



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 Anmeldenummer: 81100830.9

 Int. Cl.³: **G 21 F 9/08**

 Anmeldetag: 05.02.81

 Priorität: 19.02.80 DE 3006127

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 16.09.81 Patentblatt 81/37

 Benannte Vertragsstaaten:
 DE FR IT SE

 Anmelder: **KRAFTWERK UNION**
AKTIENGESELLSCHAFT
Wiesenstrasse 35
D-4330 Mülheim (Ruhr)(DE)

 Erfinder: **Kühnel, Roland**
Berliner Strasse 92
D-6057 Dietzenbach(DE)

 Vertreter: **Mehl, Ernst, Dipl.-Ing. et al,**
Postfach 22 01 76
D-8000 München 22(DE)

 (54) Kontinuierlich arbeitende Verdampferanlage für kontaminierte Flüssigkeiten.

 (57) Mehrere Verdampferkolonnen sind nacheinander in den Strömungsweg der zu dekontaminierenden Flüssigkeit eingeschaltet. Das den jeweiligen Verdampfer verlassende kontaminierte Destillat wird in die vorgeschaltete Verdampferstufe zurückgeführt.

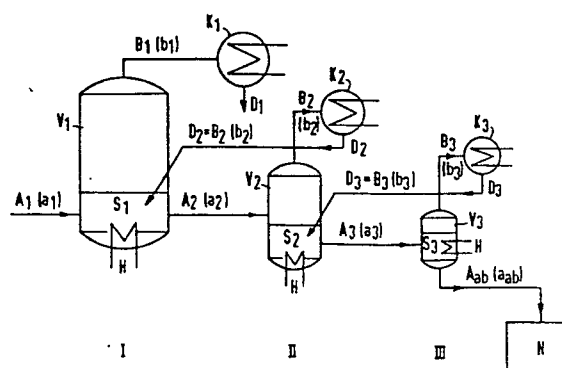


FIG 2

5 Kontinuierlich arbeitende Verdampferanlage für
 kontaminierte Flüssigkeiten

Die vorliegende Erfindung betrifft eine kontinuierlich arbeitende Verdampferanlage für kontaminierte Flüssig-
10 keiten, die aus mehreren Einzelverdampferkolonnen und Kondensatoren für die gebildeten Destillate besteht. Mit Hilfe einer derartigen Anlage können die in einer verdampf-
baren Flüssigkeit, wie z.B. Wasser enthaltenen Verunreinigungen, die z.B. radioaktiver Natur sein können,
15 von dieser getrennt werden. Eine Übersicht über den auf diesem Gebiet vorliegenden Stand der Technik gibt einen Aufsatz aus der Zeitschrift "Kerntechnik", 16. Jahrg., (1974), Nr. 4, Seiten 170-177. Hieraus ist zu entnehmen, daß die Zulauf-
lösung ("feed") normalerweise einstufig
20 verdampft wird und das Dampfdestillat gesammelt sowie der im Verdampfer befindliche Sudansatz solange eingedickt wird, bis eine hinreichend hohe Konzentration - Verdichtung ca. 1:1000 - erreicht ist. Anschließend wurde der restliche Sud abgeschlämmt und die Anlage erneut angefahren.
25 Es handelt sich also um einen diskontinuierlichen Betrieb, die Anlage wird "batchweise" gefahren.

Bei nicht ausreichendem Dekontaminationsgrad mußte das Destillat erneut verdampft werden, der erreichbare mittlere
30 Dekontaminationsgrad war jedoch bei radioaktiven Abwässern immer noch so schlecht, daß die Destillate nur kontrolliert über Vorfluter den normalen Abwässern beige-
mischt werden konnten. Ausreichend niedrige Dekontami-

nationsfaktoren lassen sich demnach nur mit Hilfe einer Reihenschaltung verhältnismäßig großer Verdampferkolonnen erreichen, was einen hohen apparativen Aufwand bedeutet, die dafür benötigte Energie ist außerdem nicht
5 unerheblich.

