



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: G 21 C 19/40

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



12 **PATENTSCHRIFT** A5

11

**636 722**

21 Gesuchsnummer: 10926/78

73 Inhaber:  
Kraftwerk Union Aktiengesellschaft,  
Mülheim/Ruhr (DE)

22 Anmeldungsdatum: 23.10.1978

30 Priorität(en): 28.11.1977 DE 2753034

72 Erfinder:  
Roland Kühnel, Dietzenbach (DE)  
Reinhard Stang, Frankfurt a.M. 71 (DE)

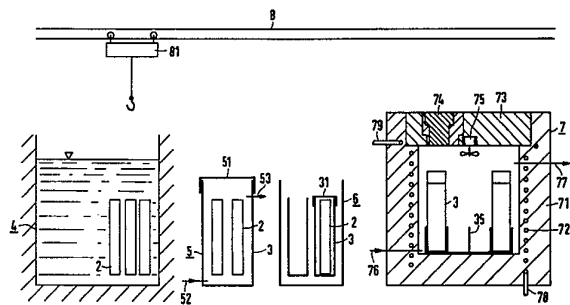
24 Patent erteilt: 15.06.1983

45 Patentschrift  
veröffentlicht: 15.06.1983

74 Vertreter:  
Siemens-Albis Aktiengesellschaft, Zürich

**54 Verfahren und Trockenlageranlage zur Aufbewahrung bestrahlter Brennelemente.**

57 Die abgebrannten bzw. bestrahlten Brennelemente werden zunächst bis zum Abklingen der wesentlichsten Radioaktivität in bekannter Weise in einem wassergefüllten Abklingbecken (4) gelagert, sodann in eine Trockeneinrichtung (5) überführt, in eine gasdichte Metallkapsel (3) eingeschlossen und schliesslich in einem abgeschirmten Trockenlager (7) bis zur Wiederaufarbeitung abgestellt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Aufbewahrung bestrahlter Brennelemente vor ihrer Aufarbeitung, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennelemente (2) zunächst in einem wassergefüllten Abklingbecken (4) gelagert werden, sodann nach weiterem Absinken der Nachzerfallsleistung auf einen durch Trockenkühlung abführbaren Wert in eine Trocknungseinrichtung (5) überführt und schliesslich in einem abgeschirmten Trockenlager (7) abgestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennelemente (2) vor ihrem Einsatz in das Trockenlager (7) in eine gasdichte Kapsel (3) eingesetzt werden.

3. Trockenlageranlage zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Trockenlager (7) aus folgenden Teilen aufweist: einer inneren Tragstruktur (35) für die aufzunehmenden Brennelemente (2), einer diese umschliessenden Strahlungsabschirmung (71) mit einer mit dieser verbundenen Kühleinrichtung und mit einer äusseren gasdichten Umschliessung, und einer strahlungs- und gasdichten verschliessbaren Brennelementlade- und Entladeöffnung (73/74).

4. Trockenlageranlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühleinrichtung aus aktiven Teilen, wie Kühlrohren (72), und/oder passiven Teilen, wie z. B. Oberflächen vergrössernden Elementen, besteht.

5. Trockenlageranlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennelementlade- und Entladeöffnung (73/74) mit einem doppelten Drehdeckel abgeschlossen ist.

6. Trockenlageranlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass für den Transport der Brennelemente vom Nasslager über die Trocken- und Verpackungseinrichtung zu ihrem Platz im Trockenlager (7) Schleus- und Manipuliereinrichtungen vorgesehen sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Trockenlageranlage zur Aufbewahrung bestrahlter Brennelemente vor ihrer Wiederaufarbeitung. Es ist bekannt, abgebrannte Brennelemente solange in wassergefüllten Abklingbecken zu lagern, bis deren Wiederaufarbeitung nach ausreichender Abklingzeit der Nachzerfallsleistung in Angriff genommen werden kann. Mit zunehmender Anzahl von Kernkraftwerken und deren Laufzeit fallen in ständig steigendem Masse verbrauchte Brennelemente an, die in der beschriebenen Weise aufbewahrt werden müssen. Es ist ersichtlich, dass die dazu nötige Lagerkapazität ständig ausgeweitet werden muss, was nicht nur mit einem stets steigenden Raumbedarf verbunden ist, sondern vor allen Dingen auch mit entsprechenden Reinigungsanlagen für das Beckenwasser sowie Kühleinrichtungen zur Abführung der Nachzerfallsleistung der verbrauchten Brennelemente. Es versteht sich von selbst, dass auch hier, wie in der übrigen Reaktortechnik, redundante Betriebs-, Mess- und Überwachungssysteme eingebaut werden müssen, was im Laufe der Zeit mit einem ausserordentlich grossen und kostspieligen technischen Aufwand verbunden ist. Ausserdem wird für die Wärmeabfuhr und die Reinhaltung des Kühlmittels in nicht unerheblichem Masse elektrische Energie verbraucht und schwachradioaktiver Abfall produziert.

Es stellte sich daher die Aufgabe, ein Lagerungsverfahren für abgebrannte Brennelemente zu finden, bei der der geschätzte Aufwand wesentlich geringer gehalten werden kann.

Eine Lösung dieser Aufgabe wurde erfindungsgemäss in einem Aufbewahrensverfahren für bestrahlte Brennelemente gefunden, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Brennelemente zunächst in einem wassergefüllten Abklingbecken gela-

gert werden, sodann nach weiterem Absinken der Nachzerfallsleistung auf einen durch Trockenkühlung abführbaren Wert in eine Trocknungseinrichtung überführt und schliesslich in einem abgeschirmten Trockenlager abgestellt werden. Dies bedeutet, dass die abgebrannten Brennelemente nicht ihre ganze Abklingzeit in einem wassergefüllten Lagerbecken verbringen müssen, sondern nur eine wesentlich kürzere Zeit – etwa 1/10 der bisherigen – und dass sie anschliessend in einem Trockenlager einer Trockenlageranlage aufbewahrt werden können, da die restliche Nachzerfallswärme so gering geworden ist, dass sie durch Strahlung bzw. Konvektionskühlung mit Gasen abgeführt werden kann. Daraus ergibt sich, dass der Aufwand für die Lagerung abgebrannter Brennelemente wesentlich gesenkt werden kann, ohne dass dabei die Sicherheit der Lagerung der verbrauchten Brennelemente in Frage gestellt wird.

Anhand der beigefügten Figur, die die zur Durchführung des Verfahrens benötigten Einrichtungen in schematischer Darstellung zeigt, sei nun der Ablauf des Verfahrens beispielhaft erläutert.

