

**Übersetzung der neuen europäischen
Patentschrift**

(12)

(97) Veröffentlichungsnummer: EP 1914350

(96) Anmeldenummer: 2006425705
(96) Anmeldetag: 13.10.2006
(45) Ausgabetag: 07.10.2022

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

(97) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.04.2008 Patentblatt 08/17

(97) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
28.12.2011 Patentblatt 11/52

(97) Hinweis auf Einspruchsentscheidung:
05.09.2019 Patentblatt 19/23

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO
SE SI SK TR

(56) Entgegenhaltungen:
Die Entgegenhaltungen entnehmen Sie bitte der
entsprechenden europäischen Druckschrift.

(73) Patentinhaber:
GEOSEC S.R.L.
43100 PARMA (IT)

(72) Erfinder:
OCCHI, MARCO
43100 PARMA (IT)
OCCHI, ANDREA
43100 PARMA (IT)
GUALERZI, DANIELE
S.MARTINO SINZANO 43044 COLLECCHIO (PR)
(IT)
MORELLI, GIANFRANCO
57126 LIVORNO (IT)

(74) Vertreter:
Dipl.-Ing. Dr.techn. Elisabeth Schober, Dipl.-Phys.
Dr.phil. Tobias Fox
1200 Wien (ÖSTERREICH)

(54) **VERFAHREN ZUR HOMOGENISIERUNG UND STABILISIERUNG EINES BAUGRUNDS MITTELS
INJEKTIONEN**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Homogenisieren und/oder Neu-Homogenisieren der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Baugründen und/oder Gebäudebereichen im allgemeinen, um jegliches unterschiedliches Absenken von Gebäuden zu unterbinden, verursacht durch die Veränderung der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Baugründe, die besonders empfindlich auf Änderungen des Wasser- oder Feuchtigkeitsgehaltes sind, dem sie unterliegen.

Es ist bekannt, dass Baugründe mehr oder weniger empfindlich auf Änderungen ihres Wasser- oder Feuchtigkeitsgehaltes sind, speziell infolge natürlicher saisonaler klimatischer Zyklen, welche das Auftreten von Grundanschwellungen bzw. Grundwasser und das Absenken von Gebäuden begünstigen. Insbesondere können die Beziehungen zwischen Gewichten/Volumina der verschiedenen Lithotypen variieren und sich voneinander in Abhängigkeit der Komponenten unterscheiden, welche den in Frage stehenden Baugrund ausmachen, wie Torf, Ton, Schlamm, Sand, Schotter oder gemischte Fraktionen derselben; tatsächlich können sie sich mit dem Zeitablauf unterschiedlich ändern, hauptsächlich infolge natürlicher Einwirkungen, wie Variationen der Niveaubedingungen, mechanischen Wirkungen von Pflanzen-Wurzelsystemen, klimatischen Änderungen oder anderen Effekten oder infolge von anthropischen Einwirkungen, wie: die Ausführung von benachbarten Grabungsarbeiten, Vibrationen, Fluidverlusten im Boden oder ähnlichen Effekten, und die sich intensivieren oder nachfolgende oder zugehörige Effekte auslösen können, wie Absenkphänomene, und den nachfolgenden strukturellen Einsturz von Gebäuden, physikalischen Senkungen der Baugründe und Strukturen, mit denen diese in Kontakt kommen, die selbst in Baugründen auftreten können, welche gute lasttragende Eigenschaften haben.

Es ist auch bekannt, dass zur Lösung der Probleme eines unterschiedlichen Absenkens von Fundamenten oder Baugründen derzeit verschiedene Techniken im Einsatz sind, von denen insbesondere einige bestrebt sind, die Gebäudelasten auf lithologische Zonen zu transferieren, die größere Lasttragekapazität haben, ungeachtet der Tatsache, wie tief sie im Falle von Pfählen oder Ausweitungskörpern sind, um die Last der strukturellen Fundamente zu erhöhen, weil dies die Einheitslast reduzieren würde, die Gebäude auf den Grund ausüben.

Es ist auch bekannt, dass diese Phänomene teilweise und lokal in den Fundamentbaugründen unter dem Aufstandsdruck der Gebäude auftreten, und sie werden technisch als differentielle Absenkerscheinungen definiert.

Andere Techniken beruhen auf dem Konzept der Verbesserung der Lasttragefähigkeit des Fundamentbaugrundes und werden durch Injektion von Zementprodukten oder chemischen Verbindungen, auch durch Expandieren, z.B. durch Düsenstrahleinwirkung oder Injektionen von Polyurethanschäumen und ähnlichen Produkten, durchgeführt.

Zementverbindungen können jedoch erfordern, dass viel Wasser und Fluidisierungsmittel im flüssigen Zustand bei Medium-Hochdruckwerten und Wartungszeitwerten injiziert werden, die beträchtlich länger als jene von expandierenden Harzen sind, und falls sie in Ton-, Schlamm-, Torf- oder Schiefergründen ausgeführt werden, können sie leicht im Boden, wo sie aufeinander treffen, dispergiert werden und sich mischen, und zwar bis zu einem Ausmaß, dass es schwierig wird, ihre Lage und jegliche unmittelbaren Effekte der Operation zu überprüfen, und sie gestatten es auch nicht, zweckmäßige Designkorrekturen in Instrumenten-Überprüfungssysteme einzugeben, selbst wenn diese geophysikalische Natur haben; speziell, wenn geoelektri-

sche Untersuchungen direkt durch die Injektionslöcher im Boden durchgeführt werden, wie dies im Patent EP 0786673 beschrieben ist.

