

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 138/2022	(51)	Int. Cl.:	B09C 1/00	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	07.07.2022			B09C 1/06	(2006.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.01.2024			H05B 3/40	(2006.01)
					E21B 36/04	(2006.01)
					B09C 1/08	(2006.01)

(56)	Entgegenhaltungen:	(71)	Patentanmelder:
	CN 111215440 A		GM Remediation Systems GmbH
	CN 110252794 A		8700 Leoben (AT)
	CN 209156712 U	(72)	Erfinder:
	US 2019143385 A1		Bittens Martin
	CN 107457260 A		Beutle Gernot
	JP 2014104425 A		

(54) **Heizvorrichtung zur Einbringung in einen Brunnenschacht für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen kontaminierten Bodenschicht zur Reinigung dieser Bodenschicht**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Heizvorrichtung (10) zur Einbringung in einen Brunnenschacht (220) für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) zur Reinigung dieser Bodenschicht (210), aufweisend wenigstens ein Heizelement (20) für ein Erzeugung von Wärme (W) mit wenigstens einer Wärmeübergabefläche (22) zur Übergabe der erzeugten Wärme (W) an die kontaminierte Bodenschicht (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220), und wenigstens eine Umgebungsluftzufuhr (30) für eine Führung von Umgebungsluft (UL) mit wenigstens einem Heizabschnitt (32) in wärmeübertragendem Kontakt mit dem wenigstens einen Heizelement (20) für ein zumindest teilweises Aufheizen der Umgebungsluft (UL) und mit wenigstens einer Auslassöffnung (34) stromabwärts des Heizabschnitts (32) zum Auslass der erwärmten Umgebungsluft (UL) in den zu reinigenden Bodenabschnitt (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220).

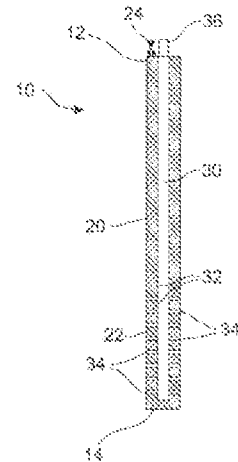


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Heizvorrichtung (10) zur Einbringung in einen Brunnenschacht (220) für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) zur Reinigung dieser Bodenschicht (210), aufweisend wenigstens ein Heizelement (20) für ein Erzeugung von Wärme (W) mit wenigstens einer Wärmeübergabefläche (22) zur Übergabe der erzeugten Wärme (W) an die kontaminierte Bodenschicht (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220), und wenigstens eine Umgebungsluftzufuhr (30) für eine Führung von Umgebungsluft (UL) mit wenigstens einem Heizabschnitt (32) in wärmeübertragendem Kontakt mit dem wenigstens einen Heizelement (20) für ein zumindest teilweises Aufheizen der Umgebungsluft (UL) und mit wenigstens einer Auslassöffnung (34) stromabwärts des Heizabschnitts (32) zum Auslass der erwärmten Umgebungsluft (UL) in den zu reinigenden Bodenabschnitt (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220).

Fig. 1

Heizvorrichtung zur Einbringung in einen Brunnenschacht für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen kontaminierten Bodenschicht zur Reinigung dieser Bodenschicht

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Heizvorrichtung zur Einbringung in einen Brunnenschacht für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen kontaminierten Bodenschicht zur Reinigung dieser Bodenschicht, ein Reinigungssystem mit wenigstens einer solchen Heizvorrichtung sowie ein Reinigungsverfahren für eine Anwendung eines solchen Reinigungssystems.

Es ist grundsätzlich bekannt, dass vor der Bebauung von Grundstücken, aber auch zur Wiederaufbereitung von kontaminierten Böden, diese von Schadstoffen gereinigt werden müssen. Dies gilt insbesondere dann, wenn flüssige Schadstoffe in den Untergrund gelangt sind. Zum einen müssen solche Böden gereinigt werden, um anschließend eine weitergehende Nutzung, insbesondere eine Bebauung zu ermöglichen. Jedoch sind auch andere Gründe für die Reinigung von verseuchten Böden bekannt, beispielsweise um einen erhöhten Grundwasserschutz zu erzielen.

Es ist bekannt, dass insbesondere flüssige Schadstoffe, im Bodenwasser oder Grundwasser gelöst bzw. als reine Schadstoffphase durch Aufwärmen der kontaminierten Bodenschichten verdampft werden und damit aus der kontaminierten Bodenschicht entweichen können. Hierzu ist eine Aufwärmung der kontaminierten Bodenschichten bis maximal auf die Siedetemperatur des Wasser/Schadstoffgemisches oder der reinen Schadstoffphase erforderlich. Im Wesentlichen werden zur Aufwärmung der kontaminierten Bodenschichten zwei unterschiedliche Methoden eingesetzt. Handelt es sich bei der kontaminierten Bodenschicht um eine poröse, gut durchlässige Bodenschicht, so ist es bekannt, dass heiße Pressluft oder heißer Dampf in den porösen Teil der Bodenschicht eingeblasen wird, um dort das Aufheizen der kontaminierten Bodenschicht auf die erforderliche Zieltemperatur zu ermöglichen. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn in dieser kontaminierten Bodenschicht eine ausreichende Porosität für das Durchdringen mit Heißluft und/oder dem Dampf vorhanden ist.

Eine weitere Möglichkeit ist es, insbesondere dann, wenn die Böden eine geringe Porosität aufweisen, ein festes Heizelement in einen Brunnenschacht einzubringen

und beispielsweise mit Widerstandsheizelementen direkt im Brunnenschacht Wärme zu erzeugen, welche über Wärmeleitung in die umgebende Bodenschicht eingetragen wird.

Nachteilig ist es, dass sich über den Verlauf des Aufwärmens eine ausgetrocknete Schicht in der direkten Umgebung um die Heizvorrichtung ausbildet. Es verbleiben Poren und Risse, welche nun nicht mehr mit Flüssigkeit ausgefüllt sind, sondern als Luftspalte oder Luftporen gegenüber der Wärmeleitung eine thermische Isolationswirkung aufweisen. Je länger eine solche Heizvorrichtung betrieben wird, umso stärker trocknet der Bereich um die Heizvorrichtung aus. Um die erforderliche Zieltemperatur in der kontaminierten Bodenschicht zu erreichen, wird ein deutlich erhöhter Energiebedarf erforderlich. Im Extremfall kann die Ausbildung dieser ausgetrockneten Schicht dazu führen, dass die erforderliche Zieltemperatur in der kontaminierten Bodenschicht nur noch im Nahbereich der Heizvorrichtung erreicht wird.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine bessere und/oder eine effizientere Reinigung des Bodens zu ermöglichen.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst, durch eine Heizvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Reinigungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 7 sowie ein Reinigungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 13. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Reinigungssystem sowie dem erfindungsgemäßen Reinigungsverfahren und jeweils umgekehrt, so dass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Erfindungsgemäß dient eine Heizvorrichtung zur Einbringung in einen Brunnenschacht für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen kontaminierten Bodenschicht zur Reinigung dieser Bodenschicht. Hierfür weist die Heizvorrichtung wenigstens ein Heizelement für eine Erzeugung von Wärme mit wenigstens einer Wärmeübergabefläche zur Übergabe der erzeugten Wärme an die kontaminierte Bodenschicht in der

Anordnung im Brunnenschacht auf. Weiter ist wenigstens eine Umgebungsluftzufuhr vorgesehen, für eine Führung von Umgebungsluft mit wenigstens einem Heizabschnitt in wärmeübertragendem Kontakt mit wenigstens einem Heizelement für ein zumindest teilweises Aufheizen der zugeführten Umgebungsluft. Darüber hinaus weist die Umgebungsluftzufuhr wenigstens eine Auslassöffnung stromabwärts des Heizabschnitts auf, zum Auslass der erwärmten Umgebungsluft in den zu reinigenden Bodenabschnitt in der Anordnung im Brunnenschacht.

Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht nun darauf, dass insbesondere bei gesättigten Böden ein zweistufiger Reinigungsprozess durchgeführt werden kann. Ähnlich der bekannten Lösung wird zu Beginn der Reinigung die Heizvorrichtung in den Brunnenschacht eingebracht, und das wenigstens eine Heizelement, beispielsweise in Form eines elektrischen Heizers, für die Erzeugung von Wärme genutzt. Wie beim Stand der Technik wird die erzeugte Wärme nun durch Wärmeleitung in die umgebende Bodenschicht eindringen und dort zum Aufheizen der kontaminierten Bodenschicht führen.

