



INHALT

- Editorial..... S.1
- TK-TcScint Resin S.1-3
- Neuigkeiten S.3
- TK202 Resin S.4-6
- Agenda S.6

● Sehr geehrte Kunden,

wir hoffen, dass Sie und alle diejenige, die Ihnen nahe stehen gesund sind. Reisebeschränkungen und virtuelle Konferenzen haben den direkten Kontakt mit Ihnen stark eingeschränkt, aber wir beantworten Ihre Anfragen sehr gerne per Telefon, E-Mail oder Videoschaltung.

In der neuen Ausgabe unserer Newsletter möchten wir Ihnen zwei neue Harze vorstellen.

Das TK202 Resin, welches auf einem wässrigen Zweiphasen System besteht, findet hauptsächlich Anwendung in der Trennung von Tc aus alkalischen Proben, wie z.B. aufgelösten Mo Targets oder aufgeschlossene Rückbauproben.

Das TK-TcScint Resin ist das erste Harz einer neuen Produktreihe, welche aus mit selektiven Extraktanten imprägnierten Plastik-Szintillations-Mikrosphären besteht. Diesen neuen Resins wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Barcelona entwickelt. Das TK-TcScint Resin erlaubt die direkte Messung von Tc-99, welches in der Kartusche zurückgehalten wird, ohne Elution oder Zugabe eines LSC Cocktails, wodurch die Sicherheit erhöht und gleichzeitig Kosten und effektiv notwendige Arbeitszeit reduziert werden.

Bitte kontaktieren Sie unser technisches Team für weitere Information zu diesen neuen Harzen.

Während der vom NPL organisierten CARM 2020 hatten wir Sie, zu einem virtuellen Anwendertreffen eingeladen. Der Erfolg dieses Treffens hat uns dazu veranlasst auch in diesem Jahr wieder ein virtuelles Treffen zu organisieren. Unser Dank gilt NPL, die diese Organisation während der vCARM 2021 ermöglichen werden. Wir würden uns freuen, wenn Sie an diesem Treffen teilnehmen und Ihre Arbeiten präsentieren würden.

Michaela Langer, Präsidentin

● TK-TcScint Resin

Das TK-TcScint Resin ist das erste Resin einer neuen Produktreihe von „imprägnierten Plastik-Szintillations-Mikrosphären“, welche ursprünglich von García, Tarancón und Bagán an der Universität Barcelona entwickelt wurden^[1-5].

Diese neue Produktreihe besteht aus Plastik-Szintillations-Mikrosphären (PSm, Herkunft Universität Barcelona), welche mit verschiedenen selektiven Extraktanten imprägniert sind.

Das TK-TcScint Resin ist, wie der Name bereits andeutet, hauptsächlich zur Bestimmung von Tc-99 gedacht. Der Extraktant auf welchem es basiert ist Aliquat336, darüber hinaus enthält es auch noch eine geringe Menge eines langkettigen Alkohols. Dementsprechend ist seine Selektivität generell dem TEVA Resin ähnlich.

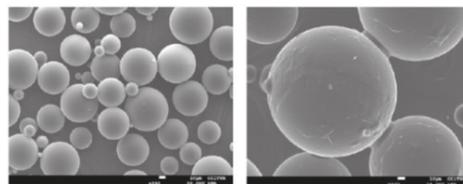


Abb. 1: links - nicht-imprägnierte Plastik-Szintillations-Mikrosphären (PSm), rechts - imprägnierte PSm (TK-TcScint). Bilder entnommen aus [4]

oder mit auf Pumpensystemen basierenden Geräten zur automatisierten Trennung^[1,5] verwendet.

Das PSm Trägermaterial, welches bei der Herstellung des TK-TcScint Resin eingesetzt wird, agiert selbst als Szintillations-Medium, dies erlaubt eine direkte Messung des auf der Kartusche zurückgehaltenen Tc-99 am LSC Zähler.

Eine Elution des Tc-99, und anschließende Zugabe eines flüssigen LSC Cocktails sind somit nicht notwendig.

Dies hat eine Reihe von Vorteilen:

- Zeitgewinn, insbesondere im Rahmen von Notfallsituationen wichtig
- Vermeidung gemischter radioaktiver Abfälle und somit Kosteneinsparung bei der Entsorgung
- Keine Elution des Tc in HNO₃ hoher Konzentration und anschließendes Eindampfen / Aliquotierung des Eluats
- Kein Abschneiden der Säulen- oder Kartuschenspitzen gefolgt vom Herausdrücken des Harzes in ein LSC Fläschchen.

Insbesondere die letzten beiden Punkte sind im Rahmen des Strahlenschutzes von hohem Interesse, gerade wenn höheraktive Proben analysiert werden sollen.

