



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 292 816 A7

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 02 F 1/68
E 03 B 3/34

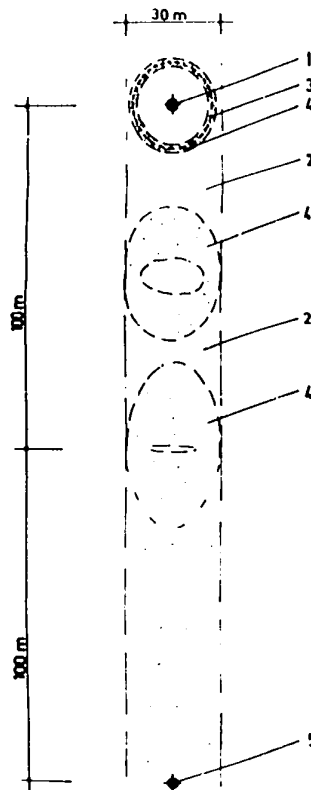
DEUTSCHES PATENTAMT

(21) DD C 02 F / 322 109 5 (22) 24. 11. 88 (45) 14. 08. 91

(71) siehe (73)
(72) Eichhorn, Dieter, Dr.-Ing.; Haldenwang, Lutz, Dr. rer. nat.; Schuster, Uwe, Dipl.-Ing., DE
(73) Institut für Wassertechnologie GmbH Dresden, Otto-Wagner-Straße 3, O - 8060 Dresden, DE
(74) Patentanwalt Klaus Hofmann, Wormser Straße 59b, O - 8019 Dresden, DE

(54) Verfahren zur Stoffverteilung im Grundwasserleiter

(55) Stoffverteilung; Grundwassersanierung;
Untergrundwasseraufbereitung; Altlastsanierung;
Infiltrationsbrunnen; wäßrige Lösung
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stoffverteilung
in einem natürlichen oder künstlichen Grundwasserstrom
über Infiltrationsbrunnen. Die Erfindung ist anwendbar bei
der Untergrundwasseraufbereitung der
Grundwassersanierung und der Altlastsanierung.
Erfindungsgemäß erfolgt die Infiltration der wäßrigen
Lösungen in einem Zwei-Phasen-Regime, wobei der zu
infiltrierende Stoff nur während der ersten
Infiltrationsphase zugegeben wird. Das Infiltrat der zweiten
Phase wird mit der 2- bis 10 000fachen Menge des
Erstinfiltrats eingeleitet, wonach der Infiltrationsvorgang
abgebrochen und erst nach Abdrift der stoffangereicherten
Zone wiederholt wird. Das Infiltrat der zweiten Phase ist
vorzugsweise unbehandeltes Grundwasser. Fig. 1



Figur 1

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Stoffverteilung im Grundwasserleiter, wobei die Infiltration der Stoffe, wie z. B. Oxydationsmittel, Nährstoffe usw. als wäßrige Lösung zum Zwecke der Auslösung und Unterhaltung von chemischen und biologischen Stoffwandlungsprozessen im Grundwasser über Vertikalfilterbrunnen erfolgt, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Infiltration in einem Zwei-Phasen-Regime erfolgt, wobei der zu infiltrierende Stoff nur während der ersten Infiltrationsphase zugegeben wird und dabei das Infiltrat der zweiten Phase mit der 2- bis 10000fachen Menge der ersten Infiltrationsphase eingeleitet wird, wonach der Infiltrationsvorgang abgebrochen und erst nach der Abdrift der stoffangereicherten Zone mit dem natürlichen Grundwasser die Infiltration wiederholt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die wäßrige Lösung der ersten Infiltrationsphase eine ungesättigte echte Lösung, eine gesättigte echte Lösung, eine Suspension oder eine Emulsion ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß bei der ersten Infiltrationsphase mehrere unterschiedliche Stoffe gleichzeitig oder zeitlich versetzt zugegeben werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Infiltrat der zweiten Infiltrationsphase unbehandeltes Grundwasser ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stoffverteilung in einem natürlichen oder künstlichen Grundwasserstrom über Infiltrationsbrunnen. Die Erfindung ist anwendbar bei der Untergrundwasseraufbereitung, der Grundwassersanierung und der Altlastensanierung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Die Untergrundwasseraufbereitung, die Grundwassersanierung und auch die Altlastensanierung gehen davon aus, daß der Stoffeintrag in den Grundwasserfilter vorwiegend über Vertikalfilterbrunnen, sogenannte Infiltrationsbrunnen erfolgt. Infiltrationsbrunnen haben gegenüber den Entnahmebrunnen entscheidend kürzere Nutzungszeiten.

