



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

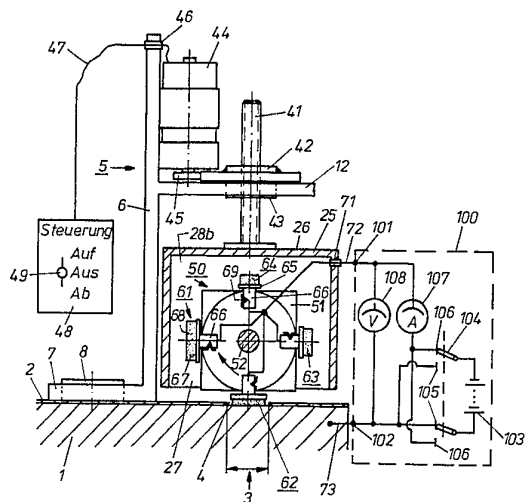
⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪ 646 520

<p>⑲ Gesuchsnummer: 2184/80</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 20.03.1980</p> <p>㉔ Patent erteilt: 30.11.1984</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.11.1984</p>	<p>⑦③ Inhaber: Gesellschaft zur Förderung der Forschung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich</p> <p>⑦② Erfinder: Hanulik, Jozef, Zürich</p> <p>⑦④ Vertreter: Scheidegger, Zwicky &amp; Co., Zürich</p>
---	---

**⑤④ Fernbedienbares Probenentnahmegesetz, insbesondere für die Ermittlung von Aktivitätsprofilen in kontaminierten Materialoberflächen.**

⑤⑦ Bei diesem Probenentnahmegesetz sind mehrere Sensoren (61, 62, 63, 64) auf einem karussellartigen Sensorträger (50) so angeordnet, dass die Auflagefläche (68) der Sensor-Schwämmchen (67) vom ersten bis zum letzten Sensor stufenartig abnimmt. Durch einfaches Drehen des Karussells können die Sensoren (61, 62, 63, 64) nacheinander in eine Arbeitsstellung gebracht werden. Der Sensorträger (50) ist vorzugsweise in einem bodenseitig offenen Gehäuse (25) untergebracht und in dem Geräte-Gestell (5) mittels z.B. einer Schraubenspindel (41, 42) auf und ab bewegbar. Die Schraubenspindel (41) wird von einem Elektromotor (44) angetrieben. Für jede Probenentnahme wird der Sensorträger (50) so weit abgesenkt, bis die Zellenspannung einem vorgegebenen Sollwert entspricht. Dies ergibt ausreichend genaue und reproduzierbare Messwerte für den Elektrolysestrom zur Ermittlung der abgetragenen Schichtdicke. Mit dem Gerät können Materialproben auch von Orten hoher Strahlenbelastung entnommen werden. Dabei sind die als Proben abgetragenen Materialschichten konzentrisch übereinanderliegend, so dass die Abstufung der Auflageflächen (68) voll zur Wirkung kommt und die von den Schwämmchen aufgenommenen Materialproben und die darin enthaltene Radioaktivität nicht verfälscht sind.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Fernbedienbares Probenentnahmeggerät zum Abtragen von Materialschichten in einem ausgewählten Oberflächenbereich, insbesondere für die Ermittlung von Aktivitätsprofilen in kontaminierten Materialoberflächen und der chemischen Zusammensetzung von oberflächennahen Schichten, wobei für jede Probe mittels eines Sensors, der ein mit einem Elektrolyt getränktes Schwämmchen enthält, von dem zu untersuchenden Oberflächenbereich elektrolytisch eine Materialschicht abgetragen und das abgetragene Material für eine nachfolgende chemische Analyse und/oder Analyse seiner Radioaktivität in dem Sensor-Schwämmchen aufgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Gerätegestell (5) ein Sensorträger (50), der wenigstens drei mit einem gemeinsamen Stromanschluss (71) verbundene Sensoren (61, 62, 63, 64) mit in der Grösse der Auflagefläche (68) abgestuften Schwämmchen (67) aufweist, auf und ab bewegbar angeordnet ist und am Gerätegestell (5) fernbedienbare Stell- (52, 53, 54) und Hub-Vorrichtungen (41, 42, 44, 45) vorhanden sind, um die einzelnen Sensoren (61, 62, 63, 64) nacheinander in der Reihenfolge abnehmender Schwämmchen-Auflagefläche (68) in eine Arbeitsstellung zu bringen und nach dem jeweiligen Einstellen eines Sensors in die Arbeitsstellung den eingestellten Sensor mit dem Sensorträger (50) in eine Wirkstellung mit definiertem Andruck seines Schwämmchens (67) an den zu untersuchenden Oberflächenbereich abzusenken.

2. Probenentnahmeggerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorträger (50) in einem im Gerätegestell (5) auf und ab bewegbaren Gehäuse (25) angeordnet ist, das auf der Unterseite (27) offen und durch einen Gehäusedeckel (29) zu einer geschlossenen Transport-Kassette für die Sensoren (61, 62, 63, 64) verschliessbar ist.

3. Probenentnahmeggerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Gehäusedeckel (29) abgeschlossene Gehäuse (25) flüssigkeitsdicht ist und vor der Probenentnahme zum Tränken der Sensor-Schwämmchen (67) mit Elektrolyt gefüllt ist.

4. Probenentnahmeggerät nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorträger (5) ein in einem bzw. dem Gehäuse (25) um eine Drehachse drehbares Karussell mit einer Drehscheibe (51) ist, auf deren Umfang die Sensoren (61, 62, 63, 64) mit gleichem Abstand voneinander angeordnet sind, und dass die Stellvorrichtung (53, 54) zum Einstellen der Sensoren in die Arbeitsstellung zum Drehen des Karussells um die Drehachse eingerichtet ist.

5. Probenentnahmeggerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Karussell im Gehäuse (25) um eine zur Hubrichtung des Gehäuses (25) im Gerätegestell (5) senkrechten Drehachse drehbar ist, wobei sich jeder Sensor (61, 62, 63, 64) in seiner Arbeitsstellung befindet, wenn er beim Drehen des Karussells in dessen unterem Kulminationspunkt angelangt ist.

6. Probenentnahmeggerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Karussell eine im Gehäuse (25) drehbar gelagerte Welle (52) aufweist, die an einem aus dem Gehäuse (25) herausragenden Wellenende (52a) ein Schaltrad (53) trägt, das mit einer am Gerätegestell (5) schwenkbar angeordneten Schaltstange (54) zusammenwirkt, um beim Aufwärtshub des Gehäuses (25) das Karussell um eine Sensorposition weiter zu drehen.

7. Probenentnahmeggerät nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gerätegestell (5) zum Auf- und Abbewegen des Sensorträgers (50) mit einem von einem Motor (44) angetriebenen Schraubenspindel (41) ausgerüstet ist.

8. Probenentnahmeggerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schraubenspindel (41) von einem Elektromotor angetrieben wird und der Schraubenspindel (41) in

der obersten Stellung ein Endschalter (36) zugeordnet ist, durch dessen Betätigung der Antriebsmotor (44) ab- oder in der Drehrichtung umgeschaltet wird.

9. Probenentnahmeggerät nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gerätegestell (5) mit Gerätefüssen (7) ausgerüstet ist, die Vakuum-Saugnapfe oder Haftmagnete (8) zum Festhalten des Gerätegestells auf einer Unterlage enthalten.

10. Probenentnahmeggerät nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorträger (50) mit vier auswechselbaren Sensoren (61, 62, 63, 64) ausgestattet ist.

11. Verfahren zum Betrieb des Probenentnahmeggerätes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man für die Sensoren-Wirkstellung, in welcher ein Sensor mit elektrolytgetränktem und auf einen Bruchteil seiner Höhe zusammengedrücktem Schwämmchen (67) und ein zu untersuchender Oberflächenbereich (3) eine unter Betriebsspannung stehende Elektrolysezelle bilden, einen Zellenspannungs-Sollwert festlegt, und dass man nach dem Aufstellen des Probenentnahmeggerätes über einem zu untersuchenden Oberflächenbereich bei mit Elektrolyt getränktem Sensor-Schwämmchen (67) für jede Probeentnahme bei eingeschalteter Betriebsspannung den Sensorträger (50) mit in Arbeitsstellung befindlichem Sensor (61, 62, 63, 64) so lange auf den Oberflächenbereich (3) hin absenkt, bis die Zellenspannung den Sollwert erreicht hat, und dann den Sensorträger (50) für die Dauer der Probenentnahme in dieser Einstellung belässt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Absenken des Sensorträgers (50) über einen Sollwert-Vergleich automatisch gesteuert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12 zum Betrieb eines Probenentnahmeggerätes nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man vor dem Entnehmen durch Abnehmen des Gehäusedeckels (29) den Elektrolyt aus dem Gehäuse (25) entleert und durch Abklopfen und/oder Auspressen überschüssigen Elektrolyt von den Schwämmchen (67) der Sensoren (61, 62, 63, 64) entfernt.

Die Erfindung betrifft ein fernbedienbares Probenentnahmeggerät, zum Abtragen von Materialschichten in einem ausgewählten Oberflächenbereich, insbesondere für die Ermittlung von Aktivitätsprofilen in kontaminierten Materialoberflächen und der chemischen Zusammensetzung oberflächennahen Schichten, wobei für jede Probe mittels eines Sensors, der ein mit einem Elektrolyt getränktes Schwämmchen enthält, von dem zu untersuchenden Oberflächenbereich elektrolytisch eine Materialschicht abgetragen und das abgetragene Material für eine nachfolgende chemische Analyse und/oder Analyse seiner Radioaktivität in dem Sensor-Schwämmchen aufgenommen wird, sowie ein Verfahren zum Betrieb des Probenentnahmeggerätes.

In Reaktoranlagen beispielsweise werden Bauteiloberflächen durch im Kühlmittel mitgeführte Spalt- und Aktivierungsprodukte mit der Betriebsdauer zunehmend kontaminiert, und zufolge dieser Kontamination wird auch die Wartung der Anlage mit der Zeit immer schwieriger, bis schliesslich die Gefahr besteht, dass bei der Wartung eine unzulässig hohe Strahlungs-dosis aufgenommen wird und, um dieses zu vermeiden, die Anlage dekontaminiert werden muss. Die Dekontamination eines Reaktor-Kreislaufsystems z.B. ist wegen der Grösse der zu dekontaminierenden Oberfläche ein aufwendiges Vorhaben, das einer eingehenden Vorbereitung bedarf, damit das Dekontaminieren in möglichst kurzer Zeit mit möglichst wenig radioaktivem Abfall und mit einer ausreichenden Sicherheit dafür, dass nach der Dekontamination an

keiner Stelle die Restaktivität den zugelassenen Wert überschreitet, durchgeführt werden kann. Für eine solche Vorbereitung ist eine ausreichende Kenntnis von der Beschaffenheit der zu dekontaminierenden Oberflächenschicht nötig, und zwar im wesentlichen hinsichtlich der Verteilung der Kontamination sowohl über die Oberfläche wie auch in der Tiefe der Oberflächenschicht und der chemischen Zusammensetzung der Oberflächenschicht. Im Allgemeinen liegt die Kontamination in einer auf der Bauteiloberfläche aufliegenden losen Schicht, die leicht durch z.B. Spülen entfernt werden kann, und im oberflächennahen Bereich des Bauteils als im Werkstoff chemisch gebunden und/oder in den Werkstoff eindiffundiert vor. Um die Verteilung der Kontamination in der Tiefe zu erhalten, kann in einem Oberflächenbereich das kontaminierte Material schichtweise abgetragen und für das Material jeder abgetragenen Schicht die Aktivität bestimmt werden. In einem Diagramm die Aktivität gegen die Schichttiefe aufgetragen ergibt ein «Aktivitätsprofil» des untersuchten Oberflächenbereichs, aus dem auch die Tiefe der zu dekontaminierenden Schicht extrapoliert werden kann, um für den Bauteil die Restaktivität zu erhalten. Zum Abtragen der Schichten können an sich verschiedene Methoden angewandt werden, da das abzutragende Material aber verhältnismässig stark radioaktiv sein kann und die abzutragenden Schichten sehr dünn, z.B. nur bis zu einigen  $\mu\text{m}$  dick sein können, ist einem mechanischen Abtragen von Material, wie durch Schleifen, Sandstrahlen usw., ein chemischer, insbesondere elektrolytischer Materialabtrag vorzuziehen. Zum elektrolytischen Abtragen von radioaktivem Material wird vorteilhaft ein mit einem Elektrolyt getränktes Kunststoffschwämmchen belegter Elektrodenblock verwendet, der zusammen mit der abzutragenden Materialschicht als Gegenelektrode eine Elektrolysezelle bildet, wobei die Elektrolyse so durchgeführt wird, dass alles abgetragene Material in dem Schwämmchen enthalten ist und sowohl chemisch wie auch hinsichtlich seiner Aktivität analysiert werden kann. Für das Elektrolysieren selbst, d.h. Auswahl des jeweiligen Elektrolyten, Wahl der Elektrolyse-Stromstärke, der Höhe und Polarität der Zellenspannung usw. ergeben sich hierbei keine besonderen Schwierigkeiten, da eine umfassende Spezialliteratur zur Verfügung steht.