Es stellte sich daher die Aufgabe, eine Konzeption für Verdampferanlagen zu finden, die von der Anlagenseite, aber auch von der Energieseite her wesentlich günstiger
10 zu stehen kommt, bei gleichzeitiger Erreichung eines ausreichend hohen Dekontaminationsgrades.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Verdampferanlage gelöst, bei der mehrere Verdampferkolonnen nacheinander in den Strömungsweg der zu dekontaminierenden
15 Flüssigkeit eingeschaltet sind, eine Rückführung jener kondensierten Destillate aus den dem ersten Verdampfer nachgeschalteten Verdampfern in den jeweils vorgeschalteten Verdampfer vorgesehen ist und das kondensierte Destillat
20 des ersten Verdampfers einer weiteren Nutzung bzw. einer Weiterleitung als praktisch kontaminationsfreier Abfall zur Verfügung steht. An die letzte Verdampferkolonne kann dabei eine Volltrocknungsanlage für den an Kontaminationsstoffen bereits stark angereicherten Sud nachge-
25 schaltet werden.

Die Vorteile dieser neuen Verdampferanlage gegenüber einer solchen nach dem alten Prinzip sind insbesondere dann, wenn aus Gründen der Destillatqualität eine Doppel-
30 verdampfung des Destillates stattfinden muß, folgende:

- 3 - VPA 80 P 93 04 E

Geringere Investitionskosten, da die Folgeverdampfer nur sehr klein sind.

5 Kleinere spezifische Heizleistung, niedrigere Sudkonzentration in den ersten großen Stufen.

10 Insgesamt kleinere Apparate gegenüber einer Doppelverdampferanlage in Destillatreihenschaltung (siehe Fig. 4 der genannten Literaturstelle) mit entsprechenden Einsparungen bei den Investierungskosten und in den Bauvolumina.

15 Gleichbleibende Qualität des Endproduktes durch Vermeidung des batchbetriebes.

Zur weiteren Veranschaulichung dieser neuen Verdampferanlage wird auf die Fig. 1 und 2 verwiesen. Die Fig. 1 stellt eine Verdampferanlage des bekannten Prinzips dar, die Fig. 2 dagegen eine Verdampferanlage nach dem Prinzip dieser Erfindung. Entsprechende Bauteile sind in beiden Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. So bedeuten:

25 A = Zulaufmenge, z.B. des kontaminierten Wassers
a = Zulaufkonzentration
B = Dampf- bzw. Destillatmenge
b = Destillatkonzentration
DK = Dekontaminationsfaktor
S = Sudvolumen = Volumen der im Verdampfer erhitzten
30 Flüssigkeitsmenge
D = Destillat

Die Indizes beziehen sich auf die Verdampferkolonne 1, 2 bzw. 3.

Logischerweise ist der Sudablauf des Verdampfers 1 gleich
5 der Zulauf dem Zulauf A_2 des Verdampfers 2 usw.

Die Fig. 1 zeigt nun eine einstufige Verdampferanlage nach dem bekannten Prinzip. Die Verdampferkolonne ist mit V bezeichnet, der Zulauf mit A_1 , dessen Konzentration
10 beträgt a_1 . Er wird solange in die Kolonne V eingespeist, bis das gewünschte Sudvolumen S erreicht ist, das nun mit Hilfe der Heizung H zum Kochen gebracht wird. Die Dampfmenge B_1 mit der Konzentration b_1 gelangt zum Kondensator K_1 und verläßt diesen als Destillat D_1 . Dieses
15 Destillat hat nur noch eine geringe Kontamination und muß evtl. noch einer weiteren derartigen Verdampferstufe zugeführt werden, damit das Enddestillat entweder weiterverarbeitet oder zum normalen Abwasser gegeben werden kann. Die Verdampfung des Kolonneninhaltes S wird dabei
20 soweit getrieben bis der Restsud A_2 mit relativ hoher Konzentration a_2 der verunreinigenden Stoffe abgelassen und als Abfall gesichert gelagert werden kann.