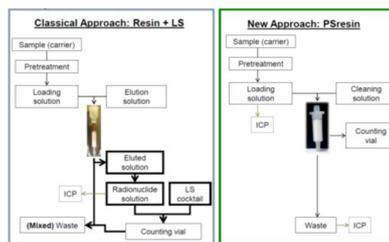


Abb 2: Vergleich einer klassischen radioanalytischen Methode und dem auf PSm Resin basierenden Ansatz. Entnommen aus [5]

Die Abbildungen unter 1 zeigen REM Bilder der nicht-imprägnierten PSm, sowie der imprägnierten PSm (TK-TcScint).

Das TK-TcScint wird generell als bereits gepackte 2 mL Kartusche mit Vakuumbox-Systemen

oder mit auf Pumpensystemen basierenden Geräten zur automatisierten Trennung^[1,5] verwendet.

Das PSm Trägermaterial, welches bei der Herstellung des TK-TcScint Resin eingesetzt wird, agiert selbst als Szintillations-Medium, dies erlaubt eine direkte Messung des auf der Kartusche zurückgehaltenen Tc-99 am LSC Zähler.

Eine Elution des Tc-99, und anschließende Zugabe eines flüssigen LSC Cocktails sind somit nicht notwendig.

Dies hat eine Reihe von Vorteilen:

- Zeitgewinn, insbesondere im Rahmen von Notfallsituationen wichtig
- Vermeidung gemischter radioaktiver Abfälle und somit Kosteneinsparung bei der Entsorgung
- Keine Elution des Tc in HNO₃ hoher Konzentration und anschließendes Eindampfen / Aliquotierung des Eluats
- Kein Abschneiden der Säulen- oder Kartuschenspitzen gefolgt vom Herausdrücken des Harzes in ein LSC Fläschchen.

Insbesondere die letzten beiden Punkte sind im Rahmen des Strahlenschutzes von hohem Interesse, gerade wenn höheraktive Proben analysiert werden sollen.

Idealerweise wird die chemische Ausbeute durch ICP-MS oder ICP-OES Messung unter Verwendung von Re als internem Standard durchgeführt.

Abb. 2 vergleicht die Verwendung eines imprägnierten PSm Resins (z.B. TK-TcScint) mit den klassischen Methoden.

Um eine einfache und sichere Handhabung der Kartuschen zu gewährleisten, und um eine Kontaminierung des LSC Messgerätes zu vermeiden, sollten die Kartuschen für die Messung in einem 20 mL LSC Fläschchen platziert werden.

Typischerweise werden die TK-TcScint Kartuschen z.B. zur Analyse von Urin- und Wasserproben eingesetzt. Im Falle von Oberflächengewässern liegt das Durchbruchvolumen der 2 mL Kartuschen bei > 200 mL. Dies macht die Verwendung der Kartuschen nicht nur in Notfallsituationen oder zur schnellen Analyse von Rückbauproben interessant, sondern auch im Rahmen der Routineanalytik von Umwelt und Inkorporationsproben. Für Wasserproben werden unter Respektierung dieses Volumens chemische Ausbeuten von >98.8% erzielt.

Die Detektionswahrscheinlichkeit des TK-TcScint für Tc-99 ist mit 89,5(0,6)%, sehr hoch, während die Untergrundzählrate mit ~1,09 CPM (Messung an einem QuantulusTM Detektor in der „high-energy“ und „low-coincident bias“ Konfiguration) sehr niedrig ist.

Darüber hinaus weisen die TK-TcScint Kartuschen mit einem mittleren SQP(E) Wert von 787(7) einen reproduzierbar niedrigen Quench auf.

Abb. 3 zeigt drei typische mit dem TK-TcScint erhaltene Tc-99 Spektren. Die Überlappung der Spektren zeigt deutlich, dass die Messungen sehr gut reproduzierbar sind.

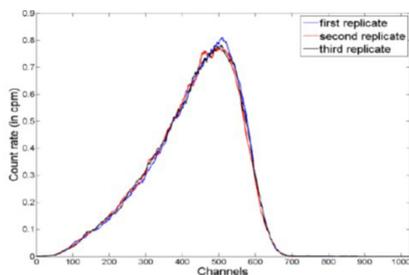


Abb. 3: Tc-99 LSC Spektren auf TK-TcScint. Entnommen aus [5]

Die Analyse von Wasserproben wie z.B. Fluss oder Meerwasser (typisches Probenvolumen 50 mL) ist mit dem TK-TcScint recht einfach^[1, 5].

Nach Filtration, sofern notwendig, werden den Proben einige mL 30% H₂O₂ zugegeben. Im Anschluss daran werden Sie für 60 min auf 90° C erhitzt, um sicherzustellen, dass Tc als Pertechnetat vorliegt. Die Lösungen werden dann unter Verwendung von konz. HCl auf 0.1M HCl eingestellt. Die Proben sind dann, sobald sie auf Raumtemperatur abgekühlt sind, bereit für die Abtrennung.

