

Analyse, inform and activate

# LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

*Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie*

## De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De [catalogus](#) van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde [tijdschriften](#) uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling [video's](#).

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

## The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material. Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The [catalogue](#) of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized [magazines](#) from the Dutch anti-nuclear power movement and a [video-section](#).

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small [donation](#). Thank you.



[www.laka.org](http://www.laka.org) | [info@laka.org](mailto:info@laka.org) | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

# Die Verbindung zwischen der zivilen und militärischen Nutzung der Atomenergie

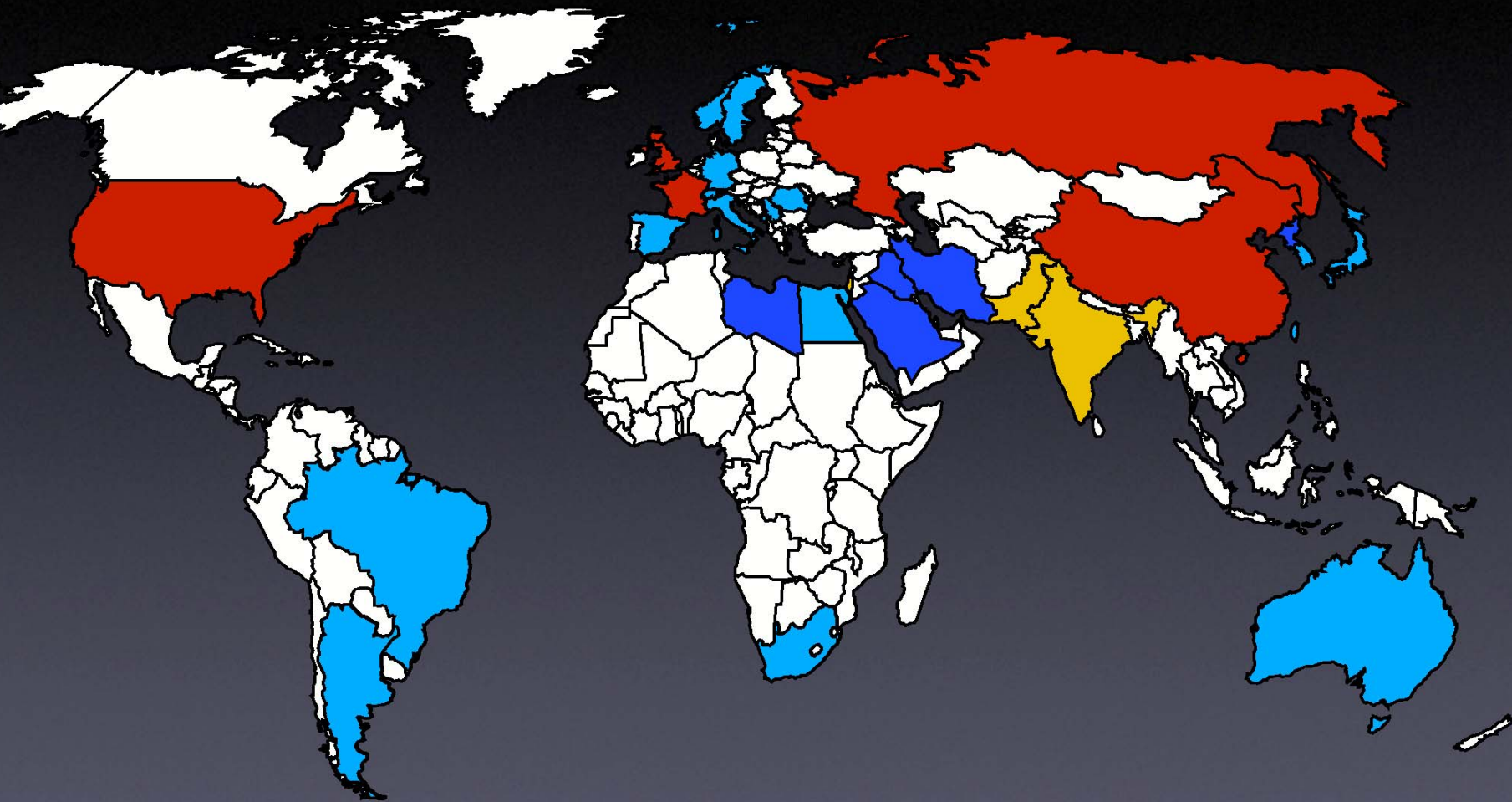
Wolfgang Liebert

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft,  
Technik und Sicherheit (IANUS)

TU Darmstadt

Kongress „Zeitbombe Atomenergie – 20 Jahre  
Tschernobyl“, Bonn, 7.-9. April 2006

# Verbreitung von Kernwaffen



■ Kernwaffenstaat NVV

■ Kernwaffenprogramm, aktuell [?]

■ De-facto Kernwaffenstaat

■ Kernwaffenprogramm, historisch

# Militärische Wurzeln

Wurzel heutiger Nukleartechnik:

militärische Forschung und Entwicklung im 2. Weltkrieg und danach

1945 1. Uran-Spaltbombe

1. Plutonium-Spaltbombe

1951 1. Booster-Bombe (fusionsverstärkte Spaltbombe)

1952 1. Wasserstoffbombe (thermonukleare Fusion)

.....

1986 65.000 Atomsprengköpfe weltweit

.....

2005 14.000 (+13.000) Sprengköpfe (200.000 + 150.000 Hiroshimas)

in 8 (oder 9) Kernwaffenstaaten

# Notwendigkeiten für Atomwaffenprogramme

## Produktion von Spaltmaterial:

- Hochangereichertes Uran (HEU oder
- Plutonium oder ....

## ggf. Produktion von fusionsfähigem Material:

- Tritium (schwerer Wasserstoff)
  
- Urananreicherungstechnologie oder
- Plutonium-Abtrennung (bzw. Wiederaufarbeitungstechnologie)  
    plus Reaktoren (oder größere Forschungsreaktoren)
- ggf. Tritium-Abtrennung (in Verbindung mit n-Quelle)

# Notwendigkeiten für Atomwaffenprogramme

## Produktion von Spaltmaterial:

- Hochangereichertes Uran (HEU oder
- Plutonium oder ....

## ggf. Produktion von fusionsfähigem Material:

- Tritium (schwerer Wasserstoff)

- Urananreicherungstechnologie oder
- Plutonium-Abtrennung (bzw. Wiederaufarbeitungstechnologie)  
plus Reaktoren (oder größere Forschungsreaktoren)
- ggf. Tritium-Abtrennung (in Verbindung mit n-Quelle)

- Entwicklung von Waffenkonzepten: n-Generatoren, Zündtechnik, ...  
(einfaches Kanonenrohrprinzip (HEU), komplexe Implosionsbombe (Plutonium),  
Boosterbombe (plus Tritium), hochkomplexe Fusionsbombe, ...)