Die in Fig. 2 dargestellte Verdampferanlage nach dieser
25 Erfindung besteht aus drei Stufen I, II und III, bei denen die Sudvolumina S_1 , S_2 und S_3 hintereinander geschaltet sind und kontinuierlich durchströmt werden. Die Verdampferkolonnen 2 und 3 sind wesentlich kleiner als jene der Stufe I, da das Sudvolumen durch den Verdampfungsvorgang
30 in den vorhergehenden Stufen jeweils stark abnimmt.

Die erste Stufe I entspricht zunächst der Einrichtung nach Fig. 1 mit dem Unterschied, daß der Sudablauf zur Verdampferkolonne V_2 geführt wird. Das in diese Stufe 2 entstehende Destillat D_2 , das mengenmäßig der verdampften Menge B_2 entspricht, gelangt als Rücklauf in die Kolonne V_1 , wird also einer erneuten Verdampfung zugeführt. Desgleichen wird das Destillat D_3 aus der Stufe III bzw. der Verdampferkolonne V_3 wieder dem Sudvolumen S_2 der Stufe 2 zugeführt. Erst das in der Stufe III (oder auch einer höheren Stufe) enthaltene, an Verunreinigungen hoch angereicherte Restsudvolumen S_3 , gelangt als Abfallkonzentrat A_{ab} mit der Konzentration a_{ab} zu einem Nach-trockner N. Dort wird es vollkommen getrocknet, die Kontaminationsstoffe können dann einer sicheren Endlagerung in an sich bekannter Weise zugeführt werden.

Die eingangs geschilderten Vorteile einer Verdampferanlage nach Fig. 2 gegenüber dem Bekannten nach Fig. 1 ergeben sich aus folgenden theoretischen Betrachtungen.

Verdampferanlagen nach Fig. 1:

Die zeitabhängige Sudkonzentration bestimmt sich aus nachstehender Differentialgleichung.

$$\frac{da_2}{dt} = (A_1 \cdot a_1 - B_1 \cdot b_1) \frac{1}{S}$$

Diese Gleichung (1) darin bedeutet die Destillatkonzentration

$$b_1 = DK \cdot a_2$$

Unter Berücksichtigung der entsprechenden Randbedingungen für $t = 0$ bestimmt sich die zeitabhängige Konzentration im Sud S mit der Konzentration a_2 .

$$5 \quad a_2 = \frac{1}{B_1 \cdot DK} \left[(a_1 B_1 \cdot DK - A_1 a_1) e^{-\frac{B \cdot DK}{S} \cdot t} + A_1 a_1 \right]$$

und das Verhältnis von Sudkonzentration zu Zulaufkonzentration zu

$$10 \quad \frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{DK} \cdot \left[1 - (1-DK) \cdot e^{-\frac{A \cdot DK}{S} \cdot t} \right]$$

15 Der Mittelwert der Konzentration im Destillat beträgt somit

$$20 \quad \bar{b}_1 = \frac{\int_0^t B_1 \cdot b_1 \cdot dt}{\int_0^t B_1 \cdot dt}$$

und durch Ausintegration in den Grenzen von 0 bis t erhält man für die Konzentration des Destillates als Mittelwert

$$25 \quad \bar{b}_1 = a_1 \left[1 - \frac{1-DK}{DK} \cdot \frac{S}{t A} \left(1 - e^{-\frac{A \cdot DK}{S} \cdot t} \right) \right]$$

30 Damit kann für die Verdampferanlage nach altem Prinzip die zeitabhängige Sudkonzentration sowie der Mittelwert der Konzentration im Destillat bestimmt werden (siehe das spätere Zahlenbeispiel).