Nach dem Laden der Proben auf die Kartusche wird diese sukzessive mit 0.1M HCl, 0.1M HNO₃/0.1M HF (nur notwendig, wenn Th vorliegen kann) und abschließend Wasser gespült.

Diese Spülschritte eluieren mögliche Interferenzen vom Resin, während Tc (und der interne Standard Re) darauf verbleiben.

Probenaufgabe- und Spüllösungen können dann kombiniert und mittels ICP-MS oder ICP-AES auf ihren Re Gehalt analysiert werden. Anhand dieses Wertes kann im Anschluss die chemische Ausbeute errechnet werden.

Die TK-TcScint Kartusche kann dann direkt im LSC Messgerät gemessen werden.

Die Autoren konnten zeigen, dass eine sehr gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und erwarteten Aktivitäten erhalten wird, sowohl für gespikete Wasserproben also auch für zwei gespikete MAPEP Proben^[1].

Unter Verwendung von 50 mL Wasserproben und 180 min Messzeit konnten Nachweisgrenzen von 0.15 Bq.L⁻¹ erreicht werden.

Darüber hinaus konnten die Autoren zeigen, dass diese Trennmethode leicht automatisierbar ist, sie entwickelten ein modulares Vakuumbox-basiertes Gerät (OPENVIEW-AMSS) welches es erlaubt solche Trennungen automatisiert durchzuführen. Sie zeigten weiterhin an Parallelproben, dass, im Hinblick auf chemische Ausbeuten und Detektionswahrscheinlichkeiten, kein signifikanter Unterschied zwischen manuell und automatisch durchgeführten Trennungen beobachtet wird.

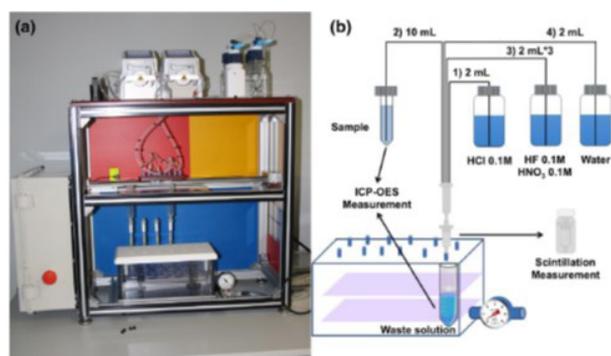


Abb. 4: OPENVIEW-AMSS System und Schema einer typischen Trennung von Wasserproben. Entnommen aus [1].

Automatisierte Trennungen haben aber im Hinblick auf die effektiv notwendige Arbeitszeit und den Strahlenschutz große Vorteile. Neben dem gezeigten, von den Autoren selbstentwickelten System sind die Kartuschen auch mit kommerziell erhältlichen Geräten wie dem Hidex Q-Are 100^[4] kompatibel.

Neben Wasserproben können auch Urinproben unter Verwendung der TK-TcScint Kartuschen analysiert werden^[5].

Urinproben müssen dabei aber, aufgrund ihrer hohen Matrixlast, einer aufwendigeren Probenvorbereitung unterzogen werden. Die von den Autoren beschriebene Methode basiert auf 100 mL Urinproben. Diese werden zunächst unter Verwendung von konz. HNO₃ nassverascht, und daran anschließend im Muffelofen bei 550°C trockenverascht.

Der Asche-Rückstand wird in 3 mL konz. HNO₃ aufgenommen und mit 100mL deion. Wasser verdünnt. Wie zuvor im Falle von Wasserproben beschrieben, um sicherzustellen, dass Tc als Pertechnetat vorliegt, werden den Proben einige mL 30% H₂O₂ zugegeben, und für 60 min auf 90° C erhitzt. Auch hier wird Re als interner Standard zugegeben.

Anhand der Analyse von gespiketen Urinproben konnten die Autoren zeigen, dass auch für solche Proben richtige Ergebnisse unter Verwendung von TK-TcScint Kartuschen erhalten werden können. Unter Verwendung von 100 mL Urin und 24h Messzeit am LSC Zähler konnte eine minimal nachweisbare Aktivität (minimum detectable activity, MDA) von 0.036 Bq.L⁻¹ erhalten werden.

Bagán et al.^[6] zeigten, dass das mit Aliquat 336 imprägnierte PSm Resin nicht nur zur Tc-99 Analyse verwendet werden kann, sondern auch zur Analyse von $[^{14}\text{C}]\text{SCN}^-$, welches oft als Radiotracer zur Untersuchung der Dynamik von Ölreservoirs eingesetzt wird.