Bei der Nutzung des natürlichen Grundwasserleiters als Festbettreaktor im Sinne eines Mischbettes sind zur Einleitung von Stoffen in den Untergrund zwei technologische Möglichkeiten bekannt. Der Stoffeintrag kann entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen.

Voraussetzung für beide Infiltrationstechnologien ist, daß sich der in den Untergrund einzutragende Stoff im Wasser löst und so als Fluid infiltriert werden kann. Die Verteilung des Stoffes im Grundwasserleiter geht stets von der Gestalt der Infiltrationszone aus und erfolgt ausschließlich auf der Basis von hydrodynamischen Dispersion, die bei der natürlichen Konvektion des Grundwassers entsteht. Dabei ist bekannt, daß die longitudinale hydrodynamische Dispersion ein Vielfaches des horizontal-transversalen Terms ist.

Bei der kontinuierlichen Infiltration bildet das Infiltrat im Untergrund eine langgestreckte Zone. Zwischen Infiltrat und dem natürlichen Grundwasser entstehen Grenzflächen, über die ein Austausch möglich ist. Nachteilig bei dieser Technologie ist, daß die Vermischung zwischen Infiltrat und Grundwasser nur auf sehr langen Fließwegen möglich ist, da hierbei vorwiegend die transversale Dispersion wirksam wird. Nachteilig ist weiterhin, daß kontinuierlich beaufschlagte Infiltrationsbrunnen stark zu irreversibler Kolmation neigen.

Bei der diskontinuierlichen Infiltration bildet das Infiltrat im Untergrund Zonen mit zylindrischer Gestalt. Auch hierbei ist der Austausch nur über die Grenzfläche möglich. Gegenüber der kontinuierlichen Infiltration ist jedoch bei der diskontinuierlichen Infiltration der Austauschprozeß intensiver, da hierbei die longitudinale Dispersion, die an die Konvektion der natürlichen Grundwasserströmung gebunden ist, in den Austauschprozeß einbezogen werden kann. Nachteilig ist auch bei dieser Technologie die Kolmationsgefahr der Infiltrationselemente, da in der Zeit der Abdrift der Infiltrationszone im Infiltrationselement biologische Stoffwechselprozesse über Tage, Wochen und unter Umständen auch Monate möglich sind.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Senkung der technisch-technologischen und ökonomischen Aufwendungen für den Bau und Betrieb von Infiltrationsanlagen zum Zwecke des Stoffeintrages in das Grundwasser.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, durch ein spezifisches Infiltrationsregime über Infiltrationsbrunnen einen oder mehrere Stoffe in den Grundwasserbereich einzutragen und diesen mit dem natürlichen Grundwasser schnell und gleichmäßig so zu mischen, daß nach einem Fließweg von maximal 100m bereits eine homogene Mischung sicher erreicht ist. Das Verfahren soll gestatten,

über Vertikalfilterbrunnen dauerhaft wäßrige Lösungen in den grundwassergesättigten Bereich des Untergrundes so zu infiltrieren, daß die Stoffverteilung primär durch Konvektion und nur sekundär durch die Dispersion erfolgt. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Infiltration in zwei Phasen erfolgt. Die erste Infiltrationsphase stellt den eigentlichen Stoffeintrag dar, wobei der Stoff als wäßrige Lösung, die eine ungesättigte echte Lösung, eine gesättigte echte Lösung, eine Suspension oder auch eine Emulsion sein kann bzw. als flüssiger Stoff infiltriert wird. Werden mehrere Stoffe in den Untergrund infiltriert, wird die erste Infiltration entsprechend unterteilt und die unterschiedlichen Stoffe nacheinander eingeleitet. Werden mehrere Stoffe eingeleitet, die in wäßriger Lösung keine spontane Reaktion eingehen, ist ebenso die gleichzeitige Infiltration von Stoffen in der Phase 1 möglich.

Im Ergebnis der ersten Infiltrationsrate entsteht um den Infiltrationsbrunnen ein Raum, dessen geometrische Form etwa einem Zylinder entspricht. In der zweiten Infiltrationsphase, die sich an die erste direkt anschließt, wird nunmehr unbehandeltes Grundwasser infiltriert, und zwar in einem solchen Maße, daß das Zweitfiltrat das Doppelte bis das 10000fache des Erstfiltrates erreicht. Das Zweitfiltrat verdrängt dabei das Erstfiltrat, es kommt zu einer Kolbenverdrängung. Im Ergebnis der Infiltration entspricht jetzt der Raum, den das Erstfiltrat einnimmt, einem Hohlzylinder, dessen Grenzflächen bei der Konvektion des Zweitfiltrats in gewissen Bereichen bereits aufgelöst sind (Effekte der longitudinalen Dispersion der rotationssymmetrischen Abströmung bei der Infiltration). Die Abmessungen des Hohlzylinders sind durch das Verhältnis Erstfiltrat zu Zweitfiltrat quasi unbegrenzt regelbar. Mit einer solchen Infiltrationstechnologie wird eine primäre Stoffverteilung an die schnelle Konvektion der Abströmung gekoppelt. Der primäre Stofftransport in das Brunnumfeld erfolgt dabei mit Geschwindigkeiten, die sehr viel größer als natürliche Fließgeschwindigkeiten sind.

