

Brennstoffversorgung im nuklearen Brennstoffkreislauf

Steffen Wissel

IER, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
Universität Stuttgart

Jahrestagung Kerntechnik

24. Mai 2007 in Karlsruhe

Sitzung: Versorgung und Endlagerung

Ausgangssituation

Deutschland

- Anteil der Kernenergie am Primärenergieverbrauch (PEV) im Jahr 2006: **12,6 %**
- PEV ist seit 1990 nahezu konstant geblieben, jedoch hat sich die Bruttostromerzeugung seit 1990 um mehr als **15 %** erhöht, wobei der Anteil der Kernenergie im Wesentlichen gleich geblieben ist
 - Grund: Leistungserhöhungen und höhere Verfügbarkeit
- ⇒ trotz Außerbetriebnahme der Kernreaktoren in Stade und Obrigheim
- Uranbedarf: rund **3.500 t Uran** (2006)

International

- Aktuelle Analysen rechnen bis 2030 mit einem weltweiten Zubau von **180 GWe** installierter kerntechnischer Leistung und einem Ersatzbedarf bzw. Neubedarf von über **300 GWe** installierter kerntechnischer Leistung
- Anstieg der Weltmarktpreise für Rohstoffe (u. a. Uran), Importabhängigkeit
- Uranbedarf: rund **68.000 t Uran** (2005)

Natürliche Uranerzvorkommen

	Urankonzentration
Hochwertige Erze	>20.000 ppm
Minderwertige Erze	1.000 ppm
Granit	4 ppm
Felsgestein	2 ppm
Erdrinde (durchschnittlich)	2,8 ppm
Meerwasser	0,003 ppm

	Produktion Anteil 2006	Mittlere Urankonzentration in Minen seit 1960	
Kanada	25 %	1.500 – 30.000	ppm U_3O_8
Australien	19 %	1.000 – 10.000	ppm U_3O_8
USA	4 %	300 – 800	ppm U_3O_8
Namibia	8 %	ca. 400	ppm U_3O_8
Südafrika	2 %	200 – 400	ppm U_3O_8