Im Gegensatz zu dieser Verdampferanlage arbeitet jene nach Fig. 2 kontinuierlich. Daher sind nur die Gleichgewichtszustände zu betrachten, so daß diese Kaskadenschaltung durch folgende Gleichungen beschrieben wird:

5

$$\text{Verdampferanlage I} \quad A_1 \cdot a_1 + B_2 \cdot b_2 = B_1 \cdot b_1 + A_2 \cdot a_2$$

$$b_1 = DK \cdot a_2$$

10

$$A_1 + B_2 = B_1 + A_2$$

$$\text{Verdampferanlage II} \quad A_2 \cdot a_2 + B_3 \cdot b_3 = B_2 \cdot b_2 + A_3 \cdot a_3$$

$$b_2 = DK \cdot a_3$$

15

$$A_2 + B_3 = B_2 + A_3$$

$$\text{Verdampferanlage III} \quad A_3 \cdot a_3 + 0 = B_3 \cdot b_3 + A_{ab} \cdot a_{ab}$$

20

$$b_3 = DK \cdot a_{ab}$$

$$A_3 = B_3 + A_{ab}$$

Für eine numerische Auswertung dieser Gleichungen für eine Verdampferanlage nach Fig. 1 bzw. 2 werden folgende Annahmen gemacht, die durch entsprechende Einhaltung der Destillations- bzw. Durchlaufzeiten durch die einzelnen Kolonnen erreicht werden:

	A_1	3500	$[\text{kg/h}]$
	a_1	10^{-3}	$[\text{1/kg}]$
	a_2	am Ende des diskontinuierlichen Betriebes	
5		1	$[\text{1/kg}]$
	DK	10^{-5}	
	S	1000	$[\text{kg}]$
	A_2	350	$[\text{kg/h}]$
10	A_{ab}	3,5	$[\text{kg/h}]$

Unter Anwendung dieser Zahlenwerte ergeben sich als Gleichgewichtskonzentrationen bzw. Mittelkonzentrationen der Verunreinigungen im Destillat folgende Werte:

15

Verdampferanlage nach Fig. 1 (alte Konzeption):

$$5 \times 10^{-6} \quad [\text{1/kg}]$$

20 Verdampferanlage nach Fig. 2 (neue Konzeption):

$$10^7 \quad [\text{1/kg}]$$

Dies bedeutet, daß eine Verdampferanlage, die nach dem Vorschlag dieser Erfindung aufgebaut ist, einen um etwa 50-fach höheren Dekontaminationsgrad erbringt als eine Anlage aus dem erwähnten Stand der Technik.

Abschließend sei erwähnt, daß eine erfindungsgemäße Dekontaminationsanlage selbstverständlich auch aus einer höheren Anzahl von Verdampferstufen aufgebaut sein kann, wobei die nächstfolgende stets kleiner als die vorhergehende gehalten ist und somit auch geringere Heizleistungen benötigt.

30

Dies außerdem auch deswegen, weil die Zulaufmenge sich praktisch bereits auf Siedetemperatur befindet und von der jeweiligen Heizeinrichtung nur noch die Verdampfungswärme geliefert werden muß.

2 Figuren

2 Patentansprüche

Patentansprüche

1. Kontinuierlich arbeitende Verdampferanlage für kontaminierte Flüssigkeiten, die aus mehreren Einzelverdampferkolonnen und Kondensatoren für die gebildeten Destillate besteht, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß mehrere Verdampferkolonnen nacheinander in den Strömungsweg der zu dekontaminierenden Flüssigkeit eingeschaltet sind, eine Rückführung jener kondensierten Destillate aus den dem ersten Verdampfer nachgeschalteten Verdampfern in den jeweils vorgeschalteten Verdampfer vorgesehen ist und das kondensierte Destillat des ersten Verdampfers einer weiteren Nutzung bzw. einer Weiterleitung als praktisch kontaminationsfreier Abfall zur Verfügung steht.
2. Verdampferanlage nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß dem letzten Verdampfer eine Volltrocknungsanlage für den an Kontaminationsstoffen angereicherten Sud nachgeschaltet ist.