Im Hinblick auf die Selektivität des Aliquat Extraktanen, welcher auch im TEVA Resin^[7] Verwendung findet, sollte eine Verwendung der TK-TcScint Kartuschen auch zur Bestimmung bzw. zum Screening anderer Radionuklide wie z.B. von Pu Isotopen oder Po-210 möglich sein.

Literatur

[1] Coma et al. "Automated separation of ^{99}Tc using plastic scintillation resin PSresin and openview automated modular separation system (OPENVIEW-AMSS)", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* (2019) 321:1057–1065. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06659-7>

[2] Barrera et al. "A new plastic scintillation resin for single-step separation, concentration and measurement of technetium-99" *Analytica Chimica Acta* 936 (2016) 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.07.008>

[3] Tarancon et al. "A new plastic scintillation resin for single-step separation, concentration and measurement of ^{99}Tc ", presented at the NRC9 (29/08/16 – 2/09/16, Helsinki, Finland)

[4] Hidex eBook "Liquid Scintillation Measuring Procedures: New Developments" <https://hidex.com/ebooks/liquid-scintillation-measuring-procedures/measuring-procedures/radionuclides-from-nuclear-fission-activities/2-3-14-tc-by-rad-disk-and-psresins/>

[5] J. Garcia & A. Tarancon, "Radionuclide determinations with PS Resin MASS WaterRadd", presented at the European Users Group Meeting in Cambridge (UK) - 21/09/2018, https://www.triskem-international.com/scripts/files/5bae2550c30ed4.50583030/11_j-garcia_a-tarancon_radionuclide-determinations-with-ps-resin_mass_waterradd.pdf

[6] H. Bagán et al. "Determination of oil reservoir radiotracer (S^{14}CN^-) in a single step using a plastic scintillator extractive resin", *Analytica Chimica Acta*, 736, 2012, 30-35, <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.05.045>

[7] TEVA Resin product sheet, https://www.triskem-international.com/scripts/files/5f463452902878.84967331/PS_TEVA-Resin_EN_160927.pdf accessed on 06/09/2021

● Neuigkeiten :

Das Feedback bezüglich unseres letztjährigen virtuellen Anwendertreffens, welches in Zusammenarbeit mit NPL organisiert wurde, war durchgängig sehr positiv. Wir haben daher beschlossen auch dieses Jahr wieder ein virtuelles Anwendertreffen anzubieten (24.11.2021), erneut in Zusammenarbeit mit NPL als Teil der CARM Konferenz (22.11 – 26.11.2021).

Sie sind herzlich eingeladen auch dieses Jahr wieder teilzunehmen (die Teilnahme ist kostenfrei). Wir würden uns noch mehr freuen, wenn Sie so freundlich wären Ihre Arbeiten dort vorzustellen. Sollten Sie daran interessiert sein, so senden Sie bitte eine Nachricht an shappel@triskem.fr. Wir werden Ihnen zeitnah weitere Informationen senden, darüber hinaus finden Sie aktuelle Informationen hier: <https://www.triskem-international.com/anwendertreffen.php>

TK202 Resin

Das TK202 Resin basiert auf Polyethyleneglykol (PEG, Abb. 1) Gruppen mit hohem Molekulargewicht welche kovalent an ein Polymergerüst gebunden sind.

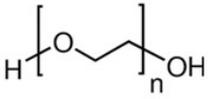


Abb. 1: PolyEthyleneGlykol (PEG).

TK202 Resin stellt ein wässriges Zweiphasen System (aqueous biphasic system (ABS)) dar, wobei das kovalent gebundene PEG als feste Trennphase fungiert. In Gegenwart von Lösungen mit hoher Ionenstärke

und hohen Gehalten an wasser-strukturierenden (kosmotropen) Anionen wie z.B. SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , OH^- , oder auch MoO_4^{2-} und WO_4^{2-} (1), extrahiert es chaotrope Ionen, wie TcO_4^- und ReO_4^- , während nicht-chaotrope Elemente nicht zurückgehalten werden, Molybden ist ein wichtiges Beispiel hierfür.

Dementsprechend, verbessert sich die Retention von Tc (und Re) bei Zugabe solcher Anionen.

Abb. 2 zeigt die Dw Werte von Tc, Re und Mo auf dem TK202 Resin bei steigender OH^- Konzentration.

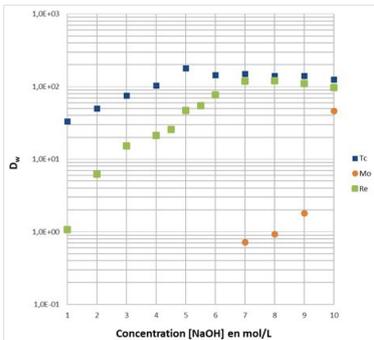


Abb. 2: Dw Werte, Tc, Re und Mo auf TK202 Resin, variierende NaOH Konzentration. Tc Daten entnommen aus Cieszykowska et al.(2).