Ein Aktivitätsprofil lässt sich nutzbringend selbstverständlich nur dann auswerten, wenn es aus entsprechend einwandfreien Proben und aufgrund ausreichend genauer Messwerte aufgenommen wurde, wobei es sich bei der Probenaufnahme erschwerend auswirkt, dass das Material eben radioaktiv, und unter Umständen sogar verhältnismässig stark aktiv ist und damit auch für die Probenentnahme eine Fernbedienung vorzusehen ist.

Es war daher Aufgabe der Erfindung ein fernbedienbares Probenentnahmegesetz der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem in einem ausgewählten Oberflächenbereich nacheinander mehrere Materialschichten so exakt abgetragen werden können, dass separate, unverfälschte Materialproben erhalten werden, und das bei einem entsprechenden Betrieb auch ausreichend genaue und reproduzierbare Messwerte, insbesondere für den Elektrolysestrom liefert, die eine befriedigend genaue Bestimmung der jeweils elektrolytisch abgetragenen Schichtdicke zulassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch das im Anspruch 1 gekennzeichnete fernbedienbare Probenentnahmegesetz und dem im Anspruch 11 gekennzeichneten Verfahren zu seinem Betrieb gelöst.

Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen 2-10 und 12, 13 angegeben.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung ein Probenentnahmegesetz nach der Erfindung mit angeschlossener Aussenbeschaltung,

Fig. 2 ein Aktivitätsprofil-Diagramm,

Fig. 3, Fig. 4, und Fig. 5 eine Seitenansicht, Vorderansicht und Aufsicht eines Probenentnahmegesetzes nach der Erfindung in einer bevorzugten Ausführungsform und

Fig. 6 eine in diesem Gesetz benutzte Hubvorrichtung.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Probenentnahmegesetz nach der Erfindung, das z.B. auf einem mit einer Oxidschicht 2 bedeckten kontaminierten Bauteil 1 eines Reaktor-Kühlkreislaufes aufgestellt ist, um für die Ermittlung eines Aktivitätsprofils aus dem Oberflächenbereich 3 schichtweise Materialproben zu entnehmen.

Das dargestellte Probenentnahmegesetz weist ein gesamtgestelltes mit 5 bezeichnetes Gerätegestell auf, von dem in Fig. 1 der besseren Übersicht wegen nur eine Hälfte gezeigt ist. Das Gerätegestell 5 umfasst im wesentlichen zwei vertikale Tragwände 6, die miteinander im oberen Bereich durch Querträger, wie z.B. einer Tragplatte 12, verbunden sind und an ihren unteren Enden seitlich abstehende Gerätefüsse 7 tragen, die mit herkömmlichen Haftvorrichtungen 8, wie Vakuum-Saugnapfen oder Haftmagneten, ausgestattet sind, um dem Gesetz auf der Unterlage einen festen Stand zu vermitteln.

Im Gerätegestell 5 ist ein quaderförmiges, an der Boden-seite offenes Gehäuse 25 aus Metall oder Kunststoff mittels einer Hubvorrichtung 40 auf und ab bewegbar angeordnet. Zum Heben und Senken des Gehäuses 25 kann irgendeine bekannte zur Fernbedienung eingerichtete steuerbare Hubvorrichtung verwendet werden, vorzugsweise ist jedoch eine Schraubenspindel 41 vorgesehen, die z.B. an der Oberseite 26 des Gehäuses 25 befestigt ist, wobei das Gehäuse 25 in seitlichen Führungen, die in Fig. 1 nicht eingezeichnet sind, geführt sein kann, um ein Drehen um die Spindelachse zu verhindern. Das die Mutterschraube enthaltende Antriebs-Zahnrad 42 für die Schraubenspindel 41 ist in einem in der Tragplatte 12 angeordneten Lagerschild 43 drehbar gelagert und wird von einem Elektromotor 44 mit umschaltbarer Drehrichtung über ein Zahnradgetriebe 45 angetrieben. Eine am Gerätegestell 5 befestigte Anschlussvorrichtung 46 schliesst den Elektromotor 44 an ein Leitungskabel 47 an, das zu einer entfernt angeordneten Steuervorrichtung 48 führt, die im einfachsten Fall für Handbedienung einen Dreistellenschalter 49 für «Auf», «Ab» und «Aus» enthalten kann.