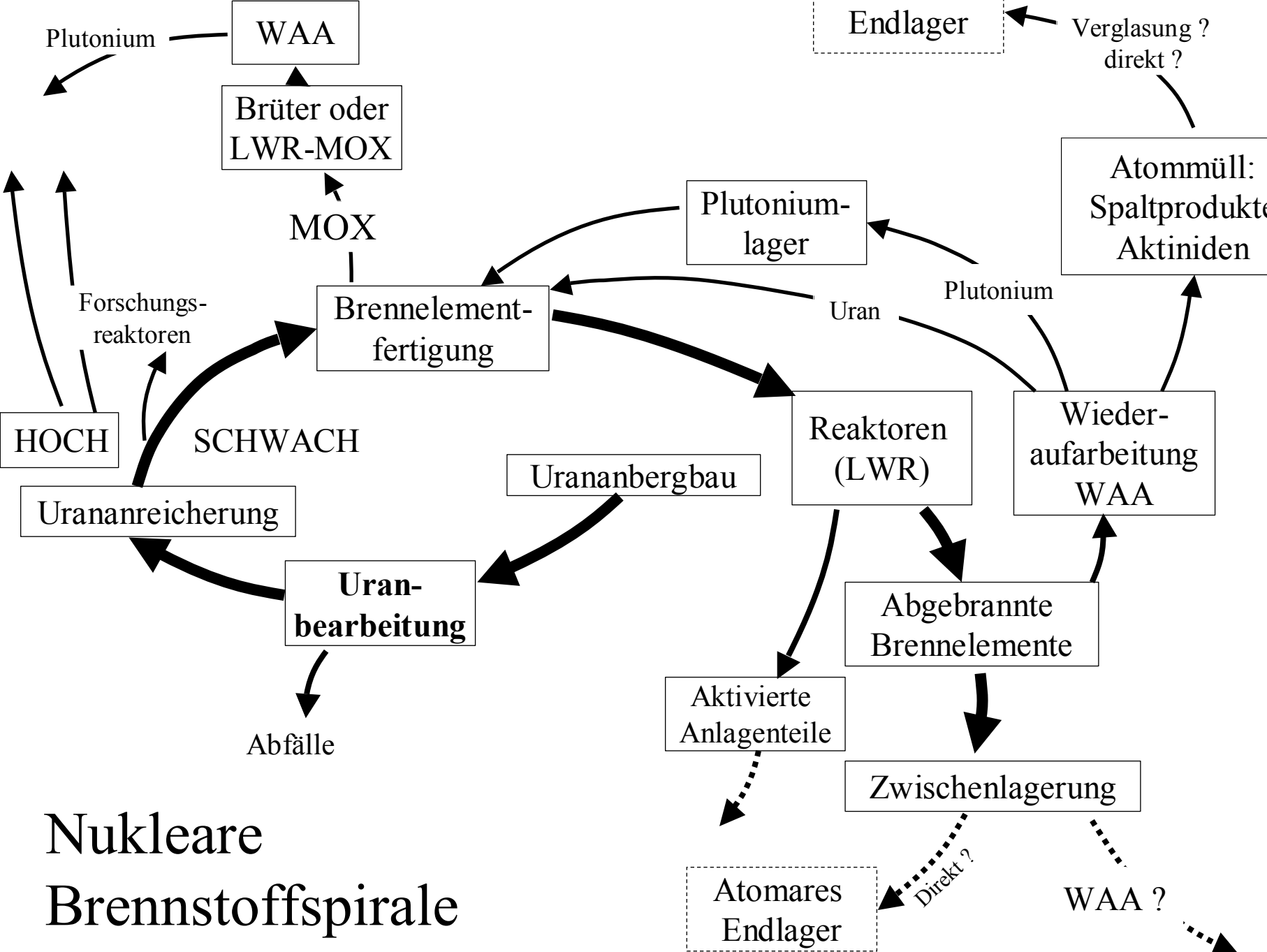
Waffensysteme inkl. Träger (Bomber, ballistische Raketen, U-Boote,...)

Kerwaffenphysik (Tests, unterirdische Tests,....., Trägheitseinschlussfusion,...)

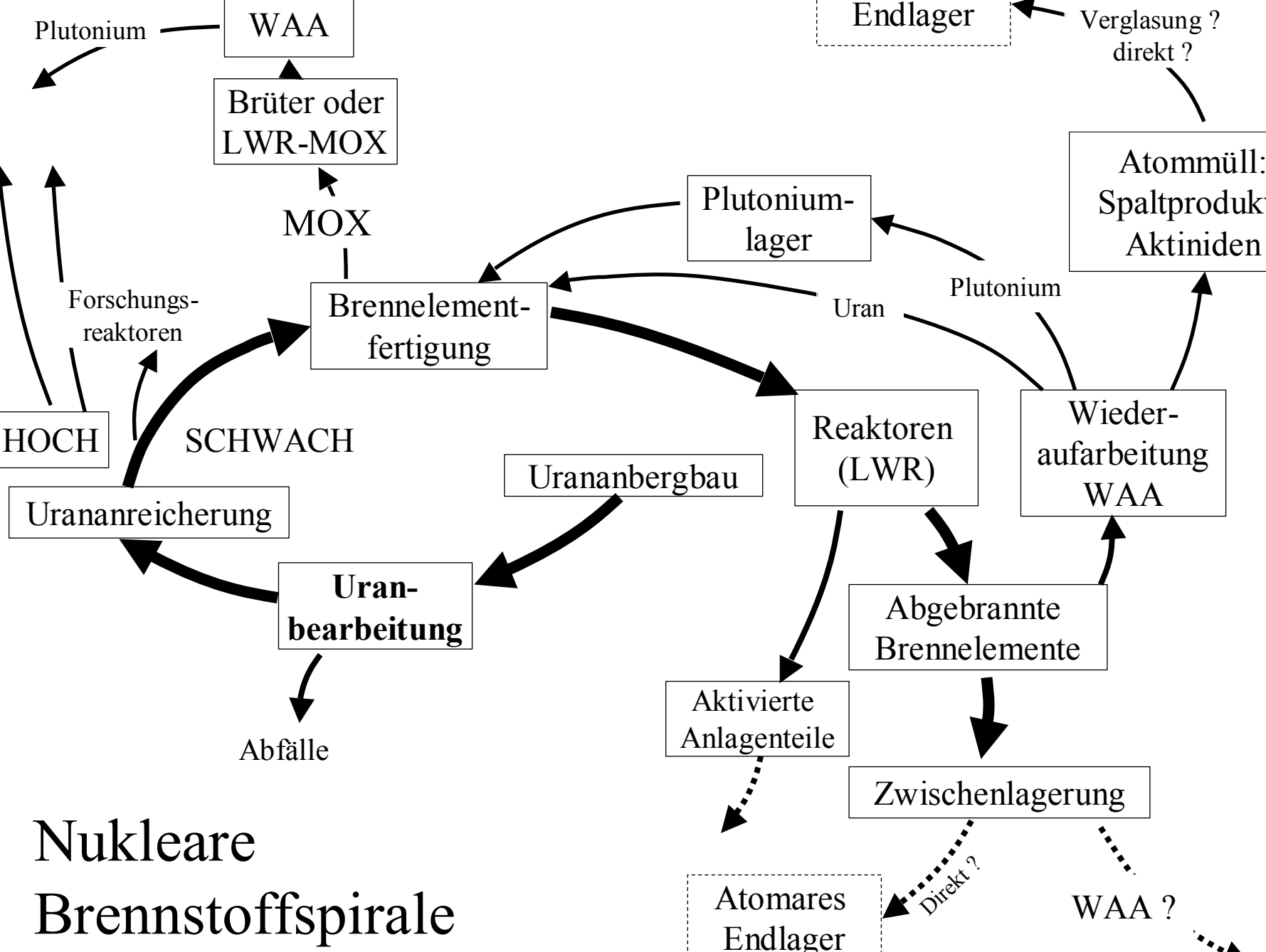
# Wieviel Material ?

