



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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 2635/80

㉒ Anmeldungsdatum: 03.04.1980

③① Priorität(en): 04.04.1979 DE 2913540

㉔ Patent erteilt: 31.07.1985

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 31.07.1985

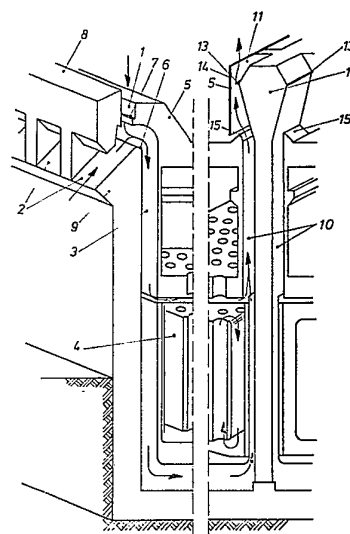
⑦③ Inhaber:  
Nukem GmbH, Hanau 11 (DE)

⑦② Erfinder:  
Knappe, Ortwin, Hanau 9 (DE)  
Hame, Walter, Bruchsal (DE)

⑦④ Vertreter:  
Bovard AG, Bern 25

⑤④ Zu- und Abluftführung für Trockenlager mit sich selbst erheizenden radioaktiven Materialien.

⑤⑦ Die Zuluftöffnungen und -schächte und die Abluftöffnungen und -schächte sollen eine günstige Strömungsführung der Kühlluft und bei äusseren Störungen eine ungestörte Kühlung des Lagergutes gewährleisten. Die Zuluftöffnungen sind jeweils sowohl oben (1) als auch seitlich (2) an einem oder mehreren Zuluftschächten (3) angeordnet und mit Prallnasen (7) und Prallkanten (6) versehen. Zwischen den oben liegenden Zuluftöffnungen (1) und den seitlichen Zuluftöffnungen (2) sind Prallplatten (8) angebracht und die seitlichen Zuluftöffnungen (2) sind mit Wandnasen (9) ausgestattet. Die Zuluft- (3) und Abluftschächte (10) führen ohne wesentliche Krümmungen bis zum Lagergut (4). Die nach oben geführten Abluftöffnungen (11) sind mit Tropfkanten (13) aufweisenden Köpfen (12) und mit Abgrenzungsplatten (14) versehen; zwischen Abluftschächten (10) und Abgrenzungsplatten (14) sind Schutzschwellen (15) angeordnet.



### PATENTANSPRÜCHE

1. Zu- und Abluftführung für Trockenlager mit sich selbst erheizenden radioaktiven Materialien, bestehend aus Zuluftöffnungen und -schächten und Abluftöffnungen und -schächten, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuluftöffnungen jeweils sowohl oben (1) als auch seitlich (2) an einem oder mehreren Zuluftschächten (3) angeordnet und mit Prallnasen (7) und Prallkanten (6) versehen sind, zwischen den oben liegenden Zuluftöffnungen (1) und den seitlichen Zuluftöffnungen (2) Prallplatten (8) angebracht und die seitlichen Zuluftöffnungen (2) mit Wandnasen (9) ausgestattet sind, und dass die Abluftöffnungen (11) nach oben weisen, mit Tropfkanten (13) aufweisenden Köpfen (12) und Abgrenzungsplatten (14) versehen sind, wobei zwischen Abluftschächten (10) und Abgrenzungsplatten (14) Schutzschwellen (15) angeordnet sind.

2. Zu- und Abluftführung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Querschnittsflächen der oben liegenden Zuluftöffnungen (1) zu den Querschnittsflächen der seitlichen Zuluftöffnungen (2) zwischen 1:1 und 1:3 liegt.

3. Zu- und Abluftführung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die oben liegenden Zuluftöffnungen (1) und die seitlichen Zuluftöffnungen (2) um einen Winkel von 60-120° versetzt in Höhe der Dachkonstruktion des Trockenlagers angebracht sind.

