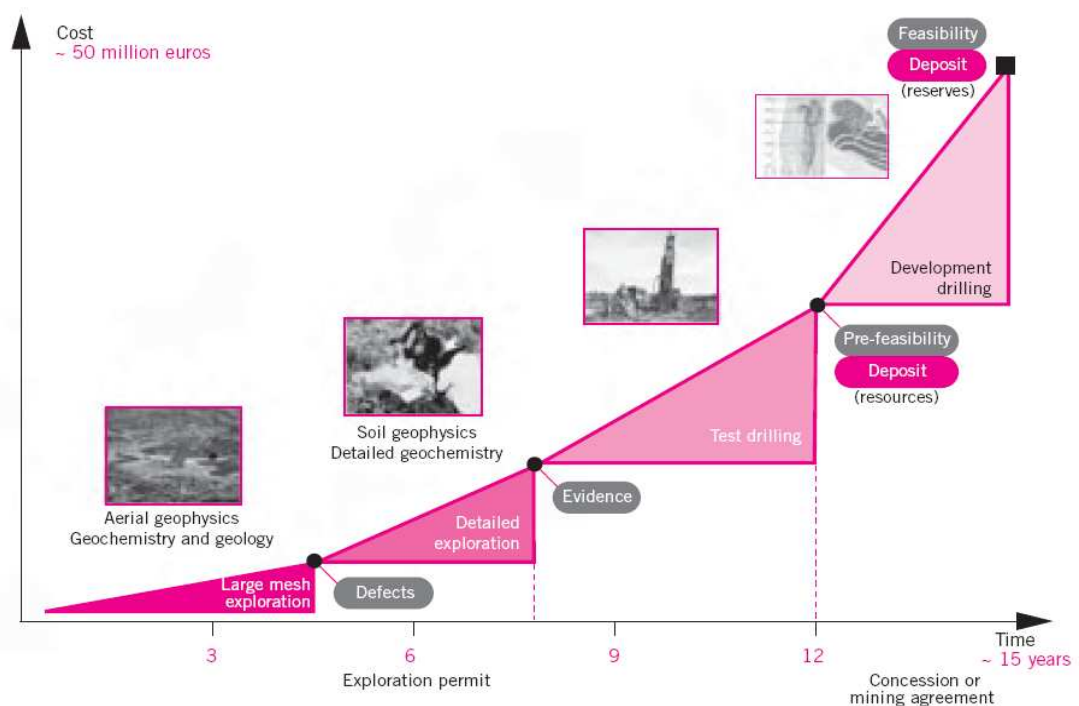
Tabelle 3: Durchschnittliche Gewinnungsfaktoren verschiedener Abbaumethoden [VI]

Abbau- und Verarbeitungsmethode	Gesamter Gewinnungsfaktor (%)
Tagbau mit konventioneller Zerkleinerung	81
Untertagabbau mit konventioneller Zerkleinerung	77
In-Situ-Leaching (Sauer)	75
In-Situ-Leaching (Basisch)	70
Haufen-Laugung	68
Block und Strossen-Laugung	75
Co- oder Nebenprodukt	66
Nicht spezifizierte Methoden	75

5 Exploration

Da Uran in der Natur überall in Spuren vorhanden ist, gilt es, Konzentrationen, die zur wirtschaftlichen Gewinnung brauchbar sind, ausfindig zu machen. Hierzu dient die Exploration. Diese geht der eigentlichen Produktion um Jahre voraus (Abbildung 8) und hier sind auch die ersten Investitionen im Rahmen des Brennstoffkreislaufes nötig.

Uranium mining business model: from exploration to mining feasibility^(*)



(*) Before licensing (exploration and construction permit process: 5 to 10 years).
Source: AREVA.

Abbildung 8: Dauer der Inbetriebnahme einer Lagerstätte

Die Methoden zum Auffinden und Bestimmen von Uranlagerstätten ähneln denen anderer Rohstoffe, beinhalten aber natürlich auch einige spezifische.

Zu Beginn der Suche nach Uranlagerstätten zielt die erste Auswahl auf Gebiete, die geologischen Formationen entsprechen, in welchen Uranvorkommen bevorzugt beheimatet sind. Im letzten Jahrzehnt wurde dieses Spektrum überdies noch auf diskordanz-gebundene Formationen, das sind solche, die hohe Konzentrationen aufweisen, sowie auf Sandsteinlagerstätten, die einen ökonomischen Abbau ermöglichen und geringer Infrastruktur bedürfen, begrenzt [V].

Im ersten Schritt werden nun großflächig gravimetrische und magnetische Messungen sowie „remote sensing“ per Satellit oder Flugzeug durchgeführt. Remote sensing umfasst Auswertungen des elektromagnetischen Spektrums sowie thermischer Beobachtungen [XI].

Zur weiteren Eingrenzung wird dann Gamma-Spektrometrie aus der Luft und in weiterer Folge am Boden betrieben¹².

Wurde ein viel versprechendes Ziel bestimmt, wird nun begonnen, oberflächliche Proben und auch Bohrproben geochemisch und mineralogisch zu untersuchen. Dies ergibt dann eine erste Abschätzung der Ausdehnung der Lagerstätte und der vorhandenen Uranressourcen, sowie eventuell vorhandener anderer wertvoller Ressourcen. Im nächsten Schritt gilt es letztlich zu bestimmen, ob das Uran überhaupt förderbar bzw. förderungswürdig ist, was im Rahmen einer Pre-feasibility Study geschieht. [3a]

Wie schon aus der beschriebenen Vorgangsweise und auch aus Abbildung 9 zu erkennen ist, handelt es sich bei der Exploration um einen langwierigen Prozess, der sich über viele Jahre hinziehen kann. Die historische Entwicklung zeigt aber zusätzlich auch, dass sich dieser Zeitrahmen stetig verlängert. Während vor 1975 der Zeitraum von der Entdeckung einer Lagerstätte bis zu deren Erschließung noch 10 Jahre und teilweise noch deutlich weniger betrug, erstreckt er sich heute auf bis zu 30 Jahre (Abbildung 9). Ursache hierfür sind meist folgende drei Faktoren [XII].

- Die am leichtesten zugänglichen Lagerstätten wurden bereits bis 1975 in Betrieb genommen.
- Strengere Umweltauflagen verlängern den Zeitraum von der Entdeckung bis zur Inbetriebnahme einer Mine.
- Niedrige Uranpreise haben den Start neuer Minen verzögert.

¹² Hierbei ist anzumerken, dass, da die Messung von den Zerfallsprodukten und nicht vom Uran selbst stammt, die Messung fehlerhaft sein kann, wenn das Uran ausgeschwemmt wurde und sich anderswo abgelagert hat. Für manche Lagerstätten ist daher nur die Bestimmung durch induzierte Spaltung genau. Hierzu werden eine Neutronenquelle und ein Neutronendetektor aufgestellt. Die Messung der prompten bzw. verzögerten Neutronen gibt dann Aufschluss über Untergrund. [1c]

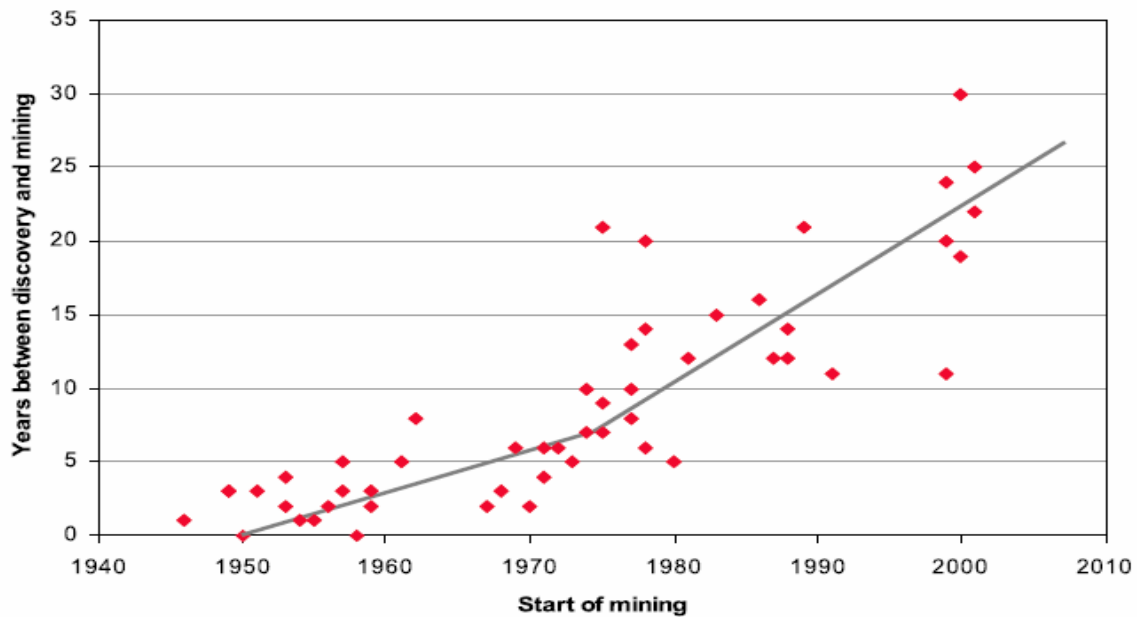


Abbildung 9: Dauer von Entdeckung bis zur Inbetriebnahme von Lagerstätten (Daten: IAEA [XII])

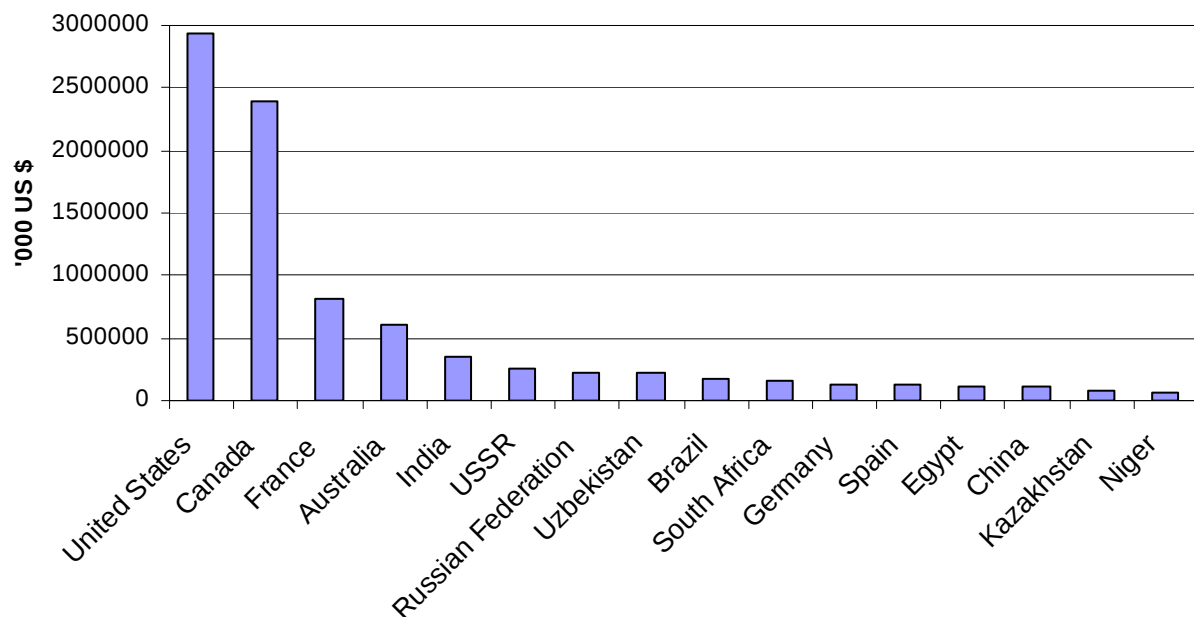


Abbildung 10: Explorationsausgaben gesamt (Daten: IAEA [VI, XIII, XXII])

Bezüglich der Höhe der Ausgaben für die Exploration gibt Abbildung 10 darüber Aufschluss, dass die Vereinigten Staaten und Kanada führend sind. Dies ist nur bedingt richtig, da die Ausgaben Russlands und anderer Länder des ehemaligen Ostblocks erst ab 1990 in die erfassten Daten einfließen. Darauf ist auch der steile Anstieg in Abbildung 11 für dieses Jahr zurückzuführen. Für eine Betrachtung der Trends sind diese Darstellungen jedoch ausreichend, da diese für Ost und West die gleichen sind.

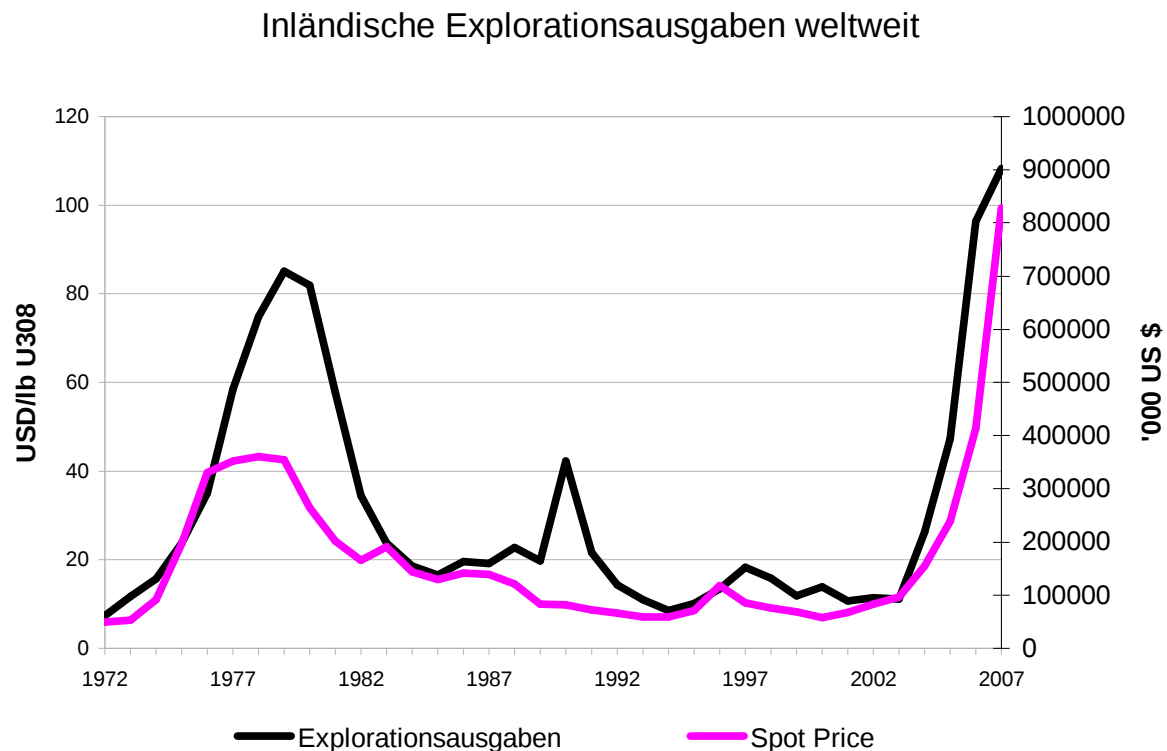


Abbildung 11: Entwicklung Uranpreis und Exploration gesamt (Daten: IAEA, CAMECO [VI, XIII, XXII, 4])

Die Explorationsausgaben zeigen eine enge Korrelation mit dem Uranpreis. Die mangelnde Nachfrage und die niedrigen Preise der Achtziger und Neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts, sowie das Preishoch 1979 spiegeln sich eindeutig in den weltweiten Explorationsausgaben wider. Es zeigt sich auch, dass der Marktpreis in seiner Entwicklung der Exploration immer ein wenig vorausseilt, was auf eine gewisse Trägheit des Marktes zurückzuführen ist, der auf Preisänderungen verzögert mit erhöhter Exploration reagiert. Anders zeigt sich diese Entwicklung ab dem Jahre 2005. Zwar ist ein steiler Anstieg der für Preis und Ausgaben zu erkennen, interessanterweise ist es hier jedoch die Exploration, die dem Preis vorausseilt.

Die letzte Darstellung dieses Kapitels (Abbildung 12) widmet sich noch dem Versuch, Explorationsausgaben, Funde und Gesamtressourcen in Verhältnis zu setzen. Da die Daten für eine weltweite Betrachtung zu lückenhaft sind, wurde im Folgenden exemplarisch Australien betrachtet und die ausführlichen Zahlen der Australian Uranium Association sowie des Länderberichtes aus dem Redbook 2007 verwendet.

Ein Vergleich der Explorationsausgaben mit den Identifizierten Ressourcen zeigt einen korrelierenden Anstieg zu Beginn der Achtziger Jahre sowie in den letzten zehn Jahren.

Zusätzlich wurde für die Funde eine sonst unübliche Darstellung gewählt. Explorationsarbeit bezieht sich oft auch auf bereits entdeckte Lagerstätten und beinhaltet vielfach deren Neubewertungen und Erweiterungen. Daher wurden für die Darstellung der Funde die aktuellen Ressourcen auf den Zeitpunkt der Entdeckung der Lagerstätte gelegt.

Dadurch zeigt sich für Australien, dass die Ressourcen in den vergangenen 30 Jahren zwar stark angestiegen sind, dass dies aber nicht auf die Entdeckung neuer Lagerstätten zurückzuführen ist, sondern vielmehr auf die Neubewertung bereits bekannter.

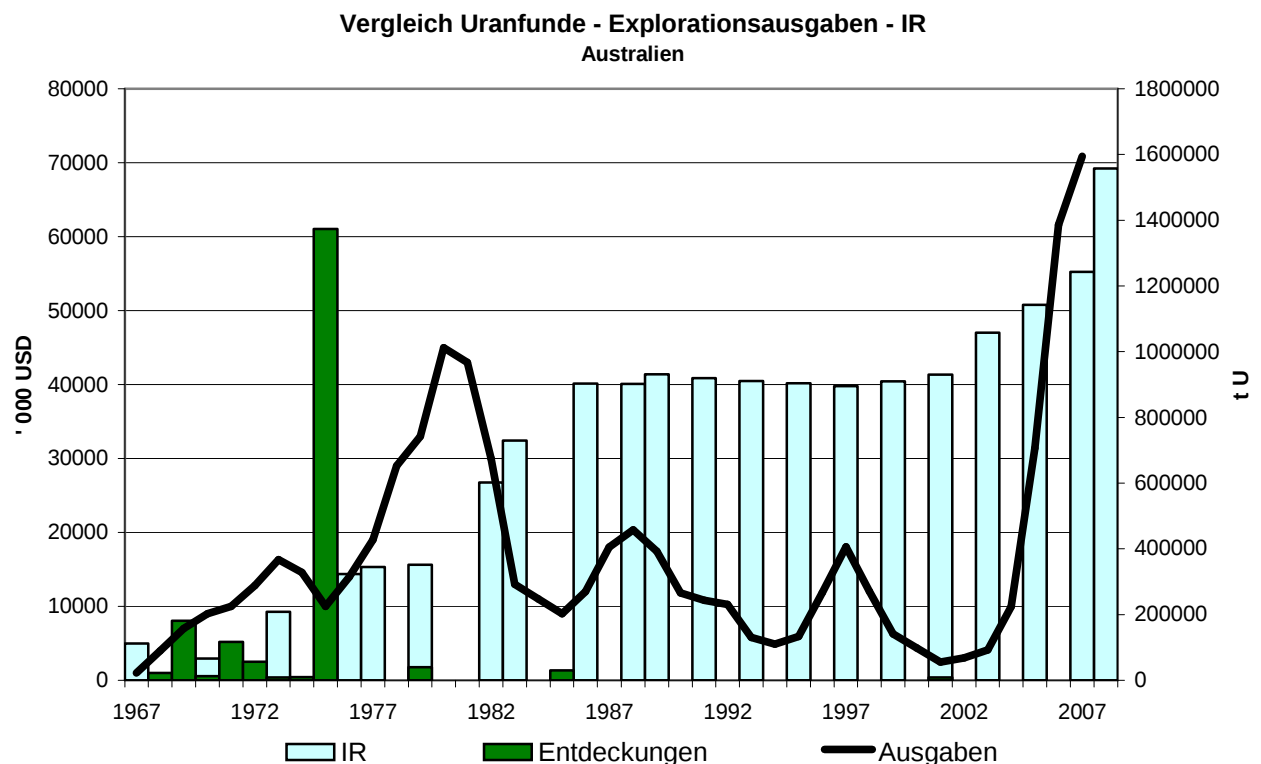


Abbildung 12: Funde, Explorationsausgaben und Ressourcenentwicklung Australiens (Daten: OECD, AUA [XII, 5])

6 Uranbereitstellung

Die Uranproduktion durchlebte in ihrer Geschichte verschiedene Trends. Abgesehen von frühen Unternehmungen zu Forschungszwecken wurde der Abbau von Uran zunächst vom Gedanken der Waffenentwicklung und -herstellung geleitet. Mit den auf die militärische Anwendung folgenden zivilen Reaktoren nahm die kommerzielle Produktion einen erneuten Anstieg, eilte, getrieben von übermäßigen Wachstumserwartungen, dem Bedarf voraus und erreichte im Jahre 1979 einen Höhepunkt.

Mit Ende des kalten Krieges änderte sich jedoch die Entwicklung des Uranmarktes. Einerseits wurden nun die in vergangenen Jahren vor allem in der UDSSR angesammelten Reserven dem Weltmarkt zugänglich gemacht, andererseits wurde hochangereichertes Uran durch die Verringerung des nuklearen Waffenarsenals verfügbar, welches für eine Verwendung als Reaktorbrennstoff umgearbeitet werden kann. Die Folge war eine sinkende Nachfrage nach Natururan, mit der ein Rückgang der Preise, des Abbaus und auch der Explorationstätigkeit einherging (Abbildung 13).

Am Ende dieser Entwicklung eine Situation am Uranmarkt wie wir sie heute kennen, nämlich eine Uranbereitstellung für den weltweiten Reaktorbedarf aus verschiedenen Quellen:

- * Uranminen
- * Lagerbeständen
- * Wiederaufbereitung

Weltweit wurden 2007 rund 69 000 tU zur Energiebereitstellung aus Reaktoren benötigt. Davon können momentan nur noch zwei Drittel aus der direkten Minenproduktion gedeckt werden. Dass dieser Anteil zu gering ist und keine langfristige Sicherung der Versorgung birgt, ist augenscheinlich und spiegelt sich auch in den wiederum steigenden Erkundungstätigkeiten wider.

Das andere Drittel wird aus den oben erwähnten sekundären Quellen (Lagerbestände und Wiederaufbereitung) zur Verfügung gestellt. Sie spielen daher für die Uranversorgung eine bedeutende Rolle und werden in diesem Abschnitt ebenfalls kurz behandelt. Zusätzlich werden auch unkonventionelle Ressourcen am Beispiel von Uran in Phosphaten und im Meerwasser im Folgenden kurz beleuchtet, bevor eine Betrachtung der Produktion aus Minen erfolgt, die den Schwerpunkt dieser Arbeit bildet.

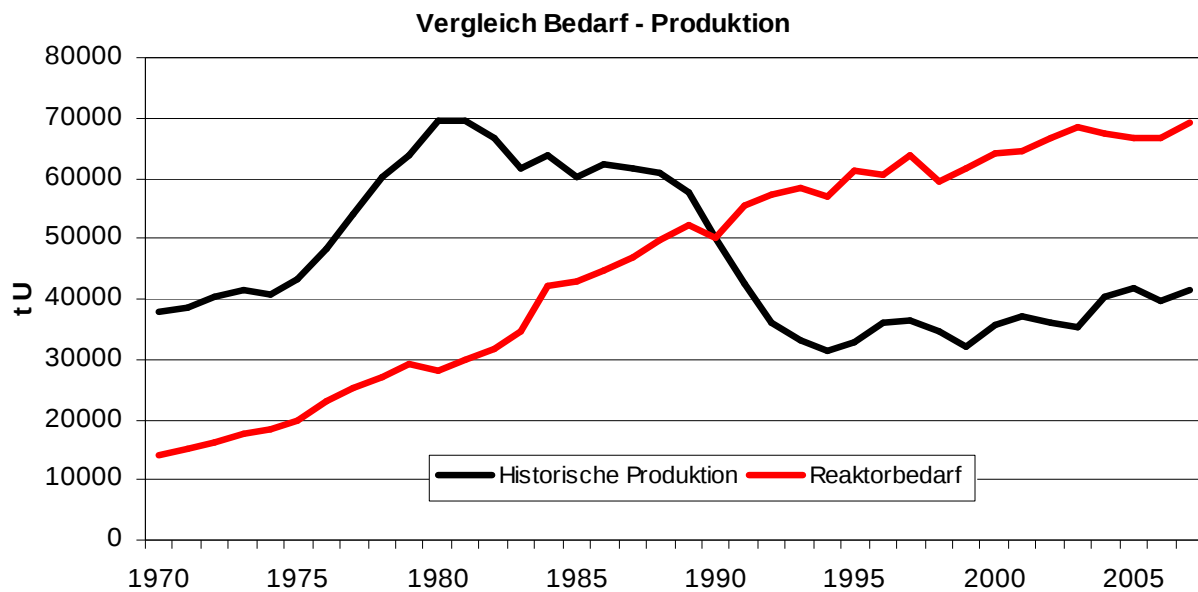


Abbildung 13: Uranproduktion und Uranbedarf weltweit

Daten: OECD, IAEA (XII,XIII)

6.1 Brennstoffbereitstellung aus sekundären Quellen

6.1.1 Brennstoffbereitstellung aus Lagerbeständen und Wiederaufbereitung

Die Lagerbestände von Uran liegen in zweierlei Form vor: Natururan und hoch angereichertes Uran aus Nuklearwaffen.

Natururanlager haben sich in den Jahren der Überproduktion des letzten Jahrhunderts (siehe Abbildung 13) aufgebaut. Diese Reserven wurden – wie bereits erwähnt – mit Ende des kalten Krieges stückweise dem globalen Markt zugänglich gemacht. Die Differenz aus der gesamten weltweiten Uranproduktion und dem in Reaktoren verbrauchten Uran liegt bei etwa 600 000 tU. Ein Großteil dessen wurde aber für den Militärssektor verwendet oder reserviert und wird dies wohl auch bleiben. Signifikante kommerzielle Lagerbestände finden sich, soweit aus offiziellen Daten bestimmbar, mit rund 42 000 tU Uran nur in den Vereinigten Staaten [XIII].

Eine Möglichkeit das Spaltmaterial aus Nuklearwaffen zur Energieproduktion zu verwenden, ergab sich aber aus den Abrüstungsverträgen zwischen den USA und der UDSSR. Hierzu wird das hoch angereicherte Uran aus den Sprengköpfen mit abgereichertem Uran oder Natururan gestreckt und kann somit zu Brennelementen weiterverarbeitet werden. Die Verträge traten 1999 in Kraft und es ist eine Laufzeit von 20 Jahren vorgesehen. Das

Abreichern von 30 t Waffenuran pro Jahr entspricht einer Minenproduktion von 10 600 t U und kann so 13% des derzeitigen Weltbedarfes decken [1e].

Bei der Wiederaufbereitung werden aus verbrauchten Brennstäben ungenutztes Uran sowie Plutonium extrahiert. Derzeit wird sie jedoch nur begrenzt durchgeführt, da es sich um ein aufwendiges und kostenintensives Unterfangen handelt. Die Nutzung von wieder aufbereitetem Uran – so genanntem „reprocessed uranium“ (RepU) – ist weltweit mit weniger als einem Prozent des Bedarfes verschwindend gering. Das gewonnene Plutonium wird in Mischoxid-Brennelemente (MOX) eingearbeitet und kann in dafür lizenzierten Reaktoren verwendet werden. Dies war 2007 in „mehr als 33 Reaktoren“¹³ möglich. Der durch MOX gedeckte Bedarf lag in den vergangenen Jahren zwischen 1000 und 1500 tU (Natururanäquivalente). Im Jahr 2006 war diese Menge *nicht* im weltweiten Gesamtbedarf inkludiert¹⁴ [XIII].

Es scheint sich hier die von Broda [XXIX] 1975 getroffene Annahme auch heute noch zu bestätigen. „Der wirtschaftliche Wert des aus den Reaktoren gewonnenen Plutoniums und auch des rückgewonnenen angereicherten Urans ist bescheiden.“

6.2 Uranbereitstellung aus unkonventionellen Ressourcen

6.2.1 Urangewinnung aus Phosphaten

Die Gewinnung von Uran aus Phosphaten wurde in der Vergangenheit schon in verschiedenen Ländern - vornehmlich als Nebenprodukt der Düngerherstellung - durchgeführt, wurde aber gegen Ende der Neunziger Jahre wieder eingestellt. Dennoch finden sich große Mengen an Uran in den Phosphatlagerstätten (vgl. Abbildung 6), wenngleich diese von niedriger Konzentration sind (0,06 – 0,0006%) [XXVII]. Die Abschätzungen bezüglich der tatsächlich förderbaren Mengen liegen aber nicht in dem nötigen Umfang vor, wie sie dies für konventionelle Ressourcen tun und lassen daher auch keine Einteilung in die üblichen Ressourcenklassen zu. Frühe Redbookausgaben weisen rund 85% der Ressourcen Marokko zu (7,3 -7,6 Mio. t U). Wiederum andere Schätzungen sehen 9 Millionen t U alleine in den Ländern Jordanien, Mexico, Marocco und in den USA. Andere Quellen sprechen gar von 22 Millionen t U weltweit [XIII].

In Anbetracht der Menge an Ressourcen ist es nicht auszuschließen, dass auch die Urangewinnung aus Phosphaten ihren Beitrag zur weltweiten Uranproduktion leisten können. Dies ist jedoch einerseits vom Bedarf an Phosphatdünger und andererseits vom Uranpreis abhängig. Erst bei Preisen von etwa 300 \$/kg könnte diese Art der Urangewinnung

¹³ Diese etwas seltsam anmutende Zahlenangabe wurde dem Redbook 2007 entnommen.

¹⁴ Für die Jahre davor wurde dies nicht dezidiert ausgewiesen.

in größerem Maße wettbewerbsfähig werden. In Fällen, bei welchen der Abbau aus Phosphatlagerstätten schon mit geringerem finanziellen Aufwand machbar ist, wurden diese Ressourcen auch schon den entsprechenden Ressourcenkategorien der Redbookausgaben zugeordnet [XIII]. Jedoch sieht auch die IAEA-Publikation „Analysis of Uranium Supply to 2050“ in der Urangewinnung aus Phosphaten nicht mehr Potential als 3700 t U / Jahr [XXVII], gemessen am derzeitigen Weltbedarf von rund 69 000 t U pro Jahr und dem geplanten Ausbau der Kernenergie auf einen Bedarf von 122 000 t U jährlich im Jahre 2030 [XIII] ein geringer Beitrag.

6.2.2 Urangewinnung aus Meerwasser

Wie bereits erwähnt¹⁵, gelangen große Mengen an Uran über den Wasserkreislauf in die Ozeane. Ausgehend von einer durchschnittlichen Konzentration von 3 mg U/m³ Meerwasser sind dies 4,5 Milliarden Tonnen Uran, wodurch das Meer im Vergleich zu konventionellen Ressourcen mit einer um einen Faktor 1000 größeren Menge, als nahezu unerschöpfliche Uranquelle erscheint. Erste Ideen, diese Quelle zu erschließen, indem das Meerwasser durch Filter gepumpt wird, wurden bereits in den Sechziger Jahren publiziert, jedoch aufgrund der dazu zu bewegendenden riesigen Wassermengen als undurchführbar eingestuft [XXV].

Heute wird die Forschung auf diesem Gebiet nur noch in Japan durchgeführt. Die aktuellen Pläne sehen nicht mehr eine Bewegung des Wassers vor, sondern ein Ausbringen von Absorbermaterial ins Meer, an dem sich das Uran anlagert. Ein diesbezügliches Experiment, in welchem in 240 Tagen 1kg U gewonnen werden konnte, hat gezeigt, dass diese Lösung technisch umsetzbar ist. Jedoch wurden für dessen Durchführung 350 kg Absorbermaterial, etwa 10 Tonnen Rahmen- und Strukturmaterial, sowie 160 Tonnen Verankerungsmaterial benötigt [XXV]. Dieser große Materialaufwand sowie die Tatsache, dass die Folien zur Erreichung ihrer absorbierenden Eigenschaft mit 200 kGy bestrahlt werden müssen [XXVI], lassen vermuten, dass die Energiebilanz dieser Urangewinnungsmethode als nicht zufrieden stellend einzustufen ist. Wird eine großtechnische Umsetzung der Urangewinnung aus Meerwasser angestrebt, so gilt es ferner zu berücksichtigen, dass für die Herstellung der Absorberfolien eine entsprechende Infrastruktur zur Bestrahlung vorhanden sein muss. Zudem werden diese Folien aus der begrenzten Ressource Erdöl hergestellt. Ebenso müssen hinsichtlich der ausgedehnten Strukturen u. a. zu erwartende Auswirkungen auf das marine Ökosystem in die Betrachtungen einfließen.

Die oben angeführten Mengen an Kunststofffolie, Strukturmaterialien, sowie die zur Bestrahlung benötigten Reaktoren lassen diese Art der Urangewinnung aufgrund des Einsatzes an Materialien, Energie und Personal nicht wirtschaftlich erscheinen. Eine genauere quantitative Darstellung würde aber Rahmen dieser Arbeit sprengen.

¹⁵ S.o. Kap. 3.3

6.3 Brennstoffbereitstellung aus Uranminen

Wie aus den eben diskutierten Punkten ersichtlich, ist die Verfügbarkeit von Uran aus sekundären Quellen klar begrenzt und absehbar. Die Gewinnung unkonventioneller Ressourcen scheint derzeit technisch und wirtschaftlich schwer umsetzbar. Es bleibt also der Abbau von Uran als relevante Quelle für die nachhaltige Bereitstellung dieses Energieträgers, weshalb dieser Bericht die Abschätzung der Uranminenproduktion bevorzugt behandelt.

Unter einer Uranmine wird in dieser Arbeit ein Industriekomplex verstanden, der die Gewinnung von Uran aus Gestein bis hin zur Verarbeitung zu einem Produkt aus Uranverbindungen namens „Yellow Cake“¹⁶ umfasst. Der Abbau des Gesteins findet in der eigentlichen Mine statt, die Verarbeitung des Erzes in der zugehörigen Mühle. Oft werden auch mehrere Lagerstätten, so sie nahe genug beieinander liegen, zu einer „Mine“ zusammengefasst und der Reihe nach über eine Mühle abgearbeitet. Sind die Entfernungen nicht zu groß, kann es auch wirtschaftlich sein, Erz aus einer neuen Mine am Standort einer erschöpften Mine zu verarbeiten, anstatt eine neue Mühle zu errichten, wie dies im kanadischen Athabasca Basin gehandhabt wird.

Wurde eine Lagerstätte für den Uranabbau ins Auge gefasst, gilt es als erstes, ein behördliches Genehmigungsverfahren einzuleiten, das sich über mehrere Jahre erstrecken kann. Es werden hier vor allem umweltpolitische Überlegungen angestellt, sowie gesundheitliche, soziale und wirtschaftliche Einflüsse eines solchen Unternehmens betrachtet. Der Betreiber hat außerdem die Verpflichtung, die Wiederherstellung des Geländes nach den Abbautätigkeiten sicherzustellen.

Nachdem die Wirtschaftlichkeit des Abbaus einer Lagerstätte erwiesen scheint und eine erste behördliche Genehmigung erlangt wurde, gilt es zu bestimmen, wie das Erz zu Tage gebracht werden soll. Hierzu gibt es drei gängige Methoden – Open Pit Mining, Underground Mining und In-Situ-Leaching. Um die Entscheidung für eine der Abbaumethoden tätigen zu können, müssen die Eigenschaften des Erzkörpers bereits weitgehend bestimmt sein. Lage, Tiefe, Ausdehnung, Gesteinsart, Geometrie, Hydrologie und andere Faktoren der Lagerstätte fließen in die Überlegungen ein. Natürlich spielen auch wirtschaftliche Überlegungen eine Rolle. Sind verschiedene Varianten denkbar, so wird die ökonomischste gewählt.

¹⁶ Als Yellow Cake wird das Endprodukt der Uranmühlen genannt, das zur Verarbeitung zu Brennelementen weiter geliefert wird. Es besteht vornehmlich aus U_3O_8 und hat den Namen von seiner Farbe.

Open Pit Mining (OP) - Tagbau

Der Tagbau wird bevorzugter Weise für oberflächennahe Uranablagerungen verwendet. Er garantiert eine leichte Zugänglichkeit und ermöglicht so das schnelle Abtragen auch niedergradigen Gesteins, von welchem es naturgemäß größerer Mengen bedarf, um eine adäquate Menge an Uran zu erhalten. Damit geht aber auch ein großer Flächenbedarf für den Abraum und somit ein tiefergehender Eingriff in die Umwelt einher.

Underground Mining (UG) - Untertagebau

Bei tief liegenden Lagerstätten, und hier vor allem bei hoher Urankonzentration, wird der unterirdische Abbau zur Methode der Wahl. Schonung der Oberfläche und eine geringere Menge an Gesteinsbewegung stehen hier höheren Strahlungswerten und einem größeren Aufwand das Erz zu Tage zu bringen, gegenüber.

In-Situ-Leaching (ISL) - Lösungsbergbau

Beim In-Situ-Leaching (auch In-Situ-Recovery) erfolgen keine Erzbewegungen. Die Idee hinter dieser Technik ist vielmehr, das Uran mittels einer Lösung aus der Gesteinsformation zu lösen und an die Oberfläche zu transportieren, um dort das Mineral wieder abzutrennen. Als Lösungsmittel dient das Grundwasser, das entweder mit einer Säure oder einer Base versetzt wird. Grundvoraussetzung für die Durchführbarkeit einer ISL-Anlage ist eine wassergesättigte Lagerstätte, die oben und unten von einer inpermeablen Schicht begrenzt ist und darüber hinaus aus wasserdurchlässigem Gestein (Sandstein) besteht, von dem das Uran leicht gelöst werden kann. Aufgrund der weiten Verbreitung von Sandsteinlagerstätten, der geringen Investitionskosten und dem verminderten Eingriff auf der Oberfläche, gewinnt diese Methode des Abbaus zunehmend an Beliebtheit.

Während das Uran beim ISL bereits in Lösung vorliegt und damit gut extrahiert werden kann, muss es bei den anderen Varianten noch zwischenbearbeitet und vom restlichen Gestein getrennt werden. Dazu erfolgen vorerst eine Zerkleinerung und eine Trennung nach Urankonzentration. Anschließend wird das Uran mittels Lauge ausgewaschen und dann zu „Yellow Cake“ weiterverarbeitet [V].

6.3.1 Auswahl an repräsentativen Ländern

Weltweit wird heute Uran in 20 Ländern gefördert. Die Produktion erfolgt in unzähligen Minen, deren Kapazitäten von einigen wenigen bis zu mehreren Tausend Tonnen Uran streuen. Eine Erfassung aller Minen übersteigt den Rahmen dieser Arbeit bei weitem, ist aber auch für eine gute Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der globalen Minenlandschaft nicht erforderlich. Ein Blick auf die Gesamtressourcen der Welt verrät, dass einige wenige Länder große Mengen ihr Eigen nennen und somit die kleinen Minen anderer Länder nur wenig Relevantes zum globalen Bild beitragen [XIII].

Im Rahmen einer detaillierten Auswertung wurde die Auswahl somit auf die folgenden Länder beschränkt:

- Australien
- Kanada
- Kasachstan
- Namibia
- Niger

74,5 % der weltweiten Produktion kamen im Jahr 2007 aus diesen Ländern (Tabelle 5). Darüber hinaus finden sich dort zehn der zwölf größten Minen (Tabelle 6). 57,9% der globalen Ressourcen liegen in diesen fünf Staaten.

Im nächsten Abschnitt folgt eine genaue Analyse dieser ausgewählten Länder. Da bezogen auf die verfügbaren Ressourcendaten auch noch einige andere Länder für die Entwicklung des globalen Uranmarktes von Bedeutung sein könnten, im speziellen China, Russland, Südafrika und die USA, wurde versucht auch diese Länder tiefergehend zu bearbeiten. Die zugänglichen Daten zeigten jedoch zu wenig Information und nur mäßig fortgeschrittene Entwicklungspläne, sodass keine detaillierte minenbasierte Länderbetrachtung durchführbar war. Ausgehend von den heutigen Produktionsdaten wurden daher für die zuletzt genannten Staaten Darstellungen der gesamten Länderressourcen durch Glockenkurven erstellt.

Alle übrigen Länder mit Uranvorkommen wurden als „Andere Länder“ zusammengefasst und deren zukünftige Entwicklung ebenso per Glockenkurve angenähert. Die gleiche Zusammenführung erfuhren auch diejenigen Ressourcen, die zwar in den fünf detailliert betrachteten Ländern liegen, jedoch keinem Abbauvorhaben zugeordnet werden konnten.

Tabelle 4: Ressourcen ausgewählter Länder (Daten: IAEA (XIII))

	Kategorie	Kostenklasse		
		<40 US\$/kgU	<80 US\$/kgU	<130 US\$/kgU
Australien¹	RAR	709 000	953 000	964 000
	Inferred Resources	487 000	577 000	593 000
	Identified Resources	1 196 000	1 530 000	1 557 000
Kanada	RAR	270 100	329 200	329 200
	Inferred Resources	82 300	94 000	94 000
	Identified Resources	352 400	423 200	423 200
Kasachstan	RAR	235 500	344 200	378 100
	Inferred Resources	281 800	407 400	439 200
	Identified Resources	517 300	751 600	817 300
Namibia	RAR	56 000	145 100	176 400
	Inferred Resources	60 400	85 200	98 600
	Identified Resources	116 400	230 300	275 000
Niger	RAR	21 300	44 300	243 100
	Inferred Resources	12 900	30 900	30 900
	Identified Resources	34 200	75 200	274 000
Total 5	RAR	1 291 900	1 815 800	2 090 800
	Identified Resources	2 216 300	3 010 300	3 346 500

¹ Anstelle der Daten von Anfang 2007 aus dem Redbook wurde das Update aus dem Länderbericht des Redbook (August 2007) verwendet, das keine Ressourcen < 40\$/kg ausweist. Der Stand der Ressourcen <40\$/kg ist daher von Anfang 2007

China	RAR	31 800	44 300	48 800
	Inferred Resources	7 500	17 600	19 100
	Identified Resources	39 300	61 900	67 900
Russland	RAR	47 500	172 400	172 400
	Inferred Resources	36 100	323 000	373 300
	Identified Resources	83 600	495 400	545 600
Südafrika	RAR	114 900	205 900	284 400
	Inferred Resources	119 800	137 300	150 700
	Identified Resources	234 700	343 200	435 100
USA	RAR	-	99 000	339 000
	Inferred Resources	-	-	-
	Identified Resources	-	99 000	339 000
World Total	RAR	1 766 400	2 837 000	3 557 300
	Identified Resources	2 970 000	4 770 400	5 782 800

Prozentueller Anteil RAR

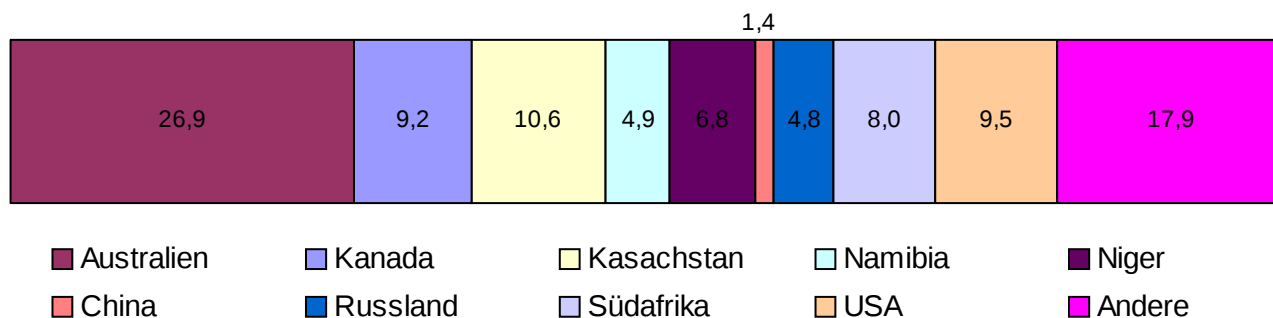


Abbildung 14: Weltweite Verteilung der Ressourcen - RAR

Prozentueller Anteil Identified Resources

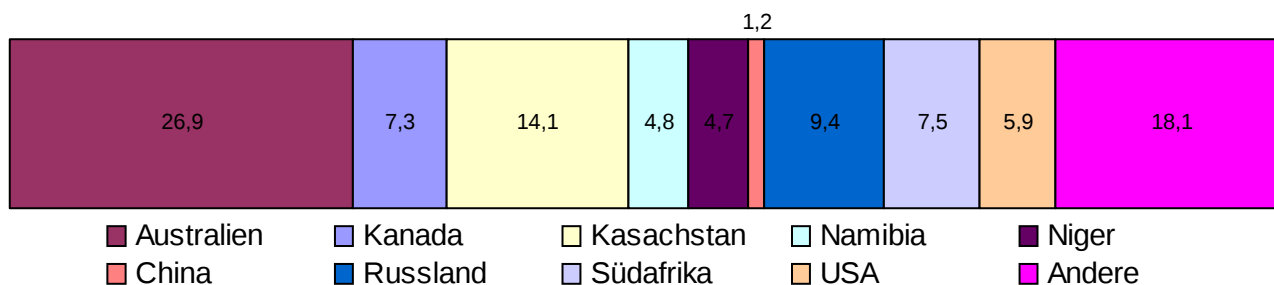


Abbildung 15: Weltweite Verteilung der Ressourcen – Identified Resources

Tabelle 5: Top 10 Uranproduktion nach Ländern 2007 (Quelle: WNA¹ (1d))

Land	Produktion [t U]	% der Weltproduktion
Canada	9476	23
Australia	8611	20,9
Kazakhstan	6637	16,1
Russia	3413	8,3
Niger	3153	7,6
Namibia	2879	7
Uzbekistan	2320	5,6
USA	1654	4
Ukraine	846	2
China	712	1,7

(¹Leichte Abweichungen von den in dieser Arbeit bestimmten Daten durch Rundung sind möglich)

Tabelle 6: Größte Uranminen 2007 (Quelle: WNA¹ (1d))

Mine	Land	Produktion	% der Weltproduktion
McArthur River	Kanada	7199	17,4
Ranger	Australien	4589	11,1
Olympic Dam	Australien	3388	8,2
Kraznokamensk	Russland	3037	7,4
Rossing	Namibia	2583	6,3
Arlit (Cominak)	Niger	1750	4,2
Rabbit Lake	Kanada	1544	3,7
Akouta (Somair)	Niger	1403	3,4
Akdala	Kasachstan	1000	2,4
Zafarabad	Usbekistan	~900	2,2
McClellan Lake	Kanada	734	1,8
Beverley	Australien	634	1,5
Top 12		28761	69,7
Total World		41279	100

¹Leichte Abweichungen von den in dieser Arbeit bestimmten Daten durch Rundung bei der Umrechnung sind möglich

7 Uranminen ausgewählter Länder

7.1 Uranminen Australiens

In Australien begann nach der anfänglichen Extraktion von Uran in kleineren Mengen für militärische Zwecke in den späten Sechziger und Siebziger Jahren eine Explorationswelle für den aufkeimenden Nuklearenergiesektor. In dieser Zeit wurden viele der etwa 70 heute bekannten Lagerstätten entdeckt, welche - nach einigen Revisionen - Australien heute zum Land mit den meisten identifizierten Ressourcen machen (1557000 tU). Die Gesamtproduktion konnte von einigen hundert Tonnen Anfang der Siebziger Jahre auf 8602 tU im Jahre 2007 gesteigert werden, wobei der Ertrag heute aus den drei Minen „Olympic Dam“, „Ranger“ und „Beverley“ stammt.

Die Lagerstätten verteilen sich über den ganzen Kontinent und unterliegen dem politischen Einfluss der territorialen Regierungen einerseits und der indigenen Bevölkerung andererseits. Die Einstellung der Ureinwohner ist insofern von großer Bedeutung, als dass ihnen in den letzten Jahrzehnten vielfach wieder Land zugesprochen wurde, welches ihnen nach der Eingliederung unter die britische Krone genommen wurde. Somit obliegt es oft dem Wohlwollen eines Stammes, ob Uranbergbau betrieben werden kann oder nicht. Der Einfluss der Politik zeigt sich am Beispiel Western Australia, wo sich nach jahrelangem Abbauverbot mit der neuen Regierung eine Trendwende abzeichnet und damit die Eröffnung neuer Minen möglich wird. Die Bevölkerung in betroffenen Gebieten hatte sich hier schon früher für die Uranförderung ausgesprochen. Im Folgenden werden kurz einige Projekte beispielhaft betrachtet.

Mt Gee

Die Lagerstätte liegt in South Australia. Das Projekt wird von Marathon Resources betrieben und seine Ressourcen mit 22 800 t U ausgewiesen. Geplant ist eine Minenlaufzeit von 13 Jahren bei einer jährlichen Förderungsrate von 760 t U. Aufgrund des fortgeschrittenen Planungs- und Bewilligungsstadiums wurde diese Mine in die Landesbetrachtung mit einbezogen.

Kintyre

Die 1985 entdeckte Mine liegt in Western Australia und war bis Mitte 2008 in Besitz der Firma Rio Tinto, wurde von dieser aber vermutlich aufgrund des Abbauverbotes verkauft. Neue Eigentümer sind Cameco und Mitsubishi, die für das Vorankommen des Projektes die Unterstützung der finanziell beteiligten Ureinwohner haben. Die Aufhebung des

Uranabbauverbotes bedeutet für diese Mine wohl grünes Licht zur Inbetriebnahme und würde den Abbau von geschätzten 30 000 tU ermöglichen.