Das Gehäuse 25 enthält einen mit mindestens drei Sensoren, im dargestellten Ausführungsbeispiel mit vier Sensoren 61, 62, 63, 64 bestückten verstellbaren Sensorträger 50. Jeder Sensor 61, 62, 63, 64 besteht aus einem Elektrodenblock 65 zylindrischer Form, der an seiner Rückseite einen Schaft 66 zum Einsetzen des Sensors in den Sensorträger 50 und an seiner Vorderseite ein vorzugsweise zylindrisches Schwämmchen 67 aus z.B. Polyäthylen-Schaumstoff trägt. Die Schwämmchen 67 der einzelnen Sensoren 61, 62, 63, 64 weisen unterschiedliche Durchmesser auf, so dass die als Auflagefläche 68 dienende vordere Stirnfläche der Schwämmchen 67 von Sensor zu Sensor abnimmt, wobei als Auflageflächen-grössen etwa  $4\text{ cm}^2$  bei dem ersten Sensor 61,  $3\text{ cm}^2$  bei dem zweiten Sensor 62,  $2\text{ cm}^2$  bei dem dritten Sensor 63 und  $1\text{ cm}^2$  bei dem vierten Sensor 64 vorgesehen sind, doch können selbstverständlich auch andere Grössenwerte gewählt werden.

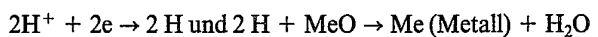
Der Sensorträger 50 dient dazu, nacheinander die einzelnen Sensoren 61, 62, 63, 64 in eine Arbeitsstellung zu bringen, in der bei angehobenem Gehäuse 25 die Auflagefläche 68 des Schwämmchens 67 dem zu untersuchenden Oberflächenbereich 3 des kontaminierten Bauteils 1 gegenüberliegt und durch Absenken des Gehäuses 25 zur Auflage auf den Oberflächenbereich gebracht werden kann. Für den Sensorträger 50 kann irgendeine für ein solches Einstellen der Sensoren ge-

eignete Konstruktion gewählt werden. Der dargestellte Sensorträger 50 ist in Form eines Karussells mit einer quadratischen Drehscheibe 51 ausgebildet, in deren vier Seiten die vier Sensoren 61, 62, 63, 64 mit ihren Schäften 66 eingesetzt sind, wobei die Sensoren 61, 62, 63, 64 in der Drehscheibe 51 durch mit den Schäften 66 zusammenwirkende Haltefedern 69 festgehalten sind. Die Karussell-Drehscheibe 51 ist auf einer Welle 52 befestigt, die senkrecht zur Hubrichtung des Gehäuses 25, d.h. senkrecht zur Achse der Schraubenspinde 41 ausgerichtet, drehbar in den Gehäusewänden 28a, 28b gelagert ist. Zum Drehen des Karussells ist eine fernbedienbare oder automatisch wirkende Antriebsvorrichtung vorhanden, die so eingerichtet ist, dass von einer Grundstellung ausgehend, in welcher sich der Sensor 61 mit der grössten Auflagefläche 68 in Arbeitsstellung befindet durch Drehen vorzugsweise in einer Richtung nacheinander die weiteren Sensoren mit in der Grösse abnehmender Auflagefläche in die Arbeitsstellung gebracht werden, die im übrigen aber beliebiger Art sein kann. So kann z.B. aussen am Gehäuse 25 ein Elektromotor vorgesehen sein, der beispielsweise so gesteuert ist, dass er nur bei angehobenem Gehäuse eingeschaltet werden kann und bei jedem Einschalten die Karussellwelle 51 um einen bestimmten Winkel, im gezeigten Ausführungsbeispiel mit vier Sensoren um 90° dreht, was durch Vorsehen von Endschaltern und von die Endstellungen des Karussells genau bestimmenden Rastverriegelungen ohne Schwierigkeiten zu erzielen ist.

Die Sensoren 61, 62, 63, 64 sind einpolig durch eine Leiterverbindung 70 an einen durch das Gehäuse 25 hindurchführenden Anschluss 71 angeschlossen, der durch eine elektrische Leitung 72 mit einer entfernt angeordneten Aussenbeschaltung 100 verbunden ist. Zur Erläuterung der Betriebsweise dieses Probenentnahmegerätes sei angenommen, dass die Aussenbeschaltung 100 nur sozusagen in der Primitivausrüstung vorliegt und eine Gleichstromquelle 103 für etwa 12 V Betriebsspannung, einen an die Pole der Gleichstromquelle 103 angeschlossenen Polumschalter 104 mit zwei Festkontaktpaaren 105 und 106, ein Amperemeter 107, das zwischen dem einen Festkontaktpaar 106 und einem ersten Ausgang 101 liegt und einen zweiten Ausgang 102 umfasst, der an das andere Festkontaktpaar 105 des Polumschalters 104 angeschlossen ist. Der erste Ausgang 101 ist über die Leitung 72, den Geräteanschluss 71 und die Leitungsverbindung 70 mit den Elektrodenblöcken 65 der Sensoren 61, 62, 63, 64 und der zweite Ausgang 102 durch eine Leitung 73 mit dem zu untersuchenden Bauteil 1 verbunden, so dass ein in Wirkstellung befindlicher Sensor, z.B. Sensor 62 der Fig. 1, dessen mit einem Elektrolyt, z.B. eine wässrige Lösung von Oxalsäure, getränktes Schwämmchen 67 auf dem zu untersuchenden Oberflächenbereich 3 des Bauteiles 1 aufliegt, zusammen mit dem Bauteil 1 eine Elektrolysezelle bildet, wobei der Elektrolysestrom am Amperemeter 107 und die Zellenspannung an einem an die Ausgänge 101 und 102 angeschlossenen Voltmeter 108 abgelesen werden können. Die Elektrodenblöcke 65 der Sensoren 61, 62, 63, 64 sind dabei aus einem Material oder einer Materialkombination gefertigt, die gewährleistet, dass beim Elektrolysieren unter den vorgegebenen Betriebsbedingungen niemals Metallionen als Verunreinigungen von den Elektrodenblöcken zum die Gegenelektrode bildenden Bauteil 1 gelangen können. Die Elektrodenblöcke 65 können in den meisten Fällen z.B. aus Chromstahl bestehen.

