(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 757 199 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.09.2015 Patentblatt 2015/39

(51) Int Cl.:
E02D 3/115 *(2006.01)* ***E02D 31/00*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **13001641.3**

(22) Anmeldetag: **28.03.2013**

(54) **Verfahren und Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse**

Method and device for icing a soil mass

Procédé et dispositif de givrage d'une masse de sol

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **22.01.2013 DE 102013001113**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.07.2014 Patentblatt 2014/30

(73) Patentinhaber: **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Heninger, Rolf**
  85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn (DE)
- **Schmand, Ralf**
  85716 Unterschleißheim (DE)

(74) Vertreter: **Gellner, Bernd**
Linde AG
Patente und Marken
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14
82049 Pullach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 362 856
DE-A1- 1 501 466
DE-A1- 3 112 291

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 757 199 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Für spezielle Bauvorhaben ist es notwendig, Erdboden durch künstliches Gefrieren des Bodenwassers zu verfestigen und/oder wasserundurchlässig zu machen. Eine ähnliche Zielstellung gibt es bei Erdbohrungen, um das Bohrgebiet zu verfestigen und/oder um die sichere Aufstellung von Anlagen zu gewährleisten.

[0003] Es ist dabei bekannt, Bodenvereisung mit indirekter Kühlung zu realisieren, wobei die Erdbodenmasse mit Sole gekühlt wird, die wiederum mittels einer Kältemaschine und eines entsprechenden Kältemittels, wie zum Beispiel Ammoniak, gekühlt wird. Dabei kann Ammoniak in einen primären Kühlkreislauf geführt werden und die Sole, wie zum Beispiel eine Kalziumchlorid-Lösung, in einen sekundären Kreislauf geführt werden.

[0004] In alternativer Ausgestaltung kann statt einer Salzlösung auch flüssiger Stickstoff zur Kühlung der Erdbodenmasse genutzt werden. Nachteilig daran sind die relativ hohen Kosten des nach der Kühlung nicht wiederverwertbaren flüssigen Stickstoffs.

[0005] Bei der Gefrierung von Böden strömt ein Kälteträger durch so genannte Gefrierrohre, die in der Erdbodenmasse positioniert sind, und entzieht so dem Boden Wärme. Dazu bedarf es einer relativ hohen Vereisungsleistung. Außerdem muss der Wassergehalt der Erdbodenmasse ausreichend hoch sein und, insbesondere bei geringerer Vereisungsleistung, eine relativ geringe Grundwassergeschwindigkeit aufweisen. Bei Vereisung mittels Sole darf die Grundwassergeschwindigkeit üblicherweise maximal 2 Meter pro Tag betragen, bei Einsatz flüssigen Stickstoffs als Kälteträger darf die Grundwassergeschwindigkeit maximal 11 Meter pro Tag betragen.

[0006] Der Vorteil der Nutzung von Sole gegenüber flüssigem Stickstoff als Kälteträger liegt insbesondere in den geringeren Unterhaltskosten. Nachteilig ist jedoch eine lange Vorlaufzeit, die benötigt wird, um ein ausreichend gefrorenes Volumen der Erdbodenmasse zu erzeugen, sowie die kontinuierliche Energiezufuhr.

[0007] Der Vorteil von flüssigem Stickstoff als Kälteträger liegt insbesondere in der wesentlich schnelleren Vereisung des Bodens. Außerdem kann mittels flüssigen Stickstoffs auch Boden gefroren werden, der eine relativ hohe Grundwassergeschwindigkeit aufweist. Nachteilig ist jedoch, dass der flüssige Stickstoff verdampft und somit nicht in einem Kreislaufsystem wieder zur Kühlung genutzt werden kann. Dies betrifft ebenfalls eine Bodenvereisung, bei der der flüssige Stickstoff mittels perforierter Lanzen in direkten Kontakt mit dem umgebenden Boden gebracht wird.

[0008] Hiervon ausgehend liegt daher der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Verfügung zu stellen, mittels denen in einfacher und kostengünstiger Weise sowie mit geringem Zeitaufwand die Vereisung von Böden unterschiedlicher Zusammensetzung realisierbar ist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 bis 5 angegeben. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Einrichtung sind in den Unteransprüchen 7 bis 11 angegeben.

