



**Mediationsverfahren**  
**Linkenheim-Hochstetten, 26. September 2011**

***Institut für Transurane***  
***Forschungsprogramm und Aufgaben***

**Joint Research Centre (JRC)**  
**Europäische Kommission**

Prof. Dr. Thomas FANGHÄNEL  
Direktor

# Kurzer Überblick über die Forschungsprogramme des ITU seit den 60er Jahren bis heute

## 1960er

- Brennstoff für größere Experimente (MASURCA).
- Start der Untersuchungen zum Bestrahlungsverhalten verschiedener Materialien.

## MASURCA

Zero Power (5kW) Reaktor (Nullleistungsreaktor) in Cadarache (CEA) für:

- Untersuchungen der Eigenschaften der Neutronen
- Entwicklung von Messmethoden

Keine kommerzielle oder industrielle Anlage

were obtained in a surprisingly short time. Most spectacular was the fabrication of 2100 metallic fuel pins for the French zero-power reactor Masurca in Cadarache within nine months in 1966/67, involving 187 kg of highly pure  $^{239}\text{Pu}$ .

ITU hat Brennstoff für diese Forschungszwecke hergestellt.

Die entsprechende Installation ist im ITU seit mehreren Jahren stillgelegt worden und heute gänzlich rückgebaut worden.

## Kurzer Überblick über die Forschungsprogramme des ITU seit den 60er Jahren bis heute

### 1970er – 1980er

- Reduzierung der Brennstoffsynthese für größere Experimente
- Fortsetzung der Untersuchungen des Bestrahlungsverhaltens verschiedener Materialien (z.B. von Nitriden und Carbiden)
- Aufbau der Grundlagenforschung an Actiniden

## Kurzer Überblick über die Forschungsprogramme des ITU seit den 60er Jahren bis heute

### 1990er – Heute (und Ausblick in die Zukunft)

- Reduzierung der Brennstoffprogramme
  - Schwerpunkt: Sicherheit konventioneller Brennstoffe
  - Entsorgung radioaktiven Abfalls
  - Reduzierung der Radiotoxizität von abgebranntem Brennstoff
  - Brennstoffsicherheit für zukünftige Reaktoren
- Etablierung der Grundlagenforschung an Actiniden
- Aufbau des Forschungsprogramms zur nuklearen Sicherung
  - Detektion und Forensik
  - Sicherung (auch als Unterstützung der IAEO)
- Etablierung von medizinischen Anwendungen
  - Alpha-Immunotherapie

# Inhalt

- **Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission: Beteiligte Akteure/Institutionen**
- **Inhalt des Forschungsprogramms**
- **Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:**
  - **Inhalt, Ziele**
  - **Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:**
    - **Personal, Etat, Materialmengen**
- **Verträge mit dem KIT**

1950                      1960                      1970                      1980                      1990                      2000



## Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft der Europäischen Atomgemeinschaft *European Atomic Energy Community (EURATOM)*

„... um die Forschungsprogramme im Hinblick auf die friedliche Nutzung der Kernenergie zu koordinieren.“

### Hauptzielsetzungen sind u.a.:

- Die **Forschung** zu entwickeln und die Verbreitung der **technischen Kenntnisse sicherzustellen (RTD / JRC / ENER)**
- **Einheitliche Sicherheitsnormen** für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte aufzustellen und für ihre Anwendung zu sorgen (**ENER / JRC / RTD**)
- Die **Investitionen zu erleichtern** und die Schaffung der wesentlichen Anlagen sicherzustellen (**RTD / ENER / JRC**)
- Für regelmäßige und gerechte **Versorgung aller Benutzer in der EU** mit Erzen und Kernbrennstoffen Sorge zu tragen (**Euratom-Versorgungsagentur / ENER**)
- Zu gewährleisten, dass ziviles Kernmaterial **nicht für andere** (insbesondere militärische) **Zwecke** abgezweigt wird (**ENER / JRC**)
- Durch **Zusammenarbeit mit Drittländern** und zwischenstaatlichen Einrichtungen den Fortschritt bei der **friedlichen Verwendung der Kernenergie zu fördern (JRC / RTD)**
- **Gemeinsame Unternehmen** zu errichten (**RTD** e.g. ITER)

# EURATOM Forschungsrahmenprogramm

EU-Forschungsrahmenprogramm  
(5 Jahre / Direkt-Indirekt Maßnahmen)



*Interim-Auswertung  
Ex-post Kontrolle*

## **HORIZON 2020 Forschungsrahmenprogramm (2014-2018)**

*Interim-Auswertung  
Ex-post Kontrolle*

## **Erweiterung 7 EURATOM Forschungsrahmenprogramm (2012-2013)**



*Interim-Auswertung  
Ex-post Kontrolle*

**2011: Fukushima**  
Sicherheitsstandard  
Stress Test  
Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen  
Außerdienststellung / Stilllegung ...

## **7 EURATOM Forschungsrahmenprogramm (2007-2011)**

- Mitte 2000: Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen
- Anfang 2000: Nuklear Sicherung / Terrorismus Osteuropa Reaktoren Sicherheit (Erweiterung)
- Ende 80er: Nuklear Abfälle

**1986: Tschernobyl**  
Messung der Radioaktivität in der Umwelt





# Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission

Directorates-General and services  
**European Commission**

 **IAEA**  
International Atomic Energy Agency

 **NEA OECD**  
Nuclear Energy Agency

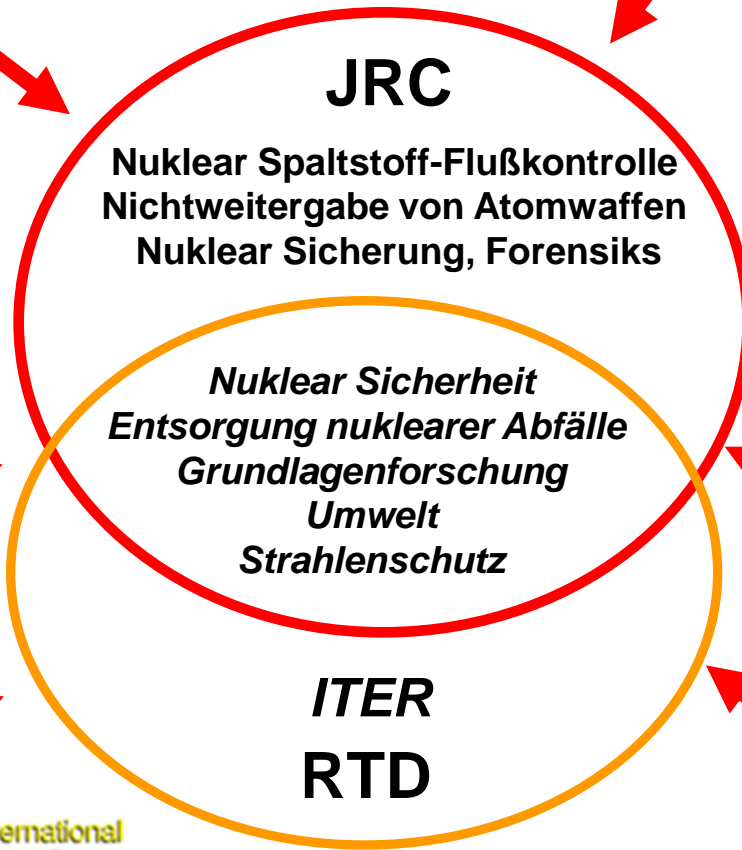
**Member States**




**G - 2 0**



 **GEN IV International Forum™**



 **EUROPÄISCHES PARLAMENT**

**Scientific and Technical Committee Euratom (STC)**

**Advisory Board JRC BoG**

**European Nuclear Energy Forum**  
Bratislava - Prague



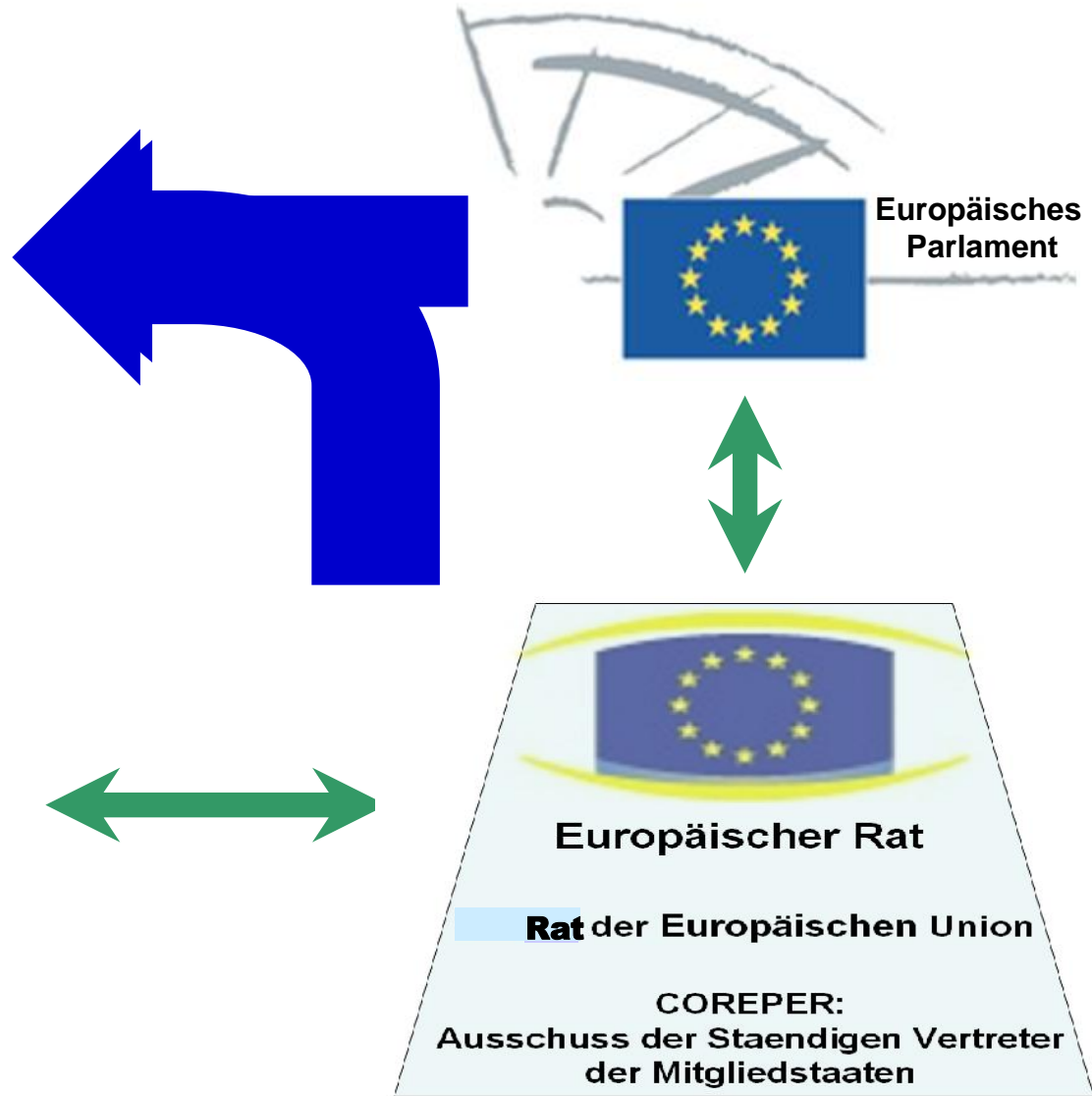
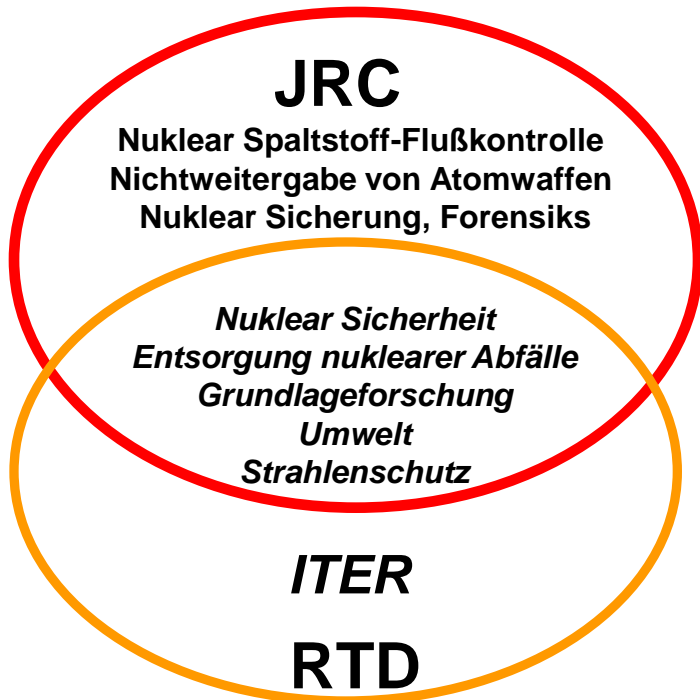
**IGD-TP**



 **SNETP**  
SUSTAINABLE NUCLEAR ENERGY TECHNOLOGY PLATFORM

# Entscheidung des Forschungsprogramms in der Kommission

Im Rahmen direkter Maßnahmen durchzuführendes  
**spezifisches Programm**



# Anwendung des Forschungsprogramms in der Kommission

**spezifisches Programm**

Advisory Board  
JRC BoG

 Directorates-General and services  
**European Commission**



**JRC**  
JOINT RESEARCH CENTRE  
European Commission



 **European Commission**

Auswertung / Kontrolle  
Panel unabhängiger Experten



**jährliches Arbeitsprogramm**



# Inhalt

- **Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission: Beteiligte Akteure/Institutionen**
- **Inhalt des Forschungsprogramms**
- **Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:**
  - **Inhalt, Ziele**
  - **Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:**
    - **Personal, Etat, Materialmengen**
- **Verträge mit dem KIT**

# 7 EURATOM Forschungsrahmenprogramm Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Kernenergie

## Spezifisches Programm 2007-2011:

- **Fusionsenergie (RTD)**

Ziele die Weiterentwicklung der Wissensgrundlage  
und der **Bau der Versuchsanlage ITER**

- **Kernspaltung & Strahlenschutz (RTD / JRC)**

Zielsetzung ist die Schaffung einer **soliden wissenschaftlichen und technischen Grundlage** für die

- Demonstration der Technologie und der Sicherheit der Endlagerung sowie von Verfahren zur Verringerung von Abfallmengen und/oder Gefahren,
- Erhöhung der Sicherheit, Ressourceneffizienz und Wettbewerbsfähigkeit der Kernenergie
- Gewährleistung eines robusten und für die Gesellschaft akzeptablen Systems für den Schutz von Mensch und Umwelt vor den Folgen ionisierender Strahlungen.

- **Sicherheitsüberwachung (JRC)**



# Entscheidung des Rates vom 19. Dezember 2006 (2006/977/Euratom)

**GFS (JRC) Euratom für Forschungs- und Ausbildungsmaßnahmen im Nuklearbereich (2007-2011)  
Im Rahmen direkter Maßnahmen durchzuführendes spezifisches Programm**

## **3.1. Entsorgung nuklearer Abfälle und Umweltauswirkungen**

- 3.1.1. Charakterisierung, Zwischen- und Endlagerung von abgebranntem Brennstoff
- 3.1.2. Trennung, Transmutation und Konditionierung
- 3.1.3. Aktinidengrundlagenforschung
- 3.1.4. Kerntechnische Daten
- 3.1.5. Medizinische Anwendungen der kerntechnischen Forschung
- 3.1.6. Messung der Radioaktivität in der Umwelt
- 3.1.7. Wissensmanagement, Aus- und Fortbildung

## **3.2. Kerntechnische Sicherheit**

- 3.2.1. Kernreaktorsicherheit
- 3.2.2. Brennstoffsicherheit in Leistungsreaktoren in der EU
- 3.2.3. Sicherer Betrieb fortgeschrittener Kernenergiesysteme

## **3.3. Sicherheitsüberwachung**

- 3.3.1. Sicherungsmaßnahmen im Nuklearbereich
- 3.3.2. Zusatzprotokoll
- 3.3.3. Erfassung von Informationen zur Nichtverbreitung von Kernmaterial aus öffentlich zugänglichen Quellen
- 3.3.4. Bekämpfung des illegalen Handels mit Kernmaterial und nuklearforensische Analyse



# Durchführung des spezifischen Programms

 **Director**  
Thomas Fanghänel  
E-mail: thomas.fanghaenel@ec.europa.eu

 **Management Support**  
Jean-François Babelot  
E-mail: jean-francois.babelot@ec.europa.eu

 **Hot Cell Technology**  
Vincenzo Rondinella  
E-mail: vincenzo.rondinella@ec.europa.eu


 **Material Research**  
Rudy Konings  
E-mail: rudy.konings@ec.europa.eu

 **Nuclear Fuels**  
Joseph Somers  
E-mail: joseph.somers@ec.europa.eu

 **Nuclear Chemistry**  
Jean-Paul Glatz  
E-mail: jean-paul.glatz@ec.europa.eu

 **Actinides Research**  
Roberto Cacluffo  
E-mail: roberto.cacluffo@ec.europa.eu

 **Nuclear Safeguards and Forensics**  
Klaus Witzelkirchen  
E-mail: klaus-witzelkirchen@ec.europa.eu

 **Nuclear Safety**  
Werner Wagner  
E-mail: werner.wagner@ec.europa.eu

 **Nuclear Security (Ispra site)**  
Willem Janssens  
E-mail: willem.janssens@ec.europa.eu

## Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung



Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte



Nukleare  
Sicherung /  
Forensik



Aus-  
und  
Weiterbildung

## Projekte 2007-2011 (Stand 2011)

	Projects
Basic Research & Applications	Fundamental and applied Actinides Research
	Alpha-ImmunoTherapy
Safety of nuclear fuel cycle / Nuclear waste	Nuclear Waste Disposal
	Alternative Nuclear Fuel Cycle
	Radioactivity Environmental Monitoring
	Analysis of Nuclear Traces in the Environment
	Safety of Conventional Nuclear Fuels
	Safety of Advanced Nuclear Fuels
Nuclear safeguards and security	Nuclear Traceability and Sealing Systems
	Forensic Analysis and Combating Illicit trafficking
	Information Analysis for Nuclear Security
	Nuclear Facilities Verification
	Nuclear Materials Measurement Techniques
	Nuclear and Trace Analysis for Safeguards
	Nuclear Fuel Cycle Simulations
	Training & Education



# Ressourcen

## Mitarbeiter:

Gesamtbelegschaft, ca. **370**  
davon ca. 70 in Ispra und  
davon ca. 60 Trainee, Doktoranden, Post-Doc,  
wissenschaftl. Besucher

## Budget:

Gesamthaushalt, ca. **45 Mio€**

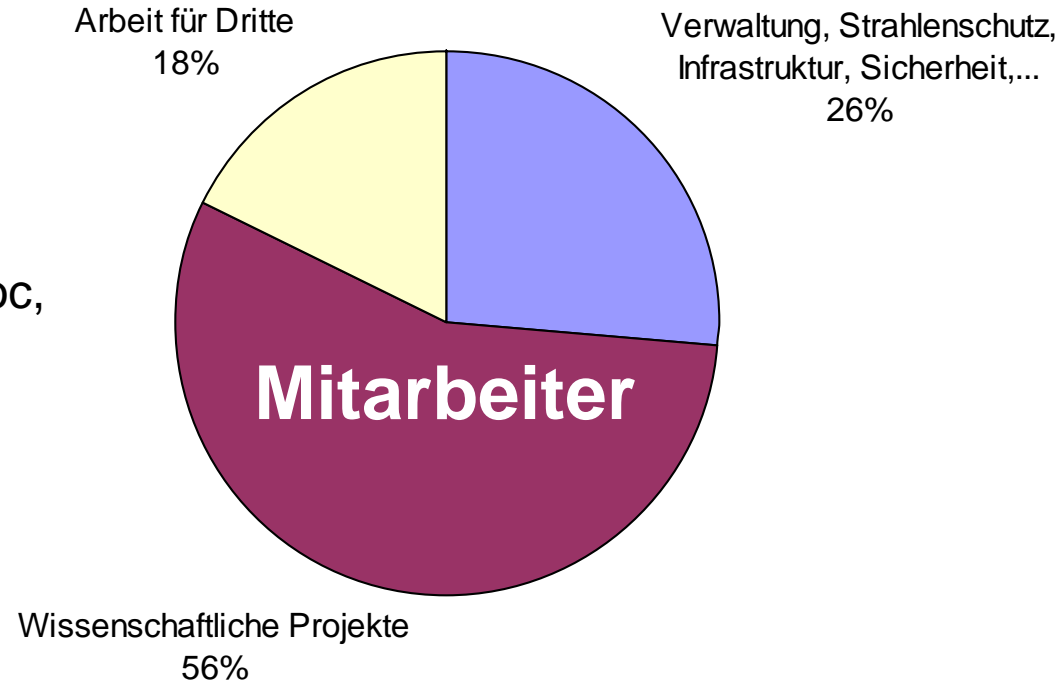
*Darin enthalten*

Infrastruktur **12 Mio€**

Projekte **6 Mio€**

*und*

Einnahmen über Drittmittel, ca. **6 - 8 Mio€**



**HORIZON 2020**  
Voraussichtlich: „Null-Wachstum“

# Inhalt

- **Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission: Beteiligte Akteure/Institutionen**
- **Inhalt des Forschungsprogramms**
- **Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:**
  - **Inhalt, Ziele**
  - **Rechtsbereiche:**
- **W... mit dem KIT**

