

Der Uranabbau und seine Auswirkungen

Raphael Zimmerl
raphael.zimmerl@wien.gv.at

Uran

- Natürlich vorkommendes Metall
- Große Energiefreisetzung durch Spaltung von U235 durch Neutronenbeschuss
- U235 Anteil muss für kerntechnische Anwendungen angereichert werden

Isotope	Vorkommen in Natur
U238	99,27%
U235	0,70%
U234	< 0,01%

Quelle: WRF



Quelle: t3.ftcdn.net

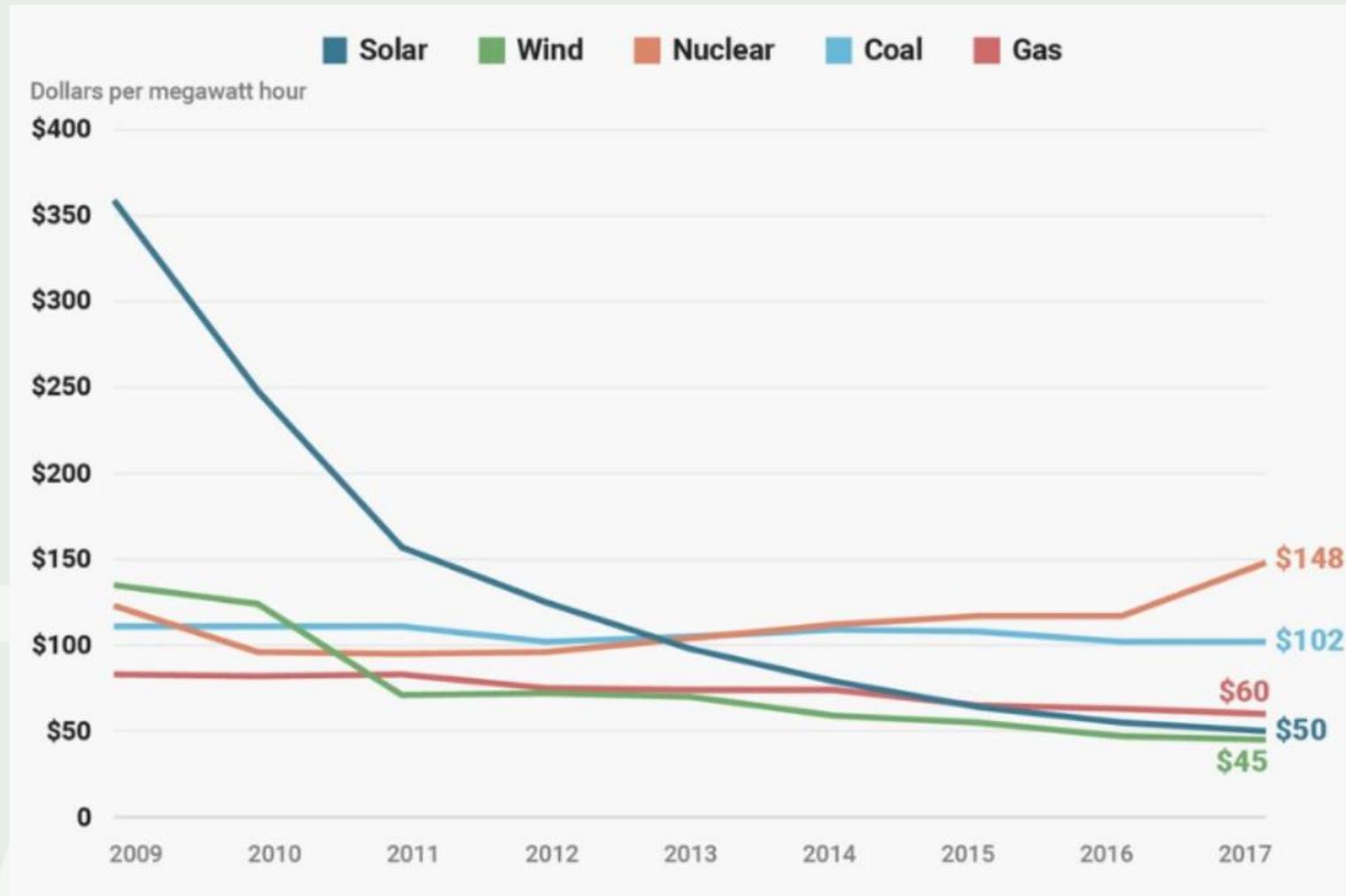
Uranvorkommen

„Reserven ist das zu gegenwärtigen Preisen und mit heutigen Fördertechnologien gewinnbare Uran“