[0010] Danach ist vorgesehen, dass beim Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse mittels flüssigen Stickstoffs ein Kältemedium gekühlt wird, mittels des Kältemediums ein Kälteträger gekühlt wird und der Kälteträger über Wärmeaustausch mit der Erdbodenmasse dieser Wärme entzieht. Der Wärmeaustausch ist vorzugsweise ein indirekter Wärmaustausch, der über eine Gefäßwand realisiert wird. Der Kälteträger wird dabei genutzt, um Wärme der Erdbodenmasse aufzunehmen und dabei die Temperatur der Erdbodenmasse zu verringern, sodass Grundwasser in der Erdbodenmasse gefriert. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist insbesondere die hohe Kühlleistung und somit auch die Möglichkeit der Vereisung von Erdbodenmasse mit relativ hoher Bodenwasser- Fließgeschwindigkeit.

[0011] Als Kältemedium kann zum Beispiel Ethanol, Butan, Isobutan oder Propan bzw. ein Fluid, welches Ethanol, Butan, Isobutan oder Propan im Wesentlichen umfasst, verwendet werden.

[0012] Als Kälteträger ist vorzugsweise eine Salzlösung zu verwenden. Dabei kommt insbesondere eine wässrige Salzlösung wie zum Beispiel Kalziumchlorid, Natriumchlorid und Magnesiumchlorid in Frage. Alternativ kann als Kälteträger auch hier Kohlenstoffdioxid oder Ethanol in flüssiger oder gasförmiger Form verwendet werden bzw. Medien verwendet werden, die derartige Fluide im Wesentlichen umfassen. Es sind auch synthetische Kälteträger möglich, die insbesondere bei Temperaturen < -80°C flüssig sind und als unbedenklich bezüglich Grundwassergefährdung sind. Ebenso können Gemische aus Wasser und Glykol als Kälteträger eingesetzt werden.

[0013] Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Verfahren derart ausgestaltet, dass der Kälteträger in ein Gefäß in der Erdbodenmasse eingebracht wird, wobei die Kälteübertragung vom Kälteträger über die Gefäßwand in die Erdbodenmasse erfolgt. Das heißt, dass eine Wärmeübertragung von der Erdbodenmasse in den Kälteträger über die Gefäßwand erfolgt.

[0014] Es bietet sich dabei an, dass das erfindungsgemäße Verfahren derart durchgeführt wird, dass das Kältemedium so lange mittels des flüssigen Stickstoffs gekühlt wird, bis ein ausreichender Vereisungszustand der Erdbodenmasse eingetreten ist, dann die Kühlung des Kältemediums mittels des flüssigen Stickstoffs verringert oder beendet wird und der Kälteträger mittels eines Kühlaggregats gekühlt wird. Die Kühlung des Kälte-

trägers mittels des Kühlaggregats erfolgt dabei vorzugsweise über einen Wärmeübertrager. Vorzugsweise erfolgt die Verringerung der Kühlung des Kältemediums mittels flüssigen Stickstoffs bis zur völligen Beendigung der Kühlung des Kältemediums durch den flüssigen Stickstoff. Das heißt, dass zur schnellen und kostengünstigen Ausgestaltung des Verfahrens vorgesehen ist, dass flüssiger Stickstoff zur Kühlung des Kältemediums eingesetzt wird und bei ausreichender Vereisung der Erdbodenmasse die Kühlung mittels des flüssigen Stickstoffs verringert oder sogar gestoppt wird, wobei danach eine Aufrechterhaltung des Vereisungszustands der Erdbodenmasse mittels Kühlung des Kälteträgers über den Wärmeübertrager und das daran angeschlossene Kühlaggregat realisiert wird.

[0015] Von einem ausreichenden Vereisungszustand kann z.B. dann ausgegangen werden, wenn die zu vereisende Erdbodenmasse durchgängig eine Temperatur von unter etwa -5°C, vorzugsweise aber -10°C oder kälter erreicht hat.