**DISKUSSION**

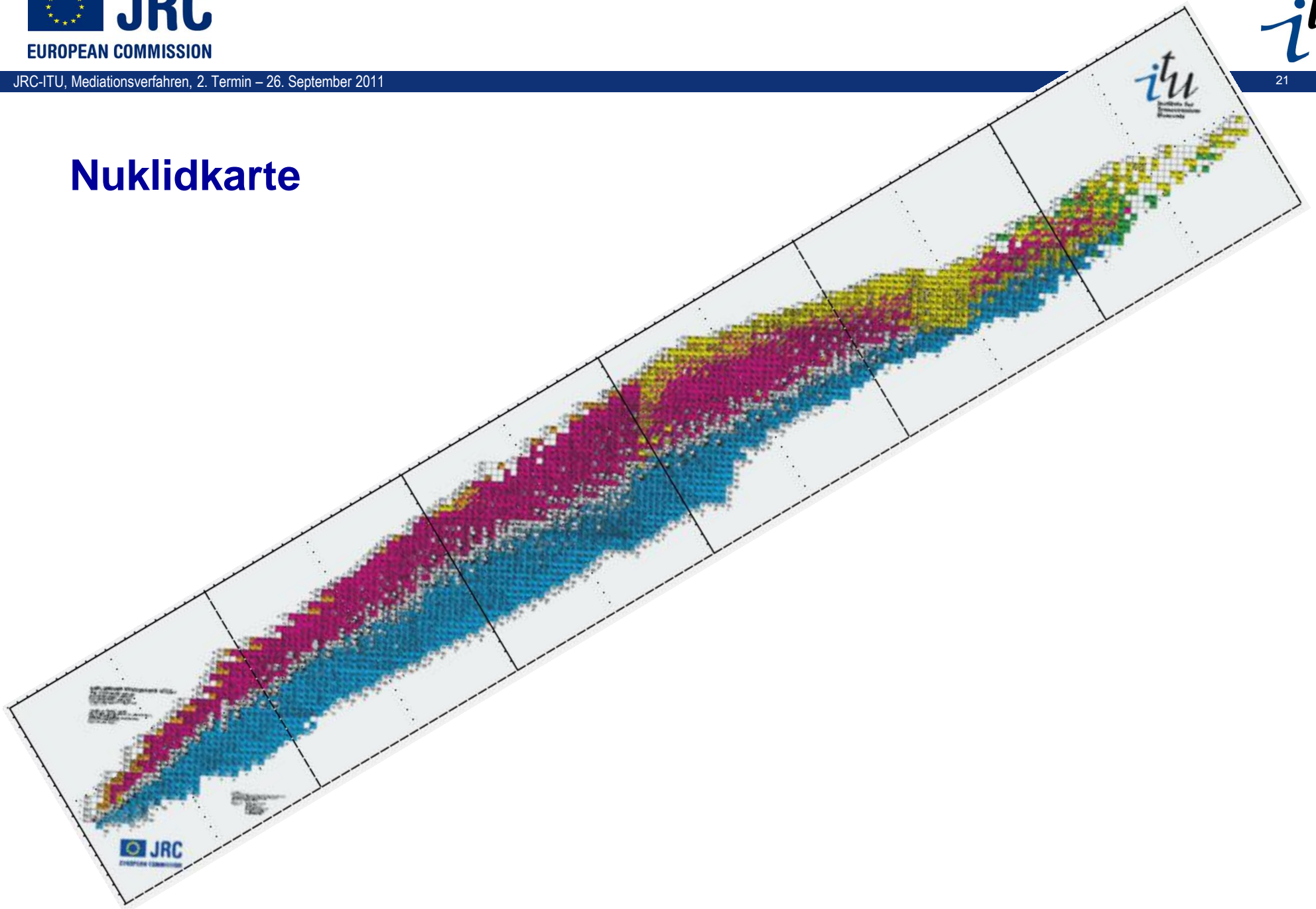
# Inhalt

- **Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission: Beteiligte Akteure/Institutionen**
- **Inhalt des Forschungsprogramms**
- **Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:**
  - **Inhalt, Ziele**
  - **Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:**
    - **Personal, Etat, Materialmengen**
- **Verträge mit dem KIT**

# Erweitertes Periodensystem der Elemente (Langdarstellung)

H																	He														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne														
Na	Mg											Al	Si	P	s	Cl	Ar														
K	Ca	Sc											Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y											Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	TI	I	Xe				
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	TI	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	113	114	115	116	117	118

# Nuklidkarte



## Inhalt der Genehmigung (I)

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt	Actinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt
<b>Anhang A</b>	<b>180</b>	<b>50</b>	<b>0,3</b>	<b>-</b>	<b>750</b>	<b>350</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<i>Heutige</i>									
<b>Anhang B</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>80</b>	<b>0,32</b>	<b>475</b>	<b>300</b>	<b>465</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

*Erweiterung*

## Inhalt der Genehmigung (II)

	Am-241 (kg)	Am-242 m (kg)	Am-243 (kg)	Th-229 (kg)	nat. Th (kg)	Th-232 bestrahltes (kg)	Cm-243 (kg)	Cm-244 (kg)	Cm-245 (kg)	Cm-246 (kg)	Np (kg)	Ra-226 (kg)	Pa-231 (kg)	vielfaches der Freigrenze
<b>Anhang A</b>	<b>2</b>	-	-	-	<b>100</b>	-	-	<b>0,02</b>	-	-	-	-	-	<b>E8</b>
<i>Heutige</i>														
<b>Anhang B</b>	<b>10</b>	<b>0,6</b>	<b>3,7</b>	<b>6 E-04</b>	<b>450</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,6</b>	<b>0,15</b>	<b>0,04</b>	<b>60</b>	<b>0,01 5</b>	<b>0,04</b>	<b>E9</b>

*Erweiterung*

# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane

## Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung



Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte



Nukleare  
Sicherung /  
Forensik



Aus-  
und  
Weiterbildung



# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung

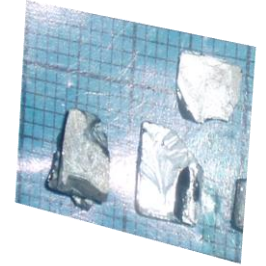


## Grundlagen Forschung

Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung

# Actinidenforschung

- a) Physikalische Eigenschaften der Actinidenelemente und ihrer Verbindungen.
- b) Chemie von dünnen Filmen, Grenzflächen und Nanostrukturen.
- c) Koordinationschemie von Organoactinid-Komplexen.
- d) Hochtemperatur-thermodynamische Eigenschaften und Phasendiagramme von Actinidverbindungen.
- e) Strahleneffekte in Festkörpern. Zusammenhang zwischen Materialschäden, Mikrostruktur und physikalischen Eigenschaften.



Proben synthetisieren und charakterisieren



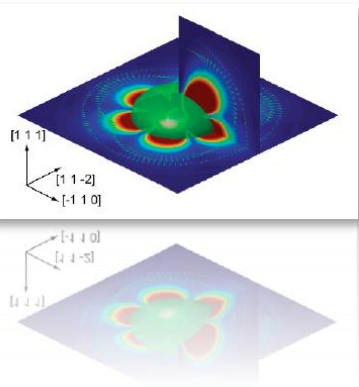
## Elektronenstruktur der Actiniden

Grundlagenforschung zur Elektronenstruktur (äußere Hülle, **nicht der Kern!**) der Actiniden.

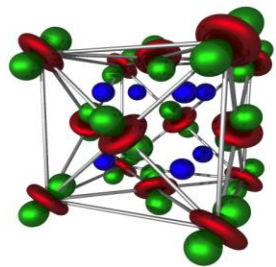
Elektronen bestimmen das makroskopische Materialverhalten (mechanisch, elektrisch, thermisch, magnetisch).

Mikroskopisch erfassen = makroskopisches Materialverhalten verstehen, vorausberechnen, modellieren.

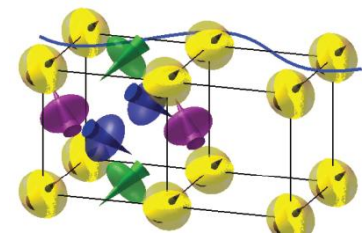
Die physikalischen Studien der neuen Elemente, am Rande des Periodensystems, liefern einen wichtigen Beitrag zum Fortschritt in der gesamten Materialforschung.



Exotische Elektronen anordnung in  $\text{NpO}_2$

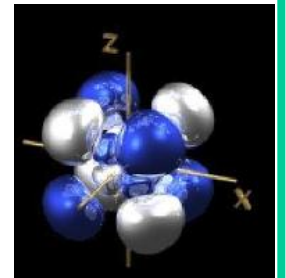
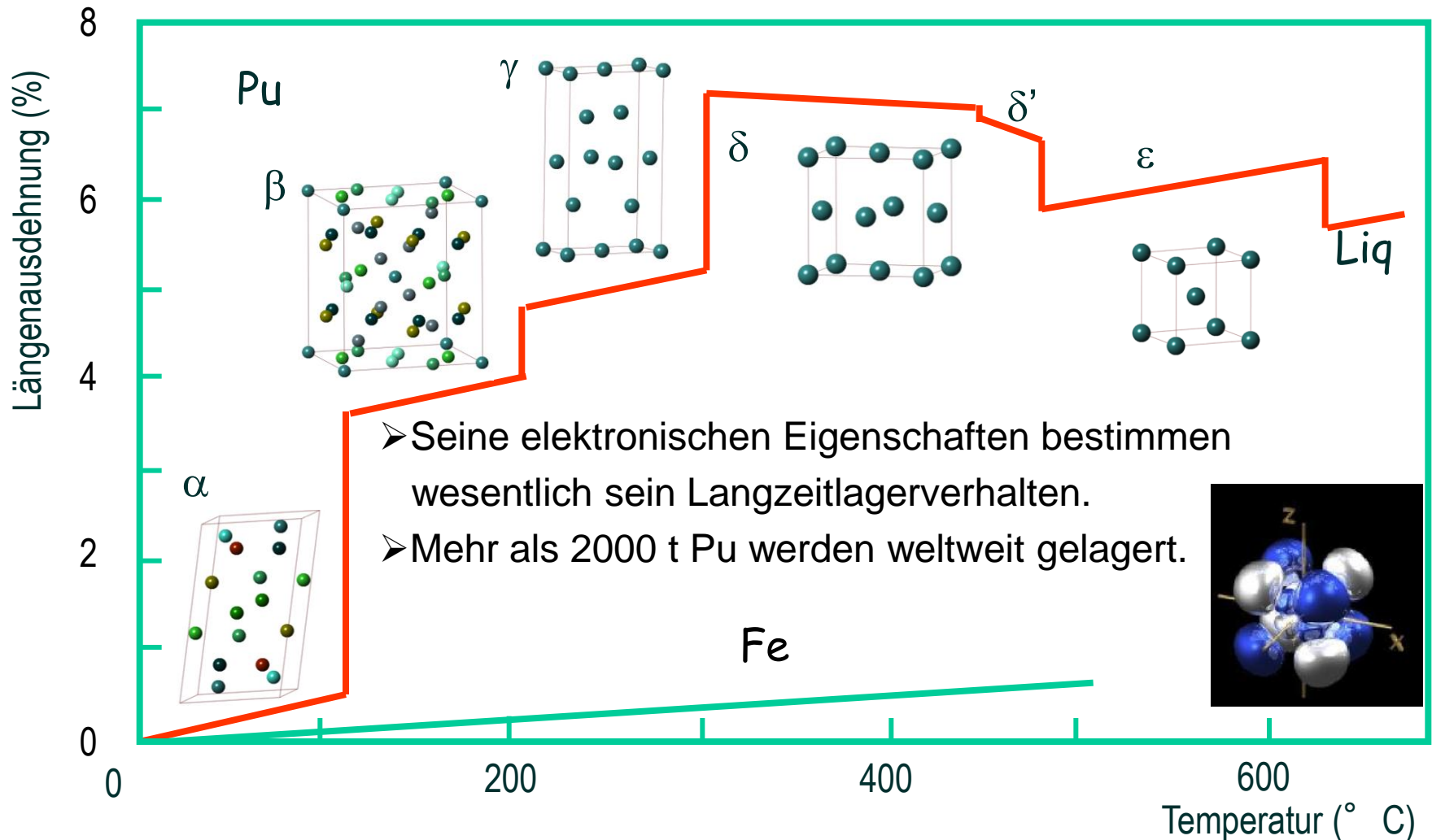


Americium Metall auf einem Tantalträger

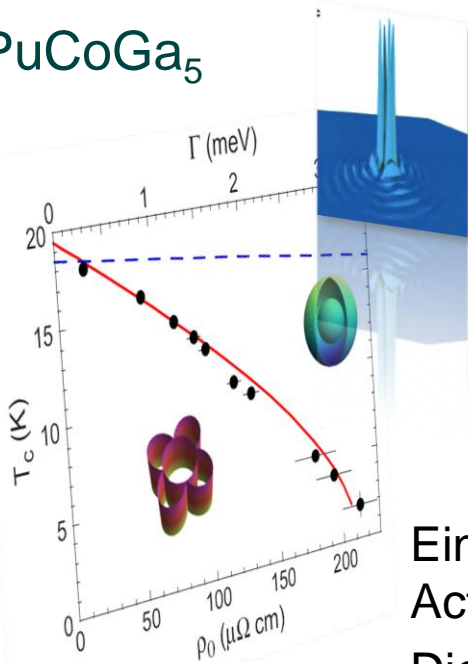


Gitteranregungen in  $\text{UO}_2$

# Plutonium - das komplexeste Element im gesamten Periodensystem



# PuCoGa<sub>5</sub>



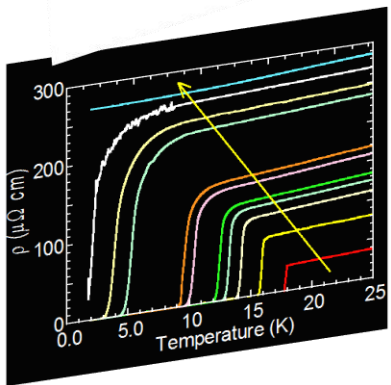
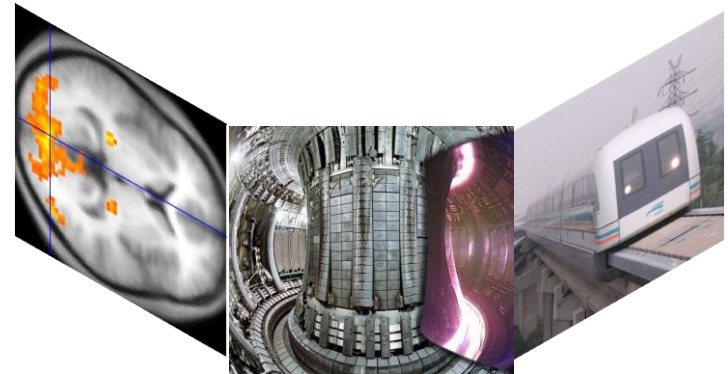
## Supraleitung bei Raumtemperatur

- Supraleiter: Materialien, deren elektrischer Widerstand beim Unterschreiten einer Sprungtemperatur auf Null fällt
- Entdeckt vor 100 Jahren, aber noch nicht völlig verstanden.
- Viele Anwendungen, ABER auf tiefe Temperaturen begrenzt

Ein neuartiger Mechanismus der Supraleitung konnte bei einigen Actinidverbindungen nachgewiesen werden.

Dies trägt zu einem grundlegenden theoretischen Verständnis bei und ermöglicht die Entwicklung neuer Hochtemperatursupraleiter (Materialdesign) und würde wichtige technologische Entwicklungen nach sich ziehen:

- Energietransport und Speicherung
- Magnetresonanzdiagnostik
- Elektrische Züge und Fahrzeuge...

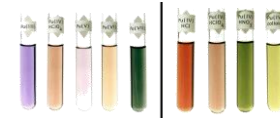


# Koordinations- und Organoactinidenchemie

## Design und Synthese neuer Moleküle / Komplexe für:

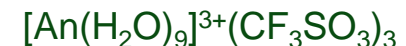
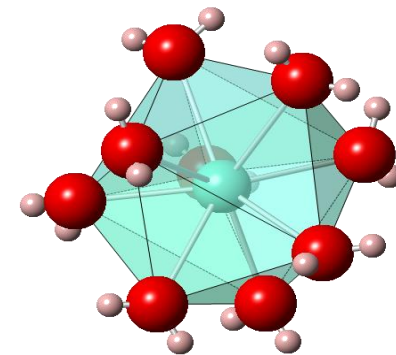
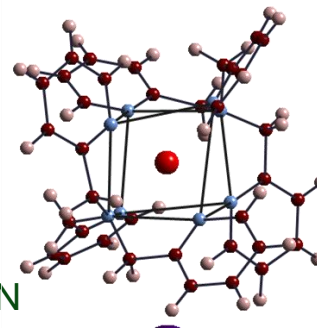
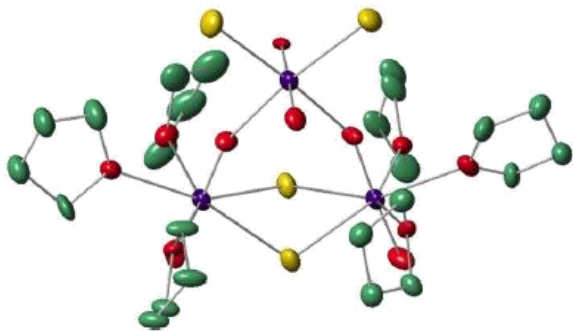
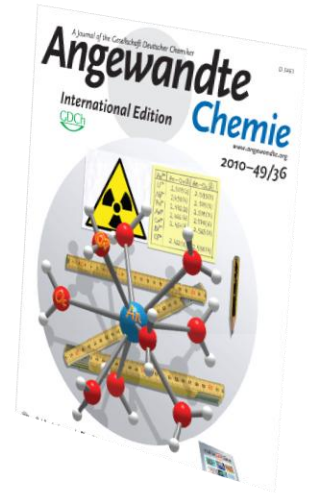
- Medizinische Anwendungen

- Dekontamination- und Altlastensanierung



- Ultra-hoch-dichte magnetische Datenspeicher

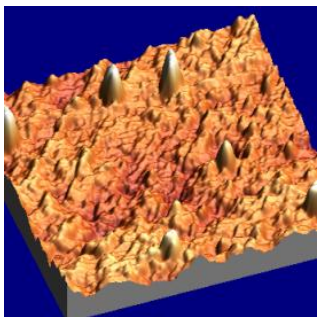
- Quantum Computer



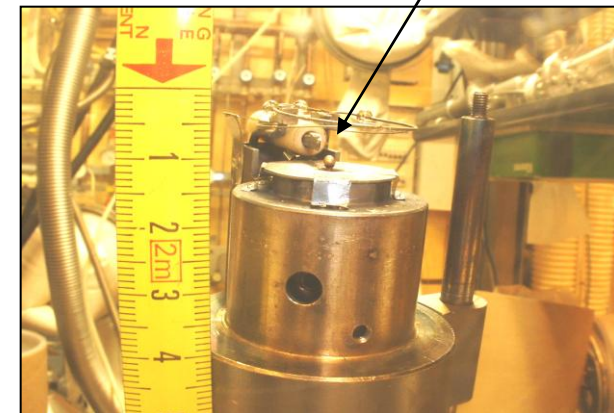


## Oberflächen- und Grenzflächenforschung

- Erforschung der Korrosionsmechanismen an Brennstoffoberflächen.
- Der komplexe Brennstoff wird durch Modellsysteme simuliert, in Form von dünnen Filmen (20  $\mu\text{g}$ , 0.1  $\mu\text{m}$  Schichtdicke).
- Reaktionsmessungen sowie spektroskopische, elektrochemische Messungen geben Aufschluss über das Kurz- und Langzeitlagerverhalten.