Ca. 5 kg Plutonium in nahezu beliebiger Isotopenzusammensetzung reichen für eine Kernwaffe mit der Detonationskraft der Nagasaki Bombe (20 kT TNT)

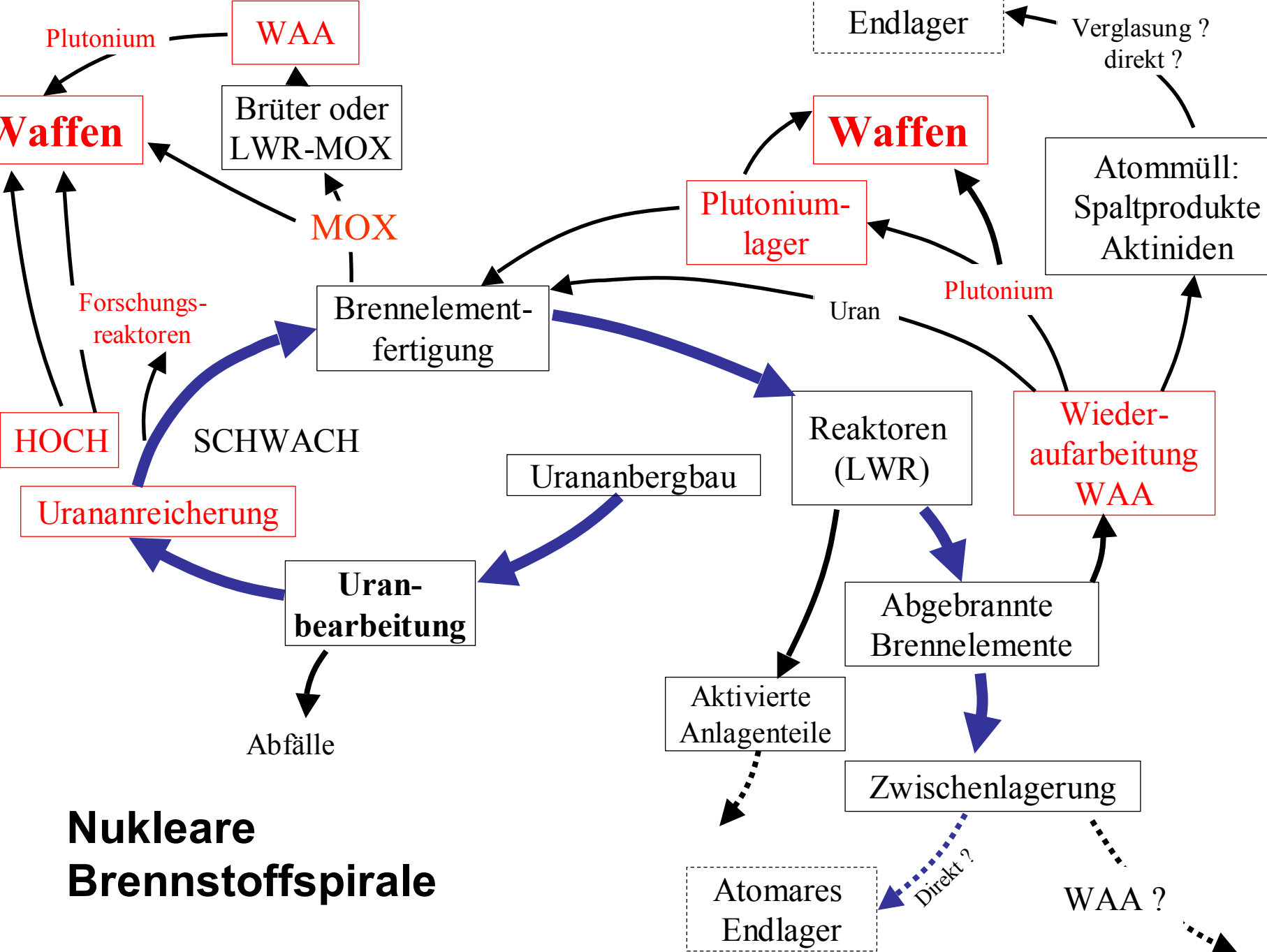




# Nukleare Brennstoffspirale



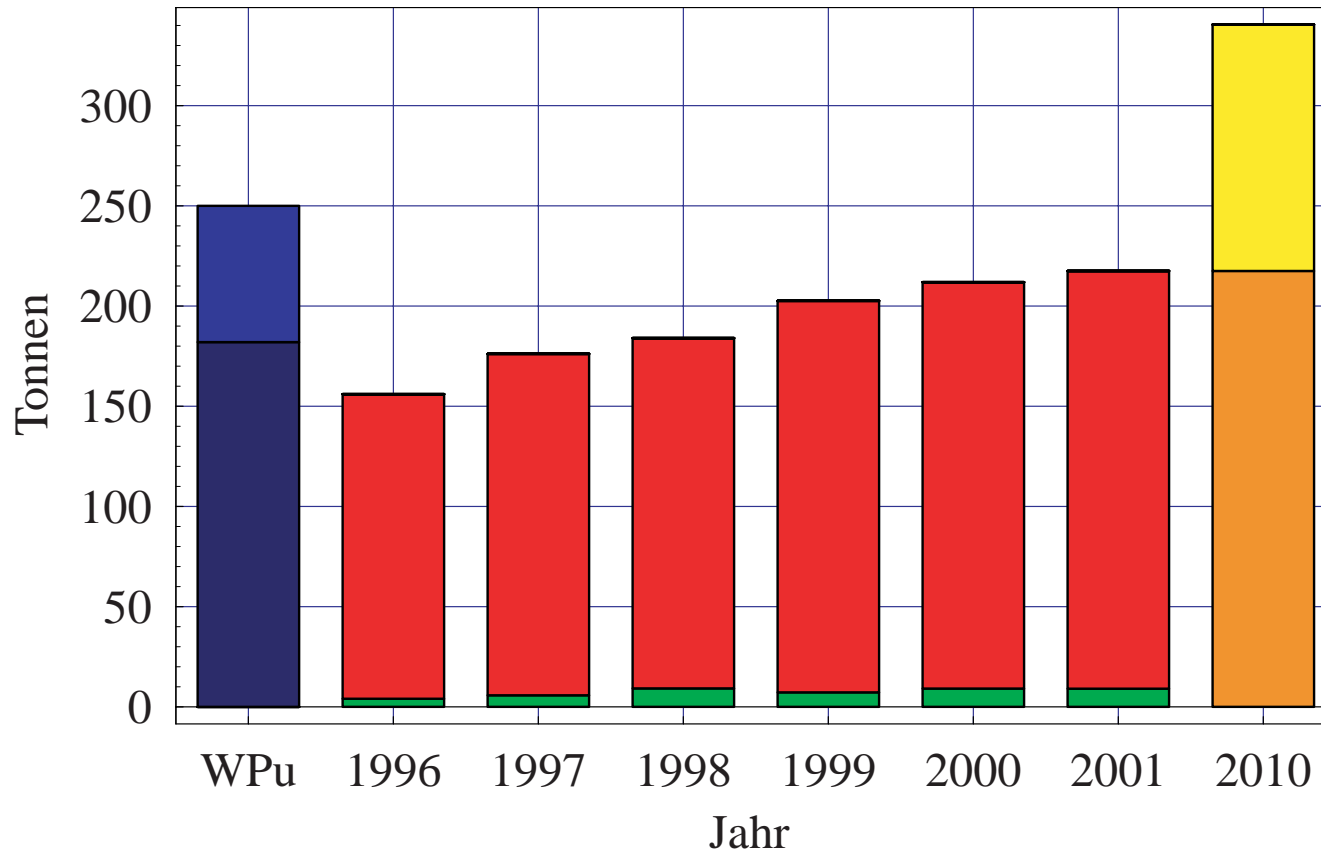




# Prinzipieller Zugriff auf wesentliche sensitive Nukleartechnologien (zivil-militärische Ambivalenz)

Land	Uran-Anreich.	Pluton.-Abtrenn.	Land	Uran-Anreich.	Pluton.-Abtrenn.
USA	X	X	Taiwan		x
Rußland	X	X	Südkorea	?	?