Im Gegensatz zu dem Verfahren, das in der vorliegenden Offenbarung beschrieben ist, und gerade in dem spezifischen Kontext von Oberflächenanwendungen bei Fundamentbaugründen können vorteilhaft aufeinander ausgerichtete Reihen von Elektroden und Transmittern direkt auf Flächen angeordnet werden, welche die abgesenkten Gebäude umgeben, und/oder auf vorgefertigten Baugründen, die allgemein getestet werden sollen, ohne dass teure Grabungs- und/oder Bohrungsarbeiten ausgeführt werden müssen. Außerdem wird, falls Detektier- und Übertragungselemente verteilt werden, indem sie in im Boden ausgeführten Löchern angeordnet werden, der Boden für diesen Zweck eingesetzt, und deshalb verschieden von jenem sein, der zum Injizieren verwendet wird, da Injektions-Harzprodukte, die beträchtlichen Widerstandscharakter haben, sobald sie in die Löcher, die zur Aufnahme der Detektoren bestimmt sind, eingesetzt wurden, alle nachfolgenden und notwendigen Vergleichsmessungen behindern, da sie die Elektroden isolieren würden.

Gemäß jüngerer Techniken sind fluidisierte Hochdruck-Zementgemisch-Injektionen durch Niederdruck-Injektionen von expandierenden Chemikalien ersetzt worden, die in einer extrem kurzen Zeit reagieren und im Boden aushärten, bis sie gehärtete Säulen gemäß fixierten Injektionsniveaus erzeugen, die voneinander verschieden und an Injektionspunkten angeordnet sind, die dreidimensional und regelmäßig voneinander beabstandet sind. Der Nachteil, den sie mit sich bringen, besteht hauptsächlich darin, dass sie "nach Belieben" arbeiten, da die Injektionen ohne Systeme angewendet werden, die die Effekte präzise verifizieren könnten, wenn die Arbeit im Gang ist; tatsächlich greifen diese Techniken nur auf Instrumentenüberwachung außerhalb des Bodens zurück, mit Laserniveaus und an

Wänden und Böden fixierten Aufbauscannern, die oberhalb des behandelten Bodens vorgesehen sind und anzeigen, dass der behandelte Boden durch erfolgreiches Anheben der darüber befindlichen Strukturen verfestigt worden ist, wie dies im Patent EP 0851064 beschrieben ist.

Eine Fortentwicklung dieser Techniken besteht in der Verwendung von Harzen, die extreme Expandierfestigkeit haben, die jedoch mehr zur Erhöhung der mechanischen Druckwirkung und zum Verfestigen des Grundes ausgerichtet ist, wie im Patent EP 1314824 beschrieben. Andere jüngere Techniken, die die Verwendung von expandierenden Harzen zum Injizieren lehren, sind infolge empirischer Berechnungssysteme verbessert worden, die es gestatten, auf der Basis von Messungen des elektrischen Widerstandes zwischen verschiedenen Punkten im Boden durch mit den Injektionsrohren verbundenen Detektoren die Feuchtigkeitsniveaus und somit die Mindestqualität und -menge des expandierenden Harzes, das zum Verfestigen erforderlich ist, empirisch zu berechnen, wie dies im Patent EP 1536069 definiert und beschrieben ist.

Ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist in der DE 4304816 A beschrieben.

In jedem Fall zeigt die heutige Erfahrung auf diesem Gebiet, dass diese Annahmeparameter (Detektieren des injizierten Produktes, Anheben der darüberstehenden Bauwerke und Berechnen der minimalen Harzmenge) weder als ausreichend erachtet werden können, um ein endgültiges Gleichgewicht und eine erfolgreiche Verstärkung des analysierten Bodens zu garantieren, noch ist es möglich, sich auf die Verwendung von Harzen zu konzentrieren, die eine größere Expandierfestigkeit haben, somit zunehmende stärkere mechanische Strukturhebewirkungen zu bewirken, was nachteilig für das heikle Gleichgewicht der Volumina des darunterliegenden Bodens und der Sicherheit von Gebäuden ist,

oder im Falle von Zementinjektionen in hohen Druckwerten resultieren.

Diese Nachteile existieren tatsächlich in der Praxis, weil die vorstehend erläuterten Techniken eine Lösung des Absenkproblems durch Aktionen erreichen, die lediglich quantitativ und mechanisch sind und auf die exklusive Suche nach signifikanten Erhöhungen der Lasttragekapazität abstellen (die als Bodenverstärkungswirkungen bezeichnet werden), indem "willkürliche" Druckwirkungen ausgeübt werden, mit keiner direkten Kontrolle während des Ausführens der Arbeit, gegenüber den Effekten, die über die behandelten Volumina und über benachbarte Volumina erreicht werden, die vom Absenken nicht betroffen sind.