Klassifikation der Uranressourcen

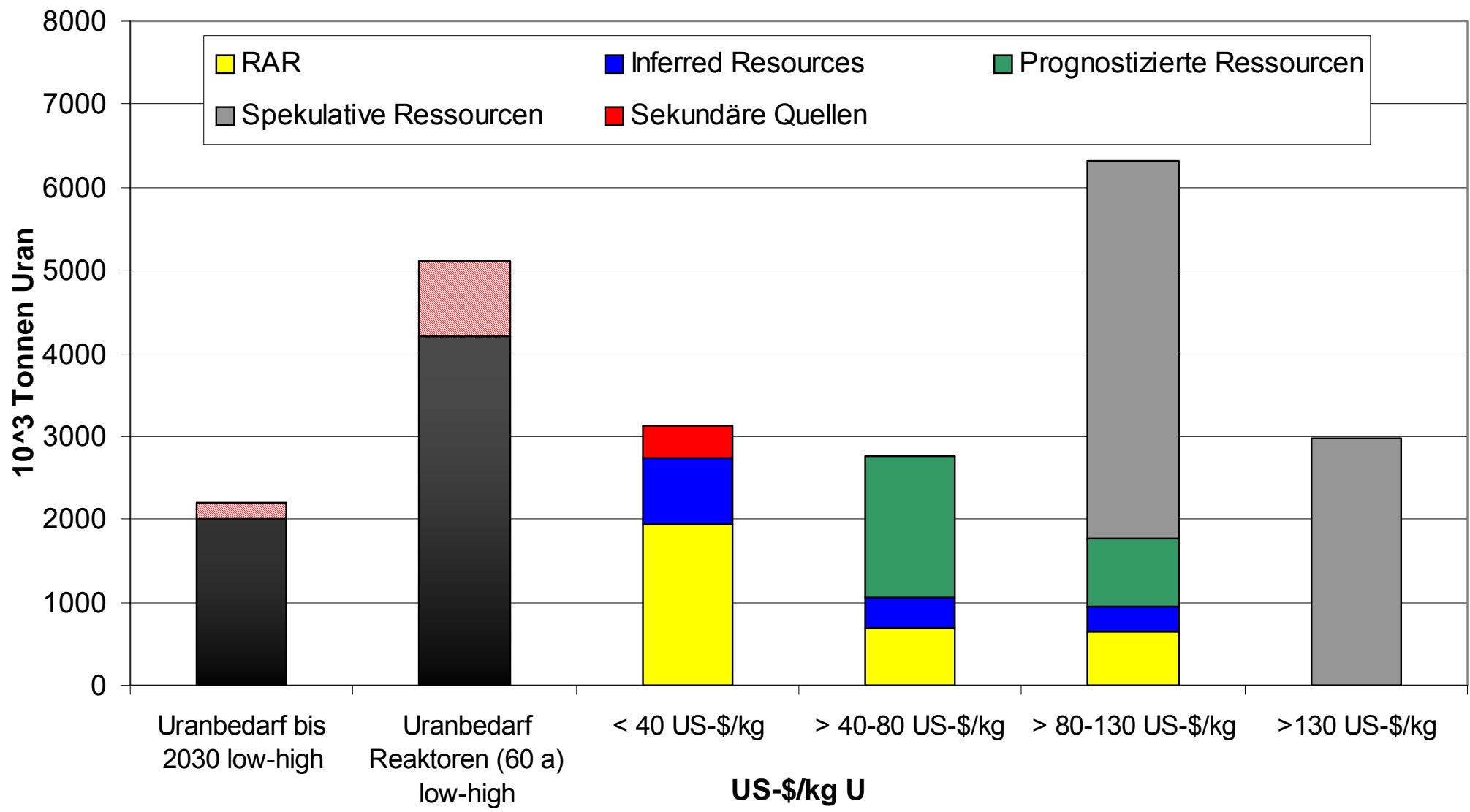
		entdeckte Ressourcen		prognostische Ressourcen	
Abbaukosten	< 40 US-\$/kg U	Reasonable Assured Resources (RAR) [sichere Reserven]	Inferred Resources (IR) [mögliche Reserven]	prognostizierte Ressourcen	spekulative Ressourcen (SR)
	40-80 US-\$/kg U	Reasonable Assured Resources (RAR) [sichere Reserven]	Inferred Resources (IR) [mögliche Reserven]	prognostizierte Ressourcen	spekulative Ressourcen (SR)
	80-130 US-\$/kg U	Reasonable Assured Resources (RAR) [sichere Reserven]	Inferred Resources (IR) [mögliche Reserven]	prognostizierte Ressourcen	spekulative Ressourcen (SR)

Uranvorkommen und statische Reichweite

Uranressourcen	US-\$/kg	kt Uran	Reichweite [a]	kumuliert [a]
Reasonable Assured Resources RAR	≤40	1.947	29	29
	>40-80	696	10	39
	>80-130	654	10	49
	gesamt	3.297	49	
Inferred Resources	≤40	799	12	61
	>40-80	362	5	66
	>80-130	285	4	70
	gesamt	1.446	21	
Prognostizierte Ressourcen	≤80	1.700	25	95
	>80-130	819	12	107
	gesamt	2.519	37	
Spekulative Ressourcen SR	<130	4.557	67	174
	unbestimmt	2.979	44	
	gesamt	7.536	111	
Ressourcen gesamt		14.798		218
Uran in Phosphaten	60 - 100	22.000	324	542
Uran in Meerwasser	200 - 1.000	4.000.000	58.824	59.365
Thorium		ca. 4.500		
Sekundäre Quellen		378	6	6