„Als Ressource gelten alle technisch gewinnbaren Uranfunde“

	Reserven (kt) < 80 \$/kg	%
Kasachstan	304	23,8
Kanada	275	21,5
Südafrika	168	13,1
Brasilien	156	12,2
Volksrepublik China	102	8,0
Mongolei	50	3,9
WELT	1.280	100

	Ressourcen (kt) < 130 \$/ kg	Ressourcen (kt) < 260 \$/ kg
Australien	1.664,1	1.780,8
Kasachstan	745,3	941,6
Kanada	509,0	703,6
Russland	507,8	695,2
Namibia	267,0	463,0
Südafrika	322,5	449,3
WELT	5.718,4	7.641,6



World Economic Forum, 2019

Uranabbau

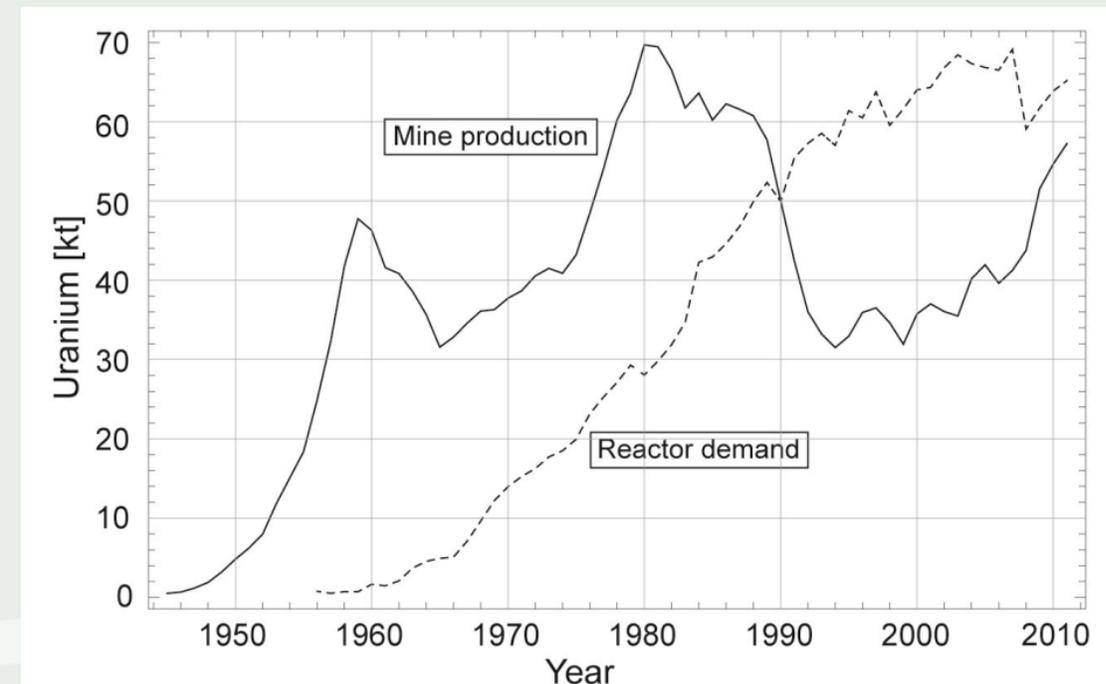
- In 9 großen Stätten findet ~50 % des weltweiten Uranabbaus statt
- In Europa kein nennenswerter Abbau (<1 % von Bedarf)
- Bedarf seit 1990ern höher als Produktion aufgrund hohen Uranpreises
 - Differenz wird durch Lagerbestände abgedeckt

Land	Produktion in kt (2021)
Kasachstan	21.82
Namibia	5.75
Kanada	4.69
Australien	4.19
Usbekistan	3.50
WELT	48.33