Nach Abschluß der Infiltration unterliegt der Hohlzylinder des Erstfiltrats der Drift des natürlichen Grundwassers und wird durch die Dispersion der Grundwasserströmung aufgelöst. Unter den erreichten Ausgangsbedingungen können für diesen Mischprozeß jetzt vorwiegend die erhöhten longitudinalen Effekte genutzt werden. Die homogene Vermischung der beiden Infiltrationswässer mit dem natürlichen Grundwasser ist damit auf sehr kurze Entfernung möglich.

Mit der Infiltration des Zweitfiltrats kann gesichert werden, daß die Poren im Umfeld des Infiltrationsbrunnens vom Erstfiltrat gereinigt sind. Auch in der stagnierenden flüssigen Phase ist durch Rückdiffusion das Erstfiltrat in das Zweitfiltrat soweit verdünnt, daß biologische Stoffwechselprozesse ausgeschlossen bzw. auf ein Minimum eingeschränkt sind.

Unterstützt wird der Effekt der biologischen Inaktivität im brunnennahen Raum dadurch, daß bei den beschriebenen Regimen die Infiltrationsintervalle extrem groß gewählt werden können (z. B. 2 bis 6 Monate), so daß durch Nährstofflimitation eine Produktion von Biomasse dauerhaft ausgeschlossen werden kann.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soli nachstehend an Hand der Zeichnung erläutert werden.

Fig. 1: Schema der Zwei-Phasen-Infiltration

Ein Grundwasserleiter besitzt folgende hydrogeologische Parameter:

- Grundwasserleitermächtigkeit 10 m,
- nutzbare Porosität 20%,
- natürliche Fließgeschwindigkeit 1 m/d.

Das Grundwasser 2 ist durch eine Nitratkonzentration von 130 mg/l gekennzeichnet.

Um das Grundwasser als Trinkwasser zu verwenden, soll der Nitratgehalt im Grundwasser noch vor der Rohwassergewinnung auf 15 mg/l abgebaut werden.

Die Nitratreduzierung von 115 mg/l soll durch mikrobielle Stoffwandlung erreicht werden. Um diese Prozesse zu unterhalten, ist dem Grundwasser dauerhaft ein Nährstoff, im Beispiel Ethanol, zuzugeben und gleichmäßig im Grundwasser zu verteilen. Die Zugabe des Ethanols über die Infiltrationsbrunnen erfolgt monatlich einmal.

Als Strömungsfeld wird eine Stromröhre von 30 m Breite betrachtet. In der Stromröhre befinden sich ein Infiltrationsbrunnen 1 und ein Entnahmebrunnen 5 in einem Abstand von 200 m. Die Menge des Grundwassers, die diese Stromröhre monatlich passiert, erreicht eine Größe von

$$Q = A \times v = 30 \text{ m} \times 30 \text{ m/Monat}$$

$$Q = 9000 \text{ m}^3/\text{Monat.}$$

Die Menge an abzubauenem Nitrat beträgt folglich

$$C = 9000 \text{ m}^3 \times 115 \text{ g/m}$$

$$C = 1035 \text{ kg NO}_3.$$

Unter der Annahme eines C:NO₃-Verbrauchs von 0,25 müssen dafür 630 l Ethanol über den Infiltrationsbrunnen 1 eingetragen werden. Das Ethanol wird auf eine 20%ige Lösung verdünnt. Die Infiltrationsmenge beträgt damit $Q = 3,150 \text{ m}^3$.