Jabiluka

In dieser 1971 entdeckten Lagerstätte sollen ca. 50 000 tU an Reserven und zusätzliche Ressourcen von 65 000 t U zu finden sein. Umweltauflagen, bedingt durch die Lage am Rande des Kakadu National Parks im Norden Australiens, machen jedoch die Möglichkeit einer Inbetriebnahme ungewiss. Über die Jahre wurden verschiedene Umweltstudien und Minenplanungen am Standort durchgeführt. Der aktuellste Plan sieht eine Verarbeitung des Erzes in der Mühle der Ranger Mine nach deren Auslaufen vor und eine Inbetriebnahme käme somit erst ab diesem Zeitpunkt in Frage. Darüber hinaus ist eine Zustimmung der ansässigen Ureinwohner Voraussetzung.

Koongarra

Koongarra ist eine vom Kakadu National Park umgebene Lagerstätte, die in etwa 12 000 t U beinhaltet. Nach derzeitigen Bestrebungen soll das Gebiet eher in den Park eingegliedert werden, als es für den Uranabbau nutzbar zu machen.

Die zukünftigen Produktionsabschätzungen Australiens sowie auch die Ressourcenabschätzungen zeigen eine klare Dominanz der Olympic Dam Mine. Mehr als 80% der Reasonably Assured- und Identified Resources¹⁷ sind dieser zuzuordnen. Dementsprechend liegt auch der Schwerpunkt der folgenden Betrachtung auf dieser Mine. Alle Ressourcenkategorien wurden mit und ohne Ausbau von Olympic Dam betrachtet (Siehe detaillierte Minenbeschreibung 7.1.1).

Die Darstellung der Reserven des Landes (Abbildung 16 und 17) wurde mit der historischen Entwicklung des Landes verbunden, um auch ein Bild der vergangenen Produktion zu bekommen. Die angehängten Kurven in diesen Abbildungen lassen auf den ersten Blick noch große Reserven vermuten, jedoch ist zu beachten, dass es sich hierbei um RAR-Kurven handelt und nicht um Reserven. Das Gros dieser Uranmenge steckt in den RAR-basierten Ausbaukapazitäten von Olympic Dam.

Die Produktionsabschätzungen für die Kategorien RAR und Identified Resources gestalten sich ähnlich. Lediglich die Laufzeit der australischen Minenproduktion ändert sich im zweiten Fall entsprechend des Outputs von Olympic Dam um etwa 30 Jahre bis fast 2100. Sollte ein plangemäßer Ausbau von Olympic Dam gelingen, so zeigt sich für beide Kategorien ein Produktionsmaximum, das gegen Ende des nächsten Jahrzehnts auftritt und nahezu bei 24 000 t U liegt.

¹⁷ Zur Betrachtung der Ressourcen wurde das Update für Australien aus dem Redbook herangezogen (Uranium 2007:Resources, Production and Demand, IAEA/OECD S. 104)

Sollte die Erweiterung von Olympic Dam nicht durchgeführt werden können, so ist mit einem Verlauf, wie er in Abbildung 19 dargestellt ist, zu rechnen. Die Produktion würde ihr Maximum im Jahre 2015 bei 12 000 t U finden und in den folgenden 10 – 15 Jahren in einen Bereich von 4 000 – 6 000 t U absinken.

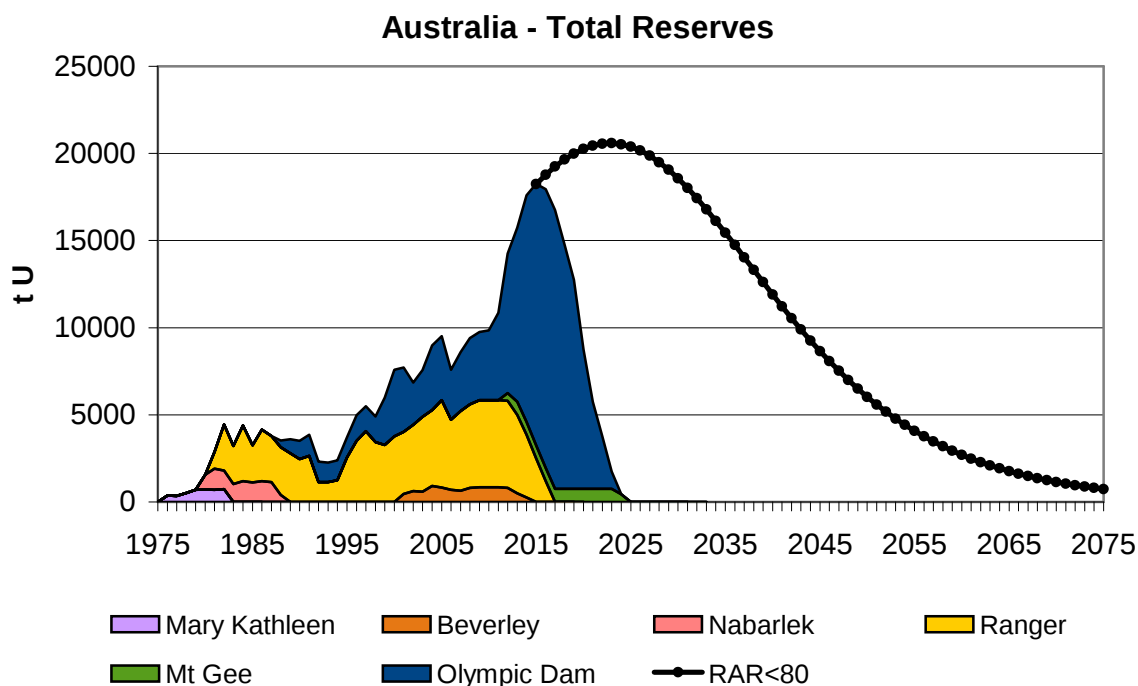


Abbildung 16: Australien - Reserven (Variante 1)

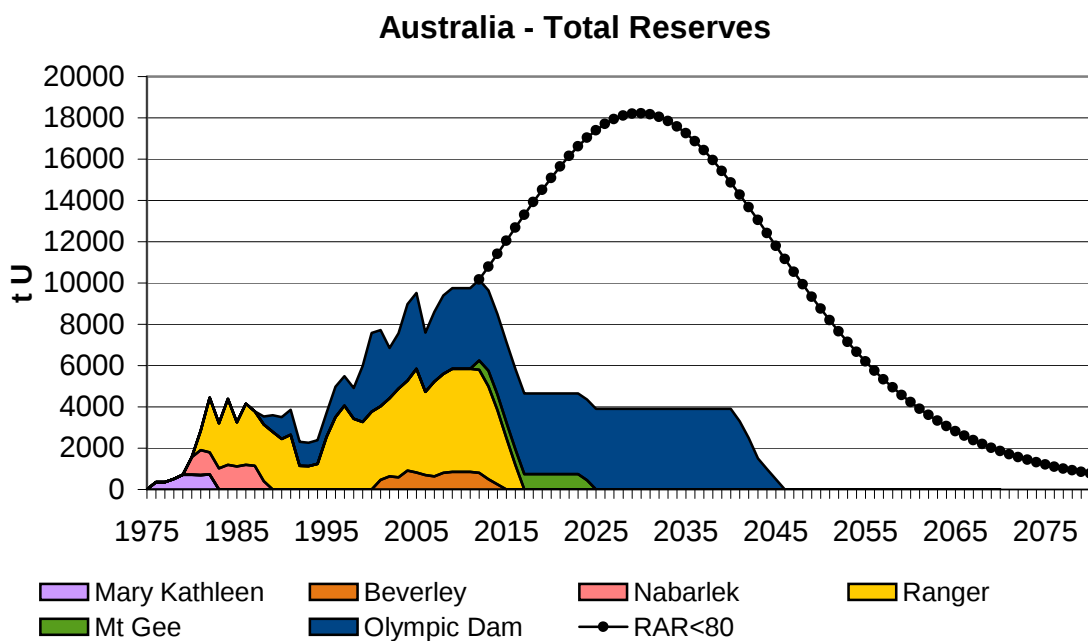


Abbildung 17: Australien - Reserven (Variante2)

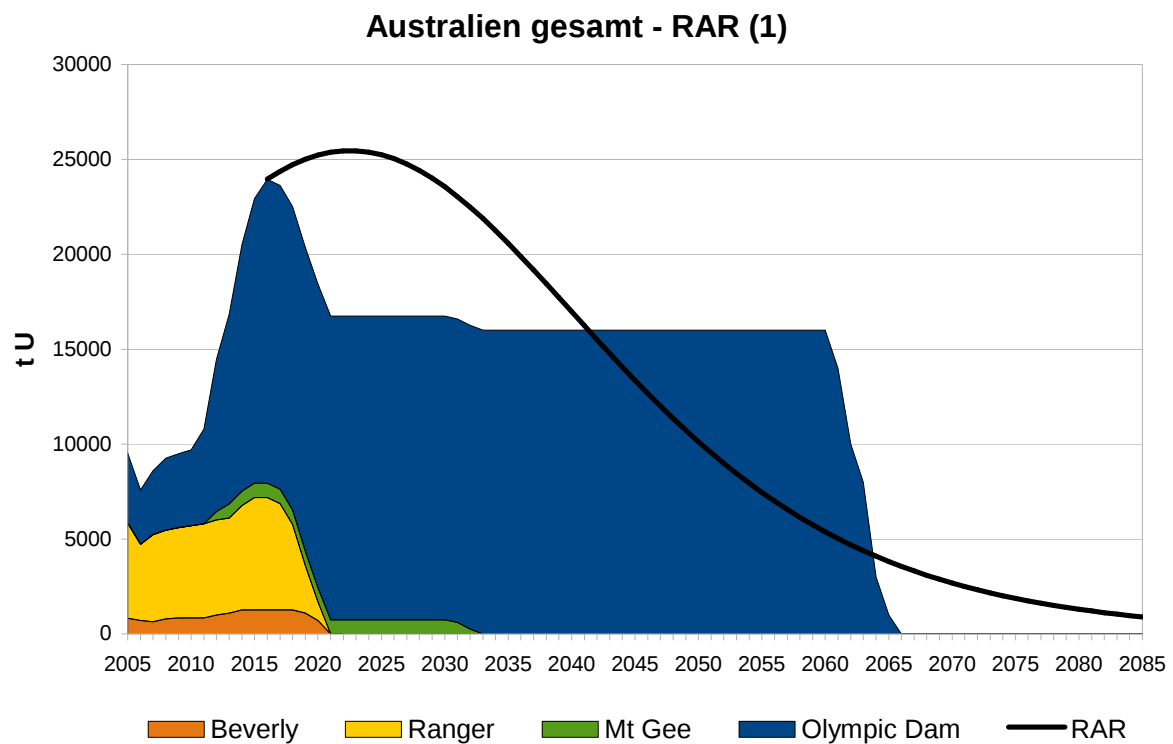


Abbildung 18: Australien - RAR (Variante 1)

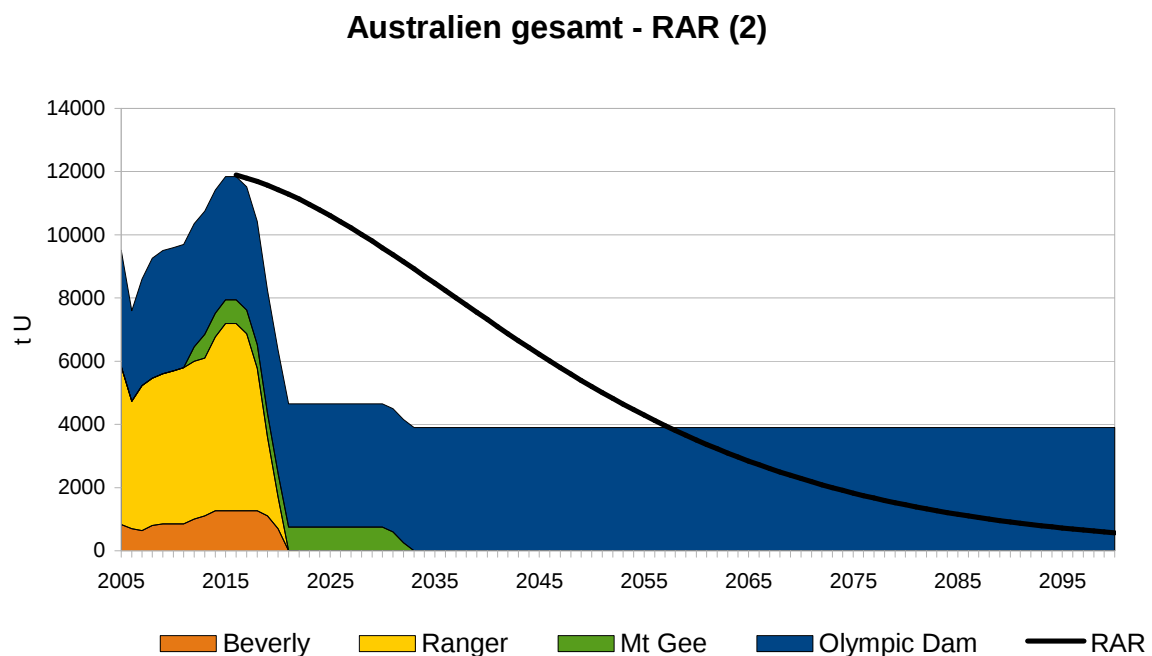


Abbildung 19: Australien - RAR (Variante 2)

Olympic Dam wurde bei 2100 abgeschnitten, und der Überschuss von den Landes-RAR abgezogen. Da die Abbildung für Identified Resources dieser sehr ähnlich ist, wurde auf eine eigene Darstellung verzichtet.

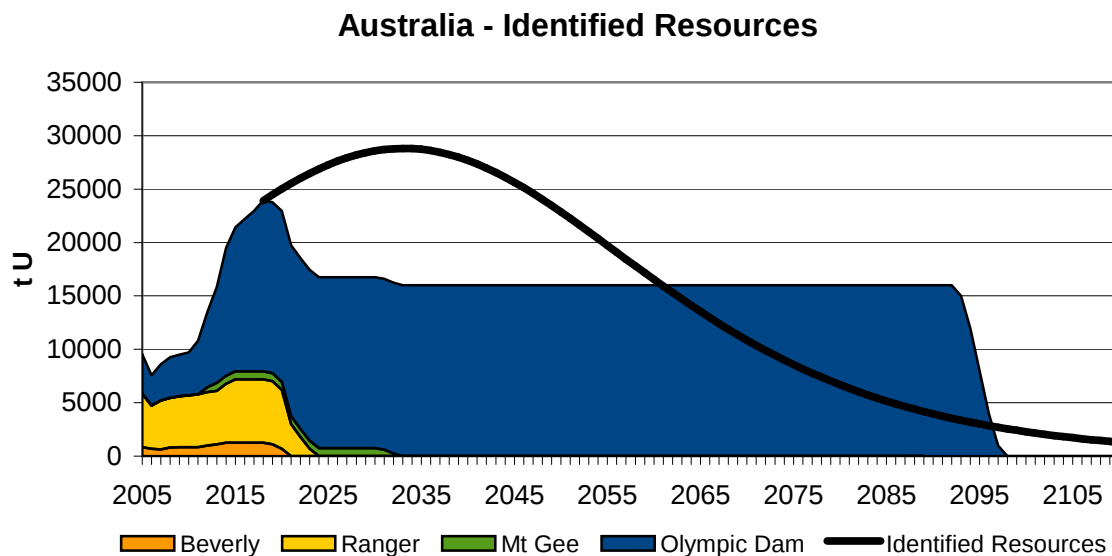


Abbildung 20: Australien - Identified Resources

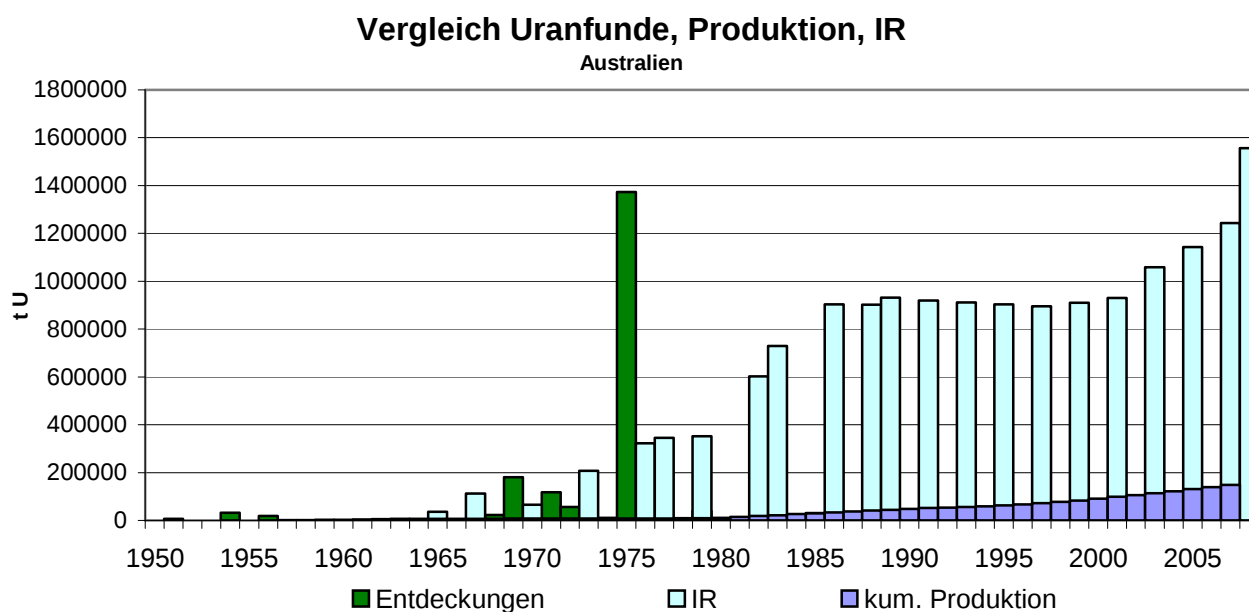


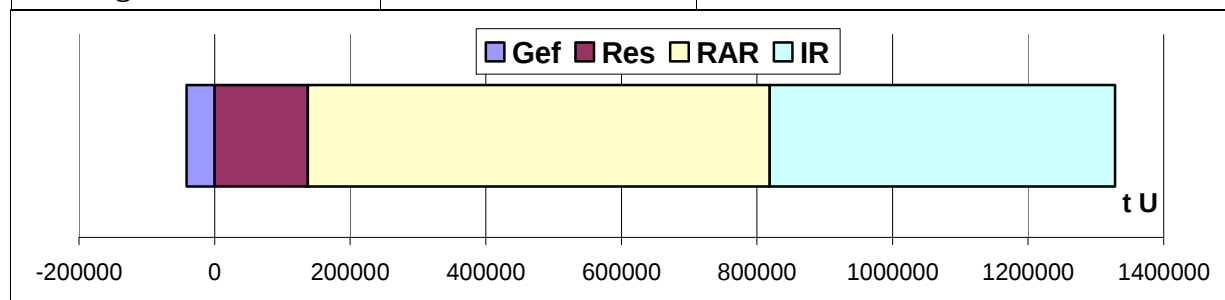
Abbildung 21: Historische Entwicklung Australien

Tabelle 7: Ressourcen - Australien

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:		953000	964000
Inferred:		577000	593000
Identified Resources:		1530000	1557000

7.1.1 Olympic Dam

Allgemeine Information:	Liegt 560 km nördlich von Adelaide und wurde 1975 entdeckt. Olympic Dam ist die größte bekannte konventionelle Uranlagerstätte der Welt. Es werden dort Kupfer und Uran als Hauptprodukte, aber auch Gold und Silber gewonnen.	
Eigentümer/Betreiber:	BHP Billiton	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Hämatit-Brekzienkomplex
	Abbau:	Underground (350 m)
	Inbetriebnahme:	1988
	Kapazität [t U/Jahr]:	3930
	Gewinnung:	70%
	Konzentration:	0,03 - 0,06 %
	Lebenserwartung:	36 a
Expansionspläne:	Redbook 2007 erwartet Kapazitätsausweitung auf 12720 t U; laut BHP Expansionsplan auf 16000 t U	
Reserven [t U]:	Proven Reserves:	22 800
	Probable Reserves:	114 700
	Total Reserves:	137 500
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	142 700
	Indicated Resources:	538 600
	RAR:	818 800
	Inferred Resources:	509 000
Identified Resources [t U]:		1 327 800
Bisher gefördert [t U]:		41 393



Olympic Dam ist ein Beispiel für eine By-Product-Mine. Dies bedeutet, dass ein Rohstoff in zu geringer Konzentration vorliegt, um ihn wirtschaftlich zu gewinnen. Im Falle von Olympic Dam liegen aber neben Uran hauptsächlich Kupfer aber auch Gold und Silber im Erz vor. Die Gewinne stammen zu 75% aus dem Kupferverkauf, 20% aus dem Uranverkauf und der Rest des Erlöses kommt von Gold und Silber.

Aktuell laufen die Planungen für eine groß angelegte Expansion des Uranabbaues. Eine Erhöhung auf 16 000 t U und damit einhergehend 730 000 t Cu ist geplant. Eine solche Mine würde einer Gesteinsbewegung von einer Million Tonnen pro Tag bedürfen. Um bei den Extraktionskosten und vor allem dem Energieaufwand vor Ort Einsparungen zu ermöglichen, wurde angedacht, unverarbeitetes Uran – Kupfer – Gemisch zu exportieren und anderenorts weiterzuverarbeiten.

Bei der Darstellung der Reserven in Abbildung 22 wurde dieser Ausbau nicht berücksichtigt, da genaue Daten zur Inbetriebnahme – außer einer Angabe des Redbooks für Mitte des nächsten Jahrzehntes – nicht bestimmt werden konnten und die Laufzeit ohne Erweiterung dem aktuellen Mining Plan entspricht.

Ähnlich wurde in Abbildung 23 vorgegangen. Auch hier wurde keine Erweiterung angenommen, jedoch wurde hier das Diagramm bei 2100 abgeschnitten, da sich die Lebensdauer bei dieser Produktionsrate auf über 200 Jahre verlängern würde, was keine realistische Abschätzung möglich macht. Diese Kurve ist bei der Gesamtbetrachtung des Landes für den Fall, dass kein Ausbau möglich ist, hilfreich.

In der letzten Abbildung sind die Produktionskurven für alle Ressourcenkategorien mit Ausbau dargestellt. Hierzu wurde ein kontinuierlicher Anstieg bis 2016 angenommen.

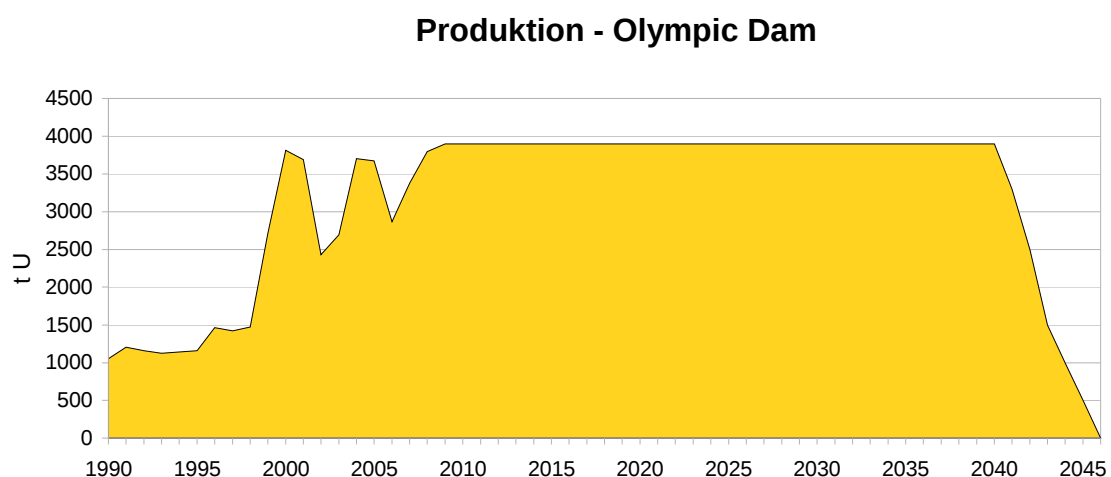


Abbildung 22: Historische Produktion Olympic Dam und Produktionsabschätzung mittels Reserven. Dies entspricht auch dem aktuellen Mining Plan.

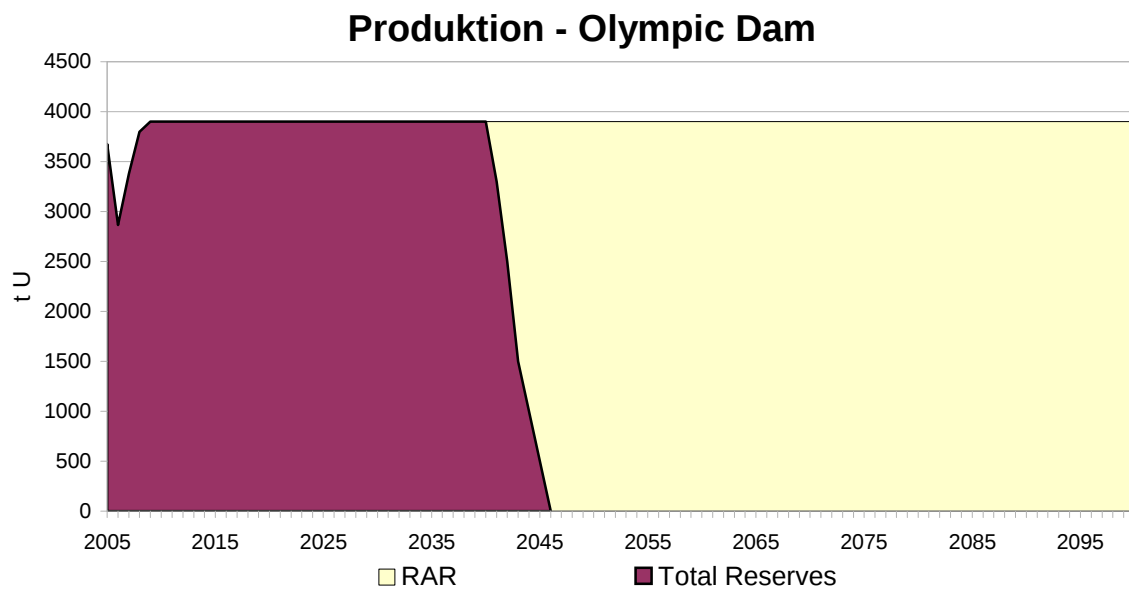


Abbildung 23: Olympic Dam ohne Produktionsausbau

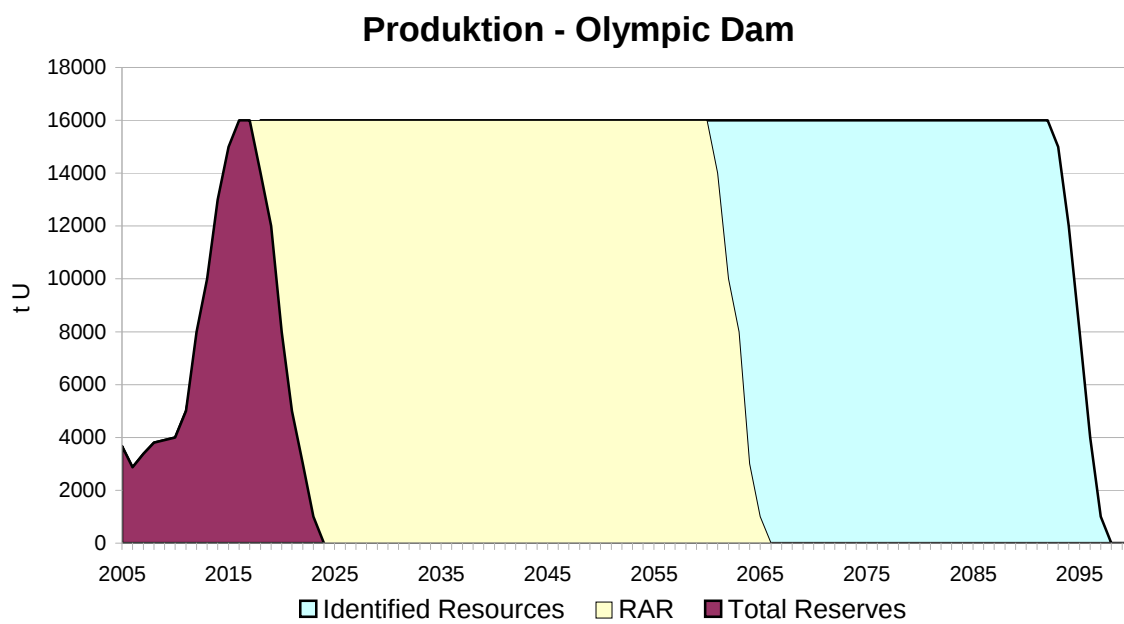
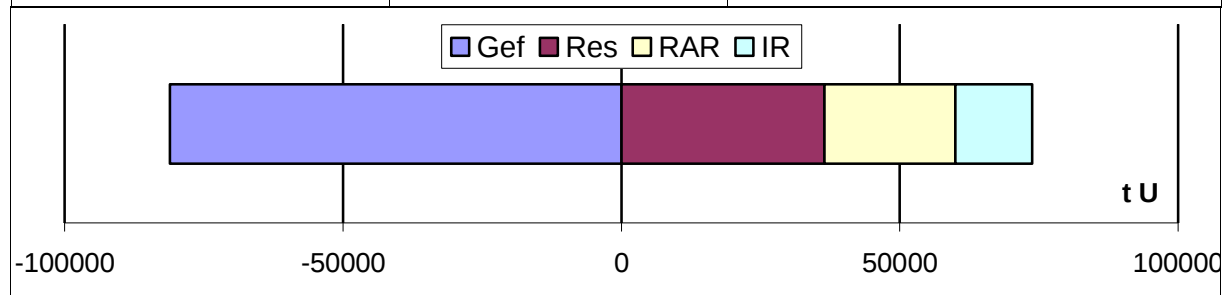


Abbildung 24: Olympic Dam bei Produktionsausbau

7.1.2 Ranger

Allgemeine Information:	Liegt im Norden der Northern Territories und ist umgeben vom Kakadu National Park. Wurde 1969 entdeckt.	
Eigentümer/Betreiber:	Energy Resources of Australia (ERA) - Tochter von Rio Tinto.	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Diskordanz-gebunden
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	1980
	Kapazität [t U/Jahr]:	4660
	Gewinnung:	86,9%
	Konzentration:	0,07 – 0,18 %
	Lebenserwartung:	Mining bis 2014, Milling bis 2020
Expansionspläne:	Erweiterung um 930 tU ab 2013	
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	25 450
	Probable Reserves:	11 050
	Total Reserves:	36 500
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	8 500
	Indicated Resources:	15 000
	RAR:	60 000
	Inferred Resources:	13 800
Identified Resources [t U]:		73 800
Bisher gefördert [t U]:		81 101



In den folgenden Abbildungen (25 und 26) ist die historische Produktion der Ranger Mine dargestellt, sowie eine Abschätzung der zukünftigen Produktion für die Ressourcenkategorien. Die historischen Produktionen der ersten 20 Jahre wurden gemittelt, da die Geschäftsjahre bis 2001 von Juli bis Juni liefen. Für die Reserven-Kategorie wurde kein weiterer Minenausbau angenommen, für RAR und IR hingegen schon. Der Mining-Plan von Rio Tinto entspricht dem Produktionsverlauf der RAR.

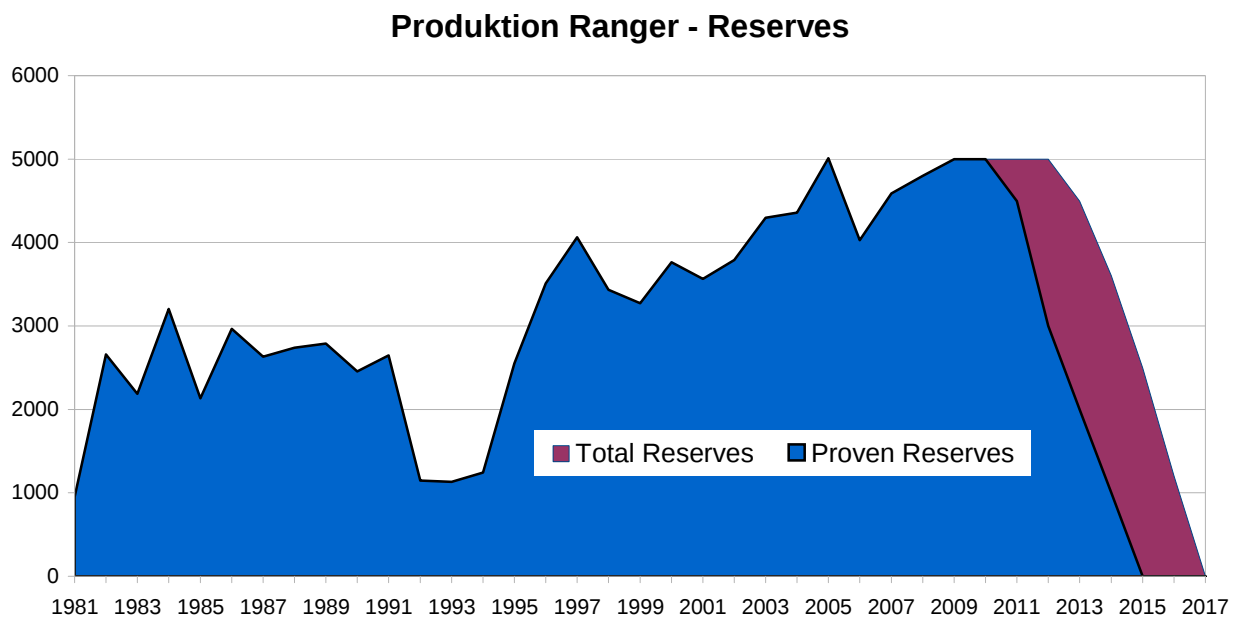


Abbildung 25: Ranger - Entwicklung der Produktion für Reserven

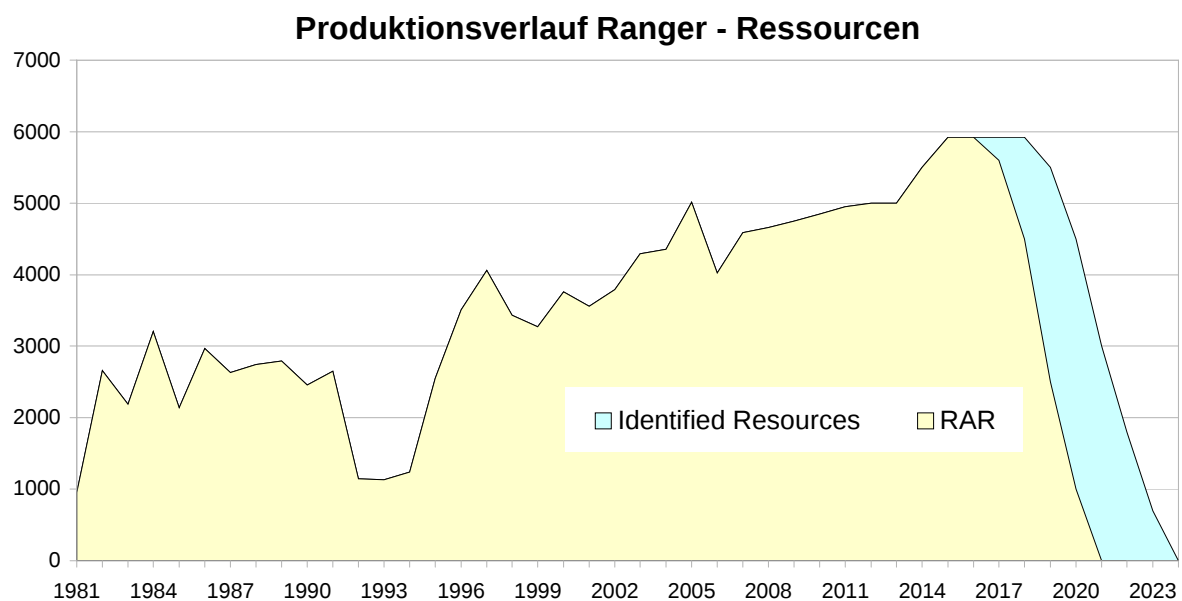


Abbildung 26: Ranger - Abschätzung des Produktionsverlaufes für Ressourcen

7.1.3 Beverley

Allgemeine Information:	Ist wie Olympic Dam in South Australia gelegen. Wurde 1969 entdeckt.	
Eigentümer/Betreiber:	Heathgate Resources (Tochtergesellschaft von General Atomics)	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	In-Situ-Leaching
	Inbetriebnahme:	2000
	Kapazität [t U/Jahr]:	848
	Gewinnung:	65%
	Konzentration:	0,15 %
	Lebenserwartung:	15 – 30 a
Expansionspläne:	Produktionserweiterung auf 1270 t U möglich, falls dies vom Betreiber als wirtschaftlich betrachtet wird.	
Reserven [t U]: (Mit Beginn 2007)	Proven Reserves:	
	Probable Reserves:	
	Total Reserves:	5 550*
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	13 650*
	RAR:	13 650*
	Inferred Resources:	
Identified Resources [t U]:		
Bisher gefördert [t U]:		4 761

Kategorie	Wert [t U]
Gef	-5000
Res	5550
RAR	13650
Bisher gefördert	4761

*Aufgrund der begrenzten/verschieden Daten wurden die Daten des Redbook 2007 als Reserven und die Firmendaten als RAR gesetzt.

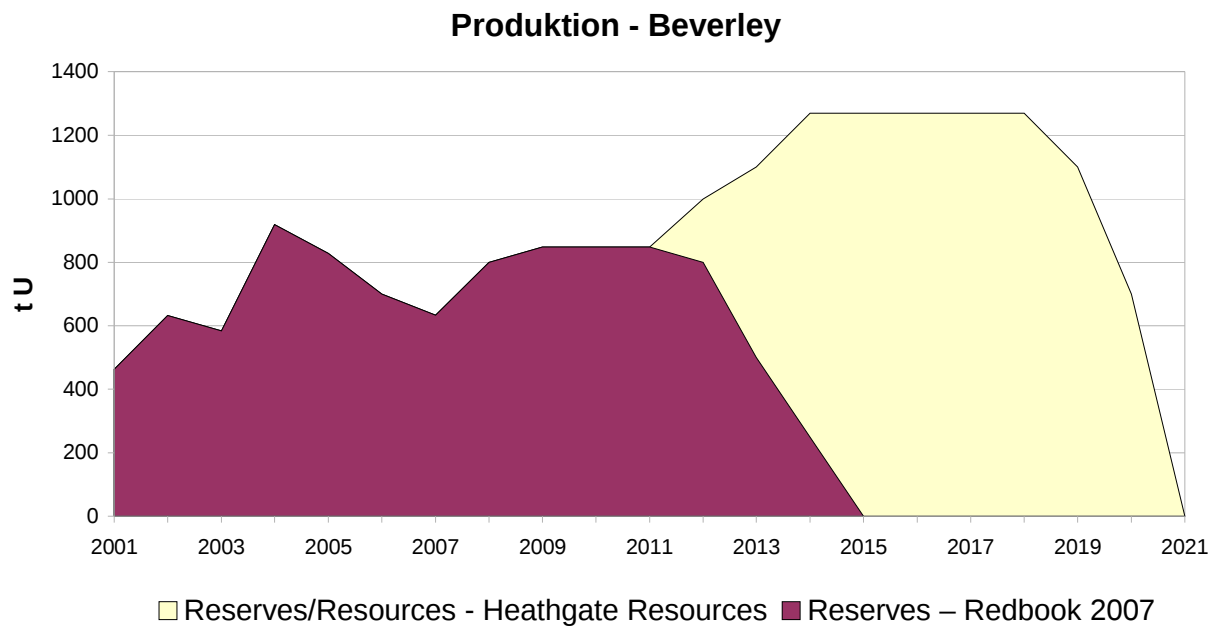
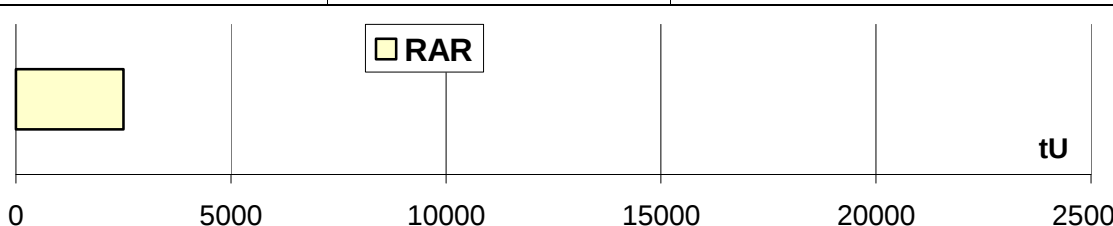


Abbildung 27: Beverley - Abschätzung des Produktionsverlaufes

Abbildung 27 zeigt den Verlauf der Produktion der Beverley ISL – Mine. Die Daten der IAEA wurden als Reserven verwendet, die von Heathgate Resources als Ressourcen. Für letztere wurde ein Ausbau der Produktion angenommen.

7.1.4 Honeymoon

Allgemeine Information:	Die ebenfalls in South Australia gelegene Lagerstätte wurde 1972 entdeckt.							
Eigentümer/Betreiber:	Uranium One							
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein						
	Abbau:	In-Situ-Leaching						
	Inbetriebnahme:	?						
	Kapazität [t U/Jahr]:	348						
	Gewinnung:	65						
	Konzentration:	0,17 %						
	Lebenserwartung:	6 – 8 a						
Expansionspläne:								
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:							
	Probable Reserves:							
	Total Reserves:							
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:							
	Indicated Resources:	2 500*						
	RAR:	2 500*						
	Inferred Resources:							
Identified Resources [t U]:		2 500*						
Bisher gefördert [t U]:								
RAR tU  <table><tr><td>0</td><td>5000</td><td>10000</td><td>15000</td><td>20000</td><td>25000</td></tr></table>			0	5000	10000	15000	20000	25000
0	5000	10000	15000	20000	25000			

*Es konnte nicht festgestellt werden, ob die Produktionsverluste in den Abschätzungen schon inkludiert sind. Da das Produktionsziel sonst bei weitem nicht erreicht werden kann, wurde dies jedoch angenommen.

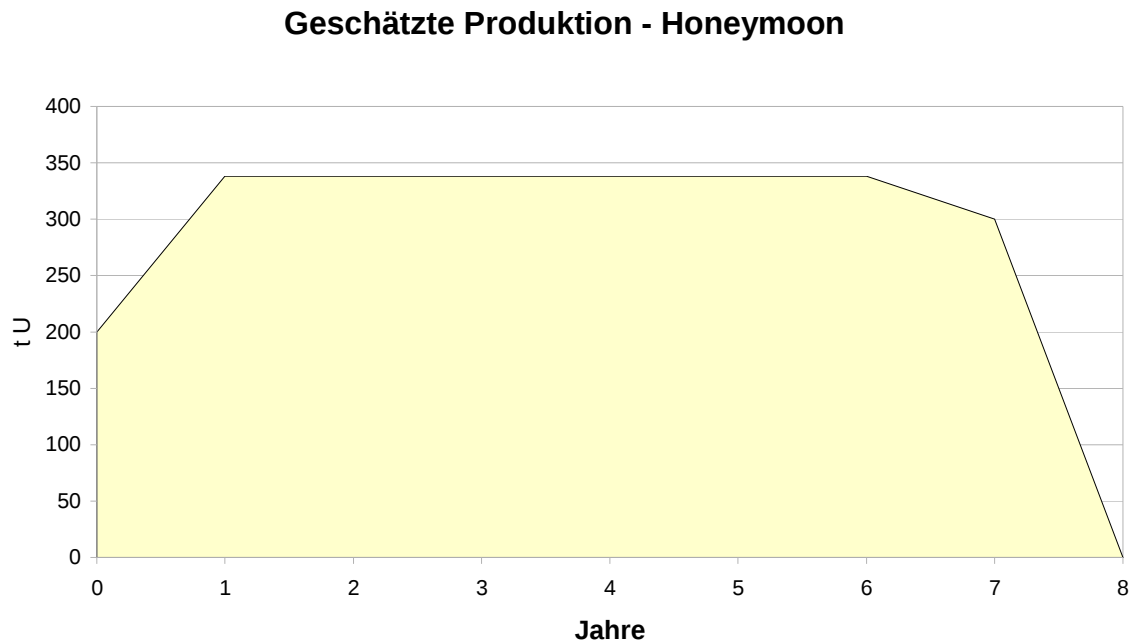


Abbildung 28: Honeymoon - Voraussichtliche zukünftige Produktion

Die Honeymoonmine ist eine kleine ISL-Mine in Südaustralien. Obwohl die Mine bereits genehmigt war und mit 2009 mit der ersten Produktion gerechnet wurde, gab die Firma Uranium One im Mai 2008 bekannt, dass alle Weiterentwicklungen am Standort eingestellt werden, „um die unternehmerischen Entwicklungsmöglichkeiten des Projektes evaluieren zu können“ [6a].

In Abbildung 28 findet sich dennoch ein abgeschätzter Produktionsplan.

Datenquellen – Australien:

Marathon Resources [XIV]

AUA [5]

IAEA [XIII]

WISE [6]

Rio Tinto [XV]

BHP Billiton [XVI]

Uranium One [XVII]

Heathgate Resources [7]

7.2 Uranminen Kanadas

Kanada ist seit Jahren der führende Produzent von Uran und auch Standort der derzeit größten Mine McArthur River. Die gesamte Förderung Kanadas konzentriert sich im Athabasca Basin des nördlichen Saskatchewan. In anderen Provinzen zeigt sich mittlerweile Unmut gegen die Uranindustrie, vor allem aufgrund erhöhter Explorationstätigkeiten. In British Columbia wurde 2008 gar ein Verbot der Exploration nach radioaktiven Mineralen verhängt.

In Saskatchewan soll die Produktion jedoch noch weiter vorangetrieben werden. Gelingt es, die anstehenden Projekte plangemäß umzusetzen, könnte der Output an Uran von heute 9477 t U (2007) in den nächsten 5 Jahren verdoppelt werden. Bestimmend für das Erreichen dieses Zieles wird der Erfolg der bereits seit 2005 in Bau befindlichen Mine „Cigar Lake“ sein, die die zweitgrößten Ressourcen des Landes aufweist, deren Inbetriebnahme in letzter Zeit aufgrund von Wassereinbrüchen jedoch immer wieder verschoben wurde und derzeit für 2012 angestrebt wird.

Mit identifizierten Ressourcen von 423 200 t U findet sich Kanada an der weltweit fünften Stelle wieder. Es handelt sich zumeist um diskordanz-gebundene Lagerstätten, die sich durch hohen Urangehalt auszeichnen. Auf Grund der räumlichen Konzentration im Athabasca Basin ergibt sich die Möglichkeit, das Erz neu erschlossener Lagerstätten in bestehenden Anlagen auslaufender Minen zu verarbeiten (vgl. 6.3).

Historisch trägt Kanada schon immer einen bedeutenden Teil zur weltweiten Uranproduktion bei. Der vor allem militärisch getriebene Bedarf in den 40er und 50er Jahren wurde aus bis zu 23 aktiven Minen gedeckt.

Die in dieser Arbeit betrachteten Minen decken mit 83% und 89% einen Großteil der verfügbaren RAR und Identified Resources des Landes ab. Berücksichtigt man das Auslaufen der Minen Rabbit Lake und McClean Lake und die verhältnismäßig geringen Ressourcen von Midwest, so lässt sich feststellen, dass die Produktion Kanadas in Zukunft im Wesentlichen von den zwei Minen McArthur River und Cigar Lake abhängt. Die beiden könnten zusammen eine jährliche Gesamtproduktion von 14 000 tU erreichen.

Verläuft alles nach Plan, so wäre eine Produktion von 18 000 - 19 000 tU im Jahre 2014 denkbar. Die Inbetriebnahme weiterer kleiner Minen könnte diese Produktion noch ein wenig erhöhen oder entsprechend verlängern. Diese Entwicklungsprognose gilt sowohl für Reserven, als auch RAR und Identified Resources (Abbildung 29 bis 31). Die Unterschiede liegen hier lediglich in der Dauer. Die beiden großen Minen können hierbei die Produktion für Reserven und RAR in etwa bis 2025, und in der Kategorie Identified Resources bis in die

frühen 30er Jahre hoch halten. In beiden Fällen ist danach ein Abflauen der kanadischen Uranwirtschaft abzusehen.

Wie bereits oben erwähnt und auch aus den Diagrammen klar ersichtlich, hängt die zukünftige Entwicklung stark davon ab, ob die Probleme in Cigar Lake in den Griff zu bekommen sind. Unter der Annahme, dass diese Mine nicht in Betrieb geht, wurde Abbildung 32 erstellt. Dadurch würde wohl schon im nächsten Jahrzehnt ein Rückgang der Produktion einsetzen und in 20 Jahren die RAR des Landes nahezu gänzlich verbraucht sein.

