

Monitoring des grenzüberschreitenden Transports von  
Rückständen der Uranaufbereitung in zentralasiatischen  
Fließgewässern -  
**Entwicklung regional angepasster  
Bestimmungsmethoden für Pb-210 und Po-210 in  
Schwebstoffen**

C. Kunze, H. Hummrich, J. Schott

IAF-Radioökologie GmbH

Radeberg/Dresden, Germany

# Überblick

- Hintergrund und Ziele von TRANSPOND
- Entwicklung der regional angepassten Bestimmungsmethode für Pb-210 und Po-210
- Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors



[[https://de.wikipedia.org/wiki/Weltkarte#/media/Datei:Worldmap\\_LandAndPolitical.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Weltkarte#/media/Datei:Worldmap_LandAndPolitical.jpg)]

# Hintergrund und Ziele von TRANSPOND (1)

- Zahlreiche aktive und stillgelegte, i.d.R. unsanierte/ unzureichend sanierte, Uran- und Seltenerd-Bergbau-standorte mit Abfallhalden aus Bergbau und Aufbereitung in allen zentralasiatischen Staaten.
- Abfallhalden sind radiologisch hochgradig belastet.
- Kontinuierlicher Eintrag von gelösten und partikulär gebundenen radioaktiven Stoffen in das Gewässernetz.
- Überproportionaler Schadstoffeintrag durch Hangrutsche und Schlammlawinen bei periodischen Hochwasserereignissen, sowie Starkregen und Erdbeben.





# Hintergrund und Ziele von TRANSPOND (2)

- Fehlende Erfassung, Überwachung und Bewertung von Grundeinträgen und Spitzen der Radionuklidfreisetzung führen zu grenzüberschreitenden Spannungen durch unterstellte radiologische Kontamination von Wasser und Böden.



[aus: Regionalexpertise – Destabilisierungs- und Konfliktpotential prognostizierter Umweltveränderungen in der Region Zentralasien bis 2020/2050, E. Giese, J. Sehring, WBGU]

# Hintergrund und Ziele von TRANSPOND (3)

- Ziel:
  - Aufbau eines grenzüberschreitenden Monitoring- und Informations-Systems zur Erfassung von radioaktiven Kontaminationen
    - Ausstattung geeigneter Labors mit Verfahren/Methoden zur Probenahme und Radionuklidanalyse
    - Software- und Datenbankenentwicklung zur Erfassung, Speicherung und Verfügbarmachung von (radiologischen) Messdaten
    - Erarbeitung von Lösungen zum Datenaustausch zwischen (zunächst) Kirgistan und Usbekistan; evtl. Ausbau zum Frühwarnsystem

# Hintergrund und Ziele von TRANSPOND (3)

- Ziel:
  - Aufbau eines grenzüberschreitenden Monitoring- und Informations-Systems zur Erfassung von radioaktiven Kontaminationen
  - **Ausstattung geeigneter Labors mit Verfahren/Methoden zur Probenahme und Radionuklidanalysen**
  - Software- und Datenbankenentwicklung zur Erfassung, Speicherung und Verfügbarmachung von (radiologischen) Messdaten
  - Erarbeitung von Lösungen zum Datenaustausch zwischen (zunächst) Kirgistan und Usbekistan; evtl. Ausbau zum Frühwarnsystem



# Methodenentwicklung (1)

- Anforderungen an die Bestimmungsmethode (inkl. Probenahme):
  - Einfache und schnelle Methode, vor allem für die Anwendung bei Extremereignissen.
  - Robuste Methode.
  - Reproduzierbarkeit.
  - Einfacher Plausibilitätscheck.



"Dieses Foto" von Unbekannter Autor ist lizenziert  
gemäß CC BY-SA-NC

# Methodenentwicklung (2)

- Herausforderungen an die Bestimmungsmethode, Ergebnis der vorab Laborbegehungen in UZ/KG:
  - Technische Voraussetzungen für aufwändige radiochemische Präparationen sind nicht in ausreichendem Maß gegeben; Basislaborausstattung steht zur Verfügung.
  - Vermeidung der Anwendung von Chemikalien und Arbeitsschritten mit hohen Risiken (ArbSch).
  - Kostenreduktion (Vermeidung der Anwendung teurer Chemikalien, Verbrauchsmaterialien, interne Standards und Laborausstattung).

# Methodenentwicklung (3)

- In UZ/KG gibt es nur vereinzelt Alpha- und Gammaskpektrometer. Diese sind wiederum nicht routinemäßig in Betrieb (keine eingefahrenen Systeme, fehlendes geschultes Personal, fehlender Flüssigstickstoff).
- Einfache LowLevel-Counter sind vieler Orts und auch in der Anwendung verbreitete Geräte zur Detektion von Alpha- und Betastrahlern mit einer Alpha/Beta-Diskriminierung.
- Kalibrierstandards sind in UZ/KG nicht vorhanden.



[<http://www.doza.ru/eng/catalog/radiometres/1018/>]

# Methodenentwicklung (4)

- **Entwicklung einer Methode (inkl. Probenahme) zur Bestimmung der Leitnuklide Pb-210 und Po-210 in Wasser und Schwebstoffen unter lokal angepassten Bedingungen.**
  - Einfache und schnelle Methode mit guter Reproduzierbarkeit (Anwendung interner Standards nicht notwendig).
  - Plausibilitätscheck möglich, da radiochemisches Gleichgewicht von Pb-210 und Po-210 in Tailings und felsigem Abraum.
  - Chemikalieneinsatz übersichtlich. Keine Spezialchemikalien.
  - Herausforderung: Verfügbarkeit von Nickelplättchen nicht gegeben.

