

(19)



(11)

EP 3 656 926 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.05.2020 Patentblatt 2020/22

(51) Int Cl.:
E02D 3/12 (2006.01) E02D 35/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18207351.0**

(22) Anmeldetag: **20.11.2018**

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

(72) Erfinder: **Otterbein, Reiner**
58093 Hagen (DE)

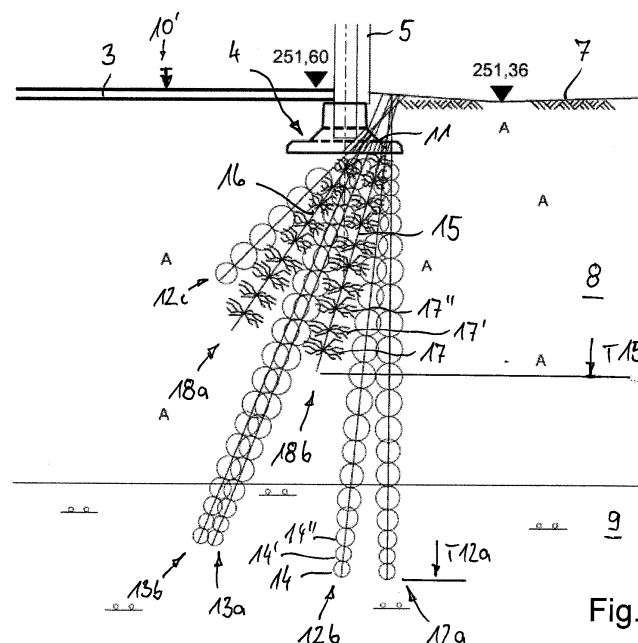
(74) Vertreter: **Neumann Müller Oberwalleney & Partner**
Patentanwälte
Overstolzenstraße 2a
50677 Köln (DE)

(71) Anmelder: **Keller Holding GmbH**
63067 Offenbach/Main (DE)

(54) VERFAHREN ZUR STABILISIERUNG UND ANHEBUNG VON BAUWERKEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung von Bauwerken, umfassend: Durchführung von Verdichtungsinjektionen unterhalb des Bauwerks (2) durch Einpressen eines Injektionsmittels in den Boden (8, 9) zur Herstellung einer Reihe von einzelnen, übereinanderliegenden Injektionskörpern (14, 14', 14''), die gemeinsam jeweils ein Stabilisierungselement (12, 13) bilden; Durchführung von Aufbrechinjektionen unterhalb des Bauwerks (2) mittels zumindest eines in den Boden (8) eingebrachten Aufbrech-Injektionsrohres (15, 16),

das bis in eine Tiefe (T15, T16) von mindestens einem Viertel der Tiefe (T12a) des längsten Stabilisierungselements (12, 13) in den Boden eingebracht wird, wobei die Aufbrechinjektionen - im Horizontalschnitt betrachtet - in Bodenbereichen zwischen zwei oder mehr Stabilisierungselementen (12, 13) durchgeführt und durch Einpressen einer Suspension in verschiedenen Tiefen vorgenommen werden, derart, dass die Aufbrechinjektionen mit den Stabilisierungselementen (12, 13) zumindest teilweise eine Überdeckung haben.

**Fig. 2B****EP 3 656 926 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung und gesteuerten Anhebung von Bauwerken und Bauteilen.

[0002] Aus der DE 41 37 359 A1 ist ein Verfahren zur Sicherung von Bauwerken gegen Baugrundbewegungen aufgrund einer mobilen Erdstufe bekannt, die zwischen einem ruhenden Baugrundblock und einem absackenden Baugrundblock eine Versatzflanke ausbildet. Dabei wird im Boden im Abstand unterhalb des zu sichernden Bauwerks mittels Injizieren einer Bindemittelsuspension eine als Stabilisierungsschicht dienende Widerlagerzone ausgebildet. Unterhalb der Widerlagerzone wird eine kraftschlüssig mit dieser verbundene Volumenersatzzone zum Ausgleich von aufgetretenen oder zu erwartenden Senkungen ausgebildet. Die Volumenersatzzone wird durch Injizieren unterschiedlicher Bindemittelsuspensionen gebildet. Die Injektion der Bindemittelsuspension erfolgt über ein- oder mehrdimensional im Boden angeordnete, sich fächerartig erstreckende Ventilrohre. In Abhängigkeit von durchgeführten Senkungs- und/oder Neigungsmessungen werden weitere Kraftschluss- bzw. Volumennachführinjektionen in der Volumenersatzzone durchgeführt.

[0003] Aus der RU 2603783 ist ein Verfahren zur Sicherung von Bauwerken bekannt. Hierfür werden erste Schichten in den Boden injiziert, mittels einer Suspension mit einer hohen Durchlässigkeit mit einem Mikrozement, sowie mehrere zweite Schichten, die zwischen den ersten Schichten liegen und die mittels einer Suspension mit einer geringeren Durchlässigkeit erzeugt werden.

[0004] Aus dem Prospekt 61-02 D der Anmelderin ist ein Injektionsverfahren zur Sicherung von Bauwerken bekannt, das auch von der Anmelderin auch unter dem Markennamen Soilfrac-Verfahren vermarktet wird. Bei diesem Verfahren werden im Boden Fließwege geöffnet (Frac) in die das Injektionsgut eindringt und erhärtet. Durch mehrmalige Einwirkung kann eine große Bandbreite an Boden verbessert und es können Hebungen eingeleitet werden. In den zu behandelnden Baugrund werden Ventilrohre eingebaut. In dem Ringraum zwischen Bohrlochwand und Ventilrohr wird eine erhärtende Suspension (Mantelmischung) eingefüllt. Zum Einpressen der Soilfrac-Suspension wird in das Ventilrohr ein Injektionsschlauch eingeführt. An dessen unterem Ende ist ein Doppelpacker befestigt, der das Ventilrohr ober- und unterhalb des Ventils abdichtet und so die Verpressung von einzelnen Ventilstufen ermöglicht. Die einzelnen Ventilstufen werden je nach Bauaufgabe einmal oder mehrmals verpresst. Dazu ist die Injektionsmenge, der maximale Injektionsdruck und bei Wiederholung die Erhärtungspause nach Vorgabe einzuhalten. Ventilrohre können über lange Zeiträume betriebsbereit gehalten werden.

[0005] Aus dem Prospekt 66-01 D der Anmelderin ist ein Verfahren zur Verdichtungsinjektion (Compaction Grouting) zur Gründungssanierung bei setzungsgefähr-

deten Bauwerken bekannt.

[0006] Unter gewissen Randbedingungen wie Geometrie oder Art des Baukörpers sowie auch der geologischen Situation sind beide Verfahren nur noch beschränkt oder gar nicht mehr einsetzbar. Eine gezielte Anhebung von Bauteilen ist kaum steuerbar beziehungsweise der Aufwand wird durch undefinierte Spannungserzeugung innerhalb der Verfestigungsbereiche unwirtschaftlich. Gerade in besonders weichen Bodenschichtungen ist der zeitliche und technische Aufwand (Injektionsaufwand) kaum erreichbar und gezielte Rückstellungen damit nicht sicher ausführbar.

[0007] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Stabilisierung beziehungsweise gesteuerten Anhebung von Bauwerken vorzuschlagen, das insbesondere in weichen Böden eine gezielte Anhebung und gegebenenfalls auch nachträgliche Kompensation von Bodenveränderungen ermöglicht.

[0008] Zur Lösung wird ein Verfahren zur Stabilisierung von Bauwerken vorgeschlagen, umfassend: Durchführung von Verdichtungsinjektionen unterhalb des Bauwerks jeweils durch Abteufen eines Injektionsrohres und Einpressen eines Injektionsmittels in den Boden, wobei eine Reihe von einzelnen, übereinanderliegenden Injektionskörpern hergestellt wird, die gemeinsam jeweils ein Stabilisierungselement bilden; Durchführung von Aufbrechinjektionen unterhalb des Bauwerks mittels zumindest eines in den Boden eingebrachten Aufbrech-Injektionsrohres, das bis in eine Tiefe von mindestens einem Viertel der Tiefe des längsten Stabilisierungselements in den Boden eingebracht wird; wobei die Aufbrechinjektionen - im Horizontalschnitt betrachtet - in Bodenbereichen zwischen zwei oder mehr Stabilisierungselementen durchgeführt werden; und wobei die Aufbrechinjektionen durch Einpressen einer Suspension in verschiedenen Tiefen vorgenommen werden, derart, dass die mittels Aufbrechinjektionen hergestellten Aufbrechinjektionskörper mit den Stabilisierungselementen in Tiefenrichtung eine Überdeckung von mindestens einem Viertel des längsten Stabilisierungselements haben.

