



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 663 272 A5

⑤ Int. Cl.⁴: F 24 J 2/44
F 25 B 29/00
A 01 G 9/24

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

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 1164/84

㉒ Anmeldungsdatum: 08.03.1984

③① Priorität(en): 08.03.1983 AT 809/83

㉔ Patent erteilt: 30.11.1987

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.11.1987

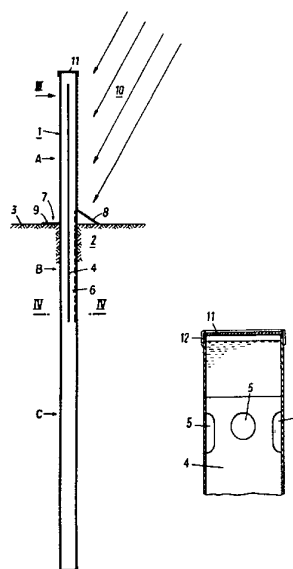
⑦③ Inhaber:
Dr. rer. nat. Gernot Graefe, Donnerskirchen (AT)

⑦② Erfinder:
Graefe, Florian, Donnerskirchen (AT)

⑦④ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ **Erdwärmetauscher.**

⑤⑦ Der Erdwärmetauscher umfasst eine vertikal in den Erdboden (2) einsteckbare Vorrichtung (A, B, C) mit einem ersten Abschnitt (A, B), in dem zwei zueinander parallele Strömungskanäle mit gleichem Querschnitt vorhanden sind, die am Kopf dieses Abschnitts (A, B) miteinander verbunden und am Fuss desselben in einen zweiten einteiligen Abschnitt (C) übergehen. Die Länge des ersten Abschnitts (A, B) ist derart bemessen, dass beim Einstecken des Erdwärmetauschers in den Erdboden (2) der erste Abschnitt (A, B) teils unterirdisch und teils oberirdisch und der zweite Abschnitt (C) in seiner ganzen Länge unterirdisch bis unterhalb des Bereiches des Erdbodens mit tageszeitlichen Temperaturschwankungen einführbar ist. Die Vorrichtung ist bis über die Verbindung im Kopf des ersten Abschnitts (A, B) mit einem flüssigen Wärmeträgermedium gefüllt. Damit kann einerseits die in den tieferliegenden Bodenschichten vorhandene Wärme zur Erwärmung eines Glashauses verfügbar gemacht und andererseits ein Teil der an sonnigen Tagen im Glashaus überflüssigen Wärme zumindest in die oberen Schichten des Bodens eingebracht werden, um sie in kalten Nächten zur Verfügung zu haben.



PATENTANSPRÜCHE

1. Erdwärmetauscher, dadurch gekennzeichnet, dass er eine vertikal in den Erdboden (2) einsteckbare Vorrichtung (A, B, C) mit einem ersten Abschnitt (A, B) aufweist, in dem zwei zueinander parallele und zumindest annähernd vertikale Strömungskanäle mit zumindest annähernd gleichem Querschnitt vorhanden sind, die am Kopf dieses Abschnitts (A, B) miteinander verbunden und am Fuss desselben in einen zweiten einteiligen Abschnitt (C) übergehen, wobei die Vorrichtung bis über die Verbindung im Kopf des ersten Abschnitts (A, B) mit einem flüssigen Wärmeträgermedium gefüllt ist, und dass die Länge des ersten Abschnitts (A, B) derart bemessen ist, dass beim Einstecken des Erdwärmetauschers in den Erdboden (2) der erste Abschnitt (A, B) teils unterirdisch und teils oberirdisch und der zweite Abschnitt (C) in seiner ganzen Länge unterirdisch bis unterhalb des Bereiches des Erdbodens mit tageszeitlichen Temperaturschwankungen einführbar ist.

2. Erdwärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, um ihn sonnenseitig orientierbar zu gestalten, im Teil (A) der ersten Abschnitts (A, B), der vorgesehen ist, aus dem Erdboden herauszuragen, einer der beiden Strömungskanäle angeschwärzt ist, und dass der angeschwärzte Strömungskanal im anderen Teil (B) des ersten Abschnitts (A, B) gegenüber dem Erdreich wärmeisoliert ist.

3. Erdwärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Abschnitte (A, B, C) aus einem Rohr (1), vorzugsweise runden Querschnitts, das im Bereich des ersten Abschnitts (A, B) durch eine achsparallele Trennwand (4) in zwei Strömungskanäle geteilt ist, bestehen.