Großbr.	X	X	Deutsch.	X	X
Frankr.	X	X	Belgien		X
China	X	X	Niederl.	X	
Israel	?	X	Italien		x
Indien	X	X	Spanien		?
Pakistan	X	?	Brasilien	X	X
Nordkorea	?	X	Argentin.	X	
Südafrika	X		Iran	x	
Japan	X	X	Irak	-	-
			Libyen	-	-

# Plutoniumbestände weltweit (bereits separiert)



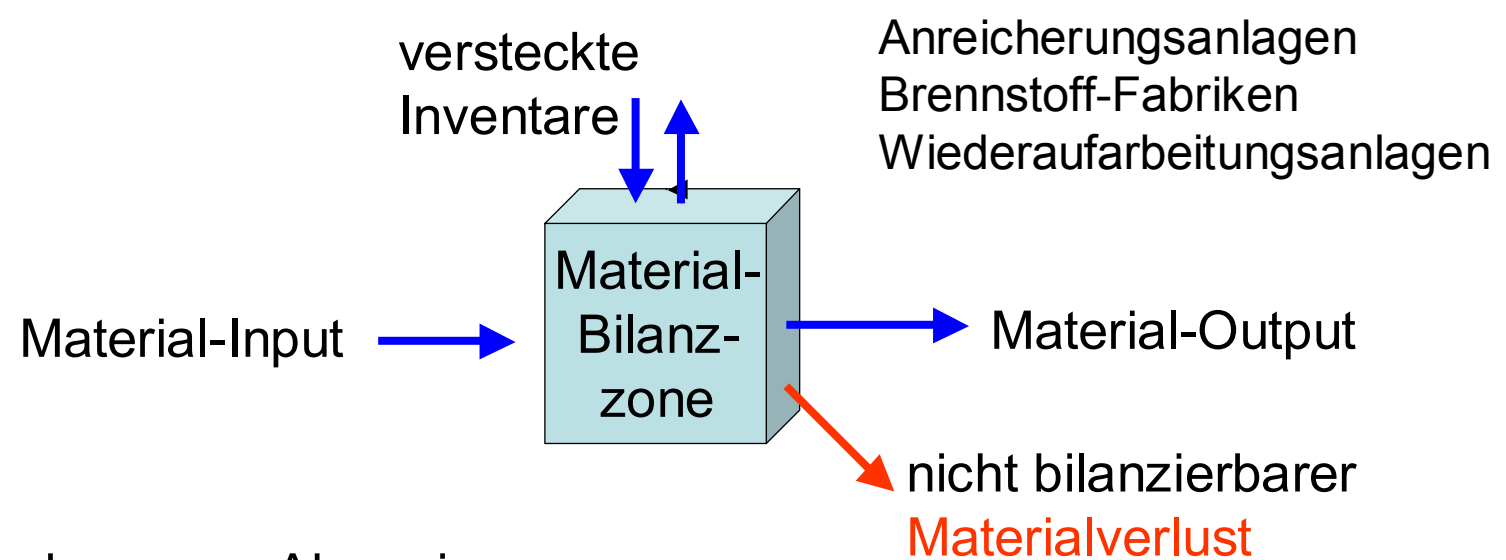
Zivile Bestände (rot) nach [IAEO-INCIRC/549].

MOX-Umsatz (grün) nach [ESA 2002].

Militärische Bestände (blau).

Entwicklungstrend zivil (gelb: Fortschreibung/orange: Stabilisierung).