[0009] Ein Vorteil des beschriebenen Verfahrens ist, dass durch die mittels Verdichtungsinjektionen hergestellten Stabilisierungselemente bereits eine Stabilisierungsstruktur im Boden besteht, wenn anschließend Aufbrechinjektionen mittels Suspension in überdeckenden Tiefenbereichen durchgeführt werden. Dabei wirken beide Verfahren, Verdichtungsinjektionen einerseits und Aufbrechinjektionen andererseits, in günstiger Weise zusammen. Die zuerst eingebrachten Verdichtungsinjektionen, welche insofern auch als Primärinjektionen bezeichnet werden können, bewirken eine großvolumige Verspannung und Vorstabilisierung des vorher entspannten oder nur unzureichend tragfähigen Bodens. Die nachfolgenden Aufbrechinjektionen, die insofern auch als Sekundärinjektionen bezeichnet werden können, nutzen die bereits vorher aufgebaute Vorspannung des Bodens für weitere Hebungsinjektionen. Durch die zumindest teilweise Überdeckung in Tiefenrichtung be-

ziehungsweise vertikale Richtung zwischen den Aufbrechinjektionen und den vorher mittels Verdichtungsinjektionen in den Boden eingebrachten Stabilisierungselementen wird insbesondere eine unkontrollierte seitliche Suspensionsabwanderung verhindert, da die Stabilisierungselemente eine Barriere beim Einbringen der Suspension bilden. Nach dem Erstarren der Suspension wirken die hiermit hergestellten Aufbrechinjektionskörper und die vormals hergestellten Stabilisierungselemente funktional parallel, das heißt das Bauwerk stützt sich auf beiden Körperstrukturen gleichzeitig ab. Es versteht sich, dass die beschriebenen Schritte, dass die Aufbrechinjektionen - im Horizontalschnitt betrachtet - in Bodenbereichen zwischen zwei oder mehr Stabilisierungselementen durchgeführt werden und, dass die Aufbrechinjektionen bis in eine Tiefe von mindestens einem Viertel des längsten Stabilisierungselements erstellt werden, nur für eine Teilzahl, insbesondere eine Mehrzahl der Aufbrechinjektionen, gegebenenfalls auch für alle Aufbrechinjektionen gelten kann.

[0010] Das für die Verdichtungsinjektionen verwendete Injektionsmittel hat beim Einpressen eine größere Steifheit, Pastösität und/oder Viskosität, als die Suspension für die Aufbrechinjektionen. So werden mittels der Verdichtungsinjektionen kompakte Stabilisierungselemente erzeugt, während mit den Aufbrechinjektionen lamellenartige Strukturen im Boden hergestellt werden.

[0011] Vorzugsweise werden die Aufbrechinjektionen mittels mehrerer Aufbrech-Injektionsrohre durchgeführt, die in den Boden eingebracht werden und dort verbleiben. Diese im Boden verbleibenden Rohre können auch als Manschettenrohre oder Ventilrohre bezeichnet werden. Je nach Erfordernis können im Rahmen der Aufbrechinjektionen mehrere Injektionsdurchgänge über das Rohrsystem an die örtliche Situation angepasst und wiederholt werden. So kann die gewünschte Höhe beziehungsweise Neigung des Bauwerks gezielt eingestellt werden, was auch nachträglich weiterhin möglich bleibt. Dabei können erforderliche Anhebungen nach kurzer Zeit individuell über einzelne Stufen der Aufbrech-Injektionsrohre beziehungsweise Manschettenrohre unmittelbar beim Injizieren fein gesteuert werden. Die Aufbrechinjektionen können bei Bedarf aber auch im Nachgang, beispielsweise nach mehreren Jahren, wiederholt werden, um weitere Anhebungen zu erzeugen. Die positive Wirkungsweise zeigt sich insbesondere bei bindigen oder auch sehr weichen oder lockeren Böden, in denen die Gefahr von unkontrollierten Suspensionsabwanderungen gegeben ist. Zusätzlich kann das Verfahren auch zielgerichtet bei kleinen oder instabilen Gründungskörpern angewendet werden.

[0012] Als Verdichtungsinjektion wird im Rahmen dieser Offenbarung, wie auch nach allgemeinen technischen Verständnis, ein Injektionsverfahren mit Verdrängung des Baugrundes verstanden, mit dem Zweck, ein Injektionsmittel mit hoher innerer Reibung in den Boden zu pressen, um den Boden zu verdichten ohne ihn aufzubrechen. Das unter hohem Druck eingebrachte, ins-

besondere pastöse Injektionsmittel verdrängt den anstehenden Boden und verdichtet ihn dabei. Die innere Reibung des Injektionsmittels gewährleistet, dass ein kompakter Injektionskörper im Boden entsteht.

[0013] Als Injektionsmittel für die Verdichtungsinjektionen kann beispielsweise ein Mörtel oder ein anderes pastöses Dickmittel verwendet werden. Das verwendete Injektionsmittel hat im Verarbeitungszustand eine verhältnismäßig hohe Steifigkeit beziehungsweise hohe Viskosität, was auch mit pastös bezeichnet wird. Vorzugsweise ist die Steifheit des Injektionsmittels gleich groß oder größer, als die von Frischbeton des Konsistenzbereichs plastisch, das heißt plastisch, steif oder sehr steif. Die zugehörigen Ausbreitmaßklassen für den Konsistenzbereich von Frischbeton nach DIN 1045 lauten F2 oder kleiner (F1), die zugehörigen Verdichtungsmaßklassen sind C2 oder kleiner (C1, C0). Vorzugsweise wird ein Injektionsmittel mit einem Wasserfeststoffwert von kleiner 0,6 verwendet. Dabei bezeichnet der Wasserfeststoffwert das Mischungsverhältnis von Wasser zu Feststoff, wobei der Feststoff insbesondere Mörtel oder ein anderer Dickstoff sein kann, wie oben erwähnt.

[0014] Unter Aufbrechinjektionsverfahren wird im Rahmen der vorliegenden Offenbarung, wie auch nach allgemeinen technischen Verständnis, ein Injektionsverfahren verstanden, bei dem eine Suspension mit verhältnismäßig geringer Viskosität in den Boden eingepresst werden. Dieses Verfahren wird von der Anmelderin auch unter der Bezeichnung Soilfrac-Verfahren vermarktet. Dabei wird der Boden aufgebrochen und es entstehen skelettartige Verästelungen beziehungsweise lamellenförmige Strukturen. Die Volumenzunahme bewirkt dabei eine entsprechende Konsolidation im Boden, welche die Bodenstruktur verdichtet und den Porenraum verringert. Die für die Aufbrechinjektionen verwendete Suspension hat einen Wasserbindemittelwert (Mischungsverhältnis von Wasser zu Bindemittel) von vorzugsweise größer als 0,8. Als Bindemittel kann beispielsweise Zement, Steinmehl, Dämmen und/oder Bentonit verwendet werden. Optional können der die Suspension Erstarrungsbeschleuniger wie Wasserglas oder andere Silikate hinzugefügt werden.

[0015] Die Verdichtungsinjektionen können in mehreren Reihen und/oder Ebenen durchgeführt werden. Dabei können die Reihen beziehungsweise Ebenen parallel und/oder winklig zueinander verlaufen. Die Reihen und/oder Ebenen verlaufen vorzugsweise zumindest größtenteils unterhalb des abzustützenden Bauwerks. Nach einer möglichen Verfahrensführung wird zumindest eine Teilzahl der Verdichtungsinjektionen derart durchgeführt, dass die damit hergestellten Stabilisierungselemente relativ zu einer Vertikalachse einen Winkel von 0° bis 80°, insbesondere von 0° bis 60°, vorzugsweise von 0° bis 45° einschließen.