[0016] Es wird somit zum so genannten Aufgefrieren die hohe Kälteleistung des flüssigen Stickstoffs genutzt und bei ausreichender Vereisung der Erdbodenmasse lediglich die Kälteleistung eines herkömmlichen Kühlaggregats genutzt. Der Vorteil dieser Verfahrensausgestaltung liegt insbesondere im geringen Stickstoff-Verbrauch, sodass das Verfahren kosteneffizient ausführbar ist. Dabei soll nicht ausgeschlossen sein, dass bei angeforderter erneuter Vereisung mit hoher Leistung wieder die Kühlung des Kältemediums mit flüssigem Stickstoff vorgenommen wird, sodass insgesamt ein intermittierender Kühlungsvorgang realisiert wird.

[0017] Zur Lösung der Aufgabe wird weiterhin eine Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse zur Verfügung gestellt, die ein Primär-Fluidsystem zur Aufnahme eines Kältemediums und ein mittels eines ersten Wärmeübertragers mit dem Primär-Fluidsystem verbundenes Sekundär-Fluidsystem zur Aufnahme eines Kälteträgers umfasst, wobei der Kälteträger zum Wärmeaustausch mit der Erdbodenmasse vorgesehen ist. Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass im Primär-Fluidsystem ein zweiter Wärmeübertrager angeordnet ist, mit dem Kälte von flüssigem Stickstoff auf das Kältemedium im Primär-Fluidsystem übertragbar ist. Das jeweilige Fluidsystem ist vorzugsweise ein Kreislaufsystem, nämlich ein System von Gefäßen zur Aufnahme von Fluiden, insbesondere von strömenden Fluiden. In bevorzugter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass im Primär-Fluidsystem bereits Kältemedium enthalten ist und/oder dass im Sekundär-Fluidsystem bereits ein Kälteträger enthalten ist. Die zur Übertragung von Kälte eingesetzten Wärmeübertrager dienen dabei selbstverständlich zur Übertragung von Wärme vom wärmeren Medium auf das jeweils kältere Medium, wodurch dem wärmeren Medium Wärme entzogen wird und dementsprechend Kälte vom kälteren Medium auf das wärmere Medium übertragen wird.

[0018] In weiterer bevorzugter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass an das Primär-Fluidsystem über den zweiten Wärmeübertrager ein Behälter angeschlossen ist, in dem flüssiger Stickstoff aufgenommen oder aufnehmbar ist. Dieser Behälter kann auch ein Leitungssystem sein, welches ggf. an einen Speicher zur Aufnahme des flüssigen Stickstoffs angeschlossen ist.

[0019] Des Weiteren kann die erfindungsgemäße Einrichtung derart ausgestaltet sein, dass an das Sekundär-Fluidsystem über einen dritten Wärmeübertrager ein Kühlaggregat zur Kühlung des Kälteträgers im Sekundär-Fluidsystem angeschlossen ist. Mit diesem Kühlaggregat kann der Kälteträger im Sekundär-Fluidsystem gekühlt werden, wenn nicht mehr die hohe Kühlleistung des flüssigen Stickstoffs und des damit thermisch gekoppelten Kältemediums im Primär-Fluidsystem erforderlich ist, wie zum Beispiel bei Aufrechterhaltung eines ausreichenden Vereisungszustands.

[0020] Die Verwendung von zwei Fluidsystemen erfolgt deshalb, da bei einem unmittelbaren Wärmeaustausch zwischen flüssigem Stickstoff und dem Kälteträger im Sekundär-Fluidsystem aufgrund der hohen Kühlleistung des flüssigen Stickstoffs die Gefahr des Einfrierens des Kälteträgers bestehen würde. Das heißt, dass zum Beispiel bei Verwendung von Sole als Kälteträger und Kälteübertragung in einen Wärmeübertrager das Risiko bestehen würde, dass die Sole im Wärmeübertrager erstarren könnte. Demzufolge wäre kein Kälteträger-Volumenstrom mehr realisierbar. Dadurch, dass erfindungsgemäß der flüssige Stickstoff zuerst zur Kühlung eines Kältemediums dient und dieses Kältemedium wiederum zur Kühlung des Kälteträgers dient und bevorzugt als Kältemedium ein Fluid wie zum Beispiel Propan eingesetzt wird, welches lediglich eine Temperatur von minimal minus 80 °C erreicht, wird die Gefahr des Einfrierens des Wärmeübertragers zwischen dem Primär-Fluidsystem und dem Sekundär-Fluidsystem drastisch minimiert.