Quelle: NEA, 2022

Land	Bedarf in kt (2021)
USA	18,16
Frankreich	9,21
Russland	6,26
China	5,34
Südkorea	5,01
WELT	63,40

Quelle: WNA, 2022



Uranbedarf - Aktueller AKW Bestand

- 440 AKW weltweit mit $\sim 400 \text{ GW}_{el}$ Leistung (EE 2023 $\sim 400 \text{ GW}$ neu)
- 5 % der weltweiten Energieproduktion (80 % aus fossilen Energieträgern)
- 1 Kernladung $\sim 100 \text{ t UO}_2$
- Weltweiter Bedarf 63,2 kt Uran / Jahr (2021)

	kt Uran	Verfügbarkeit (Jahre)
Reserven (< 80 \$ / kg)	1280	20,3
Ressourcen (< 130 \$ / kg)	5718	90,5
Ressourcen (< 260 \$ / kg)	7641	121,0

AKW Ausbauszenarien und Bedeutung

- IAEA/OECD Redbook
 - Low Case: 511 GWel bis 2035
 - High Case: 782 GWel bis 2035
 - (aktuell 400 GWel)

	kt Uran	Verfügbarkeit Low Case (Jahre)	Verfügbarkeit High Case (Jahre)
Reserven (< 80 \$ / kg)	1280	14,9	9,7
Ressourcen (< 130 \$ / kg)	5718	70,8	46,3
Ressourcen (< 260 \$ / kg)	7641	94,6	61,8

Energy Cliff / CO₂ Trap

- Bei einer Konzentration von 0,02 - 0,01 % Uran im Gestein wird mehr Energie für die Produktion von Uran verbraucht als im Reaktor gewonnen werden kann – betrifft alle Abbauarten bis auf In-Situ Leaching (Storm v. Leeuwen 2007)
- Ähnliches Phänomen ist die „CO₂ - Trap“, wo mehr CO₂ durch den Abbau verursacht wird, als später eingespart werden kann. Bsp. Strom, der für Urangewinnung in Kasachstan verwendet wird, stammt größtenteils aus Kohle.

Woher kommt das Uran in Europa?