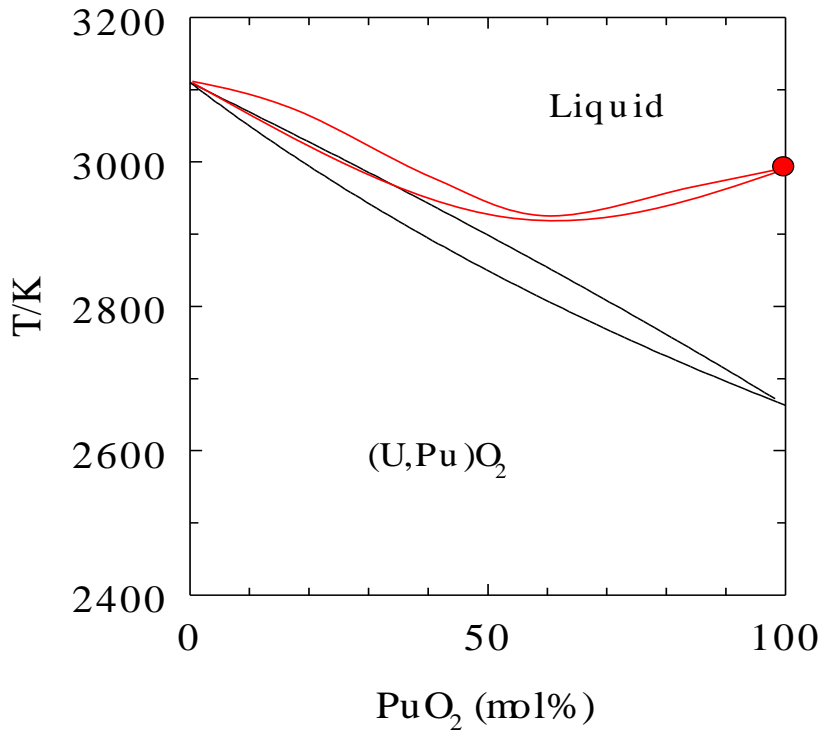
UO<sub>2</sub> Modellfilm mit Pd-Einschlüssen



Filmquelle

# Grundlegende Materialeigenschaften von nuklearen und radioaktiven Materialien

## UO<sub>2</sub>-PuO<sub>2</sub> (MOX)



 ITU Messungen führen zu neuen Erkenntnisse bzgl. des Schmelzpunktes

## Forschungsaktivitäten am ITU

- Schmelzpunkte
- Wärmeleitfähigkeit
- Mechanische Eigenschaften
- Thermodynamische Eigenschaften
- Phasendiagramme

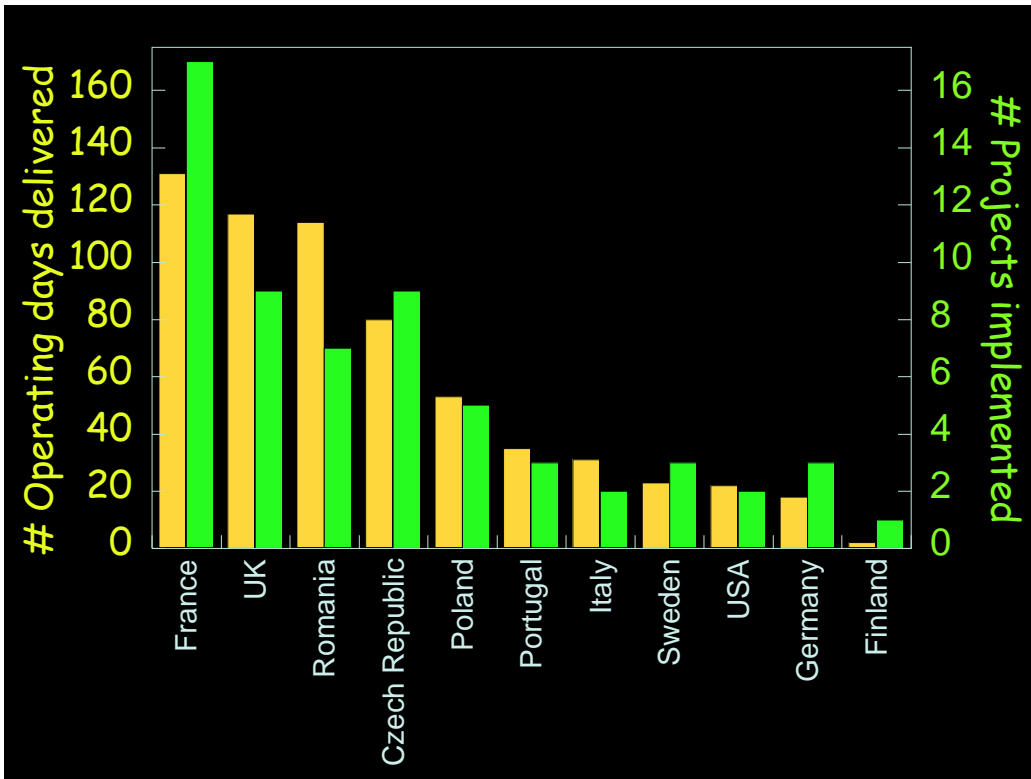
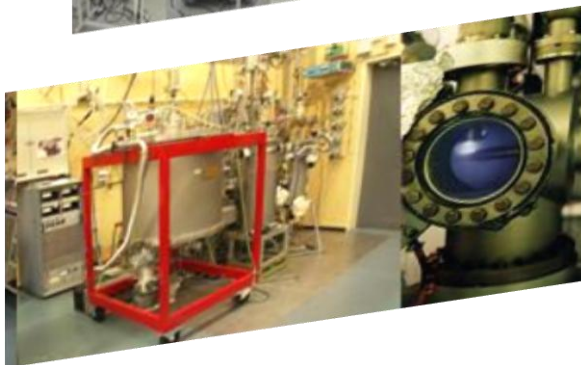
→ Internationale Referenzwerte

→ Entwicklung von TRANSURANUS für Sicherheitsanalyse von Brennstoff (wird benutzt von z.B. TÜV)

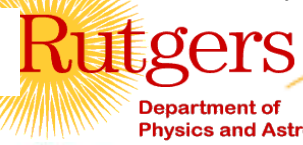
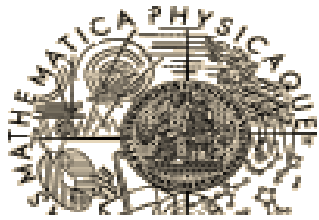


## Das Actinidennutzer-Labor

Das ITU stellt seine Einrichtungen der europäischen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung. Diese kann dort physikalische und chemische Studien an Actiniden und ihren Verbindungen durchführen. Forschungsprojekte werden von einem internationalen Expertenkomitee bewilligt.



# Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen



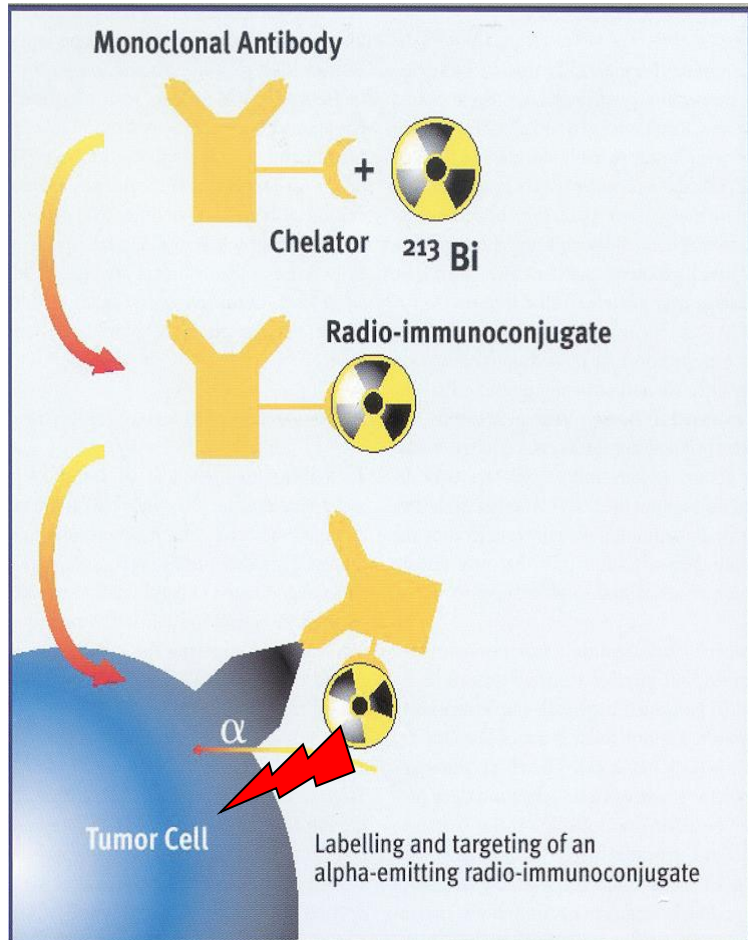
# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



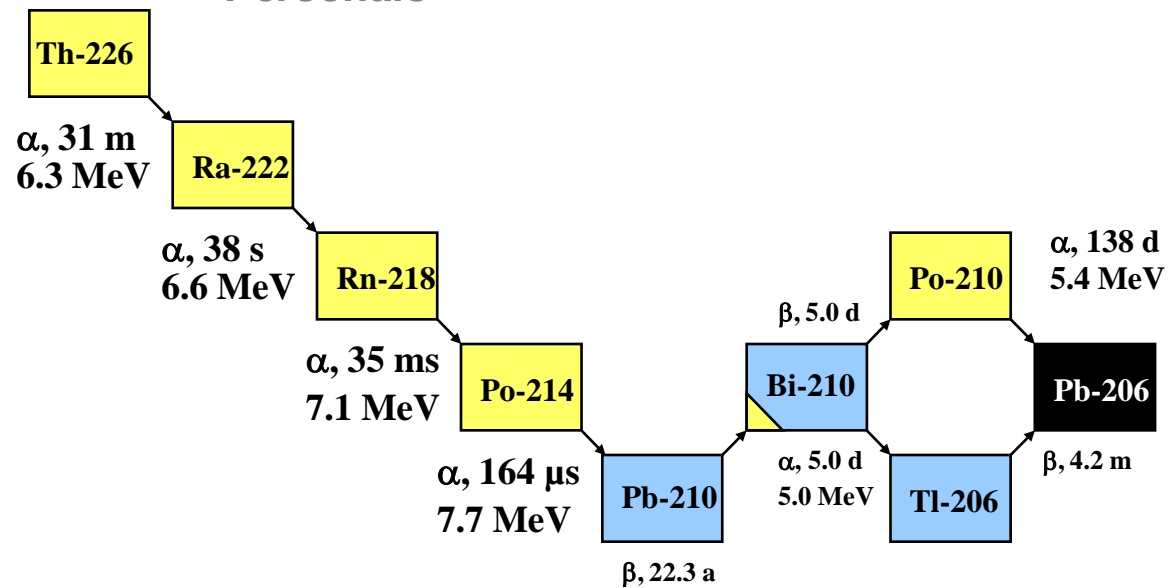
## Medizinische Anwendungen Alpha-Immunotherapie

Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung

# Alpha-Immunotherapie

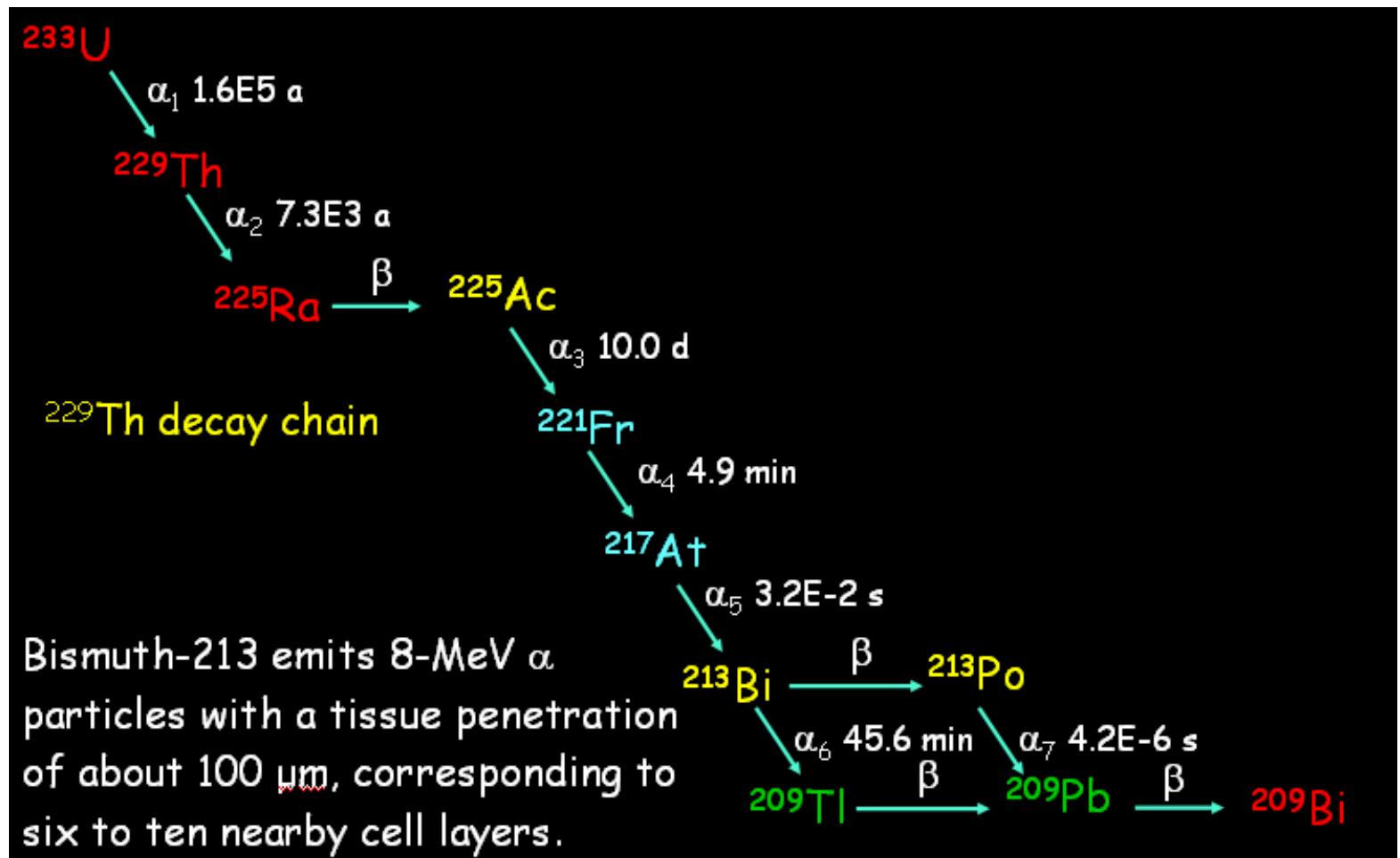


- *Herstellung von Radionukliden und Aufarbeitung der Targets*
- *Markierung der Biomoleküle*
- *Radiobiologie and präklinische Studien*
- *Entwicklung weiterer Anwendungen*
- *Radiobiologie von Th-226 und U-230*
- *In vivo Studien*
- *Schulung und Ausbildung des medizinischen Personals*

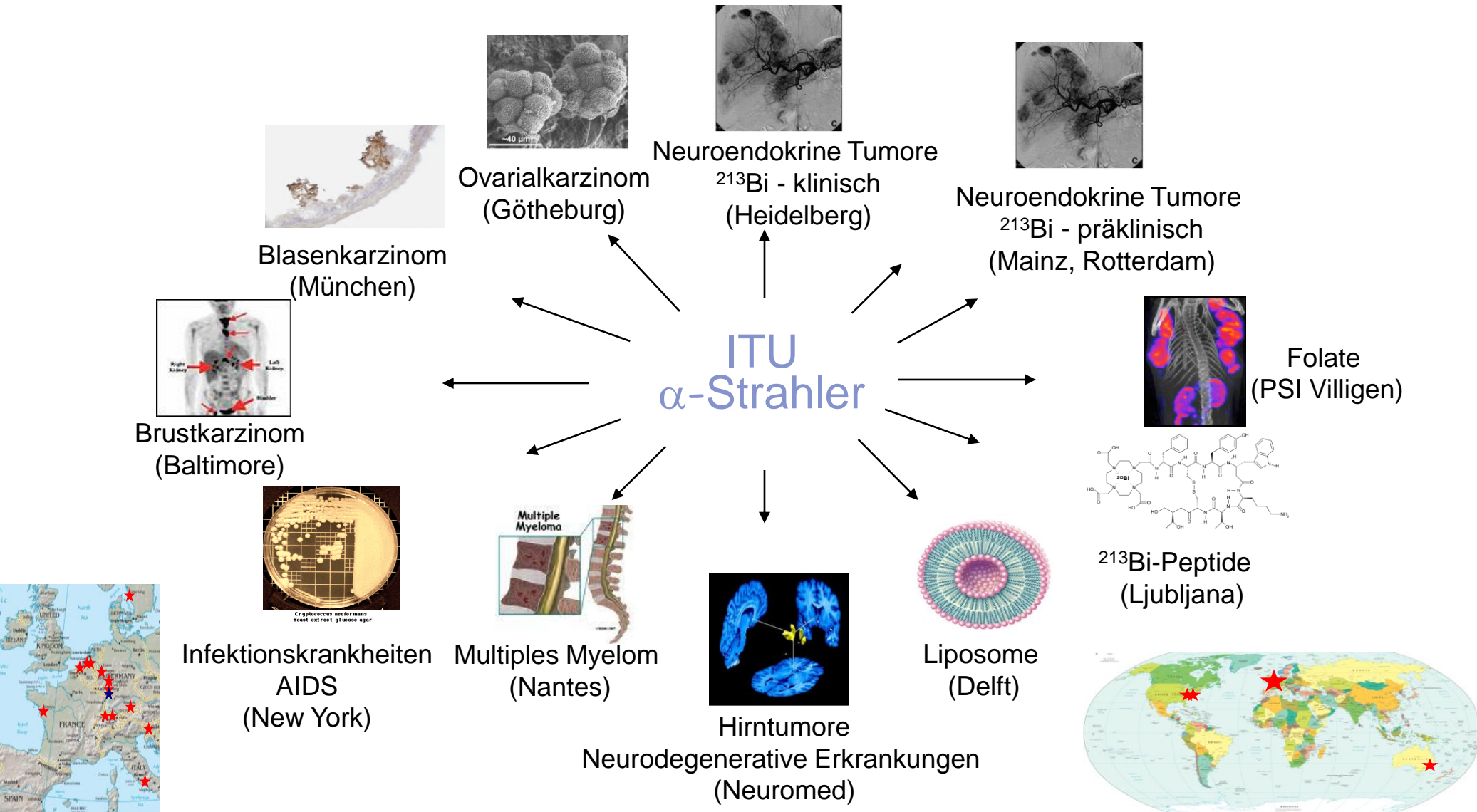




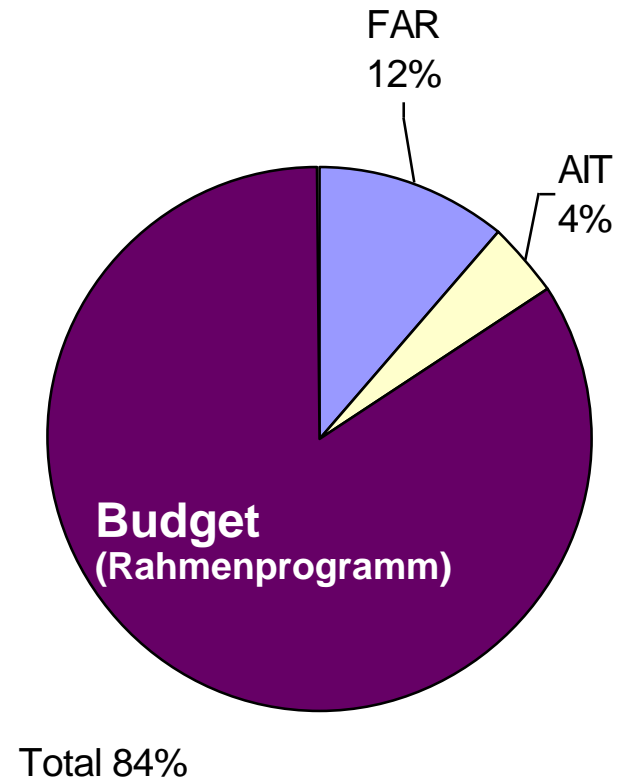
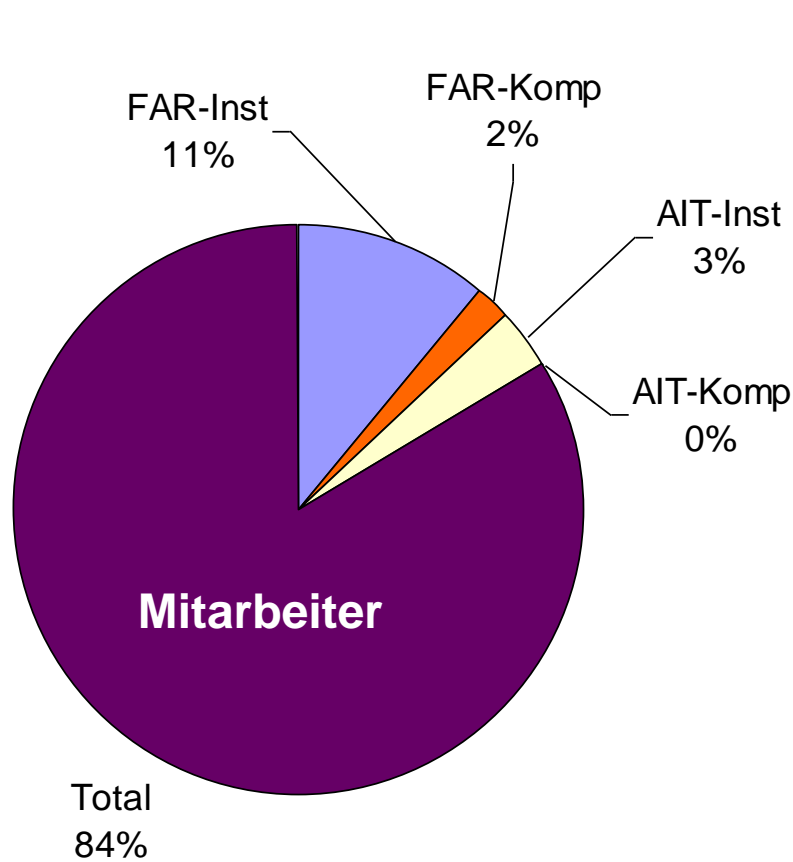
# Alpha-Immunotherapie



