



(10) **DE 10 2018 123 794 B3** 2019.10.24

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 123 794.4**
 (22) Anmeldetag: **26.09.2018**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **24.10.2019**

(51) Int Cl.: **E02D 7/00 (2006.01)**
E02D 7/18 (2006.01)
E02D 7/30 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Keller Holding GmbH, 63067 Offenbach, DE

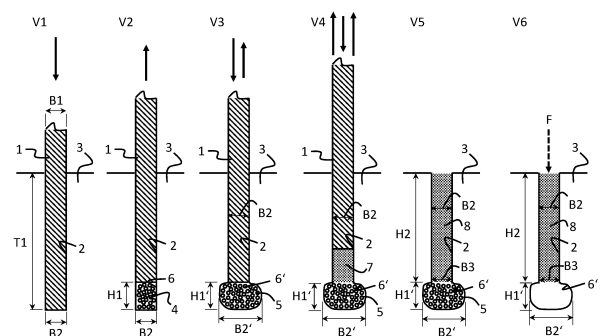
(72) Erfinder:
Bubenicek, Michal, Dr., Prag, CZ

(74) Vertreter:
**Neumann Müller Oberwalleney & Partner
 Patentanwälte, 50677 Köln, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 34 24 776 A1
DE 10 2006 007 144 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes (8), umfassend die Schritte: Einbringen eines wasserlöslichen Materials (4) in ein Erdreich (3) und Einbringen eines Bauelementes (8) in das Erdreich auf dem wasserlöslichen Material (4).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes.

[0002] Fundamente von Bauwerken bestehen aus Bauelementen für den Grundbau, wie Platten, Trägern, Steinen oder Tiefgründungselementen. Die Tiefgründungselemente sind dabei häufig pfahlförmig ausgestaltet und nehmen in diesem Fall die Last der Bauwerke an dem vertikal oberen Ende des Tiefgründungselementes, dem Säulenkopf, auf und übertragen diese in das Erdreich, das auch als Baugrund bezeichnet werden kann. Dies erfolgt einerseits durch den Spitzendruck, der durch die Auflage des vertikal unteren Endes des Tiefgründungselementes, dem Säulenfuß, im Erdboden resultiert. Andererseits wird die Last aus dem Bauwerk über die Mantelreibung zwischen dem Erdreich und der Mantelfläche des Tiefgründungselementes aufgenommen.

[0003] Das Verhältnis der beiden Widerstandsanteile Spitzendruck und Mantelreibung hängt dabei maßgeblich von der Beschaffenheit des Erdreiches ab. Um die Tragfähigkeit von Tiefgründungselementen exakt bestimmen zu können, ist es notwendig, dass der Spitzendruck und die Mantelreibung voneinander getrennt ermittelt werden.

[0004] Aus der DE 34 24 776 A1 ist ein Verfahren zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Pfählen bekannt, bei dem der Pfahl in einen oberen und einen unteren Abschnitt unterteilt wird. Zwischen dem oberen Abschnitt und dem unteren Abschnitt wird eine Presse und an der Pfahlsohle eine Kraftmesszelle vorgesehen. Die Unterteilung des Pfahles wird dabei so gewählt, dass die Summe der Mantelreibung des oberen Pfahlabschnittes und dessen Gewicht dem Betrag nach gleich der Summe aus der Mantelreibung des unteren Pfahlabschnittes und dem Spitzendruck sind. Durch Messen der Pressenkraft sowie des Spitzendrucks mittels der Kraftmesszelle an der Pfahlsohle lassen sich alle Widerstandsanteile rechnerisch bestimmen.

[0005] Aus der DE 10 2006 007 144 A1 ist ein Pfahlhubkissen zur Messung der Belastbarkeit eines Bohrpfahls bekannt, das als ringförmiger Faltenbalg ausgestaltet und zwischen dem oberen und dem unteren Pfahlteil angeordnet ist. Durch Aufpumpen des Pfahlhubkissens mit einer Flüssigkeit können der obere und der untere Pfahlteil verschoben werden, sodass aus den resultierenden Verschiebungen und dem Druck im Pfahlhubkissen die Mantelreibung bestimmt werden kann.

[0006] Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, mit

dem ein Bauelement, dessen Mantelreibung messbar ist, einfach und kosteneffizient hergestellt werden kann.

[0007] Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes vorgeschlagen, umfassend die Schritte: Einbringen eines wasserlöslichen Materials in ein Erdreich und Einbringen eines Bauelementes in das Erdreich auf dem wasserlöslichen Material.

[0008] Durch die Löslichkeit des wasserlöslichen Materials in Wasser löst sich dieses in einem feuchten Baugrund mit fortschreitender Zeit auf, sodass unterhalb des Bauelementes, in dem Bereich, in dem das wasserlösliche Material eingebracht wurde, eine leere Kammer entsteht. Das Bauelement wird somit nur noch durch die Mantelreibung getragen und ein Spitzendruck wirkt nicht mehr auf das Bauelement ein.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass für die Messung der gesamten Mantelreibung keine Messvorrichtung in dem Bauelement selbst oder im Baugrund verbleiben muss, nachdem die Messung der Mantelreibung abgeschlossen wurde. Des Weiteren lässt sich das Einbringen des wasserlöslichen Materials in den Baugrund in die bekannten Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes für den Grundbau integrieren, ohne dass ein Grundbearbeitungswerkzeug, während des Einarbeitens des Gründungsloches, zusätzlich in den Boden eingefahren werden muss. Ferner kann das Verfahren für die Herstellung von Bauelementen verwendet werden, die oberhalb eines bestehenden Bauwerks, beispielsweise Tunnel, errichtet werden, auf das keine weiteren Lasten direkt übertragen werden sollen. Durch die resultierende leere Kammer zwischen dem Bauelement und dem Bauwerk können somit beispielsweise Schwingungen nicht direkt vom Bauwerk auf das Bauelement und umgekehrt übertragen werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann für die Herstellung von Bauelementen verwendet werden, deren Säulenfuß sowohl oberhalb als auch unterhalb des Grundwasserspiegels angeordnet wird. Des Weiteren kann das erfindungsgemäße Verfahren sowohl für Bauelemente mit Bewehrung als auch für Bauelemente ohne Bewehrung verwendet werden.