[0021] Bei Erreichung eines bestimmten Vereisungszustandes muss zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Kühlungswirkung des Kälteträgers kein kostenintensiver flüssiger Stickstoff mehr eingesetzt werden, sondern es kann ein über einen dritten Wärmeübertrager an das Sekundär-Fluidsystem angeschlossenes Kühlaggregat genutzt werden. Zur Realisierung einer Umschaltung von Stickstoff-Kühlbetrieb zum Kühlaggregat-Kühlbetrieb weist die erfindungsgemäße Einrichtung geeignete Steuer- und/oder Regeleinrichtungen auf.

[0022] Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse wenigstens ein Gefäß zur Einbringung in die Erdbodenmasse und zur Durchströmung mit dem Kälteträger. Die Durchströmung mit dem Kälteträger erfolgt dabei derart, dass der Kälteträger-Volumenstrom nach zumindest teilweiser Durchströmung des Gefäßes zurück in den Sekundär-Kreislauf geleitet wird. Mit teilweiser Durchströmung ist in diesem Zusammenhang gemeint, dass das Gefäß entweder zeitlich getaktet von dem Kälteträger durchströmt wird, nur ein Teilstrom durch das Gefäß strömt und / oder das Gefäß nur abschnittsweise durch-

strömt wird. Bei Positionierung in der Erdbodenmasse dient das Gefäß in der Erdbodenmasse der indirekten Wärmeübertragung von der Erdbodenmasse auf den Volumenstrom des Kälteträgers.

[0023] Als Kältemedium ist im Primär-Fluidsystem flüssiges Ethanol, Butan, Isobutan oder Propan vorgesehen. Der Kälteträger im Sekundär-Fluidsystem ist vorzugsweise eine wässrige Salzlösung wie zum Beispiel Kalziumchlorid, Natriumchlorid oder Magnesiumchlorid. Alternativ kann auch Kohlenstoffdioxid oder Ethanol in flüssiger oder gasförmiger Form als Kälteträger im Sekundär-Fluidsystem vorhanden sein, ebenso synthetische Kälteträger und Wasser-Glykol-Gemische,

[0024] Der flüssige Stickstoff wird üblicherweise in Speichertanks bei geringem Druck und Temperaturen um -190 °C in der Nähe der zu vereisenden Erdbodenmasse vorgehalten.

Mit dem flüssigen Stickstoff wird das Kältemedium auf Temperaturen abgekühlt, die nicht erheblich unter dem Schmelzpunkt des eingesetzten Kälteträgers liegen, um die Gefahr eines Gefrierens des Kälteträgers zu minimieren.

Wird als Kälteträger eine wässrige Salzlösung eingesetzt, die üblicherweise bis -40°C noch gefördert werden kann, so wird das Kältemedium beispielsweise auf -60°C gekühlt. Synthetische Kälteträger sind heute bis -85°C einsetzbar, entsprechend kann das Kältemedium auf unter -100°C gekühlt werden.

Dem sind selbstverständlich Grenzen gesetzt, die sich aus der Wahl des Kältemediums ergeben.

[0025] In einer alternativen Ausgestaltung wird der Kälteträger direkt über den flüssigen Stickstoff gekühlt. Demzufolge wird auch ein Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse zur Verfügung gestellt, bei dem mittels flüssigen Stickstoffs direkt ein Kälteträger gekühlt wird und der Kälteträger über Wärmeaustausch mit der Erdbodenmasse dieser Wärme entzieht.

[0026] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sollen durch die nachfolgende Figurenbeschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figur erläutert werden.

[0027] Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vereisung einer Erdbodenmasse in schematischer Darstellung.