Wie bereits erläutert worden ist, werden durch das Aufheizen und Ausgasen von flüssigen Bestandteilen in der kontaminierten Bodenschicht luftgefüllte Poren und Risse entstehen, welche hinsichtlich Wärmeleitung eine thermische Isolationswirkung um die Heizvorrichtung herum aufbauen. Zu diesem Zeitpunkt kann die Heizvorrichtung nun in eine zweite Heizstufe überführt werden. In dieser zweiten Stufe wird nun komprimierte Umgebungsluft in die Heizvorrichtung eingebracht. Da in der Heizvorrichtung mit dem wenigstens einen Heizelement bereits eine Wärmequelle vorhanden ist, kann diese Wärmequelle verwendet werden, um die komprimierte Umgebungsluft aufzuheizen. Hierfür steht das Heizelement über einen Heizabschnitt in der Umgebungsluftzufuhr mit der komprimierten Umgebungsluft in wärmeübertragendem Kontakt. Mit Hilfe eines Kompressors wird Umgebungsluft angesaugt und bei Umgebungstemperatur in die Heizvorrichtung eingebracht werden. Das in der Heizvorrichtung vorhandene wenigstens eine Heizelement dient zum Aufheizen der Umgebungsluft ebenfalls auf mindestens die benötigte Temperatur zur Verdampfung der abzureinigenden Schadstoffe. Da zu dem Zeitpunkt dieser zweiten Stufe bereits Risse und Poren in dem umgebenden Boden der Bodenschicht um die Heizvorrichtung bestehen, kann nun neben einer Wärmeleitung (Konduktion) auch ein Wärmetransport durch Konvektion stattfinden. Mit anderen Worten wird die komprimierte

Umgebungsluft nach dem Erwärmen über die wenigstens eine Auslassöffnung in die Poren der Umgebung der Heizvorrichtung hineinströmen und kann entsprechend die Isolationswirkung überbrücken, da durch Konvektion und damit durch ein anderes Wärmetransportprozess die Wärme ebenfalls in die kontaminierte Bodenschicht übertragen wird.

Mit anderen Worten erlaubt es eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung sich der Änderung des Bodens während der Reinigung anzupassen. Während bei bekannten Lösungen bei gesättigten und ungesättigten Bodenschichten die Reinigungswirkung über die Dauer immer schlechter wird, da die erläuterte Ausbildung der thermischen Isolationsschicht gegen die Konduktion von Wärme immer weiter zunimmt, kann dieser sich aufbauende thermische Nachteil bei einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung durch das Zuschalten der zweiten Stufe und das Einbringen einer Konvektionswärmeübertragung ausgleichen werden. Mit anderen Worten kann bei der gleichen Anzahl von Brunnenschächten in einem zu reinigenden Boden über einen längeren Zeitraum nun mit hoher Effizienz die Reinigung der Bodenschicht stattfinden, da sowohl durch Konduktion als auch durch Konvektion ein Wärmeeintrag zum Aufheizen der kontaminierten Bodenschicht erforderlichen Zieltemperatur für jeweiligen Schadstoffe, einstellbar ist. Dies führt dazu, dass ein besonders effizientes und vor allem ein besonders effektives Reinigen möglich ist. Während bei den bekannten Lösungen ein hoher Teil der Heizenergie für das Überwinden der sich immer weiter steigenden thermischen Isolationswirkung verwendet werden musste, kann erfindungsgemäß der Großteil der Energie tatsächlich auch für die Reinigung zur Verfügung gestellt werden.

Hinsichtlich der Effektivität kann in gleicher Zeitdauer ein größerer Wärmeeintrag in die Bodenschicht zur Verfügung gestellt werden, sodass entsprechend auch die Reinigungsleistung in quantitativer Sicht verbessert wird.

Es ist noch darauf hinzuweisen, dass selbstverständlich in dem später noch erläuterten Reinigungssystem insbesondere zwei oder mehrere identische Heizvorrichtungen in entsprechend in einem Raster angeordneten Brunnenschächten eingesetzt werden können. Auch ist darauf hinzuweisen, dass bei einem solchen System die einmal angeordneten Heizvorrichtungen zwischen den genannten Stufen, also zwischen der Wärmeleitung und dem Wärmetransport durch Konvektion, frei geschaltet

und kombiniert werden können, ohne das Reinigungssystem austauschen oder manuell ergänzen zu müssen.

Weiter ist noch darauf hinzuweisen, dass die Verwendung von Umgebungsluft als Konvektionsmedium besonders kostengünstig ist. Auch die Verwendung von Wasserdampf, welcher zum Beispiel durch einen externen Dampferzeuger zur Verfügung gestellt wird, ist grundsätzlich denkbar.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn die Umgebungsluftzufuhr eine Vielzahl von Auslassöffnungen aufweist, welche insbesondere gleichmäßig oder im Wesentlichen gleichmäßig am Umfang und/oder entlang der Umgebungsluftzufuhr verteilt sind. Eine höhere Anzahl von Auslassöffnungen erlaubt auch einen höheren Eintrag hinsichtlich des Volumenstroms an Umgebungsluft. Die gleichmäßige Verteilung führt dazu, dass radial um die Umgebungsluftzufuhr herum, der entsprechende Wärmeeintrag in der gewünschten Weise ermöglicht wird. Mit anderen Worten wird eine umfängliche Konvektion ausgebildet, welche in allen Richtungen radial von der Umgebungsluftzufuhr weg, den Wärmeeintrag erlaubt. Selbstverständlich sind jedoch auch Spezialausbildungen von Heizvorrichtung denkbar, deren Auslassöffnungen gezielt in eine Richtung ausgerichtet sind, wenn beispielsweise am Eck einer kontaminierten Bodenschicht die Wärme nur in einen definierten Teilbereich des Umfangs eingebracht werden soll. Auch ist noch darauf hinzuweisen, dass die Auslassöffnungen selbstverständlich auch in Höhenrichtung gleichmäßig oder im Wesentlichen gleichmäßig verteilt angeordnet sein können. Bevorzugt ist es dabei, wenn die Auslassöffnungen sich auf einen vertikal erstreckenden Bereich der Umgebungsluftzufuhr begrenzen, welcher mit der tatsächlich zu reinigenden Bodenschicht korreliert. Auslassöffnungen in höheren oder tieferen Bereichen sind vermieden, sodass das Umgebungsluft ausschließlich in die zu reinigende Bodenschicht und nicht in nicht kontaminierte und damit bereits gereinigte oder frei von Schadstoffen ausgebildete Bodenschichten eingetragen wird.

Ebenfalls von Vorteil kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung das wenigstens eine Heizelement als elektrisches Heizelement ausgebildet ist, wobei die elektrischen Anschlüsse insbesondere an einem oberen Endabschnitt der Heizvorrichtung angeordnet sind, und in diesem oberen Endabschnitt auch wenigstens ein Umgebungsluftanschluss für die Zufuhr von Umgebungsluft zu der

Umgebungsluftzufuhr angeordnet ist. Darunter ist zu verstehen, dass im Wesentlichen der Hauptbestandteil der Heizvorrichtung in den Brunnenschacht eingebracht wird, während im oberen Endabschnitt die Anschlüsse für das Heizelement und für die Umgebungsluftzufuhr vorhanden sind. Dies erlaubt es, beim Einrichten eines Reinigungssystems sehr einfach und effizient vorzugehen. Sobald in dem gewünschten Raster alle Brunnenschächte gebohrt sind, können die Heizvorrichtungen einfach in die Brunnenschächte separat und getrennt voneinander eingeführt werden. Sobald alle Heizvorrichtungen in den dafür vorgesehenen Brunnenschächten angeordnet sind, erfolgt das entsprechende Anschließen an eine Fördervorrichtung, beispielsweise einen Kompressor für Umgebungsluft und an eine entsprechende Heizquelle für das wenigstens eine Heizelement von der Oberseite.

Vorteile bringt es darüber hinaus mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung das Heizelement einen ersten Heizabschnitt und wenigstens einen weiteren Heizabschnitt aufweist, wobei die Wärmeerzeugung der Heizabschnitte voneinander unabhängig kontrollierbar ist. Häufig sind Böden mit unterschiedlichen Schadstoffen in unterschiedlichen Tiefen verschmutzt. So können beispielsweise hochsiedende Schadstoffe in einer tieferen Bodenschicht und niedrigsiedende Schadstoffe in einer höheren Bodenschicht angeordnet sein. Um nun möglichst effizient heizen zu können, ist für die Reinigung bei dieser Ausführungsform die Heizvorrichtung mit mehreren unterschiedlichen Heizabschnitten ausgebildet, welche in vertikaler Richtung voneinander abgegrenzt sind. Dies erlaubt es nun beim Einbringen der Heizvorrichtung in den Brunnenschacht die unterschiedlichen Heizabschnitte so zu platzieren, dass diese zumindest teilweise mit der jeweiligen kontaminierten Bodenschicht korrelieren. Das bedeutet, dass insbesondere für die Bodenschicht mit einem niedrig siedenden Schadstoff ein geringerer Wärmeeintrag ausreicht als dies im Vergleich zu der Bodenschicht mit dem höher siedenden Schadstoff der Fall ist. Während bei der Einbringung einer Heizvorrichtung mit einem Heizelement für alle Bodenschichten die höchste benötigte Siedetemperatur für alle Bodenschichten erreicht werden muss, kann eine unnötig hohes Aufheizen bei der Trennung in unterschiedlichen Heizabschnitt bei dieser Ausführungsform vermieden werden, sodass mit geringerem Energiebedarf die gleiche Reinigungsqualität für alle Bodenschichten erzielt werden kann.

Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei der Heizvorrichtung gemäß dem voranstehenden Absatz die Umgebungsluft einen ersten Umgebungsluftabschnitt und wenigstens einen weiteren Umgebungsluftabschnitt aufweist, welche insbesondere örtlich und/oder hinsichtlich ihrer Erstreckung mit den Heizabschnitten des Heizelements übereinstimmen oder im Wesentlichen übereinstimmen. Dabei ist die Strömung an Umgebungsluft durch die Umgebungsluftabschnitte unabhängig voneinander kontrollierbar. In ähnlicher Weise, wie dies hinsichtlich der Heizabschnitte erläutert worden ist, können auch die Umgebungsluftabschnitte nun in der Lage sein, unterschiedliche Bodenschichten mit unterschiedlich temperierter Umgebungsluft, aber auch mit unterschiedlichen Volumenströmen an Umgebungsluft zu beaufschlagen. In gleicher Weise lässt sich damit auch für diese zweite Stufe der Reinigung der genannte Effizienzvorteil erzielen, da spezifisch auf die Anforderungen bei der Reinigung für jede Bodenschicht auch für diese zweite Stufe das Heizgas hinsichtlich Temperatur und/oder Volumenstrom definiert angepasst werden kann. Dabei können die einzelnen Auslässe für die Umgebungsluft separat kontrollierbar sein. Bevorzugt ist es jedoch, wenn für jeden Umgebungsluftabschnitt ein separater Umgebungsluftanschlussvorgesehen ist, welche entsprechend separat kontrollierbar sind. Diese separate Kontrolle kann beispielsweise durch qualitativ und/oder quantitativ kontrollierbare Ventile ausgebildet sein.

Ein weiterer Vorteil kann erzielt werden, wenn bei einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung das wenigstens Heizelement, insbesondere an der Wärmeübergabefläche, und/oder die Umgebungsluftzufuhr, insbesondere an der wenigstens einen Auslassöffnung, einen Temperatursensor und/oder einen Drucksensor aufweist. Dies erlaubt es, Parameter hinsichtlich Temperatur und/oder Druck in diesen Bereichen aufzunehmen und der Reinigungskontrolle zuzuführen. So kann beispielsweise durch die Überwachung der Temperatur am Heizelement erkannt werden, wann eine Überhitzung stattfindet, welche zurückzuführen ist auf ein Austrocknen der umgebenden Bodenschicht und die sich damit ausbildende thermische Isolierwirkung. Dies erlaubt es, eine in die Heizvorrichtung integrierte Erkennungsfunktionalität zur Verfügung zu stellen, welche den Aufbau der thermischen Isolation erkennt und damit den Auslöser vorsieht, für das Zuschalten der zweiten Reinigungsstufe mit der Umgebungsluft. Auch der Drucksensor kann eine entsprechende Kontrollierbarkeit verbessern, da er zum Beispiel eine Indikation zur Verfügung stellt, wie die aktuelle Porosität und damit die aktuelle Situation zur Konvektion der Umgebungsluft auszulegen ist. Ist

beispielsweise zu wenig Porosität für die benötigte Wärmezufuhr durch die Umgebungsluftgegeben, so kann der erzeugte Einbringdruck eines Kompressors, aber auch eine Stoßfrequenz von Druckstößen der Umgebungsluft, entsprechend angepasst werden, um die Porosität zu steigern.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Reinigungssystem zur Reinigung einer mit Schadstoffen kontaminierten Bodenschicht mittels Wärmeeinbringung. Ein solches Reinigungssystem weist wenigstens eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung auf, welche in einem Brunnenschacht angeordnet ist sowie eine Fördervorrichtung zur Förderung von Umgebungsluft in die Umgebungsluftzufuhr und eine Heizquelle zur Erzeugung der Wärme mit dem wenigstens einem Heizelement. Ein solches Reinigungssystem bringt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung erläutert worden sind. Die Fördervorrichtung kann zum Beispiel ein Luftkompressor sein, welcher Umgebungsluft ansaugt und für die Erwärmung mit nachfolgender Einbringung in die kontaminierte Bodenschicht zur Verfügung stellt. Auch ist es möglich, dass die Fördervorrichtung einen Dampferzeuger aufweist, welcher mit Umgebungsluft und einer Wasserquelle Heißdampf erzeugt, welcher dann als Konvektionsmedium verwendet werden kann. Als Heizquelle sind klassische Brenner denkbar, welche mit fossilen Brennstoffen die gewünschte Wärme erzeugen und damit zur Verfügung stellen. Bevorzugt ist die Heizquelle jedoch eine Batterie oder eine Stromquelle, beispielsweise mit einem lokal aufgestellten kleinen Photovoltaiksystem, um ein elektrisch betriebenes Heizelement mit der benötigten Energie zu versorgen.

Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reinigungssystem beabstandet von dem Brunnenschacht in einem Absaug-Brunnenschacht eine Absaugvorrichtung für eine Absaugung von Bodenluft beladen mit gasförmigen Schadstoffen aus der kontaminierten Bodenschicht angeordnet ist. Bei tieferen Bodenschichten, aber auch für eine definierte Nachweisbarkeit und/oder Kontrolle der Reinigung, ist es vorteilhaft, die Bodenluft aufzufangen. Hierfür kann innerhalb der zu reinigenden Bodenschicht oder oberhalb der zu reinigenden Bodenschicht eine Absaugvorrichtung in einen entsprechenden Absaug-Brunnenschacht eingebracht sein, um dort die mit Schadstoff beladene Bodenluft absaugen und abführen zu können. Insbesondere kann diese Bodenluft dann auch einer Nachbehandlung zugeführt werden, welche ein Auffangen und gezieltes Entfernen des Schadstoffs erlaubt. Auch

kann das aufgefangene Bodenluft analysiert werden, beispielsweise mit Hilfe eines Gaschromatographen qualitativ und/oder quantitativ ausgewertet werden.

Weitere Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reinigungssystem die Absaugvorrichtung eine Bodenluftleitung aufweist, welche mit einem Wärmetauscher ausgestattet ist, in wärmeübertragendem Kontakt mit einer Umgebungsluftleitung zur Übertragung von Restwärme der aufgefangenen Bodenluft auf die zugeführte Umgebungsluft. Auf diese Weise wird es möglich, die Effizienz der Reinigung noch weiter zu steigern. Während auf der einen Seite über die Heizvorrichtung Wärme in die Bodenschicht eingebracht wird, verlässt die Bodenschicht mit Hilfe des aufgeheizten Bodenluft Wärme über die Absaugvorrichtung. Diese Bodenluftleitung enthält also Bodenluft mit einer Temperatur, die etwa der erforderlichen Zieltemperatur für die Verdampfung der jeweils enthaltenden Schadstoffe entspricht. Üblicherweise liegen solche Siedetemperaturen im Bereich von 80 Grad und deutlich höher bei mehreren hundert Grad Celsius. Diese heiße Abluft kann nun verwendet werden, um über einen Wärmetauscher die zugeführte Umgebungsluft vorzuwärmen, sodass zum einen keine separate und energieaufwendige Abluftkühlung mehr notwendig ist und zum anderen der Energieaufwand zum Einbringen der Wärme über die Heizvorrichtung reduziert werden kann. Mit anderen Worten wird eine Mehrfachnutzung der Wärme möglich, die zumindest teilweise im Kreislauf über die Umgebungsluft und die Bodenluft geführt werden kann.

Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reinigungssystem beabstandet von dem Brunnenschacht ein Boden-Temperatursensor in der kontaminierten Bodenschicht angeordnet ist, für eine Kontrolle der Bodentemperatur. Dies erlaubt es, die Temperatur über die Zeit zu bestimmen und insbesondere zu erkennen zu welchem Zeitpunkt die Siedetemperatur des jeweils abzureinigenden Schadstoffs erreicht ist. Diese Information kann für die Kontrolle der Wärmezufuhr, aber auch für die Kontrolle der Stufenschaltung, also für das Zuschalten der zweiten Stufe und das Einbringen der Umgebungsluft, verwendet werden. So ist es auf diese Weise möglich, zumindest in indirekter Weise die mehrfach erläuterte thermische Isolationsschicht beim Ausbilden der Poren beim Austrocknen des Bodens zu erkennen und zu diesem Zeitpunkt rechtzeitig die zweite Stufe zuzuschalten und in ergänzender Weise die Umgebungsluft für die Wärmeeinbringung zu nutzen. Gleiches gilt insbesondere dann, wenn mehrere unterschiedliche Bodenschichten bei

segmentierten Heizabschnitten und segmentierten Umgebungsluftabschnitten eingesetzt werden sollen. In einem solchem Fall ist für jede diese Bodenschichten ein entsprechender Boden-Temperatursensor oder sogar in einem Raster mehrere derselben vorgesehen.

