



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 273 714 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.01.2003 Patentblatt 2003/02

(51) Int Cl.7: **E02D 3/08**

(21) Anmeldenummer: **02014509.0**

(22) Anmeldetag: **01.07.2002**

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

(72) Erfinder:
• **Berg, Joachim, Dipl.-Ing.
63150 Heusenstamm (DE)**
• **Priebe, Heinz, Dipl.-Ing.
29389 Bodenteich (DE)**

(30) Priorität: **07.07.2001 DE 10133121**

(74) Vertreter: **Neumann, Ernst Dieter, Dipl.-Ing. et al
Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,
Brandstrasse 10
53721 Siegburg (DE)**

(71) Anmelder: **KELLER GRUNDBAU GmbH
63067 Offenbach (DE)**

(54) **Verfahren zur Verdichtung von Böden**

(57) Verfahren zum Verdichten von rolligen Böden zum Zweck der Baugrundverbesserung bzw. -stabilisierung durch nach einem Raster durchgeführte Verdichtungsvorgänge, die jeweils mit den folgenden Verfahrensschritten ausgeführt werden:

- ein Tiefenrüttler (11) wird von der Bodenoberfläche

(21) aus in den Boden eingerüttelt;

- der Tiefenrüttler wird rüttelnd unter Verdichtung des Bodens nach oben gezogen;
- als Zugabematerial wird während des Ziehens des Tiefenrüttlers von der Oberfläche aus zumindest phasenweise faserversetztes rolliges Material zugegeben.

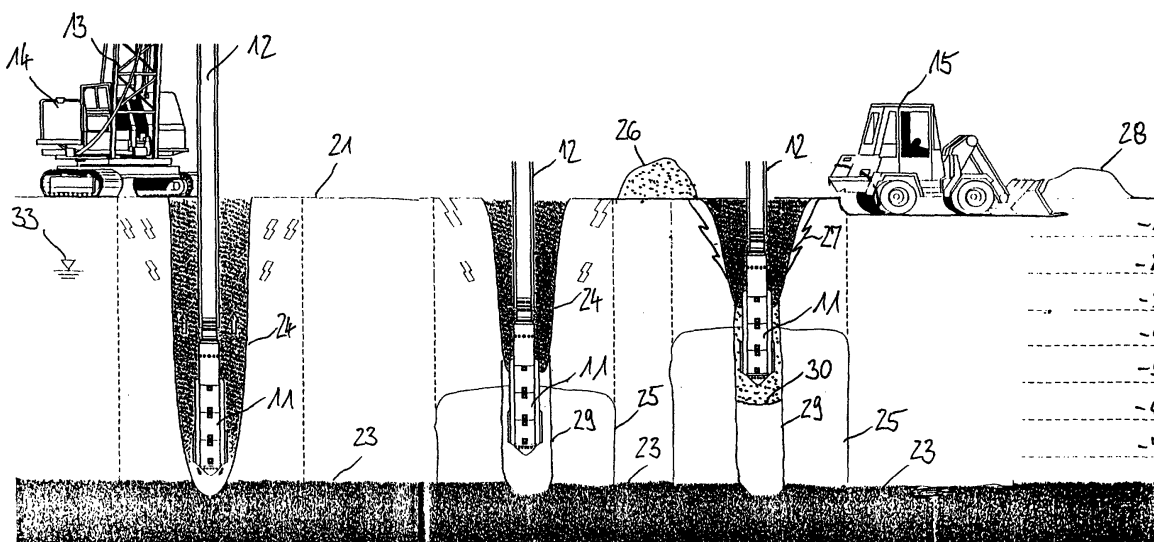


FIG.1

FIG.2

FIG.3

EP 1 273 714 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verdichten von rolligen Böden zum Zweck der Baugrundverbesserung bzw. -stabilisierung durch nach einem Raster durchgeführte Verdichtungsverfahren, bei denen ein Tiefenrüttler von der Bodenoberfläche aus in den Boden eingerüttelt wird und der Tiefenrüttler unter Verdichtung des Bodens rüttelnd nach oben gezogen wird, wobei als Füllmaterial von der Oberfläche aus rolliges Material zugegeben wird. Solche Verfahren werden unter der Bezeichnung Rütteldruckverdichtung/Vibro Compaction von der Anmelderin seit langem durchgeführt. Die Anwendbarkeit dieses Verfahrens erstreckt sich auf alle rolligen und damit verdichtbaren Böden. Als Zugabematerial wird ebenfalls rolliges Material verwendet und zwar vorrangig Sand oder Kies-Sand-Gemische. Das Zugabematerial füllt die um den Tiefenrüttler herum infolge Einspülung und Bodenverdichtung entstandenen Bodentrichter auf und bildet selber verdichtete Bodenkörper. Die weit über diese Bodenkörper aus Zugabematerial hinausgehenden Verdichtungsgebiete im gewachsenen Boden überschneiden einander durch die Rasteranordnung der Verdichtungsverfahren, so daß der Boden nach Abschluß des Verfahrens insgesamt verdichtet ist.