# Alpha-ImmunoTherapie: *Präklinische und klinische Forschung*



# Ressourcen: Grundlagenforschung und Anwendung



## Ressourcen: Materialmengen

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt (kg)	Aktinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt (kg)
<b>Grundlagen Forschung und Anwendung (Basic Research and Applications)</b>									
FAR	1	0,1			100		2		
AIT			10	0,04	0,1				
<b>Sum</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>10</b>	<b>0,04</b>	<b>100,1</b>		<b>2</b>		



## Ressourcen: Materialmengen

	Am-241 (kg)	Am-242m (kg)	Am-243 (kg)	Th-229 (kg)	nat. Th (kg)	Th-232 bestrahltes (kg)	Cm-243 (kg)	Cm-244 (kg)	Cm-245 (kg)	Cm-246 (kg)	Np (kg)	Ra-226 (kg)	Pa-231 (kg)	vielfaches der Freigrenze
<b>Grundlagen Forschung und Anwendung (Basic Research and Applications)</b>														
<b>FAR</b>	0,07	0,004	0,026		10		0,003	0,015	0,004	0,001	5		0,02	E9
<b>AIT</b>				0,0006	10	0,02						0,015	0,02	E9
<b>Sum</b>	<b>0,07</b>	<b>0,004</b>	<b>0,026</b>	<b>0,0006</b>	<b>20</b>	<b>0,02</b>	<b>0,003</b>	<b>0,015</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>5</b>	<b>0,015</b>	<b>0,04</b>	<b>E9</b>

# Inhalt

- Erstellung des ... in der  
Kom ... Institutionen
- Inhalt des Forschungsprogramms
- Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:
  - Inhalt, Ziele
  - Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:
    - Personal, Etat, Materialmengen
- Verträge mit dem KIT

**DISKUSSION**

# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane

## Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung



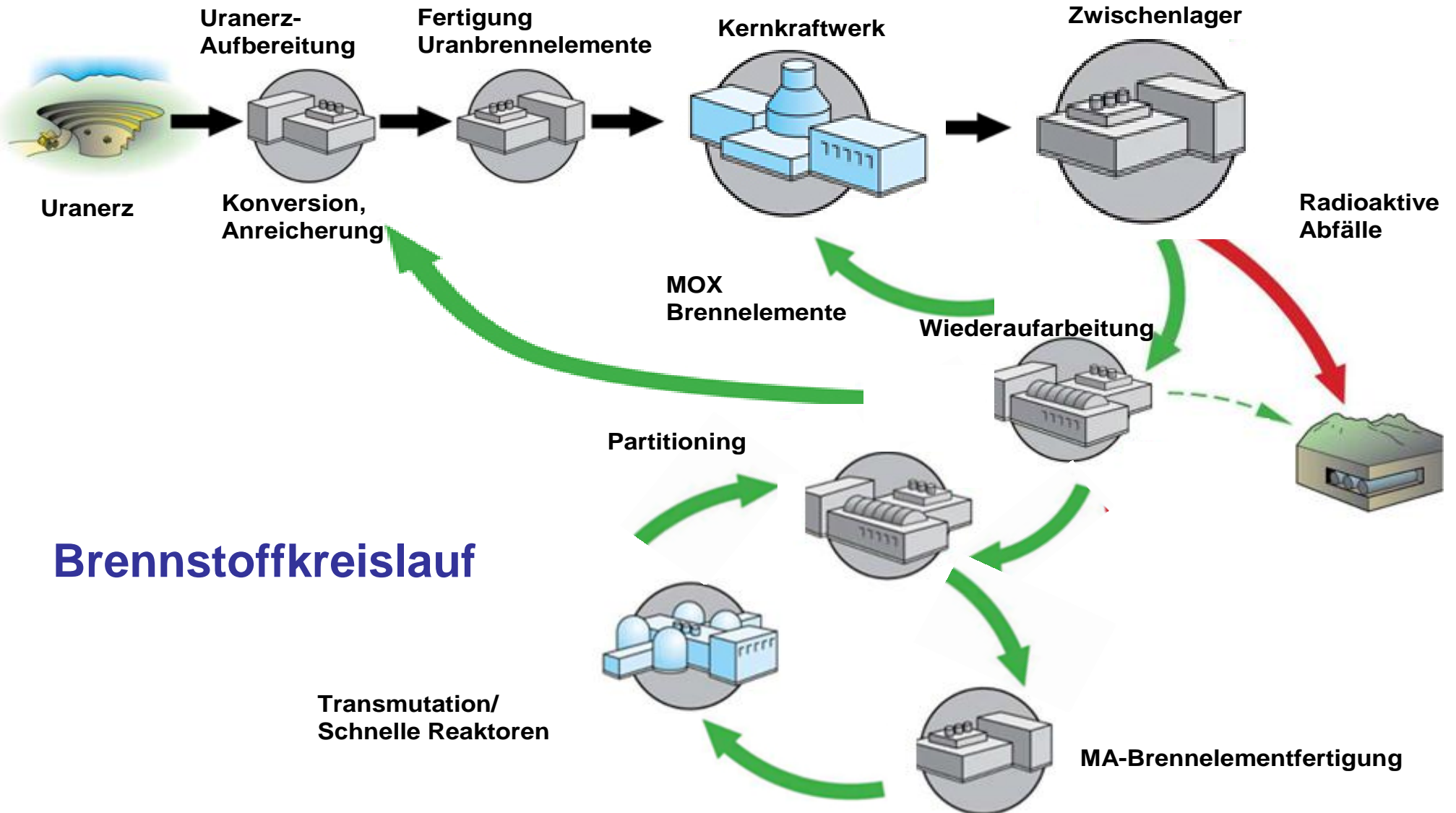
Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte



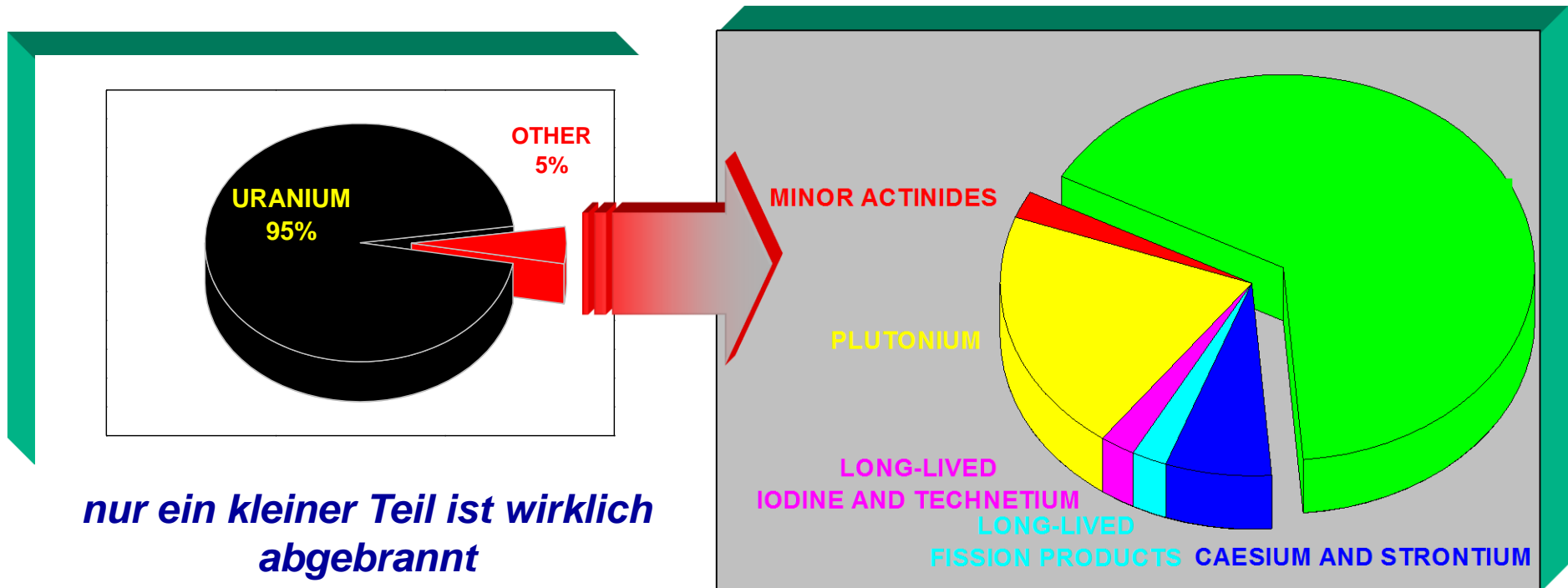
Nukleare  
Sicherung /  
Forensik



Aus-  
und  
Weiterbildung



# Abgebrannte Brennstoffe: Abfall aus Kernenergie-Stromerzeugung



Nach 3 Jahren im LWR (Light Water Reactor) produzieren 1000 kg U (3.25%  $^{235}\text{U}$ ) ca:

- 35 kg Spaltprodukte (FP)
- 9 kg Pu
- 0.8 kg minore Actinide Np+Am+Cm (MA)

## Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



**Charakterisierung, Zwischen- und  
Endlagerung von abgebranntem  
Brennstoff**

Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte



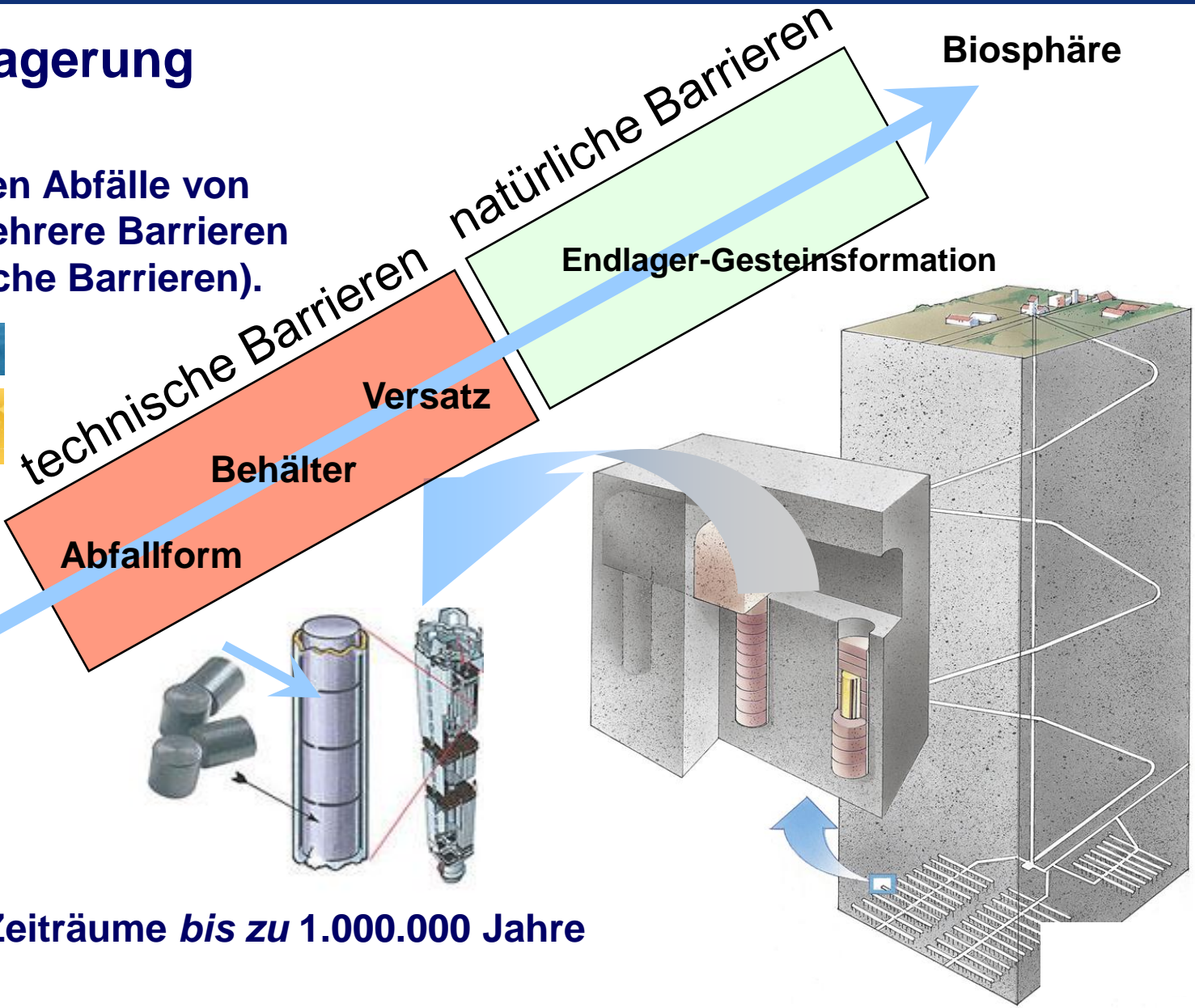
# Geologische Endlagerung

**Zweck:**  
Isolation der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre durch mehrere Barrieren (natürliche und technische Barrieren).

**NF PRO** An EC FP6 Integrated Project on the Geological Disposal of Radioactive Waste

**Reosy** REDOX PHENOMENA CONTROLLING SYSTEMS

   
SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME



**Abgebrannter Brennstoff**

**Ziel:**  
Isolation von nuklearen Abfällen für Zeiträume *bis zu 1.000.000 Jahre*

## **NWD (Nuclear Waste Disposal) prioritäre Aktivitäten**

### **Untersuchung von Korrosionsphänomenen im Mikromaßstab**

- Einkristalluntersuchungen
  - Einfluss der Stöchiometrie
  - Untersuchung von Effekten an Korngrenzen und Nanostrukturen
- => Einzelkomponenten eines komplexen heterogenen Systems



### **Verstärkung der Modellierung**

- Atomistische Modellierung von Materialeigenschaften und Reaktionsmechanismen
    - Oberflächen versus Bulk
    - Dichte-Funktional-Theorie (DFT) zur Berechnung der Gesamtenergie
- => ITU interne Modellgruppe und externe Zusammenarbeit (Uppsala, KTH, Imperial College, ...)

### **Mitarbeit in der Technologieplattform zur Implementierung der Abfallendlagerung (IGD-TP)**

### **Wissenschaftlich-technische Unterstützung der EU Politik (z.B. Umsetzung der Abfalldirektive )**



# Sicherheit des bestrahlten Brennstoffes

## Störfallsimulationen

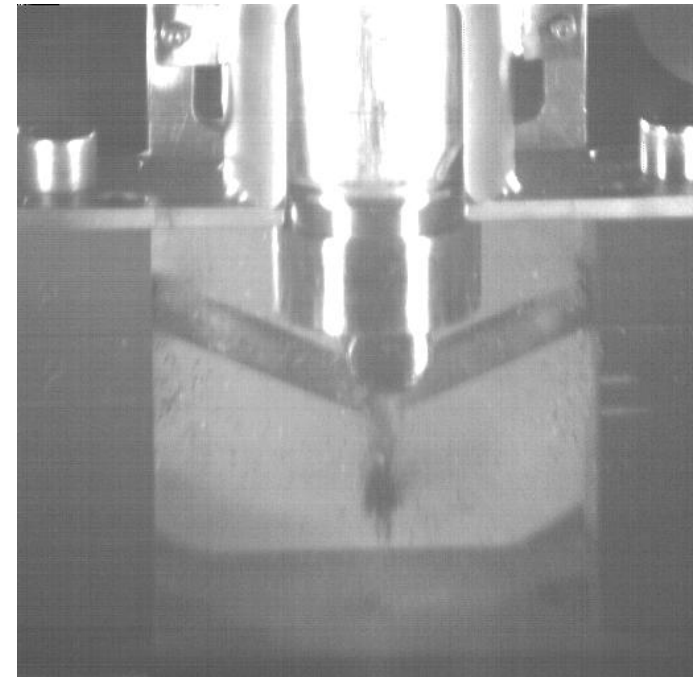
## Transportsicherheit

## Verhalten und Alterung abgebrannter Brennstäbe während Lagerung und Zwischenlagerung:

- Strahlenschäden und Helium-Akkumulation
- Entwicklung der mechanischen Eigenschaften des Brennstoffes und der Hüllrohre

## Direkte Endlagerung von abgebranntem Brennstoff:

- Auslaugversuche in simulierten Grundwässern unter Endlagerbedingungen.

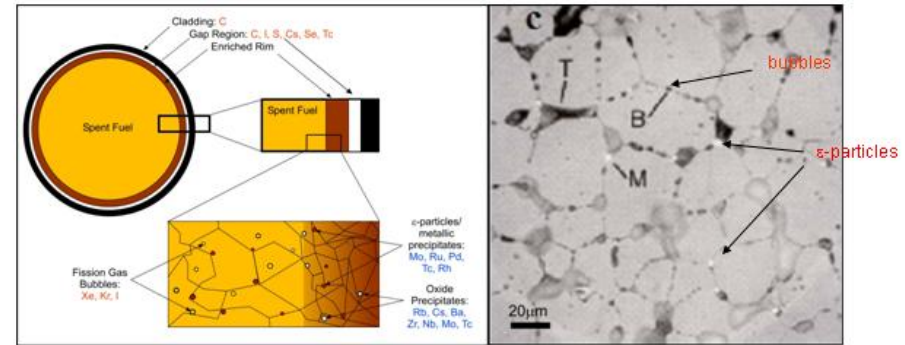
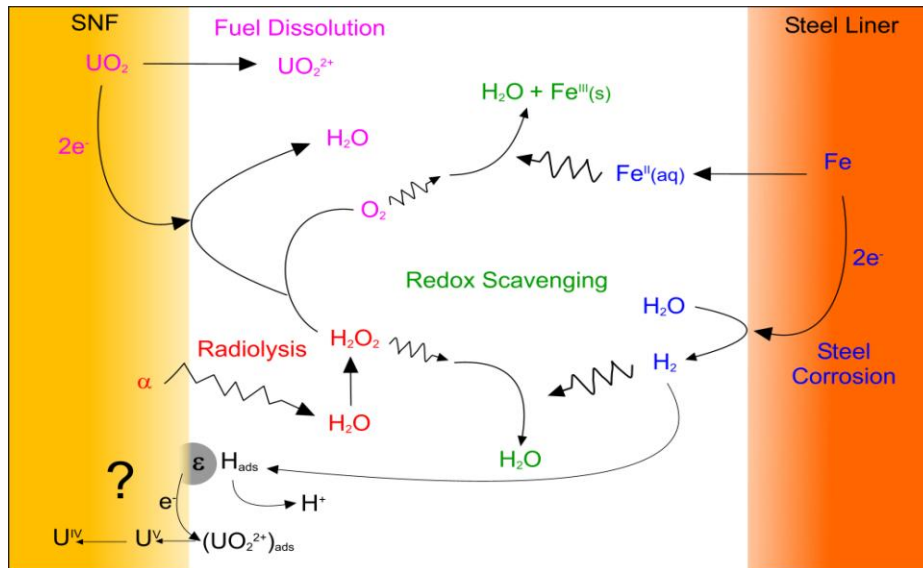


26.11.2008 12:06:03 13267 0196,0[ms] 512x512, 5000 Hz, SpeedCam  
MacroVis VLS #00104, V1.9.13

Crash test an abgebrannten Brennstabsegmenten

# Sicherheit des bestrahlten Brennstoffes

- Grundlegendes Verständnis der Korrosionsmechanismen von abgebranntem Brennstoff, z.B. Einfluss von H<sub>2</sub>
- Entwicklung von Untersuchungsmethoden zur Bestimmung von Oberflächeneffekten (z.B. XPS-Elektrochemie-RAMAN Spektroskopie)



- Spent Nuclear Fuel
- UO<sub>2</sub> – crystalline matrix
  - fission gases
  - metallic precipitates (e-particles)
  - oxide precipitates
  - oxides dissolved in fuel matrix

Which influence have the fission products on fuel dissolution?