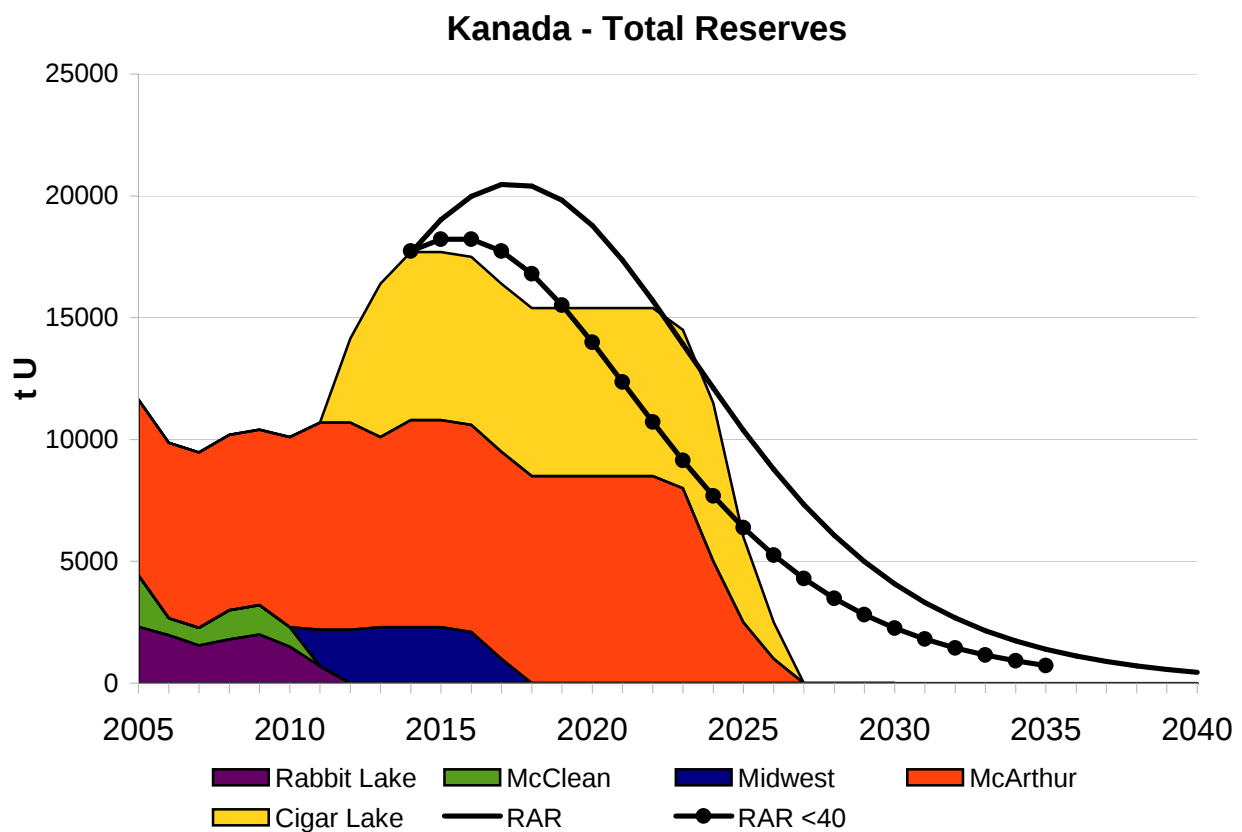


Abbildung 29: Kanada - Reserven

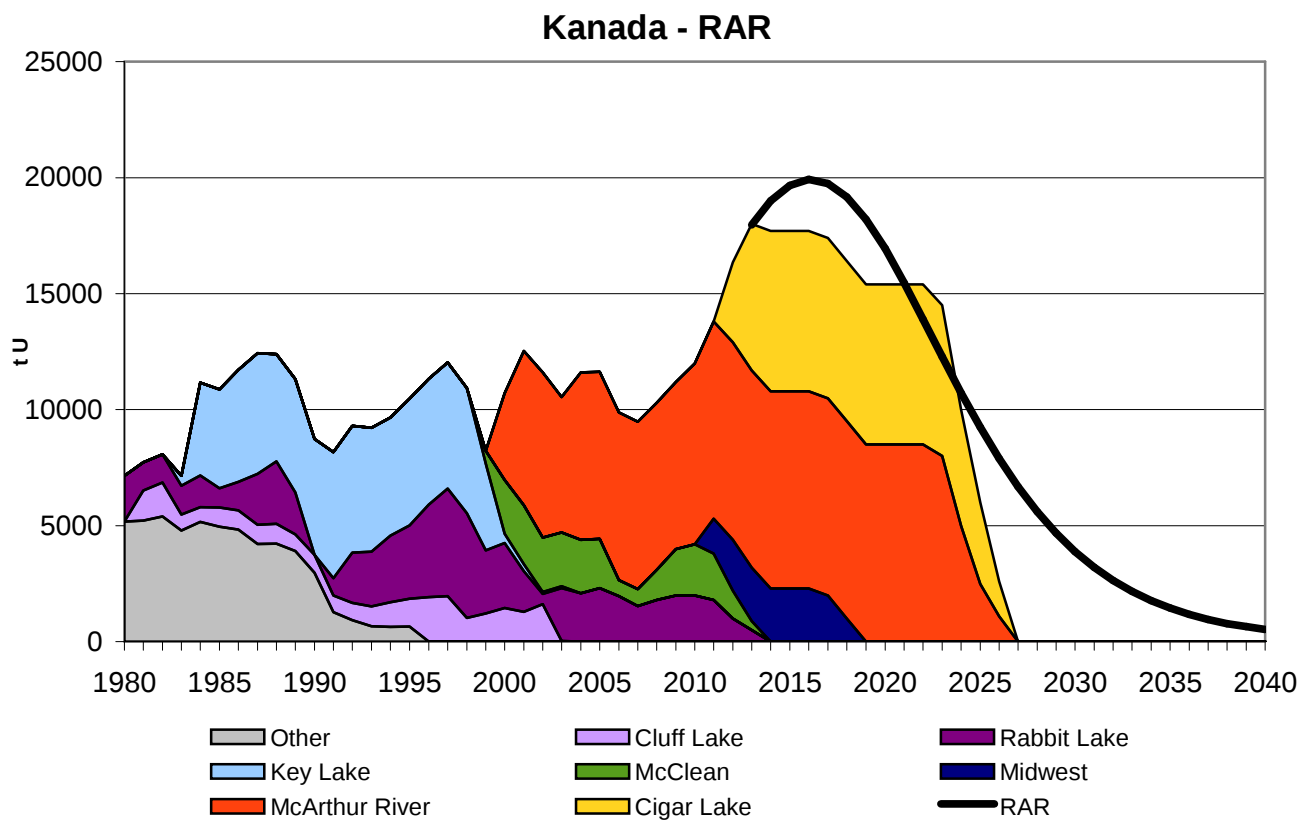


Abbildung 30: Kanada - Minenproduktion historisch und zukünftig (RAR)

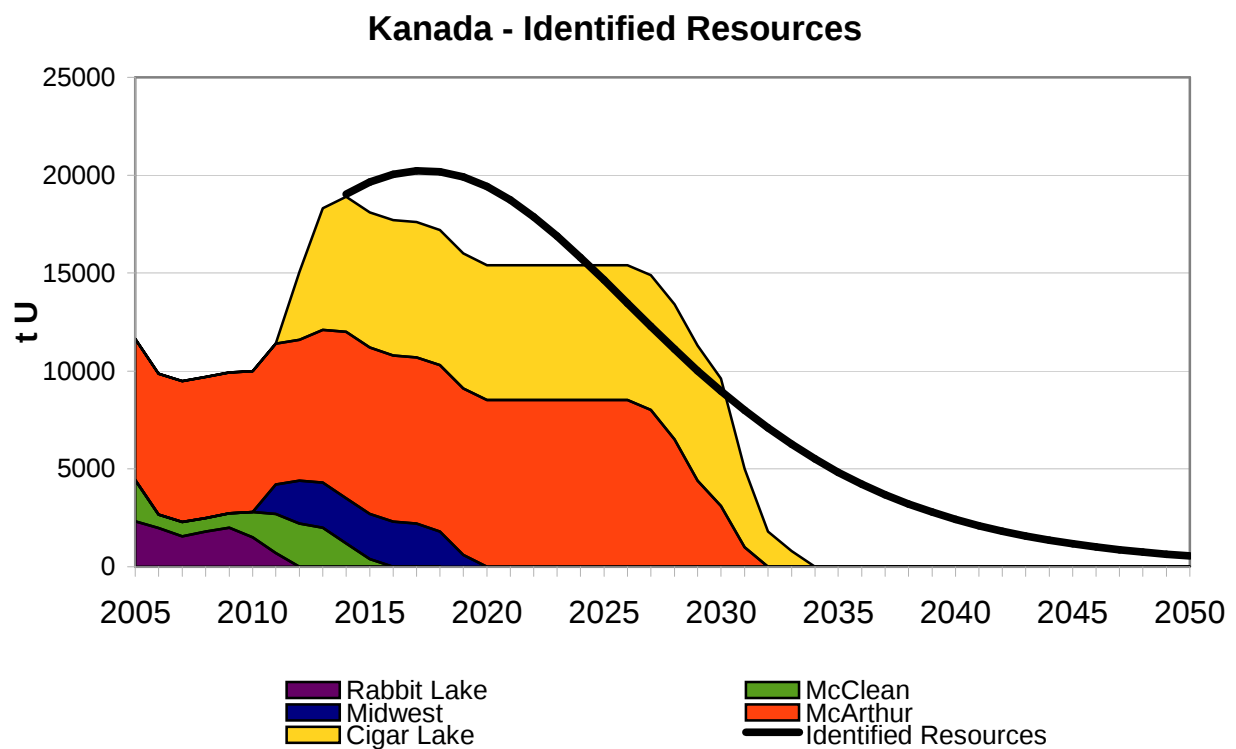


Abbildung 31: Kanada - Identified Resources

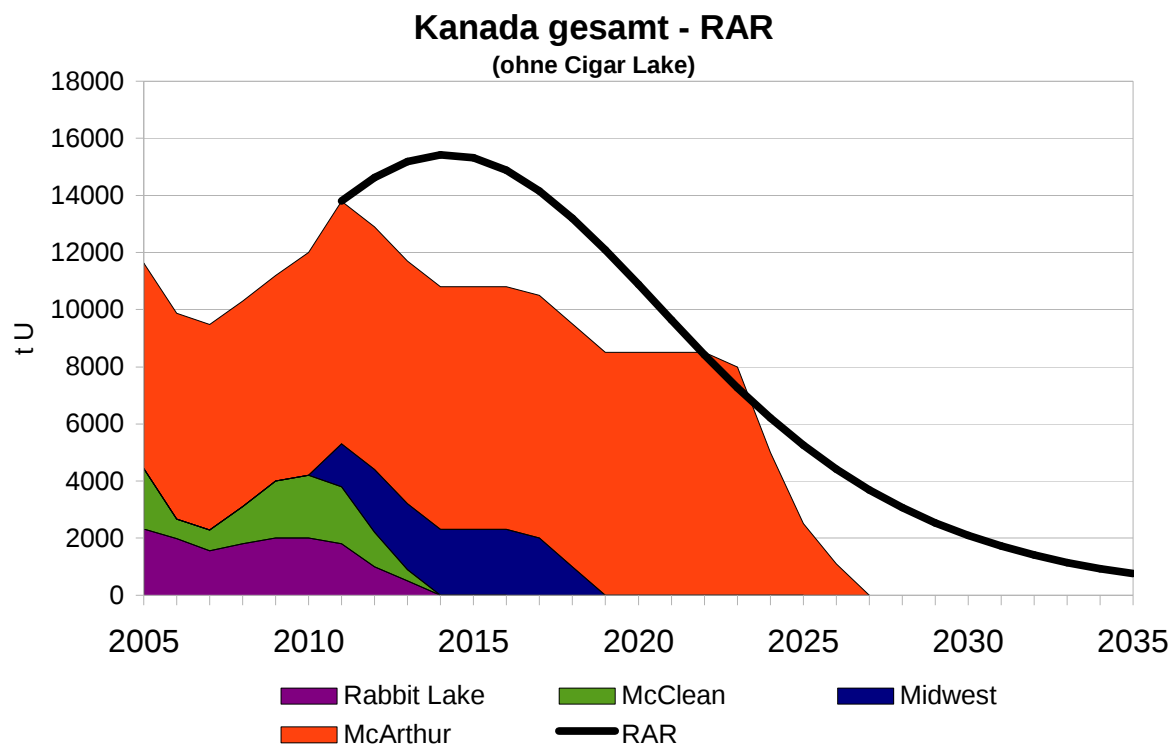


Abbildung 32: Kanada - RAR ohne Cigar Lake

Tabelle 8: Ressourcen - Kanada

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	270100	329200	329200
Inferred:	82300	94000	94000
Identified Resources:	352400	423200	423200

7.2.1 Rabbit Lake

Allgemeine Information	Standort beinhaltet eine auslaufende Mine und einen Verarbeitungskomplex, der für Cigar Lake weiterbetrieben werden soll	
Eigentümer/Betreiber	Cameco	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Diskordanz-gebunden
	Abbau:	Underground
	Inbetriebnahme:	1975
	Kapazität [t U/Jahr]:	4615
	Gewinnung:	96,7%
	Konzentration:	0,85 %
	Lebenserwartung:	Bis 2011
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	200
	Probable Reserves:	5 800
	Total Reserves:	6 000
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	8 00
	Indicated Resources:	2 300
	RAR:	9 100
	Inferred Resources:	2 300
Identified Resources [t U]:		11 400
Bisher gefördert [t U]:		64 131

Legend: ■ Gef ■ Res ■ RAR ■ IR

t U

Der Komplex „Rabbit Lake“ wurde seit den Siebziger Jahren von 3 Lagerstätten genährt, wovon die letzte aktive - Eagle Point – bis 2011 erschöpft sein dürfte. Dann soll die Mühle des Standortes für Cigar Lake zur Verfügung stehen.

Der Einbruch der Produktion 1989 war verursacht durch eine Produktionseinstellung aus marktstrategischen Gründen. In den Jahren 2001 – 2002 reduzierte das Warten auf eine behördliche Zulassung für die Lagerstätte Eagle Point den Output der Produktionsanlagen.

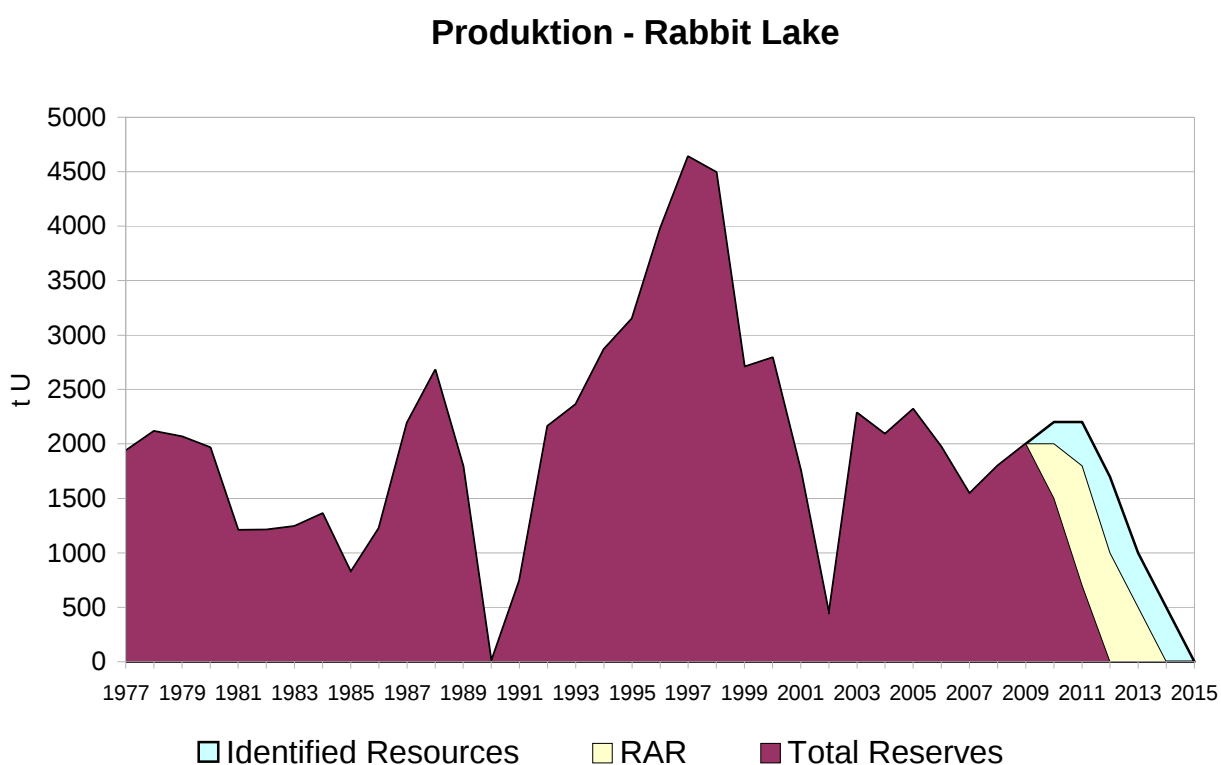


Abbildung 33: Rabbit Lake - Historische und prognostizierte Produktion

7.2.2 McArthur River

Allgemeine Information	Wurde im Jahre 1988 entdeckt und nahm den Betrieb 1999 auf. Die Verarbeitung des Erzes erfolgt bei der erschöpften Mine Key Lake. Das Erz der Mine zeichnet sich durch einen extrem hohen Anteil an Uran (bis 23%) aus, weshalb es zur Verarbeitung mit minderwertigem Erz gestreckt wird.	
Eigentümer/Betreiber	Cameco	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Diskordanz-gebunden
	Abbau:	Underground (500 - 600m)
	Inbetriebnahme:	1999
	Kapazität [t U/Jahr]:	7200
	Gewinnung:	98,7%
	Konzentration:	17,55 %
	Lebenserwartung:	20 a
Expansionspläne:	Eine Erweiterung auf 8500 t U ist ab 2009 geplant	
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	70 900
	Probable Reserves:	61 750
	Total Reserves:	132 650
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	5 350
	Indicated Resources:	2 800
	RAR:	140 800
	Inferred Resources:	36 000
Identified Resources [t U]:		176 800
Bisher gefördert [t U]:		52 157

Kategorie	Wert (t U)
Gef (Produktion)	-50 000
Res (Reserven)	132 650
RAR (Ressourcen)	140 800
IR (Identifizierte Ressourcen)	176 800

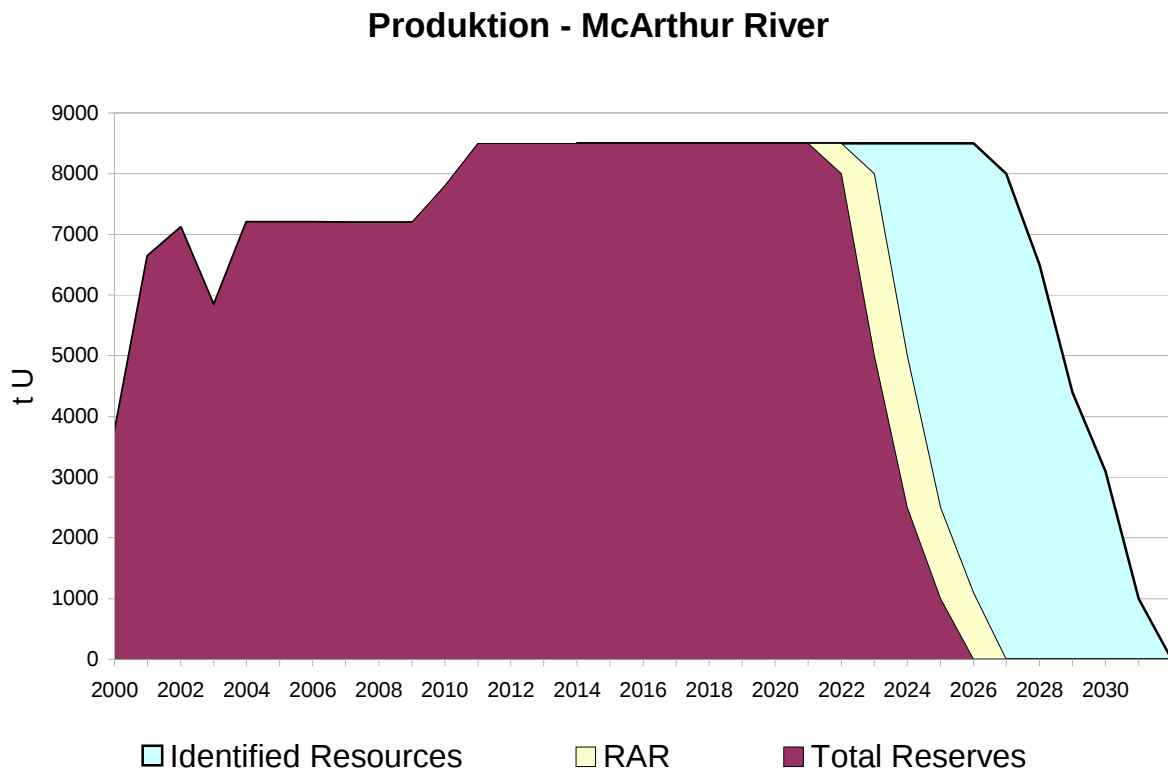


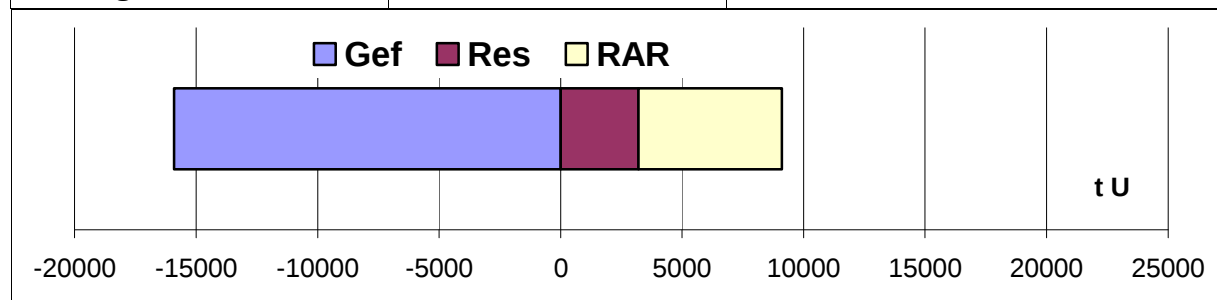
Abbildung 34: McArthur River - Historische und prognostizierte Produktion

Die Produktion von McArthur River lag in den vergangenen Jahren immer an der Kapazitätsgrenze. Ein Wassereinbruch reduzierte den Output 2003 um rund 1400 t U.

2007 kamen 17 % der weltweiten Produktion aus dieser Mine.

7.2.3 McClean Lake

Allgemeine Information	Am Standort befindet sich die weltweit modernste Uranerzverarbeitungsanlage, die auch für Cigar Lake verwendet werden soll.	
Eigentümer/Betreiber	Areva	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Diskordanz-gebunden
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	1999
	Kapazität [t U/Jahr]:	3000
	Gewinnung:	96%
	Konzentration:	0,74 % (Res), 1,79 – 2,23% (RAR)
	Lebenserwartung:	3-5 a
Expansionspläne:	Erweiterung auf 4600 t U für Cigar Lake	
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	3 200
	Probable Reserves:	
	Total Reserves:	3 200
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	4 950
	Indicated Resources:	9 50
	RAR:	9 100
	Inferred Resources:	
Identified Resources [t U]:		9 100
Bisher gefördert [t U]:		15 906



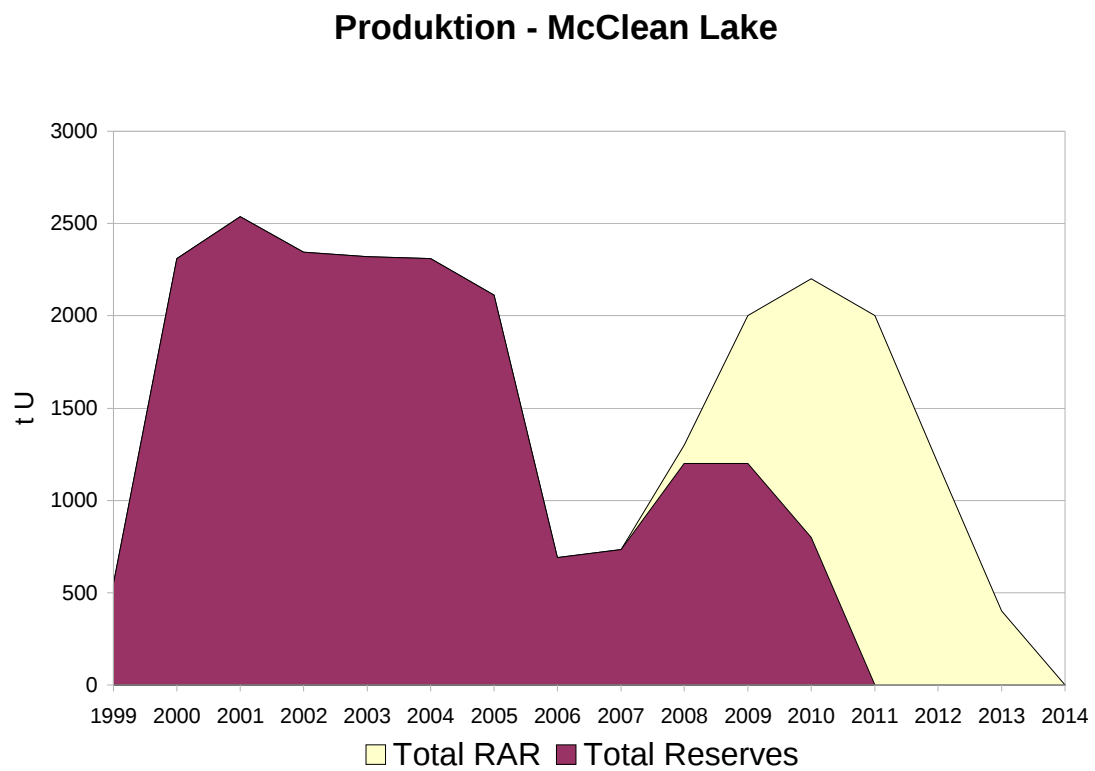
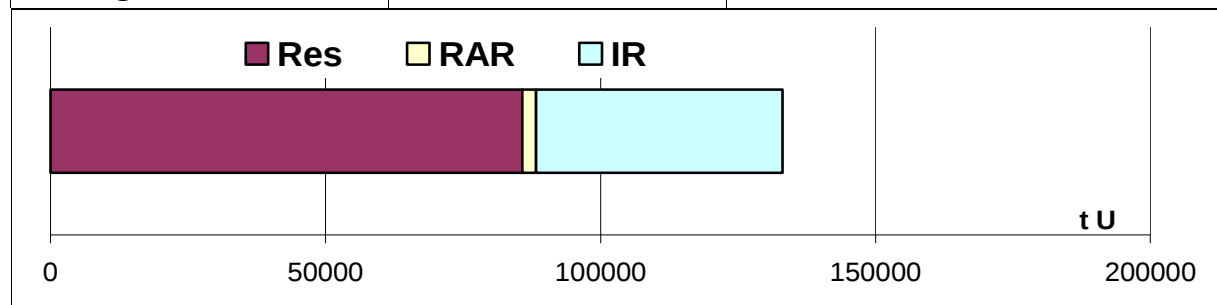


Abbildung 35: McClean Lake - Historische und prognostizierte Produktion

7.2.4 Cigar Lake

Allgemeine Information	Cigar Lake ist die zweitgrößte Lagerstätte mit hochkonzentriertem Uranerz und wurde 1981 entdeckt. Aufgrund von Wassereinbrüchen in den letzten Jahren wurde der Produktionsbeginn mehrmals verschoben und ist nun für 2012 angesetzt.	
Eigentümer/Betreiber	Cameco	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Diskordanz-gebunden
	Abbau:	Underground (450m)
	Inbetriebnahme:	2012
	Kapazität [t U/Jahr]:	6900
	Gewinnung:	98,5
	Konzentration:	17,55 %
	Lebenserwartung:	15 a
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	85 800
	Probable Reserves:	
	Total Reserves:	85 800
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	2 500
	RAR:	88 300
	Inferred Resources:	44 800
Identified Resources [t U]:		133 100
Bisher gefördert [t U]:		-



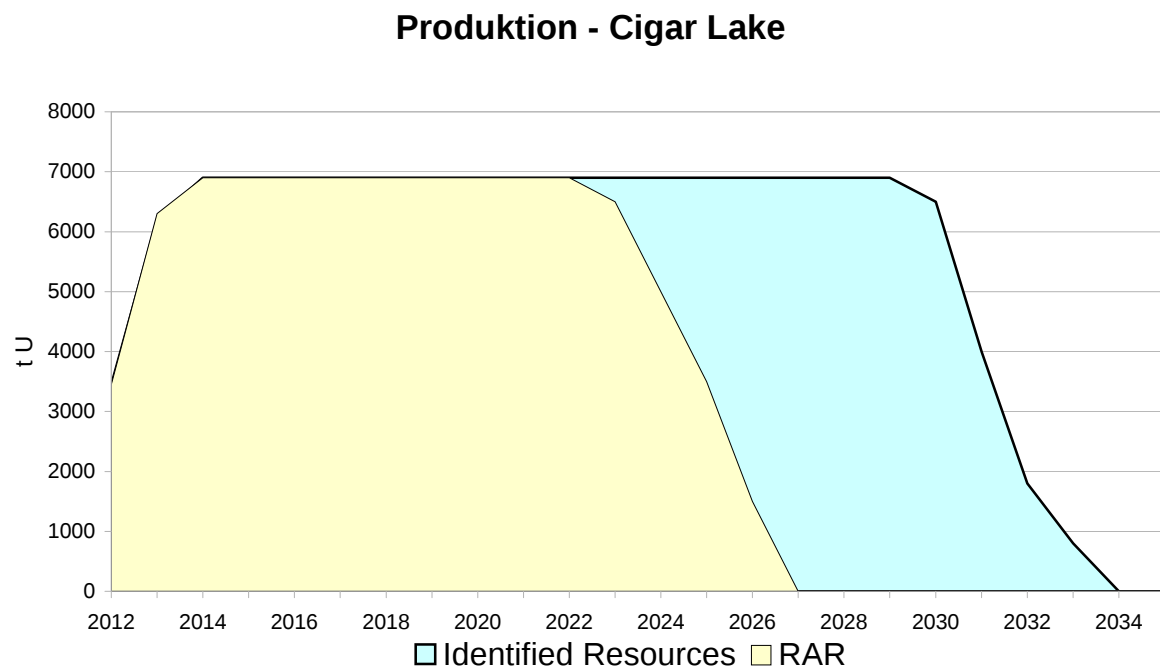
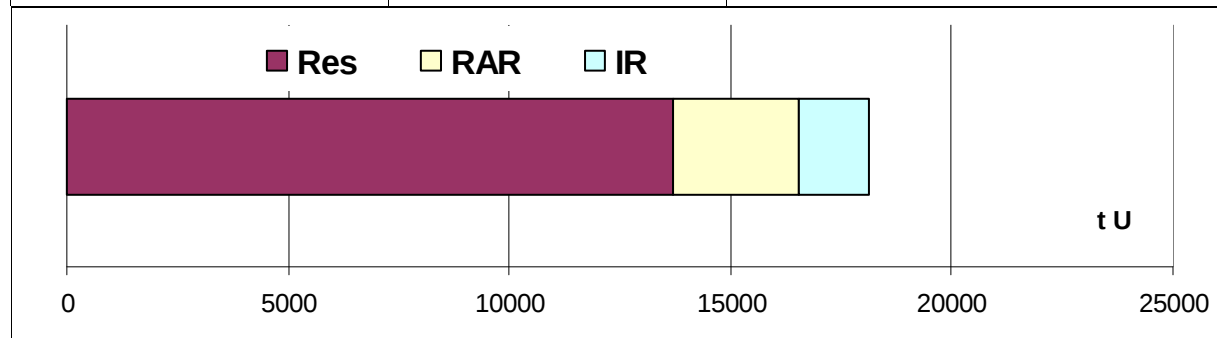


Abbildung 36: Cigar Lake - Prognostizierte Produktion

7.2.5 Midwest

Allgemeine Information	Liegt ebenfalls im Athabasca Basin. Ursprünglich als Unterirdische Mine geplant, dürfte sie nun doch als Open Pit in Betrieb gehen.	
Eigentümer/Betreiber	Areva	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Diskordanz-gebunden
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	2010
	Kapazität [t U/Jahr]:	2300
	Gewinnung:	97,2%
	Konzentration:	3,7 %
	Lebenserwartung:	7 a
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	
	Probable Reserves:	13 700
	Total Reserves:	13 700
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	2 150
	RAR:	15 850
	Inferred Resources:	1 600
Identified Resources [t U]:		17 450
Bisher gefördert [t U]:		



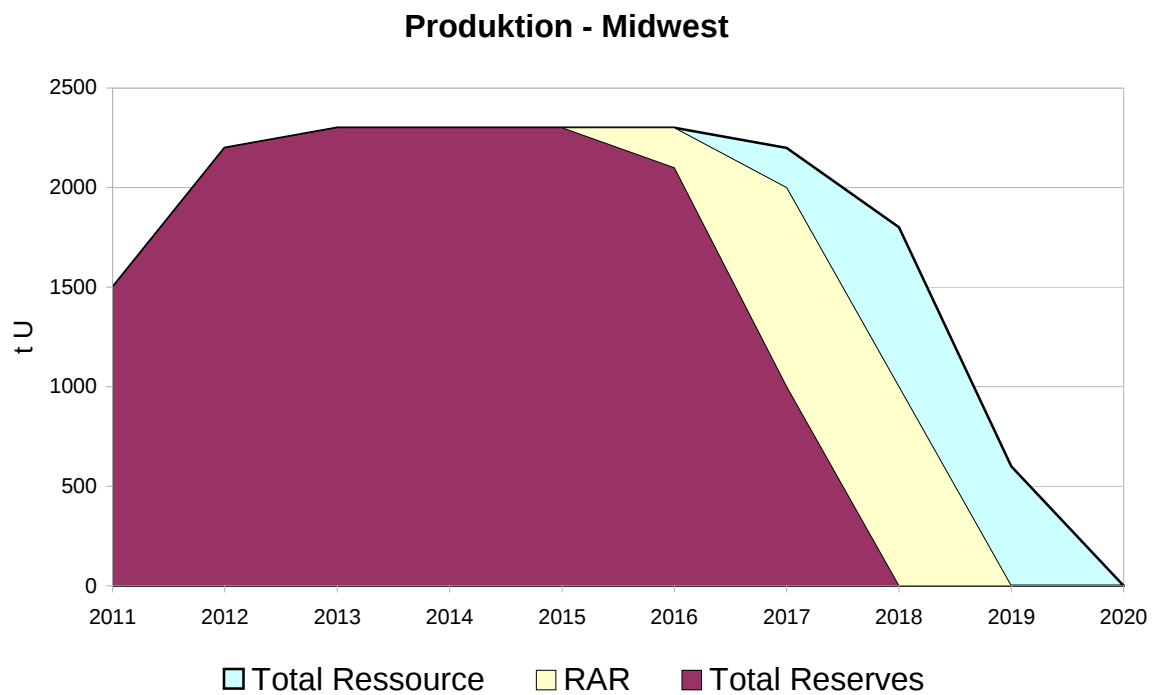


Abbildung 37: Midwest - Prognostizierte Produktion

Datenquellen – Kanada:

WNA [1f]

WISE [6b]

NRCAN [8]

CAMECO [XIII, 4b]

INFOMINE [9]

AREVA [X]

7.3 Uranminen Kasachstans

Kasachstan hat eine lange Geschichte als Uranproduzent. Schon 1957 wurde hier die erste Mine in Betrieb genommen und heute weist das Land die größten Zuwachsraten im Uranabbau auf. Im Jahr 2007 wurden 6637 t U gewonnen, was mehr als eine Verdoppelung zum Vergleichsjahr 2002 bedeutet.

Die Lagerstätten, die in großer Anzahl aber eher niedergradig vorliegen, konzentrieren sich auf den Südosten des Landes (Abbildung 38). Der Großteil der Uranressourcen liegt in Sandstein vor, weshalb sich In-Situ-Leaching als bevorzugte Abbaumethode durchgesetzt hat (vgl. 6.3).

Kasachstan liegt sowohl bei den Reasonably Assured- als auch den Inferred Resources an zweiter Stelle hinter Australien (Tabelle 4).



Abbildung 38: Verteilung der Uranlagerstätten in Kasachstan (Quelle: Kazatomprom)

Sämtliche Uranexplorations- und Abbautätigkeiten des Landes sind in der Hand der staatlichen Firma Kazatomprom, jedoch in letzter Zeit immer mehr unter Beteiligung westlicher Firmen, wodurch ein Einblick in die uranbezogen Aktivitäten des zentralasiatischen Staates möglich wird. Kazatomprom hat einen ehrgeizigen Plan ins Leben gerufen, der vorsieht, die Produktion des Landes bis 2010 auf 15 000 t U und in weiter Folge auf 30 000 t U bis 2015 zu erhöhen. Im Jahr 2007 schuldete man aber dem Plansoll bereits ca. 1000 t U, was auf einen Engpass der verfügbaren Menge an Säure, die für das ISL benötigt wird, zurückzuführen ist, der auch die Inbetriebnahme neuer Minen verzögern könnte.

Die Erfassung der Daten zu Ressourcen und Reserven Kasachstans gestaltet sich schwieriger als bei den anderen Ländern, die in dieser Arbeit behandelt werden, da die oben erwähnten Kooperationen mit ausländischen Firmen bei weitem nicht für alle Minen stattfinden. Man muss sich daher größtenteils auf Daten von Kazatomprom oder den Landesbericht aus dem Redbook 2007 stützen. In beiden Fällen sind die „Ressourcen“ nicht genauer spezifiziert, wobei in der Gesamtsumme der betrachteten Minen Kazatomprom 40 000 t U mehr ausweist als das Redbook.

Für die Gesamtbetrachtung in Kapitel 8 wurden die Daten des Redbook herangezogen.

Die Detailbehandlung der einzelnen Minen wurde wie folgt durchgeführt: Wo westliche Firmen als Teilhaber ausgemacht werden konnten, wurden die Daten aus Geschäftsberichten wie bisher relativ genau bestimmt. Für Abbaustätten, die sich in rein staatlicher Hand befinden oder die sich nicht anders ermitteln ließen, wurden die Ressourcenabschätzungen des Redbook bzw. von Kazatomprom ausgewiesen (Tabelle 10).

In den Abbildungen 39 bis 44 sind die abschätzbaren Entwicklungen für die Minenproduktion Kasachstans für die beiden Ressourcenkategorien und die zwei Datenquellen dargestellt¹⁸. Ein augenscheinlicher Unterschied zu den anderen betrachteten Ländern ist die große Anzahl an Minen. 16 wurden für die RAR und 17 für Identified Resources betrachtet.

Für beide Datensätze zeigt sich, dass die bestehenden und geplanten Minen die RAR sehr gut abdecken. Für diese Kategorie wird ein Erreichen der angestrebten 15 000 t U pro Jahr zwar möglich sein, jedoch nicht länger als für 4 -5 Jahre. Danach wären die Ressourcen des Landes bis 2050 bei ständig fallender Produktion mehr oder weniger erschöpft. Das Ziel, bereits im Jahre 2010 den Output von 15 000 t U zu erlangen, scheint aber nach derzeitigem Stand der Minenentwicklung als unwahrscheinlich. Damit wäre erst ab 2012 zu rechnen.

Die Betrachtung der Identified Resources zeigt ein anderes Bild, da diese doppelt so hoch veranschlagt sind wie die RAR. Durch das Hinzukommen einer weiteren Produktionsstätte scheint das Erreichen des Produktionszieles für 2010 wahrscheinlicher, vorausgesetzt, die weiteren Inbetriebnahmen verlaufen nach Plan. Darüber hinaus könnte natürlich der Gesamtoutput des Landes um den Betrag der Mine erhöht werden und somit nahezu 18 000 t U erreicht werden. Durch die große Menge an zusätzlichen Identified Resources außerhalb der aktuellen Abbaustätten ergeben sich für das Land zwei weitere Entwicklungsmöglichkeiten: Einerseits der Versuch eines Ausbaus der Minenlandschaft und einer weiteren Stärkung der Marktposition (Abbildung 41 und 42), andererseits, den hohen

¹⁸ Die historischen Produktionsdaten die für 2005 und 2006 aus den einzelnen Minen bestimmt wurden, liegen etwas niedriger als die Landesgesamtdaten. Woher die Differenz von -200 bzw. -400 tU stammt, konnte nicht ermittelt werden. Für 2007 ist eine Übereinstimmung jedoch wieder gegeben.

Produktionsstand etwas länger zu halten (Abbildung 43). In beiden Fällen ist dringend nötig, bald mit der Planung neuer Minen zu beginnen, um den starken Produktionsabfall nach 2020 abfedern zu können. Diese Tatsache macht Variante 2 – das Halten des Produktionsniveaus – zur wahrscheinlicheren.

Die oben erwähnte große Anzahl an Produktionsstätten und die damit verbundene Datenmenge machen die geschätzte Darstellung recht komplex. Die Erfahrung mit Minen zeigt auch, dass Inbetriebnahmen nicht so reibungsfrei ablaufen, wie erwünscht und daher ist auch mit Verzögerungen von Startup-Terminen zu rechnen. In Abbildung 44 wurden daher willkürlich die Inbetriebnahmen einiger Minen verschoben, um ein Bild über die dadurch verursachten Änderungen zu erhalten. Am Gesamtbild ändert sich relativ wenig, jedoch wird dadurch klarerweise das Produktionswachstum gebremst und das Maximum der Produktion ergibt sich erst für 2015.

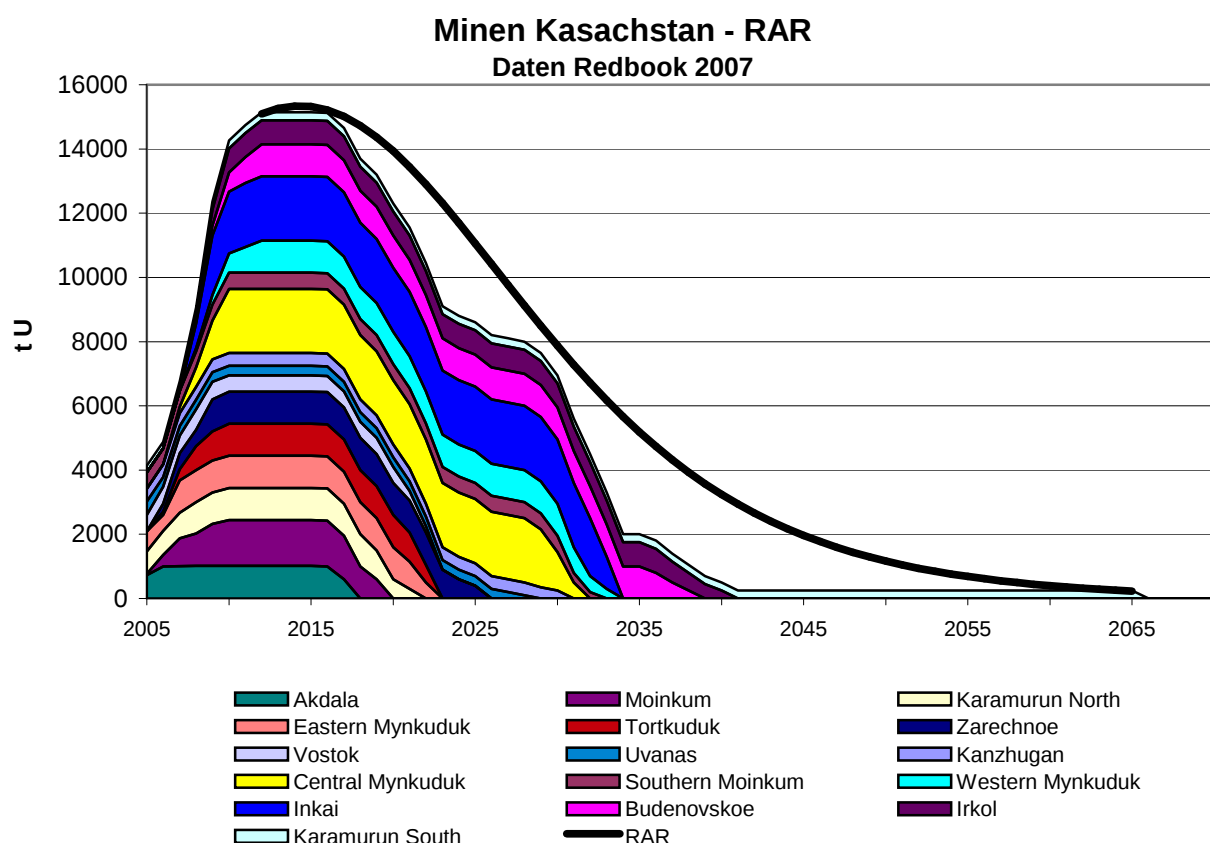


Abbildung 39: Kasachstan - RAR (Daten: Redbook 2007)

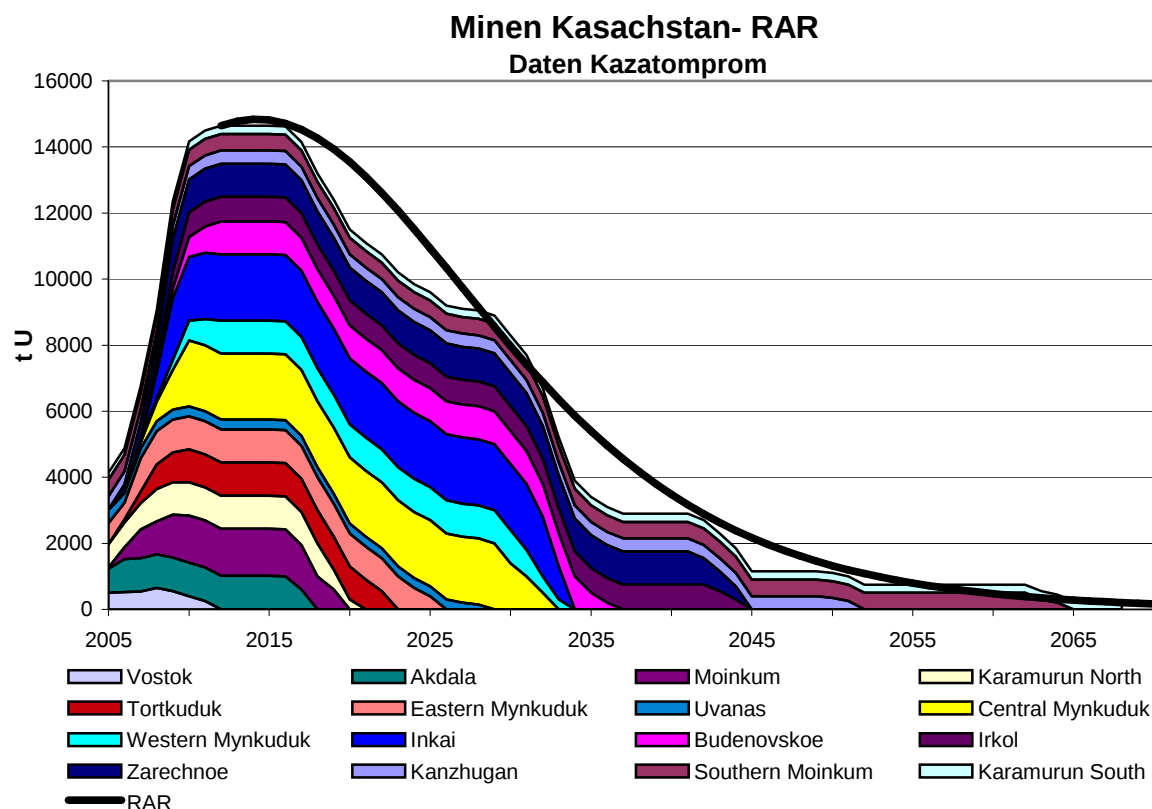


Abbildung 40: Kasachstan - RAR (Daten: Kazatomprom)

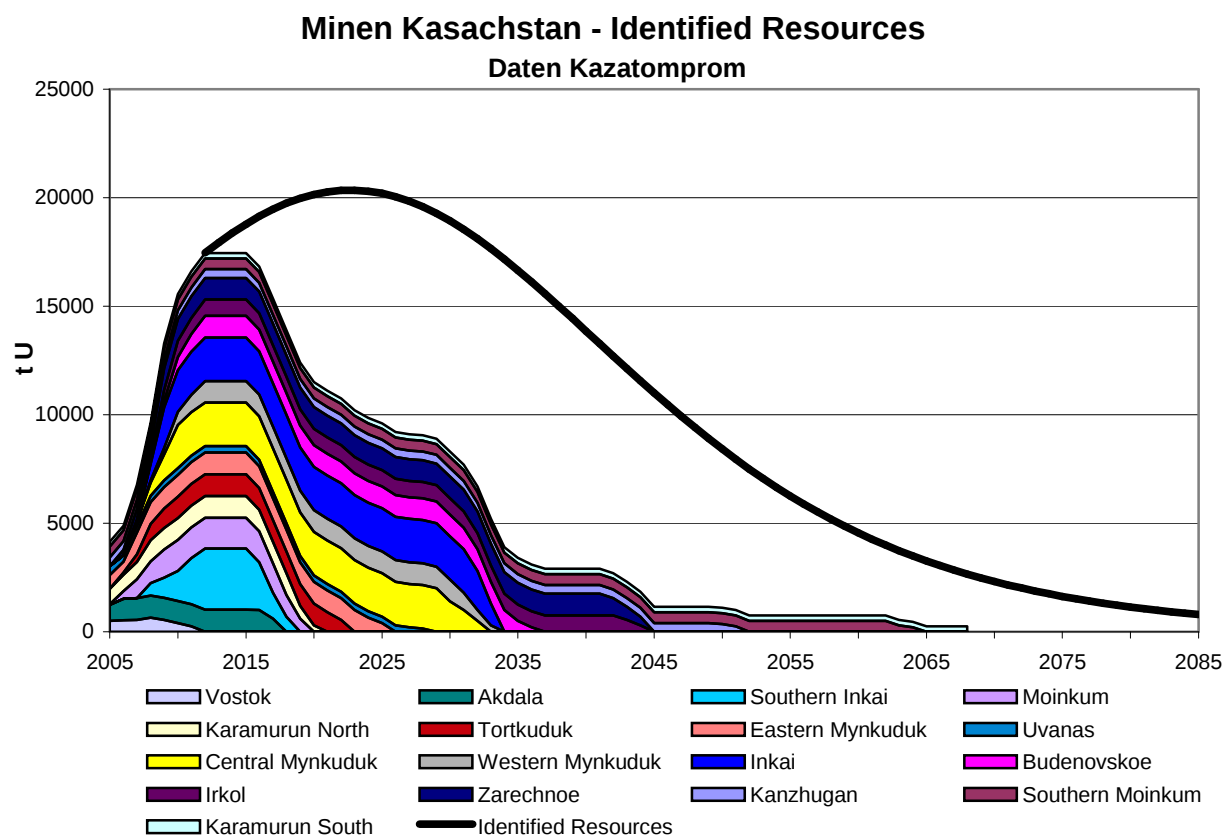


Abbildung 41: Kasachstan - Identified Resources (Daten: Kazatomprom)