Es ist deshalb möglich, zu argumentieren, dass diese Betriebstechniken kein ausreichendes Niveau der Gleichförmigkeit der physikalischen und chemischen Bedingungen der behandelten Teile des Bodens im Vergleich mit jenen der angrenzenden Teile garantieren, die dem Absenken nicht unterliegen. Diese Nachteile erweisen sich in Gegenwart von tonigen, schlüpfrigen, torfigen Böden und gemischten Teilen derselben als noch ausgeprägter. Tatsächlich zeigt die Erfahrung, dass durch Modifizieren der Hydraulikdrücke von Wasser in diesen Böden und durch Erzeugen neuer Konzentrationen und neuer Sättigungsniveaus durch Injektion wenn auch nur weniger Kilogramm von expandierenden Produkten eine fiktive Erhöhung der Lasttragekapazität unmittelbar erreicht werden kann, die außerhalb des Bodens durch Anheben der Strukturen verifiziert wird; wenn aber die behandelten Teile des Bodens speziell einem saisonalen Trocknen und Anschwellphänomen infolge beispielsweise kurz- und mittelfristiger variabler Wetterbedingungen ausgesetzt sind, tritt das Absenkproblem erneut auf, da es noch immer durch die falsche Verteilung des Wassergehaltes der Hohlräume und der injizierten Harze infolge des Mangels an effektiver Überwachung der erzeugten Wirkungen beeinflusst wird.

Dieser Aspekt wird noch durch die Tatsache verstärkt, dass die Tests und Untersuchungen, die traditionell für diese Techniken angewendet werden, hauptsächlich punktweise und quantitativ sind und dazu angewendet werden, um die Erhöhung der Lasttragkapazität zu verifizieren, und zwar nur des untersuchten Bodens, die hauptsächlich um die Vertikallinie der Tests herum verlässlich sind, und gelegentlich auf Verfahren mathematischer Interpolation unter verschiedenen Messungspunkten begrenzt sind, um möglicherweise nachfolgende Gesamtbeurteilungen gegenüber dem noch nicht analysierten Boden mit relativ breiten Fehlergrenzen und Interpretation vorzunehmen.

Es ist auch bekannt, dass ein Teil des Bodens, in welchen das Wasser unter Druck durch Injektionen von expandierendem Harz nicht ordnungsgemäß eingebracht worden ist, unmittelbar scheinbar zufriedenstellende mechanische Festigkeitswerte in dem vorerwähnten punktartigen Test bietet, die aber als solche zu falschen Resultaten führen. Wenn der Gehalt des Wassers, das sich unter Druck im Boden befindet, später langsam verdünnt und verteilt wird, über die Zeit und Modi, die hauptsächlich eine Funktion des jeweiligen Lithologietyps und der lokalen klimatischen Bedingungen sind, kann tatsächlich leicht festgestellt werden, dass die unterschiedlichen Absenkungen weitergehen. Es ist überdies bekannt, dass sich das Ausführen von Injektionen von expandierenden Harzen, ohne vorher eine genaue Kontrolle über die Kombinationseffekte vorgenommen zu haben und imstande zu sein, mögliche falsche Konzentrationen von Wasservolumina unter Grund und unterhalb der Fundamente zu erzeugen, als extrem gefährlich herausstellen kann, selbst vom Standpunkt der seismischen Sicherheit, da die richtigen Bedingungen zum Begünstigen des Beginns von Grundverflüssigungsphänomen erzeugt werden können.

Es kann deshalb gesagt werden, dass die derzeitigen Techniken weite Interpretations- und Näherungsbereiche bieten, da sie keine Systeme haben, um eine direkte Kontrolle über die Wirkungen zu erzielen, welche die Injektion der Harze im Boden verursachen, was ein Nachteil für die erforderliche Genauigkeit, die Verlässlichkeit und die Dauer der Operationen über den Zeitablauf ist.

Das Ziel dieser Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Bekämpfen des Absenkens von Böden zu schaffen, welches es gestattet, die Betriebsparameter (Höhe, Menge und Sequenz der Injektionszyklen, Eigenschaften der Harze und/oder Harzgemische, Konsistenz der injizierten Harze, Reaktionstemperaturen der injizierten Produkte, Wasserabsorptionskapazität und mehr) aktiv zu modifizieren, während die Arbeit fortschreitet, indem außerordentlich sorgfältig und aufmerksam auf die direkte Kontrolle der Wirkungen zurückgegriffen wird, die durch sequentielle Injektionen in gezielte Teile der vom Absenken betroffenen Böden verursacht werden, und indem vorteilhaft die Änderungen der chemischen und physikalischen Merkmale der behandelten Teile selbst durch einen Vergleich mit jenen der benachbarten Teile überwacht werden, die vom Absenken nicht betroffen sind und als Bezugsgrößen herangezogen werden; dies hat den einzigen materiellen Zweck, alle vorstehend erwähnten Nachteile zu vermeiden, die in den bis heute bekannten Betriebstechniken angetroffen werden.

Aus diesem Grund werden die nicht-homogenen und/oder nicht-gleichmäßigen Teile des Bodens festgestellt und mit Hilfe bekannter geophysikalischer Überwachungssysteme überwacht, deren Diagnostik sich nicht mit der Suche nach einem Nachweis zur Erhöhung der lasttragenden Kapazität der Böden beschäftigt, sondern dazu verwendet wird, auf sensitive Weise die Wirkung der Expansion der injizierten Harze in die Zielpunkte der behandelten Böden festzustellen, die zunächst nicht-gleichmäßig

aussehen und ein Absenken verursachen, wobei auf solche qualitative Beurteilungsparameter, wie elektrischer Widerstand und Leitfähigkeit, eingewirkt wird.