# Methodenentwicklung (5)

- Lokale Anpassungen, Resultate der Methodenentwicklung I:
  - Schmelzaufschluss von sehr feinem getrocknetem Sediment mit ausschließlich Natriumhydroxid bei 500°C für 10 Minuten im Zirkontiegel, anstatt Säureaufschluss mit Flusssäure.
  - Abtrennung des Pb-/Bi-/Po-210-haltigen Hydroxidniederschlags und Auflösung mit Salzsäure.
  - Spontane elektrochemische Deposition auf Nickel.
  - Direkte Abscheidung aus der angesäuerten Schmelzlauge (ohne Abtrennung des Hydroxidniederschlags) ist mit nicht reproduzierbaren Verlusten verbunden (zu hohe Ionenstärke, Bildung von Kieselgel).



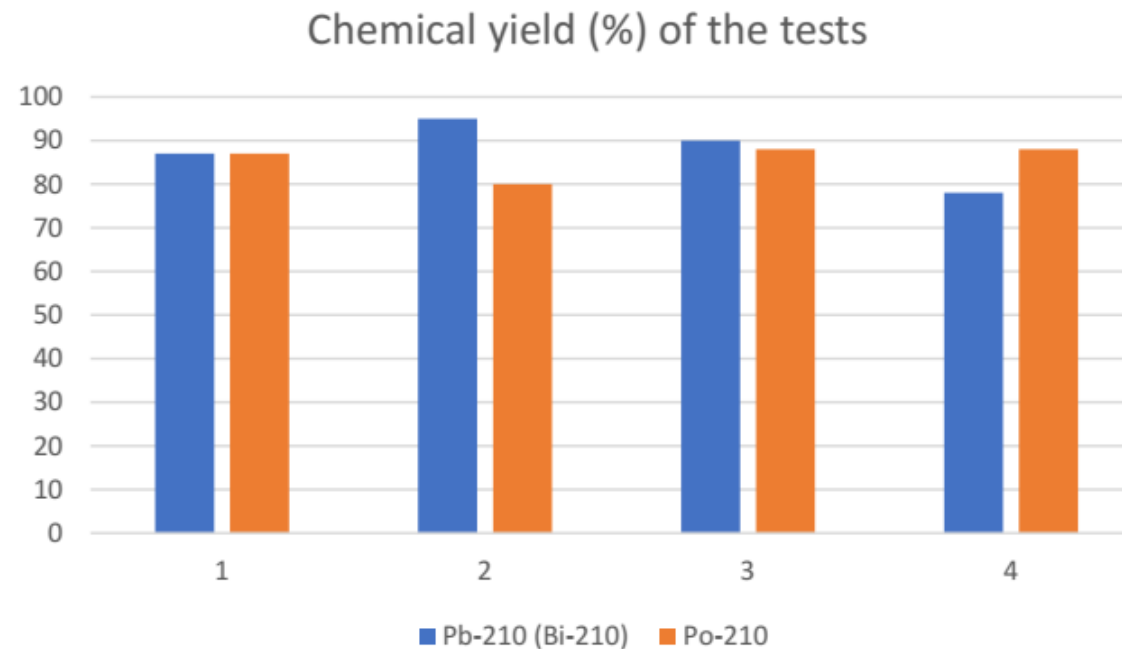


# Methodenentwicklung (6)

- Lokale Anpassungen, Resultate der Methodenentwicklung II:
  - Anstatt reinem Nickel Verwendung einer dort vor Ort beziehbaren russischen Edelstahlsorte mit einem Nickelgehalt von ~ 10 %.
  - Optimierte Abscheidung bei 90°C, 8 h, in 200 ml 0,5 M HCl-Medium.
  - Höhere Säurestärken führen zur Auflösung des Edelstahls innerhalb der Abscheidezeit, geringere Säurestärken zu deutlichen Ausbeuteverlusten.

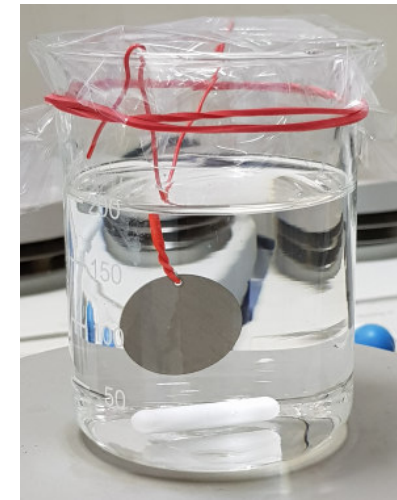
# Methodenentwicklung (7)

- Lokale Anpassungen, Resultate der Methodenentwicklung III:
  - Reproduzierbare Pb-210-/Po-210-Ausbeuten von durchschnittlich **85%**.



# Methodenentwicklung (8)

- Lokale Anpassungen, Resultate der Methodenentwicklung IV:
  - Doppelseitige Abscheidung an einem in die Abscheidelösung gehängten Edelstahlplättchen. Falls Magnetprüher vor Ort vorzufinden waren, wurden Teflonhalterungen für die einseitige Abscheidung zur Verfügung gestellt.
  - Beobachtung: Edelstahlplättchen korrodiert nach wenigen Stunden an der Luft. Gefahr einer Messgerätekontamination.