4. Zu- und Abluftführung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuluftöffnungen (1, 2) mit engmaschigen Gittern versehen sind.

5. Zu- und Abluftführung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die seitlichen Zuluftöffnungen (2) unter einem Winkel von 10-65° nach oben zur Prallkante (6) steigend an den Zuluftschacht (3) angeschlossen sind.

6. Zu- und Abluftführung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die seitlichen Abgrenzungsplatten (14) aus Metall bestehen.

7. Zu- und Abluftführung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Köpfe (12) sich oberhalb der Tropfkanten (13) mit einer Neigung von 75-85° verjüngen.

Die Erfindung betrifft eine Zu- und Abluftführung für Trockenlager mit sich selbst erheizenden radioaktiven Materialien, bestehend aus Zuluftöffnungen und -schächten und Abluftöffnungen und -schächten.

Sich selbst erheizende radioaktive Abfälle, wie z.B. abgebrannte Brennelemente aus Druck- und Siedewasserreaktoren, werden zur Zeit vorzugsweise unter Wasser eingelagert, um die Aktivität der Spalt- und Aktivierungsprodukte abklingen zu lassen. Das Wasser erfüllt hierbei gleichzeitig die Funktionen der Abschirmung der radioaktiven Strahlung und der Kühlung der heissen Brennelemente bzw. Abfallbehälter.

Diese Lagerung von radioaktiven Abfällen in Wasserbecken hat eine Reihe von Nachteilen, die vor allem im grossen Kühlwasserverbrauch und den damit verbundenen Umweltbelastungen liegen.

Es sind daher auch Vorschläge bekannt geworden, radioaktive Abfälle in sogenannte Trockenlager einzubringen, bei denen als Kühlmedium ein Gas verwendet wird, vorzugsweise Luft, das die Wärme vom Lagergut durch Zwangskühlung mit z.B. Ventilatoren, über Wärmeaustauscher oder direkt an die Umgebung abführt. Nachteilig dabei ist aber, dass bei Störfällen, d.h. Ausfall des Kühlsystems bzw. der Kühlaggregate, keine ausreichende Wärmeabfuhr mehr gewährleistet ist, was zu unzulässigen Temperaturerhöhungen und zur Freisetzung

von radioaktiven Schadstoffen führen kann.

Aus diesen Gründen wurden Trockenlager entwickelt (DE-OSen 27 11 405 und 27 30 729), bei denen die Wärme durch Naturkonvektion vom Lagergut an die Umgebung abgeführt wird. Diese Systeme sind inhärent sicher, da sie wegen der Naturkonvektion der Kühlluft keine aktiven Komponenten bzw. Betriebsaggregate für die Aufrechterhaltung des Kühlbetriebs erfordern. Die Kühlluft wird hierbei über Zuführungsöffnungen und -schächte an das zu kühlende Lagergut herangebracht, erwärmt sich dort und wird über separate Abfuhrschächte und -öffnungen an die Umgebung abgegeben. Die erhöhte Temperatur des normalerweise in Betonkammern ruhenden Lagerguts bewirkt, dass die Aussenluft selbsttätig angesaugt und wieder abgeführt wird.

Bei der Zwangskühlung sind permanent Maschinenelemente wie z.B. Lüftungskonvektoren erforderlich, um die erforderliche Kühlluft zu transportieren. Die Gestaltung der Zu- und Abluftöffnungen bzw. der Zu- und Abluftschächte unterliegt deshalb lediglich den Anforderungen des Objektschutzes, d.h. des Schutzes gegen äussere Einwirkungen, wie Sabotage, Flugzeugabstürze oder Brände, während der Strömungsführung nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt.

Demgegenüber muss bei der Naturkonvektionskühlung die natürliche Konvektion möglichst optimal gewährleistet sein, die wesentlich von den Druckverlusten des Lüftungssystems beeinflusst wird. Daher sind bei den Zu- und Abluftöffnungen bzw. Zu- und Abluftschächten neben dem notwendigen Objektschutz auch günstige Strömungsführungen zu gewährleisten.