[0016] Nach einer bevorzugten Ausführungsform werden die Verdichtungsinjektionen entlang eines Randbereichs des Bauwerks beziehungsweise eines Fundaments des Bauwerks durchgeführt, so dass die mittels

Verdichtungsinjektionen hergestellten Stabilisierungselemente eine begrenzende Struktur im Boden unterhalb des Randbereichs des Bauwerks bilden. Hierdurch wird eine besonders gute Vorstabilisierung beziehungsweise Struktur gegen ungewünschte Suspensionsabwanderung bei den nachfolgenden Soilfrac-Injektionen gewährleistet.

[0017] Für eine gute Verzahnung beziehungsweise zusammenwirkende Stabilisierung der Stabilisierungskörper einerseits und der Soilfrac-Körper andererseits können die Aufbrech-Injektionsrohre - im Vertikalschnitt betrachtet - jeweils in Zwischenräume zwischen zwei oder mehr benachbarter Stabilisierungskörper in den Boden eingebracht werden. Entsprechend gilt auch für die Aufbrech-Injektionsrohre, dass diese in mehreren Reihen beziehungsweise Ebenen in den Boden eingebracht werden können, die parallel oder winklig zueinander angeordnet sein können. Dabei kann zumindest eine Teilzahl der Aufbrech-Injektionsrohre derart in den Boden eingebracht werden, dass sie mit einer Vertikalachse einen Winkel von 0° bis 80°, insbesondere 0° bis 60°, vorzugsweise von 0° bis 45° einschließen.

[0018] Nach einer bevorzugten Verfahrensführung wird zur Kontrolle der Neigung beziehungsweise Höhe ein Messsystem an zumindest einem Teil des Bauwerks installiert. Das Messsystem kann dauerhaft am Bauwerk integriert sein oder temporär an diesem angebracht werden. Alternativ oder in Ergänzung kann ein Messsystem auch auf der Bodenplatte zur Höhenüberwachung vorgesehen sein. Es sind ein oder mehrere Messsysteme denkbar. Das mindestens eine Messsystem ist ausgestaltet, um zumindest eine die Neigung und/oder Höhe des Bauwerks repräsentierende physikalische Messgröße zu erfassen. Mittels dieser Messgröße(n) kann während der Durchführung der Aufbrechinjektionen die Höhe und/oder Neigung des Bauwerks überwacht werden, so dass eine genaue Anhebung beziehungsweise Ausrichtung ermöglicht wird. Die Ausrichtung kann bevorzugt automatisiert oder bei Einhaltung hoher Genauigkeiten im Einzelfall manuell vorgenommen werden.

[0019] Nach einer möglichen Verfahrensführung können Kernbohrungen im Fundament hergestellt werden, durch welche Verpressrohre zur Herstellung der Verdichtungsinjektionen und/oder die Aufbrech-Injektionsrohre zur Herstellung der Aufbrechinjektionen hindurchgeführt werden. Mittels der Aufbrech-Injektionsrohre können die Sekundärverpressungen und weitere Nachverpressungen durchgeführt werden. Die Durchführung von Kernbohrungen ist optional. Nach einer ergänzenden oder alternativen Ausführung können die Bohrungen auch seitlich am Fundament vorbeigeführt werden.

[0020] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungsfiguren erläutert. Hierin zeigt:

Figur 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Stabilisierung beziehungsweise gesteuerten Anhebung eines Bauwerks, schematisch im Ver-

tikalschnitt

- a) nach dem Installieren eines Messsystems am Bauwerk und Durchführung von Kernbohrungen im Fundament des Bauwerks;
- b) nach dem Herstellen von Stabilisierungselementen mittels Verdichtungsinjektionen;
- c) nach dem Einbringen von Aufbrech-Injektionsrohren in Bereichen zwischen bereits hergestellten Stabilisierungselementen;
- d) nach dem Durchführen von Aufbrechinjektionen mittels der Aufbrech-Injektionsrohre; und

15 Figur 2 die Anordnung von Bauwerk und dem gemäß Figur 1 hergestellten Stabilisierungssystem in fertig hergestelltem Zustand

- a) in Draufsicht und
- b) in Seitenansicht.

[0021] Die Figuren 1 und 2, welche im Folgenden gemeinsam beschrieben werden, zeigen ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Stabilisierung beziehungsweise gesteuerten Anhebung eines Bauwerks 2 sowie die fertig hergestellte Anordnung.

[0022] Figur 1A zeigt ein Bauwerk 2 mit Fundament 3, Bodenplatte 4, Seitenwand 5 und Dach 6 im Vertikalschnitt. Das Fundament 3 ist vorliegend als Einzelfundament ausgebildet und im Boden angeordnet, wobei ebenso die Verwendung von Streifenfundamenten möglich ist. Es ist erkennbar, dass die unter der Geländeoberkante 7 liegenden Bodenschichten 8, 9 eine unterschiedliche Beschaffenheit aufweisen. Beispielfhaft ist die Beschaffenheit der obersten Bodenschicht 8 weich, während die darunter liegende Bodenschicht 9 einen tragfähigen Boden darstellt.

[0023] Figur 1A zeigt das Bauwerk nach dem Installieren eines Messsystems 10 zur Kontrolle der Neigung beziehungsweise Höhe. Das Messsystem 10 kann beispielsweise an der Wand 5 des Bauwerks 2 und gegebenenfalls kann zusätzlich ein Messsystem 10' auf der Bodenplatte 3 angebracht werden und ist vorliegend lediglich schematisch dargestellt. Es ist ausgestaltet, um zumindest eine die Neigung und/oder Höhe des Bauwerks 2 repräsentierende physikalische Messgröße zu erfassen. Hierfür kann das Messsystem zumindest einen Hözensensor und/oder zumindest einen Neigungssensor aufweisen, wobei auch eine Schlauchwaage und/oder ein Tiltmeter zum Einsatz kommen können. Mittels der erfassten Messgrößen kann während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Höhe beziehungsweise Neigung des Bauwerks 2 überwacht werden, so dass eine genaue Anhebung beziehungsweise Ausrichtung ermöglicht wird.

[0024] Es sind ferner Kernbohrungen 11 erkennbar, die durch das Fundament 3 durchgebohrt worden sind. Die Kernbohrungen 11, welche je nach Bauraumverhält-

nissen des zu stabilisierenden Bauwerks optional hergestellt werden können, dienen zum Setzen von Leerrohren für später durchzuführende Injektionen, nämlich Verdichtungs- und/oder Aufbrechinjektionen, was nachstehend näher beschrieben wird.

[0025] In einem ersten Schritt werden Verdichtungsinjektionen unterhalb des Bauwerks 2 beziehungsweise unterhalb des Fundaments 4 durchgeführt, um eine Mehrzahl von Stabilisierungselementen 12, 13 herzustellen. Die Verdichtungsinjektionen werden jeweils durch Abteufen eines Injektionsrohres (nicht dargestellt) und Einpressen eines insbesondere pastösen beziehungsweise steifen Injektionsmittels in den Boden 8 hergestellt. Dabei verdrängt das unter hohem Druck eingebrachte pastöse Injektionsmittel den anstehenden Boden 8, 9 und verdichtet ihn dabei, ohne ihn aufzubrechen. Durch die innere Reibung des Injektionsmittels entsteht jeweils ein kompakter Injektionskörper im Boden. Die Injektionen werden so durchgeführt, dass jeweils eine Reihe von einzelnen, übereinanderliegenden Injektionskörpern 14, 14', 14'', usw. hergestellt wird, die gemeinsam jeweils ein Stabilisierungselement 12a, 12b, 12c, 13a, 13b bilden. Die Stabilisierungselemente können vom Fundament einwirkende Vertikalkräfte nach unten in die tieferliegende Bodenbereiche 9 mit höherer Tragfähigkeit abstützen. Sie sind insbesondere säulenförmig gestaltet und können insofern auch als Säulenelemente bezeichnet werden.