Die Erfindung löst das Problem durch ein Verfahren zum Homogenisieren und/ oder Neu-Homogenisieren der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Baugründen, welches jegliche unterschiedliche Bodenabsenkungen unter Gebäuden oder bebaubaren Zonen bekämpfen kann, und welches in der Ausführung einer Vielzahl von gezielten Löchern im Boden besteht, der sich abgesenkt hat oder geprüft werden muss, durch welche Löcher chemische Substanzen mit Spezialrohren injiziert werden können, selbst bei Vorhandensein von Wasser und/oder Feuchtigkeit, wobei diese Substanzen derart sind, dass sie befähigt sind: die Gewichts-/Volumens-Beziehungen der verschiedenen Phasen, die den Boden bilden, zu homogenisieren und die chemischen und die physikalischen Eigenschaften der behandelten Abschnitte mit jenen benachbarter Teile des Bodens auszugleichen, die als Bezugsgrößen herangezogen werden und von unterschiedlichen Absenkungen nicht betroffen sind, und die Anfangsbedingungen und Wirkungen zu prüfen, die durch das Auflegen auf dem Boden, einschließlich des zu homogenisierenden, einer Reihe von geoelektrischen Instrumenten-Überwachungselektroden erreicht wird, die getrennt und zweckmäßig von den Injektionsrohren beabstandet sind und dazu dienen, den elektrischen Widerstand und die Leitfähigkeit in vorbestimmten Raten vor, während und nach den Injektionen zu messen, bis die gewünschte Gleichförmigkeit der behandelten Bodenteile erreicht ist. Überdies werden das Definieren der Position der Injektionspunkte, die Menge der chemischen Produkte und die Reaktionseigenschaften dieser Produkte basierend auf den während der Ausführung in den Bereichen des Bodens vor und während der zielgerichteten Injektionen aufgezeichneten Effekten abgeschätzt und modifiziert, so dass die Bedingungen der behandelten Bereiche sequentiell verglichen werden mit den Bedingungen, die mit der

letzten vorgenommenen Injektion einhergegangen sind, bis die gewünschte Homogenisierung der behandelten Bereiche des Bodens erreicht ist. Das Verfahren bestimmt, dass, sobald die Werte der elektrischen Leitfähigkeit oder des elektrischen Widerstandes, die vorher in den Teilen des Bodens gemessen wurden, der von einem differentiellen Absenken betroffen ist, derart modifiziert werden, dass sie insgesamt mit jenen homogenisiert werden, die in den benachbarten Teilen des Bodens vorhanden sind, der vom Absenken nicht betroffen ist und als Bezugsgrößen herangezogen werden, das Ziel damit erreicht ist und die Injektionen von expandierenden Substanzen unterbrochen werden. Um unterschiedliche Setzungen des Bodens zu reduzieren oder zu entfernen, kann vorteilhaft und billig durch integrierte Wirkungssysteme interveniert werden, die gezielte Injektionen von chemischen Produkten hinzufügen, selbst teuren Produkten, die bei Anwesenheit von Wasser und/oder Feuchtigkeit wirksam sind, um eine direkte Kontrolle während der fortschreitenden Arbeit über die Wirkungen auszuüben, die mit Hilfe von dreidimensionalen tomographischen geoelektrischen Untersuchungen erzeugt werden, und die es gestatten, die erforderlichen Änderungen an dem Anfangsprojekt auf der Basis von Daten einzugeben, die in der Gesamtüberwachung ständig gemessen und mit jenen benachbarter Böden verglichen werden, die von dem Absenken nicht betroffen sind, um so direkt die Nachteile der primitiven Elemente, die im Verlaufe der Arbeit verfügbar sind, zu komplementieren und/oder zu korrigieren. Da überdies das angewendete Überwachungssystem die dreidimensionalen (3D) Niveaus erreicht, können die elektrischen Bedingungen des Bodens, die analysiert werden, gemeinsam mit resultierenden Effekten festgestellt werden, die durch die gezielten Injektionen von expandierenden Harzen erzeugt werden, selbst und besonders unterhalb der Aufstandszone von Gebäuden, ohne jegliches Erfordernis, irgendetwas zur traditionellen Inspektion und Diagnose auszugraben oder herunterzuziehen.

Schließlich werden mit Hilfe der Erfindung eine signifikante Reduktion und/oder ein gesamtes Verschwinden von differentiellen Bodensetzungen erzielt, um eine signifikante Optimierung der Endkosten und Vorteile mit über die Zeit bleibenden Resultaten und unter Vermeidung des unwillkürlichen Erzeugens anderer Probleme zu erreichen, die bei einem Versuch, die einzelnen Probleme zu lösen, unerwünschte Ungleichgewichtszustände im Boden verursachen könnten.