An die Zu- und Abluftführung werden daher besondere Auslegungskriterien gestellt. Neben der optimalen Kühlwirkung und dem möglichst geringen Witterungseinfluss auf die Kühlung sind die permanente Kühlung und der Strahlenschutz des Trockenlagers während eines äusseren Störfalles, wie z.B. ein Flugzeugabsturz auf das Lager, ein Flächenbrand vor dem Lager oder eine Explosionsdruckwelle, zu gewährleisten.

Bei Anbringung der Zu- und Abluftöffnungen an einer Aussenwand des Lagers können im Falle ungünstiger Windrichtungen schlechte Kühlbedingungen auftreten. Besonders kritische Kühlbedingungen stellen sich bei einem Flächenbrand vor dem Gebäude ein, da die heissen Gase in das Lagerinnere eingesaugt werden könnten. Bei Luftumlenkungen innerhalb der Luftschächte, wie sie in den DE-OSen 27 11 405 und 27 30 729 angedeutet sind, treten grosse Strömungsverluste auf, die zu erhöhten Betriebstemperaturen im Lager führen. Hierdurch steigt das Risiko einer Schädigung des Lagergutes. Ausserdem sind verhältnismässig grosse Baustrukturen nötig.

Es war daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Zu- und Abluftführung bei Trockenlagern für sich selbst erheizende radioaktive Materialien zu finden, im wesentlichen bestehend aus Zuluftöffnungen und -schächten und Abluftöffnungen und -schächten, bei der die Öffnungen und Schächte eine günstige Strömungsführung der Kühlluft und bei äusseren Störfällen, wie Brände oder Flugzeugabstürze, eine ungestörte Kühlung des Lagergutes gewährleisten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Zuluftöffnungen jeweils sowohl oben als auch seitlich an einem oder mehreren Zuluftschächten angeordnet und mit Prallnasen und Prallkanten versehen sind, zwischen den oben liegenden Zuluftöffnungen und den seitlichen Zuluftöffnungen Prallplatten angebracht und die seitlichen Zuluftöffnungen mit Wandnasen ausgestattet sind, und dass die Abluftöffnungen senkrecht nach oben weisen, mit Tropfkanten aufweisenden Köpfen und Abgrenzungsplatten versehen sind, wobei zwischen Abluftschächten und Abgrenzungsplat-

ten Schutzwellen angeordnet sind.

Die Fig. 1 und 2 zeigen schematisch verschiedene Trockenlager mit beispielhaften Ausführungsformen der erfindungsgemässen Zu- und Abluftführung.

In Fig. 1 wird die Zu- und Abluftführung in einem Trockenlager für abgebrannte Brennelemente dargestellt. Die Zuluftöffnungen sind geteilt in oben angeordnete Zuluftöffnungen 1 und seitliche Zuluftöffnungen 2, die im allgemeinen um einen Winkel von 60 bis 120°, vorzugsweise um 90° versetzt angeordnet in gemeinsame Zuluftschächte 3 münden, in denen die Zuluft zu dem Lagergut 4 geleitet wird. Aufgrund des erforderlichen Objektschutzes werden die Zuluftöffnungen 1 und 2 in ausreichender Höhe über der Geländeoberfläche angeordnet, vorteilhafterweise in Höhe der Dachkonstruktion 5 des Trockenlagers. Die Querschnitte a der oben liegenden Zuluftöffnungen 1, die Querschnitte b der seitlichen Zuluftöffnungen 2 und die Querschnitte der Zuluftschächte 3 hängen von der erforderlichen Kühlluftmenge ab, mit der die anfallende Wärme des Lagergutes 4 bei einem bestimmten Temperaturniveau abgeführt werden muss. Das Querschnittsverhältnis a:b beträgt vorzugsweise 1:1 bis 1:3.