[0028] Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse umfasst ein Primär-Fluidsystem (10) sowie ein Sekundär-Fluidsystem (20), deren Volumenströme thermisch mittels eines ersten Wärmeübertragers (30) gekoppelt sind. Das heißt, dass Wärme eines Kälteträgers (22) im Sekundär-Fluidsystem (20) auf ein Kältemedium (12) im Primär-Fluidsystem (10) über den ersten Wärmeübertrager (30) übertragbar ist. Demzufolge wird Kälte vom Kältemedium (12) über den ersten Wärmeübertrager (30) auf den Kälteträger (22) übertragen. Das Kältemedium (12) im Primär-Fluidsystem (10) wird mittels eines zweiten Wärmeübertragers (40), der von flüssigem Stickstoff (61) beaufschlagt ist, gekühlt. Der flüssige Stickstoff (61) ist dabei vorzugsweise in einem Behälter (60) gespeichert, der strömungstechnisch mit dem zweiten Wärmeübertrager (40) verbunden ist. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die Anordnung eines derartigen Behälters (60) bzw. Speichers eingeschränkt, sondern es kann stattdessen auch vorgesehen sein, dass der zweite Wärmeübertrager (40) an eine Versorgungsleitung angeschlossen ist, die den zweiten Wärmeübertrager (40) mit flüssigem Stickstoff (61) versorgt. Im zweiten Wärmeübertrager erfolgt eine Übertragung von Wärme vom Kältemedium (12) auf den flüssigen Stickstoff (61), sodass Kälte vom flüssigen Stickstoff (61) auf das Kältemedium (12) übertragen wird. Durch eine erste Pumpe (11) wird das Kältemedium (12) im Primär-Fluidsystem (10) in Umlauf gehalten, sodass es den ersten Wärmeübertrager (30) durchströmen kann.

[0029] Durch die Nutzung des Kältemediums (12) im Primär-Fluidsystem (10) wird verhindert, dass der erste Wärmeübertrager (30) mit der extremen niedrigen Kälte des flüssigen Stickstoffs (61) beaufschlagt wird. Dadurch wird die Gefahr verringert, dass das Fluid im ersten Wärmeübertrager (30) bzw. der Kälteträger (22) im Sekundär-Fluidsystem (20) erstarrt. Durch eine zweite Pumpe (21) im Sekundär-Fluidsystem (20) wird der Kälteträger (22) in Umlauf gehalten.

[0030] Der Kälteträger (22) wird in einem Strang (23) des Sekundär-Fluidsystems (20) in ein Gefäß (50) geleitet, welches in der zu vereisenden Erdbodenmasse (100) steckt. Es wird Wärme von der Erdbodenmasse (100) über eine Gefäßwand (51) des Gefäßes (50) auf den Kälteträger (22) im Strang (23) des Sekundär-Fluidsystems (20) übertragen, wobei die Erdbodenmasse (100) derart gekühlt wird, dass Porenwasser in der Erdbodenmasse (100) erstarrt und die Erdbodenmasse (100) vereist.

[0031] Nach ausreichender Vereisung der Erdbodenmasse (100) mittels flüssigen Stickstoffs (61) kann über hier nicht dargestellte Steuer- und/oder Regeleinrichtungen die Wärmeübertragung zwischen dem flüssigen Stickstoff (61) und dem Kältemedium (12) und/oder zwischen dem Kältemedium (12) und dem Kälteträger (22) verringert oder unterbrochen werden und der Kälteträger (22) über ein mittels eines dritten Wärmeübertragers (70) an das Sekundär-Fluidsystem (20) angekoppeltes Kühlaggregat (80) gekühlt werden. Dies ermöglicht die Aufrechterhaltung des Vereisungszustands der Erdbodenmasse (100), ohne dafür weiterhin kostenintensiven flüssigen Stickstoff (61) nutzen zu müssen, sondern lediglich ein vergleichbar günstig betreibbares Kühlaggregat (80).

[0032] Eine vereinfachte Ausgestaltung der Erfindung geht davon aus, dass der Kälteträger (22) direkt über den flüssigen Stickstoff (60) gekühlt wird. In diesem Fall wird auf den Primär-Kreislauf (10) verzichtet und der Wärme-

übertrager (40) direkt in den Sekundärkreislauf (20) eingebunden.