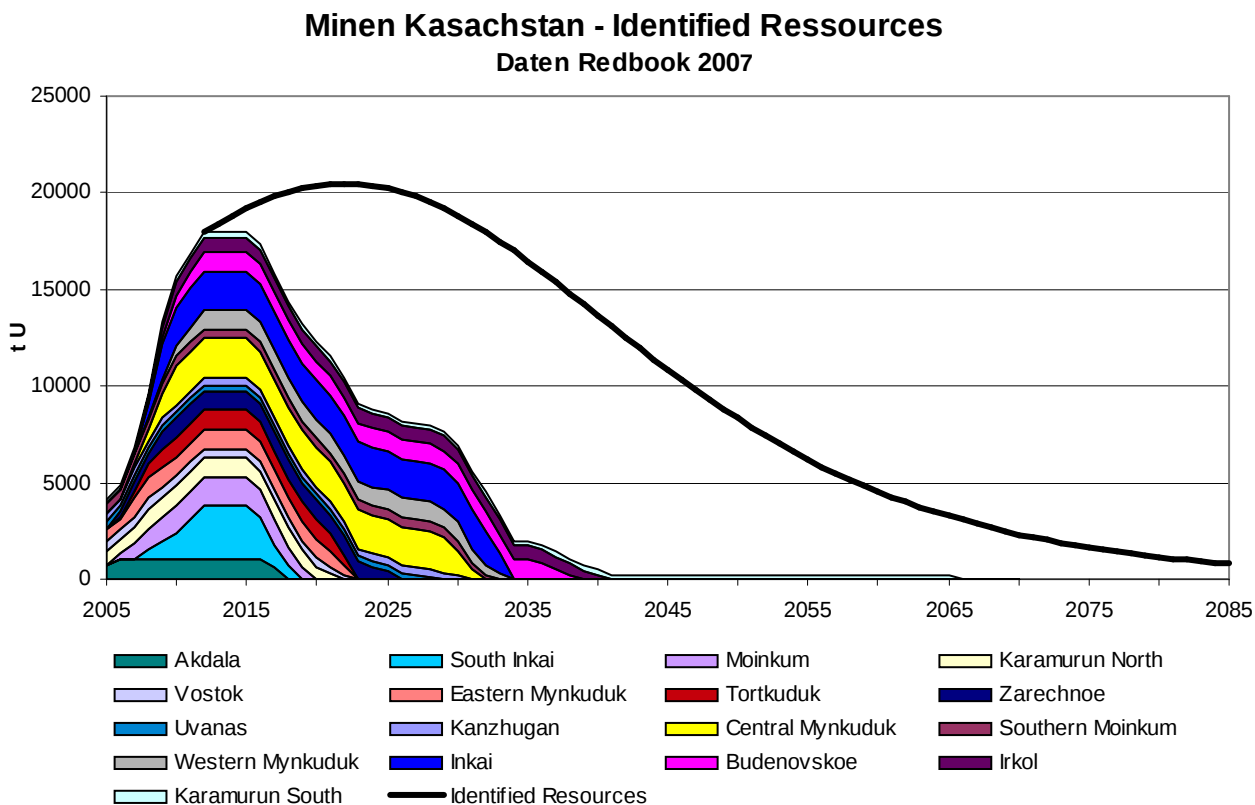


Abbildung 42: Kasachstan - Identified Resources (Variante 1)

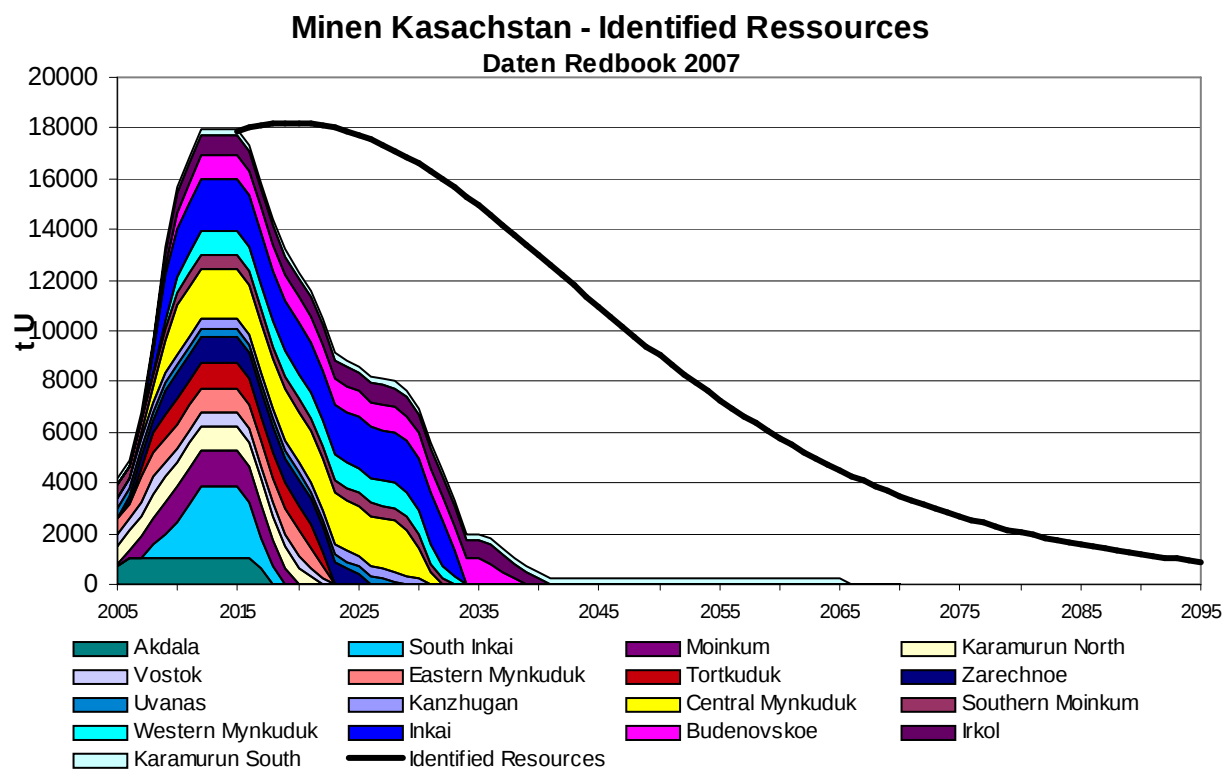


Abbildung 43: Kasachstan - Identified Resources (Variante 2)

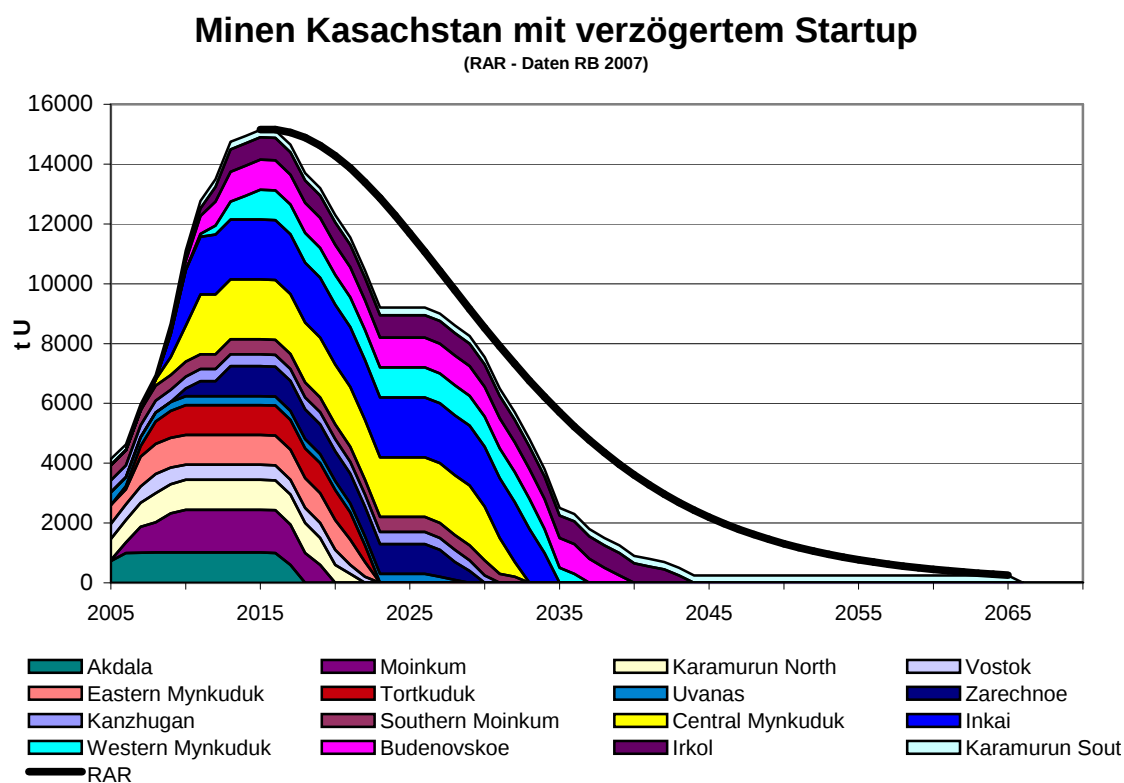


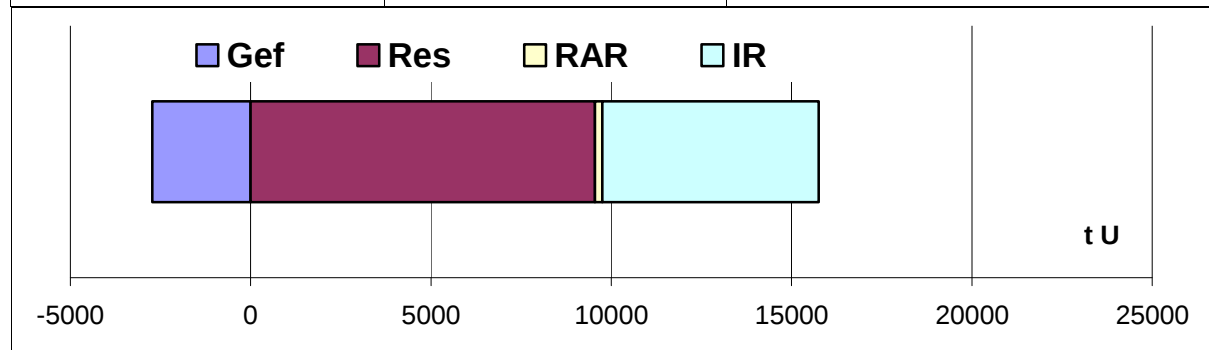
Abbildung 44: Kasachstan - RAR verzögerter Startup

Tabelle 9: Ressourcen - Kasachstan

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	235500	344200	378100
Inferred:	281800	407400	439200
Identified Resources:	517300	751600	817300

7.3.1 Akdala

Allgemeine Information	Entdeckt 1982, als Teil der Mynkuduk Lagerstätte.	
Eigentümer/Betreiber	Uranium One	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	In-Situ-Leaching
	Inbetriebnahme:	2004
	Kapazität [t U/Jahr]:	1019
	Gewinnung :	87,8%
	Konzentration:	0,06 %
	Lebenserwartung:	Bis 2017
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Mitte 2006)	Proven Reserves:	2 250
	Probable Reserves:	7 300
	Proven & Probable:	9 550
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	200
	RAR:	9 750
	Inferred Resources:	6 000
Identified Resources [t U]:		15 750
Bisher gefördert [t U]:		2 730



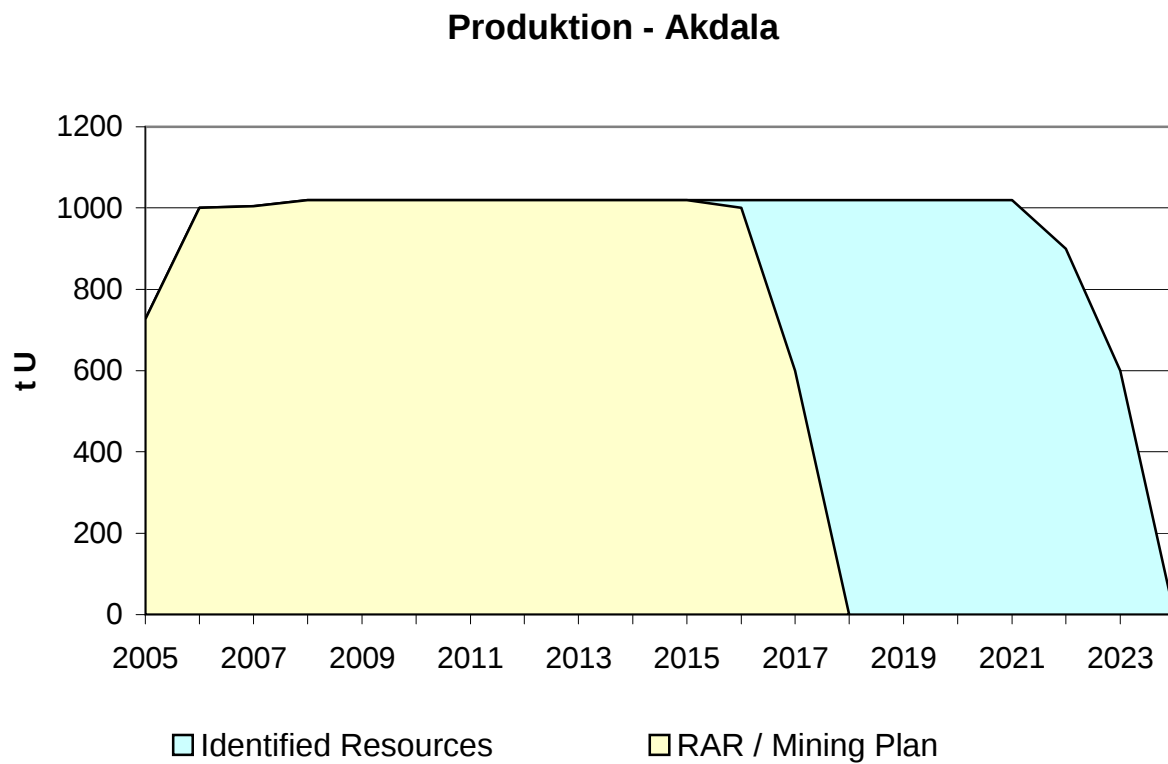


Abbildung 45: Akdala - Historische und prognostizierte Produktion

7.3.2 Moinkum

Allgemeine Information		
Eigentümer/Betreiber	Areva	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	In-Situ-Leaching
	Inbetriebnahme:	2002
	Kapazität [t U/Jahr]:	1425
	Gewinnung :	ka
	Konzentration:	0,06 %
	Lebenserwartung:	15 a
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	1 050
	Probable Reserves:	7 750
	Proven & Probable:	8 800
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	6 450
	RAR:	15 250
	Inferred Resources:	2 850
Identified Resources [t U]:		18 100
Bisher gefördert [t U]:		1 440

Legend: Gef (blue), Res (maroon), RAR (yellow), IR (cyan)

Axis: t U

Values: Gef ≈ -1500, Res = 8800, RAR = 15250, IR = 18100

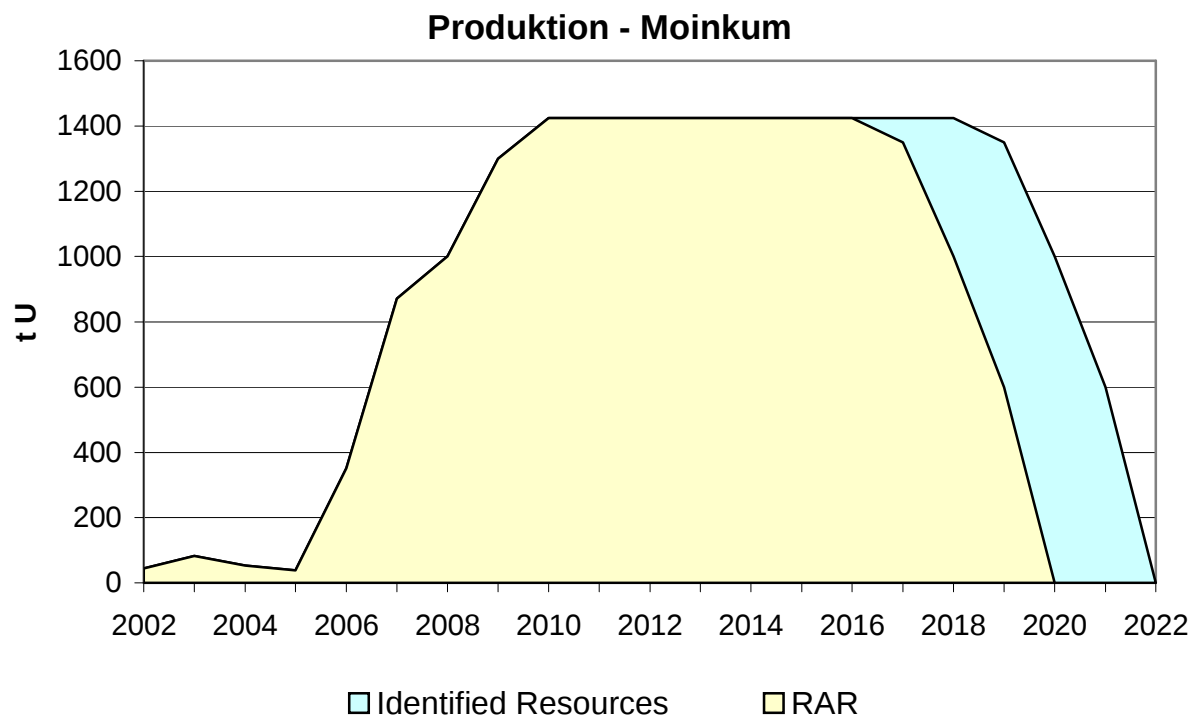
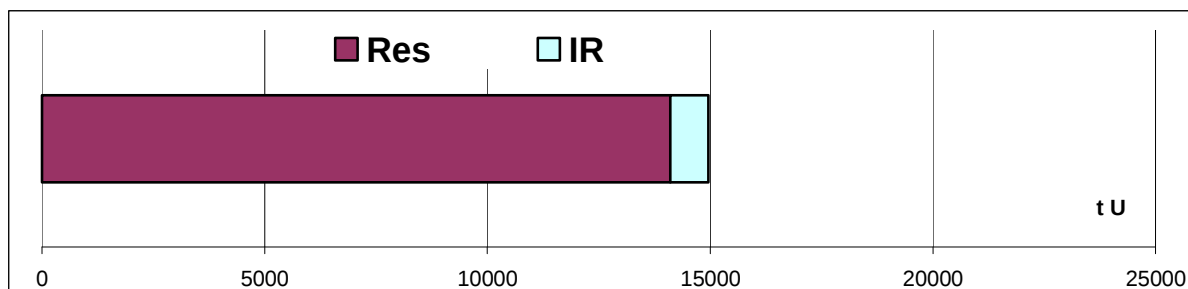


Abbildung 46: Moinkum - Historische und prognostizierte Produktion

Die niedrige Produktion der ersten Jahre begründet sich im Betrieb als Pilotanlage.

7.3.3 Tortkuduk

Allgemeine Information		
Eigentümer/Betreiber	Areva	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	In-Situ-Leaching
	Inbetriebnahme:	2007
	Kapazität [t U/Jahr]:	1000
	Gewinnung :	79%
	Konzentration:	0,01 %
	Lebenserwartung:	16 a
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	150
	Probable Reserves:	14 000
	Proven & Probable:	14 150
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	
	RAR:	14 150
	Inferred Resources:	8 600
Identified Resources [t U]:		22 750
Bisher gefördert [t U]:		



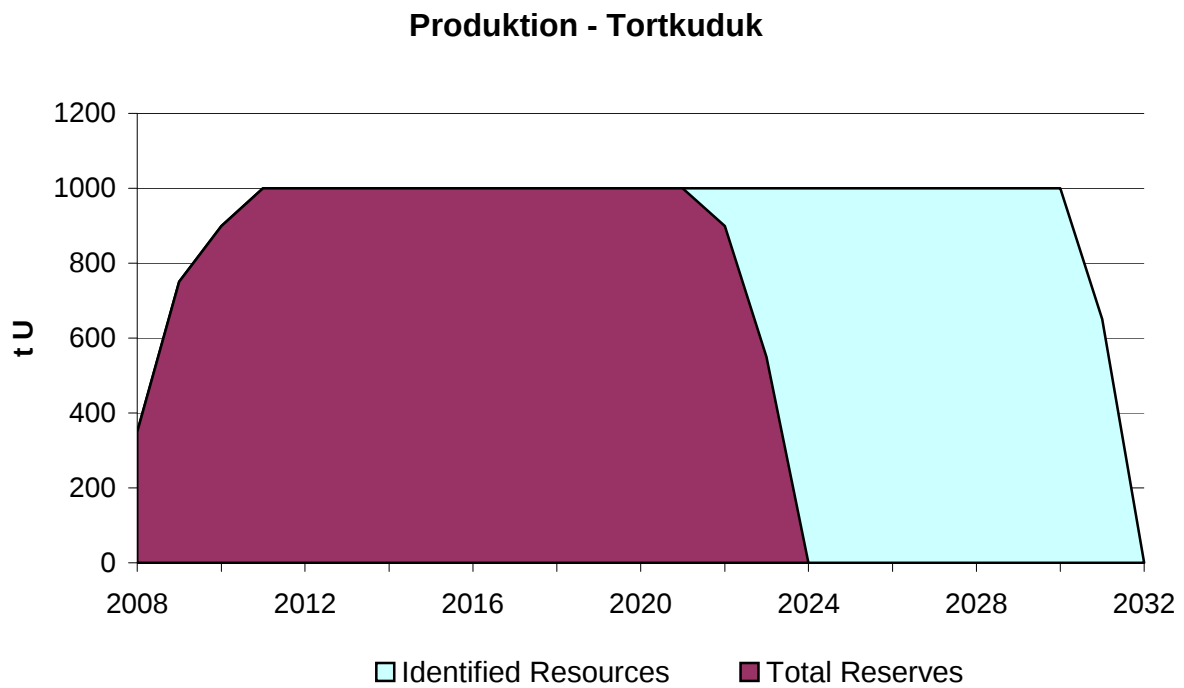
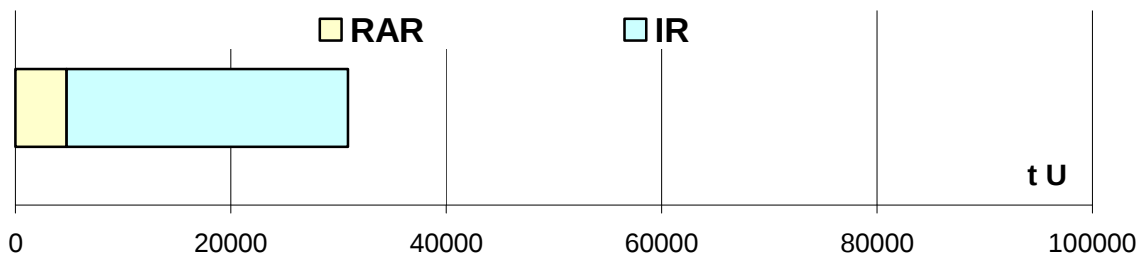


Abbildung 47: Tortkuduk - Prognostizierte Produktion

Trotz des geplanten Startups mit 2007 war in diesem Jahr noch keine Produktion gelistet. Dies lässt auf eine Verzögerung bei der Inbetriebnahme schließen.

7.3.4 Kharasan

Allgemeine Information	1979 wurden erstmals Explorations- und Erkundungstätigkeiten durchgeführt	
Eigentümer/Betreiber	Uranium One	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	In-Situ-Leaching
	Inbetriebnahme:	2008
	Kapazität [t U/Jahr]:	750
	Gewinnung :	90%
	Konzentration:	0,25 %
	Lebenserwartung:	8 a
Expansionspläne:	Ausbau auf 2000 t U/a, eventuell sogar auf 3000 t U/a	
Reserven [t U]: (Mit Mitte 2006)	Proven Reserves:	
	Probable Reserves:	
	Proven & Probable:	
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	4 750
	RAR:	4 750
	Inferred Resources:	26 100
Identified Resources [t U]:		30 850
Bisher gefördert [t U]:		



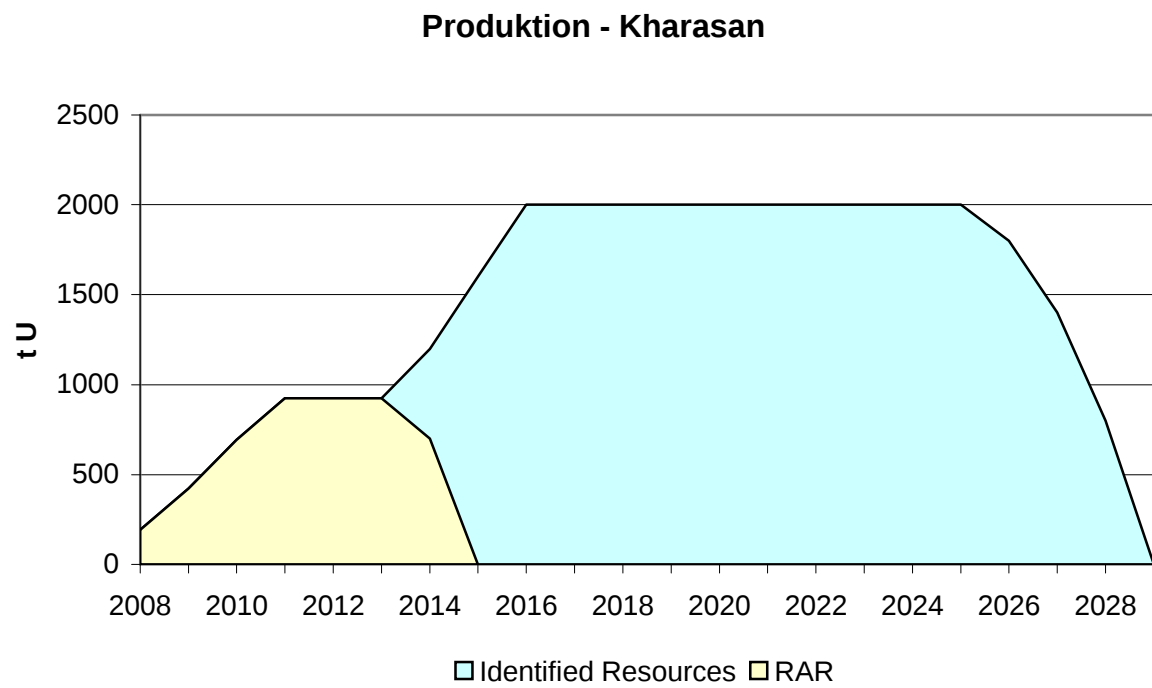


Abbildung 48: Kharasan - Prognostizierte Produktion

7.3.5 South Inkai

Allgemeine Information	1978 entdeckt, 1979 – 1984 genauer erkundet	
Eigentümer/Betreiber	Uranium One	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	In-Situ-Leaching
	Inbetriebnahme:	2008
	Kapazität [t U/Jahr]:	2000
	Gewinnung:	85%*
	Konzentration:	0,04 %
	Lebenserwartung:	
Expansionspläne:	Erweiterung auf 2800 t U/a	
Reserven [t U]: (Mit Ende 2006)	Proven Reserves:	
	Probable Reserves:	
	Proven & Probable:	
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	
	RAR:	
	Inferred Resources:	20350
Identified Resources [t U]:		20350
Bisher gefördert [t U]:		

The chart displays the Identified Resources (IR) for the South Inkai mine. The horizontal axis is labeled 't U' and ranges from 0 to 25000 with major grid lines every 5000 units. A single light blue bar, identified by a legend as 'IR', represents the total identified resources, which are 20350 t U.

Resource Type	Value [t U]
Identified Resources (IR)	20350

*Durch Vergleich mit anderen Minen geschätzt

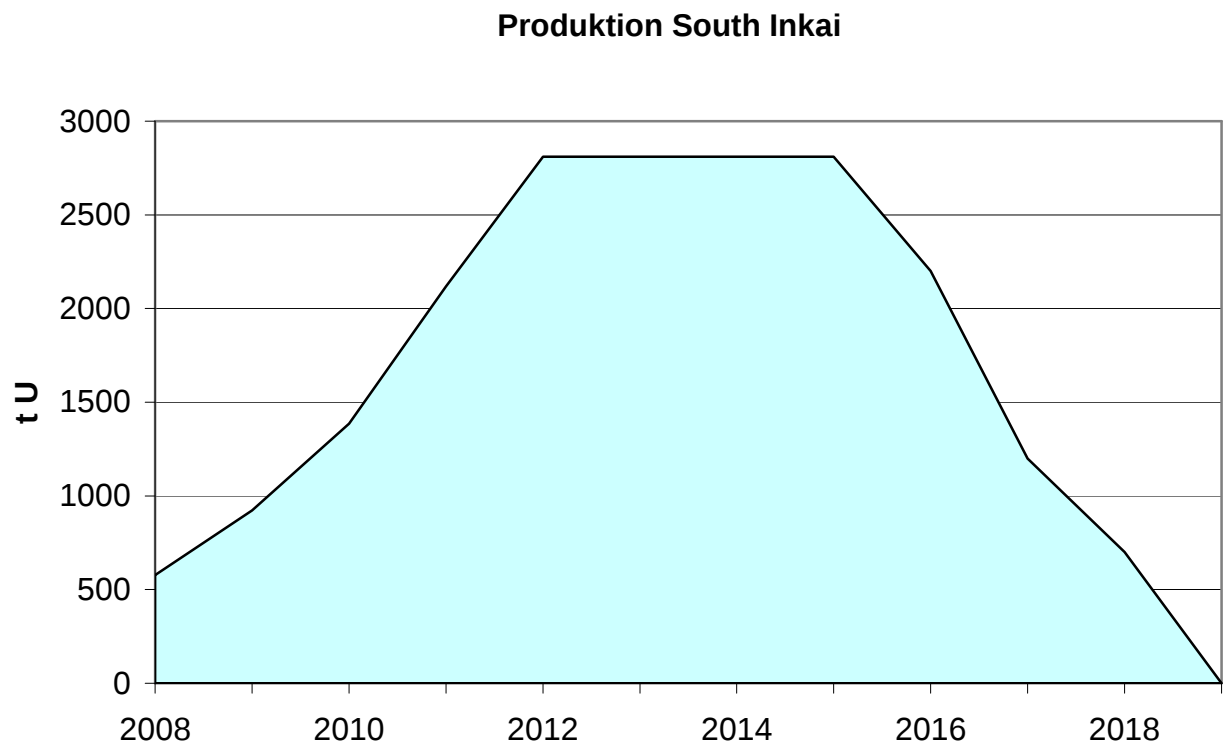


Abbildung 49: South Inkai - Prognostizierte Produktion

7.3.6 Inkai

Allgemeine Information	Startup könnte sich aufgrund des Mangels an Säure verzögern.	
Eigentümer/Betreiber	Cameco	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	In-Situ-Leaching
	Inbetriebnahme:	2008
	Kapazität [t U/Jahr]:	2000
	Gewinnung:	80%
	Konzentration:	0,06 %
	Lebenserwartung:	25 a
Expansionspläne:	Steigerung auf 4000 tU/a denkbar	
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	4 200
	Probable Reserves:	39 700
	Proven & Probable:	43 900
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	5 500
	RAR:	49 400
	Inferred Resources:	78 550
Identified Resources [t U]:		127 950
Bisher gefördert [t U]:		

Category	Value [t U]
Res	43 900
RAR	49 400
IR	78 550
Total Identified Resources	127 950

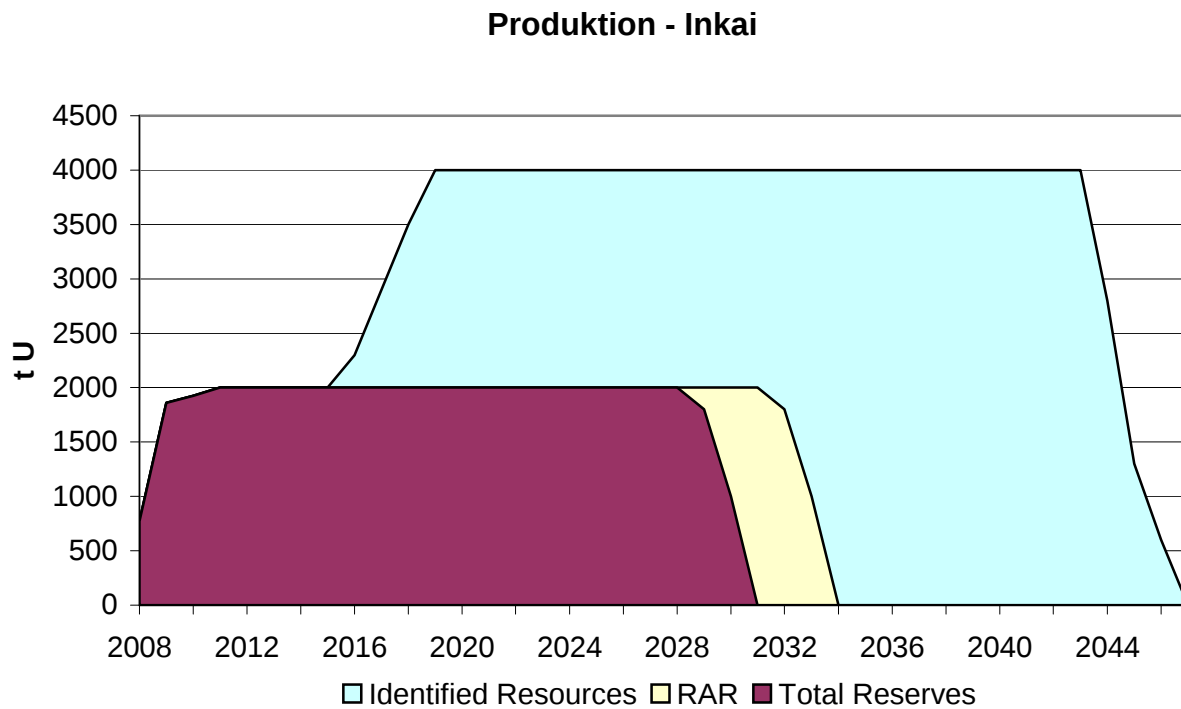


Abbildung 50: Inkai - Prognostizierte Produktion

Datenquellen - Kasachstan:

IAEA [XIII]

KAZATOMPROM [10]

URANIUM ONE [XVII]

AREVA [X]

CAMECO [XVIII]

WNA [1g]

7.3.7 Andere Minen in Kasachstan

Tabelle 10: Minen in Kasachstan

	Kanzhugan	Southern Moinkum	Karamurun North	Karamurun South	Irkol	Eastern Mynkuduk	Uvanas
Kapazität - Kazatomprom [tU] (Jahr des Erreichens der Kapazität)	400	500	1000 (2010)	250 (2009)	750 (2010)	1300	300
Estimated Reserves - Kazatomprom [tU]	22000	35000	16000	18000	30000	22000	8100
Resources - Redbook [tU]¹⁹	28192		60140			27102	
Average Recovery²⁰	84,39%		88,27%			87,30%	

	Vostok	Zarechnoe	Budenovskoe	Central Mynkuduk	Western Mynkuduk
Kapazität - Kazatomprom [tU]	1250	500 (2007), 1000 (2009)	1000 (2012), 600 (2010)	2000 (2010)	1000
Estimated Reserves - Kazatomprom [tU]	4150	40000	30000	52000	26000
Resources - Redbook [tU]	10559	18997	32000	50400	26000
Average Recovery	83,25%	90,24%	85%	86,40%	86,40%

¹⁹ Im Redbook erfolgte teilweise eine Zusammenlegung benachbarter Lagerstätten.

²⁰ Beinhaltet Verluste durch Abbau und Verarbeitung in der Mühle. Quelle: Redbook 2007

7.4 Uranminen Namibias

In Namibia sind derzeit zwei Minen in Betrieb, „Rössing“ und „Langer Heinrich“, deren Kapazität im Moment in etwa für 10% der weltweiten Gesamtproduktion (4400 t U) aufkommen könnte. 2007 betrug der Minenoutput des Landes jedoch nur 2879 t U, da Langer Heinrich noch nicht die volle Kapazität erreicht hat und Rössing – aufgrund niedergradigen Erzes einer auslaufenden Grube – eine verminderte Produktion aufwies.

Mit Inbetriebnahme einer dritten Mine („Trekopje“) soll die Position des Landes am Weltmarkt ab 2009 wieder gefestigt werden. Alle drei Minen befinden sich in der Erongo Region Namibias.

Fasst man die RAR der drei Produktionsstätten zusammen, zeigt sich auch gleich, dass diese einen Großteil der gesicherten Ressourcen Namibias abdecken. Nur 36 000 t U liegen nicht in deren Einzugsbereich. Nach dem Auslaufen dieser drei Produzenten in 15 – 20 Jahren ließe sich somit auch der Uranabbau des Landes nicht wesentlich verlängern.

Etwas anders stellt sich die Prognose für die Kategorie der Identified Resources dar. Durch gezielte Wahl der Zeitpunkte der Inbetriebnahme neuer Minen könnte eine hohe Produktionsrate von annähernd 10 000 t U über 15 Jahre gehalten werden, oder auch noch eine Produktionssteigerung in einem entsprechend kürzerem Zeitraum erreicht werden (Abbildung 53 und 54).

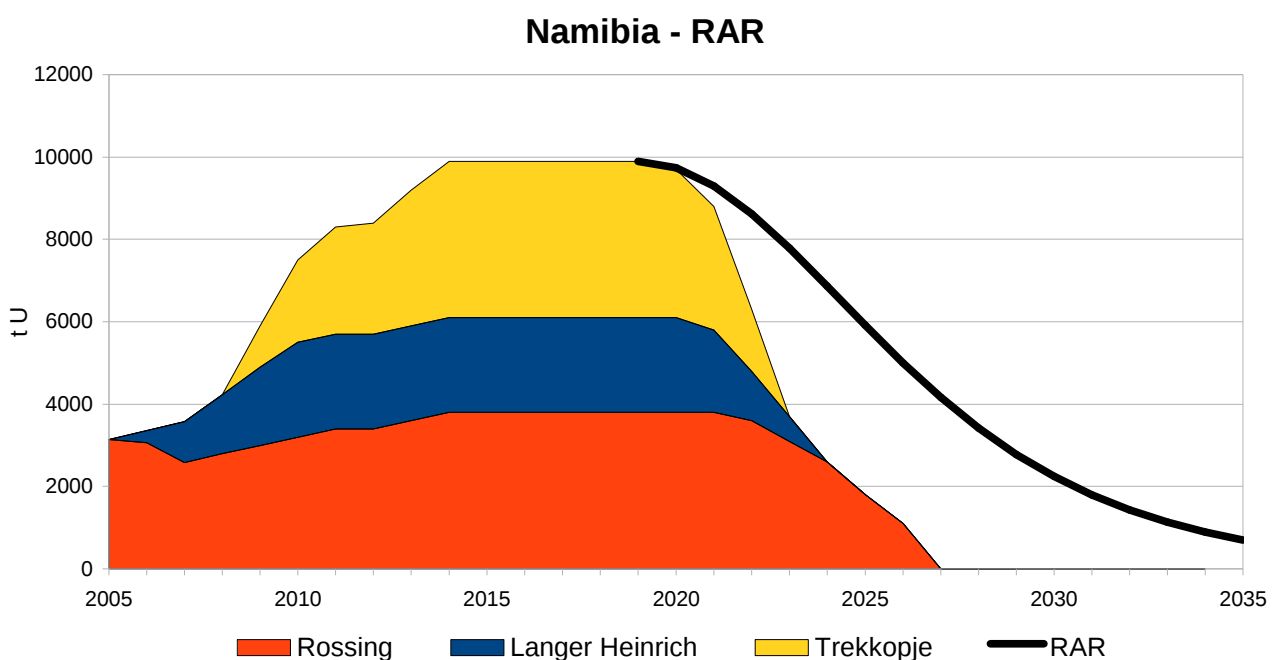


Abbildung 51: Namibia - RAR (Variante 1)

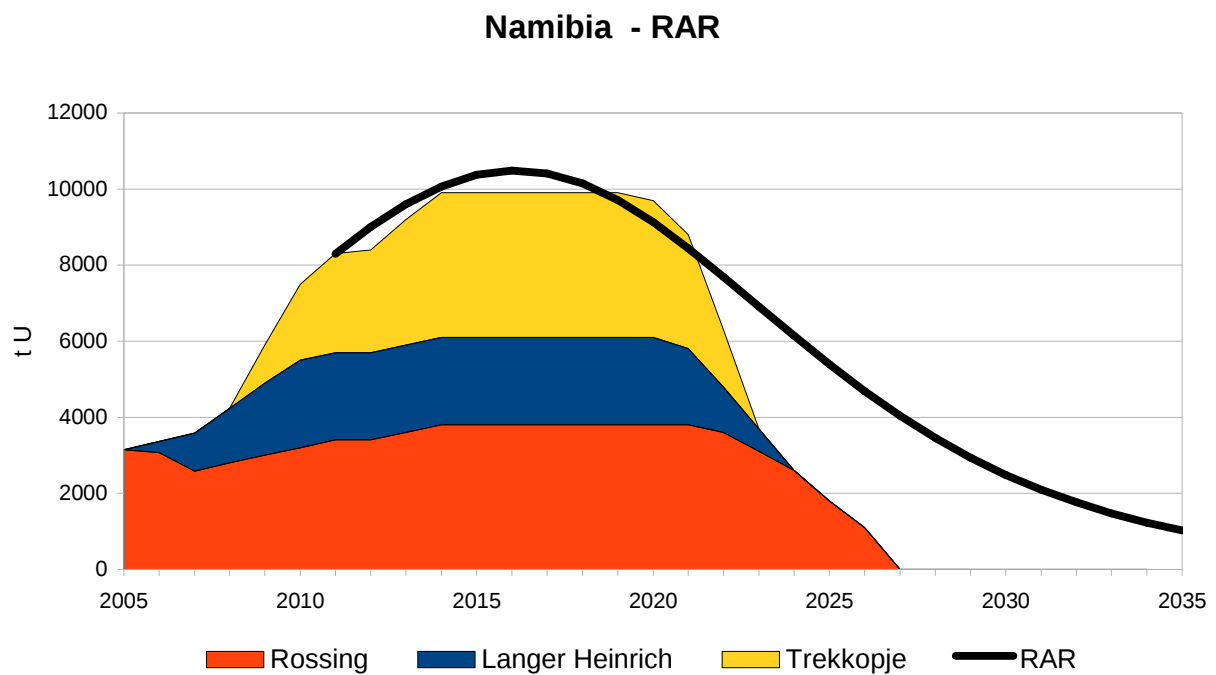


Abbildung 52: Namibia - RAR (Variante 2)

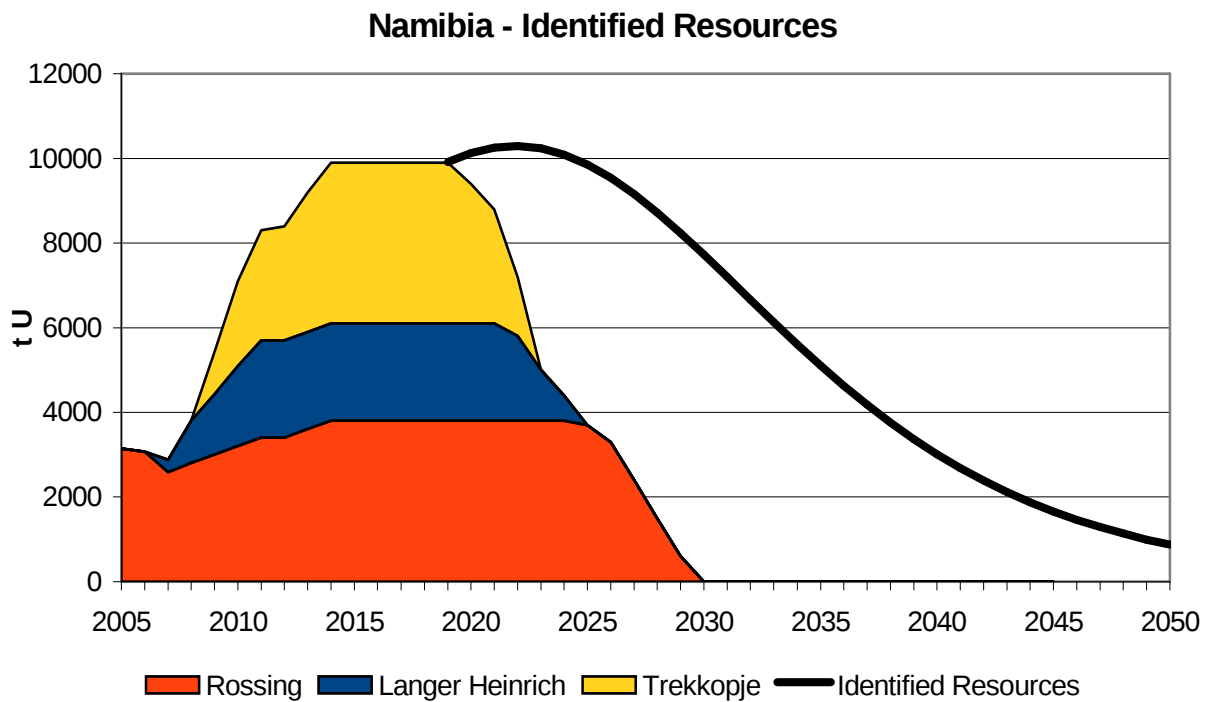


Abbildung 53: Namibia - Identified Resources (Variante 1)

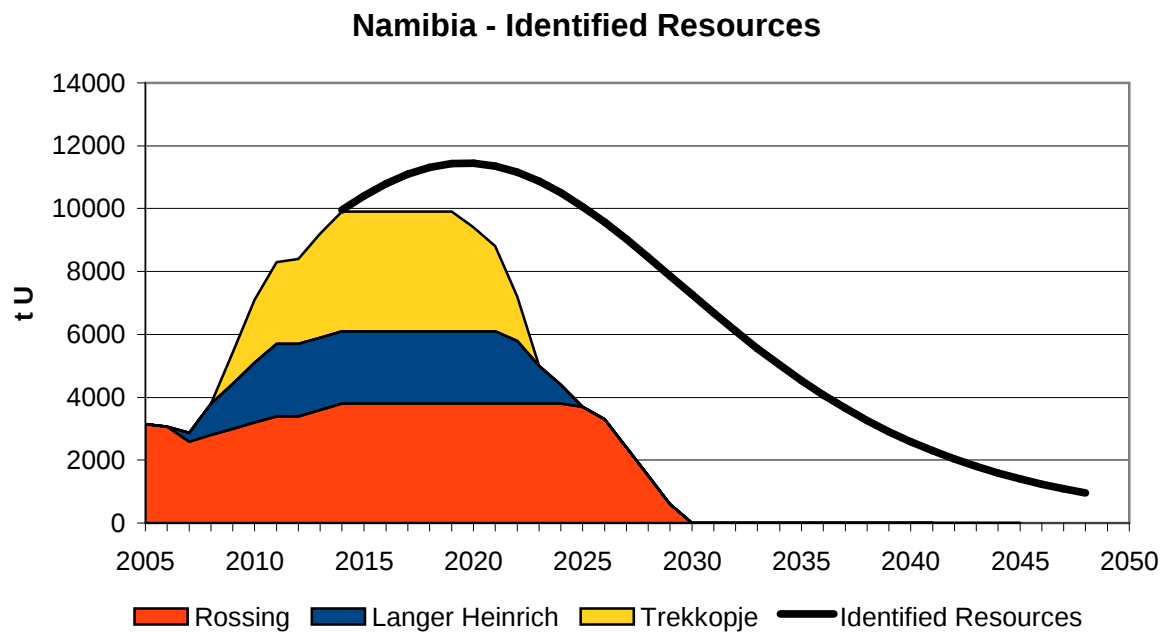


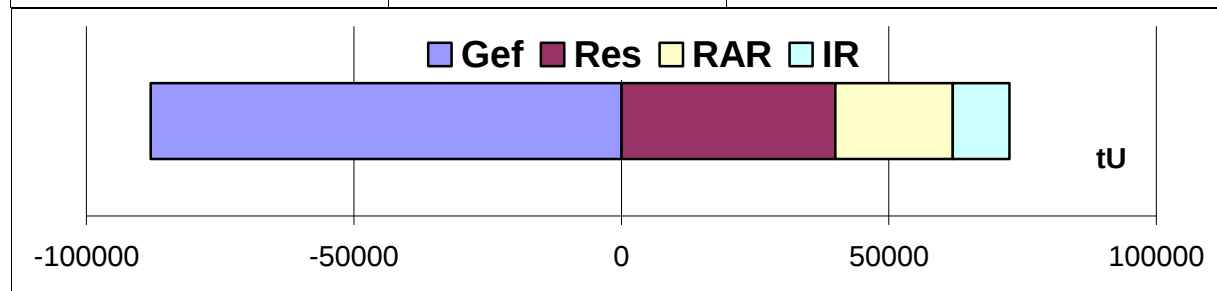
Abbildung 54: Namibia - Identified Resources (Variante 2)

Tabelle 11: Ressourcen - Namibia

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	56000	145100	176400
Inferred:	60400	85200	98600
Identified Resources:	116400	230300	275000

7.4.1 Rössing

Allgemeine Information:	Rössing ist eine große niedrigkonzentrierte Lagerstätte und liegt in der Namib Wüste. Das Gelände für Abbau, Verarbeitung und Lagerung erstreckt sich über 20 km².	
Eigentümer/Betreiber:	Rio Tinto	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Intrusivgestein
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	1976
	Kapazität [t U/Jahr]:	3400
	Gewinnung:	85%
	Konzentration:	0,03 %
	Lebenserwartung:	Bis 2021
Expansionspläne:	Verlängerung bis 2021 aufgrund des Uranpreises geplant, sowie eine Kapazitätserhöhung auf 3800 t U	
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	7 050
	Probable Reserves:	32 950
	Total Reserves:	40 050
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	400
	Indicated Resources:	21 550
	RAR:	62 000
	Inferred Resources:	10 600
Identified Resources [t U]:		72 600
Bisher gefördert [t U]:		87 995



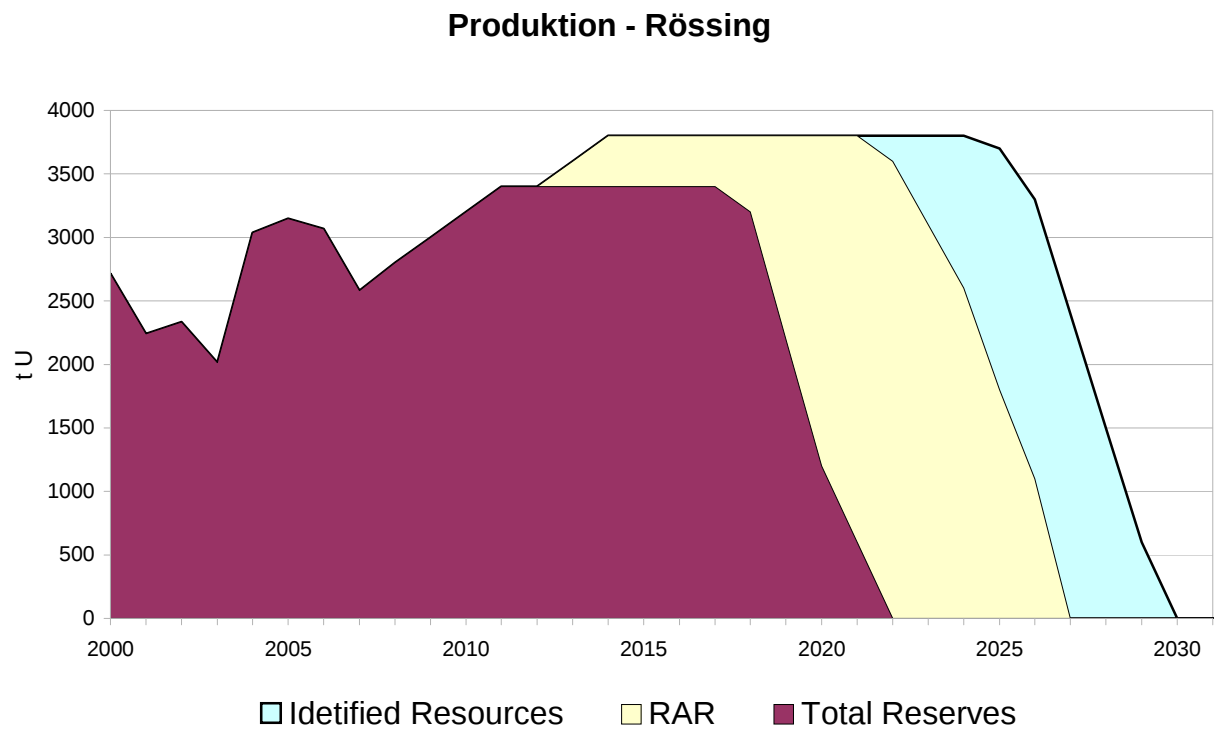


Abbildung 55: Rössing - Historische und prognostizierte Produktion

Total Reserves entsprechen hierbei gut dem Mining Plan.