Which component drives the H<sub>2</sub> activation at the fuel surface?

# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane

## Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



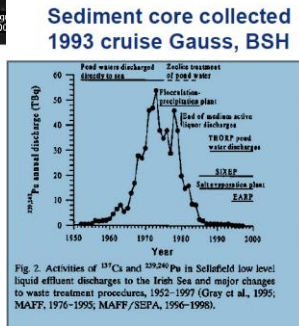
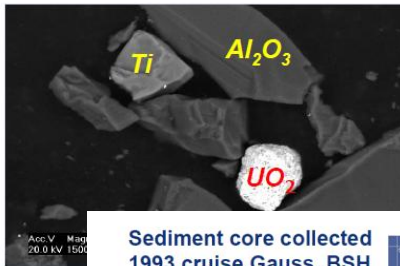
**Messung der Radioaktivität  
in der Umwelt**

Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte

# Umweltaspekte



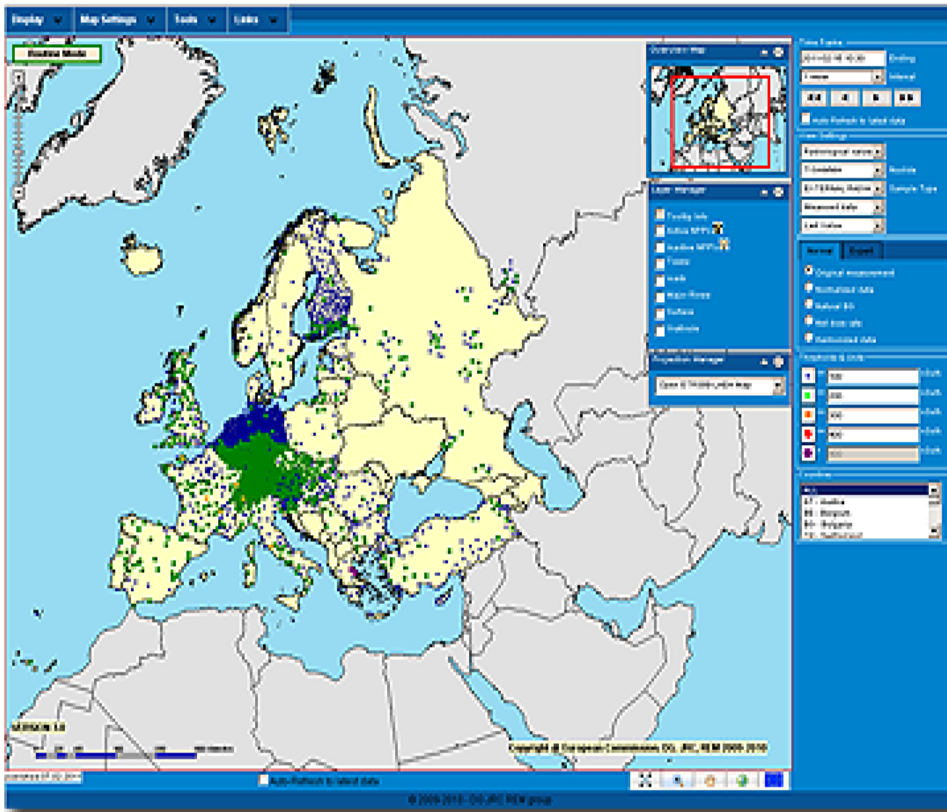
U, Pu Messungen, z.B. in Algen



## Verhalten und Überwachung von Radionukliden in der Umwelt (Methodenentwicklung und Messungen)

- Spurenanalytik von nuklearen und radioaktiven Materialien in der Umwelt.
- Bestimmung der Quellen von radioaktiven und nuklearen Materialien in der Umwelt.
- Umweltauswirkungen
- Verifizierung für DG ENER

# Umweltaspekte



## Überwachung der Umweltradioaktivität in Europa

### EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform)

- Automatische Messung in Echtzeit
- mehr als 4000 Mess-Stationen in 35 Ländern (inkl. aller EU Mitgliedsstaaten)
- EURDEP-Messdaten sind über die Website <http://eurdep.jrc.ec.europa.eu> öffentlich zugänglich.

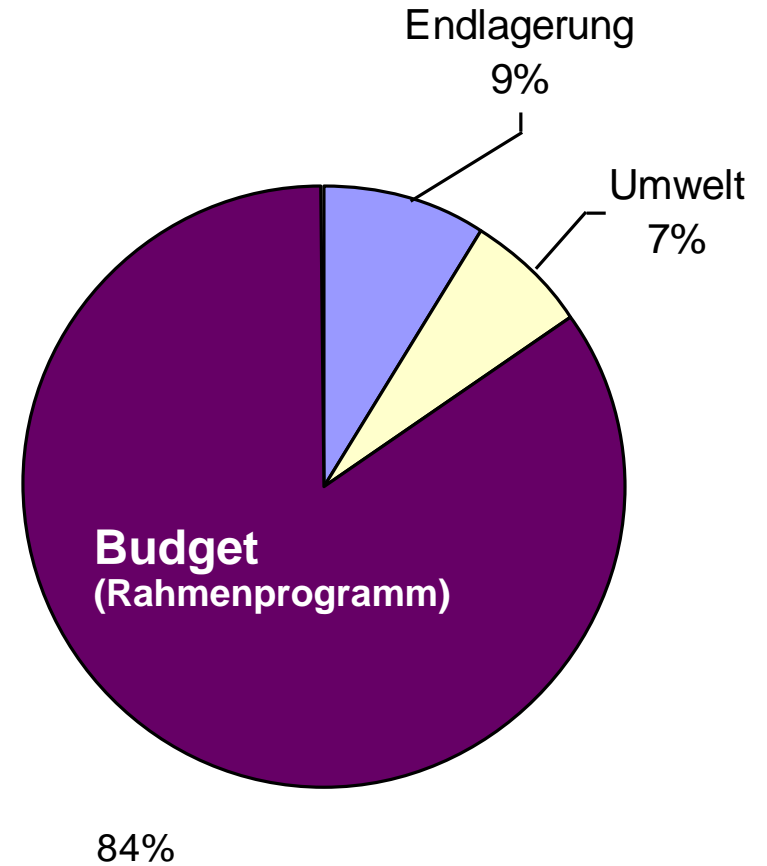
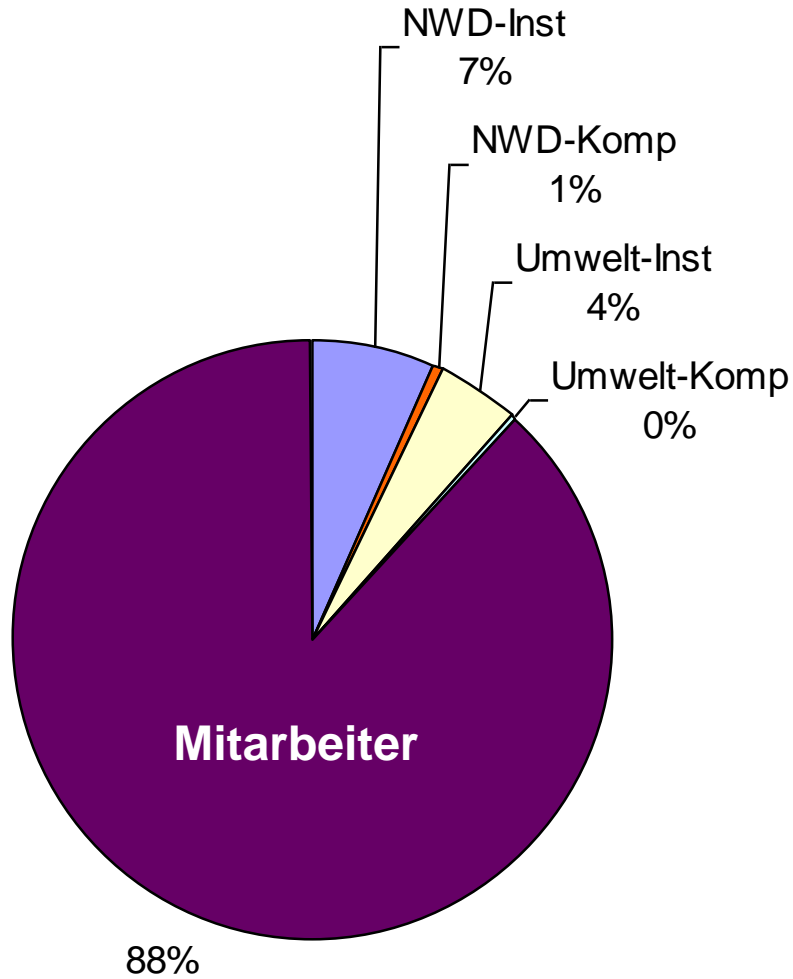
### ECURIE (European Community Urgent Radiological Information Exchange)

## **Konsequenzen für die FP7-Verlängerung nach Fukushima:**

- **Wechselwirkung von Brennstoff mit Meerwasser**
- **Verhalten von Brennstoffen unter Störfallbedingungen**
- **Entwicklung eines wissenschaftlich fundierten Quellterms**
- **Messung der Radioaktivität in der Umwelt**
- **Forschungsaktivitäten zu Stilllegung und Rückbau**



## Ressourcen: Endlagerung / Umweltaspekte



## Ressourcen: Materialmengen

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt (kg)	Aktinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt (kg)
<b>Sicherheit von Endlagerung/Umweltaspekte</b>									
NWD	10	1	1	0,004	20	1		0,01	0,01
Umwelt					20		20		





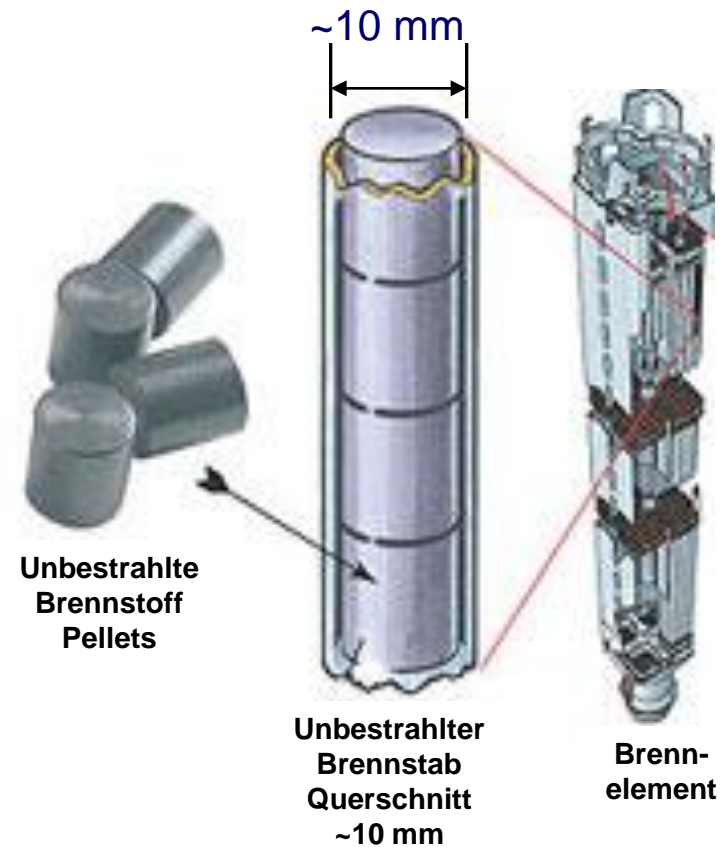
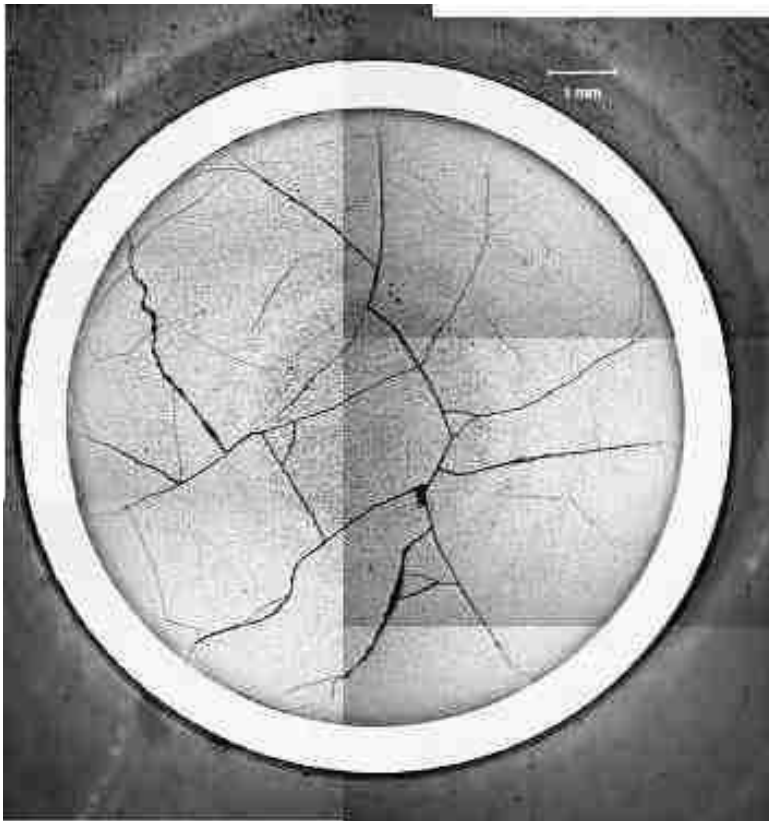
## Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



### Brennstoffsicherheit in Leistungsreaktoren in der EU

Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte

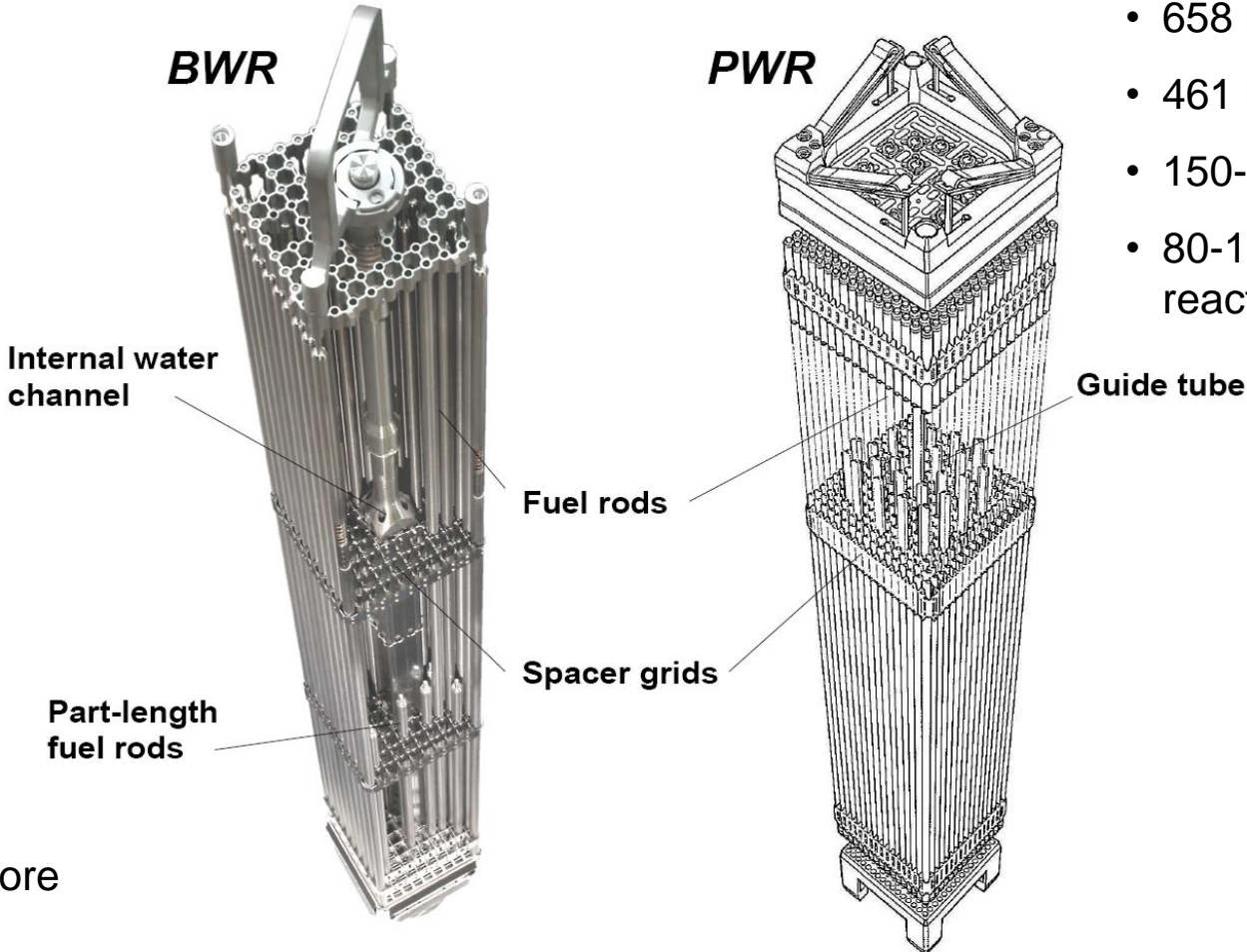
# Leichtwasser Reaktor (LWR) Brennstoff: Sicherheits-relevante Prozesse und Eigenschaften von bestrahlten Brennstoffen



Abgebrannter Brennstoff nach 6-7 Jahren im Reaktor, Querschnitt ~10 mm Durchmesser, optische Mikroskopie

# Beispiele eines Brennstabes

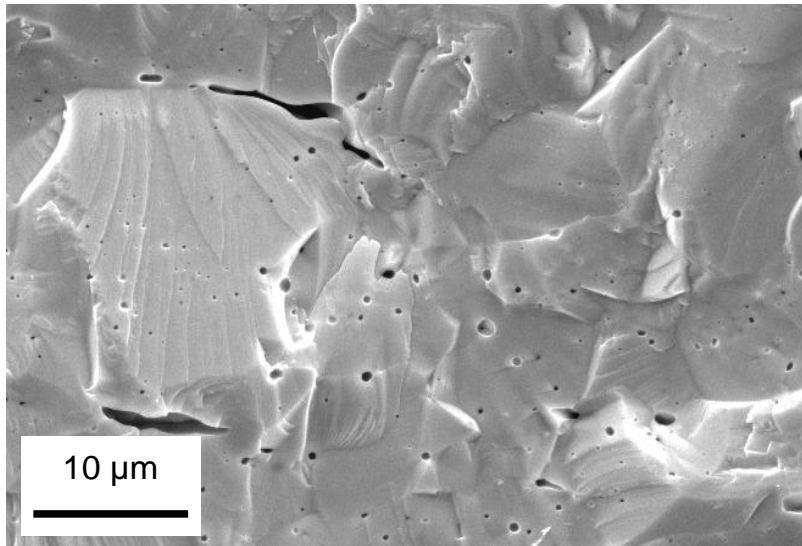
- 200-300 rods per assembly
- 658 kg/assembly
- 461 kg U/assembly
- 150-250 Assemblies
- 80-100 tons per reactor core