Vorteile bringt es darüber hinaus mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reinigungssystem die Fördervorrichtung als Kompressor für die Ansaugung von Förderung von Umgebungsluft als Konvektionsmedium ausgebildet ist. Ein solcher Kompressor erlaubt es, Umgebungsluft anzusaugen und als Konvektionsmedium zu verwenden. Vielmehr kann direkt aus der Umgebung, zum Beispiel über einen Luftfilter, Umgebungsluft angesaugt werden, um diese in die Heizvorrichtung einzupressen. Dabei kann ein solcher Kompressor in unterschiedlichster Weise sowohl einen kontinuierlichen Förderstrom, aber auch einen gepulsten Förderstrom zur Verfügung stellen, wie dies später noch näher erläutert wird.

Von Vorteil ist es darüber hinaus, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reinigungssystem die Fördervorrichtung als Dampferzeuger für die Erzeugung von Wasserdampf als Konvektionsmedium ausgebildet ist. Dabei handelt es sich um eine zusätzliche oder alternative Lösung zu der Verwendung von Umgebungsluft. So kann beispielsweise ein Wasserbehälter vorgesehen sein, aus welchem der Dampferzeuger Dampf erzeugt, welcher anschließend in die Heizvorrichtung eingebracht wird. Der Dampf weist dabei üblicherweise eine Temperatur von 100 Grad Celsius auf. Da jedoch häufig auch Siedetemperaturen von Schadstoffen von deutlich über 100 Grad Celsius vorhanden sind, erfolgt das Überhitzen des Dampfes auf die gewünschte Temperatur von mehr als 100 Grad Celsius in der genannten Weise mit Hilfe wenigstens eines Heizelementes in der Heizvorrichtung. Der Dampf hat darüber hinaus den Vorteil, dass er mit Schadstoffen Gemische bildet, deren Siedetemperatur, unterhalb der Siedetemperatur des reinen Schadstoffs liegt. Dies erlaubt es, höher siedende Schadstoffe bei niedrigeren Temperaturen in die Bodenluft zu überführen und somit den Energiebedarf zu reduzieren.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Reinigungsverfahren für eine Reinigung einer mit Schadstoffen kontaminierten Bodenschicht mit einem Reinigungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung mittels Wärmeeinbringung, aufweisend die folgenden Schritte:

- Einbringen von Wärme durch das wenigstens eine Heizelement in die kontaminierte Bodenschicht,
- Einbringen von aufgeheizter Umgebungsluft in die gleiche kontaminierte Bodenschicht.

Ein erfindungsgemäßes Reinigungsverfahren bringt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung und mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Reinigungssystem erläutert worden sind. Die beiden Einbringsschritte von Wärme kombinieren dabei eine Einbringung von Wärme mittels Konduktion, also mittels Wärmeleitung, und durch Konvektion.

Ein Reinigungsverfahren lässt sich dahingehend weiterbilden, dass die Einbringung der Umgebungsluft erst in einer zweiten Stufe erfolgt, nach einer ersten Stufe, in welcher Wärme ausschließlich oder im Wesentlichen ausschließlich durch das wenigstens eine Heizelement in die kontaminierten Bodenschicht eingebracht wird. Der zweistufige Prozess führt zu einer weiteren Verbesserung und Effizienzsteigerung des Reinigungsverfahrens. So wird auf die Einbringung der Umgebungsluft solange verzichtet, solange die Einbringung der Wärme durch das wenigstens eine Heizelement ausreichend ist. Dies kann zum Beispiel durch die genannten Temperatursensoren, aber auch durch Boden-Temperatursensoren überwacht werden. Sobald, durch die beschriebene Ausbildung einer thermischen Isolationsschicht im Boden um die Heizvorrichtung herum, die Aufheizung mit diesem wenigstens einen Heizelement nicht mehr ausreicht, wird die zweite Stufe zugeschaltet, bei welcher nun zusätzlich die Umgebungsluft eingebracht wird und die konvektive Wärmeleitung der konduktiven Wärmeleitung hinzufügt.

Darüber hinaus bringt es Vorteile mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reinigungsverfahren das Einbringen der Umgebungsluft stoßweise erfolgt. Dabei kann der gepulste Einbringdruck variiert werden oder gleichbleiben. Ein stoßweises Einbringen der Umgebungsluft kann zum Beispiel dazu führen, dass die Porosität sich der Umgebung der Auslassöffnungen vergrößert, sodass entsprechend die konvektive Wärmeübertragung in aktiver Weise gesteigert werden kann. Dieses stoßweise Einbringen kann auch kombiniert sein mit Phasen einer kontinuierlichen Einbringung der Umgebungsluft.

Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reinigungs- verfahren mittels einer Absaugvorrichtung abgesaugte Bodenluft hinsichtlich der che- mischen Zusammensetzung qualitativ und/oder quantitativ überwacht wird. Dies führt dazu, dass eine Rückkopplung der Reinigungskontrolle möglich ist, mit anderen Wor- ten, dass es erfasst werden kann, zu welchem Reinigungsstatus das bisherige Reini- gungsverfahren bereits geführt hat. So ist es möglich, eine maximale Restkonzentra- tion von Schadstoffen in der Bodenluft vorzugeben, welche unterschritten werden muss, um den Reinigungserfolg zu gewährleisten. Auch kann die Gesamtmenge an abgereinigtem Schadstoff erfasst werden, um quantitative Aussagen zu treffen, dass nun die gewünschte vorgegebene Menge an Schadstoff aus dem Boden herausge- bracht worden ist. Nicht zuletzt ist hier auch eine rein qualitative Überwachung mög- lich, um zu erkennen, ob auch tatsächlich der erwartete Schadstoff mit der Bodenluft austritt und die eingestellte Siedetemperatur für den Reinigungsprozess richtig ist.

Darüber hinaus bringt es Vorteile mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Rei- nungsverfahren als dritte Reinigungsstufe ein Oxidationsmittel in die kontaminierte Bodenschicht injiziert wird, insbesondere durch eine Absaugvorrichtung und/oder die Umgebungsluftzufuhr. Ein Oxidationsmittel und dessen Einbringung kann auch als Oxidationsreinigung oder dritte Reinigungsstufe im Sinne eines erfindungsgemäßen Reinigungsverfahrens verstanden werden. Damit kann direkt in die kontaminierte Bo- denschicht ein Oxidationsmittel eingebracht werden, um eine chemische Oxidation des verbleibenden Schadstoffs durchzuführen. Dies bringt eine zusätzliche Reini- gungsstufe mit sich. Insbesondere bei sehr hohen Reinigungsanforderungen kann mit großer Effizienz die Reinigung zur Verfügung gestellt werden.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Reini- gungsverfahren im Anschluss an die Reinigung der kontaminierten Bodenschicht eine Injektion einer Flüssigkeit erfolgt, insbesondere durch die Umgebungsluftzufuhr, für ein zumindest teilweises Auffüllen entstandener Poren zur Stabilisation der gerei- nigten Bodenschicht. Darunter ist zu verstehen, dass die durch den Reinigungsvor- gang geschaffene luftgefüllte Porosität im Bereich der aufgereinigten Bodenschicht nun wieder eliminiert wird oder zumindest zum Teil aufgehoben wird. Würden diese luftgefüllten Poren verbleiben, so könnte dies zur Erhöhung des vertikalen Stresses und damit zur Destabilisierung der Bodenschicht führen. Je nach Größe der Boden- schicht und der Größe der luftgefüllten Poren kann ein Absinken des Bodens die

Folge sein. Um diesen Effekt zu vermeiden oder zumindest zu minimieren, kann im Anschluss an das Reinigungsverfahren ein Auffüllen der luftgefüllten Poren, im einfachsten Fall durch das Auffüllen mit Wasser bis zur Residualsättigung, erfolgen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung,
- Fig. 2 die Ausführungsform der Figur 1 in einem Reinigungssystem,
- Fig. 3 eine weitere Ausführungsform eines Reinigungssystems,
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines Reinigungssystems und
- Fig. 5 eine weitere Ausführungsform eines Reinigungssystems.