[0002] Ist der gewachsene Boden, der zu verdichten ist, aus Sand und/oder wird Sand als Füllmaterial verwendet, ist zu berücksichtigen, daß aufgrund des geringeren Reibungswinkels von Sand die Eigenschaften auch des verdichteten Bodens noch mäßig sind, insbesondere ist mit Setzungserscheinungen unter Fundamenten zu rechnen. Besonders die oberen 2 bis 3 m verdichteten Bodens haben häufig nicht die gewünschten Eigenschaften.

[0003] Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der genannten Art vorzuschlagen, das auch bei weniger tragfähigen Böden zu befriedigenden Ergebnissen führt. Die Lösung besteht darin, daß als Zugabematerial während des Ziehens des Tiefenrüttlers von der Oberfläche aus zumindest phasenweise faserversetztes rolliges Material zugegeben wird. Zumindest ab einer bestimmten Tiefe unter der späteren Fundamentsohle bis in Oberflächennähe soll faserversetztes Zugabematerial verwendet werden. Als Zugabematerial wird hierbei bevorzugt bindemittelfreies Material, insbesondere Sand oder Kies-Sand-Gemische verwendet. Die beigemischten Fasern können Stahlfasern, Glasfasern oder Kunststofffasern sein. Als solches bekannt sind multifile Fasern, gespleißte Fasern, Faserbündel oder kleine Fasernetze, die aufgrund der sogenannten Faserkohäsion zu einer Erhöhung der Scherfestigkeit des Grundmaterials führen. Eine günstige Länge der einzelnen Fasern liegt in der Größenordnung von 50 mm. Fasern aus Polypropylen haben dabei eine Dichte von etwa 0,9 kg/dm³. Die Zuschlagmenge kann bei Kunststofffasern in der Größenordnung von 1 bis 3 kg Fasern je m³ Zugabematerial betragen. Der Ko-

häsionswert des faserbewehrten Zugabematerials sollte zwischen 5 und 50 kN/m², insbesondere zwischen 10 und 30 kN/m² liegen. Das Rastermaß, nach dem die einzelnen Verdichtungsverfahren ausgeführt werden, kann zwischen 2 und 5 m liegen.

[0004] In bevorzugter Ausführung wird vorgeschlagen, daß phasenweise, insbesondere in tragfähigen Bodenschichten (Tragschichten) faserfreies Zugabematerial zugegeben wird. Da die Faserzuschläge einen Kostenfaktor darstellen, ist hiermit eine äußerst sparsame Verwendung möglich, ohne die ausreichende Tragfähigkeit des verdichteten Bodens zu beeinträchtigen.

[0005] Es ist günstig, den Tiefenrüttler jeweils bis in eine tragfähige Bodenschicht einzurütteln.

[0006] Das wesentliche Merkmal des Verfahrens besteht darin, daß die Stabilität des Bodens durch Einsatz von Zugabematerial mit einer Faserbewehrung überall dort verbessert wird, wo eine Zugabe herkömmlichen unbewehrten Materials nicht zur gewünschten Verbesserung des Bodens durch Verdichtung führt.

[0007] Die Verdichtung des Bodens erfolgt in grundsätzlich bekannter Rütteldrucktechnik mittels eines Tiefenrüttlers. Die Faserzumischung zum Zugabematerial erfolgt an der Oberfläche. Fasermaterial wird in bestimmte Sand- oder Kieschargen eingemischt. Je nach vorliegender Bodenschicht kann unbewehrtes Zugabematerial oder faserbewehrtes Zugabematerial in den entstehenden Rüttlerkrater/Rütteltrichter zugegeben werden.