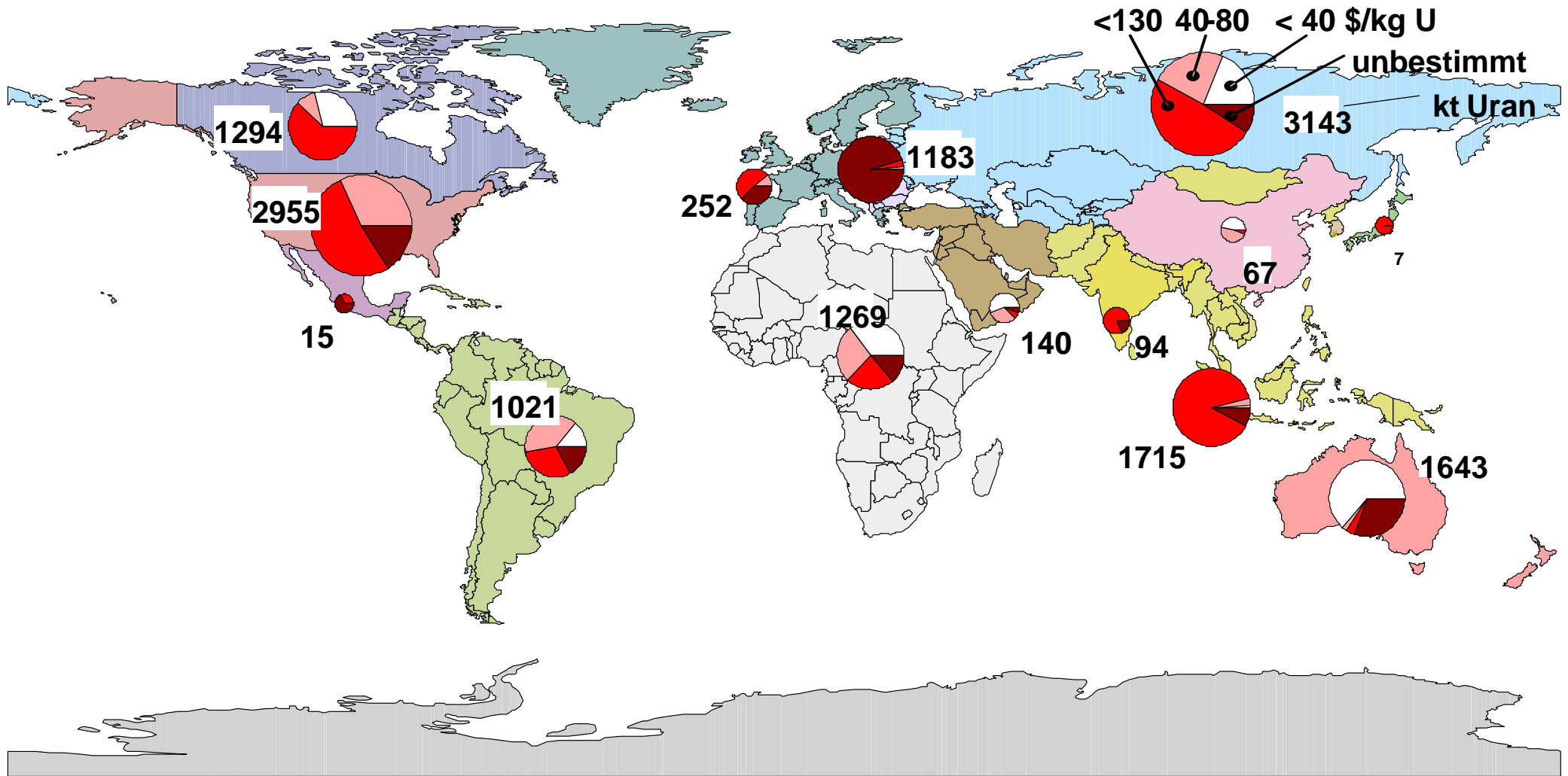
Information: 40 US-\$/kg Uran = 15,4 US-\$/lb U_3O_8 , aktueller Uranpreis: 113 US-\$/lb U_3O_8