7.4.2 Langer Heinrich

Allgemeine Information:	Langer Heinrich wurde 1973 entdeckt und befindet sich 50 km südöstlich von Rössing. Es ist die erste neu errichtete Mine und Mühle weltweit seit 25 Jahren.	
Eigentümer/Betreiber:	Paladin Resources	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Oberflächennahe (Calcrete)
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	2006
	Kapazität [t U/Jahr]:	1000
	Gewinnung:	81%
	Konzentration:	0,05 %
	Lebenserwartung:	18 a
Expansionspläne:	Auf 1430 t U/a in 2008 und 2300 t U ab 2010	
Reserven [t U]:* (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	9 850
	Probable Reserves:	4 600
	Total Reserves:	14 450
Ressourcen [t U]:*	Measured Resources:	2 550
	Indicated Resources:	2 100
	RAR:	19 100
	Inferred Resources:	21 450
Identified Resources [t U]:		40 550
Bisher gefördert [t U]:		297

Category	Value [t U]
Res	14 450
RAR	19 100
IR	21 450
Total Identified Resources	40 550

* Es konnte nicht bestimmt werden, ob Produktionsverluste berücksichtigt wurden, aber in Übereinstimmung mit den Mining Plans wurde dies angenommen.

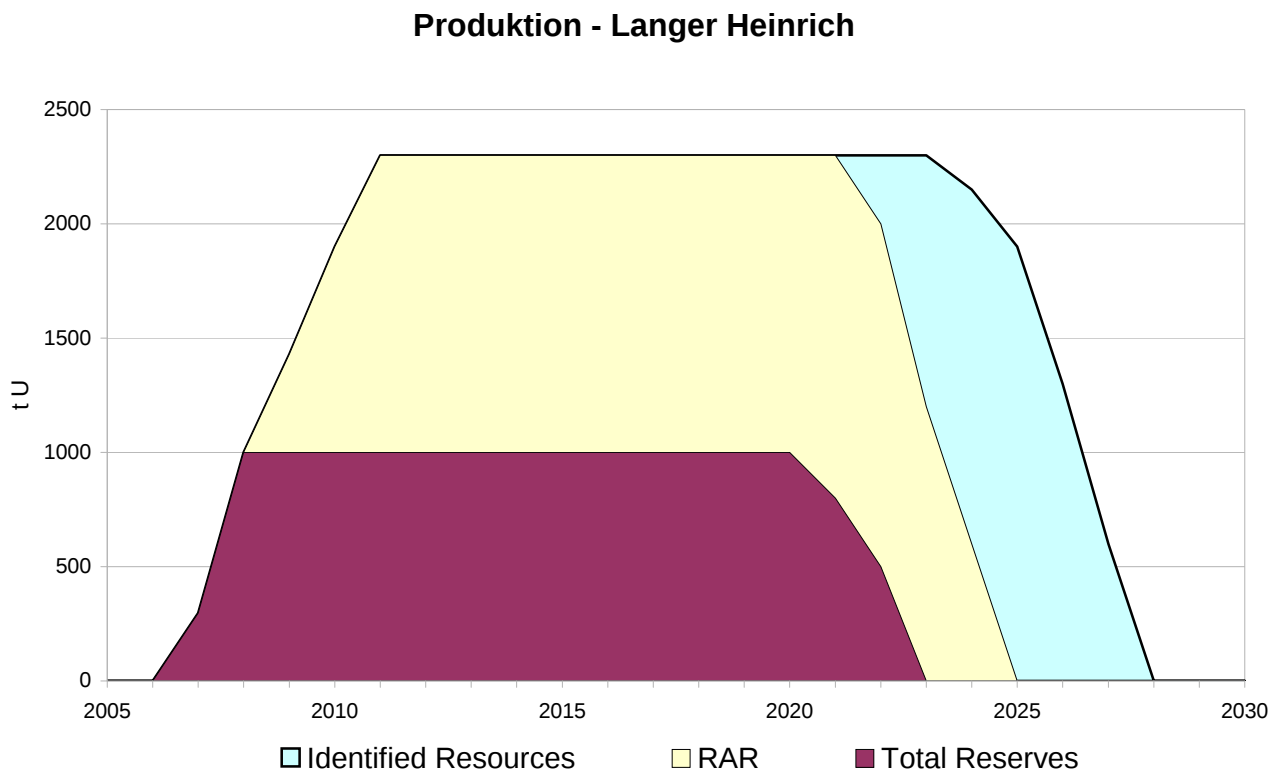


Abbildung 56: Langer Heinrich - Prognostizierte Produktion

Für die Kategorie Reserven wurde aufgrund der sonst entstehenden kurzen Laufzeit kein Produktionsausbau angenommen.

7.4.3 Trekkopje

Allgemeine Information:	Der Testbetrieb dürfte 2008 mit einem Jahr Verspätung beginnen, ab 2009 soll der volle kommerzielle Betrieb anlaufen.	
Eigentümer/Betreiber:	AREVA	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Oberflächennahe (Calcrete)
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	2008
	Kapazität [t U/Jahr]:	3500
	Gewinnung:	75%
	Konzentration:	0,01%
	Lebenserwartung:	14 a
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	
	Probable Reserves:	
	Total Reserves:	
Ressourcen [t U]:*	Measured Resources:	1 000
	Indicated Resources:	41 450
	RAR:	42 450
	Inferred Resources:	3 100
Identified Resources [t U]:		45 550
Bisher gefördert [t U]:		

Resource Type	Value [t U]
Reasonable Anticipated Resources (RAR)	42 450
Identified Resources (IR)	45 550

* Es konnte nicht bestimmt werden, ob Produktionsverluste berücksichtigt wurden, aber in Übereinstimmung mit den Mining Plans wurde dies angenommen.

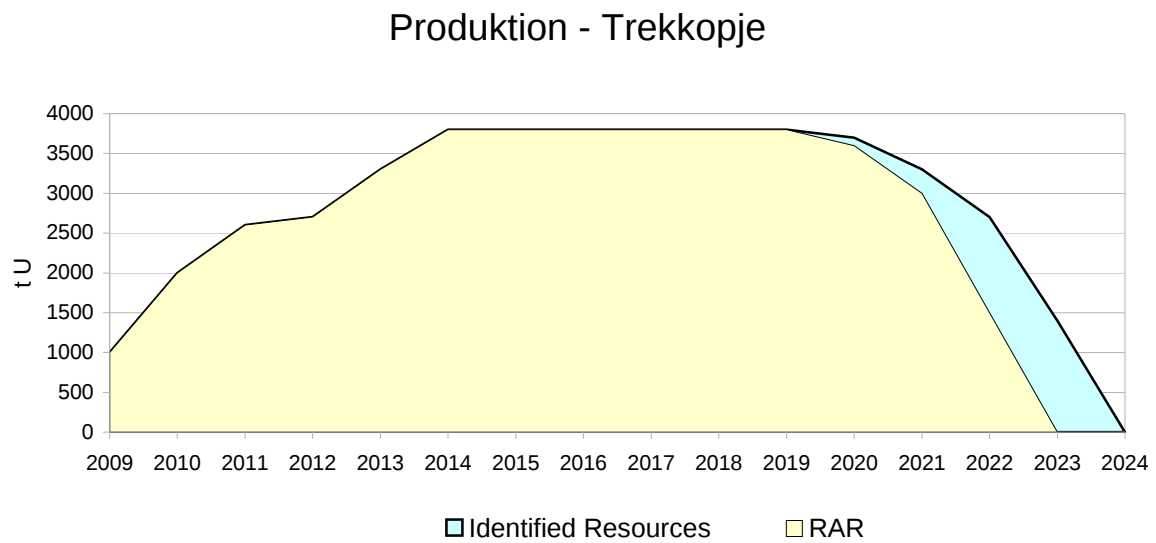


Abbildung 57: Trekkopje - Prognostizierte Produktion

Datenquellen - Namibia:

IAEA [XIII]

RÖSSING [XIX]

RIO TINTO [XV]

INFOMINE [9]

PALADIN RESOURCES [XX]

URAMIN [XXI]

WNA [1h]

AREVA [X]

7.5 Uranminen Nigers

In Niger finden sich die großen Uranlagerstätten im Zentrum des Landes. Erste Entdeckungen wurden schon in den späten 50er-Jahren gemacht, als sich Niger noch unter französischer Kolonialherrschaft befand. In weiterer Folge wurden aufgrund der räumlichen Nähe der entdeckten Erzkörper zwei Firmen gegründet, die den Abbau in der Region betreiben: Die Société des Mines de l'Air (SOMAIR) und die Compagnie Minière d'Akouta (COMINAK). Mehrheitseigentümer der beiden Betreiberfirmen ist heute die Firma AREVA, welche auch im Besitz der dritten Mine Nigers – Imouraren – ist, die 2012 den Betrieb aufnehmen soll. In Summe soll dann eine Steigerung der Gesamtproduktion des Landes von 3153 t U im Jahre 2007 auf bis zu 9 000 t U 2015 möglich sein.

Ein Vergleich mit den Ressourcen des Landes zeigt jedoch, dass ab diesem Zeitpunkt keine wesentliche Steigerung mehr möglich erscheint. Zusätzliche Projekte, wie sie mit Abokorum und Teguida zwar noch geplant sind, lassen jedoch nur kurzfristige Erhöhungen zu und werden vor allem das Wegbrechen der Produktion von Somair und Cominak nicht ausgleichen können.

Auffällig ist auch die Abhängigkeit der Uranindustrie Nigers vom Projekt Imouraren. Ein Wegfall dieser Mine würde in zehn Jahren ein Ende der wichtigen Position Nigers auf dem Weltmarkt bedeuten.

Die Betrachtung der Entwicklungen in Niger unterscheidet sich für RAR und Identified Resources aufgrund der ähnlichen Mengen nur unwesentlich. In beiden Fällen findet sich das abgeschätzte Fördermaximum in der Nähe des Jahres 2020, lediglich um 1-2 Jahre verschoben, im einen Fall knapp davor, im anderen danach (Abbildung 58 und 59).

Eine Alternative zu den jetzigen Förderplänen, die eine konstante Produktion etwas länger gewährleisten könnte, wurde in Abbildung 60 skizziert. Hierzu müsste ein Förderbeginn an Imouraren so angesetzt werden, dass ein Ausgleich für das Auslaufen von Somair und Cominak geschaffen wird. Somit würde das Maximum der Förderung zwar geringer ausfallen, könnte jedoch um 6-7 Jahre verlängert werden.

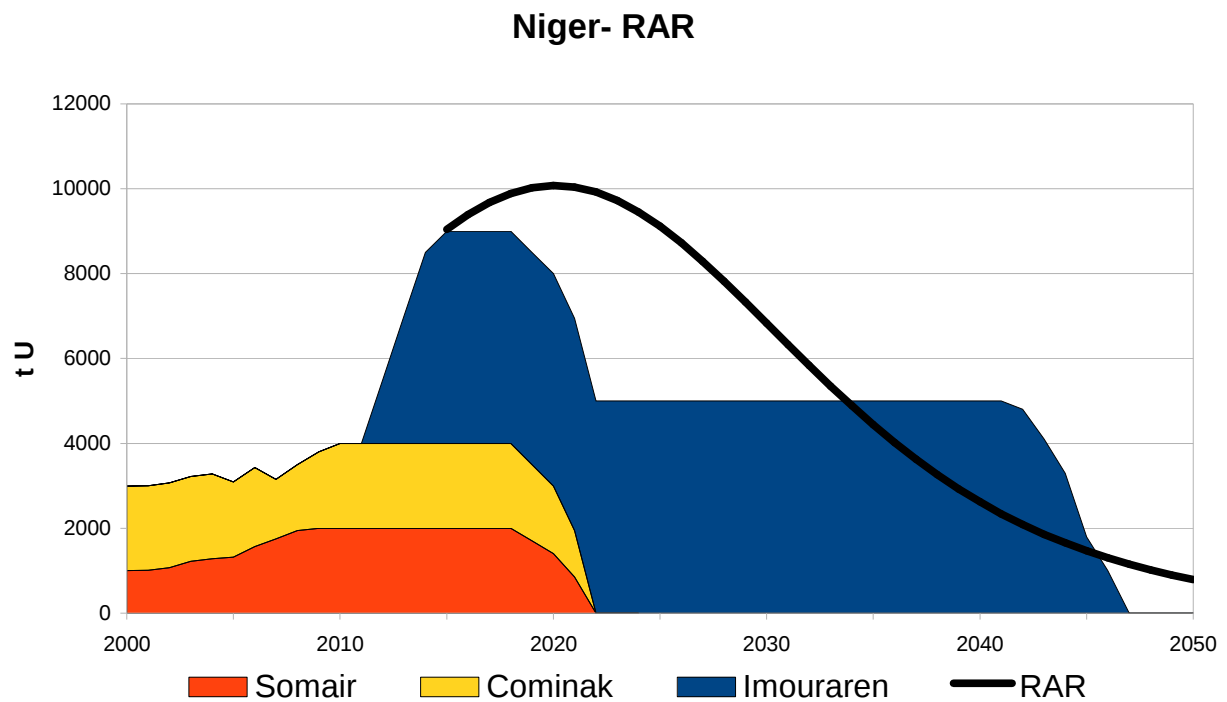
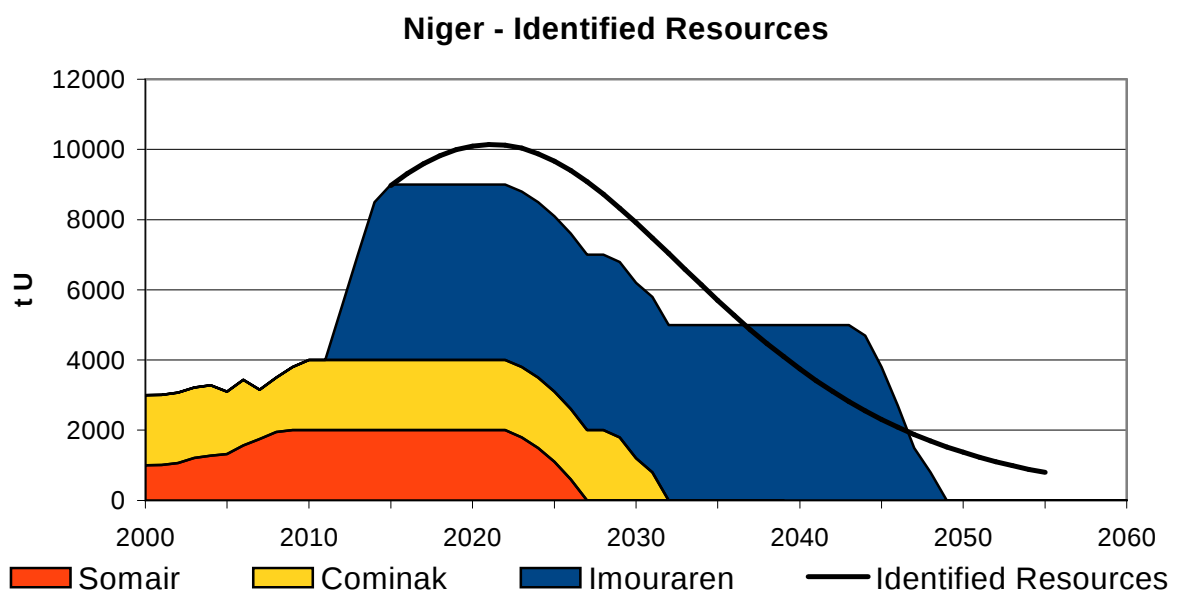
Abbildung 58: Niger - RAR²¹

Abbildung 59: Niger - Identified Resources

²¹ Produktionsdaten für das Jahr 2000 wurden bei Cominak und Somair für Abb. 58 – 60 geschätzt, um eine bessere Lesbarkeit des Diagramms zu gewähren.

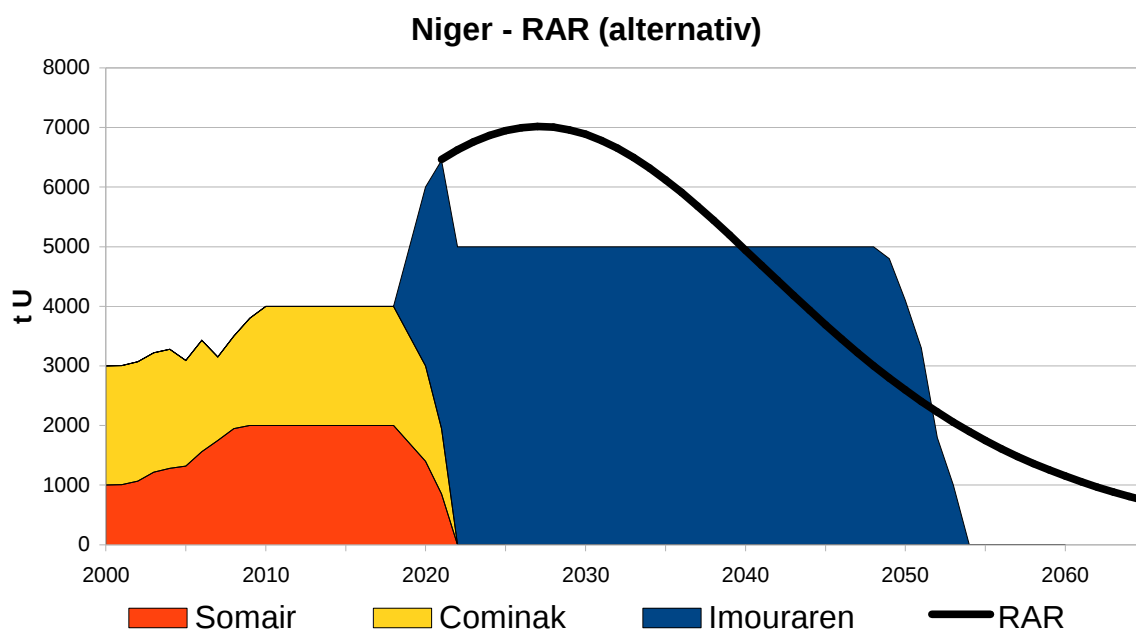


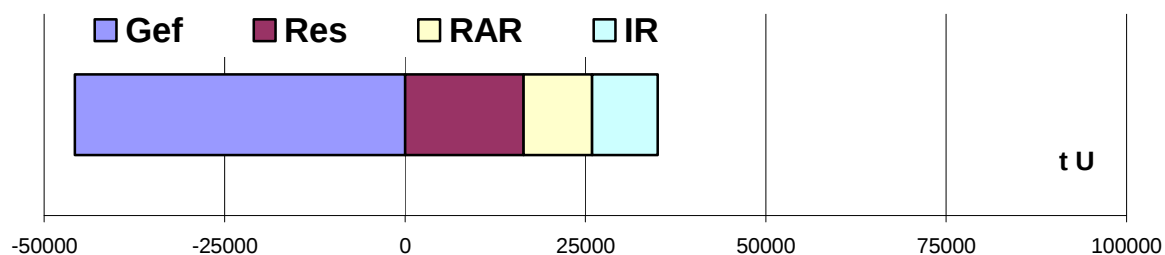
Abbildung 60: Niger - RAR (alternativ)

Tabelle 12: Ressourcen - Niger

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	21300	44300	243100
Inferred:	12900	30900	30900
Identified Resources:	34200	75200	274000

7.5.1 Somair

Allgemeine Information:	Somair wurde 1968 gegründet. Derzeit wird an der Lagerstätte „Tamou“ Uran abgebaut. „Artois“ soll folgen.	
Eigentümer/Betreiber:	AREVA	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	1971
	Kapazität [t U/Jahr]:	2000
	Gewinnung:	94,03%
	Konzentration:	0,09 - 0,3 %
	Lebenserwartung:	11,5 a
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	15 100
	Probable Reserves:	1 350
	Total Reserves:	16 450
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	9 000
	Indicated Resources:	500
	RAR:	25 950
	Inferred Resources:	9 050
Identified Resources [t U]:		35 000
Bisher gefördert [t U]:		45 750*



*Angaben WNA

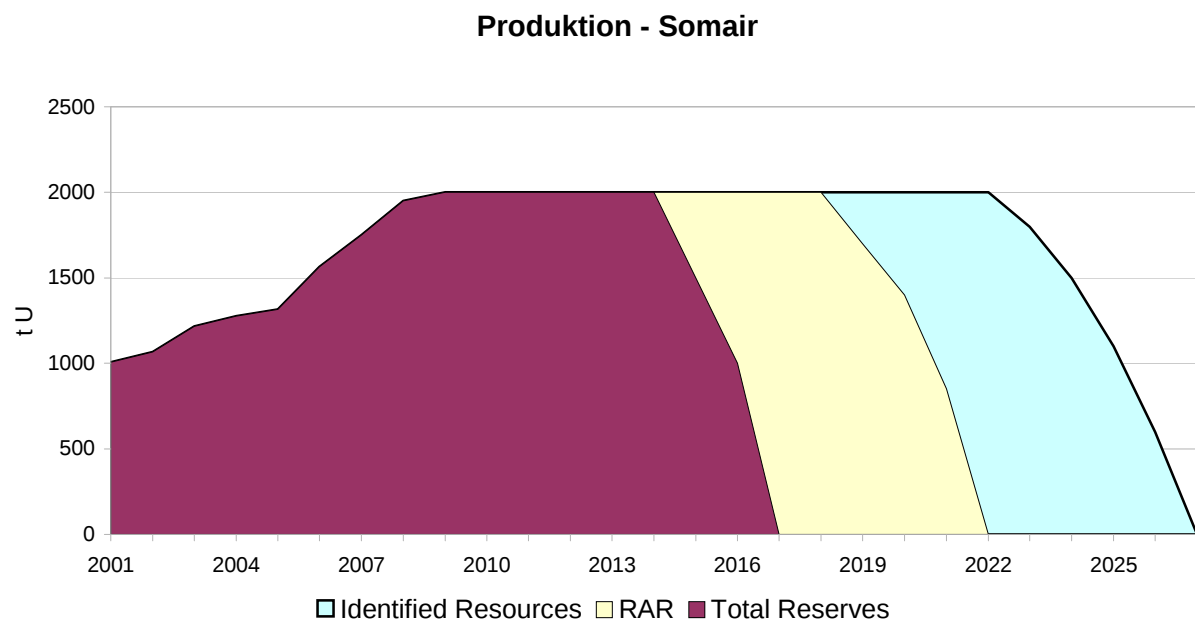
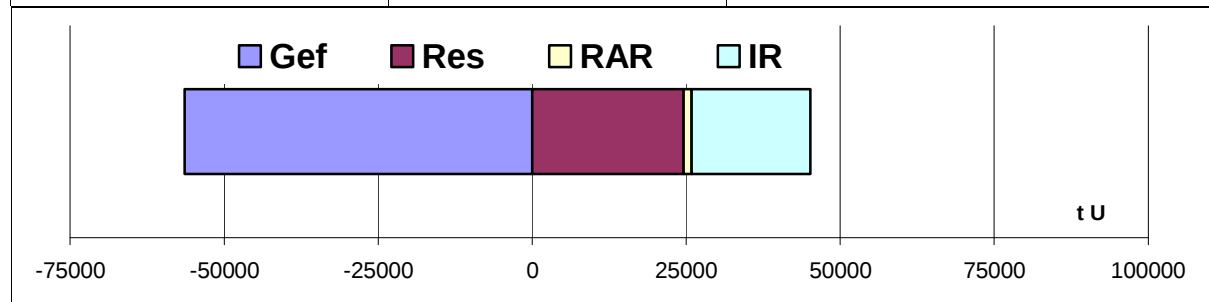


Abbildung 61: Somair - Historische und prognostizierte Produktion

7.5.2 Cominak

Allgemeine Information:	COMIAK wurde 1974 gegründet. Bisher wurde an den Lagerstätten „Akouta“ und „Akola“ gearbeitet. Ein Wechsel zum Depot „Ebba“ wird derzeit vollzogen.	
Eigentümer/Betreiber:	AREVA	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	Underground (250m)
	Inbetriebnahme:	1978
	Kapazität [t U/Jahr]:	2000
	Gewinnung:	96,2%
	Konzentration:	0,26 – 0,4 %
	Lebenserwartung:	11,3 a (Areva 2005)
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	5 950
	Probable Reserves:	18 600
	Total Reserves:	24 550
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	1 300
	RAR:	25 850
	Inferred Resources:	19 300
Identified Resources [t U]:		45 150
Bisher gefördert [t U]:		56 400*



*Angaben WNA

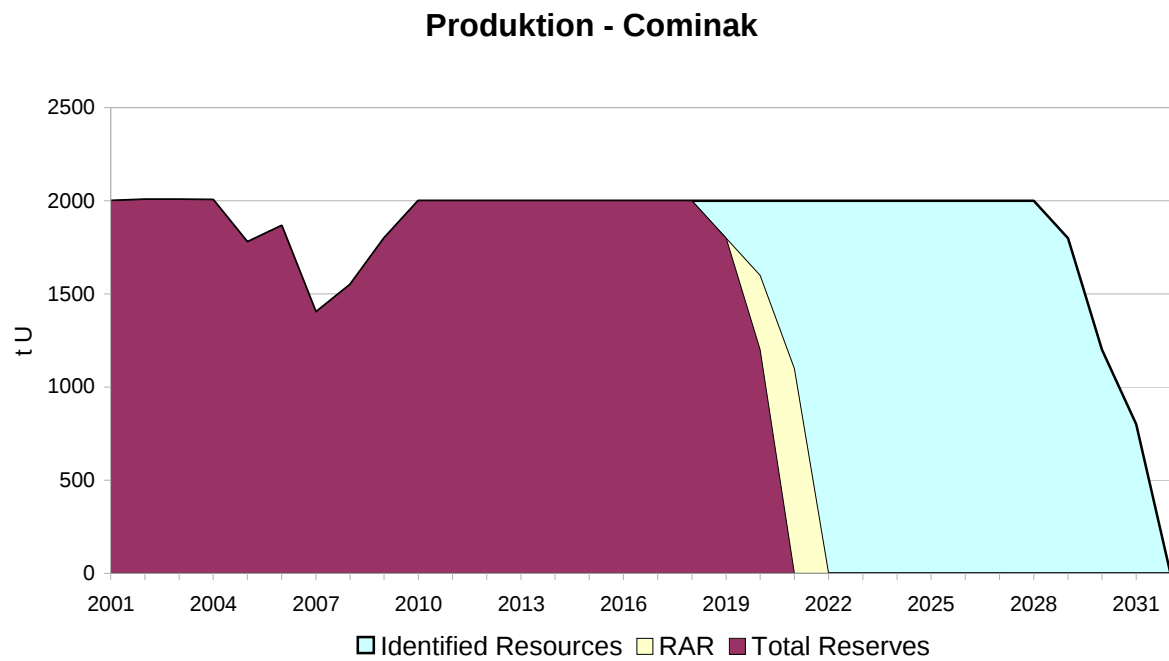
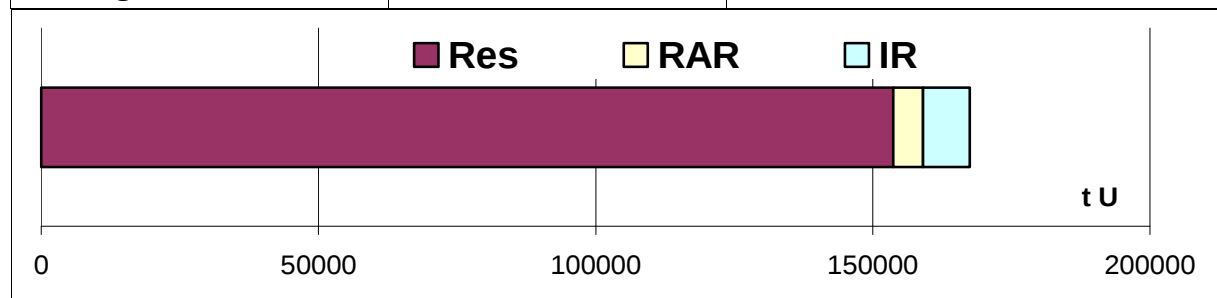


Abbildung 62: Cominak - Historische und prognostizierte Produktion

7.5.3 Imouraren

Allgemeine Information:	1969 entdeckt. Sollte in den 90er Jahren in Betrieb gehen, wurde aber aufgrund niedriger Uranpreise eingestellt.	
Eigentümer/Betreiber:	AREVA	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Sandstein
	Abbau:	Open Pit
	Inbetriebnahme:	2012
	Kapazität [t U/Jahr]:	5000
	Gewinnung:	93,35 % bzw. 62,42 %
	Konzentration:	0,11 %, 0,05 – 0,08 %
	Lebenserwartung:	45 a
Expansionspläne:		
Reserven [t U]: (Mit Ende 2007)	Proven Reserves:	46 550
	Probable Reserves:	107 150
	Total Reserves:	153 700
Ressourcen [t U]:	Measured Resources:	
	Indicated Resources:	5 400
	RAR:	159 100
	Inferred Resources:	8 400
Identified Resources [t U]:		167 500
Bisher gefördert [t U]:		-



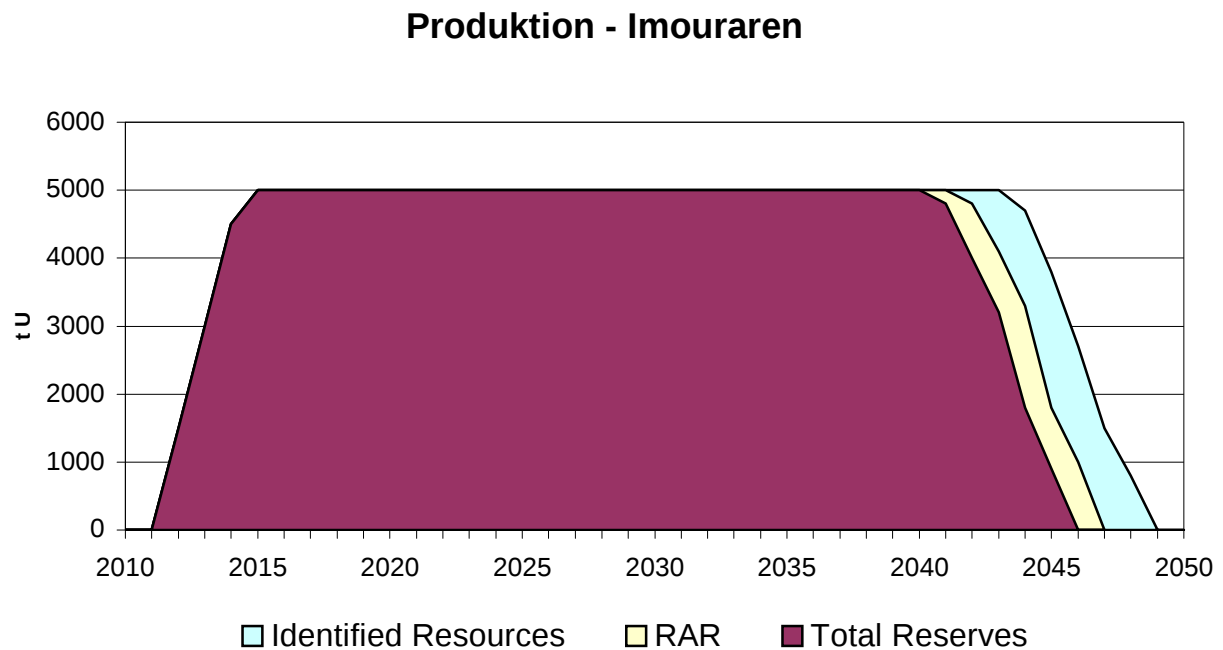


Abbildung 63: Imouraren - Prognostizierte Produktion

Zu Imouraren finden sich verschiedene Angaben bezüglich Abbauart und -menge von der World Nuclear Association und Areva. Eine Pressemeldung von Areva im Juli 2008 lässt jedoch darauf schließen, dass die Mine 2012 im Tagbau in Betrieb gehen wird. Ursprünglich war der Produktionsstart für 2010 geplant und auch ein ISL-Abbau angedacht worden [11].

Datenquellen - Niger:

IAEA [XIII]

AREVA [X, 119]

WNA [1i]

7.6 Produktion anderer Länder

Wie bereits am Beginn dieses Kapitels erwähnt, zeigen außer den fünf detailliert bearbeiteten Ländern auch noch andere Relevanz für den weiteren Verlauf der globalen Minenlandschaft. Diese sollen nun eine Kurzbeschreibung und eine Abschätzung bezüglich ihrer Ressourcen erfahren. Hierzu wurden, ausgehend von den aktuellen Produktionsdaten, Glockenkurven angepasst, die die Ressourcen der entsprechenden Kategorien umfassen.

Aufgrund der Notwendigkeit einer Steigerung der weltweiten Produktion, wurde für alle Länder der Versuch einer Produktionssteigerung angenommen. Als Begrenzungen wurden hierfür ein Abbau bis 2100 sowie maximal eine Verdreifachung²² der Produktion festgelegt. Konnten beide Kriterien nicht vereinigt werden, so wurden sie getrennt betrachtet.

7.6.1 China

China ist bezüglich seiner Uranabbauraten und seiner Reserven eigentlich nicht von großer Bedeutung für den weltweiten Uranmarkt. Aufgrund seiner Wichtigkeit für den weltweiten Energiemarkt soll es hier dennoch Erwähnung finden. Darüber hinaus soll China die Destination für unverarbeitetes Erz aus Australien werden (Siehe Olympic Dam 7.1.1).

Die chinesischen Minen charakterisieren sich durch niedergradiges Erz und damit einhergehend geringe Produktionsraten. Derzeit sind in China 5 Minen in Betrieb, die eine Gesamtkapazität von rund 850 t U/Jahr aufweisen. Die Produktion für 2007 wurde von der IAEA mit 750 t U abgeschätzt.

Die Expansionspläne Chinas sehen einen Ausbau der nuklearen Energiegewinnungskapazität auf 50 – 60 GWe bis 2020 und dann weiter auf 120-160 GWe vor. Die Abbildungen 64 und 65 zeigen gleich, dass das Land seinen Uranbedarf schon heute (8,5 GWe) und auch in Zukunft bei weitem nicht decken kann²³. Dies gilt sowohl für Reasonably Assured Resources als auch für Identified Resources und unterstreicht damit Chinas diesbezügliche Abhängigkeit von Importen.

²² Die Auswertung der detailliert betrachteten Länder (Australien, Kanada, Kasachstan, Niger, Namibia) zeigt maximale Wachstumsraten zwischen 150 und 400%. Die Tatsache, dass leicht zugängliche Minen zuerst bearbeitet werden, lässt vermuten, dass auch in anderen Ländern die maximalen Steigerungsraten in diesem Bereich liegen. Eine Ausnahme wurde für Südafrika gemacht (Siehe dort 7.6.3)

²³ Ein Reaktor von 1 GWe benötigt in etwa 195 tU / Jahr sowie die dreifache Menge für die erste Beladung mit Brennstoff (WNA [1]).

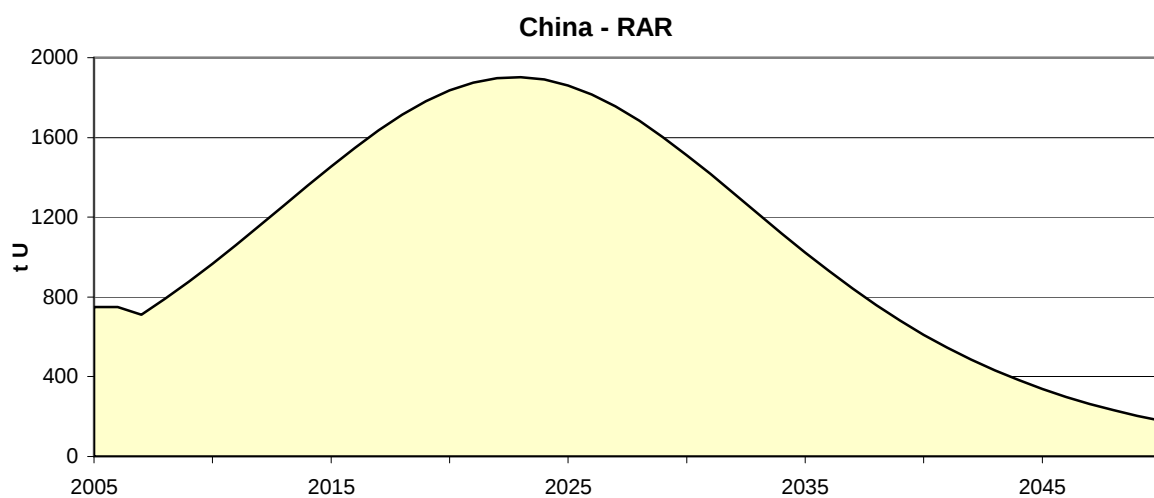


Abbildung 64: China - RAR

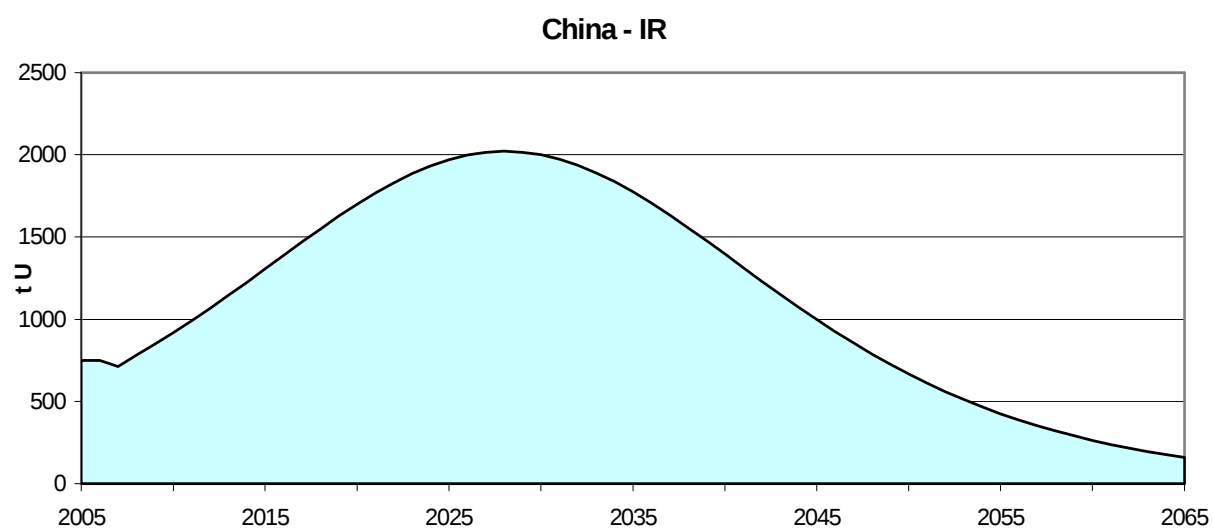


Abbildung 65: China - Identified Resources

Tabelle 13: Ressourcen – China

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	31 800	44 300	48 800
Inferred:	7 500	17 600	19 100
Identified Resources:	39 300	61 900	67 900

7.6.2 Russland

Die Produktion in Russland lag in den letzten Jahren immer im Bereich von 3000 t U. Mit einem Ergebnis von 3381 t U lag man 2007 an weltweit vierter Stelle der uranproduzierenden Länder.

Exploration und Abbau liegen in der Hand der staatlichen Firma AtomRedMetZoloto (ARMZ). Für die Darstellung der Ressourcen wurden zwei verschiedene Formen gewählt. Einerseits wurde eine Verteilung entsprechend einer Glockenkurve (Abbildung 66 und 67), andererseits ein Anstieg gemäß der Planung von ARMZ mit einer Produktion von 14 000 t U bis 2024 (Abbildung 68 und 69) angenommen.

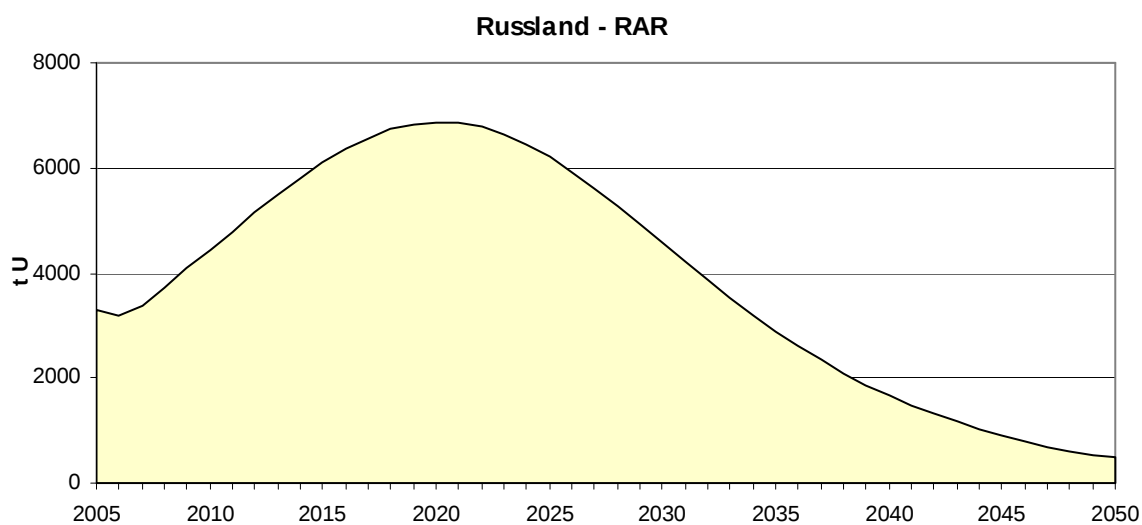


Abbildung 66: Russland - RAR (Glockenkurve)

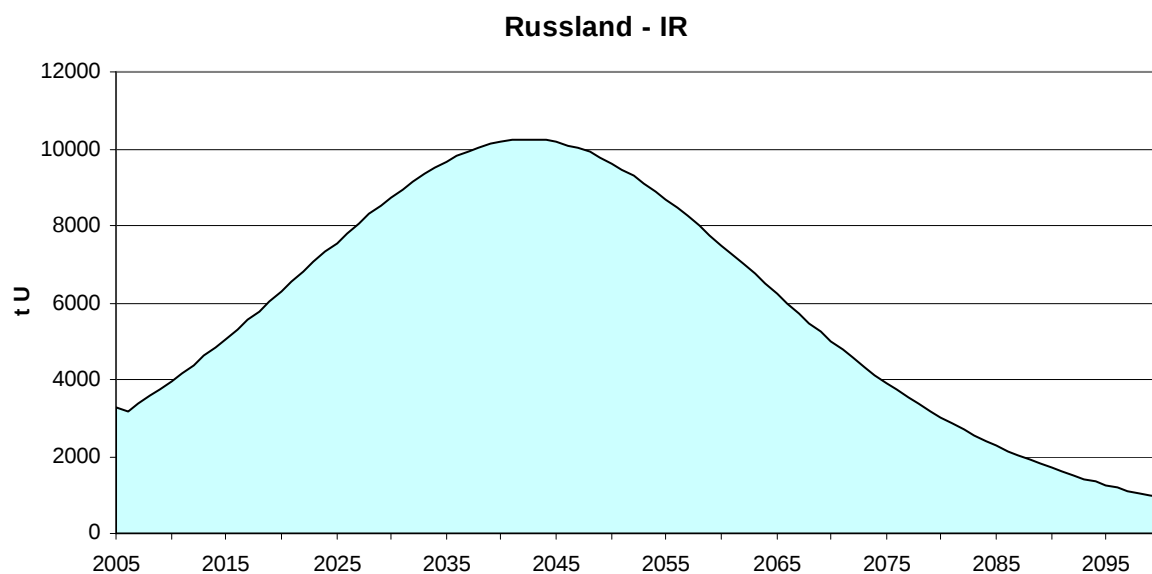


Abbildung 67: Russland - Identified Resources (Glockenkurve)

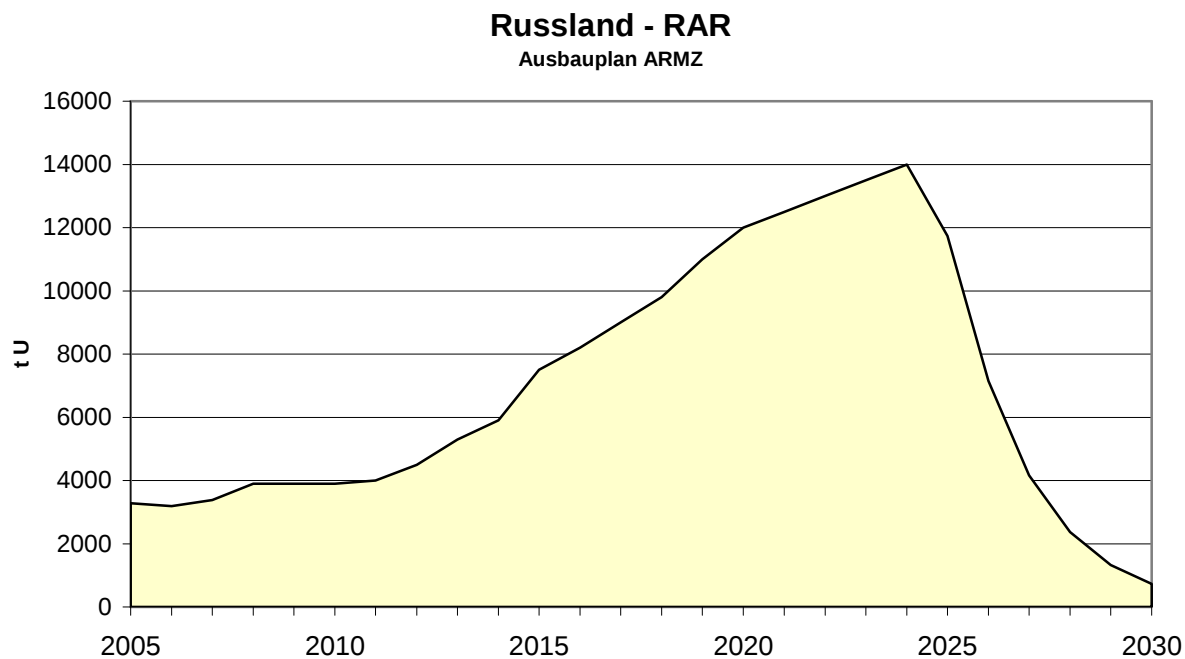


Abbildung 68: Russland - RAR (Ausbauplan ARMZ)

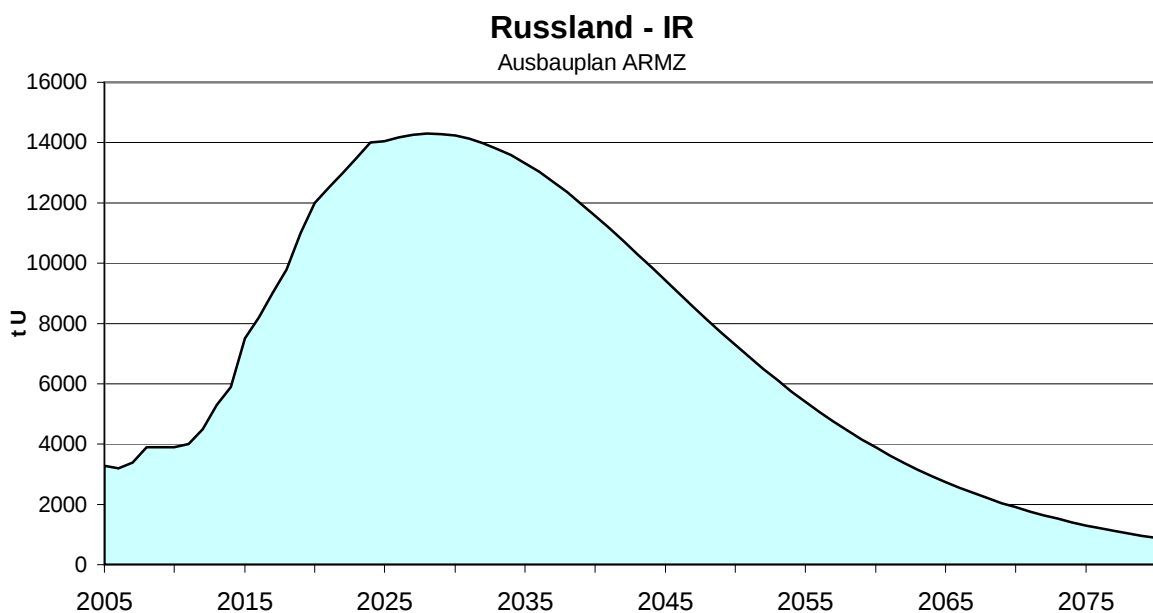


Abbildung 69: Russland - Identified Resources (Ausbauplan ARMZ)

Tabelle 14: Ressourcen - Russland

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	47 500	172 400	172 400
Inferred:	36 100	323 000	373 300
Identified Resources:	83 600	495 400	545 600

7.6.3 Südafrika

Südafrika liegt, bezogen auf die identifizierten Ressourcen, noch vor Kanada weltweit an vierter Stelle. Uran tritt dort zu großen Teilen in Verbindung mit Gold auf und ein Abbau ist auch nur in Kombination damit ökonomisch. Da im ganzen Land derzeit nur eine Uranverarbeitungsanlage in Betrieb ist, wohl aber auch aufgrund der steigenden Goldpreise, wird derzeit beim Goldabbau vielfach auf die Urangewinnung verzichtet und das uranhaltige mit dem anderen Gestein als Abraum abgelagert. Die wirtschaftliche Förderbarkeit dieser Ressourcen zu einem späteren Zeitpunkt wird vor allem von der Verdünnung dieser „Tailings“ mit taubem Gestein abhängig sein.