Die Brennelemente 2 werden zunächst in einem wassergefüllten Abklingbecken 4 gelagert, das diesem Zweck mit einer nicht dargestellten inneren Tragstruktur versehen ist, die durch ihre geometrische Form und/oder durch eingelagerte Absorbermaterialien ein Kritischwerden der eingelagerten Brennelemente mit Sicherheit verhindert. Das Beckenwasser ist in nicht dargestellter Weise mit Reinigungseinrichtungen sowie Kühleinrichtungen versehen. Auf diese Weise wird die am Anfang vorhandene noch sehr grosse Nachzerfallswärme abgeführt und kann unter Umständen auch für andere technische Zwecke weiterverwendet werden. Diese freiwerdende Nachzerfallswärme der Brennelemente nimmt mit zunehmender Lagerzeit ab, so dass von einem bestimmten Zeitpunkt an eine Wasserkühlung durch das erfindungsgemässe Verfahren nicht mehr notwendig ist.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass die Brennelemente 2 auch mit sogenannten Lagerbüchsen bzw. -kapseln versehen, im Lagerbecken 4, abgesetzt werden können. Nach dem Abklingen der Nachzerfallswärme bis auf einen durch Trockenkühlung abführbaren Wert werden dann die Brennelemente fernbedient, z. B. mit Hilfe der Krananlage 8/81 oder mit einer nicht dargestellten Manipulieranlage einzeln dem Lagerbecken 4 entnommen und in die Trockeneinrichtung 5 eingesetzt. Durch die restliche Nachzerfallswärme sowie durch über die Leitung 52 zu- und die Leitung 53 abgeführte Gase, wie z. B. Luft oder Stickstoff, werden die Brennelemente von anhaftendem Beckenwasser getrocknet. Alsdann werden sie nach Abnahme des Deckels 51 diesem Trockenraum 5 entnommen und ebenfalls wieder fernbedient zu einer nach aussen hin abgeschlossenen Verpackungsstation 6 gebracht. Dort werden sie in Büchsen 3 eingesetzt, die mit einem Deckel 31 gasdicht verschlossen sind. Der Innenraum wird zweckmässigerweise mit einem inerten Gas gefüllt. Alsdann werden die so verpackten Brennelemente 2 wiederum fernbedient in das Trockenlager 7 der Trockenlageranlage gebracht. Dort werden die Büchsen 3 mit den eingesetzten Brennelementen 2 in eine Tragstruktur 35 eingesetzt, die ähnlich wie jene im nassen Brennelementlagerbecken 4 aufgebaut sein kann. Sie dient also damit der mechanischen Halterung der eingesetzten Brennelementebüchsen 3 sowie der Verhinderung einer kritischen Anordnung. Wann auch die Nachzerfallswärme dieser eingesetzten Brennelemente so gering geworden ist, dass keine Wasserkühlung mehr notwendig ist, so ist deren radioaktive Strahlung doch noch erheblich, so dass der Trockenlagerraum mit einer Strahlungsabschirmung 71 umgeben werden muss. In diese sind Kühlrohre 72 eingebettet, durch die über die Anschlussstutzen 78 und 79 ein Kühlmittel strömt. Die im Inneren des Trockenlagers 7 entste-

hende Naturumwälzströmung nimmt die Wärme aus den Brennelementen auf und gibt sie an die Abschirmung 71 ab. Die Innenwandung dieser Abschirmung 71 kann dabei mit die Oberfläche vergrößernden Elementen, wie z. B. Rippen und dergleichen, versehen sein, so dass damit der Wärmeübergang verbessert wird.

Zusätzlich kann über die Leitung 76 ein Kühlgas in den Lagerraum eingeführt, über die Leitung 77 wieder entnommen werden. Diese Wärmeträger, also entweder das durch die Kühlschlangen 72 strömende Kühlmittel oder dieses Kühlgas, können wiederum zur Aufheizung der Trockeneinrichtung 5 Verwendung finden, so dass nur ein Teil derselben nach aussen abgeführt werden muss und dort evtl. auch als Prozesswärme weiter verwendet werden kann.

Für die Einbringung der Brennelemente in das Trockenlager 7 können beispielsweise Schleusen vorgesehen werden oder auch, wie in der Figur dargestellt, ein Doppeldrehdeckel 74/73, wie er aus der Kernkraftwerkstechnik her bekannt ist. An diesen Deckel 73 kann auch zusätzlich ein Ventilator 75 für

die verbesserte Umwälzung des Gasvolumens und damit der Kühlung der Brennelementbüchsen 3 vorgesehen sein.

Der Verschluss dieses Trockenlagers 7 muss selbstverständlich gasdicht ausgeführt sein, wie auch die Strahlungsabschirmung 71 wenigstens mit einer äusseren Dichthaut versehen ist, um eine äussere Kontamination durch evtl. schadhafte Büchsen 3 zu verhindern.

Selbstverständlich ist auch diese Trockenlageranlage und selbstverständlich auch die Zwischenstation zur Durchführung dieses Verfahrens mit Überwachungsgeräten an sich bekannter Bauart versehen, damit evtl. vorkommende Störungen rechtzeitig erkannt und abgestellt werden können.

Selbstverständlich sind auch andere konstruktive Ausführungsmöglichkeiten denkbar, z. B. kann die äussere Dichthaut und die Abschirmung so angeordnet werden, dass die von dem Brennelement mit Naturkonvektion an die Aussenstruktur herangetragene Wärme mit Hilfe von Wärmeleitung durch diese hindurchgeht und aussen durch Naturkonvektion abgeführt wird.