# Methodenentwicklung (9)

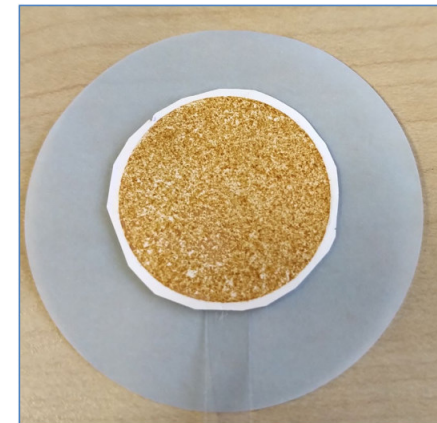
- Lokale Anpassungen, Resultate der Methodenentwicklung V:
  - Messung in Alpha-Beta-Countern mit Alpha-Beta-Diskriminierung
  - Po-210-Messung: direkte Messung der Alphapartikel; Auswertung des Alphakanals
  - Bi-210-Messung: Abdeckung des Präparats mit einer Aluminiumfolie (7 mg/cm<sup>2</sup>) zur Abschirmung der Alphapartikel und der niederenergetischen Betapartikel von evtl. mitabgeschiedenem Pb-210; Auswertung des Betakanals



[<http://www.doza.ru/eng/catalog/radiometres/1018/>]

# Methodenentwicklung (10)

- Lokale Anpassungen, Resultate der Methodenentwicklung VI:
  - Herstellung einer Pb-210/Bi-210/Po-210-Kalibrierprobe:
    - Fe(III)-Hydroxid-Cofällung eines Pb-210<sup>+</sup>-Standards
    - Filtration über einen definierten, der Messprobe entsprechenden, Querschnitt
    - Fixierung des Filters mit der Fällung auf Edelstahlplättchen
    - Quantifizierung von Verlusten des Standards bei der Präparation und Aktivitätskorrektur





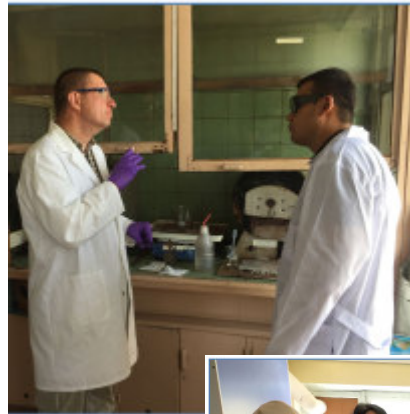
# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (1)

Probenahme-  
Trainings  
in UZ und KG:



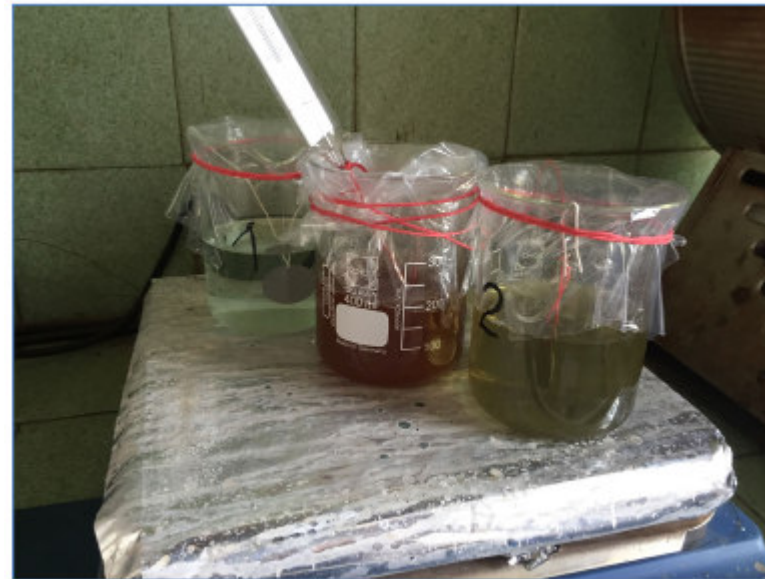
# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (2)

## Schmelzaufschluss von Sedimentproben:



# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (3)

Spontane Abscheidung  
von Bi-210 und Po-210  
auf Edelstahlplättchen:



# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (4)

Messung der Präparate  
im UMF-2000:





# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (5)

Schulung des kirgisischen  
und usbekischen  
Personals bei IAF:



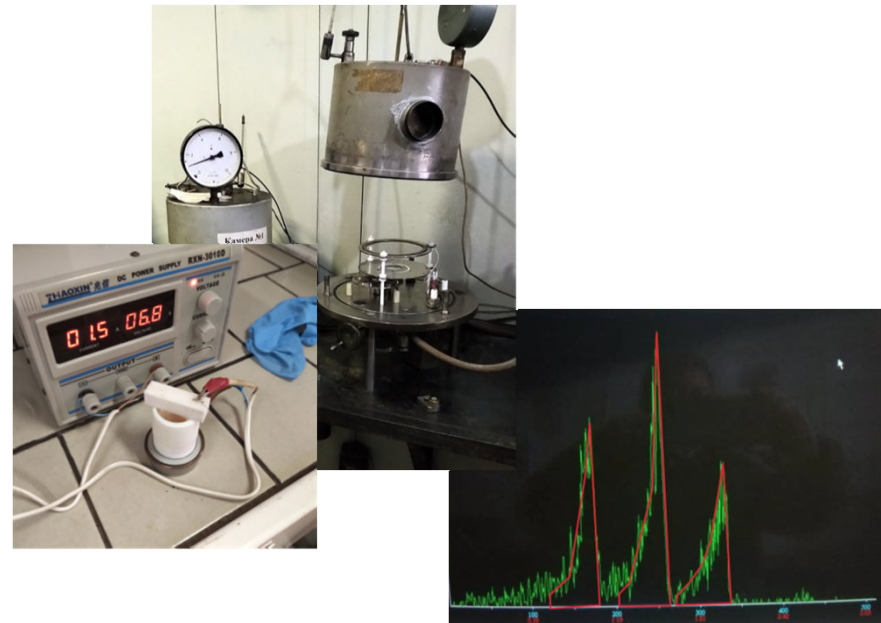
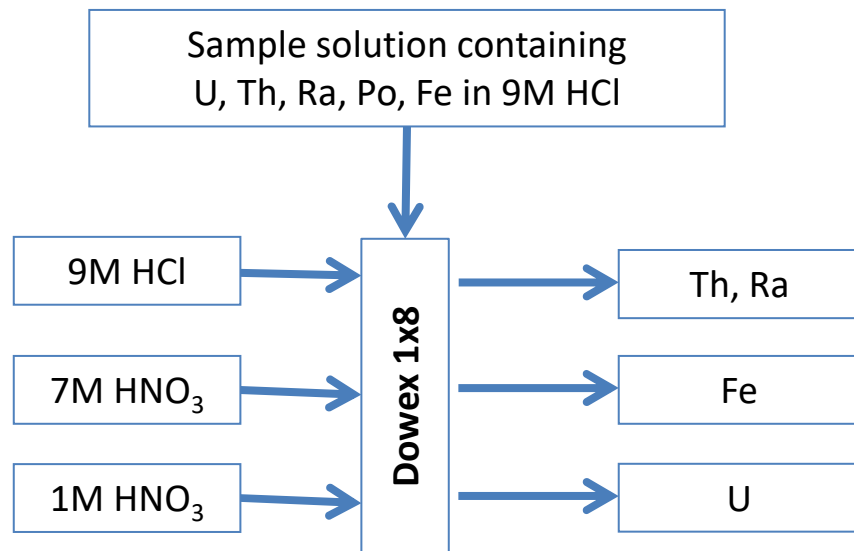


# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (6)

- Zusammenfassung:
  - Die Ausstattung mit Chemikalien, Arbeitsmitteln und Messtechnik in den Labors vor Ort variiert stark und steht u.U. nicht im gewünschten Maße zur Verfügung.
  - Die Fachkenntnisse und Erfahrungen der oft jungen Mitarbeiter ist von unterschiedlichen Grad.
  - In der Zusammenarbeit wurde ein sehr großer Enthusiasmus und eine extreme Einsatzbereitschaft festgestellt. Die Mitarbeiter waren sehr wissbegierig und stellten viele Fragen.

# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (7)

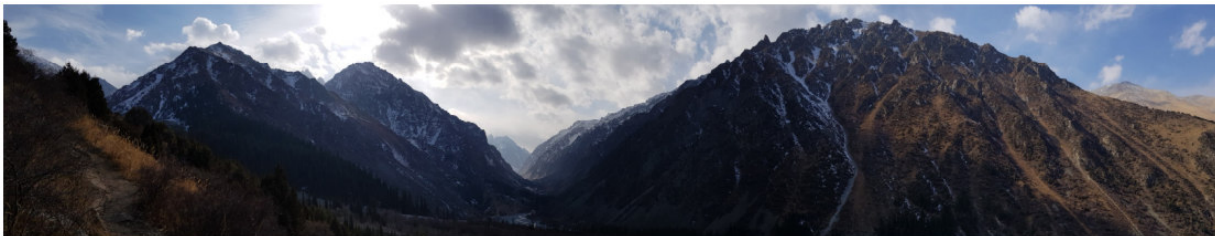
- Zusammenfassung:
  - Aufgrund des schnellen Fortschritts wurde zusätzlich eine Anleitung zur Bestimmung von Uran-Isotopen in Sedimenten nach Schmelzaufschluss vermittelt.



# Methodeneinführung in usbekischen und kirgisischen Labors (8)

- Zusammenfassung:
  - Sowohl in Bishkek (KG) als auch in Radeberg kam es trotz einiger politischer Hürden im Vorfeld zu einer gemeinsamen Laborarbeit von kirgisischen und usbekischen Mitarbeitern. Diese Zusammenarbeit war produktiv und die Begegnung sehr herzlich.
  - Die erlernten Methoden wurden in SOP's überführt und finden nun routinemäßig Anwendung z.B. im Rahmen des Umweltmonitorings während der Sanierungsarbeiten am Standort Shekaftar.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