[0010] Das wasserlösliche Material wird unterhalb einer gewünschten Endtiefe des herzustellenden Bauelementes in den Boden eingebracht. Nach dem Einbringen des wasserlöslichen Materials wird das Bauelement hierauf erstellt, sodass dieses nach dem Einbringen temporär auf dem wasserlöslichen Material nach unten abgestützt ist.

[0011] Als wasserlösliches Material kann in einer möglichen Ausführungsform des Verfahrens ein Material mit einer Löslichkeit in Wasser von zumindest

33g/l Wasser, insbesondere von zumindest 100g/l Wasser, gewählt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass sich das wasserlösliche Material in der vorhandenen Feuchte in dem Erdreich lösen kann und eine leere Kammer unterhalb des Bauelementes innerhalb eines für die Herstellung von Bauelementen gängigen Zeitraums erzeugt wird.

[0012] In einer weiteren möglichen Ausführungsform des Verfahrens kann dem wasserlöslichen Material vor dem Einbringen des Bauelementes Wasser beigemischt werden. Das Beimengen von Wasser kann insbesondere derart erfolgen, dass Hohlräume des wasserlöslichen Materials mit Wasser ausgefüllt werden. Das Verfahren kann somit auch in Bereichen mit sehr geringer Bodenfeuchte, insbesondere in Bereichen mit sehr niedrigem Grundwasserspiegel, angewendet und das Auflösen des wasserlöslichen Materials trotz der geringen Bodenfeuchte in einem ausreichend kleinen Zeitraum sichergestellt werden.

[0013] Das wasserlösliche Material ist vorzugsweise ein Feststoff. Das wasserlösliche Material kann in einer möglichen Ausführungsform des Verfahrens aus der Gruppe der Salze, der Gruppe der Zuckerarten oder der Gruppe der Säuren gewählt werden und/oder kann Zellstoff enthalten. Insbesondere kann als wasserlösliches Material aus der Gruppe der Salze Steinsalz verwendet werden. Aus der Gruppe der Säuren kann insbesondere Kaliumchlorid oder Kaliumsulfat als wasserlösliches Material verwendet werden. Darüber hinaus kann dem wasserlöslichen Material zumindest eines der Mikroelemente Zink, Mangan, Eisen, Selen und Kupfer beigemischt werden, um die Löslichkeit in Wasser zu erhöhen.

[0014] In einer möglichen Ausführungsform des Verfahrens kann als wasserlösliches Material ein Material, das im vollständig in Wasser gelösten Zustand einen pH-Wert von zumindest 6,0, insbesondere von zumindest 6,5, insbesondere von zumindest 6,8, und maximal 8,0, insbesondere maximal 7,5, insbesondere maximal 7,2, aufweist, gewählt werden. Somit kann sichergestellt werden, dass das Einbringen des wasserlöslichen Materials in das Erdreich keine wesentliche Veränderung des pH-Wertes des Erdreiches selbst oder des Grundwassers verursacht.

[0015] In einer weiteren möglichen Ausführungsform des Verfahrens kann nach dem Einbringen des Bauelementes eine Ruhezeit eingehalten werden, bevor auf das Bauelement eine signifikante äußere Belastung aufgebracht wird. Während der Ruhezeit löst sich das wasserlösliche Material zumindest teilweise auf, sodass unter dem Bauelement ein Hohlraum entsteht. Als signifikante äußere Belastung soll dabei verstanden werden, dass das Bauelement mit mehr als 10 % der Tragfähigkeit des Bauelementes im fertig gestellten Zustand belastet wird. Als Ruhezeit können zumindest 10 Tage, insbesondere zumin-

dest 20 Tage, insbesondere zumindest 25 Tage und/oder bis zu 28 Tage, gewählt werden. Die Ruhezeit kann zudem in Abhängigkeit der Wasserlöslichkeit des wasserlöslichen Materials und/oder eines Feuchtegehaltes des Erdreiches und/oder der Beschaffenheit des Bauelementes eingestellt werden. Durch das Einhalten der Ruhezeit kann sichergestellt werden, dass das Lösen des wasserlöslichen Materials in der Feuchte des Erdreiches am Ende der Ruhezeit derart weit fortgeschritten ist, dass beim Aufbringen der Belastung ein Aufliegen des Bauelementfußes auf einem Rest des wasserlöslichen Materials und ein Verfälschen der Messung der Mantelreibung ausgeschlossen werden kann. Insbesondere kann es ausreichen, dass innerhalb der Ruhezeit rund 50 % des Volumens des wasserlöslichen Materials gelöst werden. In diesem Fall ist die Ruhezeit kürzer als eine Auflösezeit des wasserlöslichen Materials, in der sich das wasserlösliche Material vollständig lösen kann.

[0016] Des Weiteren kann vor oder während des Einbringens des Bauelementes das wasserlösliche Material verdichtet werden. Das Verdichten kann insbesondere derart erfolgen, dass die Festigkeit und/oder die Steifigkeit des wasserlöslichen Materials zumindest dem Produkt aus der Höhe des Bauelementes und dem spezifischen Gewicht des Bauelementes unmittelbar nach dem Einbringen des Bauelementes entspricht. Das wasserlösliche Material wird somit unter dem Druck des Bauelementes direkt nach dem Einbringen des Bauelementes nicht nachgeben, sodass eine exakte vertikale Positionierung des Bauelementes innerhalb des Bodens gewährleistet ist.