4. Erdwärmetauscher nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (4) in ihrem obersten Bereich mit einer Öffnung (5) versehen ist, die im Falle des Absinkens des Wärmeträgermediumspegels als Hilfsverbindung und zur Demontage dient.

5. Erdwärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Abschnitt (A, B) aus zwei parallelen, vorzugsweise runden Rohren zumindest annähernd gleichen Querschnitts besteht, die an ihrem oberen Ende durch ein Querrohr oder ein gekrümmtes Rohr verbunden sind und die an ihrem unteren Ende in den einteiligen zweiten Abschnitt (C) münden.

6. Erdwärmetauscher nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohre des ersten Abschnitts (A, B) durch Biegen aus einem Rohr einstückig hergestellt sind.

7. Erdwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass am Kopf des ersten Abschnitts (A, B) eine verschliessbare Kontroll- und Einfüllöffnung (11, 12) vorgesehen ist.

8. Erdwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass am ersten Abschnitt (A, B) eine Setzmarke befestigt ist, die auf der als Sonnenseite vorgesehenen Seite in Form eines Wärmeleitbleches (8) und auf der als Schattenseite vorgesehenen Seite in Form einer senkrecht zum Strömungskanal gerichteten Platte (9) ausgeführt ist, und dass das Wärmeleitblech (8) kegelstumpf- oder pyramidenstumpfförmig zumindest annähernd senkrecht zur Hauptsonneneinstrahlrichtung (10) gerichtet ausgebildet ist.

9. Erdwärmetauscher nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeisolierung (6) im Strömungskanalinnern angeordnet ist und vorzugsweise aus Zellgummi besteht.

10. Erdwärmetauscher nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (4) aus nicht porösem Kunststoff besteht.

Die Erfindung betrifft einen Erdwärmetauscher.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten haben Glashäuser im Gartenbau und in der Landwirtschaft grosse Bedeutung erlangt. Im letzten Jahrzehnt wurden aus Investitionsgründen zunehmend Folientunnels in Verwendung genommen. Der Vorteil der geringen Investitionskosten wird durch eine erhöhte Gefährdung in kalten Nächten und frühen Morgenstunden im Frühjahr und Herbst erkauft, da die Kulturen unter der Plastikabdeckung wesentlich rascher und stärker abkühlen als in ungeheizten Glashäusern. Dies ist besonders unangenehm, da die Plastiktunnel bei den Gemüsebauern häufig zur Anzucht grosser Mengen besonders kälteempfindlicher Jungpflanzen, beispielsweise Tomaten, auf dichtem Raum verwendet werden. Es hat sich dabei gezeigt, dass zum sicheren Schutz der Kulturen vor Morgenfrost eine Temperaturerhöhung von maximal 6°C gegenüber den derzeit auftretenden Temperaturen erforderlich ist. Diese Temperaturerhöhung ist nicht ständig erforderlich, sondern nur beim Auftreten von starken Nacht- oder Morgenfrösten.

Im Heft 16 der «Versuchsergebnisse 1980» der Höheren Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Wien-Schönbrunn wird auf den Seiten 159 bis 174 von der Temperaturerhöhung in Folientunnels durch Traubenkernschrotverrottung in Rottekübeln berichtet. Diese Temperaturerhöhung lag bei 2°C.

Im Heft 17 derselben Veröffentlichungsreihe wird auf den Seiten 157-159 über Tests berichtet, bei denen statt der gewöhnlichen Polyäthylenfolie eine Infrasol-Folie-266 zum Bau von Tunnels verwendet wurde. Dabei lag bei Verwendung der neuen Folie die Tunneltemperatur um 2°C höher als bei Verwendung der herkömmlichen Folie.