In Figur 1 ist schematisch eine besonders einfache Ausgestaltung einer Heizvorrichtung 10 dargestellt. Diese ist als Heizlanze ausgebildet und weist einen hohlzylinderförmigen Heizmantel als Hezelement 20 auf. Dieser ist elektrisch beheizbar und entsprechend an einem oberen Endabschnitt 12 mit zwei elektrischen Anschlüssen 24 versehen. Zusätzlich ist diese Heizvorrichtung 10 mit einer Umgebungsluftzufuhr 30 ausgestattet, welches sich zentral im Inneren des Hohlzylinders der Heizvorrichtung 10 nach unten erstreckt. Ebenfalls am oberen Endabschnitt 12 ist der Umgebungsluftanschluss 36 vorgesehen, über welchen Umgebungsluft UL in die Leitung der Umgebungsluftzufuhr 30 eingebracht werden kann. Die eingebrachte Umgebungsluft UL kann nun im Bereich des unteren Endabschnitts 14 seitlich durch die Auslassöffnungen 34 in die umgebende Bodenschicht austreten. Um die Umgebungsluft UL auf die gewünschte Temperatur zu bringen, sind die Innenseiten des Hezelements 20 als Heizabschnitte 32 ausgebildet und stellen einen wärmeübertragenden Kontakt zur strömenden Umgebungsluft UL her. Selbstverständlich können hier nicht dargestellte Oberflächenvergrößerungen vorgesehen sein, um zum Beispiel eine noch

bessere Wärmeübertragung auf die eingebrachte Umgebungsluft UL gewährleisten zu können. Die Außenseite der Heizvorrichtung 10, und damit des wenigstens einen Heizelementes 20, ist als Wärmeübergabefläche 22 für die Wärmeübergabe an den umgebenden Boden zur Verfügung gestellt.

In der Figur 2 ist schematisch ein Reinigungssystem 100 dargestellt, welches hier schematisch eine Heizvorrichtung 10 gemäß der Figur 1 verwendet. In einem Brunnenschacht 220, welche insbesondere mehrfach in einem Raster angeordnet in den Boden gebohrt sind, ist nun die Heizvorrichtung 10 angeordnet. Sie erstreckt sich in dem Brunnenschacht 220 bis in die Bodenschicht 210, welche mit nicht näher dargestellten Schadstoffen S verschmutzt ist. Um diese Verschmutzung zu beheben, soll ein Wärmeeintrag erfolgen. Dieser Wärmeeintrag von Wärme W erfolgt hier mit zwei verschiedenen Eintragungsweisen. Zum einen ist über eine Batterievorrichtung als Heizquelle 120 eine Stromversorgung für das wenigstens eine Heizelement 20 vorgesehen. Zum anderen ist eine Fördervorrichtung 110 in Form eines Kompressors vorgesehen, welche Umgebungsluft UL über eine Umgebungsluftleitung 140 in die Heizvorrichtung 10 einbringt. Damit wird es möglich, Wärme W sowohl über Wärmeleitung über das Heizelement 20 und die Wärmeübergabefläche 22, zum anderen aber auch über Konvektion über die aufgeheizte Umgebungsluft UL über die Auslassöffnungen 34 in die Bodenschicht 210 einzubringen.

Die Figur 3 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform der Figur 2. Die Heizvorrichtung 10 ist hier identisch, jedoch ist zusätzlich noch eine Absaugvorrichtung 130 in einem Absaug-Brunnenschacht 230 angeordnet. Diese erlaubt es, Bodenluft BL oberhalb der Bodenschicht 210 aufzunehmen und an die Umgebung abzuführen. Un erwünschte Stauungen in den oberen Bodenschichten 210 können auf diese Weise wirkungsvoll vermieden werden. Auch eine Kontrolle oder sogar eine Nachbehandlung der Bodenluft BL ist durch das Auffangen hier grundsätzlich möglich. Darüber hinaus zeigt die Figur 3 die Nutzung eines Boden-Temperatursensors 150, welcher in der Lage ist, die Temperatur innerhalb der kontaminierten Bodenschicht 210 zu überwachen und damit insbesondere in quantitativer Weise den Wärmeeintrag der Wärme W zu kontrollieren.

Die Figur 4 zeigt eine weitergehende Weiterbildung der Ausführungsform, wobei hier die Heizvorrichtung 10 nun mit zusätzlicher Sensorik in Form eines

Temperatursensors 40 und eines Drucksensors 50 ausgestattet ist. Diese beiden Sensoren 40 und 50 erlauben es, noch weitere Parameter zu erfassen und für die Kontrolle des Reinigungsverfahrens zu verwenden. Darüber hinaus ist bei der Ausführungsform der Figur 4 der Absaug-Brunnenschacht 230 bis in die Bodenschicht 210 geführt, sodass sich auch die Absaugvorrichtung 130 bis in die kontaminierte Bodenschicht 210 erstreckt. Um eine weitere Effizienzsteigerung zu erzielen, wird das Bodenluft BL von der Absaugvorrichtung 130 hier über einen Wärmetauscher 134 zum Wärmeaustausch mit der Umgebungsluft UL geführt, sodass zumindest ein Teil der Abwärme der Bodenluft BL wiederverwendet werden kann und damit eine vorgeheizte Umgebungsluft UL in die Heizvorrichtung 10 eingebracht wird. Darüber hinaus zeigt die Figur 4 die Möglichkeit, ein Oxidationsmittel OX über die Absaugvorrichtung 130 in die Bodenschicht 210 einzubringen, um eine dritte Stufe in Form einer chemischen Oxidationsreinigung durchzuführen.

Die Figur 5 zeigt eine Weiterbildung der Heizvorrichtung 10, welche hier segmentiert ausgebildet ist. Hier soll nun im Reinigungssystem 100 eine Reinigung von drei unterschiedlichen direkt übereinanderliegenden Bodenschichten 210 mit unterschiedlich kontaminierten Schadstoffen S bearbeitet werden. Um für jede der Bodenschichten 210 ein eigenständiges Temperaturprofil einstellen zu können, wird das wenigstens eine Heizelement 20 mit drei unterschiedlichen Heizabschnitten 20a, 20b und 20c ausgestattet, welche separat voneinander regelbar sind. Darüber hinaus sind auch nicht näher dargestellte Ventilvorrichtungen im Heizgasanschluss 36 vorgesehen, welche ein separates Kontrollieren der Luftströmung durch die ebenfalls segmentiert ausgebildeten Umgebungsluftabschnitte 30a, 30b und 30c erlaubt. Damit wird es möglich, den Wärmeeintrag von Wärme W in die einzelnen Bodenschichten 210 zu kontrollieren und separat und individuell auf die jeweils abzureinigende Schadstoffkomponente anzupassen.

Die voranstehende Erläuterung beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

10	Heizvorrichtung
12	oberer Endabschnitt
14	unterer Endabschnitt
20	Heizelement
20a	Heizabschnitt
20b	Heizabschnitt
20c	Heizabschnitt
22	Wärmeübergabefläche
24	elektrische Anschlüsse
30	Umgebungsluftzufuhr
30a	Umgebungsluftabschnitt
30b	Umgebungsluftabschnitt
30c	Umgebungsluftabschnitt
32	Heizabschnitt
34	Auslassöffnung
36	Umgebungsluftanschluss
40	Temperatursensor
50	Drucksensor
100	Reinigungssystem
110	Fördervorrichtung
120	Heizquelle
130	Absaugvorrichtung
132	Bodenluftleitung
134	Wärmetauscher
140	Umgebungsluftleitung
150	Boden-Temperatursensor
210	Bodenschicht
220	Brunnenschacht
230	Absaug-Brunnenschacht

S	Schadstoff
W	Wärme
UL	Umgebungsluft
BL	Bodenluft
OX	Oxidationsmittel

Patentansprüche

1. Heizvorrichtung (10) zur Einbringung in einen Brunnenschacht (220) für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) zur Reinigung dieser Bodenschicht (210), aufweisend wenigstens ein Heizelement (20) für ein Erzeugung von Wärme (W) mit wenigstens einer Wärmeübergabefläche (22) zur Übergabe der erzeugten Wärme (W) an die kontaminierte Bodenschicht (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220), und wenigstens eine Umgebungsluftzufuhr (30) für eine Führung von Umgebungsluft (UL) mit wenigstens einem Heizabschnitt (32) in wärmeübertragendem Kontakt mit dem wenigstens einen Heizelement (20) für ein zumindest teilweises Aufheizen der Umgebungsluft (UL) und mit wenigstens einer Auslassöffnung (34) stromabwärts des Heizabschnitts (32) zum Auslass der erwärmten Umgebungsluft (UL) in den zu reinigenden Bodenabschnitt (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220).
2. Heizvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umgebungsluftzufuhr (30) eine Vielzahl von Auslassöffnungen (34) aufweist, welche insbesondere gleichmäßig oder im Wesentlichen gleichmäßig am Umfang und/oder entlang der Umgebungsluftzufuhr (30) verteilt sind.
3. Heizvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Heizelement (20) als elektrisches Heizelement (20) ausgebildet ist, wobei die elektrischen Anschlüsse (24) insbesondere an einem oberen Endabschnitt (12) der Heizvorrichtung (10) angeordnet sind, wobei weiter in diesem oberen Endabschnitt (12) auch wenigstens ein Umgebungsluftanschluss (36) für die Zufuhr von Umgebungsluft (UL) zu der Umgebungsluftzufuhr (30) angeordnet ist.
4. Heizvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement (20) einen ersten Heizabschnitt (20a) und wenigstens einen weiteren Heizabschnitt (20b, 20c) aufweist, wobei die Wärmeerzeugung der Heizabschnitte (20a, 20b, 20c) voneinander unabhängig kontrollierbar ist.