[0017] Das wasserlösliche Material kann zudem in einer weiteren möglichen Ausführungsform des Verfahrens derart verdichtet werden, dass eine Breite des wasserlöslichen Materials gleich oder größer ist als eine Breite des darauf zu erstellenden Bauelementes. Es wird somit sichergestellt, dass der Fuß des Bauelementes direkt nach dem Einbringen des Bauelementes vollständig auf dem wasserlöslichen Material aufliegt. Nach dem Auflösen des wasserlöslichen Materials wirkt somit kein Spitzendruck mehr auf den Fuß des Bauelementes ein. Es wird zudem verhindert, dass das Bauelement seinerseits einen ringförmigen Fuß ausbildet, der gegenüber der restlichen Breite des Bauelementes aufgeweitet ist und somit eine Auflagefläche bildet, auf den ein Spitzendruck einwirken kann.

[0018] In einer weiteren möglichen Ausführungsform des Verfahrens kann das wasserlösliche Material auch derart verdichtet werden, dass eine Höhe des wasserlöslichen Materials maximal der einfachen Breite des Bauelementes, insbesondere maximal der halben Breite des Bauelementes, entspricht. Dieses Vorgehen ermöglicht, dass einerseits ein ausreichend großer Hohlraum unterhalb des Bauelementes gebildet wird und andererseits eine möglichst geringe

Menge des wasserlöslichen Materials in das Erdreich eingebracht werden muss.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens kann nach dem Einbringen des Bauelementes die Mantelreibung des Bauelementes bestimmt werden. Dies kann durch die gängigen Verfahren zur Bestimmung der Mantelreibung erfolgen, insbesondere durch das Aufbringen einer Kraft am Kopf des Bauelementes über eine hydraulische Presse in Richtung einer Längsachse des Bauelementes.

[0020] In einer Weiterbildung des Verfahrens kann neben dem erfindungsgemäß hergestellten Bauelement ein weiteres Bauelement in das Erdreich eingebracht werden, wobei das weitere Bauelement gleiche Abmessungen wie das Bauelement aufweist und derart in das Erdreich eingebracht wird, dass von dem Erdreich ein Spitzendruck auf das weitere Bauelement wirkt. Nach dem Einbringen des weiteren Bauelements kann der Gesamtwiderstand des weiteren Bauelements bestimmt werden. Aus dem Gesamtwiderstand des weiteren Bauelementes und der Mantelreibung des Bauelementes kann der Spitzendruckwiderstand des weiteren Bauelementes ermittelt werden. Der Abstand des weiteren Bauelements von dem Bauelement kann dabei maximal so groß gewählt werden, dass das weitere Bauelement in einen Teil des Erdreichs eingebracht wird, dessen Charakteristik mit dem Teil des Erdreiches, in den das Bauelement eingebracht wurde, vergleichbar ist.

[0021] In einer Ausführungsform des Verfahrens kann das Einbringen des wasserlöslichen Materials in das Erdreich und das Einbringen des Bauelementes auf dem wasserlöslichen Material durch ein Tiefenrüttelverfahren erfolgen. Hierbei wird mittels eines Tiefenrüttlers ein Gründungsloch in das Erdreich eingearbeitet. Das wasserlösliche Material wird über eine Schleuse an der Spitze des Tiefenrüttlers in das Gründungsloch eingebracht und im Gründungsloch von dem Tiefenrüttler verdichtet. Das Bauelement wird nachfolgend ebenfalls durch die Schleuse des Tiefenrüttlers, beispielsweise in Form von Zement, Beton oder Kies, auf das Material eingebracht.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens kann das Einbringen des wasserlöslichen Materials in das Erdreich und das Einbringen des Bauelementes auf dem wasserlöslichen Material durch ein Vortreibrohrverfahren erfolgen. Hierbei wird ein Vortreibrohr in das Erdreich vorgetrieben bzw. gerammt, sodass ein Gründungsloch in das Erdreich eingearbeitet wird. Nach dem Erreichen einer Solltiefe wird das untere Ende des Vortreibrohres geöffnet, beispielsweise durch Kappen des Kopfendes oder Öffnen einer Schleuse. Das Vortreibrohr wird aus dem Erdreich herausgezogen. Parallel hierzu wird zunächst das wasserlösliche Material und nachfolgend das Gründungsmaterial durch das untere En-

de des Vortreibrohres in das Gründungsloch eingebracht.

[0023] In einer weiteren möglichen Ausführungsform des Verfahrens kann das Einbringen des wasserlöslichen Materials in das Erdreich und das Einbringen des Bauelementes auf dem wasserlöslichen Material in ein durch ein Bohrverfahren erzeugtes Bohrloch erfolgen. Hierbei wird ein Bohrwerkzeug in das Erdreich abgeteuft und nach Erreichen der Endposition wieder aus dem Erdreich herausgezogen. Das so entstehende Bohrloch kann während des Abteufens oder nach dem Herausziehen des Bohrwerkzeuges durch ein Stützrohr oder eine Stützflüssigkeit gesichert werden. Nachfolgend kann das Bauelement in das Bohrloch eingebracht werden.

[0024] In einer weiteren möglichen Ausführungsform des Verfahrens kann ein Gründungsloch in das Erdreich eingearbeitet werden und das wasserlösliche Material als ein wasserlösliches Positionierungselement von einem Boden des Gründungsloches bis zu einer Sollfüllhöhe eingefüllt werden. Hierdurch kann das Bauelement in einer definierten Höhe innerhalb des Gründungsloches positioniert werden. Zudem kann ein ausreichend großer Hohlraum unterhalb des Bauelementes nach dem Auflösen des wasserlöslichen Materials sichergestellt werden.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren kann analog für weitere vollverdrängende Verfahren, beispielsweise Stopfsäulen, für teilverdrängende Verfahren, zum Beispiel Teilverdrängungsbohrpfähle, für Bohrverfahren und für Mikropfähle angewendet werden.