Uranvorkommen, Uranbedarf und Kosten

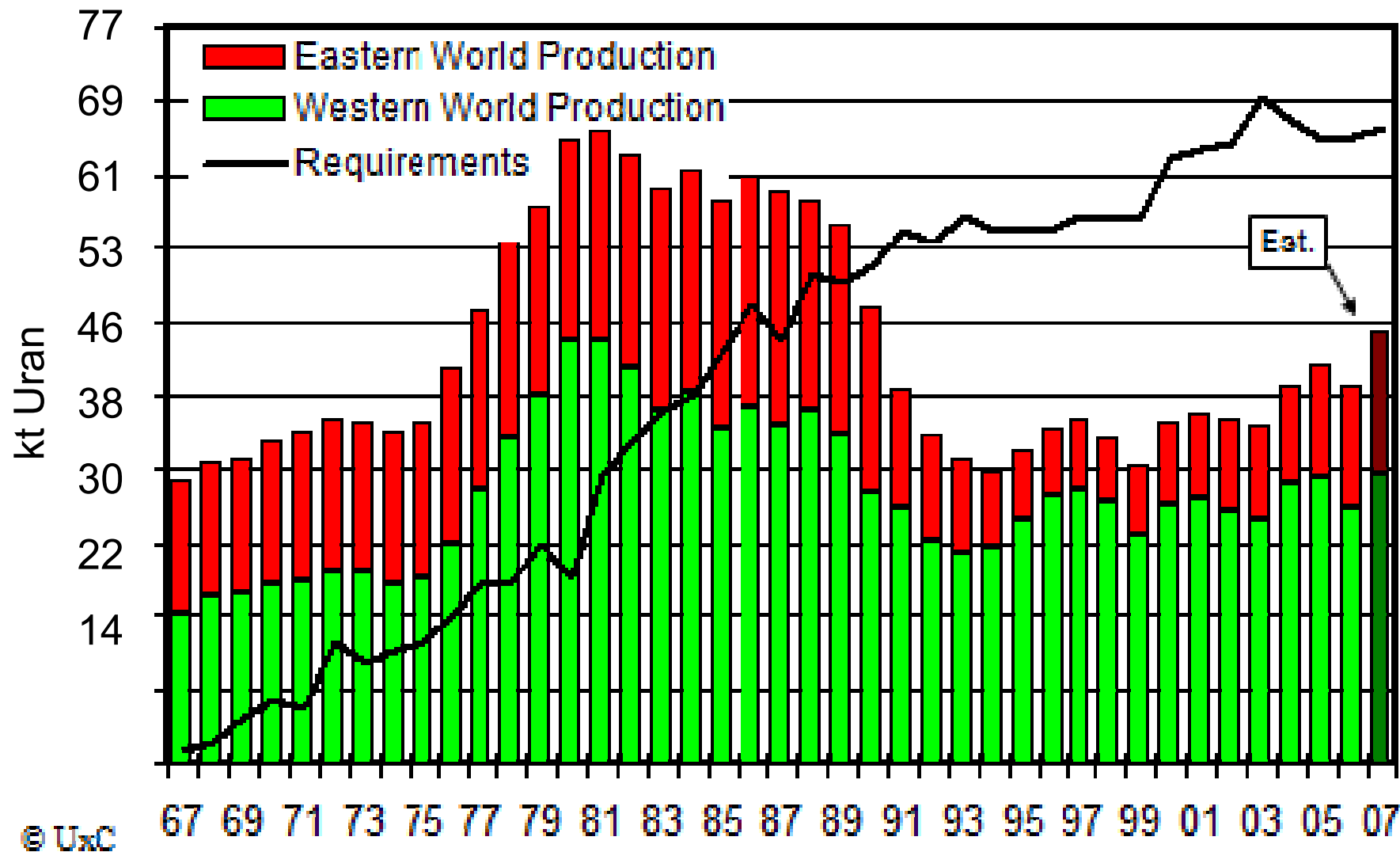


WEO 06: Low: + 0,7 %/a, High: + 1,6 %/a

Verteilung der weltweiten Uranressourcen in kt Uran

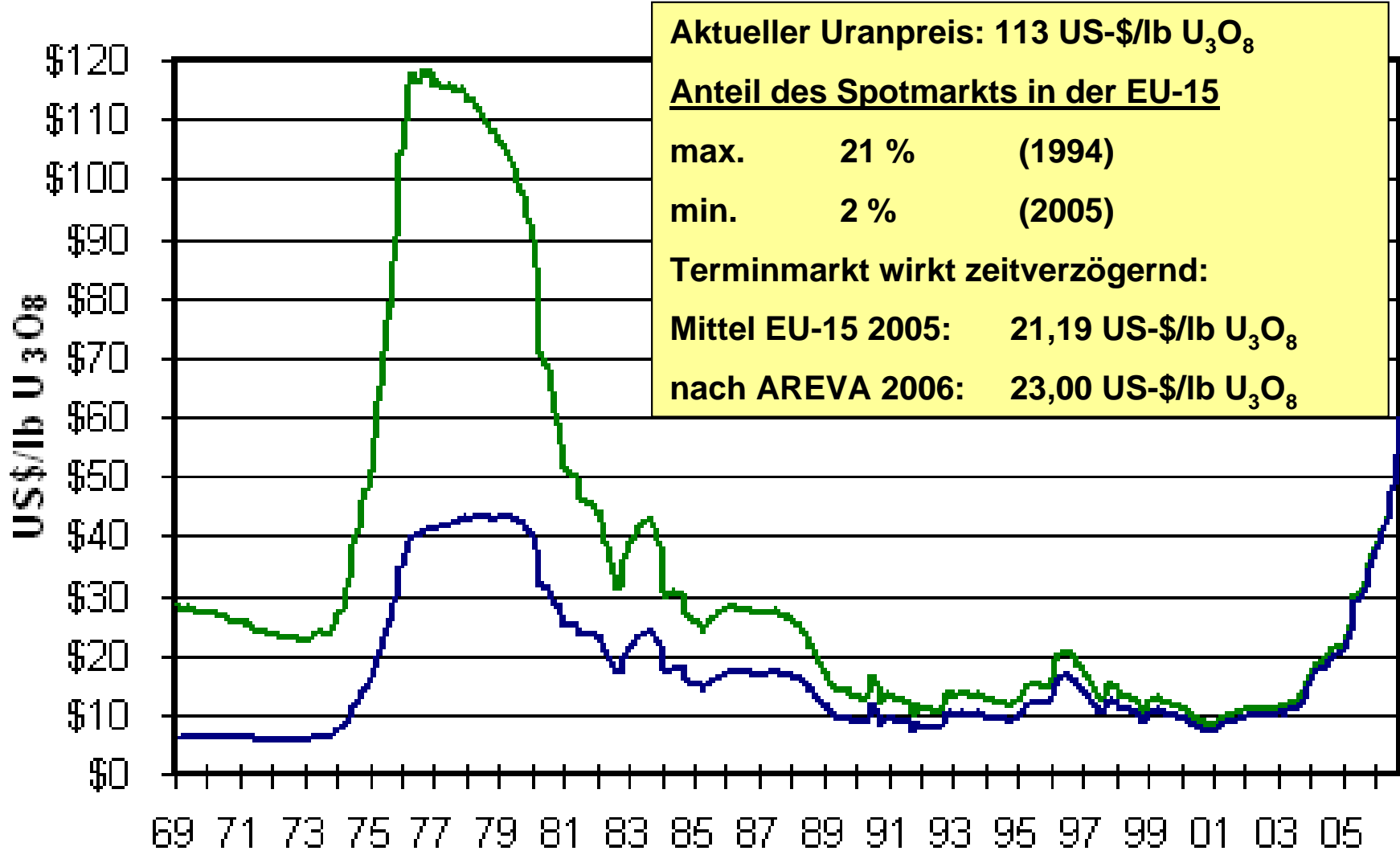


Entwicklung der weltweiten Uranproduktion und des Uranbedarfs



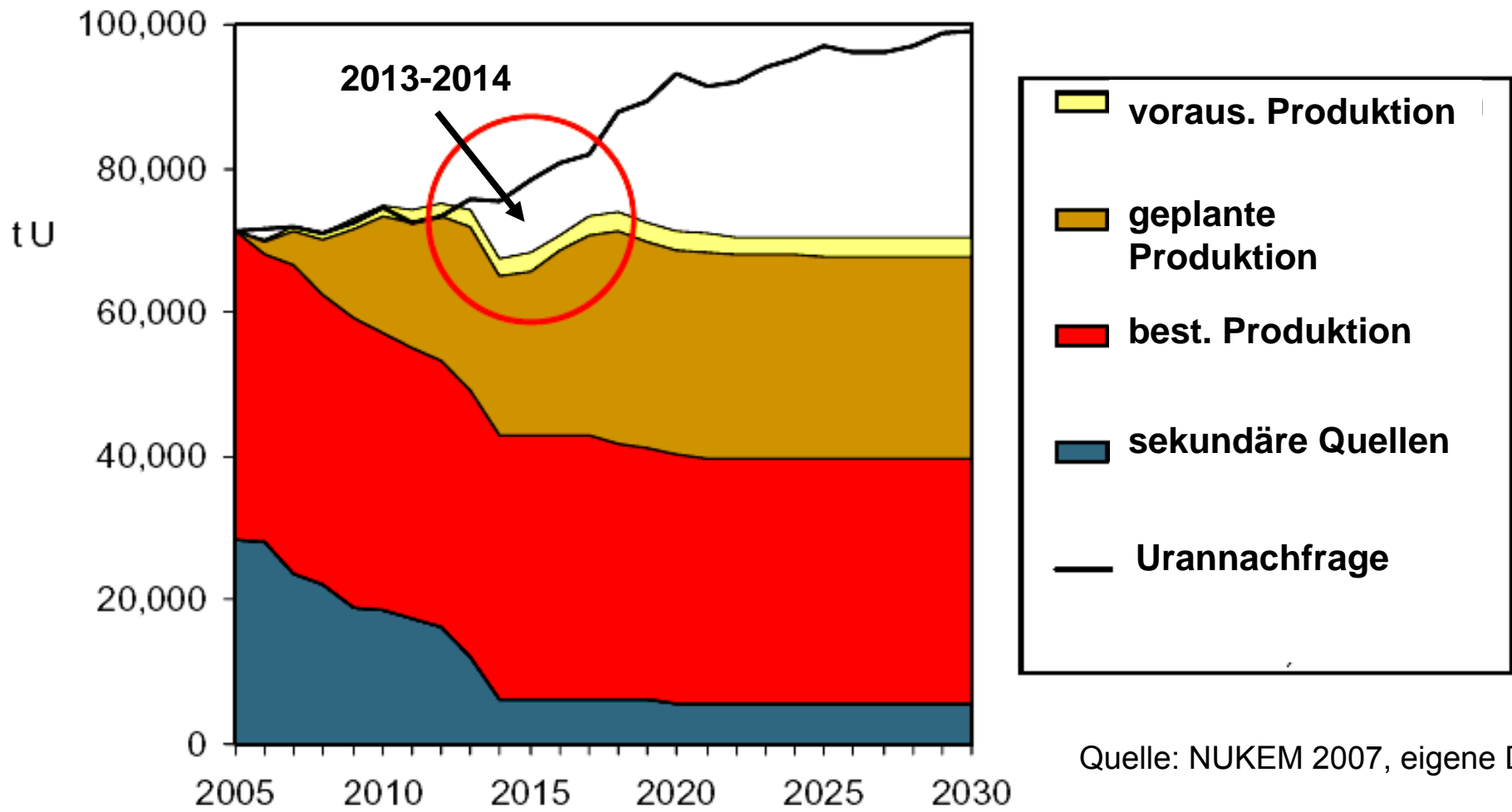
© UxC