[0008] Grundsätzlich ist es möglich, mit von unten nach oben zunehmendem Faserbewehrungsanteil im Zugabematerial zu arbeiten, da die Tragfähigkeit des Bodens bei gleichbleibender Bodenbeschaffenheit nach oben abnimmt.

[0009] Der Verfahrensablauf beruht weitgehend auf der bekannten Rütteldrucktechnik, bei der der Tiefenrüttler jeweils um einen Höhenabschnitt unter Zugabe von Zugabematerial im Rüttelloch gezogen wird und dann zur Verdichtung des zugeführten Materials eine Zeitlang auf einer Tiefe gehalten wird oder auch wieder um einen Teilabschnitt eingerüttelt wird.

[0010] Mit dem erfindungsgemäßen Verdichtungsverfahren können tragfähige Böden hergestellt werden, die sofort nach Fertigstellung belastet werden können. Aufgrund ihrer Herstellungsweise mit faserbewehrtem Zugabematerial sind nur geringe Setzungen bei dem Aufbringen von Lasten zu erwarten.

[0011] Vor der Durchführung des Verfahrens ist ein detaillierter Baugrundaufschluß erforderlich. Insbesondere zur Festlegung der erforderlichen Faserbewehrungsabschnitte werden vorzugsweise in einem engen Raster Sondierungen ausgeführt.

[0012] Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Säulen sind in den Zeichnungen dargestellt, die anschließend beschrieben werden.

Figur 1 zeigt das Einfahren eines Tiefenrüttlers in den Boden unter Spülwasserzugabe zur Bil-

dung eines Bodentrichters;

Figur 2 zeigt das Ziehen des Tiefenrüttlers unter Ausbildung eines verdichteten Bodenbereichs;

Figur 3 zeigt das Zugeben von Zugabematerial, in dem durch Bodenverdichtung erweiterten Bodentrichter in einem späterem Stadium;

Figur 4 zeigt ein Raster zur Durchführung einzelner Verdichtungsvorgänge mit nach Dreiecken angeordneten Zentren;

Figur 5 zeigt ein Raster zur Durchführung einzelner Verdichtungsvorgänge mit nach Quadraten angeordneten Zentren.

[0013] In Figur 1 ist in einem vertikalen Schnitt durch den Boden ein Tiefenrüttler 11 gezeigt, der unten an einem Gestänge 12 angeordnet ist, das seinerseits an einem Kranausleger 13 eines Baggers/Raupenfahrzeugs 14 angehängt ist. Der Tiefenrüttler ist von der Bodenoberfläche 21 in eine Bodenschicht 22 aus weniger tragfähigen rolligen Material eingerüttelt und hat mit seiner Spitze eine tragfähige Bodenschicht 23 erreicht. Durch Zugabe von Spülwasser unter hohem Druck ist um den Rüttler herum ein etwa paraboloider Bodentrichter 24 entstanden, der von Boden freigespült ist. Um dieses Ergebnis zu erreichen, ist der Tiefenrüttler 11 gegebenenfalls mehrfach auf und ab zu bewegen. Mit einem Dreieck 33 ist der Grundwasserspiegel markiert. Mit Z-Symbolen sind Scherkegel angedeutet.

[0014] In Figur 2 ist der Tiefenrüttler 11 in einer späteren Phase des Verdichtungsvorganges gezeigt, bei dem der Rüttler teilweise in der Bodenschicht 22 zurückgezogen ist und um den Tiefenrüttler herum ein Verdichtungsgebiet 25 von etwa zylindrischer Form entstanden ist. Durch die in diesem Bereich bewirkte Bodenverdichtung ist Material des gewachsenen Bodens nachgerutscht, so daß sich der Bodentrichter 24 nach oben erweitert hat. Ein Teil der durch die Verdichtung entstandenen Fehlmenge ist bereits durch von der Bodenoberfläche zugegebenes Zugabematerial aufgefüllt und bildet einen verdichteten Bodenkörper 29.