Die Erfindung hat es sich zur Aufgabe gemacht, zumindest die noch benötigte Temperaturerhöhung von 2°C zum Erreichen eines sicheren Nachtfrostschutzes zu gewährleisten. Es liegt ihr der Gedanke zugrunde, einerseits die in den tieferliegenden Bodenschichten vorhandene Wärme zur Erwärmung des Glashauses oder Tunnels verfügbar zu machen und andererseits einen Teil der an sonnigen Tagen im Tunnel oder Glashaus überflüssigen Wärme zumindest in die oberen Schichten des Bodens einzubringen, um sie in kalten Nächten zur Verfügung zu haben. Weiterhin soll die erfindungsgemässe Lösung auch in Entwicklungsländern anwendbar sein, in denen keine Energie zum Betreiben einer Wärmepumpe oder Pumpe zur Verfügung steht. Um dies zu erreichen, muss bei der erfindungsgemässen Vorrichtung die Wärme ausschliesslich durch die Dichteunterschiede des Wärmeträgermediums bewerkstelligt werden. Die dabei auftretenden Probleme sind in den geringen und überdies schwankenden Temperaturdifferenzen im Boden, besonders in den oberflächennahen Schichten begründet. Die zur Erreichung des Erfindungszieles erforderliche stabile Thermosyphonströmung konnte bislang nicht verwirklicht werden, ist jedoch mit der erfindungsgemässen Vorrichtung realisierbar.

Erfindungsgemäss wird dies durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Massnahmen erreicht. In einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist einer der Strömungskanäle der Baugruppen A und B sonnenseitig vorgesehen, und im Bereich der Baugruppe A aussen geschwärzt und im Bereich der Baugruppe B gegenüber dem Erdreich wärmeisoliert ausgeführt.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform bestehen die Bauteile A, B und C einstückig aus einem Rohr, das im Bereich A und B durch eine Trennwand in zwei Strömungskanäle geteilt ist.

Die Vorrichtung wirkt folgendermassen: Nachdem das oben beschriebene Rohr in den Erdboden gesetzt ist, wobei die Trennwand im oberen Bereich quer zur Hauptsonnenein-

strahlrichtung angeordnet ist, erwärmt sich das Wärmeträgermedium in der der Sonne zugewandten überirdischen Rohrhälfte, die vorzugsweise aussen dunkel beschichtet oder gefärbt ist, strömt im obersten Bereich durch die Durchlässe in den der Sonne abgewandten Teil des Rohres und wird vom nachströmenden Wärmeträgermaterial auf Grund der Thermosyphonwirkung unter Abkühlung im Rohr nach unten gedrückt, wodurch die umliegenden Erdschichten erwärmt werden. Bei Wegfall der Sonnenbestrahlung bildet sich rasch eine ruhige, stabile Schichtung aus. Bei weiterer Abkühlung im Glashaus oder Tunnel wird durch die Isolierung der Sonnenseite des Rohres unter der Erde das Wärmeträgermaterial in dieser Rohrhälfte schwächer erwärmt als in der nicht isolierten, und eine Strömung zufolge der Thermosyphonwirkung setzt ein, die umgekehrt zur Strömung bei Sonneneinstrahlung verläuft. Es sind dabei zwei zeitlich aufeinanderfolgende Phasen zu unterscheiden. In der ersten Phase reicht die Abkühlung über der Erde nicht aus, das wärmetragende Medium in den unteren Rohrbereich sinken zu lassen. Es bildet sich eine Konvektion rund um den Einbau in der oberen Rohrhälfte aus. Bei weiterer Abkühlung im Tunnel und damit in der oberen Rohrhälfte sinkt das Wärmeträgermedium bis auf den Grund des Rohres und kühlt dabei unter eigener Erwärmung die umliegenden tieferen Erdschichten ab. Dieses pflegt nur in kalten Nächten und dann vor allem in der zweiten Nachthälfte zu geschehen. Damit werden die grossen Reserven des Systems Bodenspeicher angezapft. Dessen Energiereserven sind nun praktisch unbegrenzt, fließen langsam, aber gleichmässig und sind an geringen, jahreszeitlichen Temperaturdifferenzen von nur wenigen Graden ablesbar.