[0026] In den folgenden Figurendarstellungen werden bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben. Dabei zeigt

Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes in einer ersten Ausführungsform,

- A) nach dem Abteufen einer Einfüllvorrichtung,
- B) nach dem Einbringen von wasserlöslichem Material in den Boden,
- C) nach dem Verdichten des wasserlöslichen Materials,
- D) während des Einbringens des Bauelementes auf dem wasserlöslichen Material,
- E) nach dem Herstellen des Bauelementes,
- F) nach dem Auflösen des wasserlöslichen Materials;

Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes in einer zweiten Ausführungsform,

- A) nach dem Abteufen einer Einfüllvorrichtung,
- B) nach dem Einbringen von wasserlöslichem Material in den Boden,
- C) während des Einbringens des Bauelementes auf dem wasserlöslichen Material,
- D) nach dem Herstellen des Bauelementes,
- E) nach dem Auflösen des wasserlöslichen Materials;

Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes in einer dritten Ausführungsform,

- A) nach dem Abteufen eines Bohrwerkzeuges,
- B) nach dem Entfernen des Bohrwerkzeuges,
- C) nach dem Einbringen von wasserlöslichem Material in den Boden,
- D) während des Einbringens des Bauelementes auf dem wasserlöslichen Material,
- E) nach dem Herstellen des Bauelementes,
- F) nach dem Auflösen des wasserlöslichen Materials.

[0027] Eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in den **Fig. 1 A** bis **Fig. 1F**, die im Folgenden gemeinsam beschrieben werden, dargestellt. In dem ersten Prozessschritt **V1** des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mit einem Bodenverdränger **1**, beispielsweise einem Tiefenrüttler, ein Gründungsloch **2** in ein Erdreich **3** eingearbeitet. Das Gründungsloch **2** weist dabei eine Solltiefe **T1** auf. Die Breite **B2** des Gründungslochs **2** entspricht im dargestellten Fall weitgehend der Breite **B1** des Bodenverdrängers **1**. Es ist auch denkbar, insbesondere falls als Bodenverdränger **1** ein Tiefenrüttler eingesetzt wird, dass die Breite **B2** des Gründungslochs **2** größer als die Breite **B1** des Bodenverdrängers **1** ist.

[0028] Nachdem die Solltiefe **T1** von dem Bodenverdränger **1** erreicht wurde, wird in einem zweiten Prozessschritt **V2** der Bodenverdränger **1** um die Soll-Füllhöhe **H1** aus dem Erdreich **3** herausbewegt. Parallel hierzu wird durch eine nicht dargestellte Schleuse am Kopf des Bodenverdrängers **1** ein wasserlösliches Material **4**, beispielsweise Steinsalz, in die entstandene Kammer **6** eingebracht. Dies kann entweder alleine durch die Gewichtskraft des wasserlöslichen Materials **4** oder aber zusätzlich durch die Unterstützung von Druckluft erfolgen.

[0029] In einem optional nachfolgenden Prozessschritt **V3** wird das wasserlösliche Material **4** durch das Auf- und Abbewegen des Bodenverdrängers **1** in das Erdreich **3** gedrückt bzw. gestopft und unter der Zufuhr weiteren wasserlöslichen Materials **4** verdichtet. Das wasserlösliche Material **4** bildet am Boden

des Gründungsloches **2** einen stabilen Körper **5**, auf dem ein darauf herzustellendes Bauelemente **8** temporär abgestützt bzw. positioniert werden kann. Insofern kann das wasserlösliche Material **4** in diesem Zustand auch als Stützkörper oder Positionierungselement **5** bezeichnet werden. Durch das Verdichten kommt es zu einem Aufweiten der Kammer **6** in einer Richtung senkrecht zu der Bewegung des Bodenverdrängers **1**, sodass eine geweitete Kammer **6'** entsteht, die von dem Positionierungselement **5** vollständig ausgefüllt ist. Durch die Aufweitung weist die geweitete Kammer **6'** eine Breite **B2'** auf, die größer ist als die Breite **B2** des Gründungslochs **2**, und gleichzeitig die Breite des Positionierungselementes **5** darstellt. Die geweitete Kammer **6'** bzw. das Positionierungselement **5** weist zudem die Ist-Füllhöhe **H1'** auf, die je nach Ausgestaltung des Verdichtens ebenfalls von der Soll-Füllhöhe **H1** abweichen oder aber mit der Soll-Füllhöhe **H1** gleich sein kann.

[0030] In dem nachfolgenden Prozessschritt **V4** wird der Bodenverdränger **1** angehoben, in den so entstehenden Hohlraum oberhalb des wasserlöslichen Materials **4** wird durch die zuvor erwähnte Schleuse am Kopf des Bodenverdrängers **1** das Gründungsmaterial **7** des herzustellenden Bauelementes **8**, beispielsweise Zement, Beton und/oder Kies, in das Gründungsloch **2** auf dem wasserlöslichen Material **4** bzw. dem Stützkörper **5** eingebracht und das Gründungsmaterial **7** durch Auf- und Ab-Bewegen des Bodenverdrängers **1** verdichtet. Das Vorgehen wird so lange wiederholt bis das Gründungsloch **2** bis zu einer Sollhöhe **H2**, in dem vorliegenden Fall bis zur Erdoberfläche, mit dem Gründungsmaterial **7** gefüllt und das Bauelement **8** ausgebildet ist. Das Bauelement **8** weist dabei am unteren Ende, dem Fuß, eine Breite **B3** auf, die im vorliegenden Fall weitgehend der Breite **B2** des Gründungslochs **2** entspricht. Es ist allerdings auch denkbar, dass die Breite **B3** auf Grund des Stopfens des Gründungsmaterials größer ist als die ursprüngliche Breite **B2** des Gründungslochs **2**. Die Breite **B3** am Fuß des Bauelementes **8** ist im vorliegenden Fall kleiner als die Breite **B2'** des Positionierungselementes **5** bzw. der hiervon ausgefüllten Kammer **6'**. Somit ist sichergestellt, dass das Bauelement **8** an dem unteren Ende vollständig auf dem wasserlöslichen Material **4** aufliegt. Denkbar ist allerdings auch, dass die Breite **B3** am Fuß des Bauelementes **8** gleich der Breite **B2'** des Positionierungselementes **5** bzw. der hiervon ausgefüllten Kammer **6'** ist.