[0015] In Figur 3 ist der Verdichtungsvorgang in einer nochmals späteren Phase gezeigt, wobei der Tiefenrüttler 11 nochmals weiter nach oben gezogen ist und sich der Verdichtungsgebiet 25 nach oben vergrößert hat. Der Bodenkörper 29 aus Zugabematerial besteht oberhalb einer Grenzlinie 30 aus faserbewehrtem Zugabematerial. Eine Charge faserbewehrtes Zugabematerial 26 ist an der Bodenoberfläche aufgeschüttet, um in den Bodentrichter 24 eingegeben zu werden. Ein markierter Bodenbereich 27 am Trichterrand des Bodentrichters bezeichnet gewachsenes fasernloses Bodenmaterial, das während der Verdichtung in den Bodentrichter 24 nachrutscht. Ein Abraumhügel 28 an der Bodenoberflä-

che stellt von einem Erdbewegungsfahrzeug 15 abgehobenen Boden dar, da nach dem Abschluß der Verdichtung die Bodenoberfläche auf Planhöhe gebracht wird. Tiefenangaben in Meter beziehen sich auf das Ursprungsniveau.

[0016] Nach dem vollständigen Auffüllen des Bodentrichters 24 kann die Oberfläche zuerst planiert und dann mit einem Oberflächenverdichter behandelt werden. Es bleibt ein verdichteter faserbewehrter Körper 29 aus Zugabematerial im insgesamt verdichteten Boden nachweisbar.

[0017] In Figur 4 sind über eine Fläche verteilte Verdichtungsgebiete 25 in Draufsicht erkennbar, wobei jeweils ein Mittelpunkt die Achsenlage des Tiefenrüttlers beim entsprechenden Verdichtungsvorgang bezeichnet. Die Zentren sind unter einer Fundamentplatte 31 nach einem Dreiecksraster angeordnet.

[0018] In Figur 5 sind fünf einzelne Verdichtungsgebiete 25 in Draufsicht erkennbar, wobei jeweils ein Mittelpunkt die Achsenlage des Tiefenrüttlers beim entsprechenden Verdichtungsvorgang bezeichnet. Die Zentren sind nach einem quadratischen Raster angeordnet. Mit 30 ist ein Einzelfundament 32 über der Gruppe von fünf Verdichtungsgebieten 25 gezeigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdichten von rolligen Böden zum Zweck der Baugrundverbesserung bzw. -stabilisierung durch nach einem Raster durchgeführte Verdichtungsvorgänge, die jeweils mit den folgenden Verfahrensschritten ausgeführt werden:

- ein Tiefenrüttler (11) wird von der Bodenoberfläche (21) aus in den Boden (22) eingerüttelt;
- der Tiefenrüttler (11) wird rüttelnd unter Verdichtung des Bodens (22) nach oben gezogen;
- als Zugabematerial wird während des Ziehens des Tiefenrüttlers (11) von der Oberfläche (21) aus zumindest phasenweise rolliges Material (26) zugegeben, das mit Fasern versetzt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** während des Ziehens des Tiefenrüttlers (11), insbesondere in tragfähigen Bodenschichten, phasenweise rolliges Material zugegeben wird, das nicht mit Fasern versetzt ist.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Tiefenrüttler (11) bis in eine tragfähige Bodenschicht (23) in den Boden (22) eingerüttelt wird.