Zur Probenentnahme, die an einem vermutlich stark kontaminierten Reaktor-Bauteil in situ, d.h. im Strahlenschutzraum, stattfinden kann, wird das Probenentnahmegerät mittels von aussen bedienten Greifern so auf den Bauteil aufgesetzt, dass die bodenseitige Öffnung 27 des angehobenen Gehäuses 25 über dem zu untersuchenden Oberflächenbereich liegt. Die Schwämmchen 67 der Sensoren 61, 62, 63, 64 sind mit Elektrolyt getränkt und der erste Sensor 61 mit der grös-

sten Schwämmchen-Auflagefläche 68 befindet sich in Arbeitsstellung, d.h. er liegt in der Gehäuseöffnung 27. Wenn der Bauteil 1 eine Oxidschicht 2 trägt, wird der Polumschalter 104 so gestellt, dass der Bauteil 1 die Kathode und der Elektrodenblock 65 des Sensors 61 die Anode der Elektrolysezelle ist. Um reproduzierbare Verhältnisse zu schaffen, ist für die Zellenspannung ein Sollwert vorgegeben. Durch Stellen des Dreistellenschalters 49 auf «Ab» wird das Gehäuse 25 mit dem Sensorträger 50 gesenkt und wenn das Schwämmchen 67 des Sensors 61 die Bauteiloberfläche berührt wird die Zellenspannung am Voltmeter 108 beobachtet und sobald die Zellenspannung den vorgegebenen Sollwert erreicht, wird das Gehäuse 25 durch Stellen des Dreistellenschalters 49 auf «Aus» angehalten und ein Zeitschalter, z.B. eine Stoppuhr, für eine Zeitmessung in Gang gesetzt. Durch die Elektrolysezelle mit dem im vorstehenden Beispiel eine Auflagefläche von 4 cm<sup>2</sup> aufweisenden Schwämmchen wird ein konstanter Elektrolysestrom von z.B. 0,4 A geleitet, wobei eine elektrochemische Reduktion des Metalloxids der Oxidschicht 2 entsprechend den an der Kathode ablaufenden Vorgängen



stattfindet. Wenn die Oxidschicht 4 aufgelöst ist, was durch einen starken Anstieg der Zellenspannung am Voltmeter 108 signalisiert wird, wird der Zeitschalter gestoppt und das Gehäuse 25 durch Umschalten des Dreistellenschalters 49 auf «Auf» hochgefahren. Da jetzt im zu untersuchenden Oberflächenbereich 3 Metall ansteht, wird der Polumschalter 104 umgestellt, so dass der Bauteil 1 Anode ist. Der zweite Sensor 62 wird in Arbeitsstellung gebracht und, wie vorstehend beschrieben, wird das Gehäuse 25 gesenkt, bis bei der Zellenspannung der Istwert gleich dem vorgegebenen Sollwert ist. Dann wird während einer Zeitspanne  $t$  elektrolysiert (und dabei das Produkt Elektrolysestrom  $I$  mal Zeit  $t$  festgestellt), wobei von dem Bauteil 1 eine Metallschicht abgetragen und das abgetragene Metall an dem Elektrodenblock abgelagert und im Schwämmchen aufgenommen wird. Für die theoretische Beziehung zwischen geflossener Elektrizitätsmenge und den im Sensor abgelagerten Reaktionsprodukten gilt bekanntlich das Faraday'sche Gesetz

$$I \cdot t = \frac{m}{M} \cdot n \cdot F,$$

wobei  $m$  das Gewicht der abgelagerten Reaktionsprodukte,  $M$  das Molekulargewicht,  $n$  die Wertigkeitsänderung und  $F$  die Faraday-Konstante bedeuten, doch treten in der Praxis im allgemeinen Abweichungen davon auf, die in Stromausbeute-Eichkurven ohne Schwierigkeiten und mit gewünschter Genauigkeit erfasst werden können.

Mit dem dritten und vierten Sensor 63 bzw. 64 werden dann noch zwei weitere Metallschichten von dem Bauteil abgetragen. Aus den erhaltenen Messwerten können die Dicke der Oxidschicht und der drei abgetragenen Metallschichten anhand von Eichkurven ermittelt werden.

Nach der so erfolgten Probenentnahme wird zweckmässig das Gehäuse 25 mit einem Deckel verschlossen, aus dem Gerätegestell herausgenommen und zur Bestimmung der Aktivität der von den Schwämmchen der einzelnen Sensoren 61, 62, 63, 64 aufgenommenen radioaktiven Substanzen und/oder zur Bestimmung der sich oft mit der Tiefe ändernden chemischen Zusammensetzung der oberflächennahen Materialschichten zu entsprechenden Messgeräten gebracht.

Fig. 2 zeigt ein so erhaltenes Aktivitätsprofil, wobei auf der Abszisse die Abtragtiefe (Schichtdicke) in  $\mu\text{m}$  und auf der Ordinate die Aktivität in  $\text{nCi/cm}^2$  aufgetragen ist.

In den Fig. 3 bis 6 ist ein praktisches Ausführungsbeispiel für ein Probenentnahmegerät nach der Erfindung dargestellt,

das im wesentlichen wie das in Fig. 1 gezeigte Gerät aufgebaut ist.

Das Gerätegestell 5 umfasst einen unteren Teil 5a, der zur Aufnahme des Gehäuses 25 mit dem als Karussell ausgebildeten Sensorträger 50 (Fig. 1) dient, und einen Oberteil 5b, in welchem die Hubvorrichtung mit der Schraubenspindel 41, den Antriebszahnradern 42, 45 und dem Elektromotor 44 mit Zubehör untergebracht ist. Bei dem Gestell-Unterteil 5a sind zwei entsprechend kurze plattenförmige Tragwände 6 oben miteinander durch eine Tragplatte 12 verbunden und unten mit je einem seitlich abstehenden Gerätefuss 7 versehen. Die Gerätefüsse 7 sind mit Haftmagneten 8 ausgerüstet. Für jeden Haftmagneten 8 ist ein in einem Lagerbock 9 an der Tragwand 6 schwenkbar gelagerter Magnethebel 10, mit dem der Haftmagnet 8 angehoben und damit die Magnetische Haftung gelöst wird, wenn der Magnethebel 9 gegen die Kraft einer Rückstellfeder 11 an die Tragwand angeedrückt wird, vorhanden. Der Gestell-Oberteil 5b ist aus in den vier Ecken der Lagerplatte 12 angeordneten Distanzbolzen 14, 16 und Distanzhülsen 15 und zwischen diesen angeordneten Lagerplatten 17, 18 zusammengesetzt, wie es aus Fig. 3 ersichtlich ist. Auf den Gestell-Oberteil 5b kann eine Haube 19 mit Haubendeckel 20 aufgesetzt werden, um die innenliegenden Bauteile zu schützen. Die Tragplatte 12 weist einen seitlich abstehenden Anschlussbolzen 21 (Fig. 4) auf, an den das Gestänge einer üblichen fernbedienbaren Einrichtung zur Handhabung des Gerätes angeschlossen werden kann.