Idealerweise sollte die NaOH Konzentration beim Laden und Spülen der TK202 zwischen 5 und 7M NaOH liegen, da die Tc (und Re) Retention am höchsten sind, während die Mo Retention sehr niedrig ist.

Wie zuvor angemerkt, MoO_4^{2-} ist selbst ein kosmotropes Anion. Eine Erhöhung seiner Konzentration verbessert daher den Tc (und Re) Rückhalt in ‚ABS‘ Systemen wie z.B. dem TK202 Resin (Abb. 3). Ein

deutlicher Anstieg der Tc Retention bei weiterer Zugabe von Mo ist deutlich erkennbar.

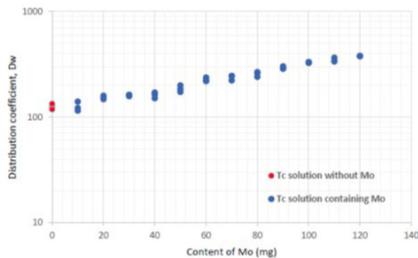


Abb. 3: Dw Werte für Tc in 5M NaOH (Verwendung von 40 mg TK202 Resin), Zugabe steigender Mengen an Mo. Daten entnommen aus Cieszykowska et al.(2).

Dies ist insbesondere von hoher Wichtigkeit für Tc Abtrennungen aus größeren Mengen an Mo, wie z.B. im Falle von bestrahlten Mo Targets.

Cieszykowska et al.(2) bestimmten anhand von Elutionsstudien, dass 6 bis 8g Mo pro g TK202 Resin es erlauben Tc mit hoher Ausbeute zurück zu gewinnen (> 90%). Eine Erhöhung auf 12g Mo/g TK202 Resin führte dagegen zu einer Abnahme der Ausbeute auf ~82% in deren Experimenten.

Das zurückgehaltene Tc (und Re) kann dann mit Wasser eluiert werden, da unter diesen Bedingungen das ABS System, bedingt durch die niedrige Konzentration an kosmotropen Anionen, zusammenbricht.

Wie bereits erwähnt, ist eine mögliche Anwendung des TK202 Resins die Abtrennung von Tc-99m aus bestrahlten Mo Targets. Seine hohe Selektivität für Tc gegenüber Mo, und die Tatsache, dass das Vorliegen hoher Mengen an Mo in der Lösung die Tc Retention verbessert, machen das TK202 Resin besonders gut geeignet für solche Anwendungen.

Es gibt in der Tat, neben der Herstellung von Mo-99 zur Fabrikation von Mo-99/Tc-99m Generatoren via U-235 Spaltung, eine Reihe von Alternativen zur Herstellung von Mo-99(3), und damit auch Tc-99m. Drei dieser Methoden basieren auf der Bestrahlung von Mo Targets:

- Neutronen-Aktivierung von Mo-98 via (n, γ) Reaktion (Mo-98 (n, γ) Mo-99), vorzugsweise in einem Reaktor mit hohem Neutronenfluss.

- Photon-induzierte (γ , n) Reaktion von Mo-100 (Mo-100 (γ , n) Mo-99) unter Verwendung von Photonen (γ) erhalten aus der Bestrahlung von schweren Targets (converter) z.B. mit Elektronen-Strahlen.

- Direkte Tc-99m Produktion im Zyklotron mittels Bestrahlung von Mo-98 Targets (Mo-98 (p, 2n) Tc-99m)(4). Diese Methode ist, bedingt durch die kurze Halbwertszeit von Tc-99m, eine logistische Herausforderung. Generell können eher Anwender beliefert werden, die sich in der Nähe der Produktionsstätte befinden. Diese Herstellungsmethode verlangt eine sehr saubere, und vor allem sehr schnelle Tc/Mo Trennung.

Die ersten beiden Methoden resultieren generell in Mo-99 mit eher niedriger spezifischer Aktivität, insbesondere im Vergleich mit Mo-99 welches via U Fission hergestellt wurde. Dementsprechend führt die Verwendung dieses Mo-99 z.B. in auf Aluminium-Oxid Säulen basierten Mo-99/Tc-99m Generatoren, bedingt durch deren limitierte Mo Kapazität, allgemein zu Generatoren mit niedriger Aktivität.

In solchen Fällen bietet die Verwendung eines Harzes, das Mo-99 nicht zurückhält, während es das gebildete Tc-99m extrahiert („inverted generator“), wie z.B. beim TK202 Vorteile.