[0031] Nachfolgend wird in dem Prozessschritt **V5** eine Ruhezeit eingehalten, bevor das Bauelement **8** eine signifikante äußere Belastung erfährt. Hiermit ist insbesondere gemeint, dass das Bauelement **8** mit weniger als 10 % seiner Tragfähigkeit belastet wird. In dieser Zeit wird durch den Feuchtegehalt des Erdreiches **3** im Bereich der geweiteten Kammer **6'** das wasserlösliche Material **4** bzw. der Stützkörper **5**

nach und nach gelöst. Die Ruhezeit wird dabei so gewählt, dass sich an dem Ende der Ruhezeit das wasserlösliche Material **4** so gelöst hat, im vorliegenden Fall vollständig gelöst hat, dass ein Hohlraum unterhalb des Bauelementes **8** gebildet ist.

[0032] In einem abschließenden Prozessschritt **V6** kann dann das Bauelement **8** mit einer Kraft **F** beaufschlagt werden, wobei das Bauelement **8** nur durch die Mantelreibung zwischen der Mantelfläche des Bauelementes **8** und dem Erdreich **3** getragen wird. Ein Spitzendruck kann auf Grund der zumindest teilweise leeren Kammer **6'** unterhalb des Bauelementes **8** der Kraft **F** nicht entgegen wirken. Die Kraft **F** kann beispielsweise durch ein Gebäude, das von dem Bauelement getragen werden soll, resultieren oder aber für Tragfähigkeitsuntersuchung des Bauelementes, insbesondere der Mantelreibung, mechanisch oder hydraulisch aufgebracht werden.

[0033] Alternativ kann das Tiefenrüttelverfahren derart ausgestaltet sein, dass der Verfahrensschritt **V3** mit dem Verdichten des wasserlöslichen Materials **4** und das Verdichten des Gründungsmaterials **7** in Verfahrensschritt **4a** entfallen.

[0034] Durch den Entfall des Verdichtens des wasserlöslichen Materials **4** in und des Gründungsmaterials **7** kann das alternative Tiefenrüttelverfahren für die zeiteffiziente Herstellung einfacher Bauelemente verwendet werden. Durch das fehlende Verdichten des wasserlöslichen Materials **4** entspricht die Breite **B3** am Fuß des Bauelementes **8** der Breite **B2** des wasserlöslichen Materials **4** bzw. des nach dem Auflösen hierdurch gebildeten Hohlraums. Damit die Belastung von der Gewichtskraft des Bauelementes **8** auf das wasserlösliche Material **4**, insbesondere direkt nach dem Einfüllen des Gründungsmaterials **7** in das Gründungsloch **2**, nicht zu einem ungewollten hohen Verdichten des wasserlöslichen Materials **4** und einem Absacken des Bauelementes **8** führt, kann die Beschaffenheit des wasserlöslichen Materials **4** derart gewählt werden, dass schon mit dem Einfüllen des wasserlöslichen Materials **4** eine hohe Schüttdichte des wasserlöslichen Materials **4** erreicht wird. Dies kann beispielsweise durch eine feine Körnung und durch hohe Rieselfähigkeit des wasserlöslichen Materials **4** erreicht werden.

[0035] In den **Fig. 2A** bis **Fig. 2E**, die im Folgenden gemeinsam beschrieben werden, wird eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes gezeigt. In einem ersten Prozessschritt **V1a** wird ein Vortreibrohr **12** mit einer Breite **B5** bis zu einer Solltiefe **T1** in das Erdreich **3** eingerammt, so dass ein Gründungsloch **2** gebildet wird, das eine Breite **B2** aufweist. In einem nachfolgenden Prozessschritt **V2a** wird durch die Seele des Vortriebsrohres **12** das wasserlösliche Material **4** über eine nicht

dargestellte Schleuse des Vortriebsrohres **12** in das Gründungsloch **2** eingefüllt und das Vortreibrohr **12** aus dem Erdreich **3** herausgezogen. Nachdem das wasserlösliche Material **4** bis zu einer Füllhöhe **H1** eingebracht wurde, wird in einem weiteren Prozessschritt **V4a** durch die Seele des Vortriebsrohres **12** das Gründungsmaterial **7** in das Gründungsloch **2** eingefüllt und das Vortreibrohr **12** aus dem Erdreich **3** weiter herausgezogen. Nach dem Erreichen der Sollhöhe **H2** wird das Vortreibrohr **12** aus dem Gründungsloch **2** vollständig entfernt. Aus dem eingebrachten Gründungsmaterial **7** wird somit das Bauelement **8** gebildet, das eine Breite **B3** aufweist, die gleich der Breite **B2** des Gründungslochs **2** ist. In einem nachfolgenden Prozessschritt **V5** folgt analog zu der ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Ruhezeit, bevor das Bauelement **8** eine signifikante Belastung erfährt. Abschließend kann in einem Verfahrensschritt **V6**, wie schon zuvor erläutert, das Bauelement **8** mit einer Kraft **F** belastet werden.