Bezugszeichenliste

Primär-Fluidsystem	10
erste Pumpe	11
Kältemedium	12
Sekundär-Fluidsystem	20
zweite Pumpe	21
Kälteträger	22
Strang	23
erster Wärmeübertrager	30
zweiter Wärmeübertrager	40
Gefäß	50
Gefäßwand	51
Behälter	60
flüssiger Stickstoff	61
dritter Wärmeübertrager	70
Kühlaggregat	80
Erdbodenmasse	100

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse (100), bei dem mittels flüssigen Stickstoffs (61) ein Kältemedium (12) gekühlt wird, mittels des Kältemediums (12) ein Kälteträger (22) gekühlt wird und der Kälteträger (22) über Wärmeaustausch mit der Erdbodenmasse (100) dieser Wärme entzieht.

2. Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kältemedium (12) Ethanol, Butan, Isobutan oder Propan verwendet wird.

3. Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kälteträger (22) eine Salzlösung, ein synthetischer Kälteträger oder ein Wasser-Glykol Gemisch eingesetzt wird.

4. Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kälteträger (22) in ein Gefäß (51) in der Erdbodenmasse (100) eingebracht wird, wobei die Kälteübertragung vom Kälteträger (22) über die Gefäßwand (51) in die Erdbodenmasse (100) erfolgt.

5. Verfahren zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemedium (12) so lange mittels des flüssigen Stickstoffs (61) gekühlt wird, bis ein ausreichender Vereisungszustand der Erdbodenmasse (100) eingetreten ist, dann die Kühlung des Kältemediums (12) mittels des flüssigen Stickstoffs (61) verringert oder beendet wird und der Kälteträger (22) mittels eines Kühlaggregates (80) gekühlt wird.

6. Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse, umfassend ein Primär-Fluidsystem (10) zur Aufnahme eines Kältemediums (12) und ein mittels eines ersten Wärmeübertragers (30) mit dem Primär-Fluidsystem (10) verbundenes Sekundär-Fluidsystem (20) zur Aufnahme eines Kälteträgers (22), der zum Wärmeaustausch mit der Erdbodenmasse (100) vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Primär-Fluidsystem (10) ein zweiter Wärmeübertrager (40) angeordnet ist, mit dem Kälte von flüssigem Stickstoff (61) auf das Kältemedium (12) im Primär-Fluidsystem (10) übertragbar ist.

7. Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den zweiten Wärmeübetrager (40) im Primär-Fluidsystem (10) ein Behälter (60) angeschlossen ist, in dem flüssiger Stickstoff (61) aufgenommen oder aufnehmbar ist.

8. Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach einem der Ansprüche 6 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** an das Sekundär-Fluidsystem (20) über einen dritten Wärmeübertrager (70) ein Kühlaggregat (80) zur Kühlung des Kälteträgers (22) im Sekundär-Fluidsystem (20) angeschlossen ist.

9. Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese wenigstens ein Gefäß (50) zur Einbringung in die Erdbodenmasse (100) und zur Durchströmung mit dem Kälteträger (22) aufweist.

10. Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Primär-Fluidsystem (10) als Kältemedium (12) flüssiges Kohlenstoffdioxid, Ethanol oder Propan vorhanden ist.

11. Einrichtung zur Vereisung einer Erdbodenmasse nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Sekundär-Fluidsystem (20) als Kälteträger (22) eine wässrige Salzlösung vorhanden ist.

Claims

1. Method for freezing a soil mass (100), in which a cold medium (12) is cooled by means of liquid nitrogen (61),
a cold transfer medium (22) is cooled by means of the cold medium (12)
and the cold transfer medium (22) extracts heat from the soil mass (100) via transfer of heat with the latter.

2. Method for freezing a soil mass according to Claim 1, **characterized in that** ethanol, butane, isobutane or propane is used as the cold medium (12).

3. Method for freezing a soil mass according to either of the preceding claims, **characterized in that** a salt solution, a synthetic cold transfer medium or a water-glycol mixture is used as the cold transfer medium (22).

4. Method for freezing a soil mass according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cold transfer medium (22) is introduced into a vessel (51) in the soil mass (100), wherein the transfer of cold from the cold transfer medium (22) into the soil mass (100) takes place via the wall of the vessel (51).