In allen drei diskutierten Fällen ist die Rückgewinnung und das Recycling des Mo Targetmaterials von sehr hoher Bedeutung, sowohl im Hinblick auf seine Verfügbarkeit als auch auf seinen Preis.

Wie oben angesprochen, basieren alle diskutierten Methoden auf dem Einsatz eines Harzes mit hoher Selektivität für Tc gegenüber Mo, und dies idealerweise, da Mo Targets oft im alkalischen aufgelöst werden, in stark alkalischen NaOH Lösungen. Das TK202 Resin entspricht diesen Anforderungen sehr gut.

Tc kann dann, wie zuvor beschrieben im Anschluss mit Wasser vom Resin eluiert werden. Es sind allerdings generell weitere Aufarbeitungsschritte zur Justierung des pH Wertes und der Na^+ Konzentration des finalen Produkts notwendig.

Erste Elutionsstudien unter Verwendung von Re anstelle von Tc zeigten in der Tat, dass das Harz eine saubere Trennung von Re (und,

wie später in weiteren Tests gezeigt werden konnte auch von Tc) von Mo erlaubt.

Abb. 4 zeigt eine solche Elutionsstudie, die saubere Trennung von Re and Mo ist gut erkennbar. Mo wird während des Beladens und den anschließenden Spülschritten (beide können in 5 – 7M NaOH durchgeführt werden) eluiert, während Re in einem geringen Volumen Wasser zurückgewonnen wird.

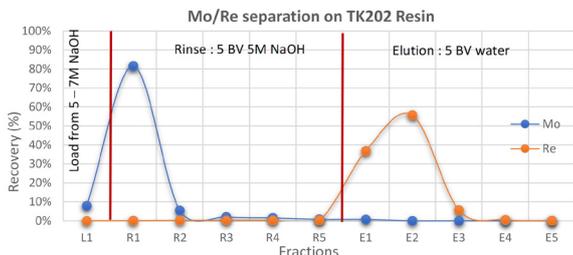


Abb. 4: Elutionsstudie, Trennung von Spuren von Mo und Re auf einer 2 mL TK202 Resin Kartusche. Laden und Spülen mit 1 SV/min, Elution mit 0.25 SV/min.

Da die generell geeignete Selektivität des Harzes bestätigt werden konnte wurden weitere Versuche mit größeren Mengen Mo durchgeführt.

Abb. 5 zeigt die Trennung von Spuren von Re von 2g Mo, eine Menge welche typischerweise im Falle einer direkten Tc-99m Herstellung aus Mo-98 Targets im Zyklotron eingesetzt wird⁽⁴⁾.

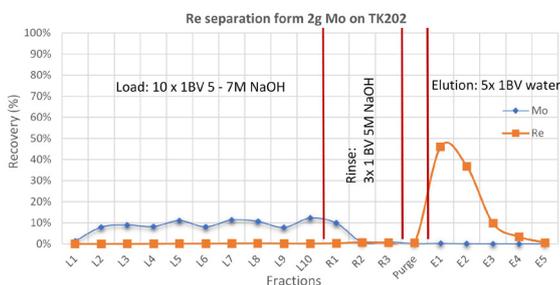


Abb. 5: Elutionsstudie, Trennung Spuren von Re und 2g Mo auf einer 2 mL TK202 Resin Kartusche. Laden und Spülen mit 1 SV/min, Elution mit 0.25 SV/min.

Es ist sehr wichtig im Rahmen dieser Trennungen auf der TK202 die Säule nach dem Spülen, und vor der Elution mit Wasser z.B. mit Luft zu ‚spülen‘ um noch auf der Säule verbleibende NaOH zu entfernen. Dies vermindert die Menge an Na⁺ und OH⁻ Ionen in der finalen Tc (bzw. Re) Fraktion.

Es konnte weiter gezeigt werden, dass eine Elution mit niedrigeren Flussraten zu schmalere Elutionspeaks führt, und damit auch zu geringeren Elutionsvolumina.

Wie bereits diskutiert, kann das TK202 Resin auch zur Extraktion von Tc-99m, resultierend aus dem Zerfall von Mo-99, verwendet werden, welches in alkalischer Lösung vorliegt. In solchen Fällen werden typischerweise sehr viel größere Mo Targets bestrahlt.

Dies in Betracht ziehend wurde die Abtrennung von Spuren von Re aus 100g Mo getestet. Wie Abb. 6 zeigt, es konnte auch hier eine saubere Mo/Re Trennung erhalten werden. Im Hinblick auf die sehr große Menge an ursprünglich vorliegendem Mo, ist jedoch eine weitere Aufreinigung des Tc notwendig.