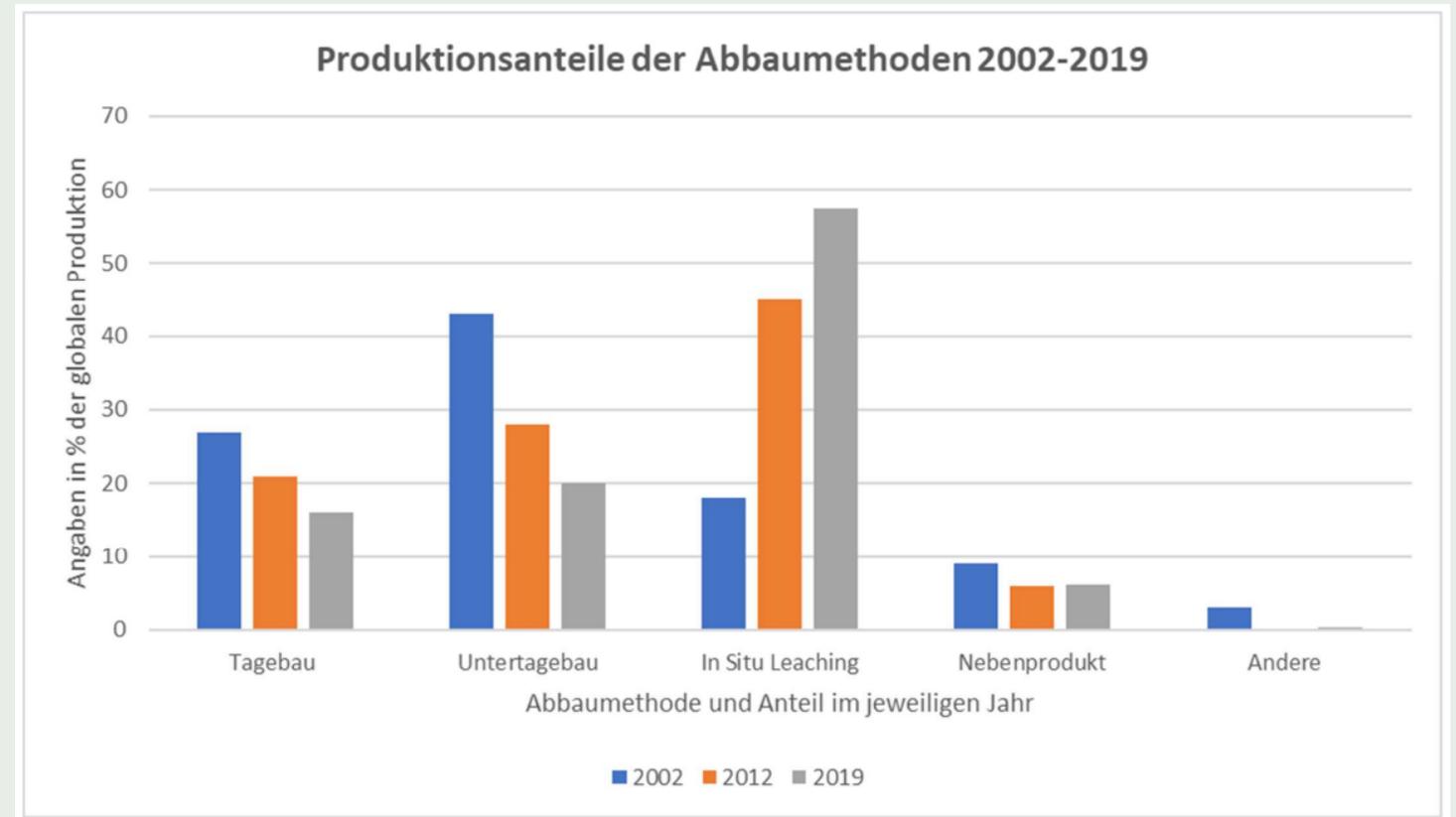
- EU importiert > 99 % des Natururans
- 40 % des Urans stammen aus Russland / Kasachstan (für 21 Reaktoren)
- Rosatom kontrolliert 15 % des globalen Uranmarktes

Herkunft	Gesamtjahres- produktion (tU)	Exportanteil in die EU (%)	Exportmenge in die EU (tU)	Marktanteil in der EU (%)
Kasachstan	19 500	12,38%	2 414	19,17%
Australien	6 200	26,95%	1 671	13,27%
Namibia	5 400	8,91%	481	3,82%
Kanada	3 900	59,28%	2 312	18,36%
Usbekistan	3 500	9,40%	329	2,61%
Niger	3 000	85,17%	2 555	20,29%
Russland	2 846	89,78%	2 545	20,21%

Quelle: Umweltbundesamt

Abbauarten von Uran

- Herkömmlicher Bergbau und Untertagebau gehen massiv zurück
- In-Situ Leaching > 50 % der Produktion



Quelle: ISR, 2020

Tagebau

- Erdoberflächennahe Erzkörper werden abgebaut
 - Starker Einfluss in Erdoberfläche, Förderung von Nebengesteinen
 - Leichte Zugänglichkeit



Uranabbau in Australien,
Quelle: Wikipedia

Untertagebau

- Finanziell und technisch aufwändig
- Oberflächlicher Eingriff ist geringer
- Gesundheitliche Gefährdung des Personals durch radioaktiven Staub