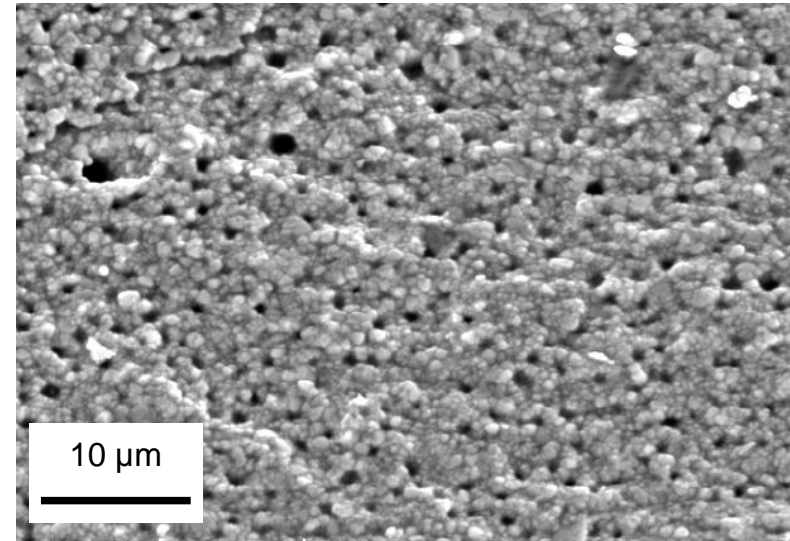
- 74-100 rods per assembly
- ~320 kg/assembly
- ~180 kg U/assembly
- 800 Assemblies
- 140 tons per reactor core

# Kernspaltung: Auswirkungen auf den Brennstoff

## Elektronenmikroskopie



UO<sub>2</sub> vor dem Einsatz im Reaktor



UO<sub>2</sub> nach dem Einsatz im Reaktor

### Wichtige Aspekte zur Brennstoff-Sicherheit:

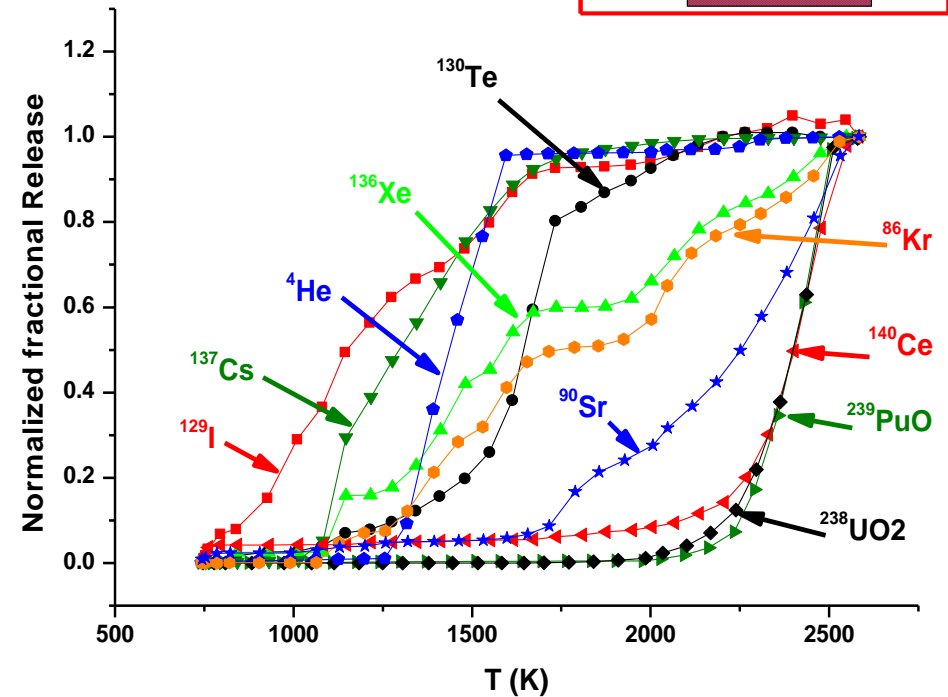
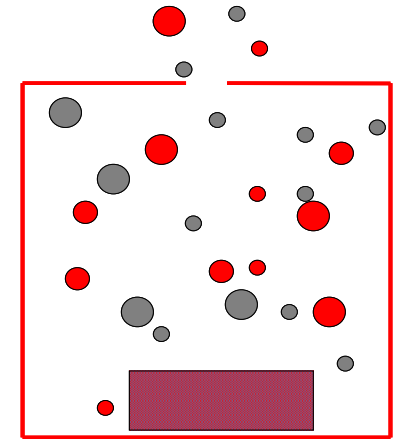
- Volumenänderung des Brennstoffs
- Spaltgas-Druck
- Temperaturentwicklung im Brennstoff



# Verdampfungsverhalten: Knudsen-Zelle



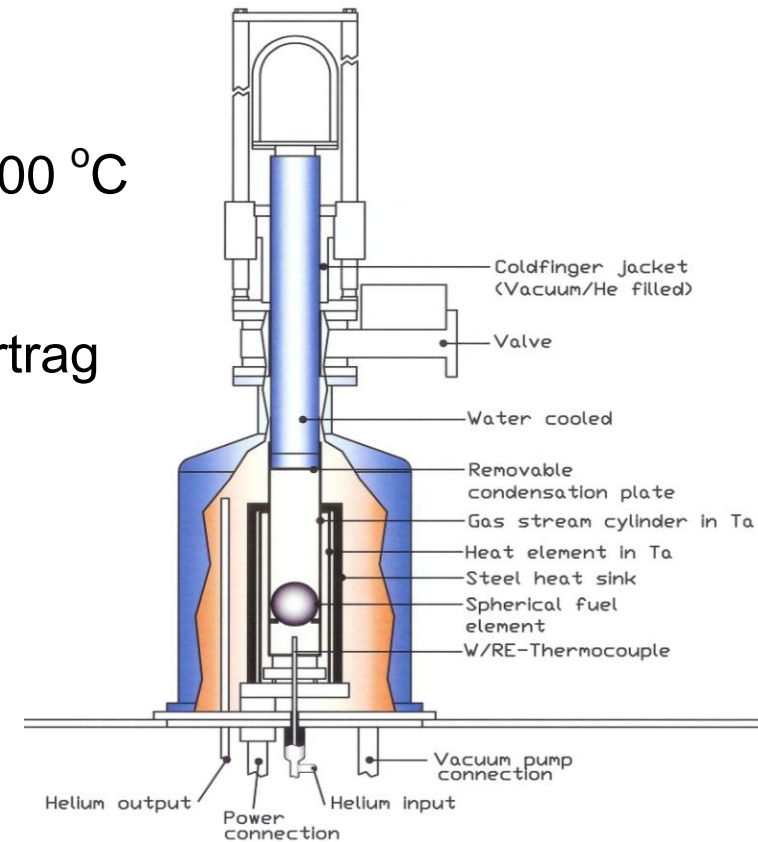
Freisetzung von verschiedenen Spaltprodukten als Funktion der Temperatur:  
Wichtige Informationen zur Bestimmung von Quellterm



# Störfallsimulationen

## mit bestrahltem (non-conventional) Brennstoff

- ❑ Brennstoffverhalten bei unterstelltem Ausfall der Kühlung
- ❑ Thermisches Verhalten bei Temperaturen bis 1800 °C
- ❑ Nachweis flüchtiger Spaltprodukte
- ❑ KEINE “Kernschmelze vor der Haustür”, (s. Vortrag Prof. Dr. Jaki)
- ❑ weltweit einmalige Installation



**Küfa**

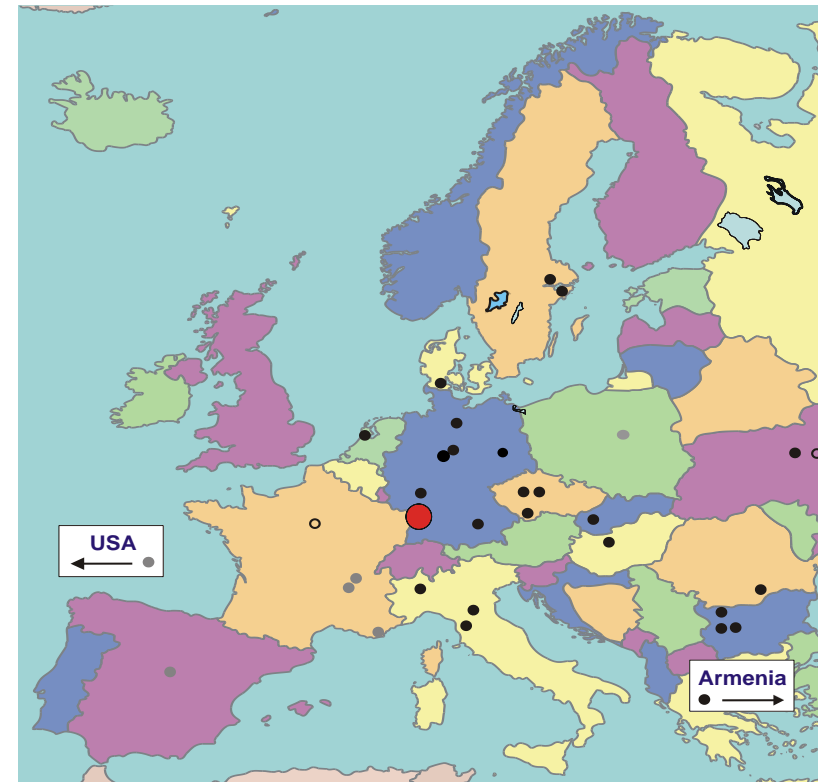


## Simulation des Brennstoffverhaltens

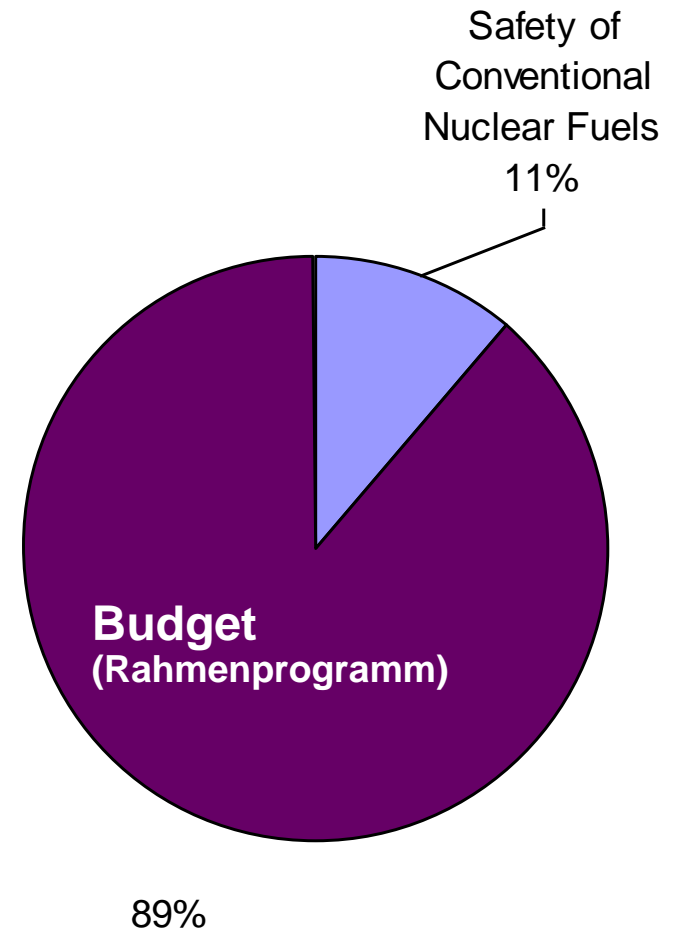
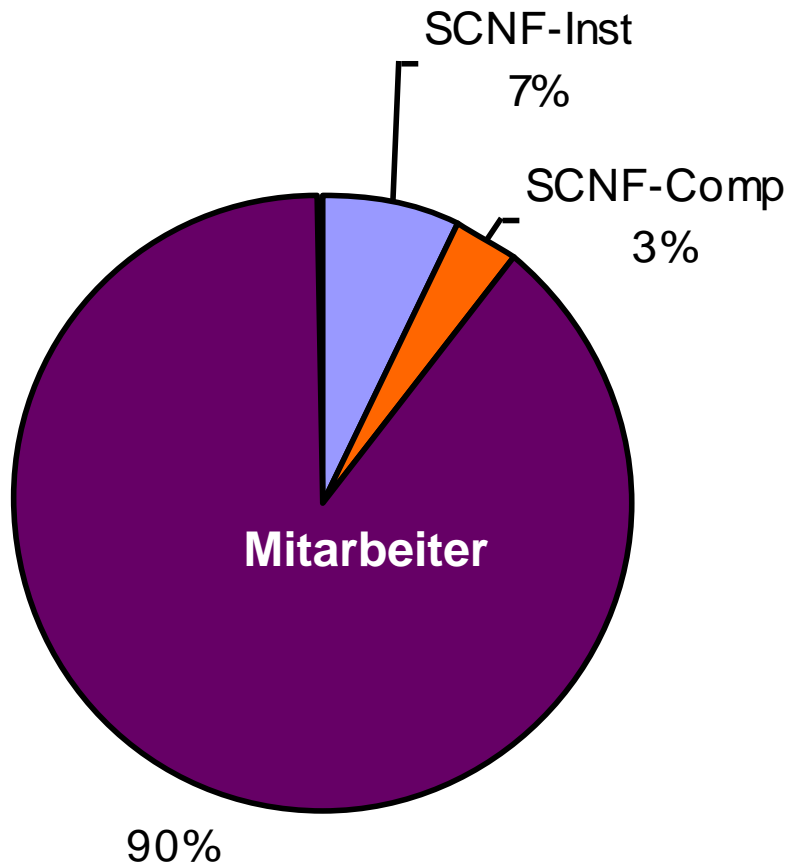
- **TRANSURANUS:**  
Engineering Programm, weitverbreitete Nutzung für LWR
- **Multiscale-Modell:**  
Unterstützung durch gezielte Experimente

### TRANSURANUS in Deutschland

- TÜV (Hamburg, Hannover, München, Mannheim)
- KIT
- EON
- HZDR



## Ressourcen: Sicherheit von Kernbrennstoffen



## Ressourcen: Materialmengen

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt (kg)	Aktinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt (kg)
<b>Sicherheit von Kernbrennstoffen (Safety of Nuclear fuel cycle)</b>									
	8,6	6	8,6	0,034	85	6	86	0,03	



## Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung

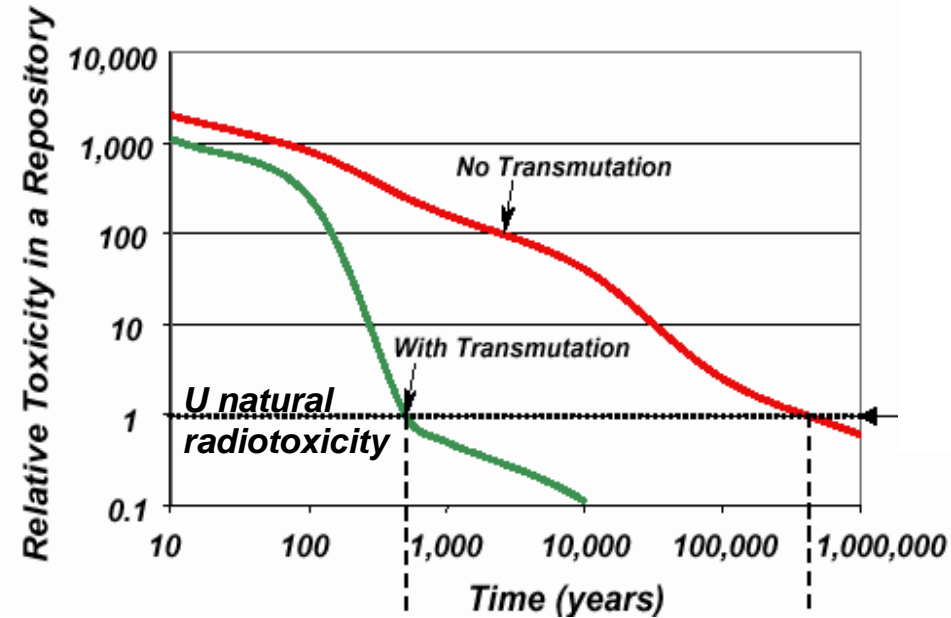


### Sicherer Betrieb fortgeschrittener Kernenergiesysteme

Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte

# Partitioning & Transmutation (P&T)

Durch Recycling von *Neptunium*, *Americium*, *Curium* und langlebigen Spaltprodukten zusätzlich zu Plutonium wird die zukünftige Radiotoxizität von Kernabfall drastisch reduziert.



## Warum die Transmutation ?

Begrenzung der radiologischen Toxizität auf weniger als 1000 Jahre (statt hunderttausende von Jahren)

Geschlossener Brennstoffkreislauf  
Neue Brennstoffe

	nuclide	$T_{1/2,y}$
MA	$^{239}\text{Pu}$	$2.4 \cdot 10^4$
	$^{237}\text{Np}$	$2.1 \cdot 10^6$
	$^{241}\text{Am}$	433
	$^{243}\text{Am}$	7370
LLFP	$^{244}\text{Cm}$	18.1
	$^{99}\text{Tc}$	$2.1 \cdot 10^5$
	$^{129}\text{I}$	$1.6 \cdot 10^7$
	$^{135}\text{Cs}$	$2 \cdot 10^6$

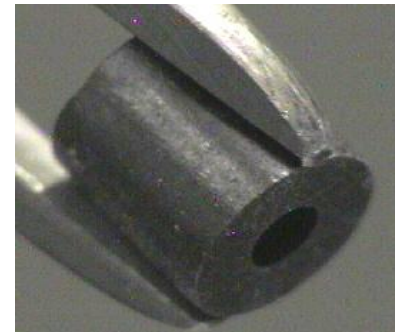
## Sicherheit zukünftiger Brennstoffe

Bisherige Erfahrungen bestehen hauptsächlich für (U, Pu) Oxide

Sehr wenig Informationen zu  
(U,Pu,MA) Oxiden, Nitriden und Carbiden

Aktivitäten:

- Synthese von Proben im Labormaßstab
- Phasendiagramme - Schmelztemperaturen
- Verdampfungsverhalten
- Wärmeleitfähigkeit , Wärmekapazität
- Wechselwirkung mit Hüllmaterialien sowie Kühlmitteln
- Bestrahlungsverhalten
- Modellierung der Eigenschaften, usw.



**Ziel: Referenzdaten für Sicherheitsstandards**



# Sicherheit des Brennstoffkreislaufes

Industrielle Wiederaufarbeitungsanlagen in La Hague und Sellafield

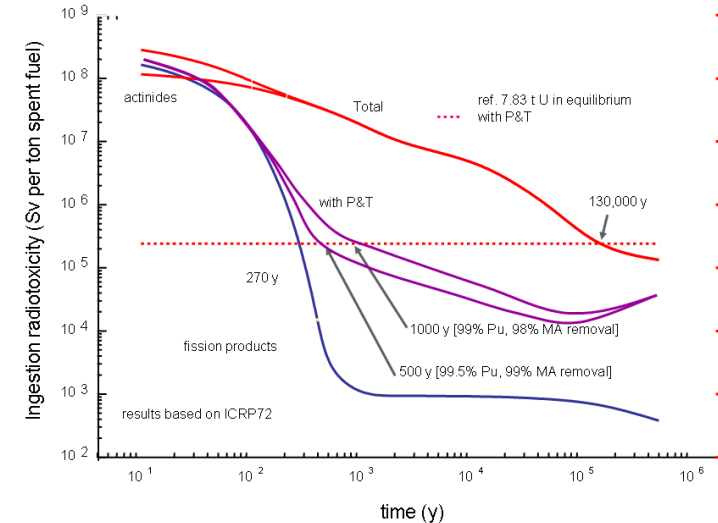
PUREX Prozess

U und Pu werden in den Kreislauf zurückgeführt

Zukünftiges P&T Konzept:  
zusätzliche Rückführung der minoren Actiniden  
in den Brennstoffkreislauf.