# Probleme: Materialbilanzierung in „Bulk-handling“ Anlagen



Entdeckung von Abzweigungen  
(95% Entdeckungswahrscheinlichkeit, 5% Fehlalarm)

Beispiel Wiederaufarbeitungsanlage  
(800 t SM Kapazität, d.h. ca. 6,5 t/a Pu-Durchfluss)

Kleinste Abzweigungsmenge, die detektierbar ist:

IAEO: 240 kg Pu/a  
denkbar: 35 kg Pu/a

EURATOM: 120 kg Pu/a  
technisches Limit: 5 kg Pu/a  
ökonomisches Limit: >> 5 kg Pu/a

# HEU-Forschungsreaktoren und Brennstoffkonversion

**Aktueller Stand (2003):** 284+ Forschungsreaktoren in 56+ Ländern

130+ mit HEU in ca. 40 Ländern

ca. 50 t HEU weltweit „unterwegs“

**Konversionsbemühungen von HEU auf LEU seit 1979/80:**

- INFCE-Empfehlungen (Int. Nuclear Fuel Cycle Evaluation, 1978-80)
- RERTR-Programm (Reduced Enrichment of Research and Test Reactors, seit 1979)

Ergebnis: 38 Reaktoren (> 1 MW) in 19 Ländern umgerüstet auf LEU

# Mohamed ElBaradei (IAEO-Generaldirektor) zu den Gefahren nuklearer Proliferation:

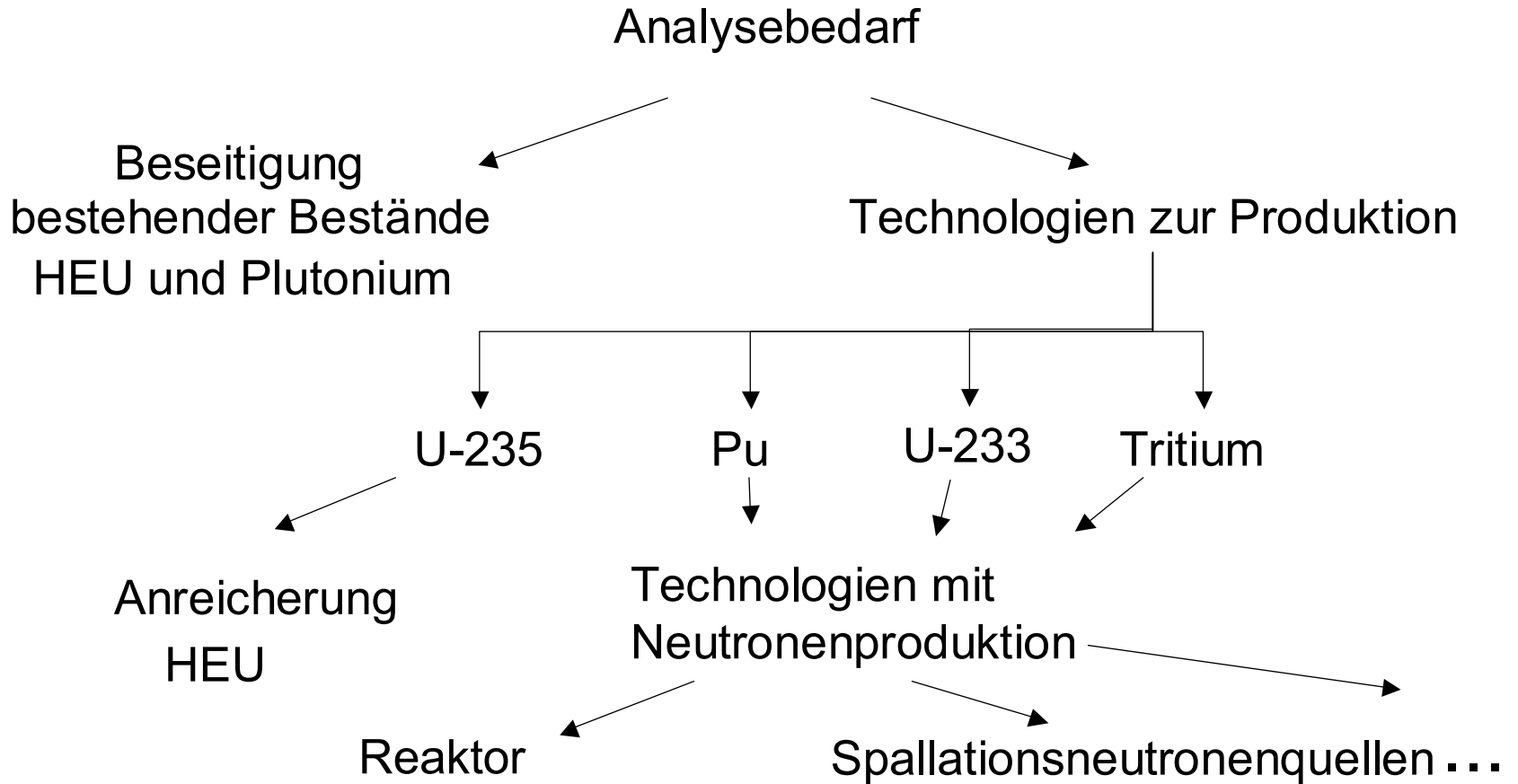
„Some estimates indicate that 40 countries or more now have the know-how to produce nuclear weapons. (...) We are relying primarily on the continued good intentions of these countries, which ... could ... be subject to rapid change.“

„Information and expertise on how to produce nuclear weapons has become more accessible. This places extra emphasis on the importance of controlling access to weapon-usable nuclear material.“

„And under the current regime, there is nothing illicit for a non-nuclear state to conduct uranium-enrichment activities ... or even to possess military-grade nuclear material.“

Zitate: IAEO-Konferenz 20.9.2004, Rede vor der UN-GA 3.11.2003,  
Interview in Le Monde 31.10.2003

# Zentrale Problematik: Zugriffsmöglichkeit auf kernwaffenrelevante Materialien



# Uran-Ultrazentrifugen

	Trenn- Faktor (pro Stufe)	spezifische Leistung (W/kgSWU)	Leistung f. 15 kg HEU pro Jahr
Calutron	(2,000)	400	500 kW
Gasdiffusion	1,004	200	
Trenndüse	1,015	250	
Zentrifuge	1,500	20	20 kW
(Laser)	(> 10)	(7)	(5 kW)

Folgerung: Proliferation fördernde Technologie  
(Gegensatz wäre proliferationsresistente Technologie)



# Aktuelle Anlagen-Projekte mit Ultrazentrifugen

**Iran:** Natanz, Typ P-2, z.Zt. 100e, Plan: ca. 5000 (zu wenig für Busher)  
(Sorge: Hochanreicherung für Waffenprogramm)

**Brasilien:** Resende (Rio), Testlauf seit 2005, 60% Bedarf von Angra-1 u. -2  
(Sorge: kein Add. Safeguards Protocol, Navy-Project Ipero)

**USA:** USEC-LES-Westinghouse-... (URENCO geführt),  
Planung mit URENCO-Technologie (Ersatz f. Gasdiffusionsanl.)

**Frankreich:** AREVA-URENCO-Plan seit 2002; Ersatz für Eurodif;  
UK-Parlam. O.K.; D-Regierung O.K. 5. Okt. 2005; NL-Parlament ??  
(Sorge: höhere Anreich. für U-Boot-Reaktoren der Force de Frappe)

**Deutschland:** Ausbau der URENCO-Anlage in Gronau  
NRW-Genehmigung Feb. 2005 f. Kapazitätsverdopplung  
(wofür ?)

weltweiter Anreicherungsbedarf (2004):	35.000 tSWU/a
weltweite Anreicherungs-kapazität (2004):	53.500 tSWU/a
(davon über Zentrifugen-Technologie):	23.000 tSWU/a