Zum Schutz gegen das Eindringen von festen Gegenständen mit nur kleiner kinetischer Energie in die Zuluftöffnungen 1 und 2 werden vorteilhafterweise Gitter angebracht. Das Eindringen von Flüssigkeiten, wie z.B. Regenwasser oder Kerosin, durch die obere Zuluftöffnung 1 in den Zuluftschacht 3 wird durch eine Prallkante 6 verhindert, die vorzugsweise abgerundet ist, um die Strömungsverluste klein zu halten. Dem Aufreissen eines Flüssigkeitsstromes nach der Querschnittsaufweitung in dieser Öffnung 1 wird durch eine Prallnase 7 entgegengewirkt; ausserdem erfolgt die Querschnittsaufweitung symmetrisch zum Flüssigkeitsstrom. Die in den oberen Öffnungen 2 eingedrungene Flüssigkeitsmenge fliesst somit über die vorzugsweise um 10–65° geneigte seitliche Zuluftöffnung 2 zur Aussenseite des Gebäudes hin ab.

Die Zufuhr von Kühlluft wird durch wechselnde Windrichtungen nicht wesentlich beeinflusst. Verursacht die Windströmung an den seitlichen Zuluftöffnungen einen Staudruck, liegt die obere Zuluftöffnung aufgrund der hochgezogenen Prallplatte 8 im Sogbereich, so dass zwischen den Zuluftöffnungen ein Druckausgleich stattfindet. Dies gilt ebenfalls für Explosionsdruckwellen, die von aussen auf das Trockenlager wirken können. Ein Druckanstieg im Zuluftschacht 3, der eine Zerstörung des Lagergutes 4 in den Lagerzellen verursachen könnte, wird somit verhindert.

Befindet sich dagegen die seitliche Zuluftöffnung 2 im Sogbereich der Windströmung, entsteht durch die Prallplatte 8 vor der oberen Zuluftöffnung 1 ein Staudruck, der eine verstärkte Zufuhr von Kühlluft durch die oberen Zuluftöffnungen 1 bewirkt. Der Überstand der Prallplatte 8 über der Zuluftöffnung 1 hängt von der angrenzenden Dachneigung sowie von der Anordnung der Abluftöffnungen ab und sollte mindestens dem Querschnitt b der seitlichen Zuluftöffnungen 2 entsprechen.

Die Wandnase 9 unter der seitlichen Zuluftöffnung 2 bewirkt zum einen bei horizontalem Aufprall von festen Gegenständen und Flüssigkeiten an die Aussenwand des Gebäudes, dass keine Teile von unten in die Öffnung hochgeschleudert werden können; zum anderen lenkt die Wandnase 9 die bei einem Flächenbrand vor der Aussenwand hochsteigenden heissen Gasströme von der Wand und den seitlichen Zuluftöffnungen 1 ab. Es dringen deshalb keine heissen Gase in den Zuluftstrom, da die hochgezogene Prallplatte 8 den Luftraum über Dach von den aufsteigenden heissen Gasen

trennt und nun die obere Zuluftöffnung 1 den Zuluftschacht 3 mit Kühlluft versorgen kann. Dringen trotzdem heisse Gaswirbel in die seitliche Zuluftöffnung 2 ein, so entweichen diese infolge der Auftriebskräfte des heissen Gases durch die obere Öffnung 1 wieder. Der betreffende Zuluftschacht 3 bleibt in diesem Fall während der Brandphase inaktiv. Nach dem Ende des Flächenbrandes setzt die Luftkühlung in diesem Schacht dann wieder selbsttätig ein.