Zur Veranschaulichung der Bodentemperatur im Verlaufe des Tages ist die Abb. VIII/5, Seite 684 des Buches «Bodenphysik und Bodenkolloidik» von DIGLERIA, KLIMESZMIK und DVORACSEK, Jena 1962 als Fig. 1 angeführt. Daraus geht hervor, dass 1 cm unter der Oberfläche um 13 Uhr die höchste Temperatur zu finden ist, die sich in 2,5 und 10 cm weiter verschiebt, bei 10 cm am Nachmittag liegt, bei 20 cm um fast 6 Stunden später als an der Oberfläche schon am Abend liegt, und bei 40 cm Tiefe ist die Kurve ziemlich genau um 12 Stunden phasenverschoben, d.h., wenn es an der Oberfläche am wärmsten ist, ist es in dieser Tiefe am kältesten, und wenn es an der Oberfläche am kältesten ist, ist für die 40-cm-Kurve die wärmste Zeit gekommen. Der Einbau der Röhre wird die Temperaturänderung in unmittelbarer Röhrennähe stark verändern, in langen kalten Nächten ist der Wärmefluss aus den tiefen Schichten sehr wichtig. Durch das Nachhinken der Tiefentemperaturen im jahreszeitlichen Verlauf sind bei 1,4 m unter der Oberfläche im Frühjahr nur Temperaturen von 5–10°C zu erwarten, während im Herbst in der gleichen Tiefe 8–16° herrschen. Auch im Herbst besteht Bedarf an der Bekämpfung von Nachtfrost, beispielsweise für Blumen vor Allerheiligen, im Frühjahr ist der Bedarf aber grösser. Im März/April handelt es sich in Österreich hauptsächlich um den Anbau von Treibsalat, bei dem nur Temperaturen unter Null vermieden werden sollen. Wenn im Mai wirklich kalteempfindliche Kulturen nachfolgen, dann herrschen im unteren Bereich der Röhre bereits Temperaturen um 10°C. Bei diesen Verhältnissen handelt es sich um Angaben aus dem Freiland. Im Bodengrund von Folientunnels und noch mehr von Glashäusern halten sich zu allen Jahreszeiten etwas höhere Temperaturen als angegeben.

Die Vorrichtung ist praktisch wartungsfrei und bei entsprechender Auswahl der Materialien korrosionsfest. Da das System sich selbst regelt, ist eine Beaufsichtigung oder Kontrolle nicht erforderlich. Das Loch, in welches das Rohr gesetzt wird, kann mit handelsüblichen Erdbohrern, wie sie

zum Setzen von Pfählen verwendet werden, leicht und falls erwünscht, händisch gebohrt werden. Der Bohrlochdurchmesser wird im Normalfall grösser sein als der Rohraussendurchmesser. Der dadurch entstehende freie Raum rund um das Rohr wird vorzugsweise mit Kies mit einer Körnung von 5 bis 10 mm gefüllt und anschliessend mit einer Feinsanduspension bei der die Korngrösse nicht grösser als 0,5 mm ist, eingeschlämmt. Die Kapillarkräfte in den kleinen Hohlräumen zwischen den feinen Sandkörnchen sind so stark, dass das verbleibende Lückensystem ausschliesslich mit Wasser und nicht mit Luft gefüllt ist. Dadurch wird das Wärmeleitvermögen des Erdreiches rund um das Rohr wesentlich verbessert und der Wirkungsgrad der Vorrichtung erhöht.

In einer beispielsweise Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung können etwa 6,5 l Wärmeträgerflüssigkeit verwendet werden, davon befinden sich annähernd 2 l im oberen Röhrenbereich. Als Wärmeträgermedium empfiehlt es sich, Wasser mit einem Zusatz von Salz zu verwenden. Dabei soll der Salzzusatz nicht das Einfrieren verhindern, sondern die Anomalie des Wassers beseitigen, die ansonsten bewirken würde, dass bei Vorherrschen tieferer Temperaturen das Wasser mit Temperaturen unter 4°C sich über das 4°-Wasser schichten würde und die Konvektion zum Stillstand kommt. Das Wärmeträgermedium Wasser ist deshalb empfehlenswert, weil es die höchste spezifische Wärme aller einsetzbaren Flüssigkeiten besitzt. Ausserdem ist es überall erhältlich, unbedenklich in der Verwendung und billig. Die Korrosionsprobleme, besonders bei Zusatz von Salz können durch geeignete Materialenauswahl für das Rohr und die Einbauten vermieden werden. Als Salz zur Vermeidung der Anomalie empfiehlt es sich Kochsalz zu verwenden, das gut löslich, billig, überall erhältlich und in der erforderlichen Konzentration auch im Kulturbereich unbedenklich einsetzbar ist. Selbst bei eventuellen Austritten dieser Sole ist mit keiner Schädigung der Pflanzen zu rechnen.