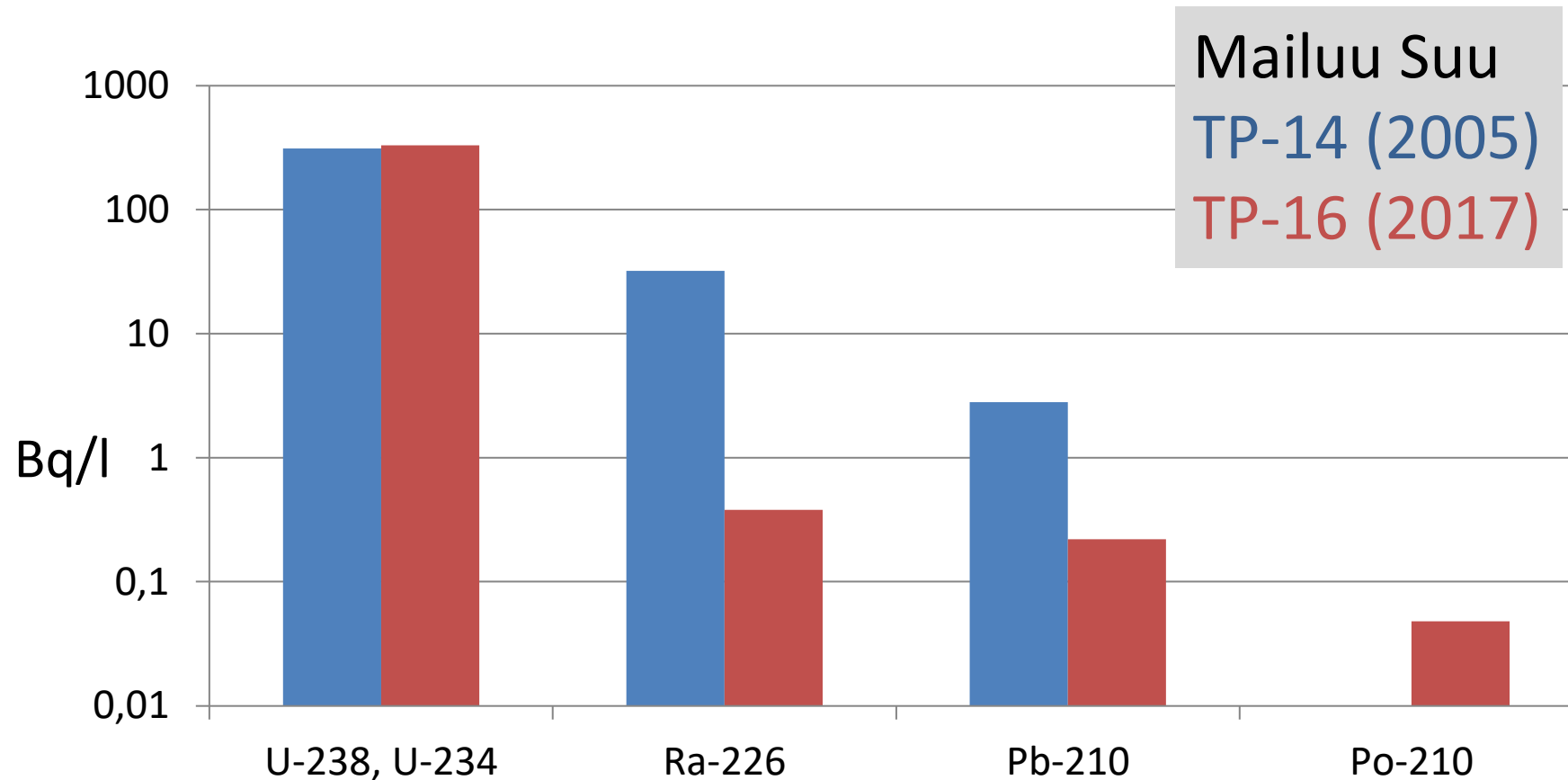


- Wir bedanken uns beim BMBF für die finanzielle Unterstützung des Projekts TRANSPOND (FKZ 03G0879A/B/C) unter dem CLIENT II Programm.