[0026] Als Injektionsmittel für die Verdichtungsinjektionen wird insbesondere ein Mörtel mit einem Wasserfeststoffwert von kleiner 0,6 verwendet. Hierdurch hat das Injektionsmittel im Verarbeitungszustand eine verhältnismäßig hohe Steifigkeit beziehungsweise hohe Viskosität, so dass kompakte Injektionskörper 14, 14', 14'' usw. erzeugt werden. Es versteht sich, dass auch andere pastöse Dickstoffe als Injektionsmittel verwendet werden können. Die Steifheit des Injektionsmittels kann insbesondere gleich steif oder steifer als Frischbeton der Konsistenzklassen C2 (Verdichtungsmaßklasse) und/oder F2 (Ausbreitmaßklassen) nach DIN 1045 sein, das heißt plastisch bis steif.

[0027] Wie insbesondere aus Figur 2A hervorgeht, die eine Draufsicht auf die Verdichtungsanordnung zeigt, werden entlang des Fundaments 4 mehrere Reihen von Stabilisierungselementen 12, 13 hergestellt. Es versteht sich, dass die Anordnung und Anzahl der Stabilisierungselemente nach den technischen Anforderungen in Hinblick auf die Bodenverhältnisse und das Bauwerk individuell gewählt werden, um das gewünschte Verdichtungsergebnis zu erreichen. Insbesondere können die Verdichtungsinjektionen in mehreren Reihen und/oder Ebenen durchgeführt werden, wobei die Reihen beziehungsweise Ebenen parallel und/oder winklig zueinander verlaufen können. Für eine gute Abstützung des Fundaments ist es günstig, wenn die Stabilisierungselemente 12, 13 zumindest größtenteils unterhalb des abzustützens Bauwerks 2 hergestellt werden. Die Stabilisierungselemente 12, 13 können fächerartig in den Boden

8, 9 eingebracht werden und relativ zu einer Vertikalachse einen Winkel von beispielsweise zwischen 0° bis 80° oder kleiner einschließen.

[0028] Bei der vorliegenden, beispielhaft gezeigten Ausführungsform sind Stabilisierungselemente 12, 13 in vier Ebenen Ea, Eb, Ec, Ed angeordnet. Jeweils in einer Ebene liegende Stabilisierungselemente können fächerartig in den Boden eingebracht werden. In der ersten Ebene Ea, die in einem seitlichen Randbereich des Fundaments 4 liegt, ist ein erstes Stabilisierungselement 12a unter einem Winkel von 90° zur Horizontalen in einem außerhalb der Seitenwand 5 liegenden Bodenbereich in den Boden 8, 9 eingebracht, sowie ein zweites Säulenelement 13a, das unter einem Winkel von ca. 70° zur Horizontalen unterhalb der Bodenplatte 3 in den Boden 8 eingebracht ist. Das erste Stabilisierungselement 12a und das zweite Stabilisierungselement 13a erstrecken sich beide bis in den unteren Bodenbereich 9, wobei die jeweiligen Tiefen mit T12a und T13a bezeichnet sind. So können die Stabilisierungselemente 12a, 13a und jeder analog hierzu gestaltete weitere Stabilisierungselemente vom Fundament 4 beziehungsweise vom Bauwerk 2 einwirkende Kräfte in den tiefer liegenden Bodenbereich 9 abstützen. Analog zur ersten Ebene Ea ist in einer auf der anderen Seite des Fundaments 4 liegenden Ebene Ed eine entsprechende Anordnung von Stabilisierungselementen 12d, 13d vorgesehen. So bilden die Stabilisierungselemente 12a, 13a der ersten Ebene Ea und die Stabilisierungselemente 12d, 13c der zweiten Ebene Ed Stabilisierungen in zum Fundament 4 seitlich benachbarten Bodenbereichen.

[0029] In weiteren Ebenen Eb, Ec, die zwischen den beiden seitlichen Ebenen Ea und Ed liegen, werden weitere Säulenelemente 12, 13 in den Boden eingebracht. Konkret ist bei der vorliegenden Ausführungsform vorgesehen, dass in der mittleren Ebene Eb ein erstes Säulenelement 12b unter einem Winkel von ca. 85° zur Horizontalen in einem außenliegenden Randbereich unterhalb des Fundaments 4 in den Boden 8, 9 eingebracht wird, sowie ein zweites Säulenelement 13b unter einem Winkel von ca. 70° zur Horizontalen unterhalb eines innen liegenden Randbereichs des Fundaments 4 beziehungsweise unterhalb der Bodenplatte 3 in den Boden 8, 9 eingebracht wird. Das erste Stabilisierungselement 12b der Ebene Eb hat eine ähnliche Tiefe wie das erste Stabilisierungselement 12a der ersten Ebene Ea, und das zweite Stabilisierungselement 12b der Ebene Eb hat eine ähnliche Tiefe wie das zweite Stabilisierungselement 13a der ersten Ebene Ea. Die Ebene Ec befindet sich unmittelbar benachbart zur Ebene Eb. Hier ist lediglich ein Stabilisierungselement 12c vorgesehen, der unter einem Winkel von ca. 45° zur Horizontalen unterhalb eines innen liegenden Randbereichs des Fundaments 4 beziehungsweise unterhalb der Bodenplatte 3 in den Boden 8 eingebracht wird. In Figur 1C ist der Zustand nach dem Einbringen der Stabilisierungselemente 12, 13 mittels Verdichtungsinjektionen gezeigt.

[0030] In einem nachfolgenden Verfahrensschritt, das

heißt zeitlich nach dem Einpressen zumindest einer Teilzahl der Stabilisierungselemente 12, 13, werden Aufbrechinjektionen unterhalb des Bauwerks 2 mittels in den Boden 8 eingebrachter Aufbrech-Injektionsrohre 15, 16 vorgenommen. Die Aufbrech-Injektionsrohre 15, 16, die in Form von Manschettenrohren gestaltet sein können, können zeitlich vor, mit zeitlicher Überschneidung und/oder nach dem Herstellen der Stabilisierungselemente 12, 13 in den Boden 8 eingebracht werden. Dabei ist vorgesehen, dass zumindest eine Teilzahl der Manschettenrohre 15, 16, vorzugsweise der größte Teil oder sogar alle Manschettenrohre, bis in eine Tiefe T15, T16 von mindestens einem Viertel, vorzugsweise mindestens einem Drittel, insbesondere mindestens der Hälfte der Tiefe T12 des längsten Stabilisierungselements in den Boden 8 eingebracht wird. Figur 1C zeigt den Zustand nach dem Einbringen der Manschettenrohre 15, 16 in den Boden 8. Die Manschettenrohre 15, 16 können aus Stahl, Kunststoff oder Verbundwerkstoff hergestellt sein. Sie haben über der Länge jeweils mehrere Öffnungen zum Injizieren der Suspension und werden auch als Ventilrohre bezeichnet.

[0031] Die Aufbrechinjektionen werden durch Einpressen einer Suspension in verschiedenen Tiefen entlang des jeweiligen Manschettenrohres 15, 16 vorgenommen. Dabei wird der anstehende Boden 8 aufgebrochen und es entstehen skelettartige Verästelungen 17, 17', 17'' usw. beziehungsweise lamellenförmige Strukturen. Die Volumenzunahme bewirkt dabei eine entsprechende Konsolidation im Boden, welche die Bodenstruktur verdichtet und den Porenraum verringert. Die für die Aufbrechinjektionen verwendete Suspension hat eine geringere Viskosität als das für die Herstellung der Stabilisierungselemente 12, 13 verwendete Injektionsmittel. Vorzugsweise hat die Suspension einen Wasserbindemittelwert, das heißt Mischungsverhältnis von Wasser zu Bindemittel, von vorzugsweise größer als 0,8. Als Bindemittel kann beispielsweise Zement verwendet werden, wobei optional bei Bedarf Erstarrungsbeschleuniger wie Wasserglas oder andere Silikate hinzugefügt werden können.