Weitere Vorteile können wie folgt in Betracht gezogen werden:

- hochgenaue Interventionen mit einem minimierten invasiven Charakter der Arbeitsvorgänge und geringer Störung des Gleichgewichtes der behandelten Böden
- die Möglichkeit, die erforderlichen Mengen und Eigenschaften der Produkte und/oder Produktgemische genauer zu definieren - selbst bei Expansionstypen - die werden müssen, als eine Funktion der Realwirkungen, die ständig gemessen werden, während die Arbeit in dem Satz von behandelten Bodenteilen fortschreitet;
- hochgenaue Messungen infolge der Verteilung von Elektroden, die verschieden und von traditionellen Injektionsrohren getrennt sind;
- die Optimierung der Interventionszeit;
- keine Ausgrabungen und/oder Abrissarbeiten;
- die Reduktion aller Nebeneffekte gegenüber den Gebäuden infolge der Expansion von Harzen und ihren mechanischen Wirkungen.

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen, welche die Erfindung nicht auf die offenbarten präzisen Formen beschränken, unter Bezugnahme auf die angeschlossenen Zeichnungen genauer beschrieben, in denen zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines Gebäudes/Bodenkontextes eines Beispiels des teilweisen Mangels an Homogenität des Bodens unterhalb eines Gebäudeteiles, und

Fig. 2 eine Schnittansicht des typischen Kontextes einer gezielten Injektionstechnik gemäß der Erfindung gemeinsam mit dem Detektieren, Überwachen und Datenverarbeitungssystemen.

Die Figuren zeigen ein praktisches Beispiel eines Gebäudes 1 mit einem Fundament 2, das in einem Boden 3 angeordnet ist, der nicht allgemein vom Absenken betroffen ist, außer in nicht homogenen Teilen/Volumina 4, deren Absenkung Risse 5 der Wände einer Ecke des Gebäudes verursacht hat.

Das Ziel der Erfindung besteht darin, mit gezielten Injektionen von chemischen Produkten, die selbst von expandierendem Typ sein können und auch bei Anwesenheit von Wasser und/oder Feuchtigkeit wirksam sind, in den erwähnten Teilen/Volumina 4 des nicht-homogenen und/oder nicht gleichmäßigen Bodens zu intervenieren, um in diesen mit überwachten aufeinanderfolgenden Schritten gleiche oder grundsätzlich entsprechende physikalische und chemische Eigenschaften zu erzeugen, somit Homogenität und/oder Gleichförmigkeit im Vergleich zu jenen der benachbarten Zonen 3 herzustellen, die bereits homogen und gleichförmig und vom Absenken nicht beeinflusst sind.

Zu diesem Zweck wird durch Anwendung von konventionellen Instrumenten das Verhalten des Bodens überwacht, der vor, während und nach den Injektionen analysiert wird. Dies wird durch die Anordnung zumindest eines Satzes von Elektroden 7 im Boden 3-4, auf der Oberfläche und/oder in Bohrlöchern durch die Fülllagen 6 erreicht, wobei die Elektroden vorzugsweise, aber nicht einschränkend aus rostfreiem Stahl statt aus Kupfer bestehen, da Kupfer es nicht gestattet, die elektrische Leitfähigkeit korrekt zu messen, weil er leicht oxidiert und sich deshalb zum Überwachen von Messungen über den Zeitablauf nicht eignet. Die Elektrodensätze 7 werden mit Mehrkanal-Geowiderstandsmessgeräten 8 verbunden, die eine Anzahl von vierpoligen Messungen gestatten, die durch das progressive Speisen mit

Energie von zumindest einem Elektrodenpaar durchgeführt werden, und die Berechnung des daraus folgenden elektrischen Potentials an anderen Polpaaren. Die Verwendung zumindest eines Mehrkanal-Geowiderstandsmessgerätes 8 wird bevorzugt, um Messungen sehr rasch durchzuführen, um den invasiven Charakter der Operationen zu minimieren und es zu gestatten, ein dreidimensionale Ermittlung über die analysierten Teile des Bodens vorzunehmen, bedingt durch verschiedene Kombinationen von Messungen, die ohne das Erfordernis von Ausgrabungen und/oder Abrissarbeiten durchgeführt werden, so dass Gesamtbeurteilungen der Änderungen der Widerstandsfähigkeit der behandelten Bodenteile im Vergleich zu diesen selbst und im Vergleich zu benachbarten Bodenteilen nicht durch Absenken beeinflusst werden und als Bezugsgrößen, selbst unterhalb von Gebäudeeinheiten, herangezogen werden können.

Die Überwachungselektrodensätze 7 sind gemäß den gezielten geometrischen Konfigurationen dem Teil 4 des Bodens benachbart angeordnet, so dass sie homogenisiert oder neu-homogenisiert werden können, auch hinsichtlich jener Teile 3, die von dem Absenken nicht beeinflusst sind und als Vergleichselemente dienen können. Die über die Oberfläche verteilten und vertikal tief eingesteckten Elektroden 7 sind vorzugsweise in einem ausreichenden gegenseitigen Abstand angeordnet, um sicherzustellen, dass eine geeignete Abdeckung des gesamten zu analysierenden Bodens erreicht wird. Die ordnungsgemäße Ausführung des in Frage stehenden Verfahrens nach dieser Patentbeschreibung erfordert, dass die Elektroden 7 an oder im Boden voneinander verschieden, getrennt und von den Löchern beabstandet angeordnet sind, die dazu dienen, als Injektionsrohre 9 für Produkte zu wirken (auch expandierende Produkte), wie beispielsweise Polyurethanharzen und Verbindungen. Der Grund dafür ist, dass die injizierten Produkte auf lokalem Niveau einen Anstieg des Kontaktwiderstandes verursachen, was es unmöglich macht, geeignete Ströme in das analysierte Medium zu