Verglichen mit den Ressourcen sind die Abbauraten (500 - 600 t U/a in den letzten Jahren) in Südafrika äußerst gering, was, wie erwähnt, auf Probleme der Wirtschaftlichkeit oder aber der technischen Umsetzbarkeit zurückzuführen sein muss. Eine Prognose des zukünftigen Abbaues und der möglichen Steigerungsraten gestaltet sich dementsprechend schwierig. Für die Darstellung wurden daher verschiedene Annahmen getroffen.

In Abbildung 70 wurde die Kategorie RAR durch eine Glockenkurve angenähert, die sich über 95 Jahre erstreckt. Als zweite Variante für diese Klasse (Abbildung 71) wurde eine Produktionssteigerung entsprechend der Daten zu begrenzt fortgeschrittenen Projekten angenommen und daran ab dem Jahr 2015 eine Kurve abgehängt. Für die identifizierten Ressourcen wurde ebenso vorgegangen (Abbildung 72 und 73). Für die Glockenkurvendarstellung liegen dabei 100 000 t U jenseits von 2100.

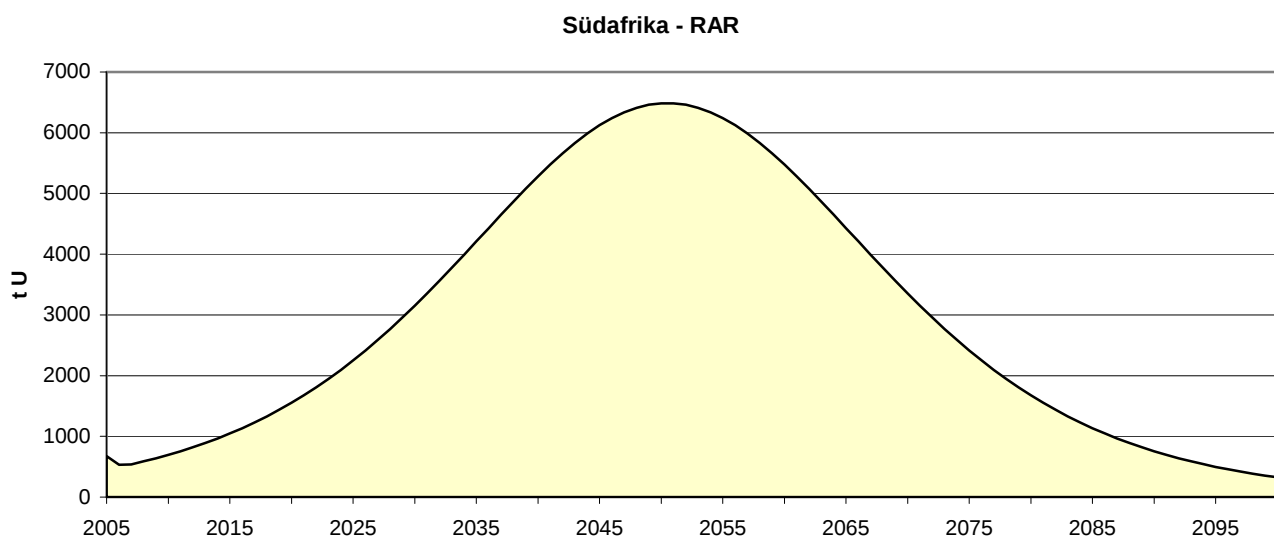


Abbildung 70: Südafrika - RAR (Glockenkurve)

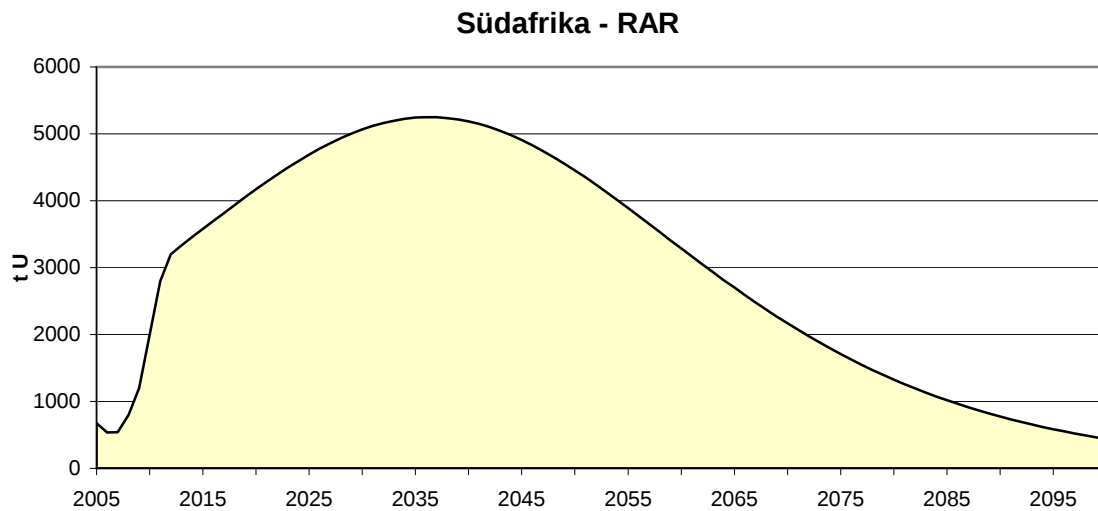


Abbildung 71: Südafrika - RAR (rasche Produktionssteigerung)

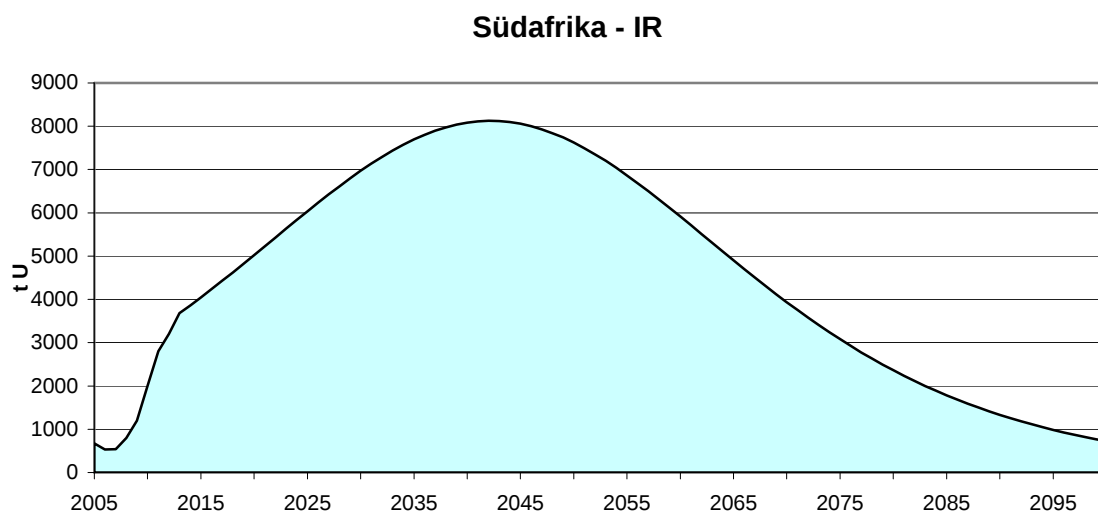


Abbildung 72: Südafrika - Identified Resources (rasche Produktionssteigerung)

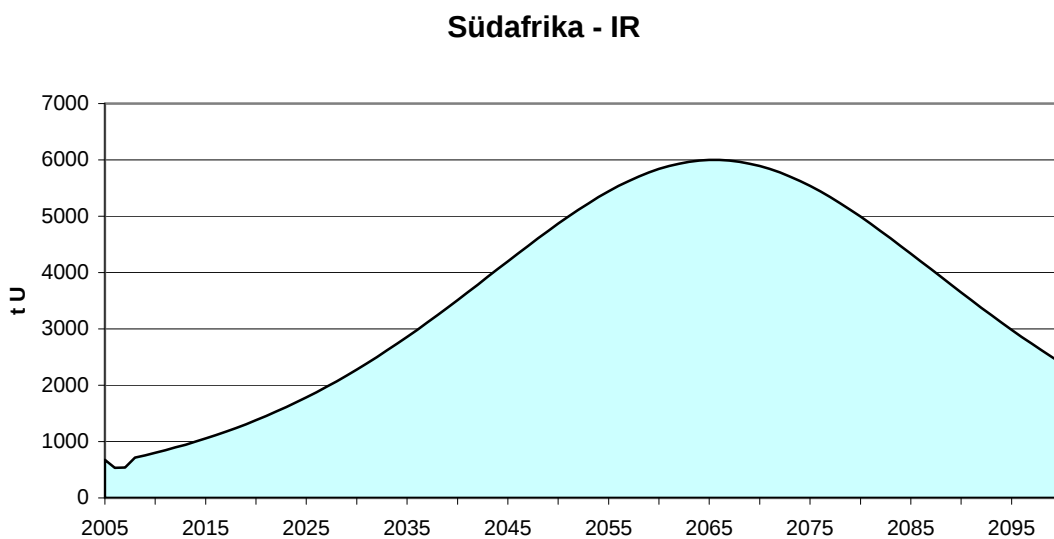


Abbildung 73: Südafrika - IR (Glockenkurve)

Tabelle 15: Ressourcen - Südafrika

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	114 900	205 900	284 400
Inferred:	119 800	137 300	150 700
Identified Resources:	234 700	343 200	435 100

7.6.4 USA

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden Inferred Resources nicht getrennt erfasst. Daher werden dort RAR und Identified Resources von 339 000 tU ausgewiesen, die sich fast gänzlich in Sandstein finden. Das historische Maximum der Produktion der USA lag 1980 bei fast 17 000 t U. Seit damals war ein stetiger Rückgang zu verzeichnen, wobei in den letzten Jahren wieder ein Trend nach oben zu erkennen ist. Im Jahr 2007 konnten 1730 t U gefördert werden.

Die vielen Produktionsstätten des Landes in den Siebziger und Achtziger Jahren haben große Umweltschäden hinterlassen. Hohe Radonbelastungen und Grundwasserverunreinigungen traten auf, an deren Beseitigung heute noch gearbeitet wird.

US - RAR / IR

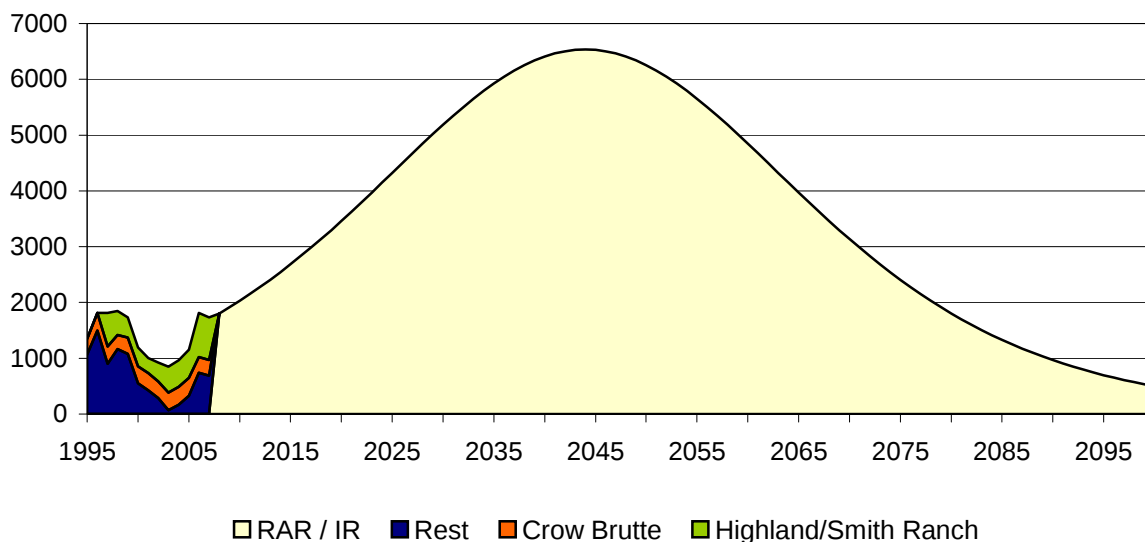


Abbildung 74: Prognostizierte Entwicklung der amerikanischen Produktion

Tabelle 16: Ressourcen - USA

	<40 US\$/kg	<80 US\$/kg	<130 US\$/kg
RAR:	-	99 000	339 000
Inferred:	-	-	-
Identified Resources:	-	99 000	339 000

7.6.5 Andere Länder

Die folgenden Kurven beinhalten die Ressourcen aller anderen Länder, die nicht genauer bearbeitet wurden. Für die Darstellung wurden jeweils Glockenkurven gewählt. Für die Kategorie der Identified Resources wurden zwei Darstellungsformen angewandt. Einerseits ein Abbau der Ressourcen vor 2100, andererseits kein Wachstum der Produktion über 300% des jetzigen Standes. Letztere scheint als die wahrscheinlichere, da in den vielen hier vereinten Ländern heute kaum in bedeutendem Maße Uranbergbau betrieben wird und auch in der Vergangenheit nicht wurde. Dies lässt den Schluss zu, dass Uran in diesen Ländern schwer zugänglich ist und daher auch in großen Mengen nicht wirtschaftlich förderbar ist. Damit sind übermäßige Steigerungen nicht zu erwarten.

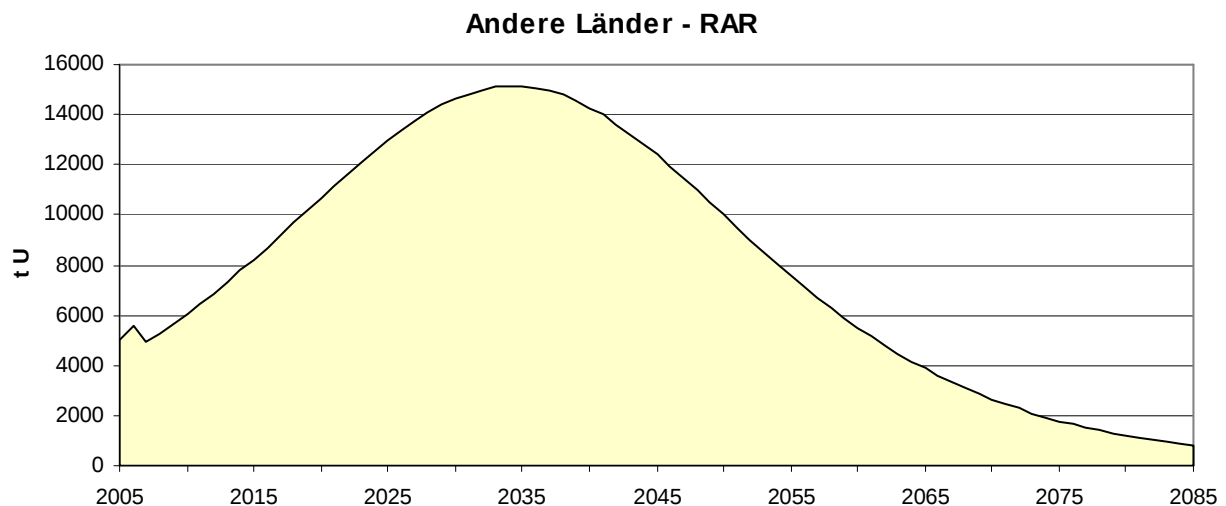


Abbildung 75: Andere Länder - RAR

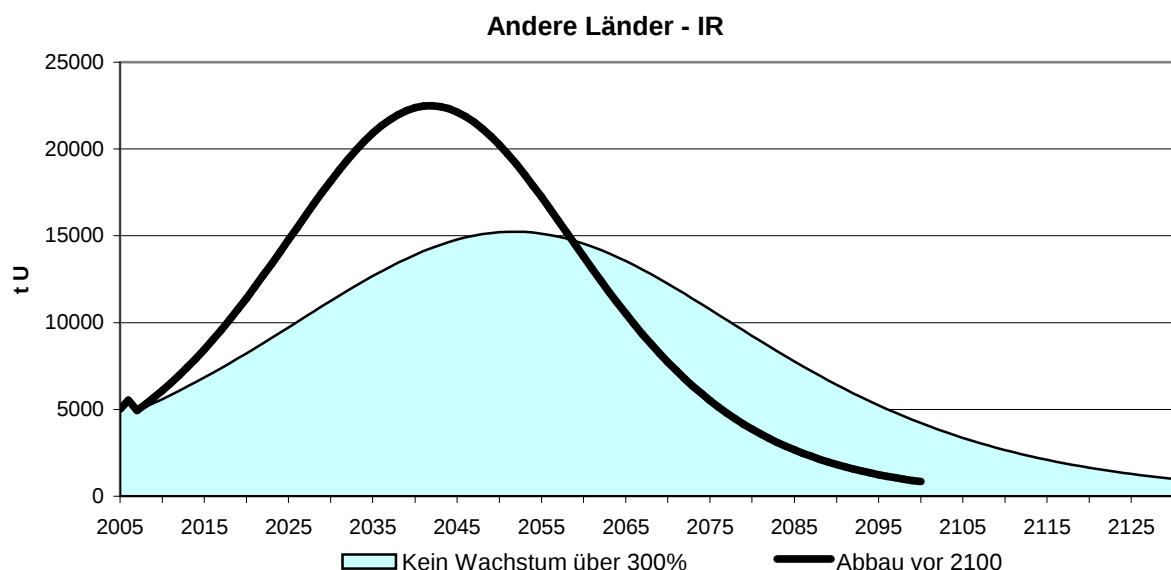


Abbildung 76: Andere Länder - Identified Resources

7.6.6 Restliche Ressourcen der betrachteten Länder

Ressourcen der Länder Australien, Kanada, Kasachstan, Namibia und Niger, die nicht durch die aktuellen Minen und Projekte abgedeckt sind, wurden in den nachstehenden Kurven zusammengeführt.

Zur Darstellung der RAR wurde eine zusätzliche Produktion von 1000 t U ab dem Jahr der Maximalproduktion (2017) angenommen, da die Inbetriebnahme einer neuen Mine – deren Daten noch nicht genauer bekannt sind – bis zu diesem Zeitpunkt in einem der 5 Länder möglich erscheint. Der zusätzliche Produktionsverlauf vor diesem Jahr wurde vernachlässigt. Die Kurve wurde relativ steil gewählt, um den Versuch der Länder darstellen zu können, Produktionsabfälle auszugleichen (Abbildung 78).

Die Darstellung der Identified Resources wurde in gleicher Weise gehandhabt, jedoch wurde hier für das Produktionsmaximum im Jahre 2015 ein Aufschlag von 2000 t U angenommen. In Variante 2 (Abbildung 79) wurde die Annahme getroffen, dass der Abbau aus den restlichen Ressourcen 10 000 t U nicht übersteigt, was unter Berücksichtigung der Tatsache, dass leicht zugängliche Ressourcen zuerst abgebaut werden, vernünftig erscheint. Dadurch bleiben 360 000 t U jenseits des Jahres 2100 erhalten.

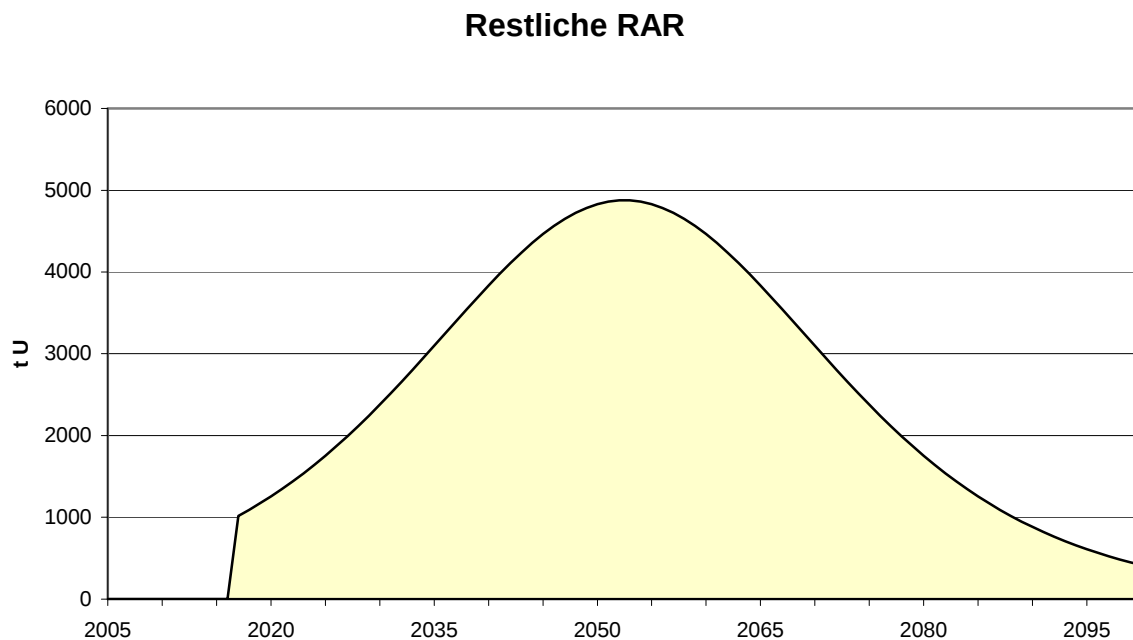


Abbildung 77: Restliche RAR für die 5 betrachteten Länder

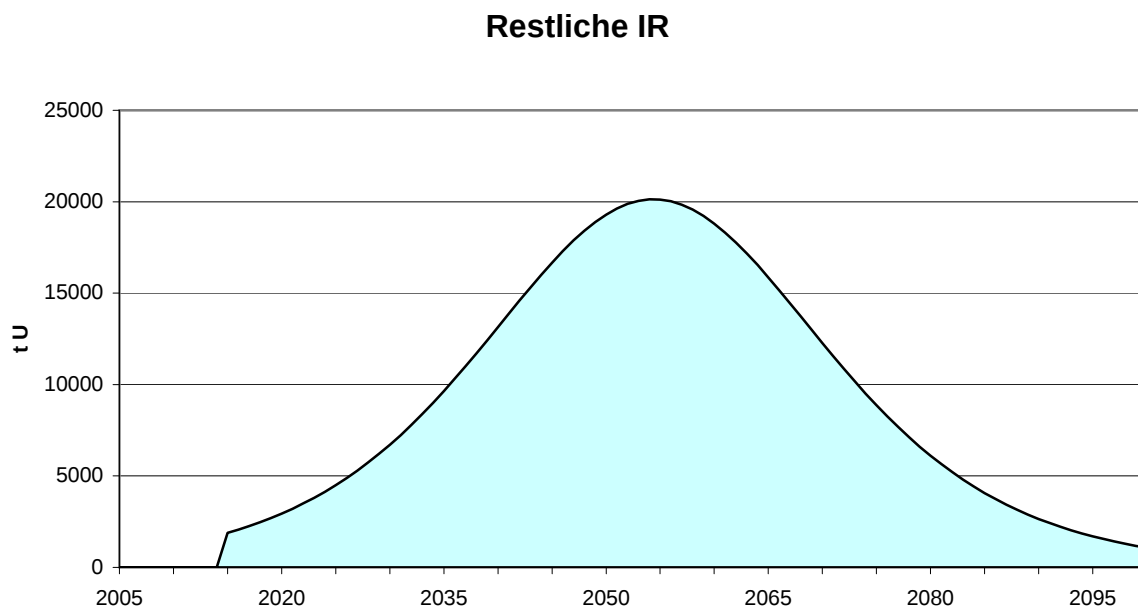


Abbildung 78: Restliche IR für die 5 betrachteten Länder

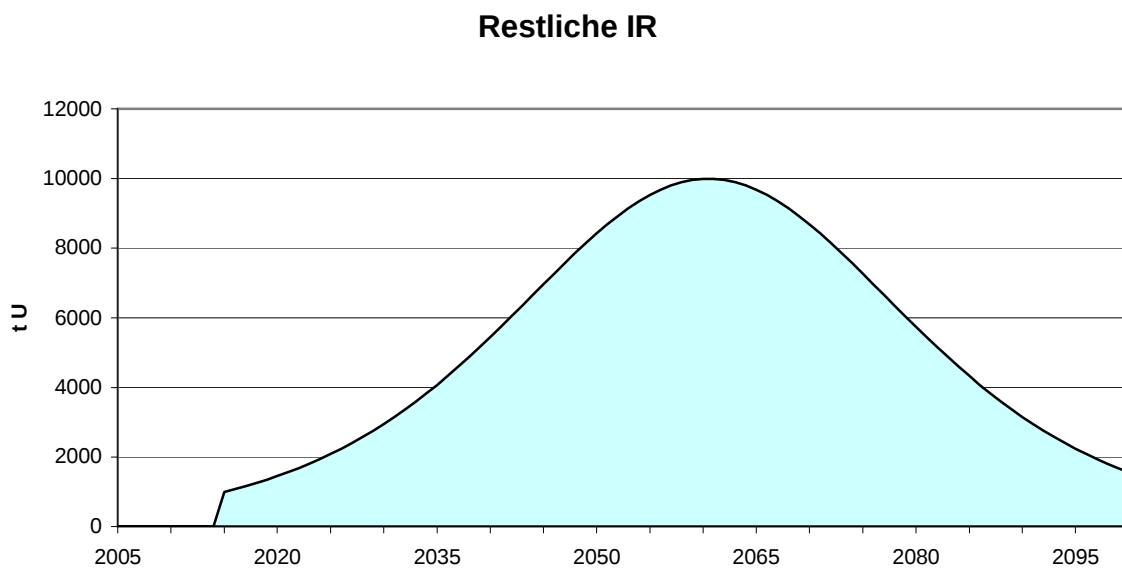


Abbildung 79: Restliche IR für die 5 betrachteten Länder (Variante 2)

Datenquellen – andere Länder:

IAEA [XIII, VI]

WNA [1]

8 Ergebnisse

8.1 Betrachtung der weltweiten zukünftigen Produktion

Nachdem nun alle Ressourcen weltweit erfasst wurden, gilt es eine Zusammenführung der einzelnen Länderdaten durchzuführen. Dies geschieht im Folgenden getrennt für RAR und IR.

Die bereits in den Einzelbetrachtungen differenzierten unterschiedlichen Prognosen haben natürlich auch einen Einfluss auf die globale Betrachtung und fließen deshalb auch in verschiedene Varianten der Darstellung ein. Eine Filterung der Möglichkeiten erfolgte dahingehend, dass Änderungen in einzelnen Länderdaten, die kaum oder überhaupt nicht sichtbare Änderungen des Gesamtbildes bewirkten, von vornherein weggelassen wurden. Die Abbildungen wurden mit dem Jahre 2100 begrenzt und Ressourcen, die nach diesem Zeitpunkt noch vorhanden sind, wurden separiert ausgewiesen

Die Darstellungen wurden mit den Prognosen des Bedarfs aus dem Redbook 2007²⁴ hinterlegt und stellen die Basis für eine Diskussion der Ergebnisse und die Risikoabschätzung dar.

8.1.1 Reasonably Assured Resources

Im ersten Schritt der Zusammenführung wurden nur die fünf detailliert betrachteten Länder gemeinsam dargestellt.

Hierfür wurden zwei Varianten herangezogen, die die Abhängigkeit der zukünftigen Entwicklung von 2 Projekten verdeutlichen: Der Ausbau von Olympic Dam einerseits und das Gelingen des Projektes Cigar Lake andererseits. Scheitern diese Vorhaben, so resultiert daraus eine Differenz in der geplanten jährlichen Produktion von 23 000 t U und eine Verdoppelung der heutigen Kapazitäten kann nicht mehr erreicht werden.

Unabhängig von diesen Faktoren zeigt sich jedoch auch gleich, dass das ersehnte Produktionswachstum zwar wohl in relativ kurzer Zeit machbar erscheint, jedoch in keiner Weise nachhaltig ist und ein ebenso schneller Abfall zu erwarten ist. In beiden Fällen folgt einem kurzen Peak um das Jahr 2017 ein Rückgang, der nach nur etwa 10 Jahren den Produktionsstand von heute erreicht. Die gesamten restlichen RAR können diesen Absturz in keinem Fall bremsen.

²⁴ Im Redbook 2007 finden sich Prognosen für den zukünftigen Uranbedarf. Aufgrund der Unsicherheiten in der Abschätzungen der künftigen Entwicklung findet sich eine Prognose für hohen und eine für niedrigen Bedarf.

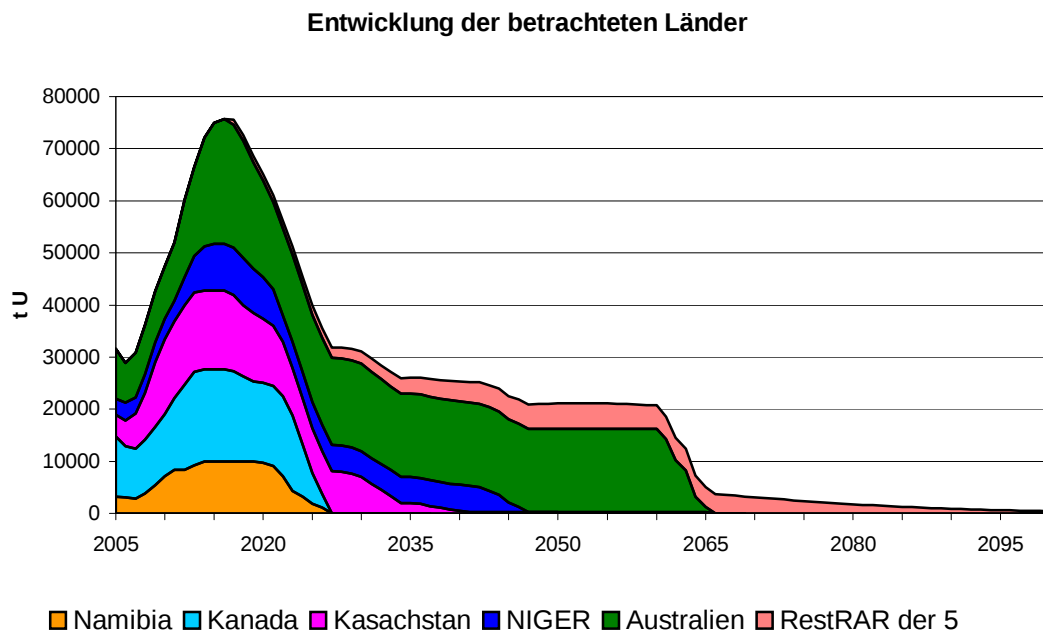


Abbildung 80: Prognose der detailliert betrachteten Länder - RAR (Var. 1)

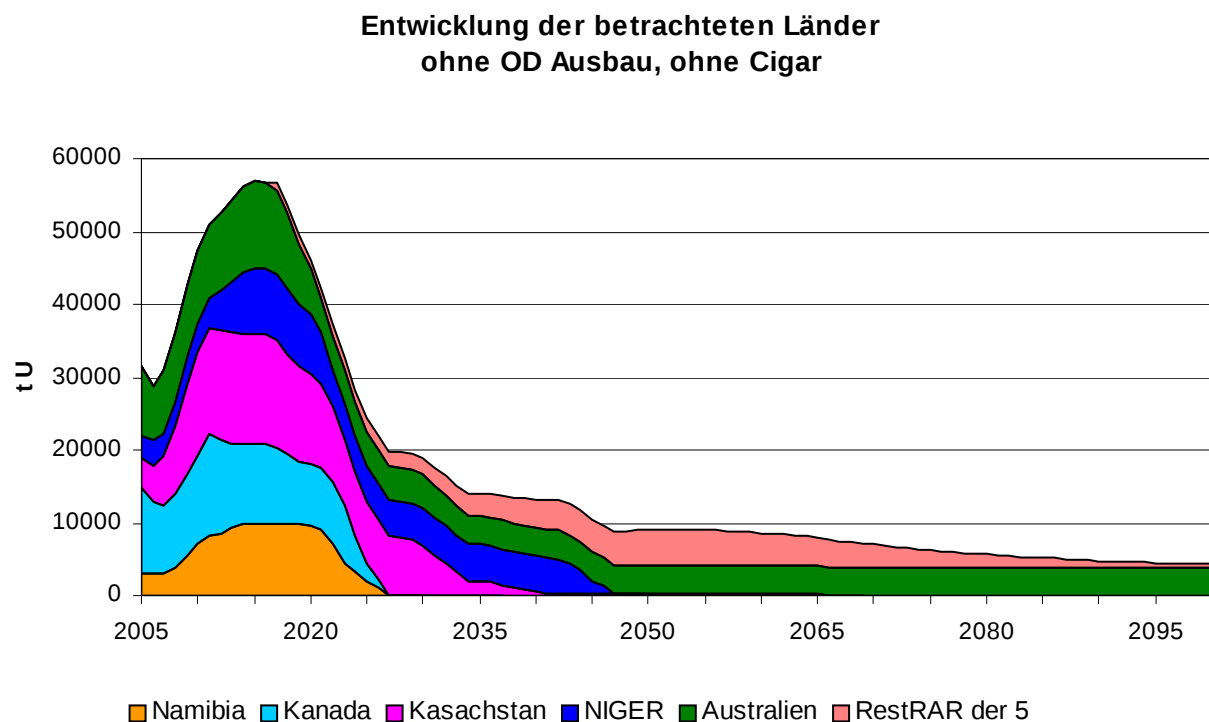


Abbildung 81: Prognose der detailliert betrachteten Länder - RAR (Var. 2)

Cigar Lake wurde nicht berücksichtigt und für Olympic Dam wurden die bisherigen Kapazitäten angewandt. Dadurch liegen 450 000 t U jenseits von 2100.

In den folgenden Diagrammen wurden die gesammelten RAR Prognosen zusammengeführt.

Abbildung 82 stellt das maximale in dieser Arbeit ermittelte Wachstum der Reasonably Assured Resources dar. Dies bedeutet, dass alle Projekte und Pläne wunschgemäß umgesetzt werden müssen und inkludiert dabei auch den geplanten Ausbau der russischen ARMZ sowie eine zügige Entwicklung in Südafrika. Hier zeigt sich, dass ein Decken des Bedarfs durch Minen, abhängig von dessen Entwicklung, ab 2012 bzw. 2014 möglich ist. Es wird aber auch deutlich, dass die Abhängigkeit von den fünf betrachteten Hauptproduzenten bestehen bleibt und sich sogar noch verstärkt. Dementsprechend gleicht sich auch die globale Entwicklung dem Verlauf der großen Fünf an und erreicht nach kurzer Überproduktion bereits vor 2030 einen Stand von 60 000 t U, wobei die hohe Bedarfsprognose für dieses Jahr das Doppelte veranschlagt.

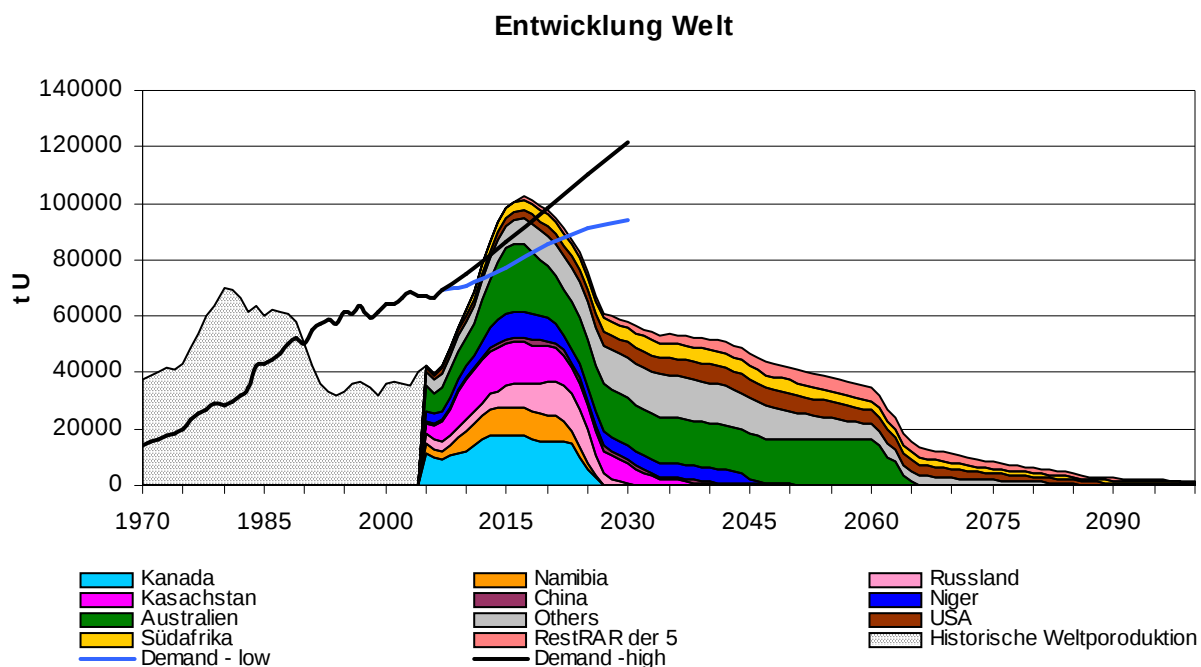


Abbildung 82: Maximales globales Wachstum - RAR

Für die folgenden Darstellungen wurde für Südafrika und Russland wieder auf die Glockenkurven zurückgegriffen. Für das Gesamtbild ergeben sich dadurch wenige Änderungen. Die Weltproduktion fällt zwar unter die 100 000 t U – Grenze, jedoch resultiert dies in einer Verbreiterung des Fördermaximums. Darüber hinaus erscheint die Datenlage zu diesen beiden Ländern nicht gesichert genug und es lässt sich auch eine Änderung der globalen Entwicklung durch verlangsamtes Wachstum erahnen.

In Abbildung 83 wurde nun wieder ein Totalausfall von Cigar Lake betrachtet. Es zeigt sich, dass ein Abdecken des hohen Bedarfes nur noch durch einen Vollausbau von Olympic Dam erreicht werden könnte. Fällt dieser weg, so kann gerade noch der niedrige Bedarf gedeckt werden (Abbildung 84). Unter beiden Bedingungen kann die entsprechende Produktionsrate

nur wenige Jahre gehalten werden. Der Produktionsrückgang zeigt sich aber weniger steil als für die Maximalannahme.

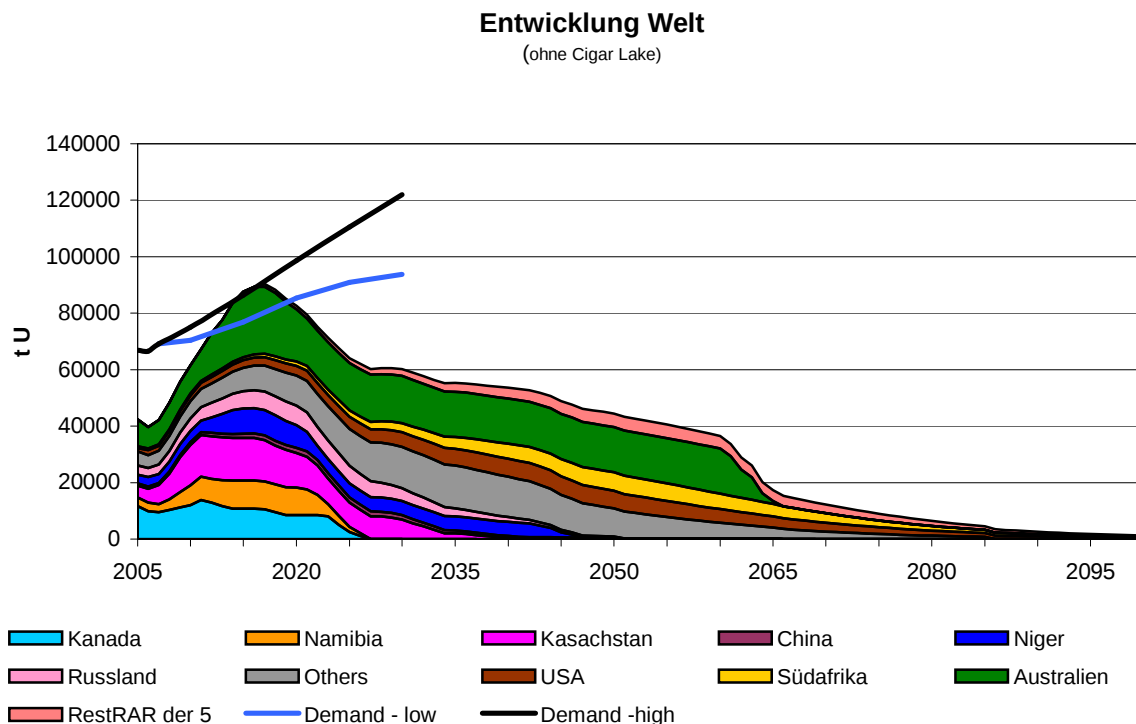


Abbildung 83: Globale Prognose ohne Cigar Lake - RAR

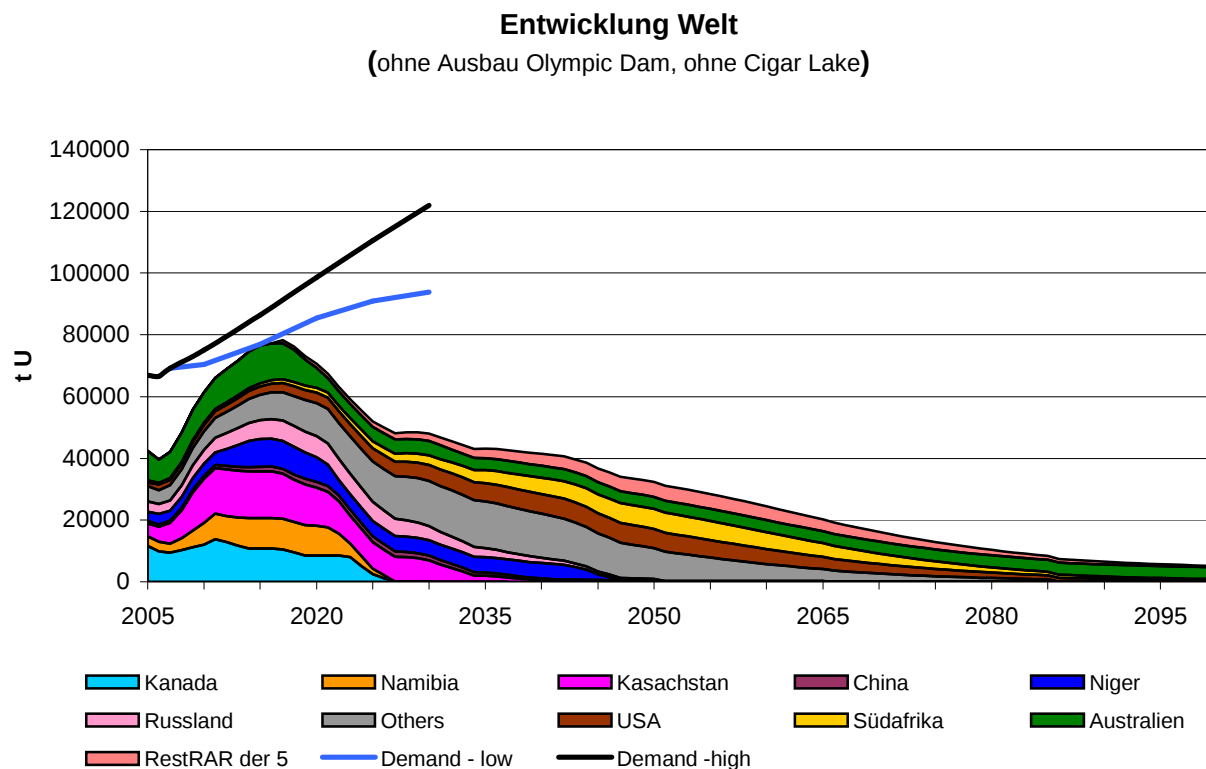


Abbildung 84: Globale Prognose - RAR

Olympic Dam ohne Ausbau, Cigar Lake nicht berücksichtigt

8.1.2 Identified Resources

Die Vorgehensweise bezüglich der Identified Resources ist die gleiche wie zuvor. Die Betrachtung der Hauptproduzenten ähnelt der der RAR-Darstellung. Das Maximum liegt unwesentlich höher und liegt auch im selben Zeitraum, gestaltet sich aber etwas breiter.

Für diese Kategorie liegt eine größere Menge an „Rest-IR“ vor, die den Abfall zwar nicht wesentlich bremsen, jedoch ein höheres Produktionsniveau der folgenden Jahre gewährleisten können. Wie in 7.6.6 angeführt, wurde für diese Ressourcen auch eine Wachstumsbegrenzung eingeführt, wobei dadurch rund 360 000 t U jenseits von 2100 liegen.

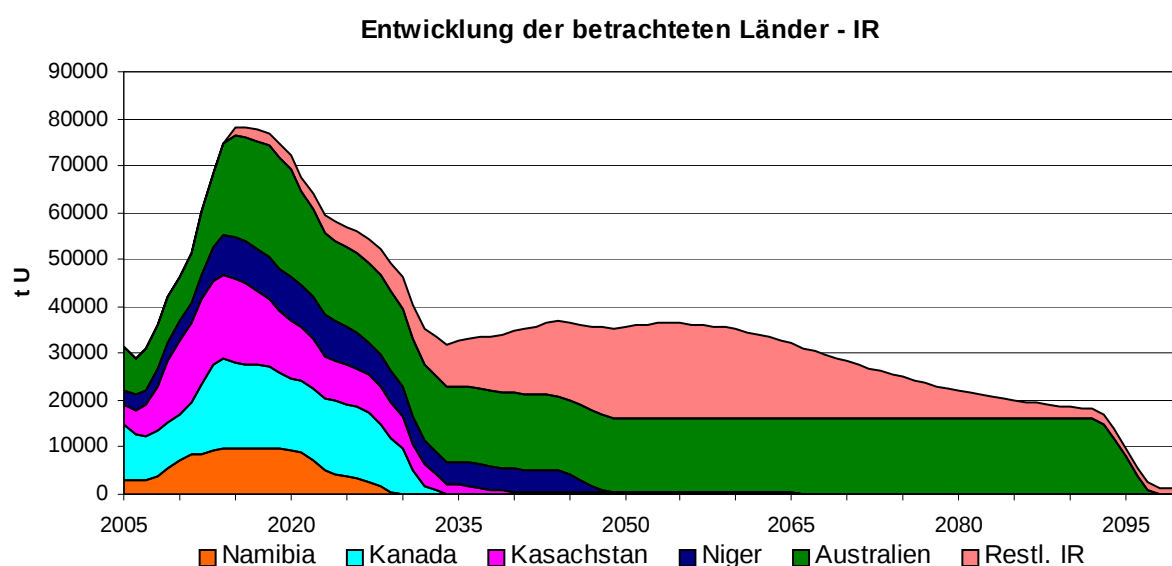


Abbildung 85: Prognose der detailliert betrachteten Länder - IR

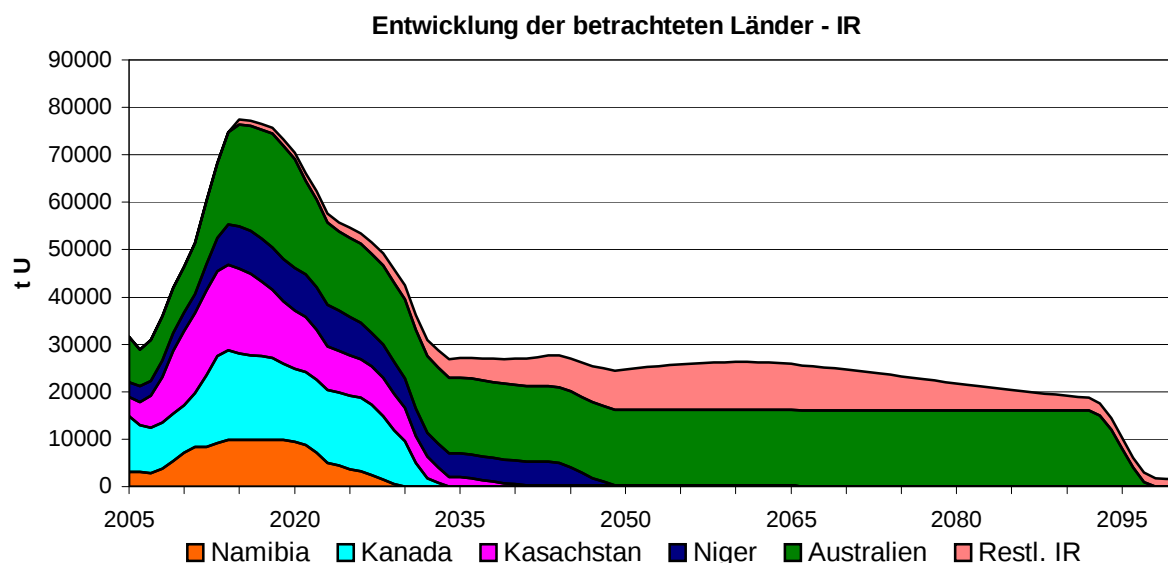


Abbildung 86: Prognose der detailliert betrachteten Länder - IR (Var. 2)

Die globalen Zusammenführungen wurden auf zwei Varianten durchgeführt. Die erste (Abbildung 87) beschreibt das maximale Wachstum. Auch hier gilt wieder, dass alle Planungen umgesetzt werden müssen. Dies bedeutet im Konkreten, dass alle Ressourcen vor 2100 aufgebraucht werden, was große Wachstumsraten in den „anderen Ländern“ (vgl. 7.6.5) und im Bereiche der „Rest-IR“ bedingt und auch des beschleunigten Wachstums in Russland und Südafrika bedarf. Dadurch kann schon bald eine Deckung des Bedarfs für die hohe und niedrige Annahme erreicht werden. Eine Produktion von über 100 000 t U kann über einige Jahre gehalten werden und so, unter Berücksichtigung von gebildeten Reserven, den angepeilten hohen Bedarf von 120000 t U für das Jahr 2030 decken. Danach würde sich aber auch hier die Produktions-Bedarfs-Differenz wieder weiten und ein Verhältnis annehmen, wie wir es heute vorfinden.