[0032] Wie insbesondere in den Figuren 2A und 2B erkennbar, werden die Aufbrechinjektionen sowohl im Horizontalschnitt, als auch im Vertikalschnitt gesehen, in Bodenbereichen zwischen den Stabilisierungselementen 12, 13 durchgeführt. Die Manschettenrohre 15, 16 können in mehreren Reihen beziehungsweise Ebenen in den Boden eingebracht werden, die parallel oder winklig zueinander angeordnet sein können. Dabei kann zumindest eine Teilzahl der Manschettenrohre, vorzugsweise der größte Teil oder alle Manschettenrohre 15, 16, derart in den Boden eingebracht werden, dass sie mit einer Vertikalachse einen Winkel von 0° bis 80° oder kleiner einschließen.

[0033] Die beiden beschriebenen Injektionsverfahren, beziehungsweise die damit hergestellten Verdichtungsstrukturen (Stabilisierungselemente einerseits und Lamellenelemente andererseits) wirken zusammen, um

gemeinsam eine gute Stabilisierung und/oder gesteuerte Anhebung des Bauwerks zu erreichen. Die zuerst in den Boden 8, 9 eingebrachten Stabilisierungselemente 12, 13 bewirken eine großvolumige Verspannung und Vorstabilisierung des Bodens. Die nachfolgend eingebrachten Aufbrechinjektionen nutzen die bereits vorher aufgebaute Vorspannung des Bodens 8, 9, wobei durch die vertikale Überdeckung der erzeugten Aufbrechinjektionen und den vorher hergestellten Stabilisierungselementen 12, 13 eine unkontrollierte Suspensionsabwanderung verhindert wird, da die Stabilisierungselemente 12, 13 eine Barriere beim Einbringen der Suspension bilden. Nach dem Erstarren der Suspension wirken die hiermit hergestellten Aufbrechinjektionskörper 18 und die vormals hergestellten Stabilisierungselemente 12, 13 funktional parallel, das heißt das Bauwerk 2 stützt sich auf beiden Körperstrukturen gleichzeitig ab.

[0034] Bei der vorliegenden, beispielhaft gezeigten Ausführungsform werden die Aufbrechinjektionen in vier Ebenen Fa, Fb, Fc, Fd in den Boden 8 eingepresst, wobei die genannten Ebenen Fa, Fb, Fc, Fd zwischen den beiden äußeren Ebenen Ea, Ed der Verdichtungsinjektionen angeordnet sind. In der ersten Ebene Fa, die im Horizontalschnitt betrachtet zwischen der äußeren Stabilisierungsebene Ea und der mittleren Stabilisierungsebene Eb liegt, ist das Manschettenrohr 16a unter einem Winkel von ca. 55° zur Horizontalen in einem unterhalb des Fundaments 4 liegenden Bodenbereich in den Boden 8 eingebracht. Ein weiteres Manschettenrohr 18b ist in einer zweiten Ebene Fb unter einem Winkel von ca. 85° zur Horizontalen unterhalb des Fundaments 4 in den Boden 8 eingebracht. Im Vertikalschnitt betrachtet (Figur 2B) wird der erste Aufbrechinjektionskörper 18a somit zwischen den Stabilisierungselementen 12c und 13b erstellt, und der zweite Aufbrechinjektionskörper 18b zwischen den Stabilisierungselementen 13b und 12b. Es sind weitere Aufbrechinjektionskörper 18c, 18d in Soilfrac-Ebenen Fc, Fd injiziert, die hinsichtlich der Ausrichtung und Ausgestaltung zwischen der mittleren Stabilisierungsebene Eb und der zweiten äußeren Stabilisierungsebene Ed analog zu den Aufbrechinjektionskörper 18a, 18b hergestellt sind. In Figur 1D ist die Verdichtungsanordnung nach dem Einpressen der Suspension und Herstellen der Aufbrechinjektionskörper 18a, 18b gezeigt, welche vorliegend mit fetten Linien dargestellt sind.

[0035] Mittels der Aufbrechinjektionen können mehrere Injektionsdurchgänge über das Rohrsystem 15, 16 in Abhängigkeit von den örtlichen Bodenverhältnissen oder sonstigen technischen Rahmenbedingungen wiederholt werden. So kann die gewünschte Höhe beziehungsweise Neigung des Bauwerks 2 gezielt eingestellt werden.

[0036] Insgesamt wird durch die erfindungsgemäße Kombination des Verdichtungsinjektionsverfahrens mit dem Aufbrechinjektionsverfahren ein sicheres und genau steuerbares Kompensationsverfahren vorgeschlagen, mit dem besonders in weichen Böden gezielte Anhebungen unmittelbar oder zu einem späteren Zeitpunkt

nach Erfordernis möglich sind.

Bezugszeichenliste

[0037]

2	Bauwerk
3	Fundament
4	Bodenplatte
5	Seitenwand
6	Dach
7	Geländeroberkante
8	Bodenschicht
9	Bodenschicht
10, 10'	Messsystem
11	Kernbohrungen
12	Stabilisierungselement
13	Stabilisierungselement
14, 14', 14"	Injektionskörper
15	Manschettenrohr
16	Manschettenrohr
17, 17', 17"	Verästelungen
18	Aufbrechinjektionskörper
A	Vertikalachse
Ea, Eb, Ec, Ed	Ebene
Fa, Fb, Fc, Fd	Ebene

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stabilisierung und Anhebung von Bauwerken, umfassend:

Durchführung von Verdichtungsinjektionen unterhalb des Bauwerks (2) jeweils durch Abteufen eines Injektionsrohres und Einpressen eines Injektionsmittels in den Boden (8, 9), wobei eine Reihe von einzelnen, übereinanderliegenden Injektionskörpern (14, 14', 14") hergestellt wird, die gemeinsam jeweils ein Stabilisierungselement (12, 13) bilden;
Durchführung von Aufbrechinjektionen unterhalb des Bauwerks (2) mittels zumindest eines in den Boden (8) eingebrachten Aufbrech-Injektionsrohres (15, 16), das bis in eine Tiefe (T15, T16) von mindestens einem Viertel der Tiefe (T12a) des längsten Stabilisierungselements (12, 13) in den Boden eingebracht wird, wobei die Aufbrechinjektionen - im Horizontalschnitt betrachtet - in Bodenbereichen zwischen zwei oder mehr Stabilisierungselementen (12, 13) durchgeführt werden, und wobei die Aufbrechinjektionen durch Einpressen einer Suspension in verschiedenen Tiefen vorgenommen werden, derart, dass die mittels Aufbrechinjektionen hergestellten Aufbrechinjektionskörper (17, 18) mit den Stabilisierungselementen (12, 13) in Tiefenrichtung eine Über-

deckung von mindestens einem Viertel des längsten Stabilisierungselements (12, 13) haben.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Verdichtungsinjektionen ein Injektionsmittel verwendet wird, das beim Einpressen eine größere Steifheit und/oder Pastösität aufweist, als die Suspension.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichtungsinjektionen in mehreren Reihen und/oder Ebenen (Ea, Eb, Ec, Ed) durchgeführt werden, die parallel oder winklig zueinander angeordnet sein können.
- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichtungsinjektionen entlang eines Randbereichs eines Fundaments (4) des Bauwerks (2) durchgeführt werden, so dass die mittels Verdichtungsinjektionen hergestellten Stabilisierungselemente (12, 13) eine begrenzende Struktur im Boden unterhalb des Randbereichs des Fundaments (4) bilden.
- 20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Teilzahl der Verdichtungsinjektionen derart durchgeführt wird, dass die damit hergestellten Stabilisierungselemente (12, 13) relativ zu einer Vertikalachse (A) einen Winkel von 0° bis 80°, insbesondere 0° bis 60°, insbesondere 0° bis 45° einschließen.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** - im Vertikalschnitt betrachtet - jeweils ein Aufbrech-Injektionsrohr (15, 16) zwischen zwei benachbarte Stabilisierungselementen (12, 13) in den Boden (8, 9) eingebracht wird.
- 30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufbrech-Injektionsrohre (15, 16) in mehreren Ebenen (Fa, Fb, Fc, Fd) in den Boden (8) eingebracht werden, die parallel oder winklig zueinander angeordnet sein können.
- 35 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Teilzahl der Aufbrech-Injektionsrohre (15, 16) derart in den Boden (8) eingebracht wird, dass sie mit einer Vertikalachse (A) einen Winkel von 0° bis 80°, insbesondere 0° bis 60°, insbesondere 0° bis 45° einschließen.
- 40
- 45
- 50
- 55