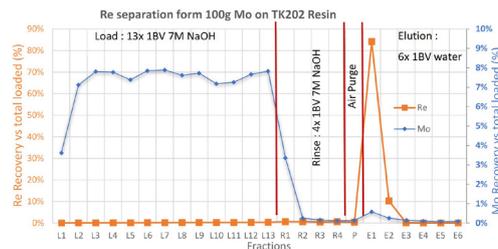


Abb. 6: Elutionsstudie, Abtrennung von Spuren an Re aus 100g Mo auf einer 75 mL TK202 Resin Kartusche, Beladen mit 0.5 SV/min, Spülen mit 1 SV/min, Elution mit 0.2 SV/min.

Methoden zur Abtrennung von Tc aus noch größeren Mo Mengen (e.g. $\geq 200g$) werden derzeit getestet.

Wie z.B. von Bénard et al.⁽⁴⁾ gezeigt wurde, ist die Verwendung eines Kationenaustauscherharzes (zur Na⁺ Entfernung und pH Einstellung auf <7), gefolgt von einer Aluminium-Oxid Kartusche (zur Re/Tc Konzentration und weiteren Mo Entfernung) eine effiziente Option für diese zusätzliche Tc Aufreinigung.

Insbesondere für den Kationenaustauscher ist es wichtig die Größe der Kartusche an die Menge des zuvor vorliegenden Mo bzw. die Größe der verwendeten TK202 Kartusche anzupassen, da dies maßgeblich die Menge an zu entfernendem Na⁺, und die Menge an zu neutralisierendem OH⁻ bestimmt.

Für die Größe der Aluminium Oxid Kartusche ist dagegen die Menge an noch vorliegendem Mo maßgeblich.

Abb. 7 zeigt die Folgeversuche zur Abtrennung von Re aus 2g Mo (siehe Abb. 5).

Die dort erhaltenen Re Fraktionen (E1 – E4) wurden kombiniert und durch eine C8 Kationenaustauscher Kartusche geladen, welche im Anschluss daran mit Wasser gespült wurde. Die erhaltenen Fraktionen wurden analysiert. Der Durchlauf des Beladens und des ersten Spülschrittes, wurden vereint und im abschließenden Aufreinigungsschritt eingesetzt, da diese das Re (oder ggf. Tc) enthielten.

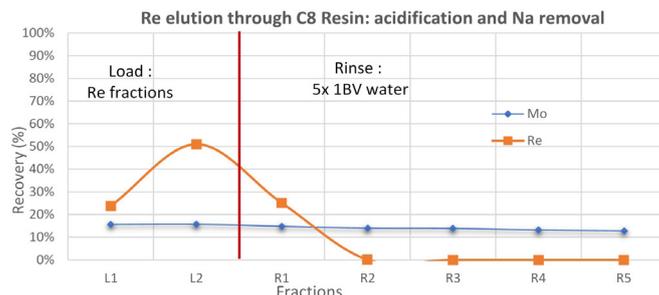


Abb. 7: Fortsetzung der Re Abtrennung aus 2g Mo (siehe Abb. 5). Na⁺ Entfernung und pH Einstellung der Re Fraktionen auf einer 2 mL C8 Resin Kartusche, Beladen und Spülen mit 2 SV/min.

Wie zuvor beschrieben, nach dem Durchlauf durch die C8 Kartusche sollte die Re (oder Tc) Fraktion einen pH <7 aufweisen, und weitgehend frei von Na⁺ Kationen sein.

Dies ist wichtig, da gezeigt werden konnte, dass unter diesen Bedingungen saures Aluminium Oxid (in diesen Versuchen AlOx)A

Resin) Re/Tc (und Mo) gut extrahiert. Re/Tc kann dann mittels einer 0.9% NaCl Lösung in einem geringen Volumen (2 – 3 BV) eluiert werden, während Mo sehr gut zurückgehalten wird, womit die Reinheit der Re/Tc Fraktion weiter verbessert wird. Ein Ausblasen der Säule z.B. mit Luft vor der Elution ist im Falle des AlOxA Resin (saures Aluminium Oxid) nicht notwendig.

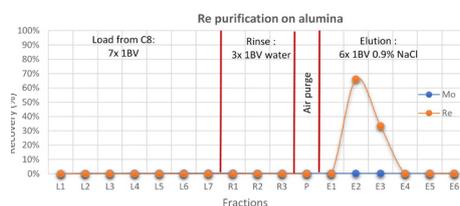


Abb. 8: Re Aufkonzentrierung, Aufreinigung und Konvertierung auf 0.9% NaCl Lösung der Re Fraktion auf einer 1 mL AlOxA Resin Kartusche mit 2 SV/min.

Dieser Schritt hat darüber hinaus den großen Vorteil, dass Tc in derselben Matrix erhalten wird (0.9% NaCl) wie auch im Falle einer Mo-99/Tc-99m Generator Elution.