[0036] In den **Fig. 3A** bis **Fig. 3F**, die im Folgenden gemeinsam beschrieben werden, ist eine dritte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens für die Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes dargestellt. In dem Verfahrensschritt **V1b** wird mittels eines Bohrwerkzeuges **9** mit der Breite **B4** ein Gründungsloch **2** mit einer Breite **B2** in das Erdreich **3** bis zu einer Solltiefe **T1** gebohrt. In der Regel sind bei Bohrverfahren die Breite **B2** und die Breite **B4** identisch, das heißt es kommt zu keiner signifikanten Verdrängung des Erdreiches sondern Material wird aus dem Erdreich herausgefördert. Parallel zu dem Bohrvorgang wird ein Stützrohr **10** bis unterhalb einer Soll-Füllhöhe **H1** vom Boden des Gründungslochs **2** in das Gründungsloch **2** eingeführt. Das Stützrohr **10** verhindert, dass während des Einbringens des wasserlöslichen Materials **4** und des Gründungsmaterials **7** in das Gründungsloch **2** die Mantelfläche des Gründungslochs **2** beschädigt wird, insbesondere Erdreich mit in das Gründungsloch **2** gerissen wird. Es ist auch denkbar, dass auf ein derartiges Stützrohr **10** verzichtet wird. Hierbei kann entweder vollständig auf eine Abstützung des Gründungsloches **2** verzichtet werden oder aber anstelle des Stützrohres **10** eine Stützflüssigkeit in das Gründungsloch **2** eingebracht werden. In einem nachgelagerten Verfahrensschritt **V1b'** wird das Bohrwerkzeug **9** aus dem Gründungsloch **2** herausgezogen und entfernt. Das Stützrohr **10** verbleibt zunächst in dem Gründungsloch **2**.

[0037] Nachfolgend wird in dem Verfahrensschritt **V2b** ein Schüttrohr **11** in das Gründungsloch **2** eingeführt, das am oberen Ende ein Trichterelement aufweist, das in einem Führungsrohr mündet, welches einen kleineren Durchmesser als die Breite **B2** des Gründungslochs **2** aufweist. Durch das Schüttrohr **11** wird das wasserlösliche Material **4** bis zu der Soll-Füllhöhe **H1** eingefüllt. Es ist allerdings auch denkbar, dass auf das Schüttrohr **11** verzichtet wird

und stattdessen das wasserlösliche Material **4** direkt von dem oberen Rand des Gründungslochs **2** in das Gründungsloch **2** geschüttet wird. Nachfolgend wird in Verfahrensschritt **V4b** das Gründungsmaterial **7** oberhalb des wasserlöslichen Materials **4** in das Gründungsloch **2** über das Schüttrohr **11** eingebracht, bis die gewünschte Sollhöhe **H2** oberhalb des wasserlöslichen Materials **4** erreicht wird. Das Stützrohr **10** und das Schüttrohr **11** werden dabei stetig aus dem Gründungsloch **2** herausgezogen. Dies kann entweder parallel oder sequenziell erfolgen, wobei das Stützrohr **10** stets unterhalb einer aktuellen Füllhöhe geführt werden kann. Erfolgt das Einbringen des Gründungsmaterials **7** oberhalb des Grundwasserspiegels, so kann das Schüttrohr **11** stets oberhalb des eingefüllten Gründungsmaterials **7** geführt werden. Erfolgt das Einbringen des Gründungsmaterials **7** unterhalb des Grundwasserspiegels, so kann als Schüttrohr **11** ein Kontraktrohr verwendet werden und so geführt werden, dass der Auslass des Kontaktrohres stets in dem Gründungsmaterial **7** eingetaucht ist. Hiermit wird erreicht, dass es zu keiner Durchmischung des Gründungsmaterials **7** mit dem Grundwasser kommt. Es ist allerdings auch denkbar, dass auf ein Schüttrohr **11** verzichtet wird und stattdessen das Gründungsmaterial **7** direkt von dem oberen Rand des Gründungslochs **2** in das Gründungsloch **2** geschüttet wird.

[0038] In einem Verfahrensschritt **V5** werden das Stützrohr **10** und das Schüttrohr **11** aus dem Gründungsloch **2** entfernt und analog zu der Vorgehensweise der zuvor beiden genannten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Ruhezeit eingehalten, bevor das Bauelement **8** eine signifikante äußere Belastung erfährt. Abschließend kann in einem Verfahrensschritt **V6**, wie schon zuvor erläutert, das Bauelement **8** mit einer Kraft F belastet werden.

Bezugszeichenliste

1	Bodenverdränger
2	Gründungsloch
3	Erdreich
4	wasserlösliches Material
5	Positionierungselement
6, 6'	Kammer
7	Gründungsmaterial
8	Bauelement
9	Bohrwerkzeug
10	Stützrohr
11	Schüttrohr
12	Vortriebsrohr