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Verdichtungsinjektionen ein Injektions-
mittel mit einem Wasserfeststoffwert von kleiner 0,6
verwendet wird. 5
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Aufbrechinjektionen eine Suspension
mit einem Wasserbindemittelwert von größer 0,8 10
verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension Erstarrungsbeschleuniger wie 15
Wasserglas oder andere Silikate enthält.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Messsystem (10, 10') an zumindest einem 20
Teil des Bauwerks (2) installiert wird, wobei das
Messsystem (10, 10') ausgestaltet ist, um zumindest
eine die Neigung und/oder Höhe des Bauwerks (2)
repräsentierende physikalische Messgröße zu er-
fassen. 25
13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass während der Durchführung der Aufbrechinjek-
tionen die Höhe und/oder Neigung des Bauwerks (2) 30
mittels des Messsystems (10, 10') überwacht wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass Kernbohrungen (11) im Fundament (4) herge- 35
stellt werden, durch welche Verpressrohre zur Her-
stellung der Verdichtungsinjektionen und/oder die
Aufbrech-Injektionsrohre (15, 16) zur Herstellung
der Aufbrechinjektionen hindurchgeführt werden. 40
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere Aufbrech-Injektionsrohre (15, 16) ver-
wendet werden, die nach der Durchführung der Auf-
brechinjektionen im Boden (8) verbleiben, wobei mit- 45
tels der Aufbrech-Injektionsrohre (15, 16) mehrfache
Nachverpressungen, insbesondere auch zu späte-
ren Zeiten, durchgeführt werden. 50