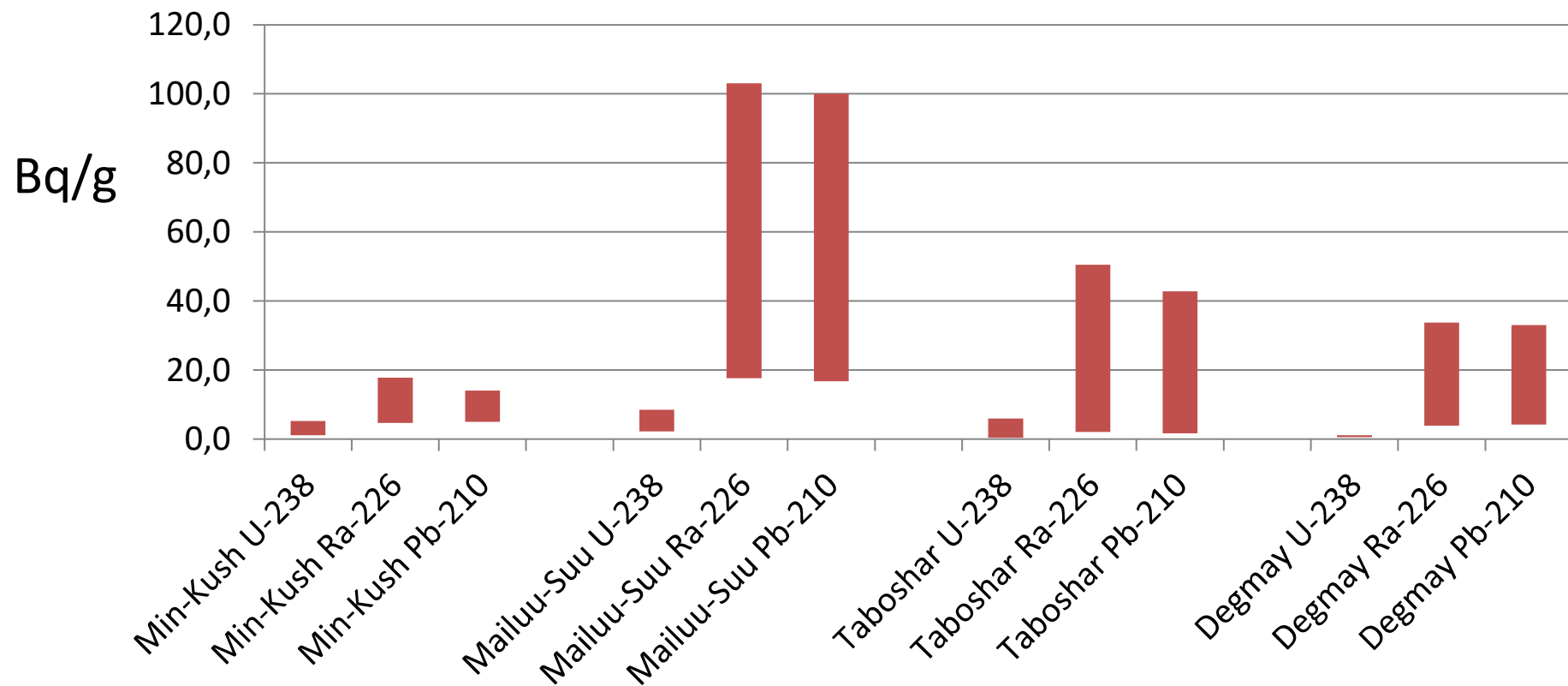
# Anhang



# Tailings pore and seepage water

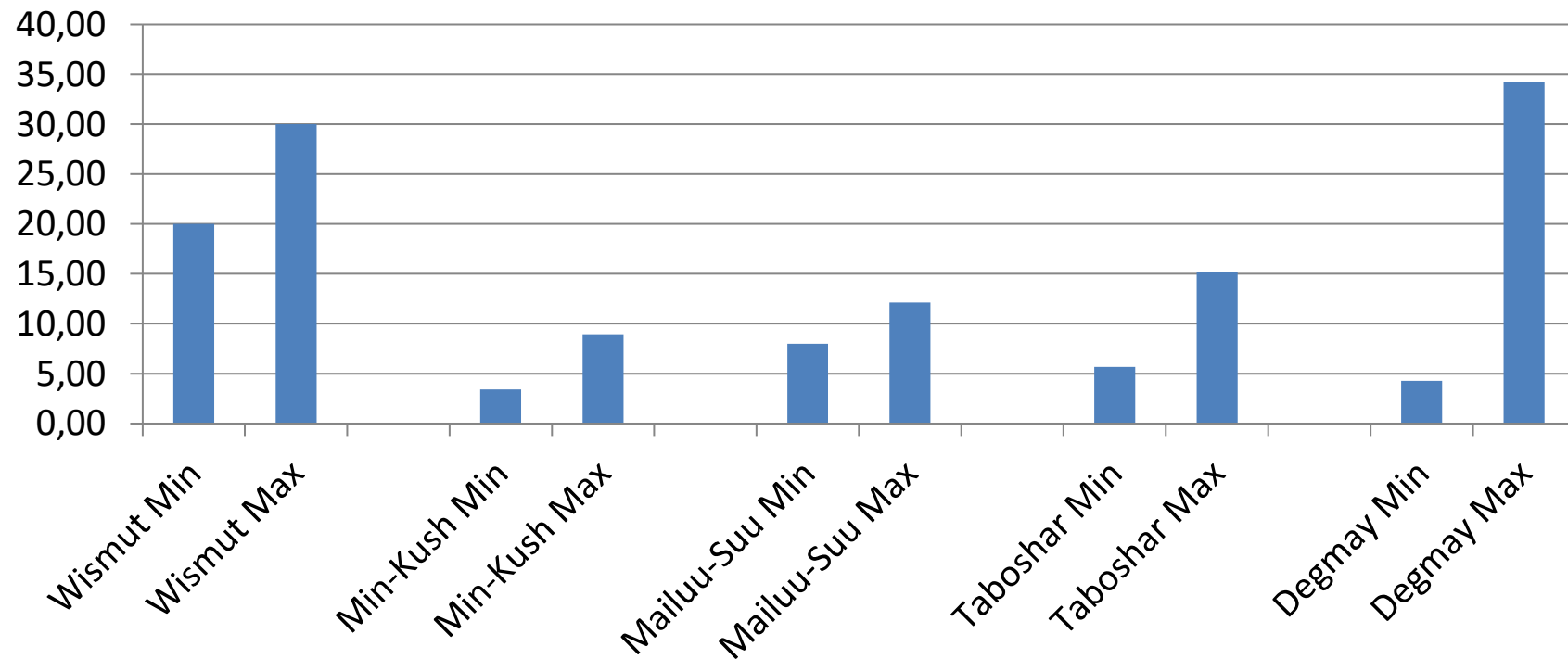


# Specific activity of U tailings

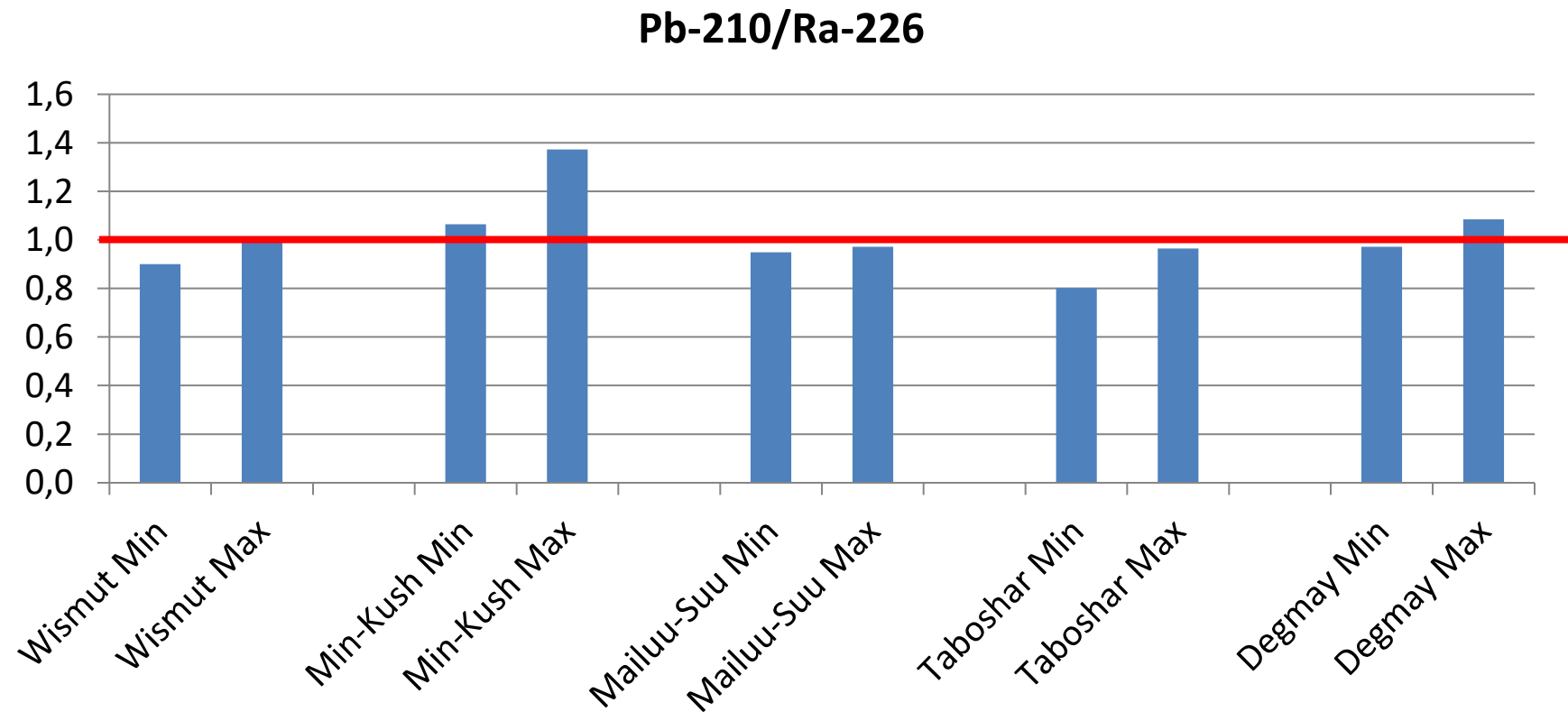


# Ratio of Ra-226/U-238 in tailings

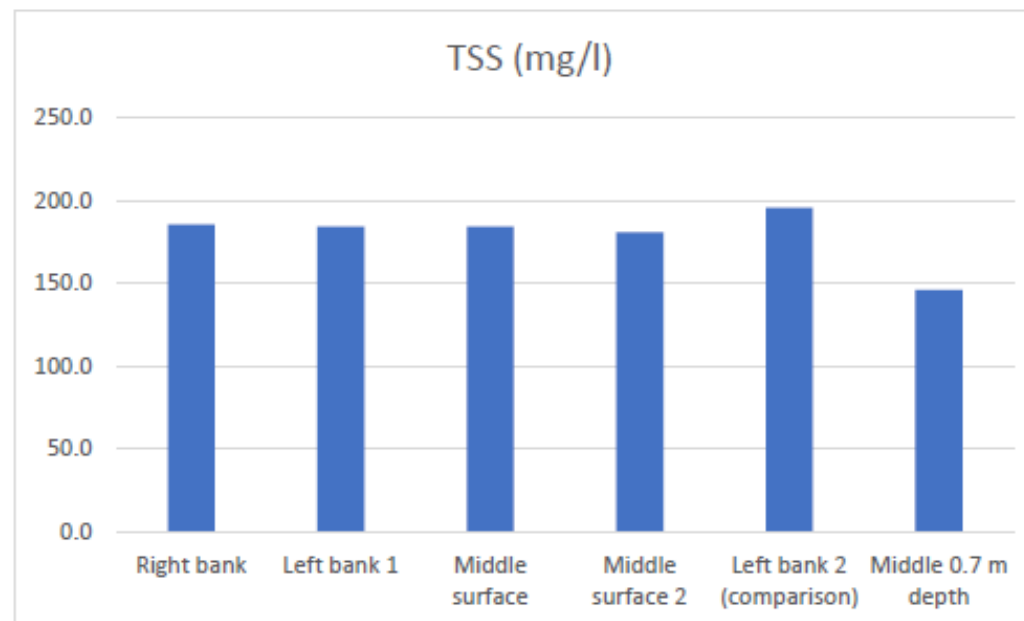
Ra-226/U-238



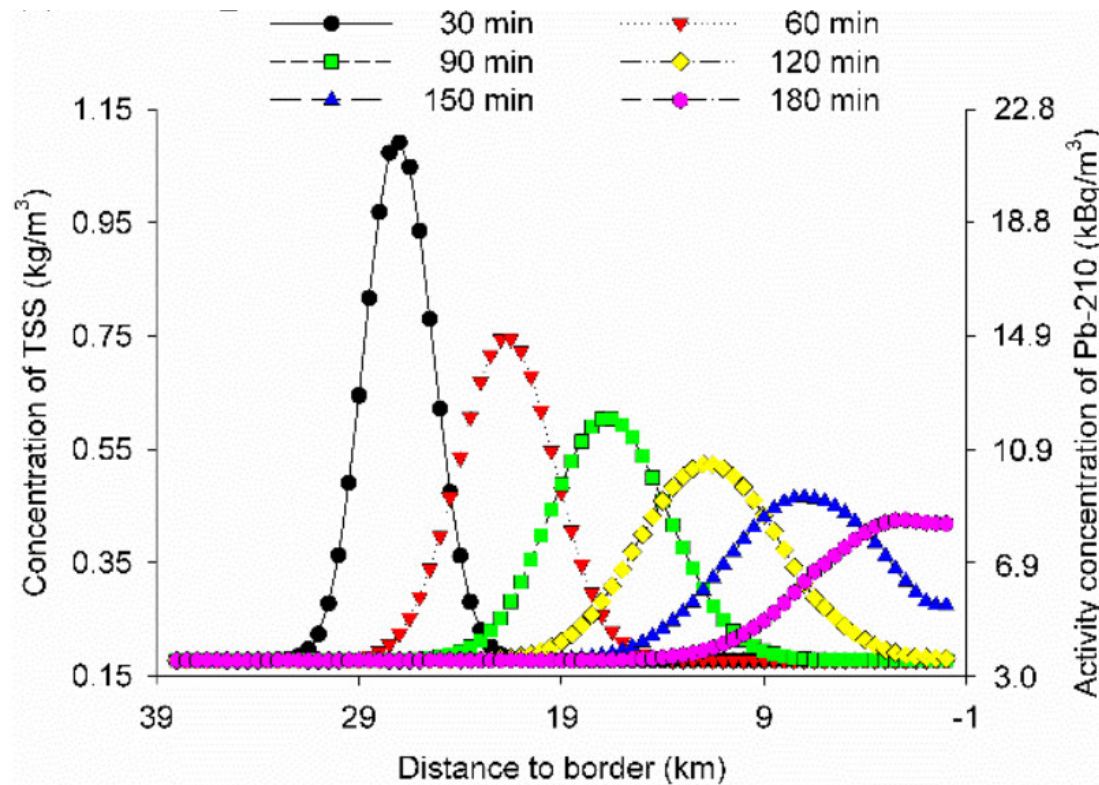
# Ratio of Pb-210/Ra-226 in tailings



# Probenahme



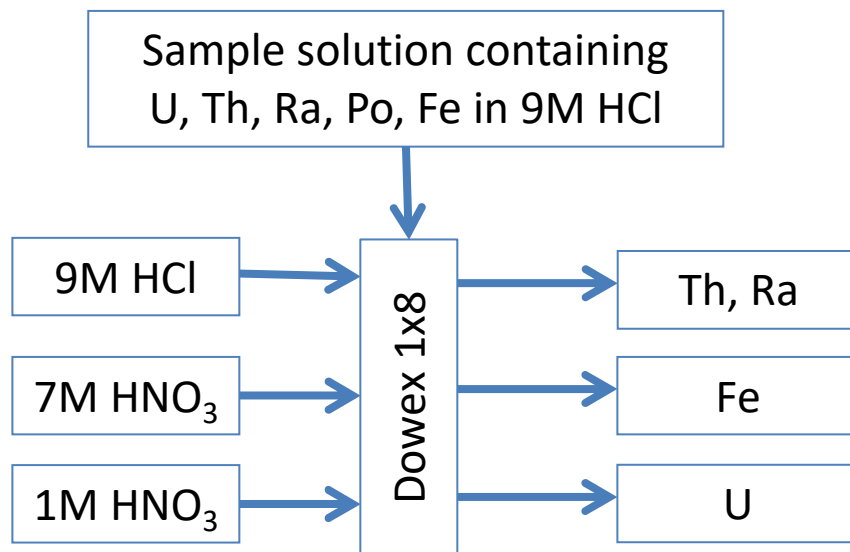
# Simulation Schwebstofftransport



[aus: Fengqing Li et al., Landslide-Induced Mass Transport of Radionuclides along Transboundary Mailuu-Suu River Networks in Central Asia, Remote Sens. 2021, 13, 698.]



# Trennung von U mittels Dowex 1x8, 200-400 mesh



- U bildet anionische Chlorokomplexe ( $\text{UO}_2\text{Cl}_4^{2-}$ ) in hochkonzentrierter HCl (6-12 M)
- Th und Ra bilden keine Chlorokomplexe und passieren die Säule
- Mitadsorbiertes Fe stört die Bestimmung und wird mit 7 M HNO<sub>3</sub> entfernt.
- Po-210 hat eine ähnliche Alphaenergie wie das als Ausbeutetracer dienende Nuklid U-232 und muss daher zwingend abgetrennt werden. Po bildet jedoch Kolloide, die auf der Säule ausgefällt werden.
- U wird mit verdünnter (1 M) HNO<sub>3</sub> eluiert
- Die Präparation erfolgt durch elektrolytische Abscheidung.