Aktivitäten:

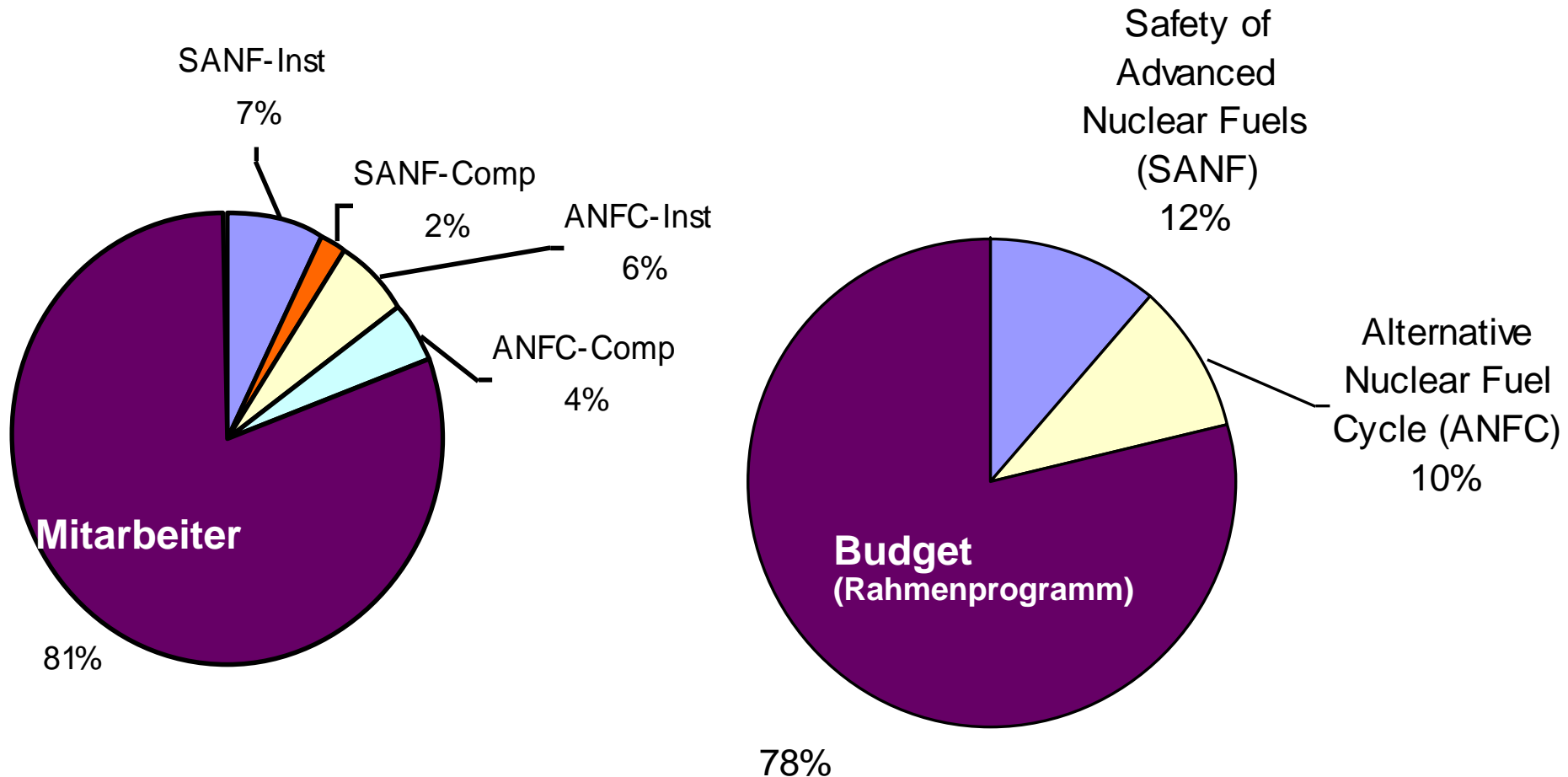
- Grundlagenuntersuchung zur MA/Lanthaniden-Trennung in wässrigen Systemen und Salzschnmelzen (thermodynamische Daten, Strukturen)
- Prozesskenntnisse
- Strahlungsresistenz
- Auswirkung auf die Proliferation von Spaltmaterialien



**Ziel: Referenzdaten für Sicherheitsstandards**



# Ressourcen: Sicherheit von Kernbrennstoffen



## Ressourcen: Materialmengen

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt	Aktinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt
<b>Sicherheit von Kernbrennstoffen (Safety of Nuclear fuel cycle)</b>									
SANF	7,8	6			19,5	6			0,02
ANFC	7,8	6	8,6	0,034	19,5	6		0,01	0,02

## Ressourcen: Materialmengen

	Am-241 (kg)	Am-242m (kg)	Am-243 (kg)	Th-229 (kg)	nat. Th (kg)	Th-232 bestrahltes (kg)	Cm-243 (kg)	Cm-244 (kg)	Cm-245 (kg)	Cm-246 (kg)	Np (kg)	Ra-226	Pa-231 (kg)	vielfache der Freigrenze
<b>Sicherheit von Kernbrennstoffen (Safety of Nuclear fuel cycle)</b>														
SANF	5	0,3	1,85		19,5		0,004	0,25	0,06	0,017	15			E9
ANFC	5	0,3	1,85		19,5	0,01	0,004	0,25	0,06	0,017	15		0,01	E9

# Inhalt

- Erstellung der ... in der  
Kom ... Institutionen
- Inhalt des Forschungsprogramms
- Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:
  - Inhalt, Ziele
  - Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:
    - Personal, Etat, Materialmengen
- Verträge mit dem KIT

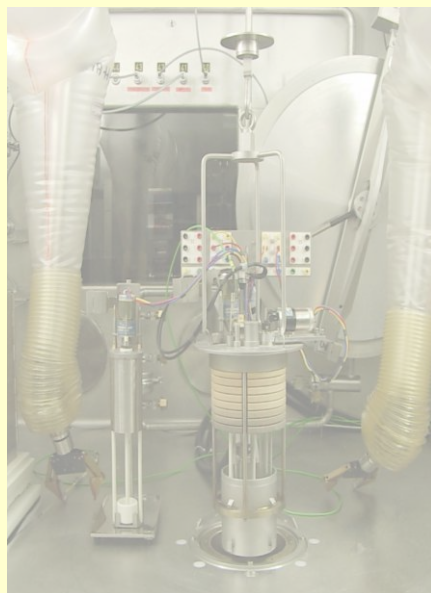
**DISKUSSION**

# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane

## Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung



Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte



Nukleare  
Sicherung /  
Forensik



Aus-  
und  
Weiterbildung

# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane

## Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



## Sicherungsmaßnahmen im Nuklearbereich

Nukleare  
Sicherung /  
Forensik



# Spaltstoffflusskontrolle

## Wissenschaftliche und technische Unterstützung der nuklearen Kontrollbehörden GD ENERGIE (Luxemburg) und IAE0 (Wien)

- Das nukleare Inventar einer Anlage muss vom Betreiber ständig aktualisiert werden.
- Seitens GD ENERGIE und IAE0 wird eine unabhängige Kontrolle gefordert:
  - Betrieb der On-site Laboratorien in La Hague & Sellafield
  - Messkampagnen in Brennstoffabriken innerhalb (und außerhalb) der EU
  - Forschungsprogramm zur Analytik von Nuklearmaterial
  - Entwicklung und Implementierung von Kontroll-Maßnahmen (Siegel, Behälterüberwachung, Betriebsüberwachung, ...)
  - Konzeptionelle Forschung (z.B. neue Safeguards Konzepte)

# Spaltstoffflusskontrolle

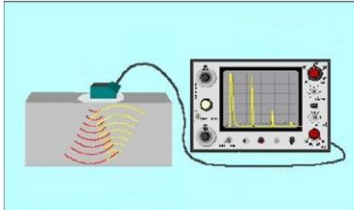
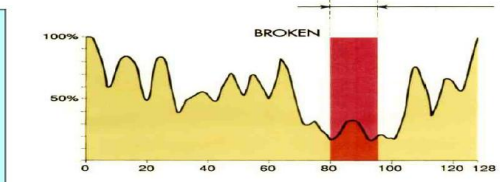
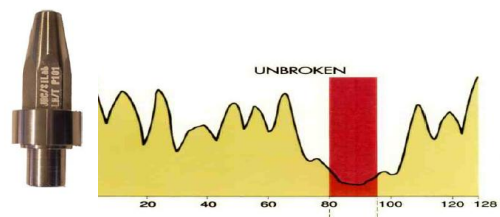
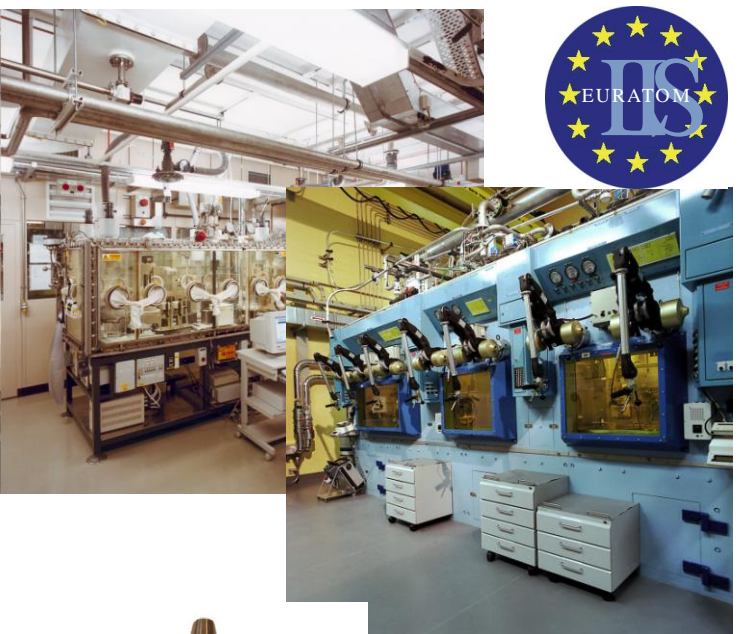


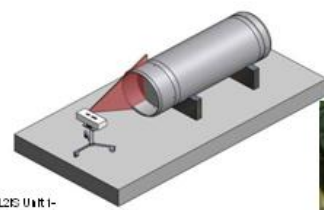
Fig. 1: Principle of ultrasonic measurements

## Large Geometry SIMS



Referencing and systematic laser scanning (fingerprinting  $\mu\text{m}$ ) of all UF<sub>6</sub> cylinders in an enrichment facility

- ✓ delivered (shipping in)
- ✓ track transfers in/out of process

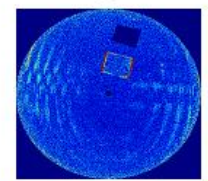


L2S Unit-1 (AEA/SGTS/ M Lag)

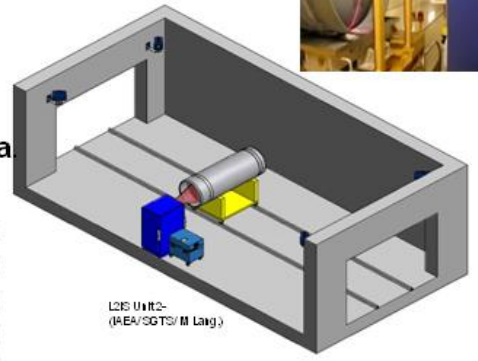
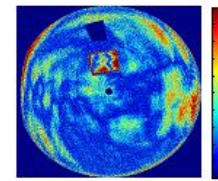


Unattended scan of cylinders entering and exiting the process area

Matching



Non-Matching



L2S Unit-2 (AEA/SGTS/ M Lag)

# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



**Zusatzprotokoll /  
Nicht-Weiterverbreitungsvertrag**

**Nukleare  
Sicherung /  
Forensik**

## Zusatzprotokoll / Nicht-Weiterverbreitungsvertrag

### Aufdeckung nicht-deklarerter Nuklearaktivitäten (IAEO Zusatzprotokoll)

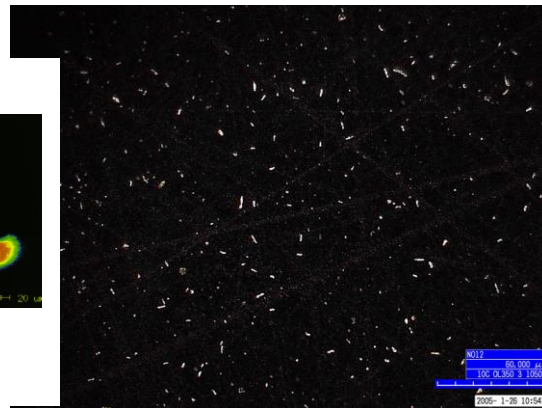
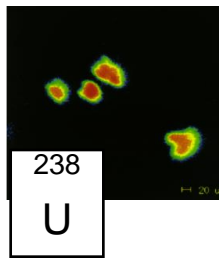
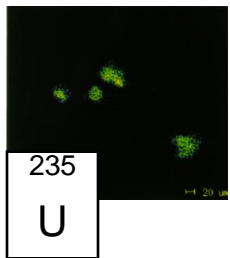
- Analyse von Staubproben aus inspizierten Anlagen (“Nadel im Heuhaufen”)
- Forschungsprojekte zur Massenspektrometrie von Nuklearmaterial
- Erfassung von Informationen zur Nichtverbreitung von Kernmaterial aus öffentlich zugänglichen Quellen (Länder-Profile, Dual-Use, Exportkontrolle, ...)
- Entwicklung neuer Technologien für Inspektoren zur Nuklearkontrolle (3D-Laser-Technologie, mobile Messgeräte)
- Prozessüberwachung und -modellierung





3D-Laser-Technologie

## IAEO Inspektoren: Partikelanalyse Probenahme mittels “Staubtuch”



U-235 SIMS Bild

U-238 SIMS Bild

## Aufklärung verdeckter Aktivitäten



# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



**Bekämpfung des illegalen Handels  
mit Kernmaterial und nuklearforensische  
Analyse**

Nukleare  
Sicherung /  
Forensik

## **Bekämpfung illegaler Nuklearaktivitäten**

- Verhinderungsmaßnahmen (CBRN Center of Excellence)
- Detektionsmaßnahmen (Detektor- und Methodenentwicklung)
- Entwicklung von Methoden für die nukleare Forensik
- Nukleare Forensik beschlagnahmter Materialien im Auftrag von EU Mitgliedstaaten und Drittländern
- Bekämpfung des illegalen Umgangs mit Nuklearmaterial

**Internationale Zusammenarbeit (ITWG, GICNT, ...)**



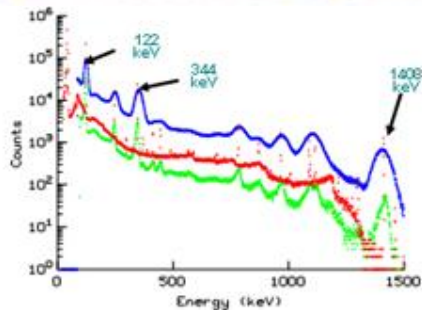
# Bekämpfung illegaler Nuklearaktivitäten



**Find 32** – Dordrecht, found in the end of 2008, analysis March – May 2009

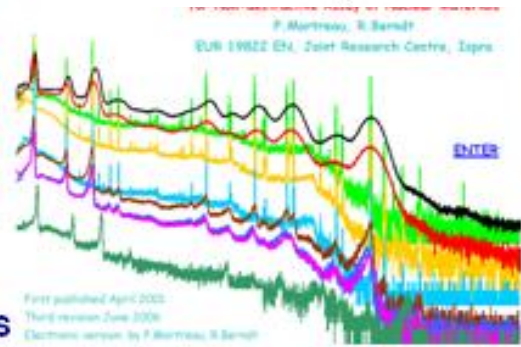
**Find 33** – Rotterdam, found in the mid 2009, analysis December 2009 – March 2010

**Find 34** – Tornio, found in the early 2010, analysis March – June 2010

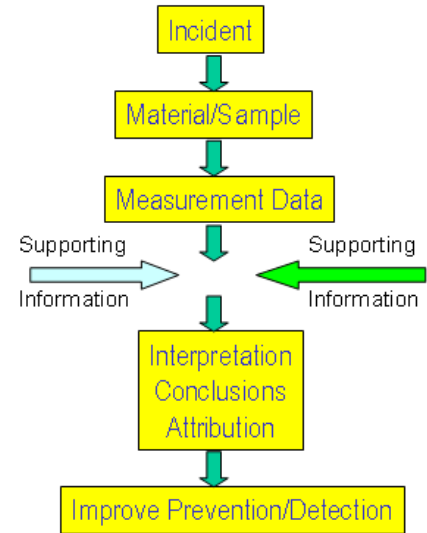


Medical	Industrial	Naturally Occurring	Special Nuclear
<sup>67</sup> Ga	<sup>22</sup> Na	<sup>40</sup> K	<sup>235</sup> U
<sup>99m</sup> Tc	<sup>60</sup> Co	<sup>226</sup> Ra	<sup>238</sup> U
<sup>125</sup> I	<sup>137</sup> Cs	<sup>232</sup> Th	<sup>232</sup> Th
<sup>131</sup> I	<sup>152</sup> Eu	<sup>235</sup> U	<sup>235</sup> U
<sup>137</sup> Cs	<sup>192</sup> Ir	<sup>238</sup> U	<sup>238</sup> U
<sup>152</sup> Eu	<sup>210</sup> Pb	<sup>232</sup> Th	<sup>232</sup> Th
<sup>192</sup> Ir	<sup>210</sup> Bi	<sup>232</sup> Th	<sup>232</sup> Th
<sup>210</sup> Pb	<sup>210</sup> Po	<sup>232</sup> Th	<sup>232</sup> Th
<sup>210</sup> Po	<sup>210</sup> Bi	<sup>232</sup> Th	<sup>232</sup> Th
<sup>210</sup> Po	<sup>210</sup> Pb	<sup>232</sup> Th	<sup>232</sup> Th
<sup>210</sup> Po	<sup>210</sup> Pb	<sup>232</sup> Th	<sup>232</sup> Th

➔ <sup>152</sup>Eu



Incident Information  
Intelligence Reports



## Multilaterales Projekt zum Kampf gegen Nuklearschmuggel

TACIS - Technical Assistance  
to the Commonwealth of  
Independent States



- Training von Personal
- Installation von mobilen Messgeräten an Grenzübergängen
- Verbesserung und Erneuerung der wissenschaftlich/technischen Infrastruktur
- Umsetzung des “Model Action Plan” zur Koordinierung von Behörden nach Fällen von Nuklearschmuggel
- Seminare zur Stärkung regionaler Kooperation und Koordination
- Gemeinsame Analysen beschlagnahmten Materials

**Laborprojekte** mit dem Bochvar Institut, Moskau und mit **INR Kiev**, Ukraine

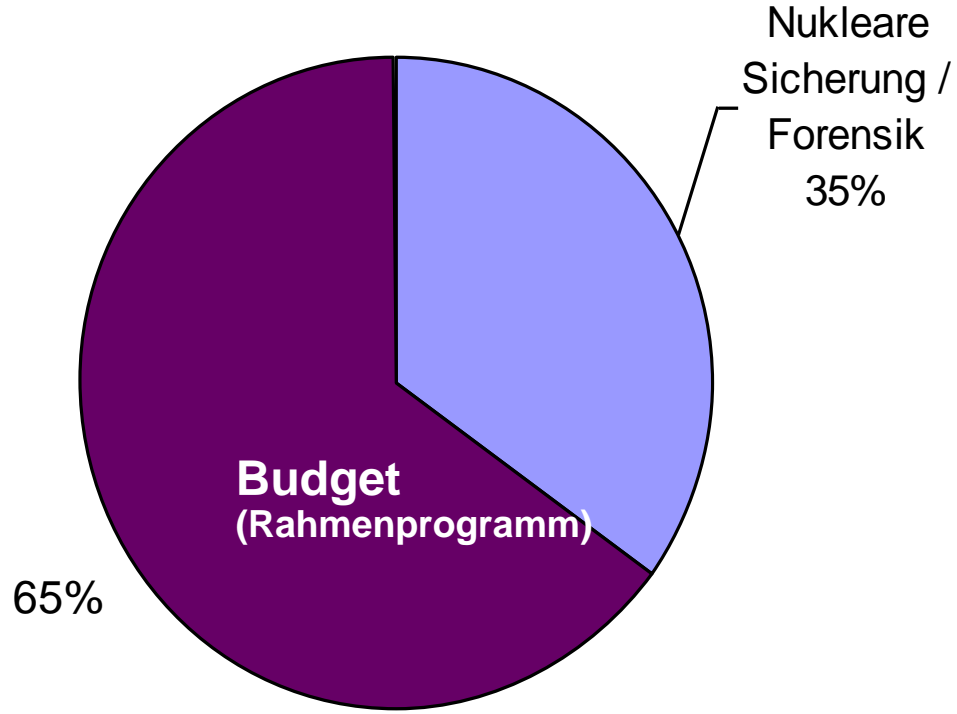
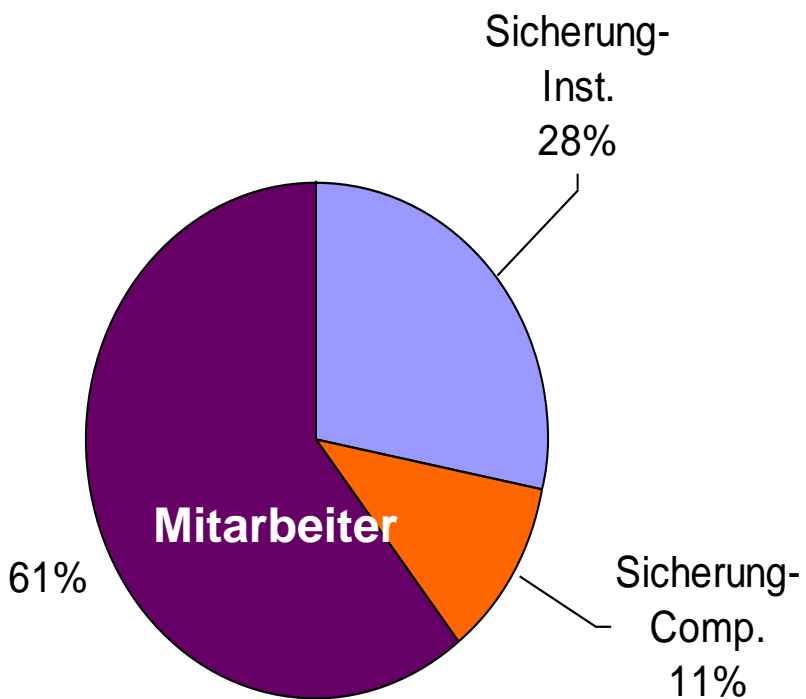
## Beispiele für Zusammenarbeit