50

55

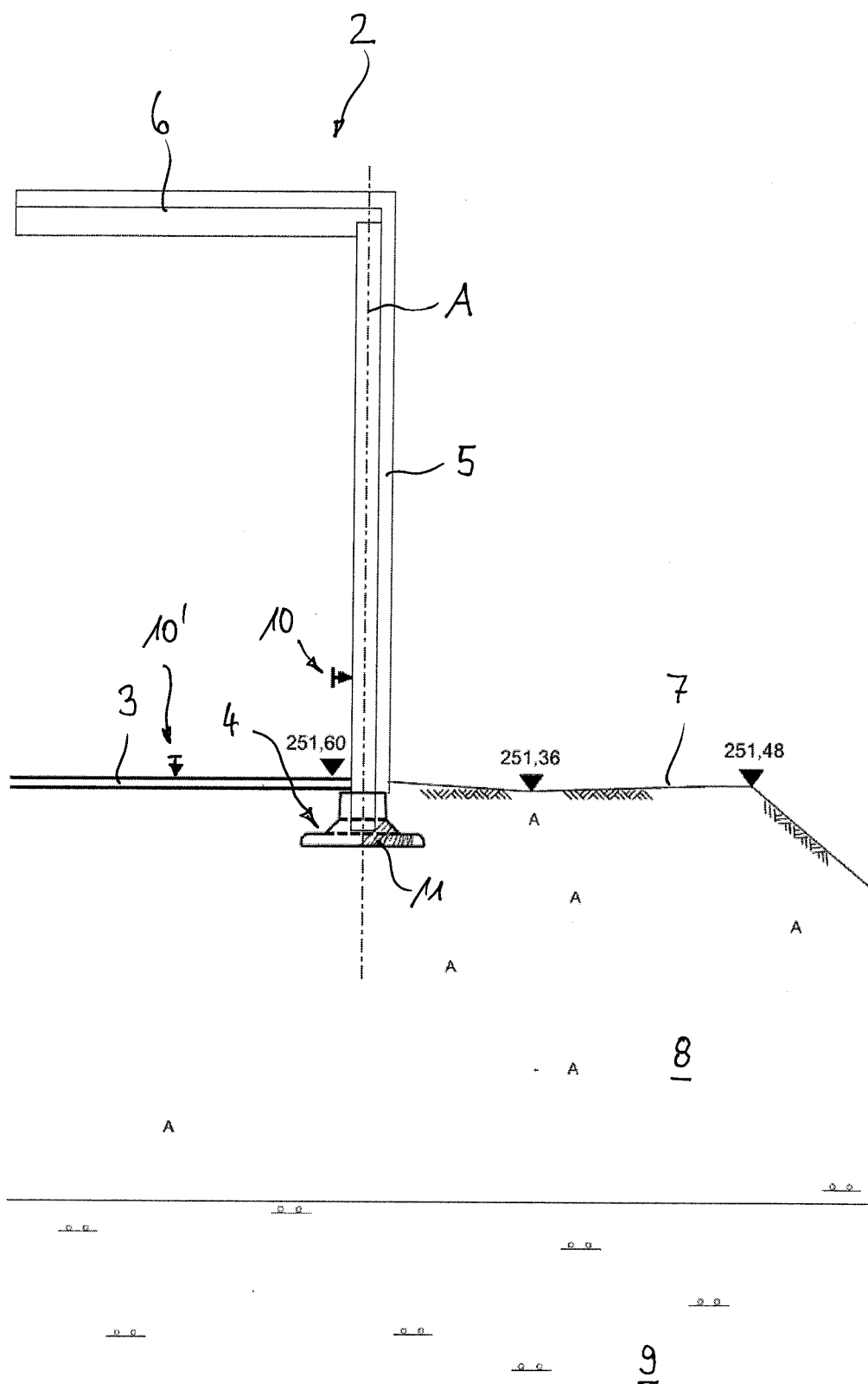


Fig. 1A

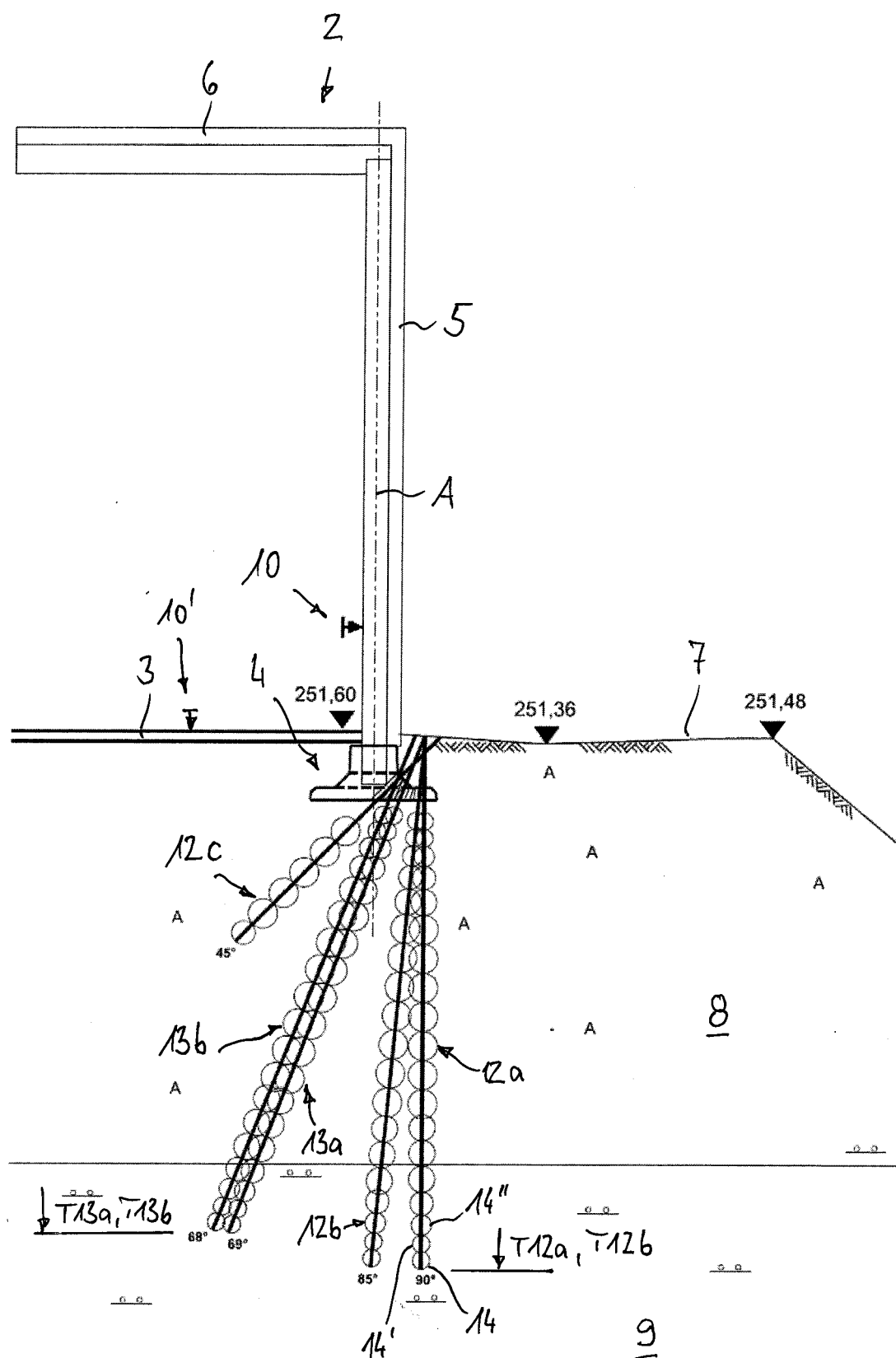


Fig. 1B

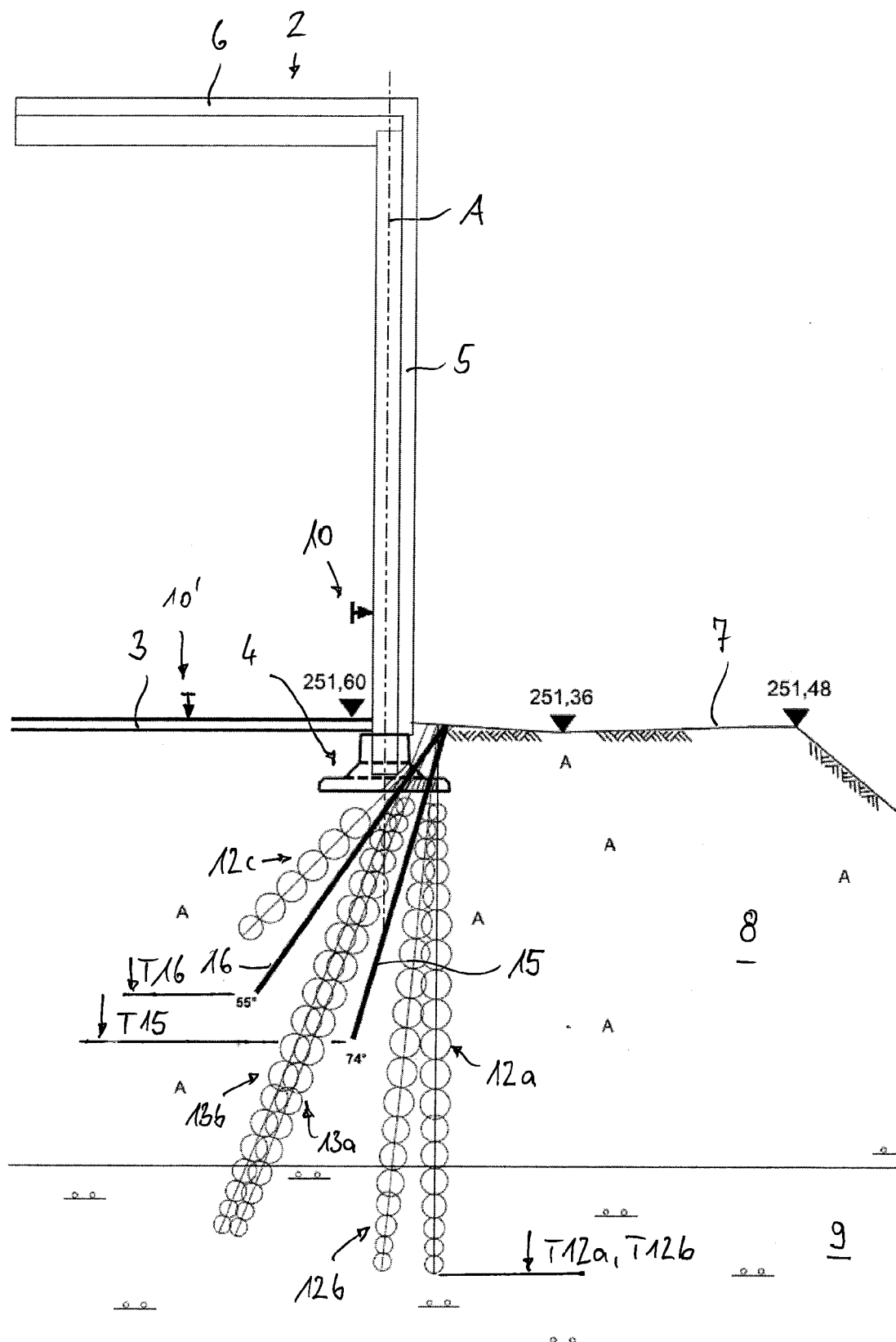


Fig. 1C

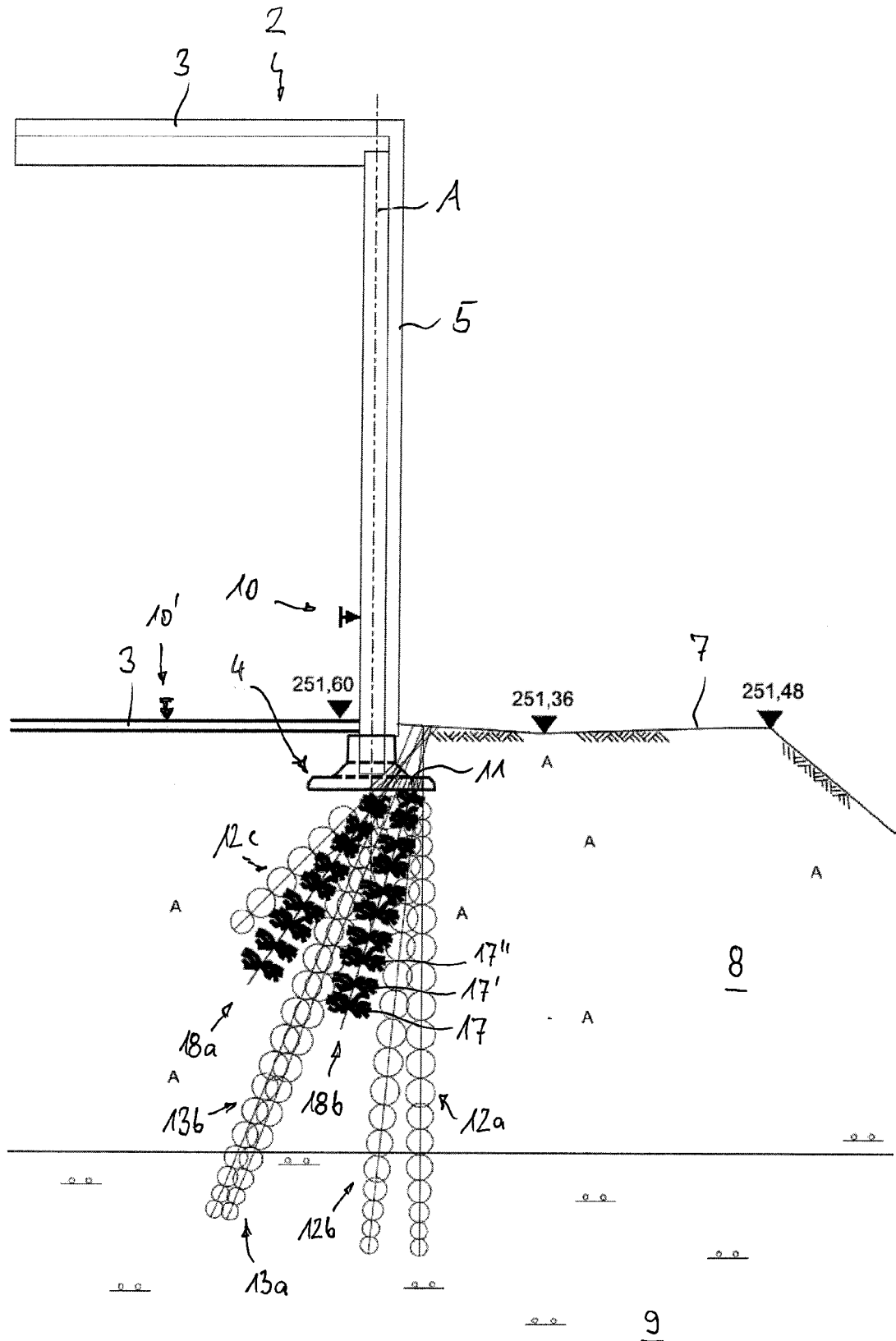
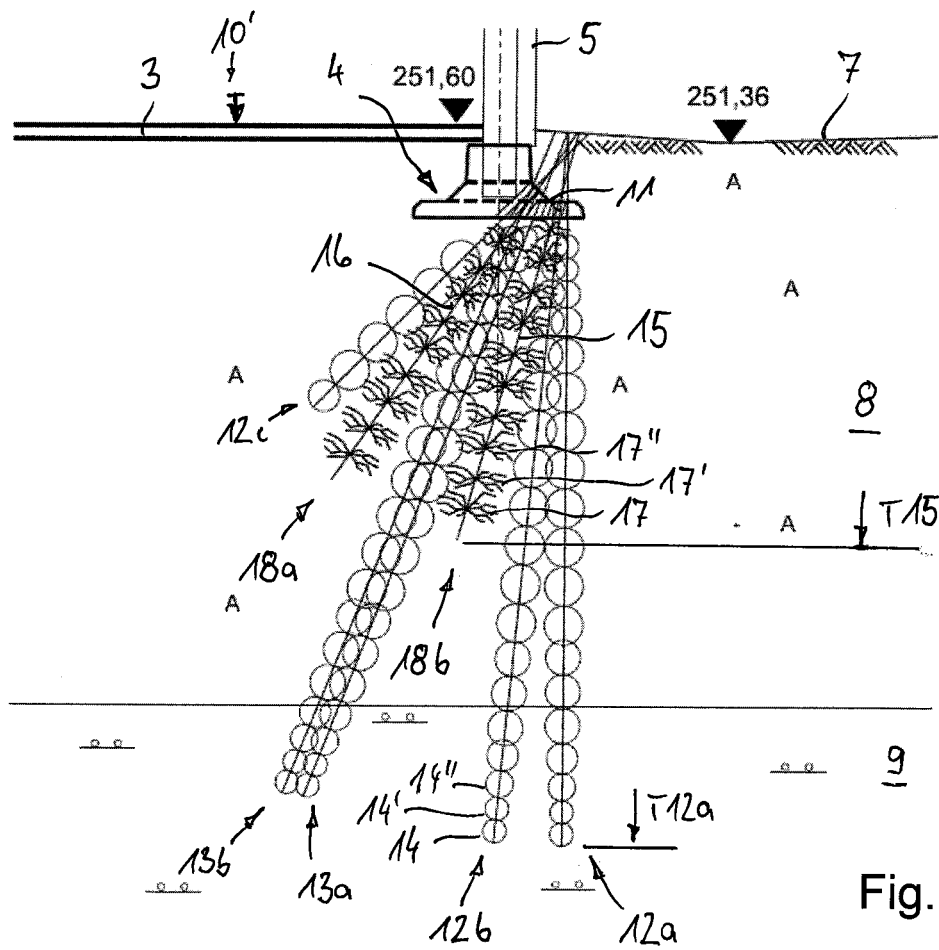
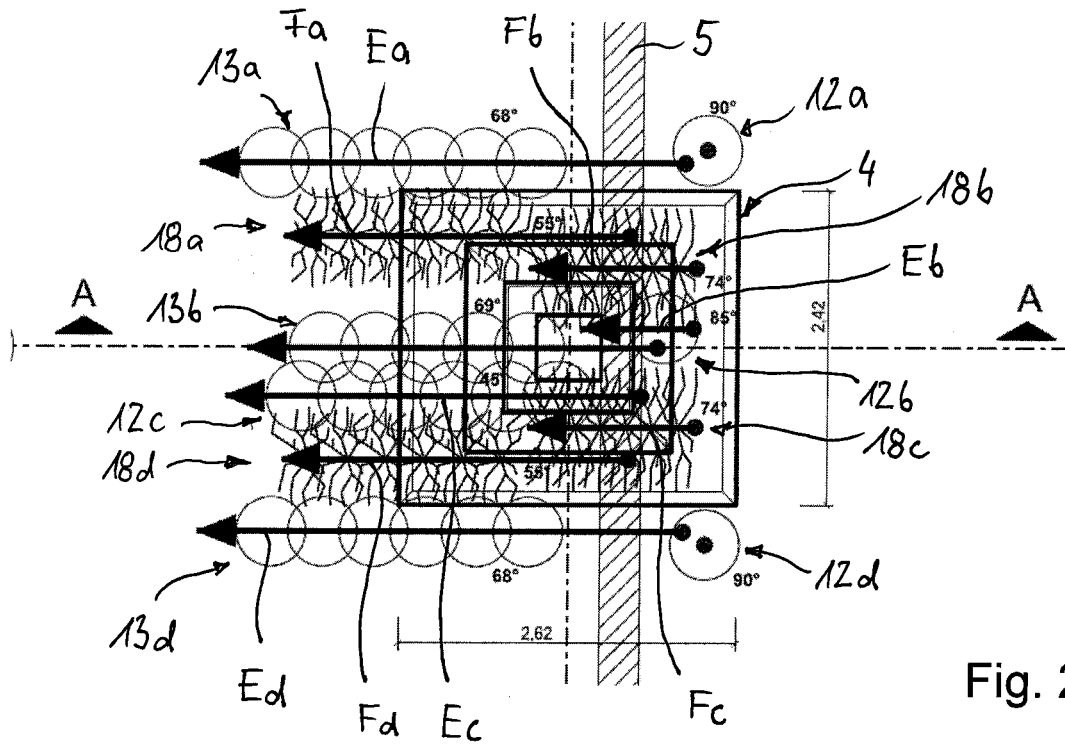


Fig. 1D





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 20 7351

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 35 21 434 A1 (GKN KELLER GMBH [DE]) 18. Dezember 1986 (1986-12-18) * Zusammenfassung * * Seite 15, Zeile 1 - Seite 18, Zeile 11; Abbildungen 1-5 * * Seite 13, Zeilen 5-10; Anspruch 13 * -----	1-15	INV. E02D3/12 E02D35/00
A,D	DE 41 37 359 A1 (KELLER GRUNDBAU GMBH [DE]) 19. Mai 1993 (1993-05-19) * Spalte 6, Zeile 33 - Spalte 7, Zeile 27; Abbildung 2; Verbindungen 9,11 * -----	1,12,13	
A	JP S51 103608 A (SEIKO KOGYO KK) 13. September 1976 (1976-09-13) * Absatz [0003]; Abbildungen 1,2,4 * -----	1,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. Februar 2019	Prüfer Koulo, Anicet
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 20 7351

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-02-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	DE 3521434	A1	18-12-1986	AT 391905 B		27-12-1990
				DE 3521434 A1		18-12-1986
15	DE 4137359	A1	19-05-1993	KEINE		
	JP S51103608	A	13-09-1976	JP S577255 B2		09-02-1982
				JP S51103608 A		13-09-1976
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4137359 A1 [0002]
- RU 2603783 [0003]