übertragen, und sollten die Elektroden 7 mit diesen in Kontakt kommen, würden sie einen unwiderbringbaren Verlust ihrer Detektionskraft erleiden. Somit sind die Elektroden 7 in dem jungfräulichen Grund verankert und, falls notwendig, befeuchtet, um sicherzustellen, dass eine elektrische Kontinuität mit dem Boden vorhanden ist. Spezialisierte Betätiger 10 verarbeiten die überwachten Daten über zumindest einen Personalcomputer, der mit spezieller Software ausgestattet ist, und als Ergebnis der Resultate werden andere Betätiger 11 eingesetzt, um die Produktinjektionen auszuführen, die aufgrund der Instruktionen des ersteren erforderlich sind in den Mengen und Kombinationen, wie sie zweckdienlich sind. Der Personalcomputer kann indifferent direkt an der Arbeitsstelle oder an einem anderen Ort angeordnet und mit dem Netzwerk, z.B. über das Internet, mit Mehrkanal-Detektionseinheiten 8 verbunden werden. Die Injektionssysteme können auf selbstbewegenden Mitteln 12 angeordnet sein.

Die Arbeitsdurchführung dieses Verfahrens besteht hauptsächlich aus den folgenden Hauptarbeitsstufen:

- a) Vorbereitung zumindest eines Satzes von Elektroden 7, die im jungfräulichen Grund verankert werden, der analysiert werden soll, und die mit zumindest einer Datenüberwachungs- und Verarbeitungseinheit verbunden sind, die zumindest ein Mehrkanal-Geowiderstandsmessgerät 8 und zumindest einen Personal Computer umfasst, der an der Arbeitsstelle oder an einem entfernten Ort mit einer Netzwerkverbindung angeordnet ist.
- b) Stromversorgung der Sätze von Elektroden 7 und Registrierung der Ausgangsspannung der Profilmessungen des elektrischen Verhaltens des zu analysierenden Bodens durch Verarbeitung mit Simulationsalgorithmen.
- c) Überwachung vor der Injektion, wodurch ermöglicht wird: dass die Anfangsbedingungen des Status des Volumens oder von Teilen/Volumina des Bodens analysiert werden, dass die einen geeigneten Homogenitätscharakter 3 aufweisenden Teile gefun-

den und identifiziert werden, gemeinsam mit jenen, die einer Absenkung 4 unterliegen können, und dass die Ursachen für diese Zustände gefunden werden, und sodann gestattet wird, dass die Anzahl und die Horizontal- sowie Vertikallage der Injektionspunkte, der Systemparameter, der Art und Merkmale der Injektionsprodukte oder Gemische gestaltet werden.

- d) Ausbilden von Löchern im Boden 4, die dazu bestimmt sind, die Volumina zu erreichen, die offensichtlich verschieden und nicht homogen sind, wie beispielsweise Teile mit unterschiedlichen Konzentrationen von Hohlräumen und Feuchtigkeit, im Vergleich zu den verbleibenden Teilen des homogenen Bodens 3, der vom Absenken nicht betroffen ist.
- e) Einführen in die erwähnten Löcher von Injektorrohren 9, die vorzugsweise mit statischen Mischern ausgestattet sind, wobei die Erfindung dadurch nicht beschränkt werden soll, und Ausführen der gezielten Injektionen in dem Boden gemäß den voreingestellten Sequenzen als Funktion von Daten, die durch einen Personalcomputer überwacht und verarbeitet werden; Injektionsprodukte, selbst expandierende, können Zweikomponenten-Polyurethanschäume oder äquivalente chemische Verbindungen sein.
- f) Bei Vorhandensein von mittleren bis hohen Wasserkonzentrationen im behandelten Untergrund kann jede überschüssige Feuchtigkeit und/oder Wasser durch eine effektiv gesteuerte Drainage entfernt werden, um das Austreiben aller überschüssigen Mengen zu begünstigen, wodurch eine unkorrekte Anordnung oder Konzentration in benachbarten Teilen des Bodens vermieden wird, möglicherweise auch unter Verwendung von Spezialrohren, die in die noch nicht verwendeten Injektionskanäle eingesetzt werden.
- g) Während Homogenisierungs- und/oder Neu-Homogenisierungsverfahren durchgeführt werden, setzt das Überwachungssystem auf Zeitbasis die Aufzeichnung der Variationen der geophysikalischen Parameter (Widerstand und Leitfähigkeit) des betreffenden Bodens oder Bodenteiles fort, wodurch ein konti-

nuierlicher und direkter *in situ* Vergleich mit vorherigen Ablesungen ermöglicht wird, und die Merkmale der Teile des homogenen Bodens 3, die vom Absenken nicht beeinflusst sind, als Bezugseinheiten herangezogen werden.