Reale und nominale Uranpreisentwicklung auf dem Spotmarkt



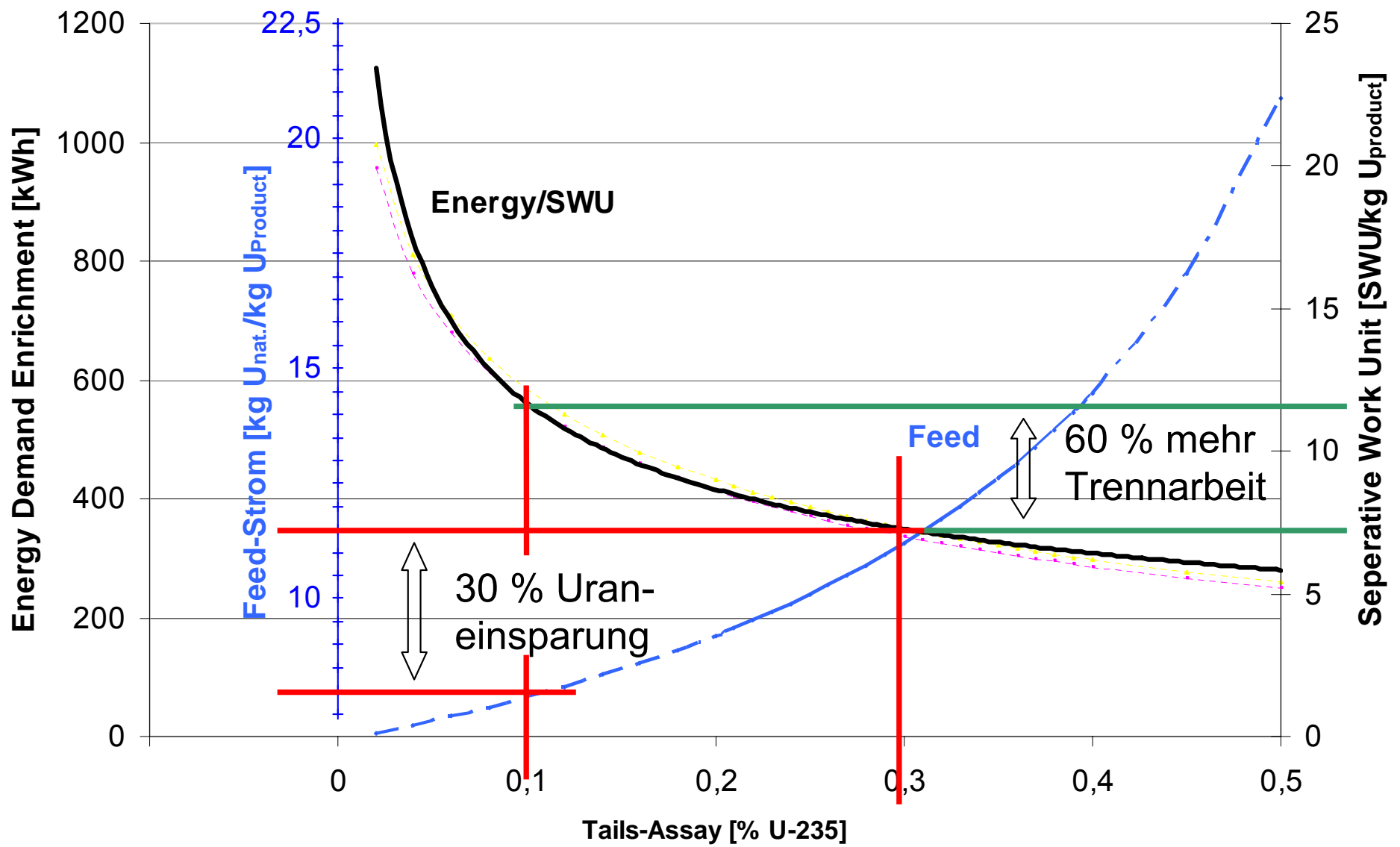
Source: 1969-1986 Nuexco Exchange Value, 1987-Present Ux U3O8 Price.

Verfügbarkeit von Uran bis 2030



Quelle: NUKEM 2007, eigene Darstellung

Urananreicherung: Beeinflussung des U-235 Tails Anteils am Uranbedarf ($U_{\text{Product}} = 4,9\%$)



Schlussbemerkungen

Kurzfristige Aspekte:

- Uranproduktion in geologischen Stätten muss in kurzer Zeit wieder stark erhöht werden
- Uranpreis wird auch in absehbarer Zeit auf hohem Niveau bleiben
- Bereithaltung ausreichender Anreicherungs-kapazität zur Kompensierung evtl. Lieferengpässe von Seiten der Uranproduktion um 2015

Langfristige Aspekte:

- Aktuelle Daten zu den Reserven und Ressourcen bestätigen, dass es genügend Uran für einen weltweiten Ausbau der Kernenergie auf der Basis von konventionellen Reaktoren (LWR`s, HWR`s) gibt
⇒ Geologen bestätigen diese Aussage
- Stetige Weiterentwicklung der Entladeabbrände, auch in Betrieb befindlicher Reaktoren, kann zur Dämpfung der Urannachfrage beitragen