# „Bush Proposal“

„The Nuclear Non-Proliferation Treaty ... has a loophole. (...) I propose a way to close the loophole. (...) The 40 nations of the Nuclear Supplier Group should refuse to sell enrichment and reprocessing equipment and technologies to any state that does not already possess full-scale functioning enrichment and reprocessing plants.“

*George W. Bush, National Defense University Speech, 11 Feb. 2004*

# „Bush Proposal“

„The Nuclear Non-Proliferation Treaty ... has a loophole. (...) I propose a way to close the loophole. (...) The 40 nations of the Nuclear Supplier Group should refuse to sell enrichment and reprocessing equipment and technologies to any state that does not already possess full-scale functioning enrichment and reprocessing plants.“

*George W. Bush, National Defense University Speech, 11 Feb. 2004*

# „ElBaradei Proposal“

„(...) put a 5-year hold on new facilities for uranium enrichment and plutonium separation. There is no compelling reason for building more of these proliferation-sensitive facilities; the nuclear industry has more than enough capacity (...) Then use the 5-year hiatus to develop better long-term options for managing these technologies (for example, in regional centres under multinational control).

(...) call on the five Nuclear Weapon States party to the NPT to accelerate implementation of their unequivocal commitment to nuclear disarmament.“

*IAEA Director General M. ElBaradei, The Financial Times, 2 Feb. 2005*

# Bushs Weg (und seiner Alliierten):

(militärische) Durchsetzung eines asymmetrischen und unausgewogenen Drei-Klassensystems des Technologiezugangs:

1. 5 (+) Kernwaffenbesitzer mit Recht der Weiterentwicklung der Arsenale und keine Verpflichtung zur Überwachung sensitiver Technologien und Materialien durch andere
2. Verbot des Zugangs zu Kernwaffen, aber alle nuklearen Technologien und waffenrädigen Materialien dürfen (unter Überwachung) genutzt werden
3. Verhinderung des Zugangs zu Kernwaffen und Verhinderung des Zugangs zu bestimmten, sensitiven nuklearen Technologien und Materialien

# **Bushs Weg (und seiner Alliierten):**

(militärische) Durchsetzung eines asymmetrischen und unausgewogenen Drei-Klassensystems des Technologiezugangs:

1. 5 (+) Kernwaffenbesitzer mit Recht der Weiterentwicklung der Arsenale und keine Verpflichtung zur Überwachung sensitiver Technologien und Materialien durch andere
2. Verbot des Zugangs zu Kernwaffen, aber alle nuklearen Technologien und waffenfähige Materialien dürfen (unter Überwachung) genutzt werden
3. Verhinderung des Zugangs zu Kernwaffen und Verhinderung des Zugangs zu bestimmten, sensitiven nuklearen Technologien und Materialien

## **Warnung vor Instabilität:**

„We are approaching a point at which the erosion of the non-proliferation regime could become irreversible and result in a cascade of proliferation.“

*IAEA Director General M. ElBaradei, The Financial Times, 2 Feb. 2005*

**ENDE**

# Cutoff-Vertrag

uninteressant  
(außer Pak-Ind)

## **Fissile Material Cutoff (FMCT):**

Stopp der Produktion von Pu und HEU für Waffenzwecke

## **Comprehensive Cutoff Convention (CCC):**

grundsätzliche Vermeidung der Produktion und Nutzung von spaltbaren Materialien (Pu, HEU, ..... ) und fusionsfähigen Materialien (T, ... )  
in signifikanten Mengen.

interessant !

1. Schritt: globaler HEU-Verzicht
2. Schritt: ....

# **Proliferationsresistenz**

genutzter nuklearer Technologie  
als Beitrag zu präventiver Rüstungskontrolle

- „robust machen“ gegen Proliferation auf der technischen Ebene
- intrinsische technische Hürden stärken gegenüber extrinsisch-institutionell wirksamen Hürden (über Safeguards u. techn. Verifikation hinaus !)
- Fokus: Anlagendesign, Auslegungsmerkmale, Zugriffsmöglichkeiten auf sensitive Materialien (erkennen und nutzen von Alternativpfaden)
- proliferation resistant  $\neq$  proliferation proof

**Symmetrisierung + Effektivierung von NV durch Technikgestaltung !**



# Nichtverbreitungsvertrag (NVV)

- Keine Weitergabe durch die 5 Kernwaffenstaaten (Art. I)
- Verzichtserklärung der Nicht-Kernwaffenstaaten (Art. II)
- Annahme von IAEA-Safeguards in Nicht-Kernwaffenstaaten (Art. III)
- Weitergabe von Material und Technologie nur unter Safeguards (A.III)
- Beförderung ziviler Kernenergienutzung u. des uneingeschränkten internationalen wissenschaftlich-technolog. Austauschs (Art. IV)
- Nukleare Abrüstungsverpflichtung der Kernwaffenstaaten (Art. VI)
- 3-monatige Kündigungsfrist

**seit 1970 in Kraft**

# Nichtverbreitungsvertrag (NVV)

- Keine Weitergabe durch die 5 Kernwaffenstaaten (Art. I)
- Verzichtserklärung der Nicht-Kernwaffenstaaten (Art. II)
- Annahme von IAEA-Safeguards in Nicht-Kernwaffenstaaten (Art. III)
- Weitergabe von Material und Technologie nur unter Safeguards (A.III)
- Beförderung ziviler Kernenergienutzung u. des uneingeschränkten internationalen wissenschaftlich-technolog. Austauschs (Art. IV)
- Nukleare Abrüstungsverpflichtung der Kernwaffenstaaten (Art. VI)
- 3-monatige Kündigungsfrist

## Mängel und Schwachstellen:

- diskriminatorische Asymmetrie (Privilegien der „5“)
- kein verbindlicher Weg zur nuklearen Abrüstung
- Schwierigkeit der „Universalisierung“
- Unterschätzung der zivil-militärischen Ambivalenz nuklearer Forschung, Technologie und Materialien
- Unwirksamkeit des „Zuckerbrots“ in der 3. Welt

# Elemente des Nichtverbreitungsregimes

IAEO - Internationale Atomenergieorganisation (seit 1957):

- „Förderung und Kontrolle“ ziviler Kernenergienutzung
- Aufdeckung der Abzweigung von sensitiven Materialien mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit (Mittel: Buchführungskontrolle, Siegel, Kameras, Inspekture, Messungen)
- bislang nur Überwachung „deklarerter“ Anlagen
- mehr Möglichkeiten aufgrund sog. „Zusatzprotokolls“ (INFCIRC/540)
- prinzipielle Safeguard-Schwierigkeiten in „Bulk-handling Facilities“

Exportkontrolle:

- Zanggers Komitee („NPT Exporters Committee“): 35 Mitglieder, seit 1974 sog. „Trigger“-Liste gültig für Exporte in NVV-Mitgliedsländer
- London Club („Nuclear Supplier Group“): heute 40 Mitglieder, seit 1976 Export-Regeln f. Transfers nach/aus NVV-Nichtmitgliedsländ.