B	Breite
H	Höhe
T	Tiefe

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines spitzendruckfreien Bauelementes, umfassend die Schritte:
Einbringen eines wasserlöslichen Materials (4) in ein Erdreich (3) und
Einbringen eines Bauelementes (8) in das Erdreich auf dem wasserlöslichen Material (4).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als wasserlösliches Material (4) ein Material mit einer Löslichkeit in Wasser von zumindest 33g/l Wasser, insbesondere von zumindest 100g/l Wasser, gewählt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Einbringen des Bauelementes (8) eine Ruhezeit eingehalten wird, bevor das Bauelement (8) eine signifikante äußere Belastung (F) erfährt, wobei sich das wasserlösliche Material (4) während der Ruhezeit zumindest teilweise auflöst, sodass unter dem Bauelement (8) ein Hohlraum entsteht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ruhezeit in Abhängigkeit der Wasserlöslichkeit des wasserlöslichen Materials (4) und/oder eines Feuchtegehaltes des Erdreiches (3) eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Ruhezeit zumindest 4 Tage, insbesondere zumindest 10 Tage, insbesondere zumindest 20 Tage, gewählt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Gründungsloch (2) in das Erdreich (3) eingearbeitet wird und dass das wasserlösliche Material (4) als ein wasserlösliches Positionierungselement (5) von einem Boden des Gründungsloches (2) bis zu einer Sollfüllhöhe ($H1$) eingefüllt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor oder während des Einbringens des Bauelementes (8) das wasserlösliche Material (4) verdichtet wird, insbesondere derart, dass die Festigkeit und/oder die Steifigkeit des wasserlöslichen Materials (4) zumindest dem Produkt aus der Höhe ($H2$) des Bauelementes (8) und dem spezifischen Gewicht des Bauelementes (8) unmittelbar nach dem Einbringen des Bauelementes (8) entspricht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wasserlösliche Material (4) derart verdichtet wird, dass eine Breite (B2') des wasserlöslichen Materials (4) gleich oder größer ist als eine Breite (B3) des darauf zu erstellenden Bauelementes (8).

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wasserlösliche Material (4) derart verdichtet wird, dass eine Höhe (H1') des wasserlöslichen Materials (4) maximal der einfachen Breite (B3) des Bauelementes (8), insbesondere maximal der halben Breite (B3) des Bauelementes (8), entspricht.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wasserlösliche Material (4) aus der Gruppe der Salze, der Gruppe der Zuckerarten oder der Gruppe der Säuren gewählt wird und/oder Zellstoff enthält.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem wasserlöslichen Material (4) zumindest eines der Mikroelemente Zink, Mangan, Eisen, Selen und Kupfer beigelegt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass als wasserlösliches Material (4) ein Material, das im vollständig in Wasser gelösten Zustand einen pH-Wert von zumindest 6,0, insbesondere von zumindest 6,5, insbesondere von zumindest 6,8, und maximal 8,0, insbesondere maximal 7,5, insbesondere maximal 7,2, aufweist, gewählt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem wasserlöslichen Material (4) vor dem Einbringen des Bauelementes (8) Wasser beigelegt wird, insbesondere derart, dass Hohlräume des wasserlöslichen Materials (4) mit Wasser ausgefüllt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einbringen des wasserlöslichen Materials (4) in das Erdreich (3) und das Einbringen des Bauelementes (8) auf dem wasserlöslichen Material (4) durch ein Tiefenrüttelverfahren erfolgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einbringen des wasserlöslichen Materials (4) in das Erdreich (3) und das Einbringen des Bauelementes (8) auf dem wasserlöslichen Material (4) durch ein Vortreibrohrverfahren erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einbringen des wasserlöslichen Materials (4) in das Erdreich (3) und

das Einbringen des Bauelementes (8) auf dem wasserlöslichen Material (4) in ein durch ein Bohrverfahren erzeugtes Bohrloch erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Einbringen des Bauelementes (8) die Mantelreibung des Bauelementes (8) bestimmt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass neben dem Bauelement (8) ein weiteres Bauelement in das Erdreich (3) eingebracht wird, wobei das weitere Bauelement gleiche Abmessungen wie das Bauelement (8) aufweist und derart in das Erdreich (3) eingebracht wird, dass von dem Erdreich (3) ein Spitzendruck auf das weitere Bauelement wirkt; und dass nach dem Einbringen des weiteren Bauelementes der Gesamtwiderstand des weiteren Bauelementes bestimmt wird, und dass aus dem Gesamtwiderstand des weiteren Bauelementes und der Mantelreibung des Bauelementes der Spitzendruckwiderstand des weiteren Bauelementes ermittelt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