Das verhältnismässig flache, quaderförmige Gehäuse 25 mit der bodenseitigen Öffnung 27 ist mit einem Gehäusedeckel 29 (Fig. 4) verschliessbar, der zusammen mit einer Dichtung 30 von unten her auf das Gehäuse 25 aufgesetzt werden kann und durch in seitlichen Ansätzen 31, 32 am Gehäuse 25 und am Gehäusedeckel 29 geführte Schrauben festgehalten wird. Das Gehäuse 25 mit dem Gehäusedeckel 29 bildet eine den Sensorträger mit den Sensoren 61, 62, 63, 64 enthaltende geschlossene Kassette, die zum Tränken der Sensor-Schwämmchen mit Elektrolyt gefüllt ist und aus der der Elektrolyt durch Abnehmen des Gehäusedeckels entfernt wird, wenn sich das Probenentnahmegesetz am Untersuchungsort befindet.

Das Antriebs-Zahnrad 42 für die Schraubenspindel 41 ist mittels eines Lagerschildes 43 in der oberen Lagerplatine 18 (Fig. 4) aussermittig gelagert. Die Motorwelle 44a des oberhalb der oberen Lagerplatine 18 im Gestelloberteil 5b befestigten Elektromotors 44 trägt ein Abtriebszahnrad 45, das in den beiden Lagerplatten 17 und 18 gelagert ist und mit dem Antriebszahnrad 42 kämmt. An der Oberseite 26 des Gehäuses 25 ist eine Stange 33 befestigt, die durch eine Bohrung 13 in der Mitte der Tragplatte 12 geführt und an ihrem oberen Ende durch ein Kupplungsstück 34 mit dem unteren Ende der Schraubenspindel 41 verbunden ist, so dass sich die Schraubenspindel nicht um ihre Achse drehen kann. Die Stange 33 ist im Kupplungsstück 34 lösbar befestigt, z.B. mittels einer Schraube 35, um (nach Lösen der Schraube 35) das Gehäuse 25 aus dem Gerätegestell herausnehmen zu können. Die Hubhöhe der Schraubenspindel 41 ist durch einen Endschalter 36 bestimmt, der bei aufwärtsbewegten geschaltetem Motor von dem entsprechend ausgebildeten oberen Ende 41a der Schraubenspindel 41 betätigt wird und dann den Motor ausoder auf Abwärtsbewegung umschaltet. Aus Sicherheitsgründen, um eine Beschädigung des Gerätes auszuschliessen, kann auch der Abwärtshub durch einen Endschalter begrenzt sein.

Die Welle 52 des Sensorträgers 50 ist mittels Lagerflanschen 37a, 37b in den einander gegenüberliegenden Seitenwänden 27a, 27b des Gehäuses 25 drehbar gelagert und ragt aus der einen Gehäusewand 28b (Fig. 3) heraus. Damit das Gehäuse 25 gehoben und gesenkt werden kann, weist die zu dieser Gehäusewand 28b gehörige Gestell-Tragwand 6 einen Längsschlitz 22 auf (Fig. 6), der unten offen ist, um das Gehäuse 25 in den Gestellunterteil 5a einsetzen und herausnehmen zu können.

Am vorstehenden Ende 52a der Sensorträger-Welle 52 ist ein Schaltrad 53 befestigt, und aussen an der Tragwand 6b (Fig. 6) ist eine Schaltstange 54 um einen Drehpunkt 55 schwenkbar angeordnet, die von einer Vorspannfeder 56 an das Schaltrad 53 angedrückt ist. Bei jedem Aufwärtshub des Gehäuses 25 wird das Schaltrad 53 durch die Schaltstange 54 um 90° gedreht und so der jeweils nächstfolgende Sensor in seine Arbeitsstellung gebracht.

Die etwa quadratische Drehscheibe 51 des Sensorträgers 50 hat in der Mitte jeder Seite eine Ausnehmung 57 (Fig. 4), in die jeweils ein Sensor mit seinem Schaft 66 (Fig. 1) eingesetzt ist. Auf der einen Stirnseite trägt die Drehscheibe 51 eine Printplatte 58 mit in Kontakt mit den Sensor-Schäften 66 stehenden Kontaktbahnen, die der besseren Übersicht wegen nicht dargestellt sind, und im Innern des Gehäuses 25 ist eine Kontaktfeder 59 befestigt (Fig. 3), die über die Printplatte 58 jeweils den in Arbeitsstellung befindlichen Sensor an den Anschluss 71 (Fig. 1) anschliesst.

Die vorstehend beschriebene bevorzugte Ausführungsform eines Probenentnahmegesetz nach der Erfindung zeichnet sich durch besonders einfache Handhabung aus, was insbesondere bei der Probenentnahme in situ von Bedeutung ist, und gewährleistet einen zuverlässigen Betrieb, wobei trotz der Robustheit des Gerätes insbesondere das Auflegen der Sensorschwämmchen auf den zu untersuchenden Oberflächenbereich so exakt erfolgt, dass die verschiedenen grossen Auflageflächen konzentrisch aufeinanderliegen und so beim Abtragen der einzelnen Probenschichten sowohl eine Kontamination des Randes einer Schicht durch aus der darüberliegenden Schicht mitgeschlepptes aktives Material, wie auch «Krater-Effekte», beim Elektrolysieren vermieden und reproduzierbare Ergebnisse erhalten werden.

Das Probenentnahmegesetz kann auch zur Vornahme sogenannter Wischtests benutzt werden, bei denen auf der Bauteiloberfläche aufliegendes und verhältnismässig leicht entfernbares Material durch Abwischen aufgenommen wird. Das dazu benutzte Schwämmchen hat dann vorzugsweise eine grössere, etwa doppelte bis dreifache Dicke.