5. Heizvorrichtung (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umgebungsluftzufuhr (30) einen ersten Umgebungsluftabschnitt (30a) und wenigstens einen weiteren Umgebungsluftabschnitt (30b, 30c) aufweist, welche insbesondere örtlich und/oder hinsichtlich ihrer Erstreckung mit den Heizabschnitten (20a, 20b, 20c) des Heizelements (20) übereinstimmen oder im Wesentlichen übereinstimmen, wobei die Strömung an Umgebungsluft (UL) durch die Umgebungsluftabschnitte (30a, 30b, 30c) unabhängig voneinander kontrollierbar ist.
6. Heizvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Heizelement (20), insbesondere an der Wärmeübergabefläche (22), und/oder die Umgebungsluftzufuhr (30), insbesondere an der wenigstens einen Auslassöffnung (34), einen Temperatursensor (40) und/oder einen Drucksensor (50) aufweist.
7. Reinigungssystem (100) zur Reinigung einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) mittels Wärmeeinbringung, aufweisend wenigstens eine Heizvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 6, welche in einem Brunnenschacht (220) angeordnet ist, eine Fördervorrichtung (110) zur Förderung von Umgebungsluft (UL) in die Umgebungsluftzufuhr (30) und eine Heizquelle (120) zur Erzeugung der Wärme (W) mit dem wenigstens einen Heizelement (20).
8. Reinigungssystem (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** beabstandet von dem Brunnenschacht (220) in einem Absaug-Brunnenschacht (230) eine Absaugvorrichtung (130) für eine Absaugung von Bodenluft (BL) mit gasförmigen Schadstoffen (S) aus der kontaminierten Bodenschicht (210) angeordnet ist.
9. Reinigungssystem (100) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Absaugvorrichtung (130) eine Bodenluftleitung (132) aufweist, welche mit einem Wärmetauscher (134) ausgestattet ist in wärmeübertragendem Kontakt mit einer Umgebungsluftleitung (140) zur Übertragung von Restwärme der Bodenluft (BL) auf die Umgebungsluft (BL).

10. Reinigungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** beabstandet von dem Brunnenschacht (220) ein Boden-Temperatursensor (150) in der kontaminierten Bodenschicht (210) angeordnet ist für eine Kontrolle der Bodentemperatur.
11. Reinigungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördervorrichtung (110) als Kompressor für die Ansaugung und Förderung der Umgebungsluft (UL) ausgebildet ist.
12. Reinigungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördervorrichtung (110) als Dampferzeuger für die Erzeugung von Wasserdampf ausgebildet ist.
13. Reinigungsverfahren für eine Reinigung einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) mit einem Reinigungssystem (100) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 7 bis 12 mittels Wärmeeinbringung, aufweisend die folgenden Schritte:
 - Einbringen von Wärme (W) mittels des wenigstens einen Heizelements (20) in die kontaminierte Bodenschicht (210),
 - Einbringen von aufgeheizter Umgebungsluft (UL) in die gleiche kontaminierte Bodenschicht (210).
14. Reinigungsverfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbringung der Umgebungsluft (UL) erst in einer zweiten Stufe erfolgt nach einer ersten Stufe, in welcher Wärme (W) ausschließlich oder im Wesentlichen ausschließlich durch das wenigstens eine Heizelement (20) in die kontaminierte Bodenschicht (210) eingebracht wird.
15. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Einbringen der Umgebungsluft (UL) stoßweise erfolgt.
16. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Absaugvorrichtung (130) abgesaugte Bodenluft

(BL) hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung qualitativ und/oder quantitativ überwacht wird.

17. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** als dritte Reinigungsstufe ein Oxidationsmittel (OX) in die kontaminierte Bodenschicht (210) injiziert wird, insbesondere durch eine Absaugvorrichtung (130) und/oder die Umgebungsluftzufuhr (30).
18. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschluss an die Reinigung der kontaminierten Bodenschicht (210) eine Injektion einer Flüssigkeit erfolgt, insbesondere durch die Umgebungsluftzufuhr (30), für ein zumindest teilweises Auffüllen entstandener luftgefüllter Poren zur Stabilisation der gereinigten Bodenschicht (210).