Durch die Massnahme der Isolierung der sonnenseitigen Querschnittshälfte im Bereich unter der Erdoberfläche wird eine Verstärkung der Thermosyphonwirkung erreicht, da bei Tag die aufsteigende Wärmeträgerflüssigkeit nicht abgekühlt wird, und bei Nacht die absinkende Flüssigkeit nicht erwärmt wird, solange sie sich noch in dem geteilten Bereich unter der Erdoberfläche befindet.

Eine weitere Ausgestaltung betrifft eine am Rohr aussen montierte Manschette, die bei der Setzung im Erdreich als Masspunkt für die Setztiefe Verwendung findet, und die auf der Sonnen- und Schattenseite verschieden ausgeführt ist. Auf der sonnenabgewandten Seite wird eine helle und vorzugsweise senkrecht zur Rohrachse orientierte scheibenartige Fläche befestigt, und auf der sonnenzugewandten Seite eine dunkle und schräg zur Rohrachse geneigte Ebene oder kegelige Manschette vorgesehen, wobei die Neigung so gewählt ist, dass die Fläche bei Frühling und Herbst-Sonnenstand möglichst senkrecht zu den fallenden Sonnenstrahlen orientiert ist. Damit erreicht man einen verstärkten Wärmetransport und eine verbesserte Zirkulation.

Die obere Rohrabdeckung ist vorzugsweise lösbar um ein bequemes Einfüllen der Wärmeträgerflüssigkeit zu ermöglichen. Weiters ist dadurch eine bequeme periodische Kontrolle des Flüssigkeitsspiegels gewährleistet, was im Hinblick auf eventuell auftretende Undichtigkeiten vorteilhaft ist.

Die Erfindung ist anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt den Verlauf der Temperaturen des Erdreiches während eines Tages in Abhängigkeit von der Tiefe,

Fig. 2 eine erfindungsgemässe Vorrichtung im gesetzten Zustand,

Fig. 3 in vergrösserter Darstellung das obere Ende des Rohres aus der Richtung III,

Fig. 4 einen Schnitt durch das Rohr entlang der Linie IV-IV und

Fig. 5 die Manschette in Höhe der Erdoberfläche.

Eine erfindungsgemässe Vorrichtung 1 ist mit ihren Abschnitten B und C, die gemeinsam 60 bis 75% der Gesamtlänge der Vorrichtung umfassen, im Erdreich 2 versenkt. Der Bereich A der Vorrichtung ragt über die Erdoberfläche 3 und ist an der der Sonne zugewandten Seite geschwärzt. Im Bereich A und im Bereich B ist das Rohrinne durch einen Einbau 4 in zwei, zumindest annähernd gleich grosse Querschnitte aufweisende, Strömungskanäle geteilt. Das obere Ende des Einbaues 4 liegt dabei unterhalb des Flüssigkeitsspiegels der Wärmetauscherflüssigkeit, und ist mit Öffnungen 5 versehen, die den Ausbau erleichtern und im Falle des Absinkens des Flüssigkeitsspiegels unter den unteren

Rand der Verbindung eine Teilfunktion der Vorrichtung gewährleisten. Ein Deckel 11 am oberen Ende des Rohres ist mit einem vorgespannten Gummiband 12 leicht lösbar an diesem montiert. Im Bereich B ist der sonnenseitige Strömungskanal durch eine entsprechend geformte Isolierhülse, die vorzugsweise im Inneren des Rohres vorgesehen ist, gegenüber dem Erdreich wärmeisoliert. Der Einbau 4 ist vorzugsweise aus nicht porösem und die Isolierhülse 6 aus porösem Gummi oder Kunststoffmaterial hergestellt. In Höhe der Erdoberfläche 3 befindet sich eine Manschette 7. Diese dient als Setzmarke und zur Verstärkung der Thermosyphonwirkung und zur Verbesserung des Wirkungsgrades. Die der Sonne zugewandte Seite 8 ist so wie die entsprechende Rohrhälfte im Bereich A geschwärzt und pyramidenstumpfförmig oder, wie in Fig. 4 ersichtlich, vorzugsweise kegelstumpfförmig. Dabei ist die Oberfläche des Kegels möglichst senkrecht zu den einfallenden Sonnenstrahlen 10 gerichtet. Die der Sonne abgewandte Manschettenhälfte 9 ist vorzugsweise halbringscheibenförmig und normal zur Rohrachse angeordnet.