Nachdem die Kühlluft das heisse Lagergut 4 passiert hat und dabei erwärmt wurde, steigt sie in den Abluftschächten 10 hoch und verlässt das Gebäude durch die Abluftöffnungen 11. Durch den Kaminkopf 12 wird die Abluft nach oben geführt und mündet als vertikaler Freistrahler in die Atmosphäre. Deshalb wird die Kaminwirkung nicht wesentlich durch wechselnde Windrichtungen beeinflusst. Des Weiteren wird durch diese Anordnung ein Eindringen von Explosionsdruckwellen in die Abluftschächte 10 weitgehend verhindert, so dass eine Schädigung des Lagergutes 4 ausscheidet. Diese Anordnung verhindert ausserdem das Eindringen von festen Gegenständen oder Flüssigkeiten, wie z.B. Regenwasser oder Kerosin, in den Abluftschacht 10. Im einzelnen wird dies mit Hilfe der mit Tropfkanten 13 versehenen Köpfe 12, vorzugsweise aus Stahlbeton, und den vorgesetzten Abgrenzungsplatten 14 erreicht. Zu diesem Zweck ragt der Kopf 12 mit der Tropfkante 13 mindestens um die halbe lichte Weite des Abluftschachtes 10 über die Mündung des Abluftschachtes 10. Zwischen der Mündung der Abluftschächte 10 und den Abgrenzungsplatten 14 sind Schutzwellen 15 angeordnet, die den Rand eines Vorfluters für eventuell in die Abluftöffnungen 11 eingedrungene Flüssigkeiten bildet.

Der vorzugsweise trapezförmige Stahlbetonkopf 12 verjüngt sich vorteilhafterweise wieder im oberen Bereich über der Tropfkante 13 mit einer Neigung von 75–85°. Damit wird eine günstige Diffusorwirkung des nach oben vertikal austretenden Kühlluftstrahles erreicht.

Die Abgrenzungsplatten 14 bestehen vorzugsweise aus Metall, insbesondere aus Stahl. Sie wirken daher thermodynamisch als Regulator für das Temperaturniveau in der Lagerzelle. Und zwar wird im Falle heisser Sommertage die Stahlplatte 14 aufgrund der intensiven Sonneneinstrahlung zusätzlich von aussen aufgeheizt. Dadurch erwärmt sich die Abluft im Kaminkopfbereich zusätzlich, was zu einer verstärkten Kühlluftzufuhr führt. Der grössere Luftmassenstrom ist dann auch wegen der wärmeren Zulufttemperatur erforderlich, um die Lagerzellentemperatur konstant halten zu können. Umgekehrt verringern die Stahlplatten 14 die wirkliche Auftriebshöhe bei kalter Atmosphäre, da sie Wärme aus der Abluft entnehmen und weiter an die Umgebung abstrahlen. Hierdurch verkleinert sich der angesaugte kalte Luftmassenstrom, so dass die Lagerzellentemperatur auf ihrem Niveau bleibt und damit schädliche Taupunktgrenzen im Trockenlager vermieden werden. Die in den Abluftöffnungen 11 eingedrungenen Flüssigkeiten werden über Tropfkante 13 und Schutzwelle 15 einem Vorfluter auf dem Lagerdach zugeführt.

In Fig. 2 dient die vorzugsweise um 10–25° geneigte Dachdecke als strömungsführende Sammelebene für die erwärmte Abluft. Der Abluftschacht 10 verläuft hierbei in der Dachdecke und mündet in den in der Dachmitte befindlichen Abluftöffnungen 11.

Die erfindungsgemässe Zu- und Abluftführung ist nicht nur vorteilhaft bei Trockenlagern mit Naturkonvektion, sondern eignet sich auch für Trockenlager mit Zwangskühlung.