Aufgrund der großen Ressourcen von Olympic Dam wurde für die Szenarien der Identified Resources immer ein Ausbau der Mine angenommen, jedoch wurde in der letzten Betrachtung (Abbildung 88) der Umfang dieser Erweiterung auf „nur“ 10 000 t U²⁵ beschränkt. Des Weiteren wurde wieder ein Ausfall von Cigar Lake miteinbezogen und ein gemäßiger Anstieg der Glockenkurven veranschlagt. Dadurch ergibt sich ein Menge von 980 000 t U, die nicht mehr in diesem Jahrhundert gefördert werden kann.

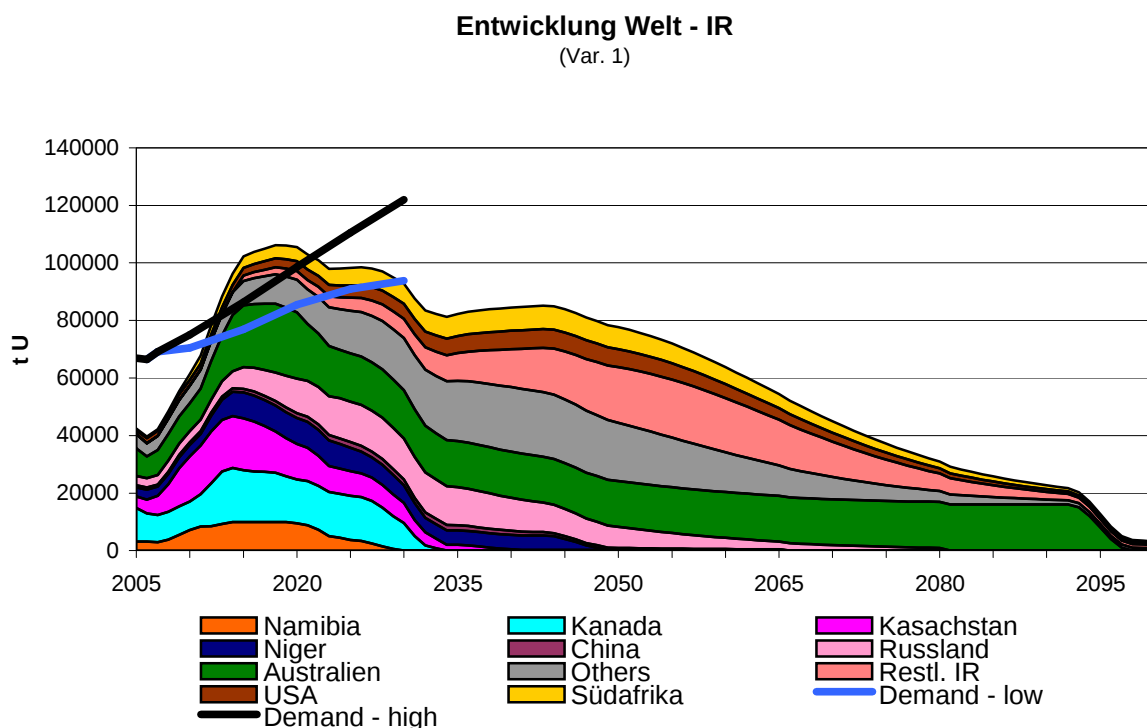


Abbildung 87: Maximales globales Wachstum - IR

²⁵ Dies entspricht in etwa einem gemittelten Ausbauplan der Pläne der letzten Jahre [XIII, XVI].

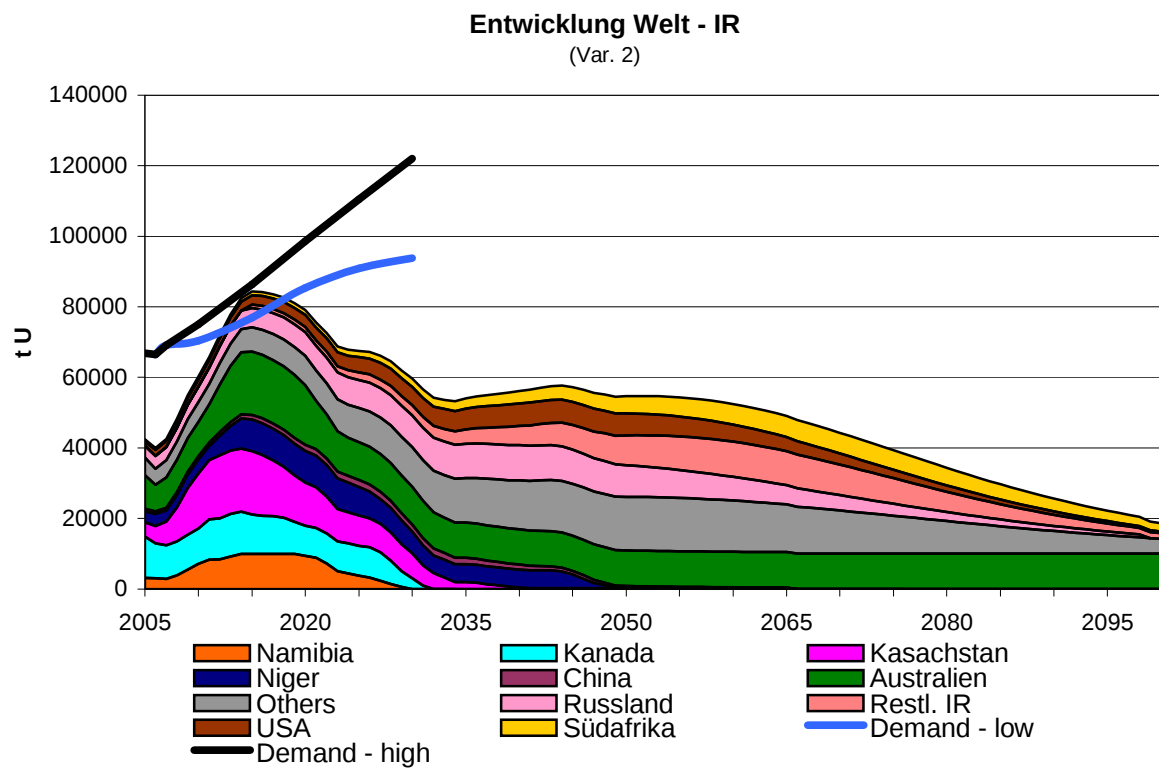


Abbildung 88: Globales Wachstum - IR

8.2 Entwicklungsprognosen

In diesem Abschnitt sollen nun die Ergebnisse der Kapitel zusammengeführt, Probleme der Urangewinnung aufgezeigt, sowie eine Abschätzung der zukünftigen Verfügbarkeit von Uran basierend auf den Bedarfsannahmen der IAEA im Redbook 2007 getroffen werden.

Beginnend bei der Exploration sollen vorerst die wesentlichen Punkte noch einmal herausgestrichen werden.

Exploration

- Die Dauer von der Entdeckung einer Lagerstätte bis zu deren Inbetriebnahme hat sich im Laufe der Zeit ständig verlängert und liegt derzeit bei 20 – 30 Jahren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die am leichtesten zugänglichen Lagerstätten bereits in Betrieb genommen wurden, dass sich Umweltauflagen verschärft haben und dass der Preis lange Zeit sehr niedrig lag.
- Die Vorausplanung der Uranwirtschaft scheint zu kurz. So wurde trotz eines langen Defizits der Produktion gegenüber dem Bedarf erst in den letzten Jahren danach getrachtet, dieses auszugleichen.
- Die Exploration bezieht sich vornehmlich auf zwei Lagerstättentypen (diskordanzgebundene Formationen und Sandstein) bzw. auf die Präzisierung der Messungen für schon entdeckte Lagerstätten. Neufunde gibt es wenige.

Ressourcen

- Die Entwicklung der Ressourcen über die letzten Jahrzehnte sieht auf den ersten Blick vielversprechend aus. Ein genauerer Blick zeigt jedoch, dass neue Lagerstätten nicht in großem Ausmaß gefunden werden. Es ist zu vermuten, dass sich Ressourcenänderungen vielfach durch Neubewertungen, resultierend aus reduziertem Cut-Off-Grade²⁶, ergeben²⁷.
- MOX kann derzeit nur minimal zu einer Uraneinsparung beitragen und wird im Redbook unter dem weltweiten Brennstoffbedarf gar nicht angeführt. Ob Kapazitäten zur erweiterten Produktion von MOX geschaffen werden können und ob weitere Reaktoren an diesen Brennstoff angepasst werden, bleibt abzuwarten.

²⁶ Unter „Cut-Off-Grades“ werden jene Erzgehalte bezeichnet unter denen eine Gewinnung nicht mehr wirtschaftlich erscheint.

²⁷ Entsprechende Hinweise finden sich etwa für Olympic Dam in den Jahresberichten von BHP Billiton und im Redbook [XVI, XIII].

- Unkonventionelle Ressourcen könnten vielleicht in Zukunft einen Teil der Uranversorgung bestreiten. Deren Nutzung ist aber nach derzeitigem Wissenstand hinsichtlich ihrer technisch-ökonomischen Umsetzbarkeit fraglich. Von dieser Seite sind also bis auf weiteres kaum Beiträge zur Uranversorgung zu erwarten. Diese werden daher im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt.
- Unentdeckte Ressourcen werden in der Auswertung ebenso nicht betrachtet, da diese aufgrund ihrer Unbestimmtheit für eine zukünftige Gesamtbetrachtung nicht brauchbar sind.

Produktion

- In der Erschließung konventioneller Lagerstätten zeigen sich Probleme und Einschränkungen. Daraus leitet sich ab, dass vorhandene Reserven und Ressourcen nicht dem entsprechen müssen, was gefördert werden kann und dass die Produktionsraten nicht konstant sind (im Durchschnitt liegen diese bei 80-90%). Im wesentlichen sind es folgende Faktoren, die dazu beitragen:
 - o Der politische Wille zur Umsetzung des Uranabbaus muss vorhanden sein.
 - o Der (zunehmende) Widerstand betroffener Bevölkerungsgruppen muss sich als überwindbar erweisen.
 - o Wassereinbrüche können den Abbau behindern oder gar verhindern.
 - o Nötige Betriebsmittel können knapp werden (ISL-Säure).
 - o Die Gewinnungsfaktoren sind sehr verschieden. So kann sich aufgrund ökonomischer Vorgaben und geänderter Förderungsmethoden die tatsächliche Abbaumenge des Urans verändern.
- Nicht zu vernachlässigen sind die Umweltauswirkungen, die der Abbau von Uran mit sich zieht. Gebiete, in denen Urangewinnung durchgeführt wurde, bedürfen noch jahrzehntelanger kostenintensiver Betreuung, um den ökologischen Ausgangszustand wenigstens in grober Annäherung wieder herzustellen.

Ausgehend von den Entwicklungsprognosen aus Punkt 8.1 und den eben genannten Einschränkungen ist es nun möglich, Entwicklungsszenarien basierend auf den beiden Ressourcenklassen – Reasonably Assured Resources und Identified Resources – zu erstellen.

In allen Betrachtungen zeigt sich deutlich die Abhängigkeit der globalen Entwicklung von den Ländern Australien, Kanada, Kasachstan, Namibia und Niger, vor allem auf das geplante Wachstum der nächsten zehn Jahre bezogen, und bestätigt somit die anfangs getroffene Auswahl der detailliert betrachteten Länder. Gelingt es in diesen Ländern, die Ausbaupläne zu großen Teilen umzusetzen, so scheint ein Ausgleich des heutigen Bedarfsdefizits an U²³⁵

zumindest für den „Low-Demand-Case“ des Redbooks 2007 bis 2020 umsetzbar und somit ein Ersatz der derzeitigen sekundären Uranquellen möglich.

Zieht man nur die **Reasonably Assured Resources** heran, so zeigt sich, dass dieses Produktionshoch in keinem Fall von großer Dauer ist. Selbst wenn alles wie geplant verläuft (Abbildung 82), würde das Produktionsmaximum noch vor dem Jahr 2020 liegen, sich durch eine geringe Breite charakterisieren (10-15 Jahre mit einer Produktion über dem heutigen Bedarf) und die Versorgung aus Uranminen könnte durch den folgenden Produktionsabfall das „High-Demand-Szenario“ der IAEA bei weitem nicht decken. Ein Wegfall von Produktionskapazitäten, sei es durch den ganzen Ausfall von Minen oder durch verminderte Kapazitäten, lässt gar an einer Umsetzung des „Low-Demand-Szenarios“ zweifeln. Die lange Zeit bis zur Inbetriebnahme von Minen lässt überdies ein „Vorziehen“ der Ressourcen als unwahrscheinlich erscheinen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass für die Kategorie der RAR das Produktionsmaximum bereits in 10 - 15 Jahren erreicht sein dürfte. An einen Ausbau der Kernenergie auf Basis von U^{235} ist in Anbetracht dessen nicht zu denken. Vielmehr wäre ein Auslaufen der herkömmlichen Energiegewinnung aus Uran bis Mitte dieses Jahrhunderts zu erwarten.

Auch in der Darstellung der **Identified Resources** zeigt sich für das maximale Wachstum (Abbildung 87) der „High-Demand-Case“ als eher schwer zu erreichen. Durch die längere Produktion auf höherem Level scheint ein Decken des hohen Bedarfsszenarios für 2015 - 2025 oder – zusammen mit sekundären Quellen – bis 2030 möglich. Danach ist aber auch in diesem maximalen Szenario die Versorgung nicht mehr sichergestellt.

Es zeigt sich, dass die Möglichkeit, Ressourcen früher zu fördern, für die Entwicklung der Identified Resources (aufgrund ihres höheren Ausmaßes) eine größere Rolle spielt als für die der RAR alleine genommen. Sie unterliegen aber denselben Beschränkungen bezüglich Inbetriebnahme wie letztere. Insbesondere die Tatsache, dass leicht zugängliche Ressourcen zuerst abgebaut wurden, lässt eine wesentliche Verschiebung der Ressourcenkurve als nicht wahrscheinlich erscheinen, weder für den Fall verminderten Wachstums (Abbildung 88) und schon gar nicht für den Fall maximalen Wachstums (Abbildung 87).

Eine Gesamtbetrachtung der Identifizierten Ressourcen lässt die folgenden Schlüsse zu:

Beim derzeitigen Ressourcenstand kann auch für die IR ein Erreichen des hohen Bedarfs nicht nachhaltig erwartet werden.

Für den Fall der in dieser Arbeit getätigten maximalen Förderungsannahmen könnte der „Low-Demand-Case“ – mit einem konstanten Bedarf ab 2030 - für 40 bis 50 Jahre ohne

wesentliche Versorgungsengpässe umsetzbar sein. Voraussetzung hierfür ist eine Deckung des Defizits ab 2035 durch vorweg abgebautes Uran.

Berücksichtigt man jedoch die Möglichkeit von Ausfällen im Abbau (Abbildung 88), zeigt sich im Fall der Identified Resources, dass die heute installierte nukleare Leistung – inklusive der Reserven aus Lagerbeständen – nur noch bis etwa 2040 mit U^{235} versorgt werden kann. Anschließend ist mit einem Rückgang der Verfügbarkeit zu rechnen, der sich jedoch wesentlich langsamer gestaltet als für die Kategorie der RAR.

Wesentlich ist in jedem Fall - unabhängig von den Ressourcenkategorien - eine zeitgerechte Umsetzung der aktuellen Abbaupläne, um die bisher durch nur sekundäre Quellen abgedeckte Uranversorgung auszugleichen. Ebenso muss eine rechtzeitige Inbetriebnahme neuer Minen erreicht werden, um Abfälle in der Produktion und dadurch resultierende Brennstoffengpässe zu vermeiden oder zumindest zu verzögern. Ob letztere Entwicklung alleine durch gestiegene Preise in Gang gesetzt werden kann, bleibt in Anbetracht der hinderlichen gesellschaftlichen, sozialen und umweltpolitischen Faktoren fraglich.

8.3 Folgerung für Optionen künftig verwendeter Reaktortechnologien

Die Ergebnisse des selbst bei nur moderatem Ausbau des derzeitigen Kernkraftwerkeparks begrenzten Reichweite der Vorräte an spaltbarem U^{235} lassen für die Möglichkeiten der Kernenergie als Mitspieler der globalen Energieaufbringung folgende Schlüsse zu:

Zur Diskussion stehen - klassifiziert nach zugrundeliegender Brennstoffart – folgende Reaktorbaulinien: Die herkömmliche Kernspaltung in Reaktoren der laufenden 2. bzw. in Einführung begriffenen Reaktoren der 3. Generation auf der Basis von U^{235} , die früher oder später durch Schnelle Reaktoren der 4. Generation mit (wenn überhaupt durchführbar) nur langfristiger technischer Realisierbarkeit auf der Grundlage von Pu^{238} und U^{235} bzw. durch Pu^{238} -betriebene Schnelle Brüter (mit mittelfristiger technischer Realisierbarkeit) abgelöst werden sollen.

Durch die Grenzen der U^{235} -Ressourcen (Option 1, S. 8) dürfte der Betrieb von Reaktoren der 2. und 3. Generation selbst bei Beschränkung auf den gleichbleibenden Wert der heutigen Gesamtleistung nur für wenige Jahrzehnte aufrecht erhalten werden können, womit mit einer nennenswerten Steigerung der Gesamtleistung des derzeitigen Reaktorparks nicht zu rechnen ist. Die Anzahl der neuen, während anvisierter Lebensdauern von mindestens 60 Jahren hindurch betreibbaren neuen Reaktoren der 3. Generation wird somit stark von der Zahl der Außerbetriebnahmen älterer Reaktoren der 2. Generation abhängig werden. Die

herkömmliche Spalttechnik der Option 1 kann daher lediglich als Auslauftechnik bzw. Übergangstechnik dienen, welche keinen wesentlichen Beitrag zur Abschwächung des Klimawandels und der Überwindung des Energieengpasses durch Verknappung fossiler Energieträger zu leisten vermag.

Für wesentliche Steigerungen nuklearer Energiebereitstellung durch Kernspaltung verbleibt nur die Umwandlung wesentlich reichlicher vorhandener Nuklide U^{238} und Th^{232} in Plutonium-239 und Uran-233 (Optionen 2 und 3). Von den vorhandenen und geplanten Umsetzungsmöglichkeiten scheint allein der Schnelle Brüter mittelfristig technisch realisierbar, wobei dies mit der globalen Einführung der damit verbundenen Plutoniumökonomie ein nicht wünschenswertes Hinüberwechseln auf den Hochrisikopfad bedeuten würde.

Die Optionen der Kernspalttechnik zusammenfassend beurteilt

Für den Ersatz klimaschädlicher und knapp werdender Fossilenergie erwies sich die Kernenergie als ungeeignet. Für diese Beurteilung genügt allein die Perspektive mangelnder Ressourcen an spaltbarem Uran-235, insbesondere seiner kurz- bis mittelfristigen nicht ausreichend steigerbaren Gewinnungsrate. Von den längerfristig verfügbaren Kernbrennstoffen erscheint bis auf weiteres nur Pu-239 mittels Schnellen Brüters verwendbar. Die hohe Radiotoxizität verbietet allerdings die globale Einführung dieser Technik.

Anhang A: Lagerstättentypen

Die folgenden Definitionen der verschiedenen Lagerstättentypen finden sich in **Uranium 2007: Resources, Production and Demand, IAEA**²⁸

1. Diskordanz - gebundene Lagerstätten (unconformity - related deposits): Diskordanz-gebundene Lagerstätten treten unmittelbar unterhalb und oberhalb von jenen unregelmäßigen Berührungsstellen auf, die stark veränderte kristalline Sockel von darüber liegenden klastischen Schichtgesteinen proterozoischen oder phanerozoischen Alters trennen.

Diskordanz-bezogene Lagerstätten beinhalten folgende Subtypen:

- Lagerstätten diskordanten Kontakts
- Unterdiskordante-postmetamorphische Lagerstätten

2. Sandstein - Lagerstätten (sandstone deposits): Uran-Ablagerungen im Sandstein treten in mittel- bis grobkörnigem Sandstein auf, abgelagert in kontinental-fluviatiler oder marginal-mariner Sedimentsumgebung. Uran wird aufgrund einer Vielfalt von abbauenden Stoffen innerhalb des Sandsteins – wie z.B. kohlehaltige Mineralien, Sulfide (Pyrit), Kohlenwasserstoffe und eisen-magnesiumhaltige Mineralien (Chlorit) – abgelagert. Sandstein-Uran-Ablagerungen werden in vier Subtypen eingeteilt:

- Roll-Front-Lagerstätten
- tafelförmige Lagerstätten
- basal-channel Lagerstätten
- tektonische/lithologische Lagerstätten

3. Hämatit-Brekzienkomplex - Lagerstätten (hematite breccia complex deposits): Ablagerungen dieser Art treten in hämatitreichen Brekzien auf und enthalten Uran in Verbindung mit Kupfer, Gold, Silber und seltenen Erden. Der Hauptvertreter dieser Art von Lagerstätte ist die Olympic Dam Lagerstätte in Südaustralien. Bedeutende und aussichtsreiche Lagerstätten dieser Art kommen in der gleichen Region vor; dazu gehören Prominent Hill, Wirrda Well, Acropolis und Oak Dam sowie die brekzienreiche Lagerstätte in der Gegend des Mt. Painter.

²⁸ Uranium 2007: Resources, Production and Demand, OECD/IAEA, 2008, S. 399 ff

4. Quarz-Konglomerat - Lagerstätten (quartz-pebble conglomerate deposits):

Uranoxiderze (Rollerze) findet man in Quarz-Kies-Konglomeraten, die als basale Teilchen in fluvial bis lakustrisch umspunnenen Fließgewässersystemen, die älter als 2,3-2,4 Milliarden Jahre sind, abgelagert wurden. Die Grundsubstanz des Konglomerats enthält Pyrit und Gold, aber auch andere Oxid- und Sulfid-Detrita in geringen Mengen.

5. Gang - Lagerstätten (vein deposits): In Gang-Lagerstätten füllt der größte Teil der Mineralisation Brüche mit stark schwankender Dicke, aber meist ausgedehnter Länge. Die Ader besteht meist aus taubem Gestein (z.B. Carbonaten, Quarz) und Erzgestein, meist Pechblende.

Typische Beispiele reichen von dicken und massiven Pechblendadern in Příbram (Tschechische Republik), Schlema-Aldersdorf (Germany) und Shinkolobwe (Demokratische Republik Kongo), den Stockworks (Adern) und Episyenit-Spalten in Bernardan (Frankreich) und Gunnar (Kanada) zu den mit Pechblende gefüllten schmalen Spalten in Granit oder metamorphen Gesteinen in Mina Fe (Spanien) und Singhbhum (Indien).

6. Intrusivgestein - Lagerstätten (intrusive deposits): Lagerstätten dieser Art treten mit intrusivem oder anatektischem Gestein unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung auf (Alaskite, Granite, Monzonite, peralkaline Syenite, Carbonatite, Pegmatite). Als Beispiele mögen die Rössing und Trekkopje Lagerstätten in Namibia, die Uranvorkommen in den Porphyry-Kupfer-Ablagerungen wie Bingham Canyon und Twin Butte (USA), die Ilímaussaq Lagerstätte (Grönland), Palabora (Südafrika) als auch die Vorkommen in Bancroft (Kanada) dienen.

7. Vulkanogene Lagerstätten (volcanic and caldera-related deposits): Diese Uranablagerungen finden sich innerhalb und unmittelbar neben Vulkankratern und sind mit mafisch bis felsischen Vulkankomplexen und eingelagerten klastischen Sedimenten gefüllt. Die Mineralisierung wird meist durch Strukturen bestimmt (gering schichtgebunden), tritt in verschiedenen Leithorizonten der vulkanischen und sedimentären Bestandteile auf und erstreckt sich bis zur Basis, wo es in gebrochenen Graniten und Metamorphiten vorkommt. Uranminerale finden sich meist im Verbund mit Molybdän, anderen Sulfiden, violetterem Fluor und Quarz. Die bedeutendsten gewerbsmäßig betriebenen Abbaustätten befinden sich innerhalb der Strel'tsovsk-Kaldera (Russische Föderation). Weitere Beispiele finden sich auch in China, der Mongolei (Dornot Lagerstätte), Kanada (Michelin Lagerstätte) und Mexiko (Nopal Lagerstätte).

8. Metasomatit - Lagerstätten (metasomatite deposits): Diese sind auf Zonen tektonisch-magmatischer Aktivität des präkambrischen Schildes beschränkt und verbunden mit verwerfungsnahen Alkali-Metasomatiten, gebildet auf verschiedenen Sockelgesteinen: Granite, Gneise, eisenhaltige Quarzite mit Bildung von Albititen, Aegirinit, alkali-amphibolisches sowie kohle- und eisenhaltiges Gestein. Erzlinsen und Erbestände haben einen Durchmesser zwischen wenigen Metern und einigen zig-Metern und sind einige hundert Meter lang. Die vertikale Ausdehnung der Erzmineralisierung kann bis zu 1,5 km betragen. Das Erz ist von der Zusammensetzung her Uraninite-Brannerite und von durchschnittlicher Güte. Das Ausmaß der Reserven ist meist mittel bis groß. Beispiele sind die Michurinskoye, Vatutinskoye, Severinskoye, Zheltorechenskoye und Pervomayskoye Lagerstätten (Ukraine), Lagoa Real, Itataia und Espinharas (Brasilien), die Valhalla Lagerstätte in Australien, sowie das Abbaugebiet Arjeplog im Norden Schwedens.

9. Oberflächennahe Lagerstätten (surficial deposits): Als solche werden allgemein junge (Tertiär bis Holozän) oberflächennahe Urankonzentrationen in Sedimenten und Lockergestein verstanden. Die meisten oberflächlichen Uranlagerstätten findet man in Calcreten (Kalzium- und Magnesiumkarbonaten) und befinden sich in Australien (Yeelirrie Lagerstätte), Namibia (Langer Heinrich Lagerstätte) und Somalia. Diese Calcrete-haltigen Ablagerungen treten in Verbindung mit stark verwitterten uranreichen Graniten auf. Sie treten auch in talfüllenden Sedimenten tertiärer Ableitungskanäle und in Sedimenten von Salztonebenen (Lake Maitland, Australien) auf. Oberflächennahe Lagerstätten treten auch in Torfmooren und Torfböden auf.

10. Kollabierte Brekzienröhren Lagerstätten (collapse breccia pipe deposits): Vorkommen dieser Art treten in radialsymmetrischen, vertikalen Röhren auf, die mit herabgefallenen Gesteinsfragmenten gefüllt sind. Das Uran befindet sich in konzentrierter Form als primäres Uranerz, meist Uraninit, in der durchlässigen Brekzienmasse und in der gebogenen Ringspaltenzone, die die Röhre umgibt. Musterbeispiele dafür sind die Lagerstätten im Arizonastreifen nördlich des Grand Canyon sowie auch jene unmittelbar südlich des Grand Canyon in den Vereinigten Staaten.

11. Phosphorit - Lagerstätten (phosphorite deposits): Phosphorit-Lagerstätten bestehen aus marinem Phosphorit, entstanden aus dem kontinentalen Schelf und beinhalten syn-sedimentär geschichtetes, verstreutes Uran in feinkörnigem Apatit. Phosphoritablagerungen stellen große Uranressourcen dar, sind aber von sehr mäßiger Reinheit (Qualität). Uran kann allerdings als Nebenprodukt der Phosphatproduktion gefördert werden. Beispiele für Vorkommen dieser Art umfassen New Wales Florida (Quarz-Phosphat) und Uncle Sam (Vereinigte Staaten), Gantour (Marokko), und Al-Abiad (Jordanien). Andere Typen von Phosphorit-Lagerstätten bestehen aus organischem Phosphat, bestehend aus marinen Tonschiefer-Sedimenten angereichert aus uranhaltigen Fischüberresten (Melovoe Lagerstätte in Kasachstan).

12. Andere Lagerstättentypen:

Metamorphit - Lagerstätten (metamorphic deposits): In Metamorphit-Lagerstätten resultiert die Urankonzentration direkt aus metamorphen Prozessen. Die Temperatur- und Druckverhältnisse sowie das Alter der Uranablagerungen müssen jenen des Metamorphismus in den angrenzenden Gesteinsschichten ähnlich sein. Beispielhaft seien die Lagerstätten in Forstau (Österreich) und Mary Kathleen (Australien) erwähnt.

Kalkstein - Lagerstätten (limestone deposits) Diese umfassen die Uran-Mineralisation des Jura-Todilto-Kalksteins im Grants-Gebiet (Vereinigte Staaten). Uraninit tritt in intraformationalen Falten und Spalten als angefangene Mineralisation auf.

Uran - Kohle - Lagerstätten (uranium coal deposits): Erhöhte Uranmengen treten in Braunkohle/Steinkohle sowie in unmittelbar an Lignit angrenzenden Lehm und Sandstein auf. Beispiele dafür sind das Serres-Becken in Griechenland, Nord- und Süd-Dakota (Vereinigte Staaten), Koldjat und Nizhne Iliyskoe (Kasachstan) und Freital (Deutschland). Die Urangüte in diesen Gebieten ist sehr niedrig und liegt im Durchschnitt unter 50 ppm U.

13. Gesteinsarten mit erhöhter Urankonzentration: Erhöhte Urankonzentrationen konnten in verschiedenen Gesteinsarten wie Pegmatit, Granit und Schwarzschiefer beobachtet werden. In der Vergangenheit wurden derartige Gesteinsarten nicht gewerbsmäßig oder wirtschaftlich sinnvoll abgebaut. Die Qualität ist sehr niedrig, weswegen ein gewerbsmäßiger Abbau in absehbarer Zukunft unwahrscheinlich erscheint.

Pegmatite mit seltenen Metallen (rare metal pegmatites): Diese Pegmatite enthalten Sn, Ta, Nb und Li Mineralisationen und beinhalten unterschiedliche U-, Th- und Seltene Erden. Beispiele dafür sind der Greenbushes-Pegmatit und der Wodgina-Pegmatit (West-Australien). Die Greenbushes-Pegmatite enthalten gemeinhin 6-20 ppm U und 3-25 ppm Th.

Granite (granites): Ein kleiner Anteil des unmineralisierten Granitgesteins weist erhöhte Uranmengen auf. Diese „hoch-hitze-produzierenden“ Granite sind reich an Kalium-Feldspat. Grob 1% der untersuchten Gesamtmenge an Granitgestein in Australien enthält Uran mit mehr als 50 ppm.

Schwarzschiefer (black shale): Schwarzschiefer gebundene Uran-Mineralisationen bestehen aus marinem reichorganischen Schiefer oder kohlereichem pyritischen Schiefer, der syn-sedimentär verstreutes Uran enthält, welches von organischem Material aufgenommen wurde. Beispiele dafür sind die uranhaltigen Alaunschiefer in Schweden und Estland, der Chattanooga-Schiefer (Vereinigte Staaten), die Chanziping Lagerstätte in China und die Gera-Ronneburg-Lagerstätte in Deutschland.

Anhang B: Geographische Verteilung der Uranlagerstätten

B.1 Liste der Uranlagerstätten

Tabelle 17: Liste der weltweiten Uranlagerstätten

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Abankor	Vein	Dormant	Algeria
Daira	Vein	Dormant	Algeria
Tahaggart	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Algeria
Timgaouine	Vein	Dormant	Algeria
Tinef	Vein	Dormant	Algeria
Cerro Solo	Sandstone - Tabular	Dormant	Argentina
Don Otto	Sandstone - Tabular	Depleted	Argentina
Dr. Baulles	Sandstone - Tabular	Dormant	Argentina
Huemul	Sandstone - Tabular	Dormant	Argentina
La Estela	Vein	Depleted	Argentina
Rodolfo	Surficial	Dormant	Argentina
Schlagintweit	Vein	Dormant	Argentina
Anderson's Lode	Metasomatite	Exploration	Australia
Angela	Sandstone - Roll Front	Dormant	Australia
Angelo River	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Armchair Streitberg	Hematite Breccia Complex	Exploration	Australia
Ben Lomond	Volcanic	Dormant	Australia
Bennetts Well	Sandstone - Roll Front	Dormant	Australia
Beverley	Sandstone - Basal Channel	Operating	Australia
Bigrlyi	Sandstone - Roll Front	Dormant	Australia
Caramal	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	Australia
Centipede	Surficial	Dormant	Australia
Coronation Hill	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Crocker Well	Intrusive	Exploration	Australia
Dam	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Dyson's	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
East Kalkaroo	Sandstone - Roll Front	Exploration	Australia
El Sherana + El Sherana West	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
Goulds Dam - Billeroo	Sandstone - Roll Front	Exploration	Australia
Hades Flat	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Hodgkinson	Hematite Breccia Complex	Dormant	Australia
Honeymoon	Sandstone - Roll Front	Development	Australia
Huarabagoo (Westmoreland)	Vein	Dormant	Australia
Jabiluka 1 Orebody	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Jabiluka 2 Orebody	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Jailor Bore	Surficial	Exploration	Australia

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Junnagunna(Westmoreland)	Sandstone - Tabular	Dormant	Australia
Kintyre	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Koongarra 1 Orebody	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Koongarra 2 Orebody	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Kylie	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	Australia
Lake Maitland	Surficial	Dormant	Australia
Lake Mason	Surficial	Dormant	Australia
Lake Raeside	Surficial	Dormant	Australia
Lake Way	Surficial	Exploration	Australia
Malbooma	Sandstone - Tabular	Dormant	Australia
Manyingee	Sandstone - Roll Front	Dormant	Australia
Mary Kathleen	Metamorphic	Depleted	Australia
Maureen	Volcanic	Dormant	Australia
Mount Fitch	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Mount Gee	Hematite Breccia Complex	Exploration	Australia
Mount Painter	Hematite Breccia Complex	Exploration	Australia
Mount Victoria	Intrusive	Dormant	Australia
Mulga Rock Deposits	Sandstone - Tabular	Dormant	Australia
Nabarlek	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
Napperby	Surficial	Dormant	Australia
Nolans Bore	Intrusive	Exploration	Australia
Nowthana	Surficial	Dormant	Australia
Olympic Dam	Hematite Breccia Complex	Operating	Australia
Oobagooma	Sandstone - Roll Front	Dormant	Australia
Outcamp (Westmoreland)	Sandstone - Tabular	Dormant	Australia
Palette	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
Pamela	Sandstone - Roll Front	Dormant	Australia
Paralana-Pepegooa	Sandstone - Roll Front	Exploration	Australia
Prominent Hill	Hematite Breccia Complex	Development	Australia
Radium Hill	Intrusive	Depleted	Australia
Radium Ridge	Hematite Breccia Complex	Dormant	Australia
Ranger 68	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Ranger No. 1 Orebody	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
Ranger No. 3 Orebody	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Operating	Australia
Redtree (Westmoreland)	Sandstone - Tabular	Exploration	Australia
Rockhole	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
Rum Jungle Creek South	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
Skal	Metasomatite	Exploration	Australia
Sue (Westmoreland)	Sandstone - Tabular	Dormant	Australia
Thatcher Soak	Surficial	Dormant	Australia
Trident	Volcanic	Dormant	Australia
Turee Creek	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Australia
Twogee	Volcanic	Dormant	Australia

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Valhalla	Metasomatite	Exploration	Australia
Walbiri	Sandstone - Tabular	Dormant	Australia
Warrior	Sandstone - Tabular	Exploration	Australia
White's	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Australia
Yeelirrie	Surficial	Dormant	Australia
Cotaje	Sandstone - Tabular	Dormant	Bolivia
Amorinopolis	Sandstone - Tabular	Dormant	Brazil
Campos Belos	Unknown	Unknown	Brazil
Espinharas	Metasomatite	Dormant	Brazil
Figueira	Sandstone - Tabular	Dormant	Brazil
Gandarela	Unknown	Unknown	Brazil
Itataia	Metasomatite	Dormant	Brazil
Lagoa Real	Metasomatite	Operating	Brazil
Pocos De Caldas	Volcanic	Closed	Brazil
Serra Des Gaivotas	Unknown	Unknown	Brazil
Serrotes Baixos	Unknown	Unknown	Brazil
Beslet	Vein	Depleted	Bulgaria
Biala Voda	Vein	Closed	Bulgaria
Bukhovo District	Vein	Depleted	Bulgaria
Dospat	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Depleted	Bulgaria
Eleshnitsa District	Sandstone - Tabular	Closed	Bulgaria
Gabra	Sandstone - Tabular	Closed	Bulgaria
Gradevo	Sandstone - Tabular	Dormant	Bulgaria
Igralishte	Sandstone - Tabular	Depleted	Bulgaria
Kurrilo	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Closed	Bulgaria
Melnik	Sandstone - Tabular	Depleted	Bulgaria
Momino District, Belozem	Sandstone - Roll Front	Closed	Bulgaria
Partisanska Polana	Vein	Depleted	Bulgaria
Pravoslaven, Haskovo	Sandstone - Roll Front	Closed	Bulgaria
Pripetchen-Deltshevo	Sandstone - Tabular	Dormant	Bulgaria
Proboinitsa	Vein	Closed	Bulgaria
Rosen	Vein	Depleted	Bulgaria
Sarnitsa and Planinetz	Volcanic	Depleted	Bulgaria
Saslyka Channel	Sandstone - Roll Front	Closed	Bulgaria
Sborishte	Vein	Closed	Bulgaria
Simitli	Sandstone - Tabular	Closed	Bulgaria
Sliven	Vein	Depleted	Bulgaria
Smolian	Volcanic	Closed	Bulgaria
Smolianovtzi	Sandstone - Tabular	Depleted	Bulgaria
Kitongo	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Fully Explored	Cameroon
Ace-Fay-Verna	Vein	Depleted	Canada
Agnew Lake	Quartz-pebble Conglomer.	Depleted	Canada
Andrew Lake	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Bancroft	Intrusive	Dormant	Canada
Blizzard	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Canada
Bong Grid	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Caribou	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Cigar Lake	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Development	Canada

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Cluff Lake: Claude	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Cluff Lake: D	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Cluff Lake: DJ SW	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Cluff Lake: Dominique-Jeanine	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Cluff Lake: Dominique-Peter	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Cluff Lake: N	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Closed	Canada
Collins Bay A	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Closed	Canada
Collins Bay B	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Closed	Canada
Collins Bay D	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Closed	Canada
Dawn Lake	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Denison	Quartz-pebble Conglomerate	Closed	Canada
Eagle Point North	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Eagle Point South	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Eldorado (Port Radium)	Vein	Depleted	Canada
Eldorado-Hab	Vein	Depleted	Canada
End Grid	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Fond du Lac	Vein	Dormant	Canada
Geyhawk	Unknown	Unknown	Canada
Gunnar	Vein	Depleted	Canada
Hornby Bay	Sandstone - Roll Front	Dormant	Canada
Horseshoe	Unknown	Dormant	Canada
Houseshol	Unknown	Unknown	Canada
Jeb	Unconformity-Proterozoic Clay-bound	Depleted	Canada
Key Lake (Gaertner, Deilman)	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Kiggavik Centre	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Kiggavik East	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Kiggavik Main	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Kitts	Volcanic	Dormant	Canada
Lacnor	Quartz-pebble Conglomerate	Depleted	Canada
Lorado	Vein	Dormant	Canada
Madawaska	Intrusive	Depleted	Canada
Maurice Bay	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Maybelle River	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
McArthur River	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Operating	Canada
McClellan Lake (N, SE, SW, S)	Unconformity-Proterozoic Clay-bound	Operating	Canada
Michelin	Hematite Breccia Complex	Exploration	Canada

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Midwest	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Millenium	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	Canada
Milliken	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	Canada
Moore Lake	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Nordic	Unknown	Dormant	Canada
Panel	Quartz-pebble Conglomerate	Unknown	Canada
P-Patch	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Pronto	Quartz-pebble Conglomerate	Depleted	Canada
Quirke	Quartz-pebble Conglomerate	Unknown	Canada
Rabbit Lake	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	Canada
Raven	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Unknown	Canada
Rexspar	Volcanic	Dormant	Canada
Rix-Cinch-Cayzor	Vein	Depleted	Canada
Shea Creek Anne	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	Canada
Shea Creek Colette	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	Canada
Shea Creek Kianna	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	Canada
Spanish American	Quartz-pebble Conglomerate	Unknown	Canada
Stanleigh	Quartz-pebble Conglomerate	Closed	Canada
Sue A	Unconformity-Proterozoic Clay-bound	Dormant	Canada
Sue B	Unconformity-Proterozoic Clay-bound	Dormant	Canada
Sue C	Unconformity-Proterozoic Clay-bound	Dormant	Canada
Sue D	Unconformity-Proterozoic Clay-bound	Dormant	Canada
Sue E	Unconformity-Proterozoic Clay-bound	Dormant	Canada
West Bear	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Dormant	Canada
Bakouma	Surficial	Dormant	Central African Republic
Bahia Inglesia	Unknown	Unknown	Chile
Estacion Romero	Unknown	Unknown	Chile
Mejillones	Unknown	Unknown	Chile
Prospecto Cerro Carmen	Unknown	Unknown	Chile
Baiyanghe, Junggar-Tien Shan U province	Volcanic	Depleted	China
Bashibulak, Junggar-Tien Shan U province	Sandstone - Tabular	Exploration	China
Beimianshi, South China U province	Sandstone - Basal Channel	Dormant	China
Bentou, South China U province	Other	Exploration	China
Chanziping, South China U province+B22	Other	Exploration	China
Chengzishan, (Tengchong mine) West Yunna	Sandstone - Basal Channel	Dormant	China
Chenjiashung (Danfeng), Qilian-Quiling U	Intrusive	Exploration	China

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Daladi, Junggar-Tien Shan U province	Lignite	Depleted	China
Guixi, South China U province	Volcanic	Depleted	China
Guyuan, Yinshan-Liahoe U province	Volcanic	Exploration	China
Hongshiquan, Qilian-Quiling U province	Intrusive	Exploration	China
Jiling, Qilian-Quiling U province	Vein	Exploration	China
Jinyinzhai	Vein	Depleted	China
Kujie'ertai, Junggar-Tien Shan U provinc	Sandstone - Roll Front	Operating	China
Lianshanguan, Yinshan-Liahoe U province	Vein	Operating	China
Mengqiuguer, Junggar-Tien Shan U provinc	Lignite	Depleted	China
Nuheting, Yinshan-Liahoe U province	Sandstone - Tabular	Exploration	China
Puquitang	Sandstone - Tabular	Depleted	China
Quinglong, Yinshan-Liahoe U province	Sandstone - Basal Channel	Dormant	China
Tengchong, West Yunnan U province (Remar	Sandstone - Roll Front	Operating	China
Xiangcao	Sandstone - Roll Front	Exploration	China
Xiangshan	Volcanic	Operating	China
Xiazhuang	Vein	Depleted	China
Xiwang	Vein	Depleted	China
Zoujiashan, South China U province	Volcanic	Operating	China
Brevniste	Sandstone - Tabular	Depleted	Czech Republic
Brzиков	Vein	Dormant	Czech Republic
Dylen	Vein	Depleted	Czech Republic
Hamr	Sandstone - Tabular	Dormant	Czech Republic
Horni Slavkov	Vein	Depleted	Czech Republic
Hvezdov	Sandstone - Tabular	Dormant	Czech Republic
Jachymov	Vein	Depleted	Czech Republic
Jasenice	Vein	Depleted	Czech Republic
Javornik-Zalesi	Vein	Depleted	Czech Republic
Licomerice-Brezinka	Vein	Depleted	Czech Republic
Mimon	Sandstone - Tabular	Depleted	Czech Republic
Okrouhla Radoun	Vein	Depleted	Czech Republic
Olsi	Vein	Depleted	Czech Republic
Osecna-Kotel	Sandstone - Tabular	Dormant	Czech Republic
Pribram	Vein	Depleted	Czech Republic
Rozna	Vein	Operating	Czech Republic
Straz	Sandstone - Tabular	Operating	Czech Republic
Vitkov II	Vein	Depleted	Czech Republic
Vnitrosudetska Panev	Other	Depleted	Czech Republic
Zadni Chodov	Vein	Depleted	Czech Republic
Kamoto	Vein	Dormant	Dem. Rep. of the Congo
Kasompi	Vein	Dormant	Dem. Rep. of the Congo
Shinkolobwe-Kasolo	Vein	Dormant	Dem. Rep. of the Congo
Kvanefjeld	Intrusive	Fully Explored	Denmark
Kesankitunturi	Sandstone - Tabular	Dormant	Finland
Nuottijarvi	Phosphorite	Dormant	Finland

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Pahtavuoma-U	Vein	Dormant	Finland
Palmottu	Intrusive	Exploration	Finland
Paukkajanvaara	Sandstone - Tabular	Reclamed	Finland
Sokli	Intrusive	Dormant	Finland
Talvivaara	Black Shales	Development	Finland
Vihanti-U	Phosphorite	Reclamation	Finland
Ambert (District)	Vein	Depleted	France
Bellezane	Vein	Depleted	France
Bretagne (District)	Vein	Depleted	France
Cerilly Deposits	Sandstone - Tabular	Depleted	France
Château-Chinon (District)	Vein	Depleted	France
Corrèze (District)	Vein	Depleted	France
Coutras	Sandstone - Tabular	Dormant	France
Creuse (District)	Other	Depleted	France
Ecarpiere	Vein	Depleted	France
Failles Sud et Centrales	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Depleted	France
Fanay - Les Sagnes	Vein	Depleted	France
Gartempe (District)	Other	Depleted	France
Grury	Vein	Depleted	France
Hyverneresse	Vein	Depleted	France
La Besse	Vein	Depleted	France
La Chapelle-Largeau-Bel Air	Vein	Depleted	France
La Commanderie	Vein	Depleted	France
Le Bernardan	Vein	Depleted	France
Le Brugeaud	Vein	Depleted	France
Le Cellier	Vein	Depleted	France
Le Chardon	Vein	Depleted	France
Le Fraisse-Les Gorces	Vein	Depleted	France
Les Balaures - Bertholene	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Depleted	France
Les Bois Noirs Limouzat	Vein	Depleted	France
Les Bondons - Le Villeret	Vein	Depleted	France
Les Loges - Mas Grimaud	Vein	Depleted	France
Les Mares	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Depleted	France
Les Pierres-Plantées	Vein	Depleted	France
Lodeve District	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Depleted	France
Margnac Peny	Vein	Depleted	France
Mas Lavayre	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Depleted	France
Montulat	Vein	Dormant	France
Pen Ar Ran	Vein	Depleted	France
Piegut- La Cote Moreau	Vein	Depleted	France
Saint Hippolyte	Black Shales	Dormant	France
St.Pierre Du Cantal Mine	Sandstone - Roll Front	Depleted	France
Vénachat	Vein	Depleted	France
Bangombe	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Dormant	Gabon
Boyindzi	Sandstone - Tabular	Depleted	Gabon
Mikouloungou	Sandstone - Tectonic/Lithologic	Depleted	Gabon
Mounana	Sandstone - Tabular	Depleted	Gabon
Okélobondo Nord	Sandstone - Tabular	Depleted	Gabon
Okélobondo Satellite Nord	Sandstone - Tabular	Depleted	Gabon
Okélobondo Satellite Sud	Sandstone - Tabular	Depleted	Gabon
Okélobondo Sud	Sandstone - Tabular	Depleted	Gabon
Oklo	Sandstone - Tabular	Depleted	Gabon