Es kann vorkommen, dass schwerradioaktive Partikel (einige Röntgen) anfallen, die z.B. die Messungen verfälschen würden. Solche Partikel oder Partikelkonglomerate lassen sich ebenfalls mit dem Probenentnahmegesetz problemlos entfernen. So kann man z.B. auf den Elektrodenblock eines Sensors einen mit einer Klebeschicht versehenen Belag aufbringen und mittels der Klebeschicht die im zu untersuchenden Oberflächenbereich vorhandenen schwerradioaktiven Partikel aufnehmen und zur Untersuchung z.B. auf eine photographische Platte übertragen.

Die Aussenbeschaltung für ein solches Probenentnahmegesetz wird zweckmässig in einem leicht zu bedienenden Aggregat zusammengefasst. Der Antriebsmotor für die Spindel wird vorzugsweise ein Niederspannungs-Gleichstrommotor sein, so dass er an die Gleichstromquelle für die Sensoren mitangeschlossen werden kann.

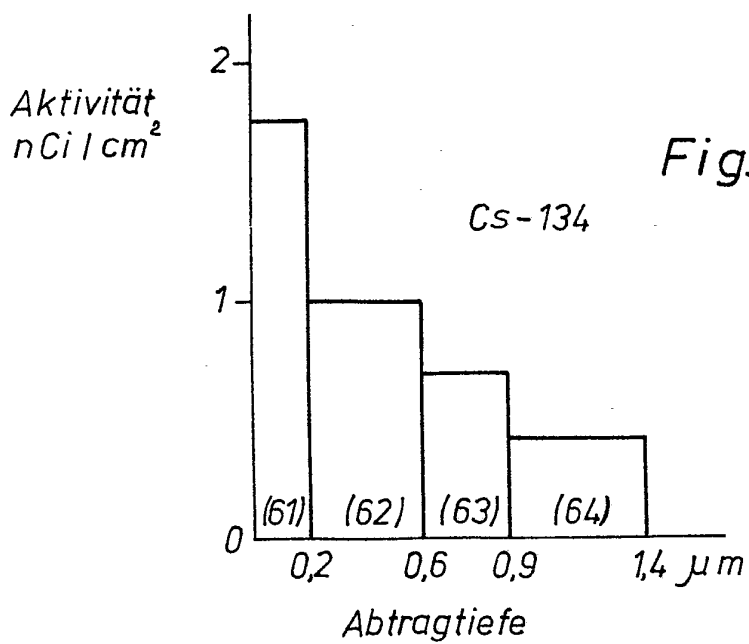
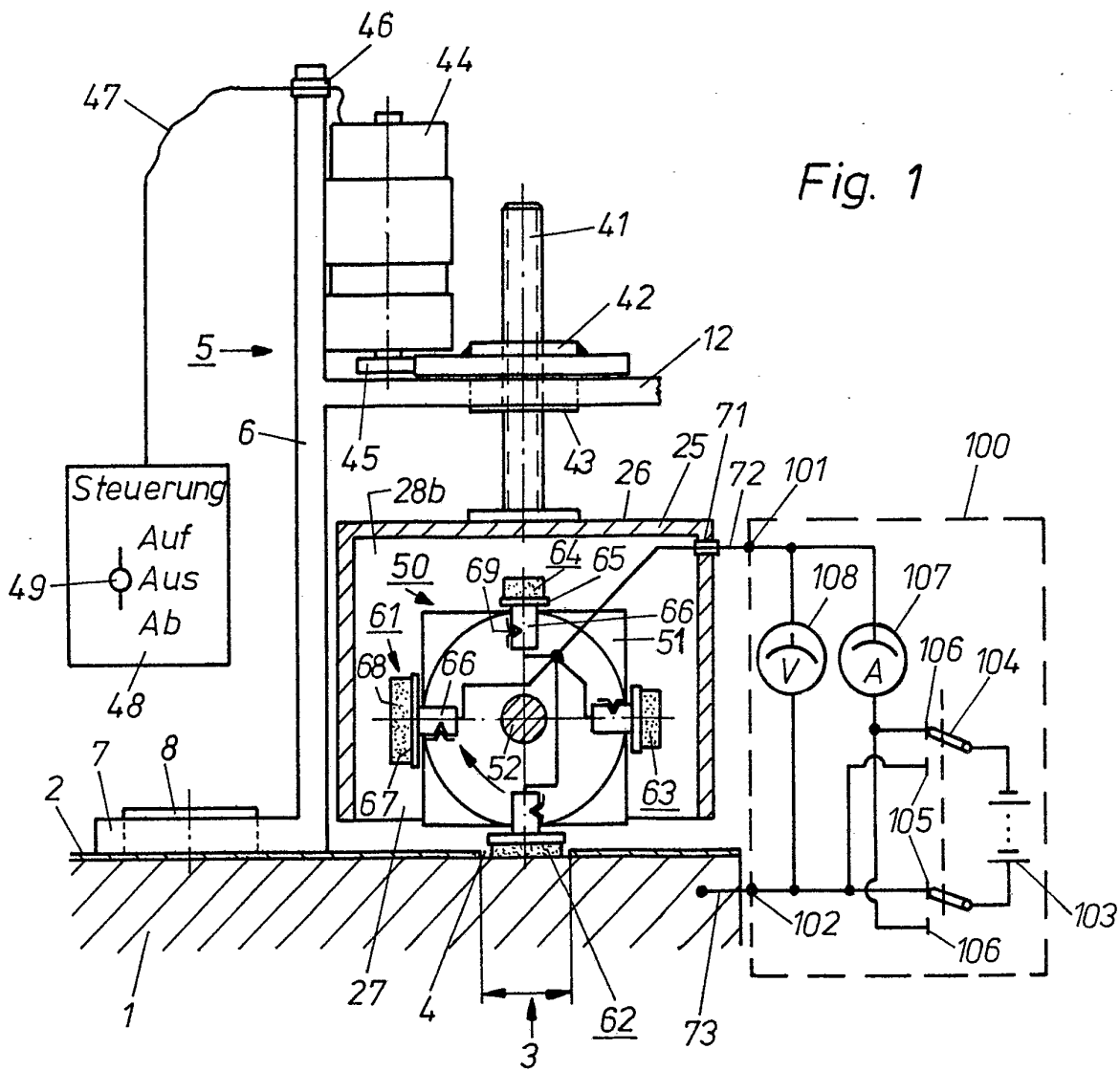