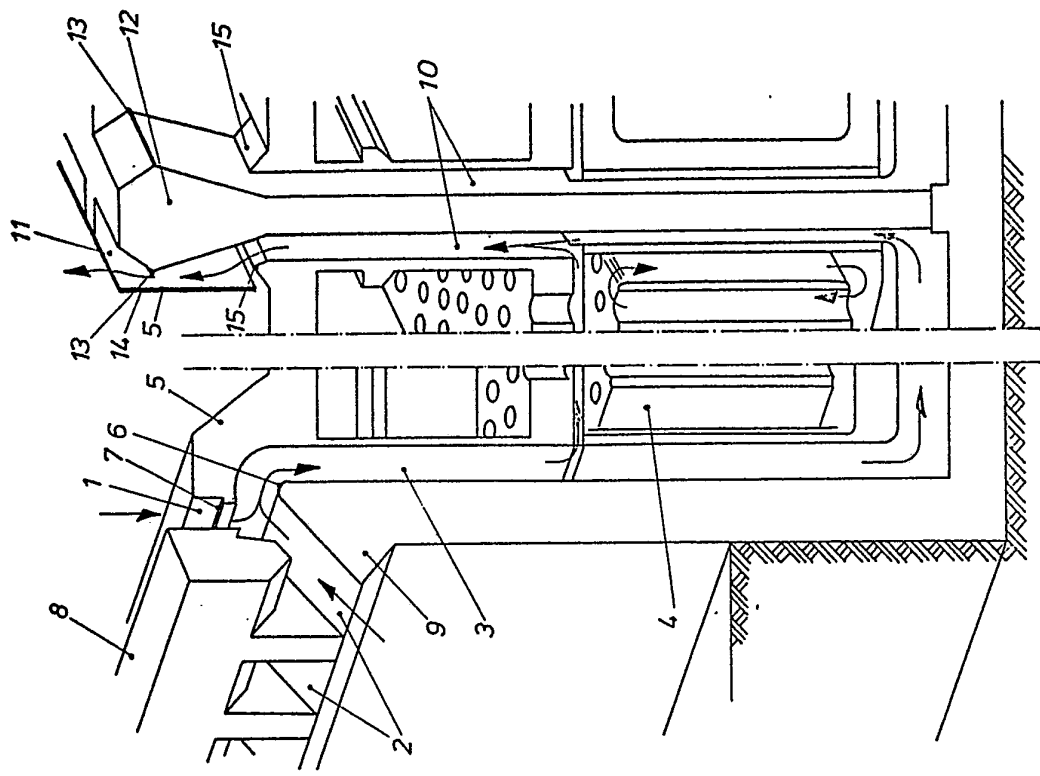


FIG. 1

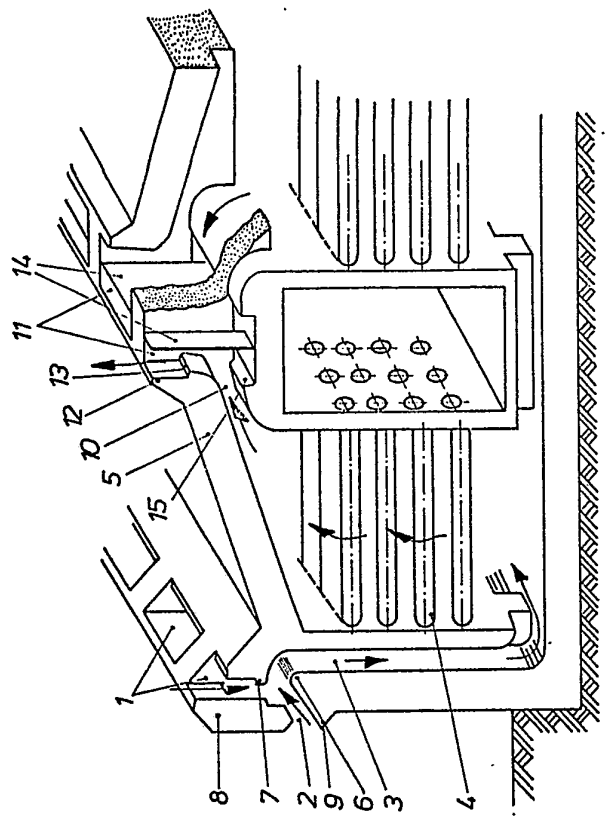


FIG. 2