5. Method for freezing a soil mass according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cold medium (12) is cooled by means of the liquid nitrogen (61) until a sufficient state of freezing of the soil mass (100) has set in,
then the cooling of the cold medium (12) by means of the liquid nitrogen (61) is reduced or ended and the cold transfer medium (22) is cooled by means of a cooling assembly (80).

6. Device for freezing a soil mass, comprising a primary fluid system (10) for accommodating a cold medium (12) and a secondary fluid system (20), which is connected to the primary fluid system (10) by means of a first heat exchanger (30), for accommodating a cold transfer medium (22), which cold transfer medium is provided for exchange of heat with the soil mass (100),
characterized in that
in the primary fluid system (10) there is arranged a second heat exchanger (40) by means of which cold from liquid nitrogen (61) is transferable to the cold medium (12) in the primary fluid system (10).

7. Device for freezing a soil mass according to Claim 6, **characterized in that** a container (60) is connected to the second heat exchanger (40) in the primary fluid system (10), in which container liquid nitrogen (61) is or can be accommodated.

8. Device for freezing a soil mass according to either of Claim 6 and 7, **characterized in that** a cooling assembly (80) for cooling the cold transfer medium (22) in the secondary fluid system (20) is connected to the secondary fluid system (20) via a third heat exchanger (70).

9. Device for freezing a soil mass according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** it has at least one vessel (50) for introducing into the soil mass (100) and through which the cold transfer medium (22) can be made to flow.

10. Device for freezing a soil mass according to one of Claims 6 to 9, **characterized in that** liquid carbon dioxide, ethanol or propane is present in the primary fluid system (10) as cold medium (12).

11. Device for freezing a soil mass according to one of Claims 6 to 10, **characterized in that** an aqueous salt solution is present in the secondary fluid system (20) as cold transfer medium (22).

Revendications

1. Procédé de congélation d'une masse de sol (100), dans lequel on refroidit un fluide frigorigène (12) au moyen d'azote liquide (61), on refroidit un agent réfrigérant (22) au moyen du fluide frigorigène (12) et le fluide frigorigène (22) extrait de la chaleur de la masse de sol (100) par échange de chaleur avec celle-ci.

2. Procédé de congélation d'une masse de sol selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme fluide frigorigène (12) de l'éthanol, du butane, de l'isobutane ou du propane.

3. Procédé de congélation d'une masse de sol selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme agent réfrigérant (22) une solution saline, un agent réfrigérant synthétique ou un mélange eau-glycol.

4. Procédé de congélation d'une masse de sol selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on introduit l'agent réfrigérant (22) dans une enceinte (51) dans la masse de sol (100), dans lequel le transfert de froid en provenance de l'agent réfrigérant (22) est effectué via la paroi (51) vers la masse de sol (100).

5. Procédé de congélation d'une masse de sol selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on refroidit le fluide frigorigène (12) au moyen de l'azote liquide (61) jusqu'à ce qu'un état de congélation suffisant de la masse de sol (100) soit instauré, puis on réduit ou on cesse

le refroidissement du fluide frigorigène (12) au moyen de l'azote liquide (61) et on refroidit l'agent réfrigérant (22) au moyen d'un groupe réfrigérant (80).

6. Dispositif de congélation d'une masse de sol, comprenant un système de fluide primaire (10) destiné à recevoir un fluide frigorigène (12) et un système de fluide secondaire (20) relié au système de fluide primaire (10) au moyen d'un premier échangeur de chaleur (30) et destiné à recevoir un agent réfrigérant (22), qui est prévu pour l'échange de chaleur avec la masse de sol (100), **caractérisé en ce qu'**un deuxième échangeur de chaleur (40) est disposé dans le système de fluide primaire (10), avec lequel le froid de l'azote liquide (61) peut être transféré au fluide frigorigène (12) dans le système de fluide primaire (10).

7. Dispositif de congélation d'une masse de sol selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**un réservoir (60) est raccordé au deuxième échangeur de chaleur (40) dans le système de fluide primaire (10), dans lequel de l'azote liquide (61) est ou peut être contenu.