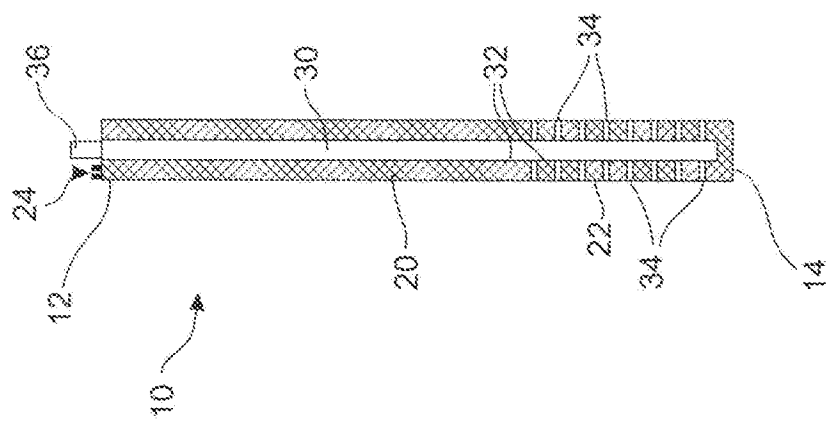


Fig. 1

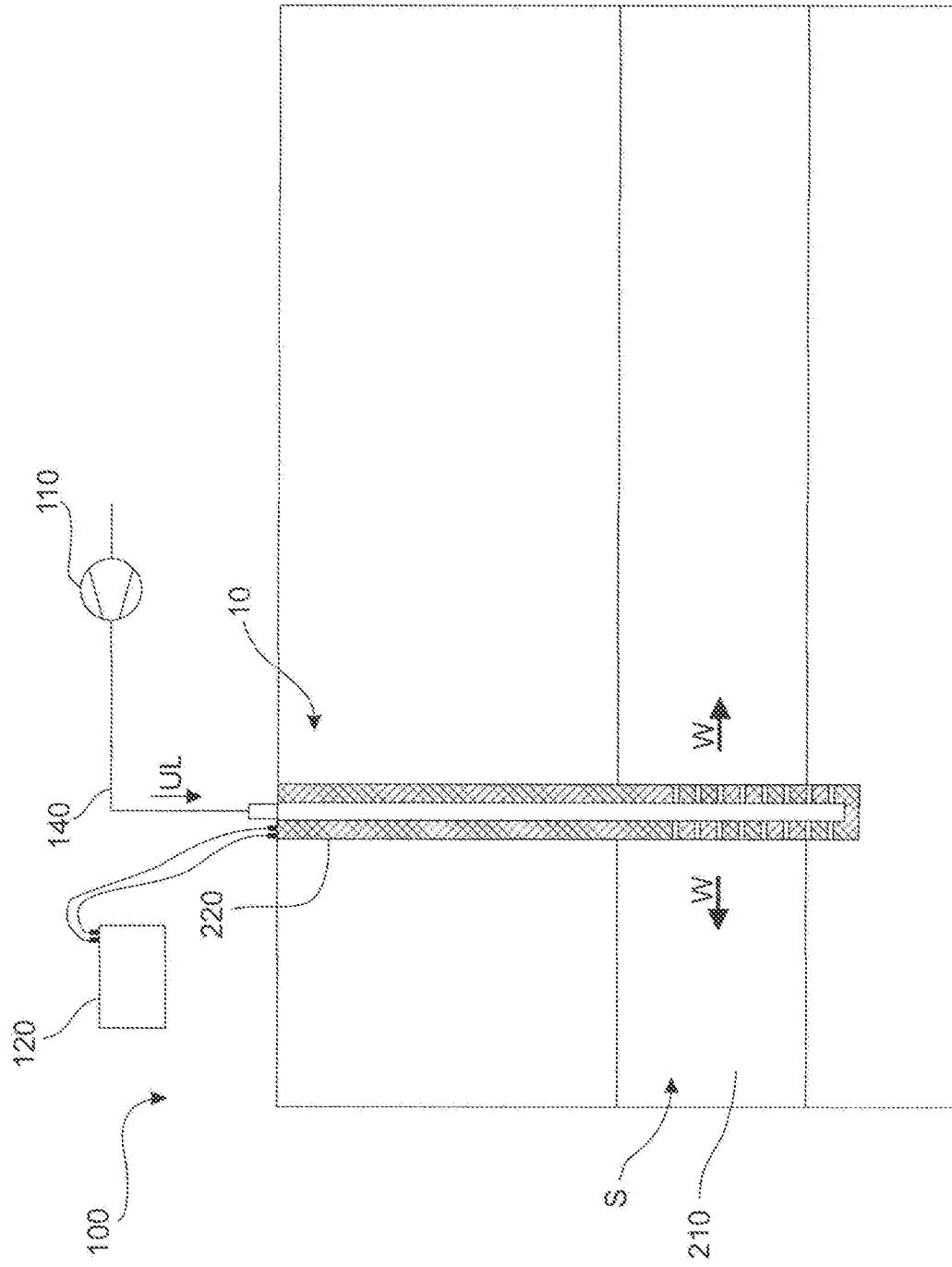
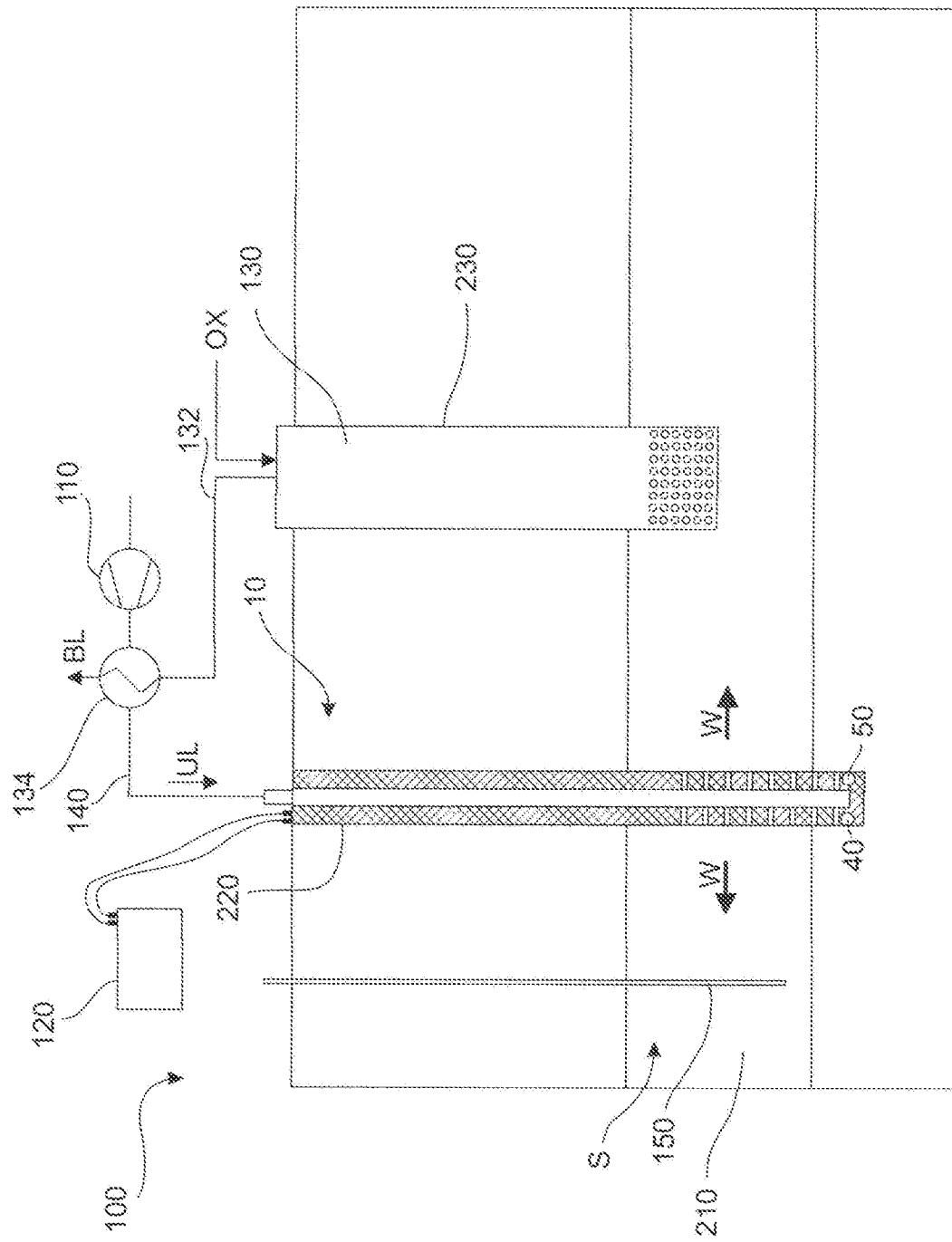


Fig. 2



40

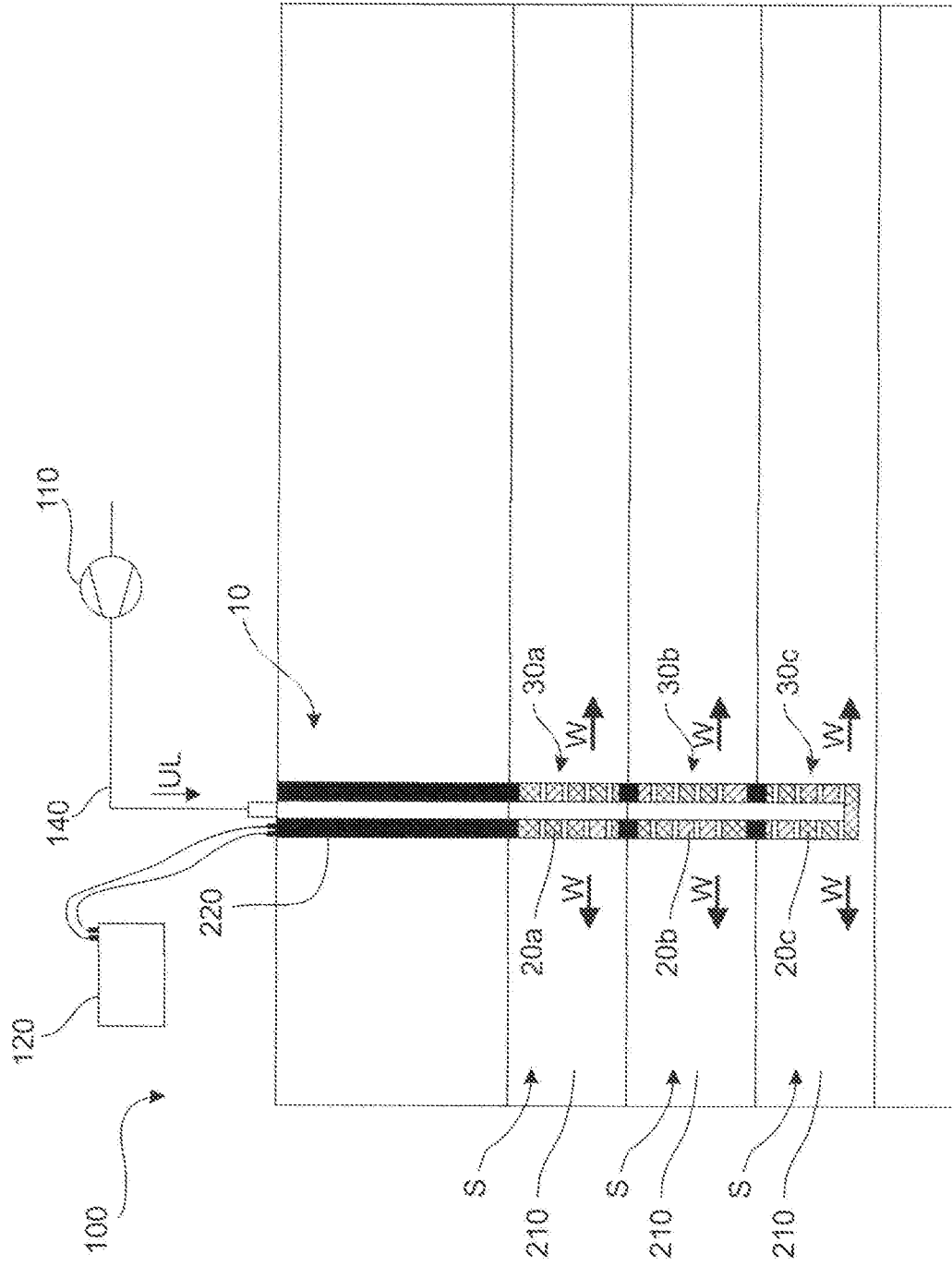


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
B09C 1/00 (2006.01); **B09C 1/06** (2006.01); **H05B 3/40** (2006.01); **E21B 36/04** (2006.01); **B09C 1/08** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
B09C 1/005 (2013.01); **B09C 1/062** (2013.01); **H05B 3/40** (2013.01); **E21B 36/04** (2013.01); **B09C 1/08** (2020.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