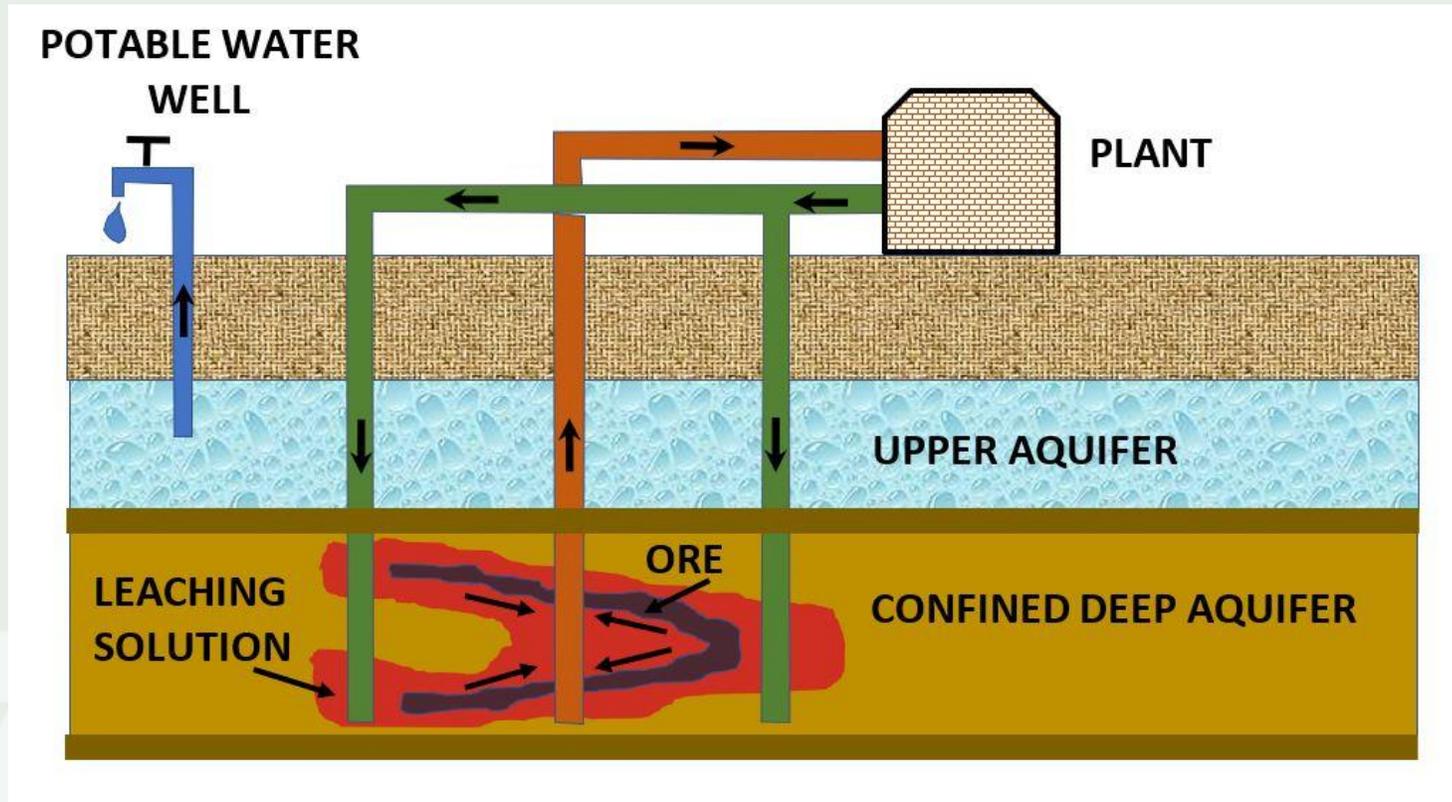


McArthur River Uranmine,
Kanada, Quelle: Canadian
nuclear safety commission

In-Situ Leaching (ISL)

- Chemikalien (z.B. Zyanid) werden in Bohrlöcher initiiert, um Uran im Gestein zu verflüssigen -> Flüssiges Uran (+ Reststoffe) kann an Oberfläche gepumpt werden
- Auch für geringe Urankonzentrationen ($\sim 0,02\%$) geeignet
- Nur in bestimmten Gesteinsarten (z.B. Sandstein) möglich
- Geringe Gewinnungsraten
- Grundwasser kann durch Säuren/Basen verunreinigt werden

In-Situ Leaching (ISL)



Quelle: Inifit Pipe

Umweltauswirkungen und Gefahrenpotenzial



- Grundwassergefährdung (besonders bei In-Situ Leaching)
- Großer Energie-/Wasserbedarf
- Radioaktive(r) Staub/Schlamm/Abwasser
 - Gefahr für Mensch (Strahlenkrankheit) und Umwelt

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!