In der ersten Infiltrationsphase erfolgt der Eintrag der Ethanollösung mit einer Intensität von $10 \text{ m}^3/\text{h}$, so daß die Phase nach 20 min abgeschlossen ist. Die Infiltrationszone im Grundwasserleiter erreicht einen Durchmesser von

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{M \times 0,20 \times \pi}}$$

$$D = 1,4 \text{ m.}$$

In der zweiten Phase werden $1\,000\text{ m}^3$ natürliches Grundwasser infiltriert. Bei gleicher Infiltrationsintensität dauert dieser Prozeß ca. 4 Tage. Das Infiltrat wird dabei theoretisch auf einen Hohlzylinder 3 mit den Abmessungen

$$H = M = 10\text{ m und}$$

$$D_A = 25,27\text{ m}$$

$$D_I = 25,23\text{ m}$$

verlagert. Praktisch ergibt sich durch die longitudinale Dispersion in diesem Strömungsprozeß eine Mischzone 4, ebenfalls mit der Form eines Hohlzylinders von etwa

$$D_A = 27\text{ m}$$

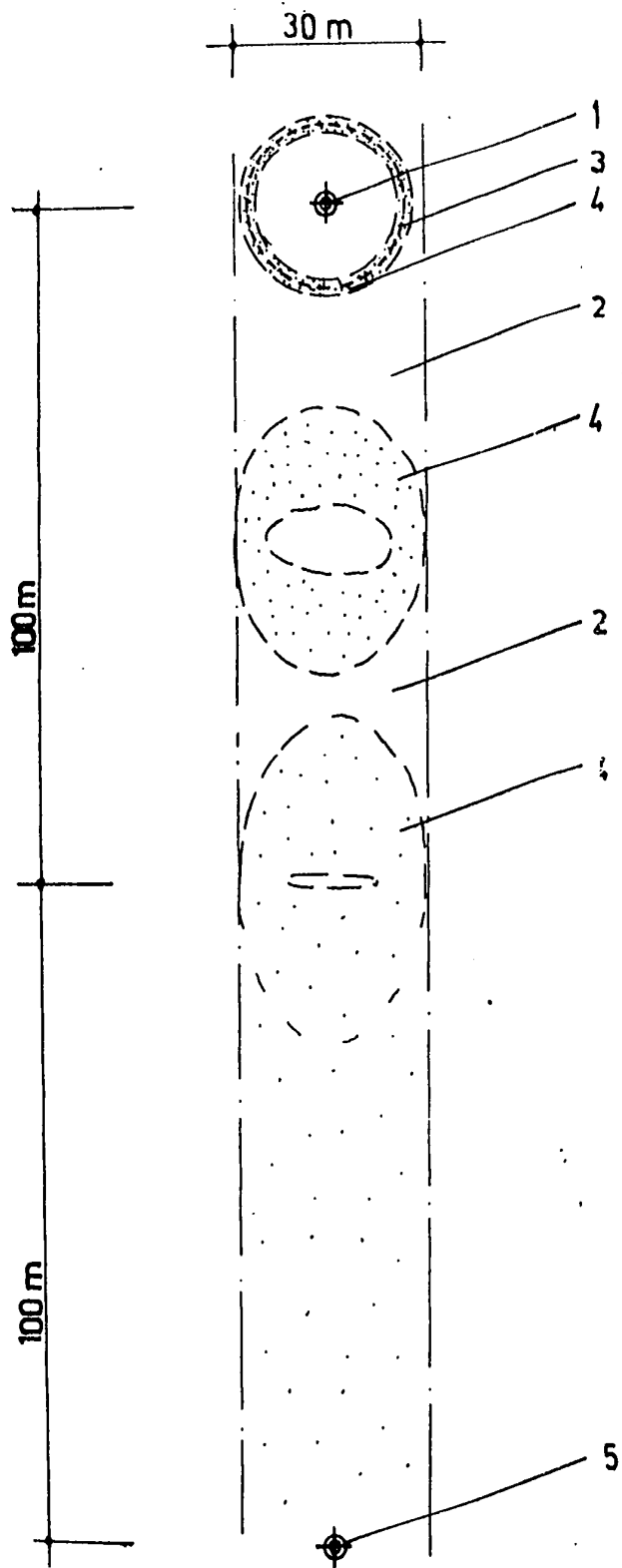
$$D_I = 24\text{ m}$$

und eine Verdünnung des Infiltrats von ursprünglich 20% auf etwa 2,5% in der Mischzone 4.

Durch die Infiltration der 300fachen Menge an natürlichem Grundwasser gilt der brunnennahe Raum als frei von Ethanol.

Biologische Stoffwechselprozesse leiden in dieser Zone an Nährstoffmangel.

Wird die Mischzone 4 in dieser Form über einen Fließweg von 100 m mit dem natürlichen Grundwasser verschleppt, das entspricht einer Fließzeit von 100 d, kann die Zone infolge der Dispersion der Grundwasserströmung total aufgelöst werden und das Gemisch natürliches Grundwasser/Ethanol gilt als homogen. Bei der Passage des Gemisches über weitere 100 d und 100 m Fließstrecke ist das Nitrat sicher abbaubar.



Figur 1