# Überprüfungskonferenzen für den NVV:

1995: Anlässlich der unbefristeten Verlängerung des NVV Einigung auf „Prinzipien und Ziele für nukleare Nichtverbreitung und Abrüstung“

2000: Einigung auf ein Aktionsprogramm („13 steps“), darunter

- CTBT (vollständiger Teststopp) in Kraft setzen
- am Testmoratorium fest halten
- Ergebnis von Verhandlungen über Cutoff-Vertrag (Produktionsstopp von Spaltmaterial für Waffen) in 5 Jahren
- Mandat der Abrüstungskonferenz für nukleare Abrüstung
- eindeutige Anstrengung der Kernwaffenstaaten zur Eliminierung ihrer Arsenale (Artikel VI !!)
- START II in Kraft setzen und Abschluss eines START III Vertrags
- Stärkung des ABM-Vertrags (Anti-Raketen-Raketen)

2005: Vollständiges Scheitern

# Kernwaffenverbreitung (2005)

Rußland	7.200 ++
USA	5.750 ++
Großbrit.	200
Frankreich	350
China	400
Israel	200 ?
Indien	40 ?
Pakistan	30 ?
Nordkorea	? ?

Abgerüstet:

Ukraine, Weißr., Kasachstan  
Südafrika

## Aktive Arsenale:

ca. 14.000 (typ. à 100-500 kt TNT)

> 3 Mrd. t TNT (200.000 Hiroshima)

## „Passive“ Arsenale:

> 13.000 (> 150.000 Hiroshima)

Max. Arsenale 1986: ca. 65.000

(Produktion 1945-94: ca. 130.000)

## Kosten (USA allein!):

5,5 Billionen Dollar

# 460 US-Kernwaffen in Europa (2005)

Belgien	20
Deutschland	130
Italien	90
Niederlande	20
Türkei	90
United Kingdom	110

Teilweise im Rahmen der „nuklearen Teilhabe“ der NATO, d.h. Einsatz-Planung mit NATO-Trägersystemen & -Truppen, die beteiligte Mitgliedsländer zur Verfügung stellen.

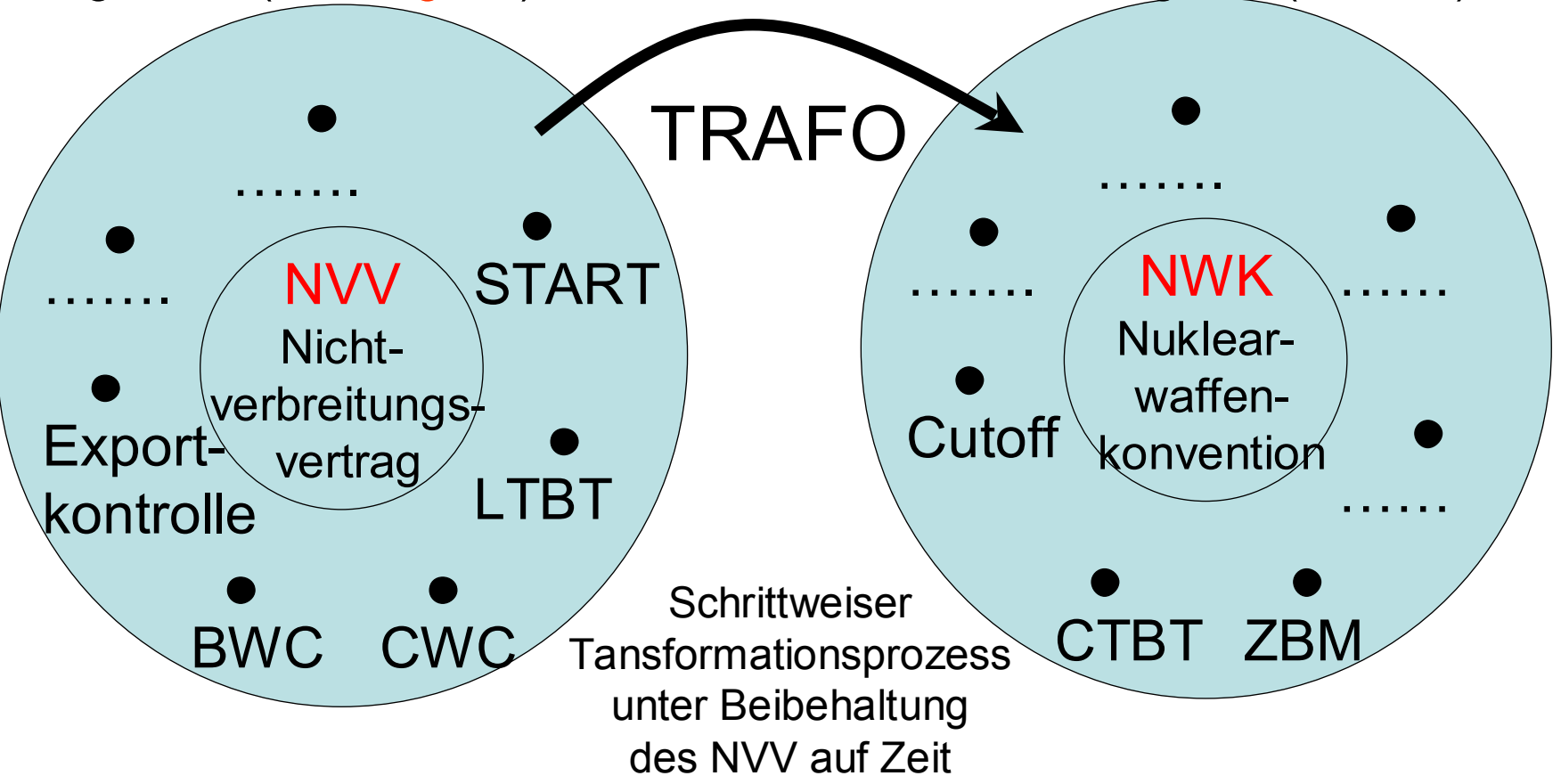
# Beibehaltung und Modernisierung statt Abschaffung von Kernwaffen

- USA:
- U-Boot Trident II D5 Sprengk. (z.B. mit GPS)
  - Modernisierung ICBMs
  - Reliable Replacement Warhead (Wettbewerb LANL-LLNL)
  - Plutonium Pit Anlage
  - Stockpile Stewardship Program (ca. 10 Jahre: 60 Mrd. Dollar)
- Russland:
- Topol-M Rakete (z.B. Durchdringung von Missile Defense)
  - neue U-Boot-Klasse (Borey)
  - nukleare CM
- China:
- DF-31 Feststoffrakete (zielgenauer, 8000km, MIRV?)
  - U-Boot-Programm und CM-Entwicklung
- Frankr.:
- Erneuerung U-Boot-Flotte bis 2010 (+ TNO-Sprengkopf)
  - neue M-51 U-Boot-Rakete
  - neue Luft-Boden-Rakete mit neuem Sprengkopf
- Großbr.:
- Modernisierung 2001 abgeschlossen (neue Pläne ?!)
- Große Laserfusionsexperimente in USA (NIF), F (Laser MJ), UK (Omega)