Insgesamt wurden über den gesamten Trennprozess Re Ausbeuten von >90% erhalten (ICP-MS Bestimmung).

Ein schematischer Überblick über die vorgeschlagene Trennmethode ist in Abb. 9 zu sehen. Die Methode kann für sehr verschiedene Mengen an Mo eingesetzt werden, es müssen lediglich die jeweiligen Säulen/Kartuschen Volumina entsprechend angepasst werden.

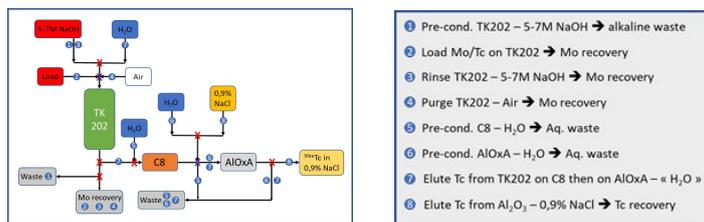


Abb. 9: Schematischer Überblick, Tc Abtrennung aus Mo.

Neben dem TK202 Resin bietet TrisKem auch das C8 Resin und das AlOxA Resin an.

Alle Resins sind in verschiedenen Säulen- und/oder Kartuschenrößen erhältlich (abhängig von der Größe des Mo Target), bitte kontaktieren Sie uns für weitere Informationen

Neben den beschriebenen radiopharmazeutischen Anwendungen kann das TK202 Resin prinzipiell auch für radioanalytischen Fragestellungen Einsatz finden, insbesondere bei der Bestimmung von Tc-99 in festen Proben welche basisch aufgeschlossen wurden.

In solchen Fällen können die aufgeschlossenen Proben (z.B. Betonproben aus dem Rückbau), nach der Entfernung nicht gelösten Materials, auf 5 – 7M NaOH eingestellt, und dann über eine TK202 Resin Kartusche geladen werden, um Tc abzutrennen.

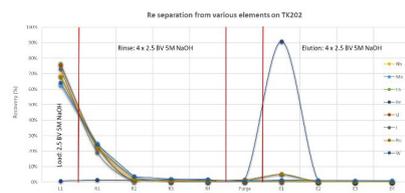


Abb. 10: Re Trennung von ausgewählten Elementen auf einer 2 mL TK202 Resin Kartusche, Beladen und Spülen mit 1 SV/min, Elution mit 0.25 SV/min.

Zur weiteren Aufreinigung der erhaltenen Tc Fraktion kann diese, wie zuvor beschrieben auf eine C8 Resin Kartusche, und evtl. sogar auf eine AlOxA Resin Kartusche gegeben werden.

Literatur

- [1] S.K. Spear et al. "Radiopharmaceutical and Hydrometallurgical Separations of Perrhenate Using Aqueous Biphasic Systems and the Analogous Aqueous Biphasic Extraction Chromatographic Resins", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2000, 39, 3173 – 3180, <https://doi.org/10.1021/ie990583p>
- [2] I. Cieszykowska et al. : "Separation of 99mTc from low specific activity 99Mo", poster ID 195 presented at the ISTR 2019, October 28 – November 1, Vienna, Austria
- [3] IAEA Nuclear Energy Series, No. NF-T-5.4 : "Non-HEU Production Technologies for Molybdenum-99 and Technetium-99m", INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2013
- [4] F. Bénard et al. "Cross-Linked Polyethylene Glycol Beads to Separate 99mTc-Pertechnetate from Low-Specific-Activity Molybdenum", *Journal of Nuclear Medicine*, 2014, <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.143834>

Agenda :

Bitte finden Sie hier anbei die Konferenzen, an denen wir in diesem Jahr teilnehmen werden. Aus gegebenem Anlass, und sehr verständlicherweise, sind die Mehrzahl der ursprünglich geplanten Konferenzen verschoben worden, eine aktualisierte Listung mit den neuen Daten (sofern bekannt) finden Sie auf unserer Webseite: <https://www.triskem-international.com/ma/geschehen>.

- EANM 2022 virtueller Kongress, 20.10 – 23.10.2021, <https://eanm21.eanm.org/>
Bitte zögern Sie nicht Dr. Steffen HAPPEL per E-Mail shappel@triskem.fr oder via Calendly https://calendly.com/shappel_tki/eanm zu kontaktieren, um eine Videokonferenz oder einen Chat zu organisieren,
- World Nuclear Exhibition (WNE), Pavillon France, 30.11 – 02.12.2021, Paris-Nord Villepinte, <https://www.world-nuclear-exhibition.com/en-gb.html>
- TrisKem virtuelles Anwendertreffen, 24.11.2021, Teil der NPL organisierten CARM Konferenz (22.11 – 26.11.2021), <https://www.triskem-international.com/anwendertreffen.php>