- h) Die aufgezeichneten Daten werden mit Hilfe zumindest eines Personalcomputers PC verarbeitet, der unter Verwendung von spezieller Software, einschließlich elektrischer Größen simulierende Algorithmen, graphische dreidimensionale Konfigurationen der Bodenvolumina erzeugt, die derzeit homogenisiert oder neu-homogenisiert werden und zu dem betreffenden Zeitpunkt direkt vor Ort gemäß ihrer geophysikalischen und geolithologischen Eigenschaften verfügbar sind. Die Interpretation der Daten basiert auf dreidimensionalen Verarbeitungsmethoden der Fertigelemente, die detaillierte Rekonstruktionen des Untergrund-Widerstandes und der Leitfähigkeitsverteilung liefern. Die graphische Anzeige an Ort und Stelle wird für die Bedienungspersonen direkt durch Bilder, die auch vom volumetrischen Typ sein können, auf dem Personalcomputer geliefert, wobei die Isolinien der gemessenen elektrischen Parameter transferiert werden, so dass in einer raschen und vorteilhaften Weise die Entwicklung der Effekte, die während des Ausführens der Injektionen in den Boden produziert werden, leicht und intuitiv durch Vergleich der Resultate mit den vorangegangenen Bildern überprüft werden können. Die spezielle Software ist auch in einer Position, um die Prozentvariationen der gemessenen Parameter graphisch zu extrapolieren, wodurch eine Beschleunigung des Verständnisses und der Studien erreicht wird.
- i) Basierend auf den Vergleichen zwischen den Messungen, die zu verschiedenen und aufeinanderfolgenden Zeitpunkten durchgeführt werden, können erfahrene Techniker während der Ausführung die Projektinjektionsparameter durch Bewertung der letzten aufgezeichneten Daten und der nachfolgenden Intervention mit gezielteren Injektionen korrigieren und/oder modifizieren, indem auf die physikalischen und mechanischen

Parameter der Injektionssysteme eingewirkt wird, wie: Injektionspunkte, Temperaturen, Druckwerte, Zeitwerte, Menge der injizierten Produkte, Injektionsproduktarten, Mischungsniveau (falls vorhanden), Dichte usw.

Es sei auch klargestellt, dass das in Frage stehende System und die Laserniveaus außerhalb des Bodens ausschließlich dazu verwendet werden, um mögliche Deformationen zu überwachen, welche die Strukturen beeinträchtigen und nicht, was falsch wäre, als Hauptziel angesehen werden, da die Intervention nur dann als beendet angesehen wird, wenn der behandelte Boden erfolgreich homogenisiert wird, das heißt, wenn die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften des behandelten Volumens 4 nahe an den gemessenen über die Gebäudezonen und Gebäuböden sind, die vom Absenken 3 nicht beeinflusst sind, oder andere Ursachen, die Störungen im Boden unterhalb der Gebäude und/oder bebaubaren Zonen verursachen.

Dieses Verfahren verfolgt nicht nur einfach das Ziel, zu verstehen, wo die injizierten Produkte angewendet werden müssen, sondern auch hauptsächlich die erzeugten Wirkungen während der gezielten Injektionen zu verstehen, um möglicherweise während der Ausführung alle Aktionen vorzunehmen, die erforderlich sind, um die geforderten Homogenisierniveaus zu erreichen, um dadurch ein differentielles Absenken zu reduzieren oder zu eliminieren, indem konzeptuell und operativ die Überwachung weiter geführt wird, während die Arbeit stattfindet, aus "außerhalb des Bodens" (übliche Laserniveaus) zu "im Boden", nämlich innerhalb des Bodenvolumens, das mit dreidimensionalen tomographischen geoelektrischen Scannern vor, während und nach der Arbeit behandelt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Homogenisieren und/oder Neu-Homogenisieren der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Baugründen und/oder Gebäudebereichen im Allgemeinen, um jegliches unterschiedliches Absenken von Gebäuden zu unterbinden, umfassend die Schritte:

- Einbringen erster Injektionen chemischer Produkte in den Boden, wobei die Injektionen in solchen Bereichen des Bodens (4) vorgenommen werden, die sich als nicht-homogen und/oder ungleichmäßig im Vergleich zu Nachbarbereichen (3) erweisen, wobei Letztere homogen und gleichmäßig sind, nicht durch Absenkungen betroffen sind und als Referenzbereiche dienen, um die Eigenschaften der vorgenannten Bereiche des Bodens (4) zu ändern;

dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Überwachen dieser Baugründe und/oder Gebäudebereiche im Allgemeinen bei gegebenen Häufigkeiten und nach Maßgabe fester Muster vor, während und nach den erwähnten ersten Injektionen unter Verwendung integrierter elektrischer Tomographiesysteme, um die Änderungen in chemischen und physikalischen Eigenschaften der behandelten Bereiche selbst durch Vergleich mit jenen Bereichen, die als Referenzbereiche verwendet werden, nachzuweisen;

- Modifizieren der Parameter der Erstinjektionen, bis die chemischen und physikalischen Eigenschaften der behandelten Bereiche selbst gemäß Vergleich mit den als Referenzbereichen verwendeten Bereichen homogen und/oder gleichförmig gemacht sind und zu den erwähnten Nachbarbereichen (3) passen oder diesen ähnlich sind;

- gegebenenfalls Ausführen nachfolgender zielgerichteter Injektionen, deren Höhen, Mengen und spezifische Eigenschaften, die möglicherweise auch von den vorausgehenden Aktionen verschieden sind, eine Funktion der Effekte sind, die an dem behandelten Boden beobachtet wurden, bis die gewünschte Homogenität und/oder Gleichförmigkeit erreicht ist, wobei das Definieren der Position der Injektionspunkte, die Menge der chemischen Produkte und die