# Weg in die nuklearwaffenfreie Welt (NWFW) ?

„Nicht-  
Weiterverbreitungs-  
Regime“ (NV-Regime)

„Nicht-  
Verbreitungs-  
Regime“ (NWFW)



(IANUS- und INESAP-Vorschlag 1994/1995)



# Nukleare Ambitionen...

- **...aktuell:**  
Iran, (Syrien), ((Saudi Arabien))...
- **...in der jüngeren Vergangenheit**  
Irak  
Libyen
- **...in der früheren Vergangenheit**  
Brasilien, Argentinien  
Taiwan, Südkorea  
Algerien, ...  
Schweiz, Schweden, Spanien, Deutschland, (Italien), ...
- **...(alte Sorgen)**  
Japan, Kanada

# Nukleare Ambitionen...

- **...aktuell:**

Iran, (Syrien), ((Saudi Arabien))...

- **...in der jüngeren Vergangenheit**

Irak

Libyen

- **...in der früheren Vergangenheit**

Brasilien, Argentinien

Taiwan, Südkorea

Algerien, ...

Schweiz, Schweden, Spanien, Deutschland, (Italien), ...

- **...(alte Sorgen)**

Japan, Kanada

Internationaler  
Schwarzmarkt  
(Khan-Connection)

Eigenentwicklungen

# „Neue Formen“ von Safeguards und Verifikation zur Aufdeckung geheimer Aktivitäten

## **Additional (Safeguards) Protocol 1997+**

technisch positiv: Umweltproben + Strahlungsmess. vor Ort  
(Satellitenmonitoring)

politisch negativ: Sonderrechte der KWS fortgeschrieben  
fehlende Unterschriften/Ratifikationen

## **Weitergehende Methoden erforderlich:**

Wide Area Environmental Sampling (WAES)

## **Independent Group of Scientific Experts (iGSE), ab Mai 2006**

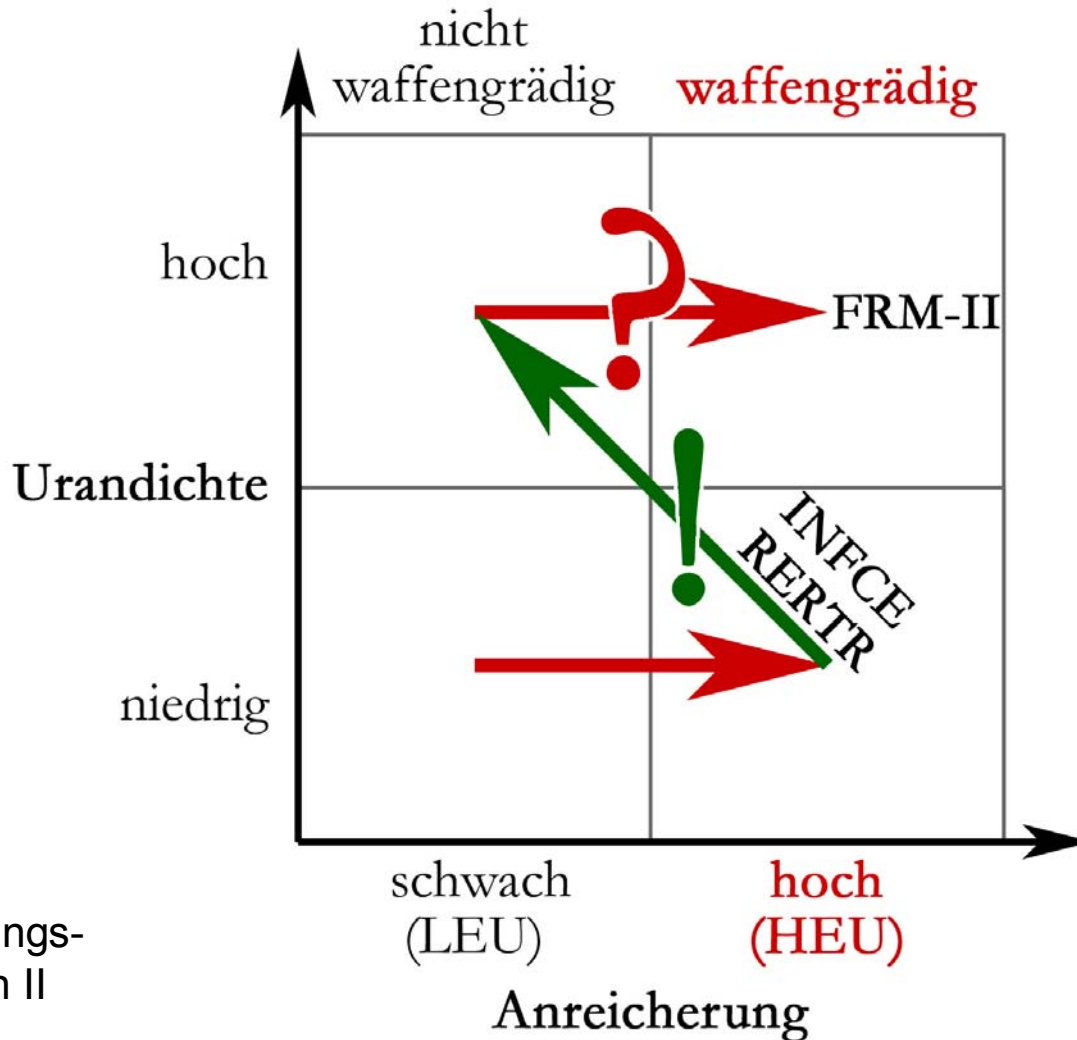
insbes. Entdeckung nicht-deklarerter Pu- und HEU-Produktion

- Radionuklide als Indikator
- Atmosphärische Transportmodelle zur Lokalisierung (Ursprung)

# Grenzen von Safeguards und Verifikation

- Safeguards kommen tendenziell zu spät
- „Material unaccounted for“ MUF  $\gg 0$
- Verifikationsmaßnahmen technisch begrenzt  
(WAES: krit. Mengen, Ausbreitungsmodelle, Abstand, ...)
- Umgehungsstrategien häufig machbar
- unwirksam bei nicht-staatlichen Akteuren
- Wenn erst einmal sensibles Know-how und Anlagen vorhanden, stets „Umnutzung“ und „besseres Verstecken“ möglich !!
- Ermutigung sensibler Aktivitäten ??

# Sonderfall FRM-II\*



\*FRM-II: Forschungs-Reaktor München II