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Annaberg	Vein	Depleted	Germany
Antonsthal (Weisser Hirsch)	Vein	Depleted	Germany
Culmitzsch	Sandstone - Tabular	Depleted	Germany
Freital-Gittersee	Lignite	Closed	Germany
Grossschloppen	Vein	Dormant	Germany
Johanngeorgenstadt	Vein	Depleted	Germany
Koenigstein	Sandstone - Tabular	Depleted	Germany
Menzenschwand	Vein	Dormant	Germany
Muellenbach	Sandstone - Tabular	Dormant	Germany
Niederschlema-Alberoda	Vein	Depleted	Germany
Oberschlema	Vein	Unknown	Germany
Ronneburg Ore Field	Black Shales	Closed	Germany
Schneckenstein	Vein	Depleted	Germany
Tellerhauser	Vein	Closed	Germany
Waelder & Hoehensteinweg/Poppenreuth	Vein	Dormant	Germany
Zobes	Vein	Depleted	Germany
Mecsek	Sandstone - Tabular	Closed	Hungary
Bhatin	Vein	Operating	India
Domiasat	Sandstone - Tabular	Exploration	India
Jaduguda	Vein	Operating	India
Koppunuru	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Unknown	India
Lambapur	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Development	India
Narwapahar	Vein	Operating	India
Rohil	Metasomatite	Dormant	India
Tummalapalle	Other	Dormant	India
Turamdih	Vein	Operating	India
Wahkyn	Unknown	Unknown	India
Yellapur-Peddagattu	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	India
Lemajung	Vein	Dormant	Indonesia
Remaja-Hitam	Vein	Dormant	Indonesia
Rirang - Tanah Merah Ore Body	Vein	Dormant	Indonesia
Saghand	Metasomatite	Development	Iran, Islamic Republic of
Novazza	Volcanic	Dormant	Italy
Valvedello	Volcanic	Dormant	Italy
Ningyo-Toge Ore Field	Sandstone - Roll Front	Dormant	Japan
Tono Ore Field	Sandstone - Roll Front	Dormant	Japan
Al-Abiad	Phosphorite	Unknown	Jordan
Al-Hassa	Phosphorite	Unknown	Jordan
Eshidia	Phosphorite	Unknown	Jordan
Ruseita	Phosphorite	Unknown	Jordan
Agashskoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Assarchik	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Balkashinskoye	Vein	Dormant	Kazakhstan
Bezmyannoye	Volcanic	Dormant	Kazakhstan
Botaburum	Vein	Depleted	Kazakhstan
Budennovskoye	Sandstone - Roll Front	Standby	Kazakhstan
Burluyskoye	Vein	Dormant	Kazakhstan
Chaglinskoye	Vein	Dormant	Kazakhstan
Chayan	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Daba	Volcanic	Dormant	Kazakhstan
Dergachevskoye	Vein	Depleted	Kazakhstan
Djusandalynskoye	Vein	Partially Explored	Kazakhstan
Dzhidely	Volcanic	Depleted	Kazakhstan
Fevralskoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Glubinnoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Grachevskoye	Vein	Depleted	Kazakhstan
Granitnoye	Surficial	Dormant	Kazakhstan
Inkai	Sandstone - Roll Front	Development	Kazakhstan
Irkol	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Ishimskoye	Vein	Depleted	Kazakhstan
Kamyshevoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Kanzhugan	Sandstone - Roll Front	Operating	Kazakhstan
Karakoyn	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Karamurun North	Sandstone - Roll Front	Operating	Kazakhstan
Karamurun South	Sandstone - Roll Front	Operating	Kazakhstan
Karyntarynskoye	Phosphorite	Dormant	Kazakhstan
Kharasan	Sandstone - Roll Front	Development	Kazakhstan
Koksorskoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Koldzhat	Lignite	Dormant	Kazakhstan
Kopalysai	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Kostobe	Volcanic	Depleted	Kazakhstan
Kurdai	Vein	Depleted	Kazakhstan
Kyzylkol	Vein	Depleted	Kazakhstan
Kyzylsai	Vein	Depleted	Kazakhstan
Kyzyltu	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Lunnoye	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Manybai	Vein	Depleted	Kazakhstan
Melovoye	Phosphorite	Depleted	Kazakhstan
Moynkum	Sandstone - Roll Front	Operating	Kazakhstan
Mynkuduk	Sandstone - Roll Front	Operating	Kazakhstan
Nizhneylyskoye	Lignite	Dormant	Kazakhstan
Panfilovskoye	Vein	Dormant	Kazakhstan
Semizbai	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Kazakhstan
Shatskoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Shokpak	Vein	Dormant	Kazakhstan
Sholak-Espe	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Shorly	Volcanic	Dormant	Kazakhstan
Slavyanskoye	Vein	Dormant	Kazakhstan
Suluchekinskoye	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Talas	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Kazakhstan
Tasmuranskoye	Phosphorite	Dormant	Kazakhstan
Tastykolskoye	Vein	Depleted	Kazakhstan
Taybagarskoye	Phosphorite	Dormant	Kazakhstan
Tomakskoye	Phosphorite	Dormant	Kazakhstan
Tortkuduk	Sandstone - Roll Front	Development	Kazakhstan
Ulken-Akzhal	Volcanic	Dormant	Kazakhstan
Uvanas	Sandstone - Roll Front	Operating	Kazakhstan
Victorovskoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Vostok	Vein	Operating	Kazakhstan
Yuzhno-Manybayskoe	Vein	Dormant	Kazakhstan
Zaozernoye	Vein	Dormant	Kazakhstan

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Zarechnoye	Sandstone - Roll Front	Development	Kazakhstan
Zhalpak	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Zhautkan	Sandstone - Roll Front	Dormant	Kazakhstan
Zvyozdnoe	Vein	Development	Kazakhstan
Ogcheon Deposits	Black Shales	Dormant	Korea, Republic of
Mailisai	Vein	Depleted	Kyrgyzstan
Mailisu	Vein	Depleted	Kyrgyzstan
Shakaptar	Vein	Depleted	Kyrgyzstan
Turakovak	Lignite	Depleted	Kyrgyzstan
Antsirabe	Sandstone - Tabular	Dormant	Madagascar
Folakara	Sandstone - Roll Front	Dormant	Madagascar
Fort Dauphin Occurences	Intrusive	Dormant	Madagascar
Kayelekera	Sandstone - Tabular	Exploration	Malawi
Coneto	Volcanic	Dormant	Mexico
El Chapote-Diana	Sandstone - Roll Front	Dormant	Mexico
La Coma	Sandstone - Roll Front	Dormant	Mexico
La Sierrita	Sandstone - Roll Front	Dormant	Mexico
Los Amoles	Volcanic	Dormant	Mexico
Pena Blanca - El Nopal	Volcanic	Dormant	Mexico
Santa Catarina Tayata	Volcanic	Dormant	Mexico
Santo Domingo	Phosphorite	Dormant	Mexico
Dornod	Volcanic	Dormant	Mongolia
Gurvanbulak	Volcanic	Dormant	Mongolia
Kharat	Sandstone - Tabular	Dormant	Mongolia
Mardaingol	Volcanic	Dormant	Mongolia
Nars	Sandstone - Tabular	Dormant	Mongolia
Nemer	Volcanic	Dormant	Mongolia
Gantour, Ganntour	Phosphorite	Dormant	Morocco
Khouribga (Uran)	Phosphorite	Dormant	Morocco
Meskala (Uran)	Phosphorite	Dormant	Morocco
Oued Eddahab (Uran)	Phosphorite	Dormant	Morocco
Auris	Intrusive	Dormant	Namibia
Engo Valley	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Namibia
Goanikontes	Intrusive	Dormant	Namibia
Hakskeen	Surficial	Dormant	Namibia
Klein Trekkopje	Surficial	Dormant	Namibia
Langer Heinrich	Surficial	Development	Namibia
Mile 72	Surficial	Dormant	Namibia
Roessing	Intrusive	Operating	Namibia
Tumas	Surficial	Dormant	Namibia
Valencia	Intrusive	Dormant	Namibia
Abakorum	Sandstone - Tabular	Dormant	Niger
Akola	Sandstone - Tabular	Operating	Niger
Akouta Nord	Sandstone - Tabular	Operating	Niger
Akouta Sud	Sandstone - Tabular	Dormant	Niger
Ariege	Sandstone - Tabular	Operating	Niger
Arlette	Sandstone - Tabular	Depleted	Niger
Artois	Sandstone - Tabular	Development	Niger
Ebala	Sandstone - Tabular	Exploration	Niger
Ebba Nord	Sandstone - Tabular	Development	Niger
Ebba Sud	Sandstone - Tabular	Development	Niger
Imouraren	Sandstone - Roll Front	Dormant	Niger
Marianne	Sandstone - Roll Front	Unknown	Niger

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Marthe	Sandstone - Roll Front	Unknown	Niger
Maryline	Sandstone - Roll Front	Unknown	Niger
Tabelle	Sandstone - Tabular	Development	Niger
Takriza	Sandstone - Tabular	Depleted	Niger
Tamgak	Sandstone - Tabular	Exploration	Niger
Tamou	Sandstone - Tabular	Operating	Niger
Taza Nord	Sandstone - Tabular	Depleted	Niger
Taza Sud	Sandstone - Tabular	Depleted	Niger
Baghal Chur (incomplete)	Sandstone - Roll Front	Depleted	Pakistan
Qabul Khel (Qubul, Kubul Kkhel)	Unknown	Development	Pakistan
Colquijirca	Other	Dormant	Peru
Macusani District	Volcanic	Exploration	Peru
Turmalina	Collapse Breccia Pipe	Dormant	Peru
Vilacabamba	Vein	Dormant	Peru
Gzmiaca	Sandstone - Tabular	Dormant	Poland
Kowary	Vein	Dormant	Poland
Krynica Morska	Sandstone - Tabular	Dormant	Poland
Okrzeszyn	Other	Dormant	Poland
Radoniow	Vein	Dormant	Poland
Rajsk	Black Shales	Dormant	Poland
Wambierzyce	Black Shales	Dormant	Poland
Bica	Vein	Depleted	Portugal
Castelejo	Vein	Depleted	Portugal
Chavelhos	Vein	Dormant	Portugal
Cunha Baixa	Vein	Depleted	Portugal
Freixiosa	Vein	Dormant	Portugal
Mestras	Vein	Dormant	Portugal
Nisa	Vein	Dormant	Portugal
Pedreiros	Vein	Depleted	Portugal
Pinhal Do Souto	Vein	Dormant	Portugal
Quinta Do Bispo	Vein	Depleted	Portugal
Urgeirica	Vein	Depleted	Portugal
Arieseni	Vein	Closed	Romania
Avram Iancu	Vein	Closed	Romania
Baita Bihor	Sandstone - Tabular	Closed	Romania
Bicazu Ardelean	Vein	Dormant	Romania
Botusana	Vein	Closed	Romania
Budurease	Sandstone - Tabular	Dormant	Romania
Ciudanovita	Sandstone - Tabular	Depleted	Romania
Conop	Vein	Dormant	Romania
Crucea	Vein	Operating	Romania
Dobrei North	Sandstone - Tabular	Closed	Romania
Dobrei South	Sandstone - Tabular	Operating	Romania
Hojda Magura	Vein	Dormant	Romania
Ilisova	Volcanic	Dormant	Romania
Milova	Vein	Dormant	Romania
Natra	Sandstone - Tabular	Depleted	Romania
Paiuseni	Vein	Dormant	Romania
Rachitele	Sandstone - Tabular	Dormant	Romania
Ranusa	Sandstone - Tabular	Dormant	Romania
Tulghes	Vein	Operating	Romania
Agdinskoye	Metasomatite	Dormant	Russian Federation

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Antei	Vein	Operating	Russian Federation
Argunskoye	Vein	Development	Russian Federation
Badyelskoye	Lignite	Dormant	Russian Federation
Belskoje	Lignite	Dormant	Russian Federation
Beryozovoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Beshtaugorskoye	Vein	Depleted	Russian Federation
Briketno-Zheltuhinskoye	Lignite	Dormant	Russian Federation
Buyanovskoye	Sandstone - Roll Front	Exploration	Russian Federation
Bykogorskoye	Vein	Depleted	Russian Federation
Bytuguchag	Vein	Depleted	Russian Federation
Chaika	Volcanic	Dormant	Russian Federation
Chaplinskoye	Volcanic	Dormant	Russian Federation
Cherepanovskoye	Surficial	Dormant	Russian Federation
Crystalnoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Dalmatovskoye	Sandstone - Basal Channel	Operating	Russian Federation
Dalneye	Volcanic	Dormant	Russian Federation
Dobrovolnoye	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Russian Federation
Druzhnoye	Metasomatite	Dormant	Russian Federation
Dybryn	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Dzhigda	Unknown	Exploration	Russian Federation
Gornoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Imskoye	Sandstone - Roll Front	Fully Explored	Russian Federation
Interesnoye	Metasomatite	Exploration	Russian Federation
Istochnoe	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Karhu	Unconformity-Proterozoic Fracture-bound	Exploration	Russian Federation
Kedrovoye	Sandstone - Roll Front	Dormant	Russian Federation
Khiagdinskoye	Sandstone - Basal Channel	Development	Russian Federation
Khokhlovskoye	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Kolichikan	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Koretkondinskoe	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Kosmozero	Metasomatite	Exploration	Russian Federation
Krasnyi Kamen	Vein	Depleted	Russian Federation
Labyshkoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Lastochka	Volcanic	Dormant	Russian Federation
Luchistoye	Volcanic	Operating	Russian Federation
Malinovskoye	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Malo-Tulukuevskoye	Volcanic	Development	Russian Federation
Martovskoye	Volcanic	Operating	Russian Federation
Meridionalnoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Molodezhnoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Namaru	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Novogodneye	Vein	Operating	Russian Federation
Oktyabrskoye	Volcanic	Operating	Russian Federation
Olovskoye	Volcanic	Dormant	Russian Federation
Osenneye	Vein	Dormant	Russian Federation
Prigorodnoye	Sandstone - Roll Front	Dormant	Russian Federation
Primorskoye	Sandstone - Roll Front	Dormant	Russian Federation
Pyatilentneye	Vein	Dormant	Russian Federation
Radionovskoye	Surficial	Dormant	Russian Federation
Repyovskoye	Lignite	Exploration	Russian Federation
Rjabinovoye	Volcanic	Exploration	Russian Federation
Sanarskoye	Surficial	Depleted	Russian Federation

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Shirondukuevskoye	Volcanic	Dormant	Russian Federation
Solonechnoye	Volcanic	Dormant	Russian Federation
Srednaya Padma	Metasomatite	Dormant	Russian Federation
Stepnovskoye	Phosphorite	Dormant	Russian Federation
Stepnoye	Sandstone - Tabular	Dormant	Russian Federation
Streltsovskoye	Volcanic	Operating	Russian Federation
Tetrakhskoye	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Tsarevskoye	Metasomatite	Dormant	Russian Federation
Tsentralnoye	Lignite	Dormant	Russian Federation
Tulukuevskoye	Vein	Depleted	Russian Federation
Urulynguevskoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Ust-Uyukskoye	Sandstone - Tabular	Dormant	Russian Federation
Verkhnyaya Padma	Metasomatite	Partially Explored	Russian Federation
Vershinnoye	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Vesenneye-Padma	Metasomatite	Dormant	Russian Federation
Vesenneye-Streltsovsk	Volcanic	Operating	Russian Federation
Vinogradovskoye	Surficial	Exploration	Russian Federation
Vitlausskoye	Surficial	Dormant	Russian Federation
Yubileinoye	Volcanic	Operating	Russian Federation
Yugo-Zapadonoye	Vein	Dormant	Russian Federation
Yuzhnoe	Metasomatite	Dormant	Russian Federation
Zheglovskoe	Sandstone - Basal Channel	Exploration	Russian Federation
Zherlovoye	Vein	Operating	Russian Federation
Zjulzinskoye	Sandstone - Roll Front	Exploration	Russian Federation
Zmeika	Vein	Depleted	Russian Federation
Cigankulja	Unknown	Unknown	Serbia
Dojkinci	Unknown	Unknown	Serbia
Mezdreja	Unknown	Unknown	Serbia
Paun Stena	Unknown	Unknown	Serbia
Ribarice	Unknown	Unknown	Serbia
Srednje Brdo	Unknown	Unknown	Serbia
Srneci Do	Unknown	Unknown	Serbia
Krivorvsk	Unknown	Unknown	Slovenia
Zirovski Vrh	Sandstone - Roll Front	Dormant	Slovenia
Alio Ghelle;Jach Brava	Metasomatite	Dormant	Somalia
Dusa Mareb	Surficial	Dormant	Somalia
Blyvdoruitzicht	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Buffelsfontein	Quartz-pebble Conglomerate	Operating	South Africa
Chemwes-Stilfontein	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Driefontein Mine	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Free State Geduld Mine	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Harmony	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Hartebeestfontein	Quartz-pebble Conglomerate	Operating	South Africa
Lorraine	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Phalaborwa	Intrusive	Closed	South Africa
President Brand Mine	Quartz-pebble Conglomerate	Operating	South Africa
President Steyn	Quartz-pebble Conglomerate	Operating	South Africa
Randfontein Mine	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
St.Helena (Beisa Section)	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Vaal Reefs Mines	Quartz-pebble Conglomerate	Operating	South Africa
West Rand Mine (Uranium Section)	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Western Areas Mine	Quartz-pebble Conglomerate	Operating	South Africa
Western Deep Levels Mine	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	South Africa
Western Holdings	Quartz-pebble Conglomerate	Operating	South Africa
Acehuche Ceclavin	Unknown	Unknown	Spain
Alameda	Unknown	Unknown	Spain
Andujar	Vein	Dormant	Spain
Cabeza de Araya	Unknown	Unknown	Spain
Don Benito	Unknown	Unknown	Spain
El Pedregal	Vein	Dormant	Spain
Ezperanza	Unknown	Unknown	Spain
Intermedia	Vein	Dormant	Spain
Mazarete	Sandstone - Tabular	Dormant	Spain
Mina Fe	Vein	Depleted	Spain
Navalmoral	Unknown	Unknown	Spain
Retortillo	Unknown	Unknown	Spain
Villavieja	Unknown	Unknown	Spain
Arviosjaur	Metasomatite	Dormant	Sweden
Pleutajokk	Metasomatite	Dormant	Sweden
Ranstad	Black Shales	Dormant	Sweden
Adrasman	Vein	Depleted	Tajikistan
Taboshary	Vein	Depleted	Tajikistan
Demirtepe	Vein	Dormant	Turkey
Fakili	Unknown	Dormant	Turkey
Kucukcavdar	Unknown	Dormant	Turkey
Manisa-Koprubasi	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Turkey
Yozgat-Sorgun	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Turkey
Bailik	Black Shales	Dormant	Turkmenistan
Sernoye	Vein	Depleted	Turkmenistan
Adamovskoye	Other	Dormant	Ukraine
Berekskoye	Other	Dormant	Ukraine
Bratskoye	Other	Depleted	Ukraine
Chervonoyarskoye	Other	Dormant	Ukraine
Devladovskoye	Sandstone - Basal Channel	Depleted	Ukraine
Kalinovskoje	Intrusive	Dormant	Ukraine
Krasnooskol'Skoye	Other	Dormant	Ukraine
Lozovatskoye	Intrusive	Dormant	Ukraine
Markovskoye	Other	Dormant	Ukraine
Michurinskoje	Metasomatite	Operating	Ukraine
Nickolaevskoye	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Ukraine
Nickolo-Kozelskoye	Quartz-pebble Conglomerate	Dormant	Ukraine
Novogoor'Evskoye	Other	Dormant	Ukraine
Pervomayskoye	Vein	Depleted	Ukraine
Sadovoye	Other	Dormant	Ukraine
Saphonovskoye	Sandstone - Basal Channel	Dormant	Ukraine
Severinskoye	Metasomatite	Dormant	Ukraine
Surskoye	Other	Dormant	Ukraine
Vatutinskoye	Metasomatite	Operating	Ukraine
Yuzhnoye	Intrusive	Dormant	Ukraine
Zheltorechenskoye	Vein	Depleted	Ukraine
Abbe	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Alta Mesa	Sandstone - Roll Front	Operating	United States of America
Alta Verde	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Alzada	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Ambrosia Lake (Dysart)	Sandstone - Tabular	Closed	United States of America
Anderson	Volcanic	Dormant	United States of America
Arizona 1	Collapse Breccia Pipe	Dormant	United States of America
Bear Creek	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Benevides	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Bernabe-Montano	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Big Buck / Velvet	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Big Eagle	Sandstone - Tabular	Closed	United States of America
Big Eagle Phase 2 / Green Mountain	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Big Gypsum Creek-Hamm Canyon	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Big Red	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Bison Basin	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Bokan Mountain	Intrusive	Depleted	United States of America
Borrego Pass	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Bruni	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Buckingham	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Bull Canyon	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Bullfrog	Sandstone - Tabular	Exploration	United States of America
Burns Ranch	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Butler-Weddington	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Calamity-N. Outlaw-Flaptop	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Canyon	Collapse Breccia Pipe	Dormant	United States of America
Canyon	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Carpenter Flats	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Cedar Hills	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Central Florida	Phosphorite	Closed	United States of America
Chapman	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Charlie	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Christensen Ranch	Sandstone - Roll Front	Closed	United States of America
Church Rock Section 17	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Church Rock Section 8	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Churchrock	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Churchrock NE	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Clay West	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Cliffside (Section 36)	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Collins Draw	Unknown	Unknown	United States of America
Copper Mountain	Vein	Dormant	United States of America
Crooks Gap	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Crow Butte	Sandstone - Roll Front	Operating	United States of America
Crownpoint	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Dalton Pass	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Day Loma	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Desert View / Green Mountain	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Dewey Burdock	Sandstone - Roll Front	Development	United States of America
East Florida District	Phosphorite	Closed	United States of America
East Gas Hills	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Edgemont District	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
EZ-2	Collapse Breccia Pipe	Dormant	United States of America
Faith	Collapse Breccia Pipe	Dormant	United States of America
Fernandez Main Ranch	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Gas Hills Cameco	Sandstone - Roll Front	Development	United States of America

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Grace #1	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Grace #2	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Grover	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Gruy Ranch	Sandstone - Roll Front	Exploration	United States of America
Hack Canyon	Collapse Breccia Pipe	Depleted	United States of America
Hanson	Sandstone - Basal Channel	Dormant	United States of America
Happy Jack	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Hauber	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Hermit	Collapse Breccia Pipe	Depleted	United States of America
Hershey	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Hideout	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Highland	Sandstone - Roll Front	Operating	United States of America
Hobson	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Holiday-El Mesquite	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Hunt's Mesa	Unknown	Unknown	United States of America
Irigaray	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
J.J.	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Jack Daniels	Unknown	Unknown	United States of America
Jackpile	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Jackpot / Green Mountain	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
John Brown	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Johnny-M	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Juniper	Unknown	Unknown	United States of America
Kanab North	Collapse Breccia Pipe	Dormant	United States of America
Keota	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
King Solomon	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Kingsville Dome	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
L Bar	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
La Jara Mesa	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
La Sal Creek	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Lamprecht-Felder	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Las Palmas	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Lee	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Legin-Charles T-Deremo	Sandstone - Tabular	Closed	United States of America
Leuenberger	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Long And Horse Mesas	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Long Park	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Longoria	Unknown	Unknown	United States of America
Los Ochos	Vein	Dormant	United States of America
Lower And Radium Groups	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Lucky Mc Mine	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Lukachukai Mountains	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Mancos	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Mariano Lake	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Marquez Canyon	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Marquez Grant	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Marysvale	Volcanic	Dormant	United States of America
Mcdermitt	Volcanic	Dormant	United States of America
Mi Vida / Lisbon Valley	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Midnite	Vein	Dormant	United States of America
Monogram Mesa	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Monument No.2	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Moonlight	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Moonshine Springs	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Moore Ranch	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Moser	Unknown	Unknown	United States of America
Mrak	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Mt. Lucas	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Mt. Taylor	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Narrow Canyon	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Neil	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
New Wales	Unknown	Unknown	United States of America
Nine Mile Lake	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
North Butte / Brown	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
North Florida	Phosphorite	Dormant	United States of America
North Rolling Pin	Unknown	Unknown	United States of America
Northeast Florida District	Phosphorite	Dormant	United States of America
Northwest Unit	Sandstone - Roll Front	Exploration	United States of America
Nose Rock	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
O'Hern	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Orphan Lode	Collapse Breccia Pipe	Depleted	United States of America
Oshoto Deposit	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Palangana	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Pandora	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Panna Maria	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Pawnee	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Peach	Sandstone - Roll Front	Development	United States of America
Peterson Ranch	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Petrotomics / Dave	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Piedre Lumbre	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Pigeon	Collapse Breccia Pipe	Depleted	United States of America
Pinenut	Collapse Breccia Pipe	Dormant	United States of America
Pinetree	Unknown	Unknown	United States of America
Pitch	Vein	Depleted	United States of America
Poison Canyon	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Ramco	Unknown	Unknown	United States of America
Red Desert	Unknown	Unknown	United States of America
Reno Creek	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Reynolds Ranch	Sandstone - Roll Front	Exploration	United States of America
Rhode Ranch	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Rio Puerco	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Rob Rollo	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Roca Honda	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Rosita	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Ruby	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Ruby Ranch	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Ruth	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Sage	Collapse Breccia Pipe	Dormant	United States of America
Saint Anthony	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
San Antonio Valley	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Sand Creek	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Schwartzwald	Vein	Depleted	United States of America
Section 32	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Sharp Canyon	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Sherwood Mine	Sandstone - Basal Channel	Depleted	United States of America
Shinarump	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Shirley Basin Cameco	Sandstone - Roll Front	Exploration	United States of America
Shirley Basin Mine	Sandstone - Roll Front	Closed	United States of America
Slick Rock	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Smith Ranch	Sandstone - Roll Front	Operating	United States of America
South Florida District	Phosphorite	Dormant	United States of America
South Morton Ranch	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Sundance	Unknown	Unknown	United States of America
Swanson	Metasomatite	Dormant	United States of America
Sweetwater Mine	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Taylor Ranch	Unknown	Exploration	United States of America
Temple Mountain	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Tony M. / Shootering Canyon	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Trevino	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Uravan District	Sandstone - Tabular	Operating	United States of America
Uravan-Atkinson Mesas	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Vanadium	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Vanura	Sandstone - Tabular	Depleted	United States of America
Vasquez	Sandstone - Roll Front	Unknown	United States of America
West Cole	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
West Gas Hills	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
West Largo	Sandstone - Tabular	Dormant	United States of America
Whiskey Peak / Green Mountain	Sandstone - Roll Front	Dormant	United States of America
Zamzov	Sandstone - Roll Front	Depleted	United States of America
Agron	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Aktau	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan
Alatanga	Vein	Depleted	Uzbekistan
Alendy	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Altyntau	Black Shales	Dormant	Uzbekistan
Aulbek	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Bakhaly	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan
Beshkak	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Bukeenai	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Charkasar	Vein	Depleted	Uzbekistan
Chauli	Volcanic	Depleted	Uzbekistan
Djantuar	Black Shales	Dormant	Uzbekistan
Kanimekh	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Kattasai	Vein	Depleted	Uzbekistan
Kendyktjube	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Ketmenchi	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Koscheka	Black Shales	Dormant	Uzbekistan
Lyavlyakan	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Mailikatan	Vein	Depleted	Uzbekistan
Mayzak	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan
Meylysai	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan
Nagornoye	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan
Rudnoye	Black Shales	Dormant	Uzbekistan
Sabyrsay	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Severny Kanimekh	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Shark	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Sugrally	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Terekuduk	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan
Tokhumbet	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Country
Tutly	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Uchkuduk	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
Ulus	Unknown	Unknown	Uzbekistan
Varadzhan	Sandstone - Roll Front	Dormant	Uzbekistan
Yuzhny Bukinai	Sandstone - Roll Front	Operating	Uzbekistan
An Diem	Sandstone - Roll Front	Exploration	Vietnam
Khe Hoa-Khe Cao	Sandstone - Roll Front	Exploration	Vietnam
Kanyemba	Sandstone - Tabular	Dormant	Zimbabwe

Retrieved from <http://www-nfcis.iaea.org/UDEPO/UDEPOMain.asp> on 29. Feb 2008

B.1.1 Lagerstättenstatus

Exploration

Dies zeigt an, dass im Gebiet der Lagerstätte gerade Erkundungen durchgeführt werden.

Partially Explored

Die Lagerstätte ist teilweise erforscht worden und weitere Forschung ist aufgeschoben worden.

Fully Explored

Die Erforschung der Lagerstätte war ausreichend genug, um Berechnungen über die vorhandenen Erzreserven und Machbarkeitsstudien anstellen zu können.

Development

Die Errichtung von Bergwerk, Verarbeitungsanlagen sowie Hilfsinfrastruktur ist im Gange.

Dormant

Brachliegende Lagerstätte, kein Betrieb – aus welchem Grund auch immer.

Permitted

Der Lagerstätte wurde die behördliche Genehmigung erteilt um mit deren Errichtung und dem Abbau zu beginnen.

Operating

Der Bergwerksbetrieb ist im Gange und das Erz wird zu Uranprodukten weiterverarbeitet.

Standby

Der Betrieb wurde angehalten und die Lagerstätte wurde in Wartungs- und Instandhaltungszustand versetzt. Dieser Status zeigt an, dass der Betrieb wieder aufgenommen werden kann.

Depleted

Alle wirtschaftlich zugänglichen Erzreserven wurden erschöpft. Es wird kein weiterer Bergwerksbetrieb erwartet.

Closed

Der Arbeitsbetrieb wurde eingestellt. Der Sanierungsstatus ist unbekannt oder es ist keine Reklamation im Gange.

Reclamation

Bergwerkssanierung und Stilllegung sind im Gange.

Reclaimed

Die Lagerstätte wurde voll saniert und der Bergwerksbereich ist wieder in nutzbaren Zustand oder in langfristige Pflege aufgrund sanierter Aufbereitungsrückstände versetzt.

Unknown

Statusinformationen sind aktuell nicht verfügbar.

B.2 Verteilung der Lagerstätten

Tabelle 18: Lagerstätten nach Typ und Region

Region	Unconformity	Sand Stone	Hematit Breccia Complex	Quartz-pebble Congl.	Volcanic	Intrusive	Vein	Meta-somatic	Other
Africa	0	36	0	17	0	6	7	1	11
Eastern Europe	1	103	0	1	25	3	92	12	48
Far East	0	15	0	0	9	2	5	0	5
Latin America	0	10	0	0	6	0	3	3	12
Middle East and South Asia	3	2	0	0	0	0	4	2	7
North America	41	147	1	9	5	3	12	1	33
South East Asia and the Pacific	23	19	7	0	4	4	4	3	11
Western Europe	1	15	0	0	2	3	54	2	19
Total	69	347	8	27	51	21	181	24	146

Retrieved from <http://www-nfcis.iaea.org/UDEPO/UDEPOMain.asp> on 29. Feb 2008

Tabelle 19: Lagerstätten nach Typ und Land

Country	Unconformity	Sandstone	Hematit Breccia Complex	Quartz-pebble Congl.	Volcanic	Intrusive	Vein	Meta-somatic	Other	Total
Algeria	0	1	0	0	0	0	4	0	0	5
Argentina	0	4	0	0	0	0	2	0	1	7
Australia	23	19	7	0	4	4	1	3	11	72
Bolivia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Brazil	0	2	0	0	1	0	0	3	4	10
Bulgaria	0	13	0	0	2	0	8	0	0	23
Cameroon	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Canada	41	2	1	9	2	2	7	0	4	68
Central African Republic	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Chile	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
China	0	9	0	0	5	2	5	0	4	25
Czech Republic	0	6	0	0	0	0	13	0	1	20
Dem. Rep. of the Congo	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Denmark	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Finland	0	2	0	0	0	2	1	0	3	8
France	1	7	0	0	0	0	26	0	3	37
Gabon	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
Germany	0	3	0	0	0	0	11	0	2	16
Hungary	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
India	3	1	0	0	0	0	4	1	2	11
Indonesia	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Iran, Islamic Republic of	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Italy	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Japan	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Jordan	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
Kazakhstan	0	24	0	0	6	0	27	0	8	65
Korea, Republic of	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Kyrgyzstan	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4
Madagascar	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3
Malawi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Mexico	0	3	0	0	4	0	0	0	1	8

Country	Unconformity	Sandstone	Hematit Breccia Complex	Quartz-pebble Congl.	Volcanic	Intrusive	Vein	Meta-somatic	Other	Total
Mongolia	0	2	0	0	4	0	0	0	0	6
Morocco	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
Namibia	0	1	0	0	0	4	0	0	5	10
Niger	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20
Pakistan	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Peru	0	0	0	0	1	0	1	0	2	4
Poland	0	2	0	0	0	0	2	0	3	7
Portugal	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11
Romania	0	8	0	0	1	0	10	0	0	19
Russian Federation	1	21	0	0	15	0	20	9	12	78
Serbia	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7
Slovenia	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Somalia	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
South Africa	0	0	0	17	0	1	0	0	0	18
Spain	0	1	0	0	0	0	4	0	8	13
Sweden	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
Tajikistan	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Turkey	0	2	0	0	0	0	1	0	2	5
Turkmenistan	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Ukraine	0	3	0	1	0	3	2	3	9	21
United States of America	0	145	0	0	3	1	5	1	29	184
Uzbekistan	0	24	0	0	1	0	4	0	5	34
Vietnam	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Zimbabwe	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	69	347	8	27	51	21	181	24	146	874

(*) Please note that the list might not include all of the deposits in the world due to the unavailability of the data.

Tabelle 20: Ursprüngliche Ressourcen der Lagerstätten [t U]

Country	Uncon- formity	SandStone	Hematit Breccia Complex	Quartz-pebble Congl.	Volcanic	Intrusive	Vein	Meta- somatic	Other	Total
Algeria	0	1.500	0	0	0	0	19.400	0	0	20.900
Argentina	0	16.790	0	0	0	0	1.720	0	1.285	19.795
Australia	415.196	89.315	1.596.880	0	9.313	7.990	2.679	29.934	81.211	2.232.518
Bolivia	0	500	0	0	0	0	0	0	0	500
Brazil	0	7.000	0	0	22.700	0	0	160.700	0	190.400
Bulgaria	0	39.580	0	0	3.600	0	14.380	0	0	57.560
Cameroon	0	9.000	0	0	0	0	0	0	0	9.000
Canada	526.121	4.040	7.300	309.510	2.290	7.500	14.650	0	5.700	877.111
Central African Rep.	0	0	0	0	0	0	0	0	16.700	16.700
Chile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
China	0	26.500	0	0	30.000	0	8.500	0	2.500	67.500
Czech Republic	0	140.000	0	0	0	0	90.000	0	2.500	232.500
Dem. Rep. of the Congo	0	0	0	0	0	0	29.500	0	0	29.500
Denmark	0	0	0	0	0	27.000	0	0	0	27.000
Finland	0	950	0	0	0	3.500	500	0	4.710	9.660
France	900	37.375	0	0	0	0	54.458	0	1.201	93.934
Gabon	0	42.358	0	0	0	0	0	0	0	42.358
Germany	0	39.920	0	0	0	0	127.165	0	167.440	334.525
Hungary	0	32.800	0	0	0	0	0	0	0	32.800
India	6.700	7.000	0	0	0	0	9.100	900	10.000	33.700
Indonesia	0	0	0	0	0	0	1.670	0	0	1.670
Iran, Islamic Republic of	0	0	0	0	0	0	0	1.367	0	1.367
Italy	0	0	0	0	4.800	0	0	0	0	4.800
Japan	0	7.500	0	0	0	0	0	0	0	7.500
Jordan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazakhstan	0	597.200	0	0	16.600	0	171.175	0	126.000	910.975
Korea, Republic of	0	0	0	0	0	0	0	0	14.800	14.800
Kyrgyzstan	0	0	0	0	0	0	2.850	0	3.200	6.050
Madagascar	0	5.100	0	0	0	5.000	0	0	0	10.100
Malawi	0	11.600	0	0	0	0	0	0	0	11.600
Mexico	0	6.145	0	0	4.485	0	0	0	51.000	61.630
Mongolia	0	13.300	0	0	50.389	0	0	0	0	63.689

Country	Uncon- formity	SandStone	Hematit Breccia Complex	Quartz-pebble Congl.	Volcanic	Intrusive	Vein	Meta- somatic	Other	Total
Morocco	0	0	0	0	0	0	0	0	132.000	132.000
Namibia	0	15.000	0	0	0	149.500	0	0	56.960	221.460
Niger	0	259.382	0	0	0	0	0	0	0	259.382
Pakistan	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
Peru	0	0	0	0	0	0	500	0	1.000	1.500
Poland	0	3.600	0	0	0	0	1.000	0	9.124	13.724
Portugal	0	0	0	0	0	0	2.900	0	0	2.900
Romania	0	24.361	0	0	0	0	12.710	0	0	37.071
Russian Federation	0	154.110	0	0	147.365	0	129.905	264.665	41.940	737.985
Serbia	0	0	0	0	0	0	0	0	6.701	6.701
Slovenia	0	8.500	0	0	0	0	0	0	0	8.500
Somalia	0	0	0	0	0	0	0	5.350	6.400	11.750
South Africa	0	0	0	93.375	0	4.300	0	0	0	97.675
Spain	0	4.800	0	0	0	0	12.000	0	0	16.800
Sweden	0	0	0	0	0	0	0	4.000	75.000	79.000
Tajikistan	0	0	0	0	0	0	1.400	0	0	1.400
Turkey	0	6.702	0	0	0	0	1.729	0	698	9.129
Turkmenistan	0	0	0	0	0	0	7.000	0	5.000	12.000
Ukraine	0	6.380	0	2.090	0	14.855	25.400	87.990	11.225	147.940
United States of America	0	795.841	0	0	31.500	600	14.730	13.000	786.756	1.642.427
Uzbekistan	0	253.955	0	0	4.500	0	8.830	0	16.495	283.780
Vietnam	0	15.580	0	0	0	0	0	0	0	15.580
Zimbabwe	0	2.000	0	0	0	0	0	0	0	2.000
Total	948.917	2.685.784	1.604.180	404.975	327.542	220.245	765.851	567.906	1.637.546	9.162.946

(*) Please note that the list might not include all of the deposits in the world due to the unavailability of the data.

(**) The total resources listed here might not reflect the actual figures due to lack of exact figures for some individual deposits!

(***) The resources shown as '0' here might mean the resource is really small or unknown!

Retrieved from <http://www-nfcis.iaea.org/UDEPO/UDEPOMain.asp> on 10. April 2008

Anhang C: Tabellarische Beschreibung der Minen

Alle Informationen, die zu den betrachteten Minen gesammelt wurden, wurden nach dem folgenden Schema zusammengefasst, sofern sie bestimmt werden konnten.

Allgemeine Information:	Informationen zur geographischen Lage, Entdeckung u.ä.	
Eigentümer/Betreiber:	Mehrheitseigentümer der Mine	
Charakteristika/ Produktionsdaten:	Typ:	Geologische Type der Lagerstätte
	Abbau:	Methode des Abbaus
	Inbetriebnahme:	Jahr der Betriebsaufnahme bzw. geplante Betriebsaufnahme
	Kapazität [t U/Jahr]:	Produktionskapazität des Standortes
	Gewinnung:	Durchschnittlicher geförderter Anteil des Urans In-Situ
	Konzentration:	Gibt den Urangehalt im Gestein an
	Lebenserwartung:	Voraussichtliche Betriebsdauer der Mine. Entnommen aus den Firmenberichten oder als Abschätzung aus RAR.
Expansionspläne:	Erweiterungspläne der Produktion	
Reserven [t U]: (Recoverable)	Proven Reserves:	Reserven soweit bekannt. Bevorzugt aus Firmenberichten bestimmt. Angegeben wurde die gewinnbare Menge des Urans. Die Daten wurden i.a. auf 50t gerundet.
	Probable Reserves:	
	Proven & Probable:	
Ressourcen [t U]: (Recoverable)	Measured Resources:	Ressourcen ohne Reserven, bevorzugt aus Firmenberichten entnommen. RAR umfassen Ressourcen und Reserven.
	Indicated Resources:	
	RAR:	
	Inferred Resources:	
Identified Resources:		Identified Resources enthalten Reserven
Bisher gefördert [t U]:		Gesamtproduktion der Mine bis Ende 2007
Die Verhältnisse der Kategorien wurden zu Anschauungszwecken auch grafisch dargestellt. Dabei bezeichnet „Gef“ die bisher geförderte Menge, „Res“ die Reserven, „RAR“ die Reasonably Assured Resources und „IR“ die Identified Resources.		

Literaturverzeichnis

Bücher, Publikationen und Geschäftsberichte

- I. HUBBERT M. King, Nuclear energy and the fossil fuels, (1956)
- II. BINDER Harry H., Lexikon der chemischen Elemente, (1999)
- III. INTERNATIONAL SPACE SCIENCE INSTITUTE, Spatium Nr. 13, (2004)
- IV. BGR, Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen, (1995)
- V. IAEA, TECDOC-1174: Methods of exploitation of different types of uranium deposits, (2001)
- VI. IAEA, Uranium 2005: Resources, Production and Demand, (2006)
- VII. IAEA, TECDOC-471: INTURGEO - The International Uranium Geology Information System, (1988)
- VIII. IAEA, Guidebook to accompany IAEA map: World distribution of uranium deposits, (1996)
- IX. WORLD ENERGY COUNCIL, 1980 Survey of Energy Resources, (1981)
- X. AREVA
 - i. Reference Document 2007, (2008)
 - ii. Reference Document 2006, (2007)
 - iii. Reference Document 2005, (2006)
 - iv. Reference Document 2004, (2005)
 - v. Reference Document 2003, (2004)
 - vi. Reference Document 2002, (2003)
- XI. USGS, Open File Report 95-0831, HOOVER Donald B., Geophysical Methods In Exploration and Mineral Environmental Investigations, S. 19 - 26 (1996)
- XII. OECD, Forty Years of Uranium Resources, Production and Demand in Perspective, "The Red Book Retrospective", (2006)
- XIII. IAEA, Uranium 2007: Resources, Production and Demand, (2008)
- XIV. MARATHON RESOURCES, Annual Report 2007, (2008)

XV. RIO TINTO

- i. Annual Report 2003, (2004)
- ii. Annual Report 2004, (2005)
- iii. Annual Report 2005, (2006)
- iv. Annual Report 2006, (2007)
- v. Annual Report 2007, (2008)

XVI. BHP BILLITON

- i. Annual Report 2001, (2002)
- ii. Annual Report 2002, (2003)
- iii. Annual Report 2003, (2004)
- iv. Annual Report 2004, (2005)
- v. Annual Report 2005, (2006)
- vi. Annual Report 2006, (2007)
- vii. Annual Report 2007, (2008)

XVII. URANIUM ONE, Annual Information Form 2007, (2008)

XVIII. CAMECO

- i. Annual Information Form 1995, (1996)
- ii. Annual Information Form 1996, (1997)
- iii. Annual Information Form 1997, (1998)
- iv. Annual Information Form 1998, (1999)
- v. Annual Information Form 1999, (2000)
- vi. Annual Information Form 2000, (2001)
- vii. Annual Information Form 2001, (2002)
- viii. Annual Information Form 2002, (2003)
- ix. Annual Information Form 2003, (2004)
- x. Annual Information Form 2004, (2005)
- xi. Annual Information Form 2005, (2006)
- xii. Annual Information Form 2006, (2007)
- xiii. Annual Information Form 2007, (2008)

- XIX. RÖSSING URANIUM, 2007 Report to Stakeholders, (2008)
- XX. PALADIN RESOURCES, Langer Heinrich Uranium Project, (2008)
- XXI. URAMIN, Report and Financial Statements, Period Ended 31 December 2006, (2007)
- XXII. IAEA, Uranium: Resources, Production and Demand
- i. Uranium 2003: Resources, Production and Demand (2004)
 - ii. Uranium 1999: Resources, Production and Demand (2000)
 - iii. Uranium 1995: Resources, Production and Demand (1996)
 - iv. Uranium 1989: Resources, Production and Demand (1990)
 - v. Uranium 1983: Resources, Production and Demand (1984)
 - vi. Uranium 1977: Resources, Production and Demand (1978)
 - vii. Uranium 1970: Resources, Production and Demand (1970)
- XXIII. IAEA, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030, (2007)
- XXIV. EWG, Uranium Resources and Nuclear Energy, (2006)
- XXV. SEKO Noriaki u.a., Aquaculture Of Uranium In Seawater By A Fabric-Adsorbent Submerged System, in: Nuclear Technology Vol. 144, S. 274-278 (2003)
- XXVI. TAMADA Masao u.a., Application of radiation-graft material for metal adsorbent and crosslinked natural polymer for healthcare product, in: Radiation Physics and Chemistry 71, S. 221–225 (2004)
- XXVII. IAEA, Analysis of Uranium Supply to 2050, (2001)
- XXVIII. VAN LEEUWEN Jan Willem Storm, SMITH Philip, Nuclear power - The energy balance, (2005)
- XXIX. BRODA Engelbert, Eine Welt aus Plutonium?, in: Naturwissenschaftliche Rundschau, Band 28, Heft 7, S. 233-239, (1975)
- XXX. DIEHL Peter, Reichweite der Uran-Vorräte der Welt, (2006)
- XXXI. Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung [Hrsg.], Kernenergie in Österreich – pro und contra, S. 13, (1976)
- XXXII. MIT, Massachusetts Institute of Technology, The Future of Nuclear Power, S. 76, (2003)
- XXXIII. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Synthesis Report. Contributions of the Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change IPCC, Geneva, Switzerland, 104 ff., (2007)
- XXXIV. Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Watermanagement [Ed.], Nuclear Power, Climate Policy and Sustainability, (2007)

Webinhalte

1. WORLD NUCLEAR ASSOCIATION - <http://www.world-nuclear.org/>
 - a) Uranium and depleted Uranium, <http://www.world-nuclear.org/info/inf14.html> (21.5.2008)
 - b) The Cosmic Origins of Uranium, <http://world-nuclear.org/info/inf78.html> (17.4.2008)
 - c) Some Physics of Uranium, <http://www.world-nuclear.org/education/phys.htm> (17.4.2008)
 - d) World Uranium Mining, <http://www.world-nuclear.org/info/inf23.html> , (17.9.2008)
 - e) Military Warheads as a Source of Nuclear Fuel, <http://www.world-nuclear.org/info/inf13.html> (17.10.2008)
 - f) Canada's Uranium Production, <http://www.world-nuclear.org/info/inf49.html> , (21.5.2008)
 - g) Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan, <http://world-nuclear.org/info/inf89.html> (16.5.2008)
 - h) Uranium in Namibia, <http://www.world-nuclear.org/info/inf111.html> (17.4.2008)
 - i) Uranium in Niger and Gabon, <http://www.world-nuclear.org/info/inf110.html> (17.4.2008)
 - j) Nuclear Power in Russia, <http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html> (20.10.2008)
 - k) Nuclear Power in China, <http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html> (20.10.2008)
 - l) Nuclear Power in South Africa, <http://www.world-nuclear.org/info/inf88.html> (20.10.2008)
 - m) Nuclear Power in the USA, <http://www.world-nuclear.org/info/inf41.html> (20.10.2008)
 - n) Supply of Uranium, <http://www.world-nuclear.org/info/inf75.html> (25.07.2008)
2. IAEA - <http://www.iaea.org/>
 - a) Depleted Uranium, http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/DU/du_qaa.shtml#q1 (20.5.2008)
3. DEPARTMENT OF ATOMIC ENERGY, INDIA – <http://www.dae.gov.in/>
 - a) Uranium Investigations, <http://www.dae.gov.in/amd/work/uranium.htm> (21.04.2008)
4. CAMECO CORPORATION - <http://www.cameco.com/>
 - a) Uranium Price, http://www.cameco.com/investor_relations/ux_history/complete_history.php , (25.10.2008)
 - b) Uranium, <http://www.cameco.com/operations/uranium/> (21.5.2008)
5. AUSTRALIAN URANIUM ASSOCIATION - <http://www.aur.org.au/>
 - a) Australia's Uranium Deposits and Prospective Mines, <http://www.uic.com.au/pmindex.htm>, (20.10.2008)
 - b) Australia's Uranium Mines, <http://www.uic.com.au/emindex.htm>, (21.5.2008)
 - c) Former Australian Uranium Mines, <http://www.uic.com.au/fmindex.htm>, (25.10.2008)

6. WISE URANIUM PROJEKT - <http://www.wise-uranium.org/>
 - a) Honeymoon, <http://www.wise-uranium.org/upaus.html#HONEYM>, (17.9.2008)
 - b) New Uranium Mining Projects – Canada, <http://www.wise-uranium.org/upcdn.html> (21.5.2008)
7. HEATHGATE RESOURCES
 - a) The Beverley Mine, <http://www.heathgateresources.com.au/> (21.5.2008)
8. NRCAN - <http://www.nrcan.gc.ca/>
 - a) Minerals Year Book, http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmy/pref_e.htm (20.10.2008)
9. INFOMINE - <http://www.infomine.com/>
 - a) McClean Lake - <http://www.infomine.com/minesite/minesite.asp?site=mccleanlake>, (17.9.2008)
 - b) McArthur River - <http://www.infomine.com/minesite/minesite.asp?site=mcarthurriver>, (17.9.2008)
 - c) Cigar Lake - <http://www.infomine.com/minesite/minesite.asp?site=clake>, (17.9.2008)
 - d) Rössing, <http://www.infomine.com/minesite/minesite.asp?site=rossing>, (14.5.2008)
 - e) Langer Heinrich, <http://www.infomine.com/minesite/minesite.asp?site=langheinrich> (14.5.2008)
10. KAZATOMPROM - <http://www.kazatomprom.kz/>
 - a) 15 000 tU - <http://www.kazatomprom.kz/15000/?HOME&version=en> (8.5.2008)
11. AREVA – <http://www.areva-nc.com/>
 - a) Areva News: NIGER Environmental Compliance Certificate obtained for the Imouraren project, 31. Juli 2008
<http://www.areva-nc.com/scripts/areva-nc/publigen/content/templates/Show.asp?P=7909&L=EN>
12. KERNENERGIE.CH - <http://www.kernenergie.ch/>
 - a) Uran-Vorkommen - <http://www.kernenergie.ch/de/vorkommen.html> (5.11.2008)