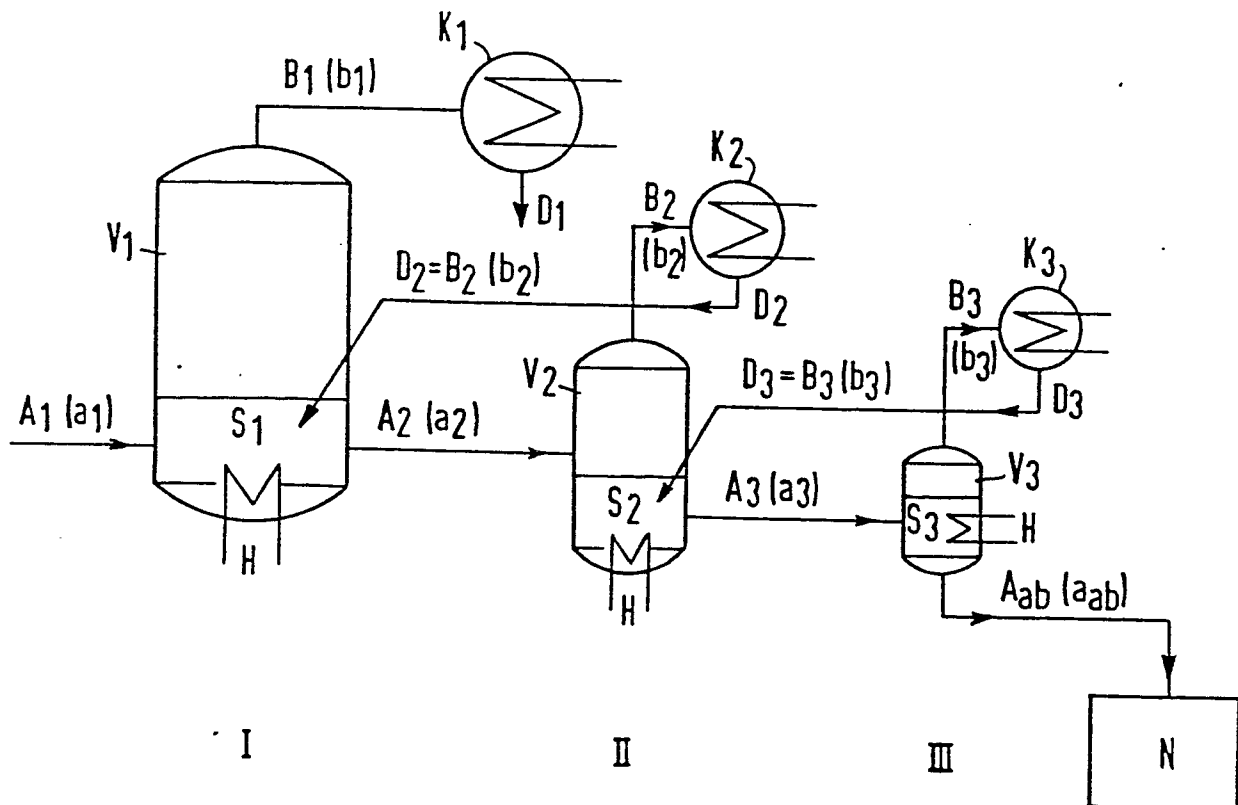
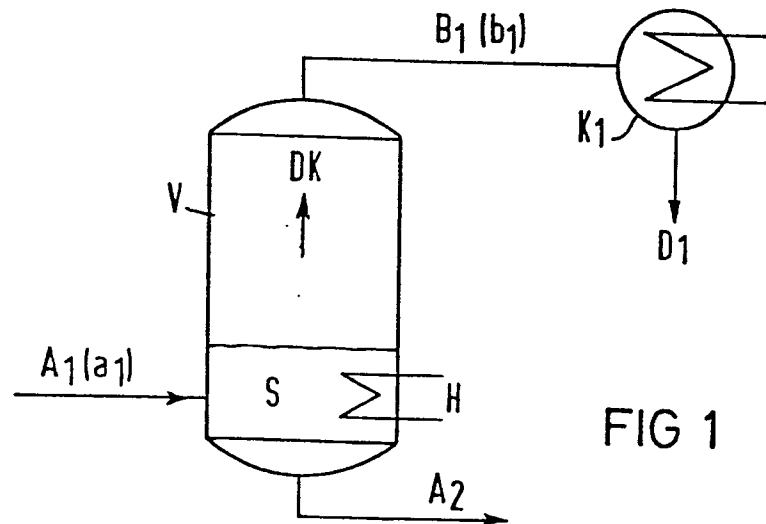


FIG 2