FIG.1

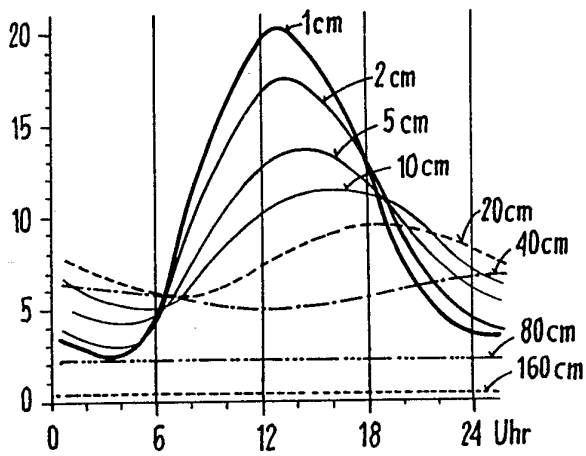


FIG.2

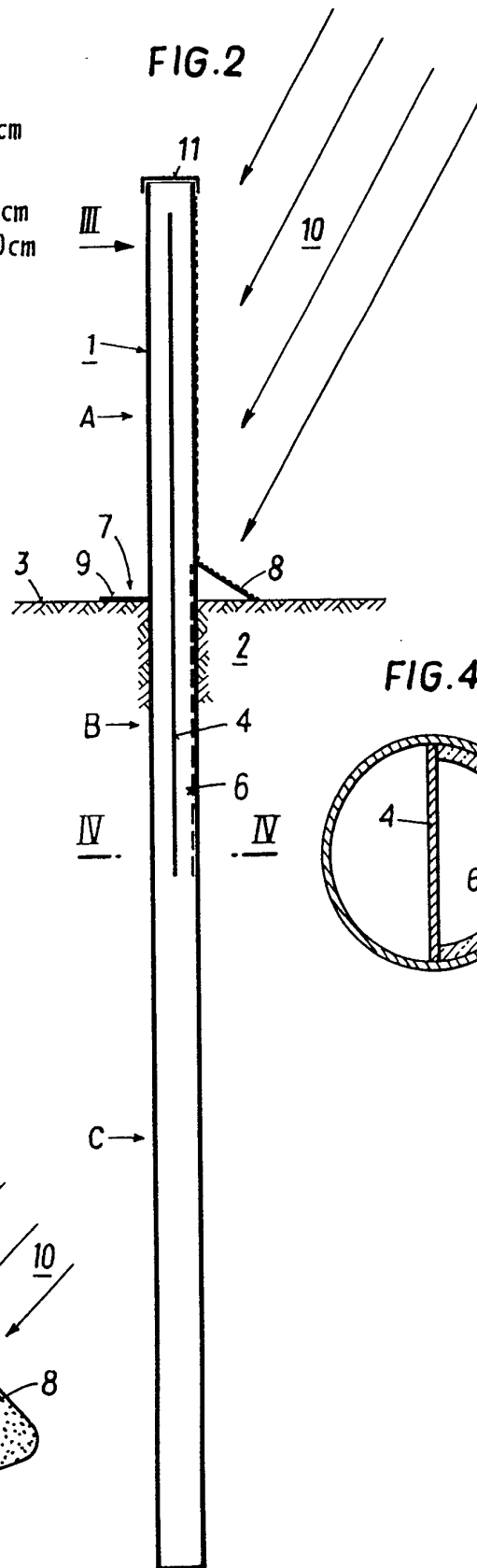


FIG.3

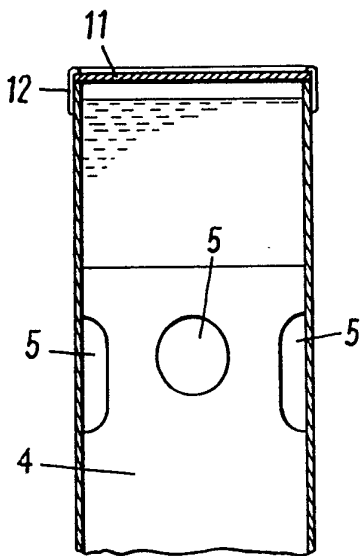


FIG.4

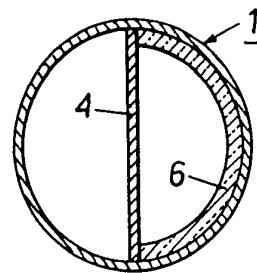


FIG.5