8. Dispositif de congélation d'une masse de sol selon l'une des revendications 6 et 7, **caractérisé en ce qu'**un groupe réfrigérant (80) destiné au refroidissement de l'agent réfrigérant (22) dans le système de fluide secondaire (20) est raccordé au système de fluide secondaire (20) par un troisième échangeur de chaleur (70).

9. Dispositif de congélation d'une masse de sol selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** celui-ci présente au moins un récipient (50) à introduire dans la masse de sol (100) et à parcourir avec l'agent réfrigérant (22).

10. Dispositif de congélation d'une masse de sol selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce qu'**il se trouve comme fluide frigorigène (12) dans le système de fluide primaire (10) du dioxyde de carbone liquide, de l'éthanol ou du propane.

11. Dispositif de congélation d'une masse de sol selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, **caractérisé en ce qu'**il se trouve une solution salin'e aqueuse comme agent réfrigérant (22) dans le système de fluide secondaire (20).
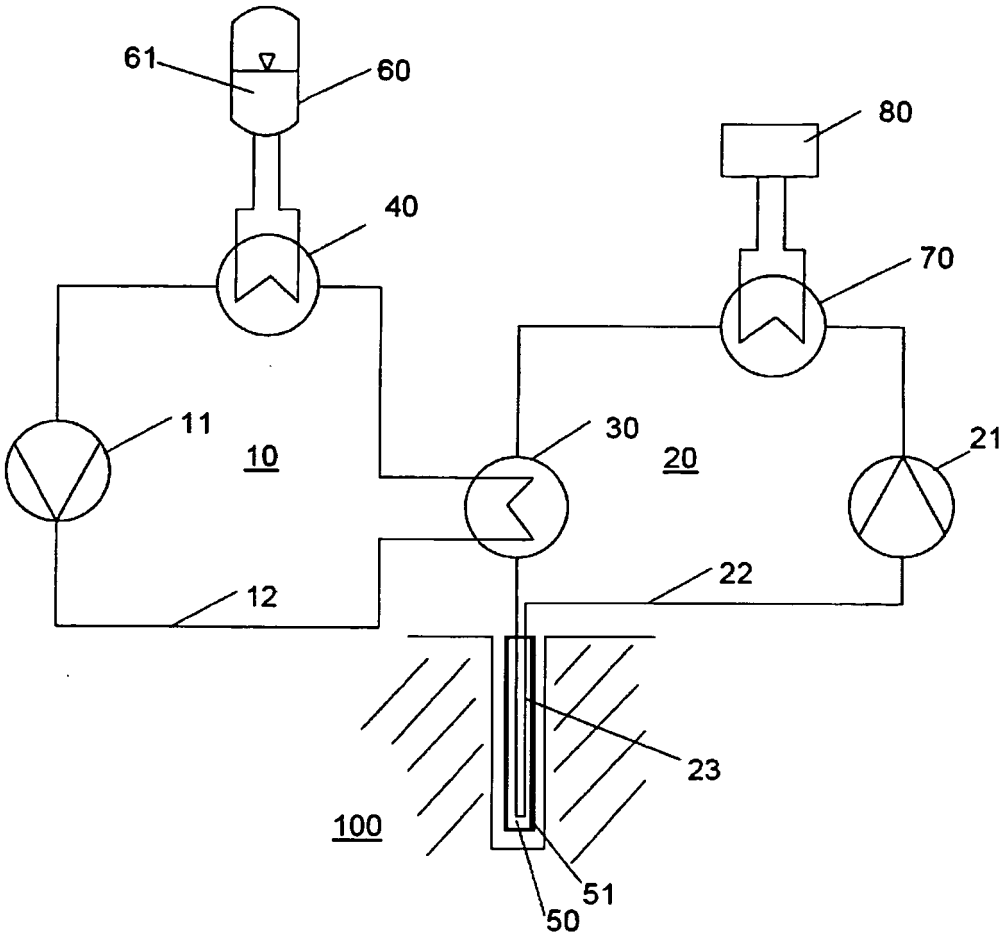
Fig. 1