Reaktionseigenschaften dieser Produkte basierend auf den während der Ausführung in den Bereichen des Bodens (4) vor und während der zielgerichteten Injektionen aufgezeichneten Effekten abgeschätzt und modifiziert werden, und dass die Bedingungen der behandelten Bereiche sequentiell verglichen werden mit den Bedingungen, die mit der letzten vorgenommenen Injektion einhergegangen sind, bis die gewünschte Homogenisierung der behandelten Bereiche des Bodens (4) erreicht ist, verglichen mit den Eigenschaften der erwähnten Bereiche des Bodens (3), die nicht durch irgendeine Absenkung beeinträchtigt sind und als Referenzbereiche verwendet werden, und das Verfahren abgeschlossen wird, wenn die Werte des elektrischen Widerstands und der Leitfähigkeit, die in den Bereichen des Bodens (4) gemessen werden, die der Injektionsbehandlung unterzogen wurden, sich als homogen und/oder vergleichbar zu jenen der nicht durch Absenkung betroffenen Nachbarbereiche des Bodens (3) erweisen.

2. Verfahren zum Homogenisieren und/oder Neu-Homogenisieren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Überwachen (7) dreidimensional (3D) erfolgt und auf die Echtzeitüberwachung der Bedingungen des analysierten Bodens und der diesem durch die Injektionen vermittelten Effekte abzielt.

3. Verfahren zum Homogenisieren und/oder Neu-Homogenisieren nach Ansprüchen 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionen der benötigten Chemikalien durch in den Boden eingebrachte Löcher für Spezialleitungen (9) erfolgt, wobei diese Injektionen gemäß voreingestellten Häufigkeiten als Funktion von Daten erfolgen, die von einem elektronischen Rechner (PC) überwacht und verarbeitet werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die injizierten Chemikalien expandierende Harze oder Zweikomponenten-Polyurethanschäume sind.

5. Verfahren zum Homogenisieren und/oder Neu-Homogenisieren nach den vorgehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass das Überwachen mit Häufigkeiten und nach Maßgabe voreingestellter

Muster vor, während und nach der erwähnten gezielten Injektionsvorgänge mindestens einen Satz von Elektroden (7) für geoelektrische Messapparate beinhaltet, eingeführt in die Oberfläche oder in Bohrlöcher in den zu analysierenden Böden bei möglicher Behandlung (3-4), und angeschlossen an mindestens ein Mehrkanal-Geowiderstandsmessgerät (8) zum Erfassen einer Menge von Vierpol-Messungen durch das progressive Erregen mindestens eines Elektrodenpaars und die Abschätzung des nachfolgenden elektrischen Potentials an Polpaaren; wobei die erwähnte Mehrkanalanordnung (8) an mindestens einen elektronischen Rechner (PC) angeschlossen ist, der ausgerüstet ist mit Spezialsoftware, welche Algorithmen umfasst, welche die elektrischen Eigenschaften der Böden simulieren, und die direkt bei der Abschätzung der dreidimensionalen graphischen Konfiguration der der Behandlung ausgesetzten Böden oder Bodenbereiche arbeiten.

Fig. 1

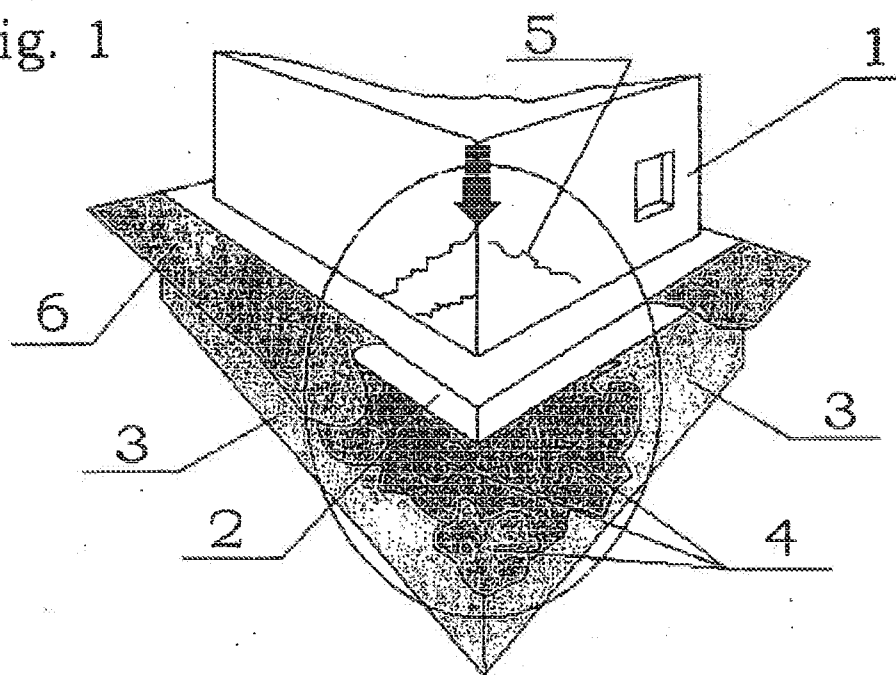


Fig. 2