B09C, H05B, E21B

Konsultierte Online-Datenbank:

EPDOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 07.07.2022 eingereichten Ansprüchen 1 - 18 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	CN 111215440 A (GUANGXI BOSSCO ENVIRONMENTAL PROTECTION TECH CO LTD) 02. Juni 2020 (02.06.2020) (automatische Übersetzung durch TXPMTCEA/EPO am 23.02.2023) Beschreibung gesamt; Fig. 1 - 6; Ansprüche 1 - 8	1 - 18
A	CN 110252794 A (LI ZEHUI) 20. September 2019 (20.09.2019) (automatische Übersetzung durch TXPMTCEA/EPO am 23.02.2023) Beschreibung gesamt; Fig. 1; Ansprüche 1 - 8	1 - 18
A	CN 209156712 U (MCC ACRE COKING & REFRACTORY ENG CONSULT) 26. Juli 2019 (26.07.2019) (automatische Übersetzung durch TXPMTCEU/EPO am 23.02.2023) Beschreibung gesamt; Fig. 1; Ansprüche 1 - 8	1 - 18
A	US 2019143385 A1 (JIANG YONGHAI [CN], XI BEIDOU [CN], YANG YU [CN], LIAN XINYING [CN], HUAN HUAN [CN], XIA FU [CN], HAN XU [CN]) 16. Mai 2019 (16.05.2019) Beschreibung, [0035] - [0041]; Fig. 1, 2; Ansprüche 1 - 14	1 - 18
A	CN 107457260 A (AISHI ENGINEERING ENVIRONMENT SCIENCE & TECH CO LTD) 12. Dezember 2017 (12.12.2017) Beschreibung gesamt, Fig. 1 - 5; Ansprüche 1 - 10	1 - 18
A	JP 2014104425 A (DOWA ECO SYSTEM CO LTD) 09. Juni 2014 (09.06.2014) (automatische Übersetzung durch TXPJPEA/2017 Clarivate Analytics am 23.02.2023) Beschreibung, [0023] - [0045]; Fig. 1 - 4; Ansprüche 1 - 20	1 - 18
Datum der Beendigung der Recherche: 28.02.2023 Seite 1 von 1 Prüfer(in): AIGNER Martin		

***) Kategorien der angeführten Dokumente:**

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Heizvorrichtung (10) zur Einbringung in einen Brunnenschacht (220) für ein Aufheizen einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) zur Reinigung dieser Bodenschicht (210), aufweisend wenigstens ein Heizelement (20) für ein Erzeugung von Wärme (W) mit wenigstens einer Wärmeübergabefläche (22) zur Übergabe der erzeugten Wärme (W) an die kontaminierte Bodenschicht (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220), und wenigstens eine Umgebungsluftzufuhr (30) für eine Führung von Umgebungsluft (UL) mit wenigstens einem Heizabschnitt (32) in wärmeübertragendem Kontakt mit dem wenigstens einen Heizelement (20) für ein zumindest teilweises Aufheizen der Umgebungsluft (UL) und mit wenigstens einer Auslassöffnung (34) stromabwärts des Heizabschnitts (32) zum Auslass der erwärmten Umgebungsluft (UL) in den zu reinigenden Bodenabschnitt (210) in der Anordnung im Brunnenschacht (220).
2. Heizvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umgebungsluftzufuhr (30) eine Vielzahl von Auslassöffnungen (34) aufweist, welche insbesondere gleichmäßig oder im Wesentlichen gleichmäßig am Umfang und/oder entlang der Umgebungsluftzufuhr (30) verteilt sind.
3. Heizvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Heizelement (20) als elektrisches Heizelement (20) ausgebildet ist, wobei die elektrischen Anschlüsse (24) insbesondere an einem oberen Endabschnitt (12) der Heizvorrichtung (10) angeordnet sind, wobei weiter in diesem oberen Endabschnitt (12) auch wenigstens ein Umgebungsluftanschluss (36) für die Zufuhr von Umgebungsluft (UL) zu der Umgebungsluftzufuhr (30) angeordnet ist.
4. Heizvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement (20) einen ersten Heizabschnitt (20a) und wenigstens einen weiteren Heizabschnitt (20b, 20c) aufweist, wobei die Wärmeerzeugung der Heizabschnitte (20a, 20b, 20c) voneinander unabhängig kontrollierbar ist.

5. Heizvorrichtung (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umgebungsluftzufuhr (30) einen ersten Umgebungsluftabschnitt (30a) und wenigstens einen weiteren Umgebungsluftabschnitt (30b, 30c) aufweist, welche insbesondere örtlich und/oder hinsichtlich ihrer Erstreckung mit den Heizabschnitten (20a, 20b, 20c) des Heizelements (20) übereinstimmen oder im Wesentlichen übereinstimmen, wobei die Strömung an Umgebungsluft (UL) durch die Umgebungsluftabschnitte (30a, 30b, 30c) unabhängig voneinander kontrollierbar ist.
6. Heizvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Heizelement (20), insbesondere an der Wärmeübergabefläche (22), und/oder die Umgebungsluftzufuhr (30), insbesondere an der wenigstens einen Auslassöffnung (34), einen Temperatursensor (40) und/oder einen Drucksensor (50) aufweist.
7. Reinigungssystem (100) zur Reinigung einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) mittels Wärmeeinbringung, aufweisend wenigstens eine Heizvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 6, welche in einem Brunnenschacht (220) angeordnet ist, eine Fördervorrichtung (110) zur Förderung von Umgebungsluft (UL) in die Umgebungsluftzufuhr (30) und eine Heizquelle (120) zur Erzeugung der Wärme (W) mit dem wenigstens einen Heizelement (20).
8. Reinigungssystem (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** beabstandet von dem Brunnenschacht (220) in einem Absaug-Brunnenschacht (230) eine Absaugvorrichtung (130) für eine Absaugung von Bodenluft (BL) mit gasförmigen Schadstoffen (S) aus der kontaminierten Bodenschicht (210) angeordnet ist.
9. Reinigungssystem (100) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Absaugvorrichtung (130) eine Bodenluftleitung (132) aufweist, welche mit einem Wärmetauscher (134) ausgestattet ist in wärmeübertragendem Kontakt mit einer Umgebungsluftleitung (140) zur Übertragung von Restwärme der Bodenluft (BL) auf die Umgebungsluft (BL).

10. Reinigungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** beabstandet von dem Brunnenschacht (220) ein Boden-Temperatursensor (150) in der kontaminierten Bodenschicht (210) angeordnet ist für eine Kontrolle der Bodentemperatur.
11. Reinigungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördervorrichtung (110) als Kompressor für die Ansaugung und Förderung der Umgebungsluft (UL) ausgebildet ist.
12. Reinigungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördervorrichtung (110) als Dampferzeuger für die Erzeugung von Wasserdampf ausgebildet ist.
13. Reinigungsverfahren für eine Reinigung einer mit Schadstoffen (S) kontaminierten Bodenschicht (210) mit einem Reinigungssystem (100) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 7 bis 12 mittels Wärmeeinbringung, aufweisend die folgenden Schritte:
 - Einbringen von Wärme (W) mittels des wenigstens einen Heizelements (20) in die kontaminierte Bodenschicht (210),
 - Einbringen von aufgeheizter Umgebungsluft (UL) in die gleiche kontaminierte Bodenschicht (210).
14. Reinigungsverfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbringung der Umgebungsluft (UL) erst in einer zweiten Stufe erfolgt nach einer ersten Stufe, in welcher Wärme (W) ausschließlich oder im Wesentlichen ausschließlich durch das wenigstens eine Heizelement (20) in die kontaminierte Bodenschicht (210) eingebracht wird.
15. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Einbringen der Umgebungsluft (UL) stoßweise erfolgt.
16. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Absaugvorrichtung (130) abgesaugte Bodenluft

(BL) hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung qualitativ und/oder quantitativ überwacht wird.

17. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** als dritte Reinigungsstufe ein Oxidationsmittel (OX) in die kontaminierte Bodenschicht (210) injiziert wird, insbesondere durch eine Absaugvorrichtung (130) und/oder die Umgebungsluftzufuhr (30).
18. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschluss an die Reinigung der kontaminierten Bodenschicht (210) eine Injektion einer Flüssigkeit erfolgt, insbesondere durch die Umgebungsluftzufuhr (30), für ein zumindest teilweises Auffüllen entstandener luftgefüllter Poren zur Stabilisation der gereinigten Bodenschicht (210).