Gemeinsames Training mit US State Department und Singapur über **Kampf gegen Nuklearschmuggel**, September 2011 (für Südostasien)

- **Kooperation mit nationalen Polizeibehörden**
  - ITU ist Analysenlabor innerhalb des nationalen Maßnahmenplans für Fälle von Nuklearschmuggel in Deutschland.
  - Aufbau eines Handschuhkastens zur Abnahme von Fingerabdrücken auf kontaminierten Gegenständen.
- Kooperation Europol und Interpol
- Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism, 82 Mitgliedsstaaten, ITU als Expertenlabor für nukleare Forensik



# Ressourcen: Nukleare Sicherung / Forensik



## Ressourcen: Materialmengen

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt	Aktinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt
<b>Nukleare Sicherung/Forensik (Nuclear safeguards and security)</b>									
Sum	5	2,7	1	0,004	155	115	10		



## Ressourcen: Materialmengen

	Am-241 (kg)	Am-242m (kg)	Am-243 (kg)	Th-229 (kg)	nat. Th (kg)	Th-232 bestrahltes (kg)	Cm-243 (kg)	Cm-244 (kg)	Cm-245 (kg)	Cm-246 (kg)	Np (kg)	Ra-226 (kg)	Pa-231 (kg)	vielfaches der Freigrenze
<b>Nukleare Sicherung/Forensik (Nuclear safeguards and security)</b>														
Sum	0,1	0,006	0,03		22						5			<b>E9</b>

# Inhalt

- Erstellung der ... in der  
Kom ... Institutionen
- Inhalt des Forschungsprogramms
- Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:
  - Inhalt, Ziele
  - Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:
    - Personal, Etat, Materialmengen
- Verträge mit dem KIT

**DISKUSSION**

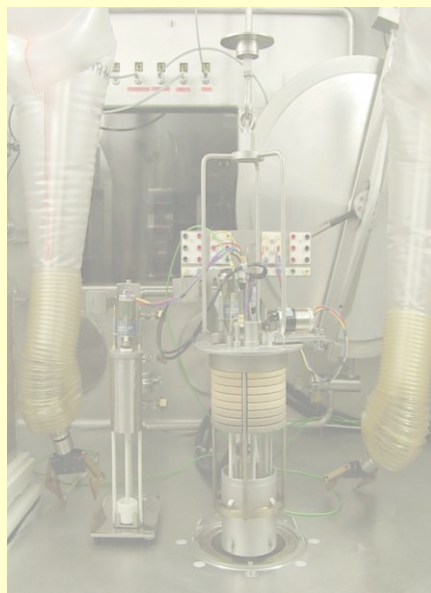


# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane

## Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung



Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte



Nukleare  
Sicherung /  
Forensik



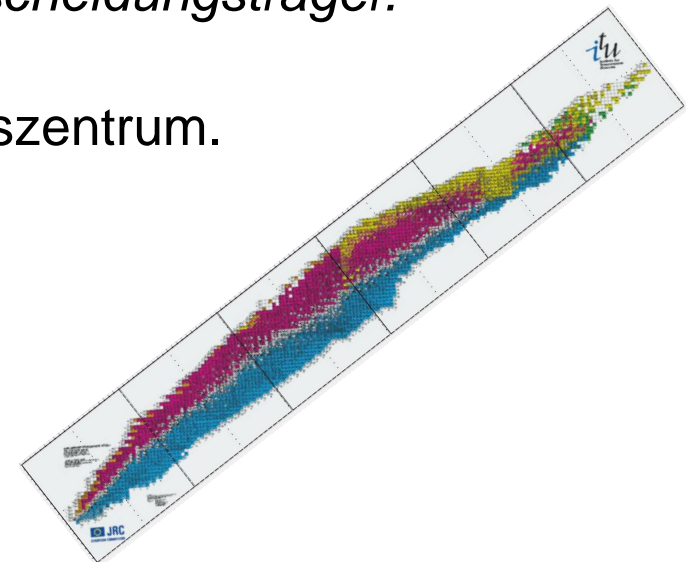
Aus-  
und  
Weiterbildung

## Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane



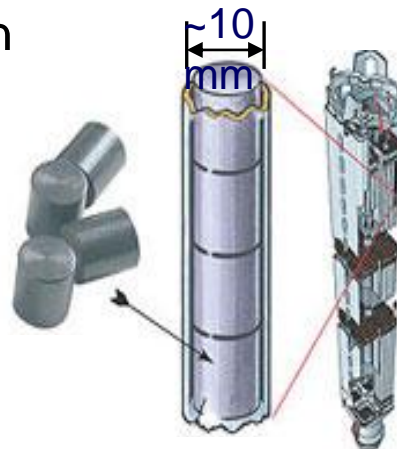
**Aus-  
und  
Weiterbildung**

- Schulung und Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.
- Ausbildung von nationalen und internationalen Inspektoren, z.B.: *Inspektoren (IAEA, EURATOM), Grenzbeamte/Polizei, Ausbilder/zukünftige Ausbilder, Experten, Manager/Entscheidungsträger.*
- Europäisches Schulungszentrum.
- Karlsruher Nuklidkarte (seit 2006).



# Aus- und Weiterbildung in Spaltstoffflusskontrolle und Forensik


- Detektion / Szenario
- Ausbildung von nationalen und internationalen Inspektoren an realen Kernmaterialien
- Nachweismethoden von Nuklearmaterial, Koordinierung von Maßnahmen zur Verhinderung illegalen Umgangs
- Forensische Analysen



**JRC** Training on Nuclear Forensics

**Nuclear Forensics** : aim at identifying origin and intended use using information inherent to the (nuclear) material

- **Target audience:**
  - ✓ Research Institute
  - ✓ Measurement Laboratory



**JRC** Training of First Responders (2nd line of defence)

**Target audience:**

- ✓ Customs
- ✓ Border Guards
- ✓ Police
- ✓ Security Service

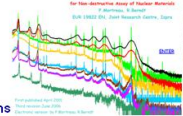
**Main topics**

- Procedures for detection
- Verification of alarm
- Securing material
- Self and site protection
- Preservation of evidence




**JRC** Training facilities for nuclear safeguards inspectors (1st line of defence)




**NDA** : Neutron, gamma  
DA + environmental sampling  
Mass spectrometry : e.g. UF<sub>6</sub>  
Use of reference materials



**MASS/VOLUME**  
Density and level determinations and process/behaviour follow-up

**CONTAINMENT/SURVEILLANCE**  
Camera observation with image treatment and image review tools

**COMPLEMENTARY ACCESS**  
Novel training courses for enhancing the nuclear inspectors observation and soft skills

## Aufbau eines EU Trainingszentrums für nukleare Sicherheit

- Unterstützt von der GD HOME  
(EU Chemical Biological Radiological Nuclear Action Plan)
- Training unter Verwendung von Nuklearmaterial für
  - Detektion
  - Forensik
- Komplementär zu nationalen Trainingsprogrammen (z.B. für deutsche Behörden und Polizei)
- In Zusammenarbeit mit EU Mitgliedstaaten, der IAEO und internationalen Initiativen



# Entwicklung und Aufbau eines europäischen Schulungszentrums für nukleare Sicherheit und Sicherung (European School for Nuclear Safety and Security)

## Schwerpunkte:

- Nukleare Sicherung, Safeguards und Forensik
- Sicherheit des nuklearen Brennstoffkreislaufes, einschließlich der Endlagerung (und Stilllegung)
- Grundlagen Forschung, insbesondere zur Chemie und Physik der Actiniden
- Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen

## Ressourcen: Aus- und Weiterbildung

# 2007-2011

Ressourcen sind in den  
Forschungsprogrammen enthalten

z.Zt. ca. 10 – 15%, zukünftig bis ca. 25%



## Ressourcen: Materialmengen

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt	Aktinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt
<b>Aus- und Weiterbildung (Education and Training)</b>									
	20	20	30	0,12	400	350	350		

<b>Staatliche Verwahrung</b>									
	30	10	10			100			



## Ressourcen: Materialmengen

Am-241 (kg)	Am-242m (kg)	Am-243 (kg)	Th-229 (kg)	nat. Th (kg)	Th-232 bestrahltes (kg)	Cm-243 (kg)	Cm-244 (kg)	Cm-245 (kg)	Cm-246 (kg)	Np (kg)	Ra-226 (kg)	Pa-231 (kg)	vielfache der Freigrenze
<b>Aus- und Weiterbildung (Education &amp; Training)</b>													
				350						15			E9

# Inhalt

- Erstellung des Mediationsverfahrens in der Kommission und in den Institutionen

**DISKUSSION**

- Inhalt des Forschungsprogramms

- Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:

- Inhalt, Ziele

- Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:

- Personal, Etat, Materialmengen

- Verträge mit dem KIT

# Inhalt

- **Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission: Beteiligte Akteure/Institutionen**
- **Inhalt des Forschungsprogramms**
- **Vorstellung der vier Forschungsbereiche am ITU:**
  - **Inhalt, Ziele**
  - **Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:**
    - **Personal, Etat, Materialmengen**
- **Verträge mit dem KIT**

## Direkte Verträge/Vereinbarungen mit KIT

- Karlsruher Nuklidkarte
- Vereinbarung - Computer-Programm WebKORIGEN
- Vereinbarung "WindTracer"
- Collaboration Agreement - Safety of the Nuclear Fuel Cycle and Basic Science of Actinides (*In Bearbeitung*)
- Software Licensing Agreement TRANSURANUS
- Vereinbarung zum südwestdeutschen Forschungs- und Lehrverbund
- Verschiedene Dienstleistungsverträge (Feuerwehr, Medizin, Kantine, etc.)

# Indirekte Aktionen (Consortium Agreements)

## KIT, ITU und weitere Partner

SARNET 2 - Severe Accident Research Network of Excellence 2

EURACT-NMR - Towards a European Centre for Nuclear Magnetic Resonance (NMR) on Actinides

ADRIANA - Advanced Reactor Initiative and Network Arrangement

ARCAS - ADS and Fast Reactor Comparison Study in Support of Strategic Research Agenda of SNETP

GETMAT - Gen IV and Transmutation Materials

ACSEPT - Actinide Recycling by Separation and Transmutation

RECOSY - Redox Phenomena Controlling Systems

CP-ESFR - Collaborative Project on European Sodium Fast Reactor

ACTINET-I3 - Actinet Integrated Infrastructure Initiative

GOFASTR - European Gas Cooled Fast Reactor

EVOL - Evaluation and Viability of Liquid Fuel Fast Reactor System

ARCHER - Advanced High-Temperature Reactors for Cogeneration of Heat and Electricity R&D

JASMIN - Joint Advanced Severe accidents Modelling and Integration for Na-cooled fast neutron reactors

NURENEXT-NUCLEAR REACTOR SIMULATION PLATFORM EXTENSION

PELGRIMM - PELlets versus GRanulates: Irradiation, Manufacturing & Modelling

SEARCH - Safe ExploitAtion Related CHemistry for HLM reactors

# Inhalt

- **Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission: Beteiligte Akteure/Institutionen**
- **Inhalt des F**
- **Vors** **der Forschungsbereiche am ITU:**
  - **Inhalt, Ziele**
  - **Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:**
    - **Personal, Etat, Materialmengen**
- **Verträge mit dem KIT**

**DISKUSSION**

## Inhalt

- Erstellung des Forschungsprogramms in der Kommission: Beteiligte Akteure/Institutionen
- Inhalt des Forschungsprogramms
- **Zusammenfassung** der Forschungsbereiche am ITU:
- Ressourcen der einzelnen Forschungsbereiche:
  - Personal/Etat, Materialmengen
- Verträge mit dem KIT



# Forschungsprogramme

- ✓ mit mehrjähriger Laufzeit
- ✓ vorgeschlagen von der Kommission
- ✓ in Absprache mit den Ländern und
- ✓ verabschiedet durch Parlament und Rat

# Das Forschungsprogramm des Instituts für Transurane

## Nukleare Sicherheit und Nukleare Sicherung



Grundlagen  
Forschung  
und  
Anwendung



Sicherheit von  
Kernbrennstoffen /  
Endlagerung /  
Umweltaspekte



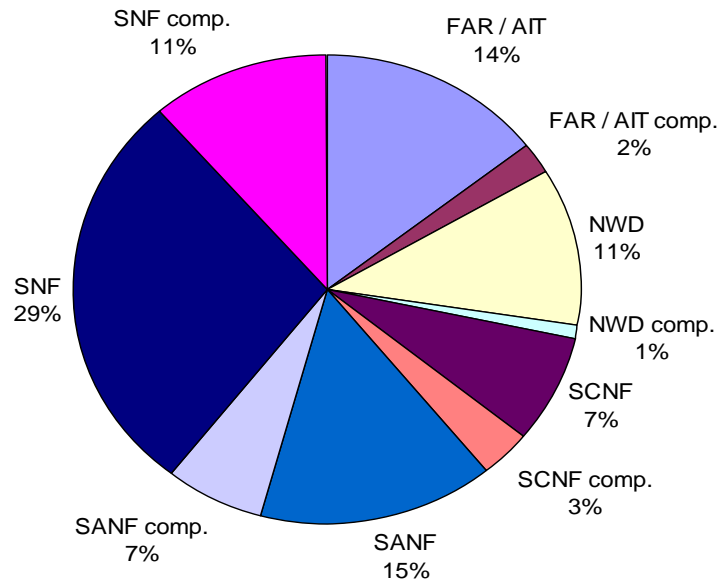
Nukleare  
Sicherung /  
Forensik



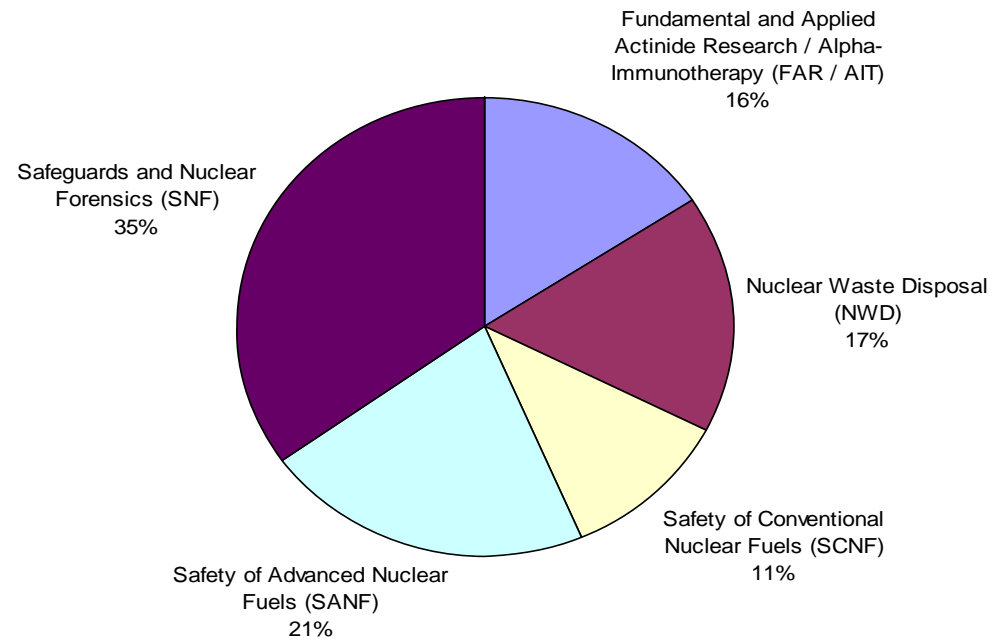
Aus-  
und  
Weiterbildung

# Ressourcen: Gesamt

## Mitarbeiter



## Budget (Rahmenprogramm)



# Inhalt der Genehmigung

- Keine zusätzliche Mengen an Plutonium und hochangereichertem Uran beantragt.
- Zusätzlich beantragte Mengen anderer radioaktiver Stoffe durch Forschungsprogramm begründet.

## Ressourcen: Gesamt Materialmengen

	Pu (kg)	U-235 (kg)	U-233 (kg)	U-232 (kg)	nat. U (kg)	schwach angereichertes U (kg)	abgereichertes U (kg)	Urankernbrennstoff bestrahlt (kg)	Aktinidenkernbrennstoff (Pu, Am, Np, Cm) bestrahlt (kg)
<b>Grundlagen Forschung und Anwendung (Basic Research and Applications)</b>									
<b>Summe</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>10</b>	<b>0,04</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>2</b>		
<b>Sicherheit von Kernbrennstoffen (Safety of Nuclear fuel cycle)</b>									
<b>Summe</b>	<b>34,2</b>	<b>19</b>	<b>18,2</b>	<b>0,0728</b>	<b>164</b>	<b>19</b>	<b>106</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>Nukleare Sicherung/Forensik (Nuclear safeguards and security)</b>									
<b>Summe</b>	<b>5</b>	<b>2,7</b>	<b>1</b>	<b>0,004</b>	<b>155</b>	<b>115</b>	<b>10</b>		
<b>Aus- und Weiterbildung (Education and Training)</b>									
<b>Summe</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>0,12</b>	<b>400</b>	<b>350</b>	<b>350</b>		
<b>Staatliche Verwahrung:</b>									
<b>Summe</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>10</b>			<b>100</b>			
<b>Ges. Sum.</b>	<b>90,2</b>	<b>51,8</b>	<b>69,2</b>	<b>0,24</b>	<b>819</b>	<b>584</b>	<b>468</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>Anhang A</b>	<b>180</b>	<b>50</b>	<b>0,3</b>	<b>0</b>	<b>750</b>	<b>350</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Anhang B</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>80</b>	<b>0,32</b>	<b>475</b>	<b>300</b>	<b>465</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

## Ressourcen: Gesamt Materialmengen

	Am-241 (kg)	Am-242m (kg)	Am-243 (kg)	Th-229 (kg)	nat. Th (kg)	Th-232 bestrahltes (kg)	Cm-243 (kg)	Cm-244 (kg)	Cm-245 (kg)	Cm-246 (kg)	Np (kg)	Ra-226 (kg)	Pa-231 (kg)	vielfaches der Freigrenze
<b>Grundlagen Forschung und Anwendung</b>														
<b>Summe</b>	<b>0,07</b>	<b>0,004</b>	<b>0,026</b>	<b>6e-4</b>	<b>20</b>	<b>0,02</b>	<b>0,003</b>	<b>0,015</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>5</b>	<b>0,015</b>	<b>0,04</b>	<b>E9</b>
<b>Sicherheit von Kernbrennstoffen</b>														
<b>Summe</b>	<b>10</b>	<b>0,6</b>	<b>3,7</b>		<b>135</b>	<b>0,01</b>	<b>0,008</b>	<b>0,5</b>	<b>0,125</b>	<b>0,03</b>	<b>31</b>		<b>0,01</b>	"
<b>Nukleare Sicherung/Forensik</b>														
<b>Summe</b>	<b>0,1</b>	<b>0,006</b>	<b>0,03</b>		<b>22</b>						<b>5</b>			"
<b>Aus- und Weiterbildung</b>														
<b>Summe</b>					<b>350</b>						<b>15</b>			"
<b>Staatliche</b>														
<b>Summe</b>														"
<b>Ges. Sum.</b>	<b>10,2</b>	<b>0,61</b>	<b>3,7</b>	<b>6e-4</b>	<b>527</b>	<b>0,03</b>	<b>0,011</b>	<b>0,52</b>	<b>0,13</b>	<b>0,031</b>	<b>56</b>	<b>0,015</b>	<b>0,05</b>	
<b>Anhang A</b>	2				100			0,02						E8
<b>Anhang B</b>	<b>10</b>	<b>0,6</b>	<b>3,7</b>	<b>6e-4</b>	<b>450</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,6</b>	<b>0,15</b>	<b>0,04</b>	<b>60</b>	<b>0,015</b>	<b>0,04</b>	<b>E9</b>



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**