Fig. 3

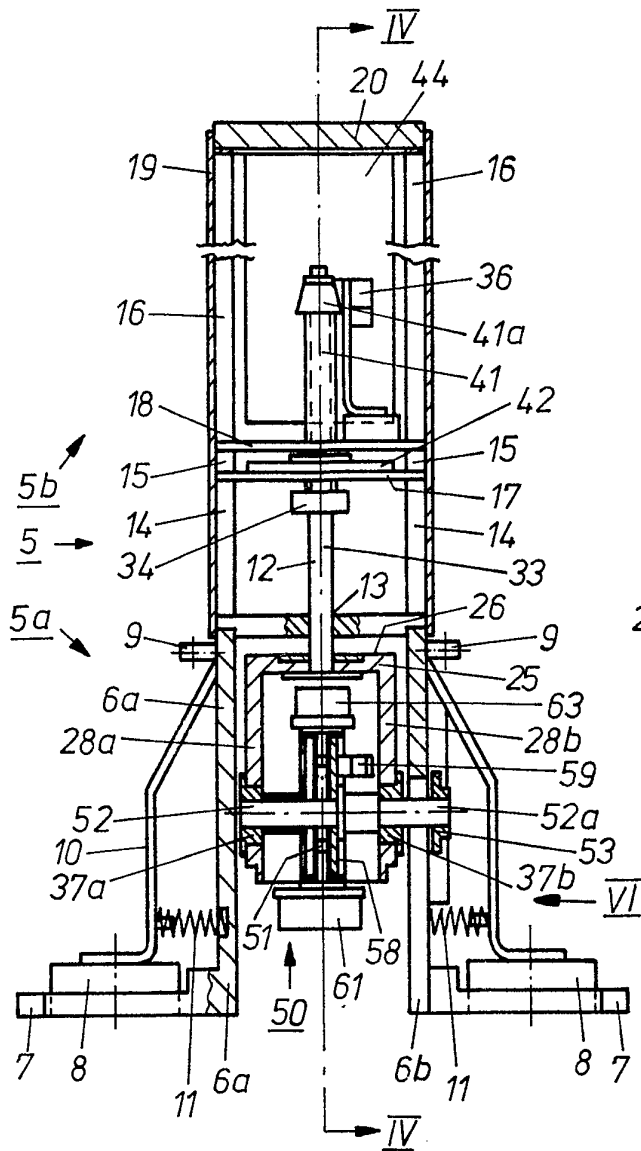


Fig. 4

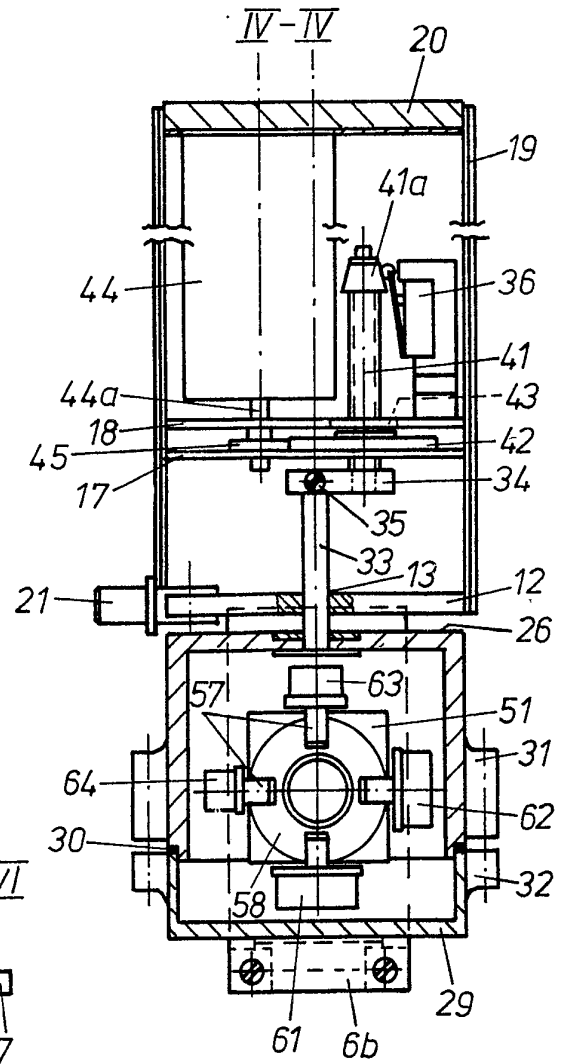


Fig. 5

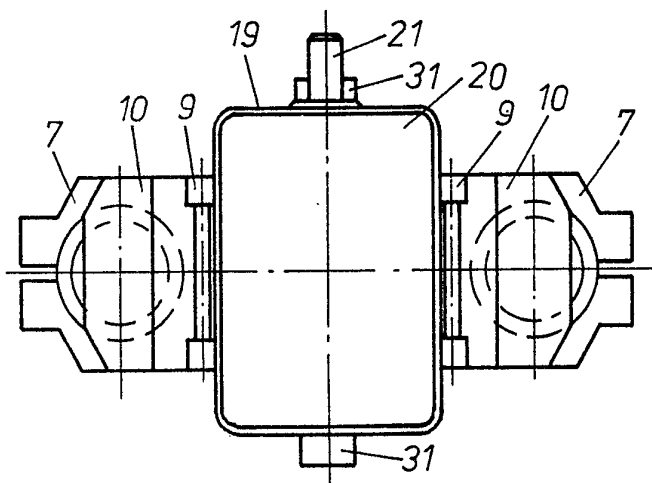


Fig. 6