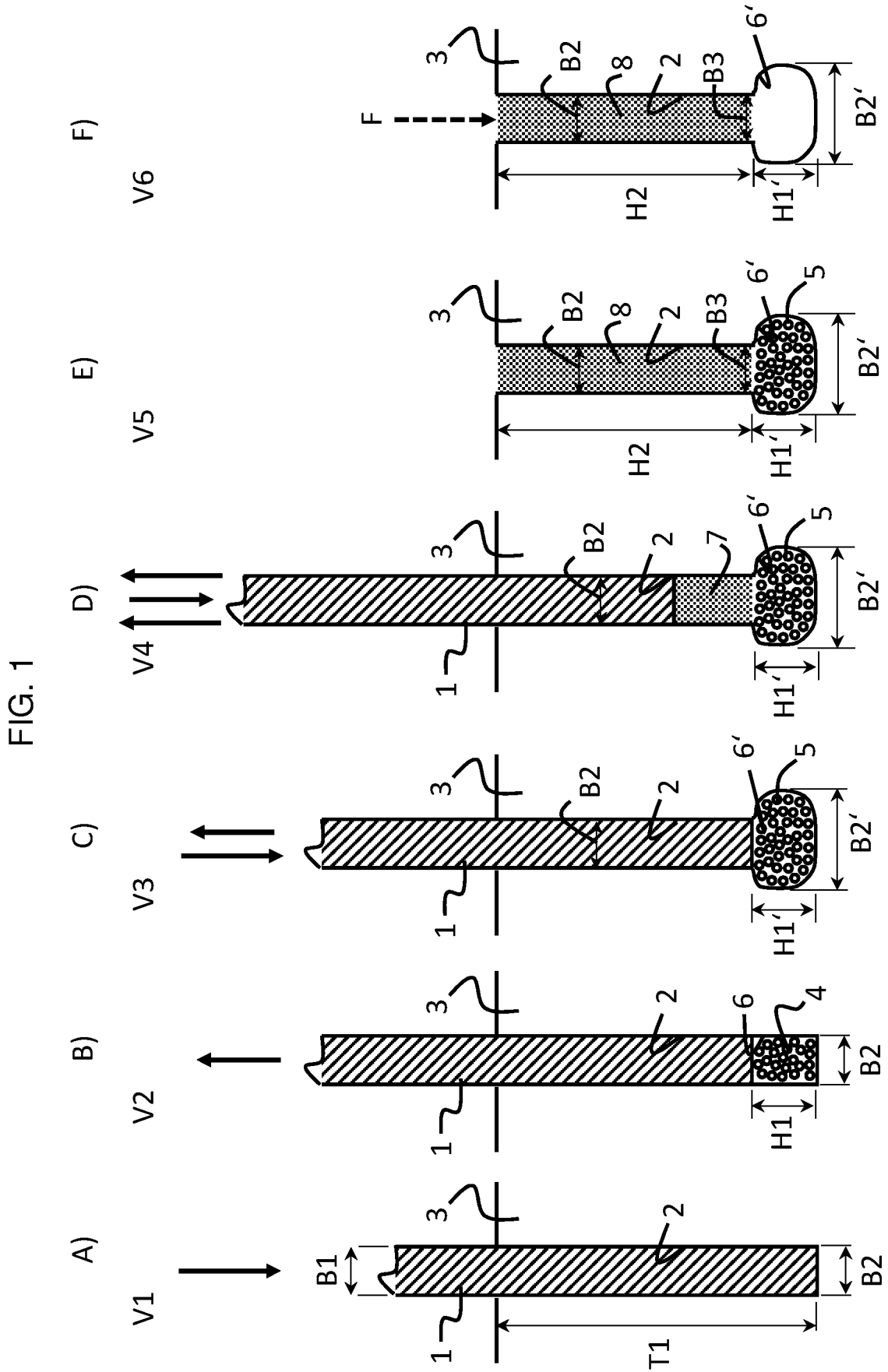


FIG. 2

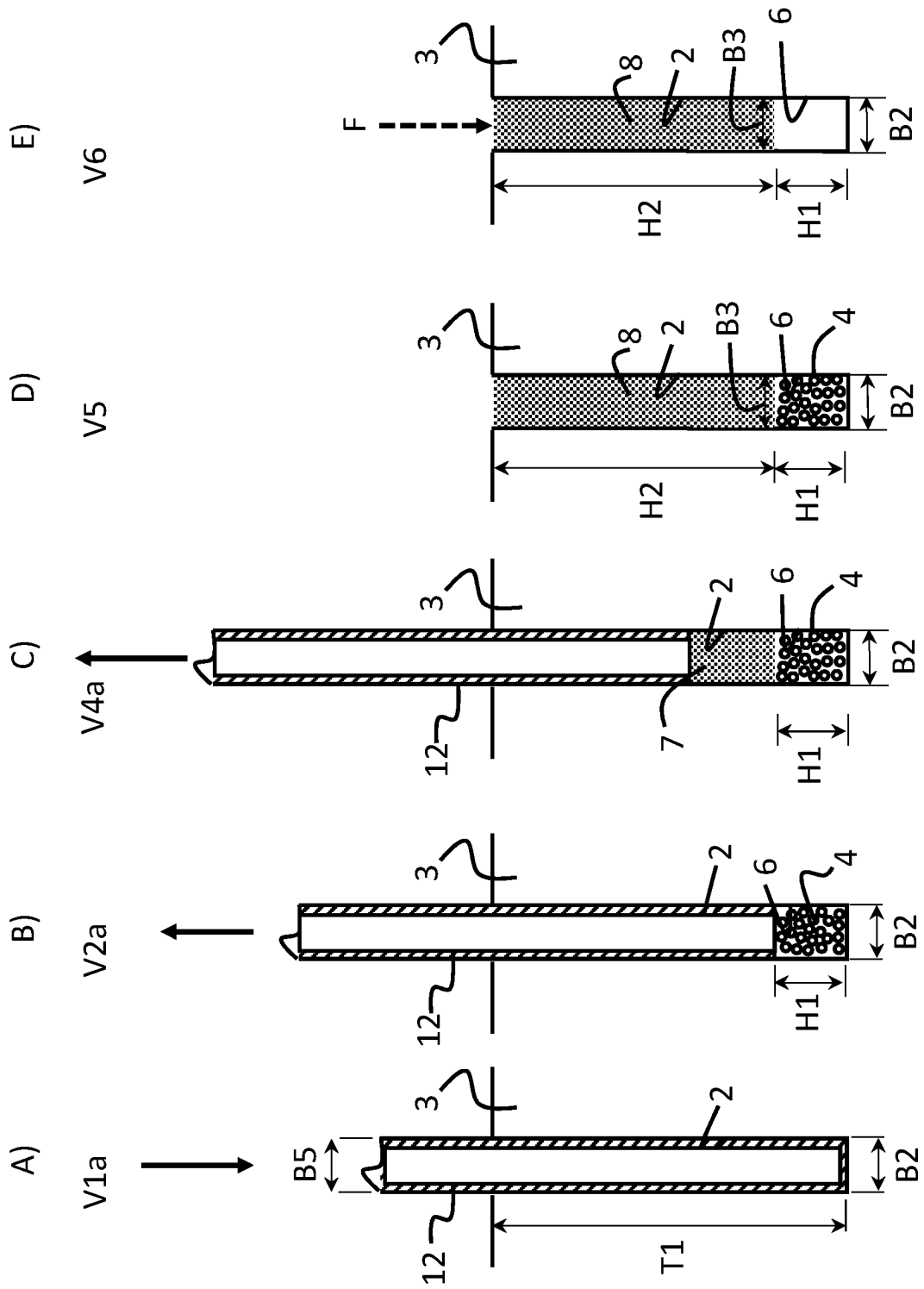


FIG. 3