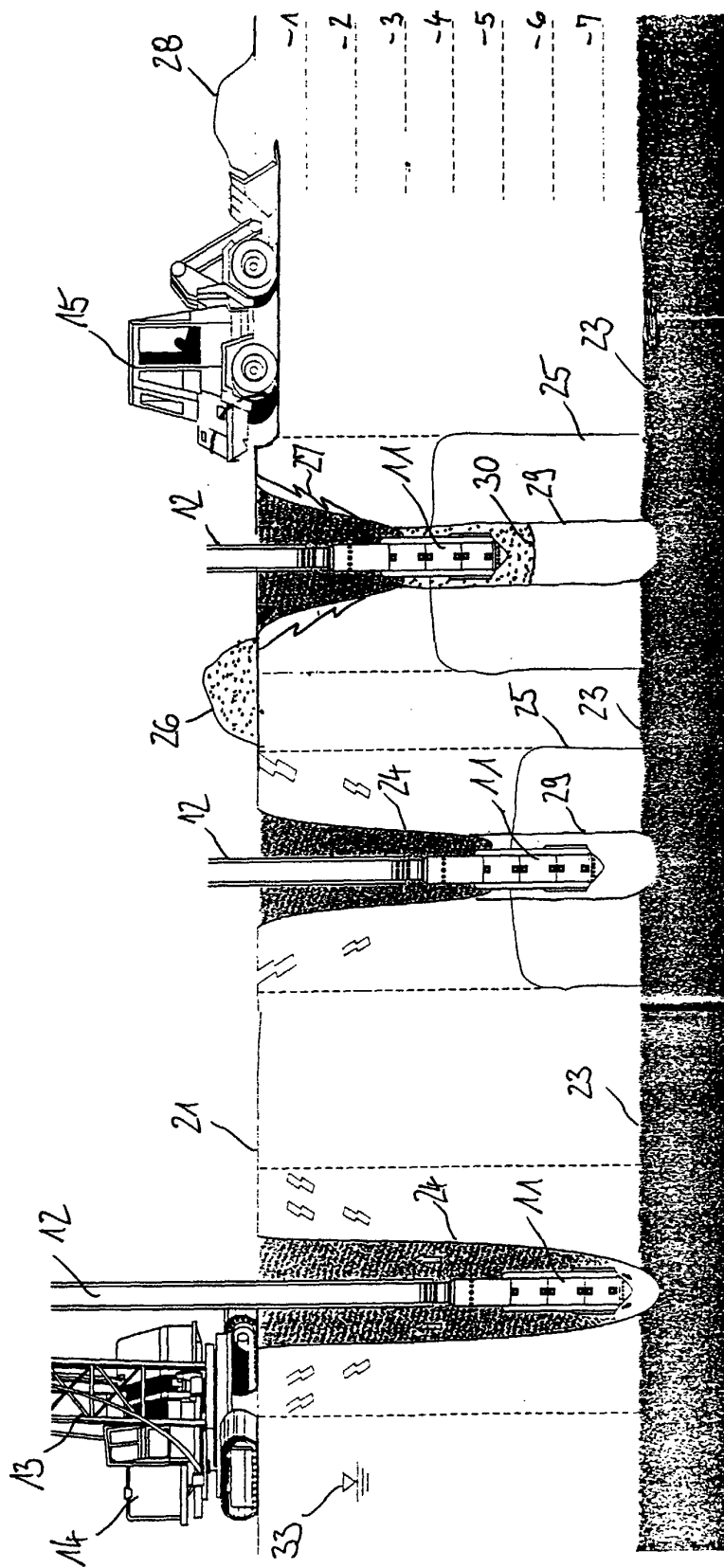
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** während des Ziehens des Tiefenrüttlers (11)

rolliges Material (26), das mit einem zunehmend höherem Faseranteil versetzt ist, zugegeben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß bindemittelfreies Material, insbesondere Sand oder Kies-Sand-Gemische, als Zugabematerial (26) verwendet wird. 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß Stahlfasern, Glasfasern oder Kunststofffasern verwendet werden, insbesondere mit einer Länge von ganz ungefähr 50 mm, also etwa 25-75 mm. 10
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß 0,5 bis 5 kg, insbesondere 2-3 kg Fasern je m³ Zugabematerial zugegeben werden. 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß mit Fasern versetztes Zugabematerial mit einem Kohasionswert von 5-50 kN/m², insbesondere von 10-30 kN/m² verwendet wird. 20
9. Boden, der zum Zweck der Baugrundverbesserung bzw. -stabilisierung nach einem Raster verdichtet ist, in dem Körper aus verdichtetem rolligem Zugabematerial eingebaut sind,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Körper (29) zumindest teilweise aus rolligem Material, das mit Fasern versetzt ist, bestehen. 25
10. Boden nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Körper (29) Schichten aus Material aufweisen, das nicht mit Fasern versetzt ist. 30
11. Boden nach einem der Ansprüche 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Körper (29) in einer tragfähigen Bodenschicht (23) gründen. 35
12. Boden nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Körper (29) von unten nach oben zunehmenden Faseranteil ausweisen. 40
13. Boden nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Körper (29) die Form von spitzen Kegeln mit untenliegender Spitze oder Paraboloiden mit untenliegendem Scheitelpunkt haben. 45
14. Stopfsäule nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Fasern Stahlfasern, Glasfasern oder 50

Kunststofffasern sind, insbesondere solche mit einer Länge von ganz ungefähr 50 mm, also etwa 25-75 mm.

- 5 15. Stopfsäule nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
daß 0,5 bis 5 kg, insbesondere 2-3 kg Fasern je m³ Zugabematerial in dem mit Fasern versetztem Zugabematerial enthalten sind.
- 10 16. Stopfsäule nach einem der Ansprüche 9 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
daß sie im Bereich des mit Fasern versetzten Zugabematerials einen Kohasionswert von 5-50 kN/m², insbesondere von 10-30 kN/m² hat. 15



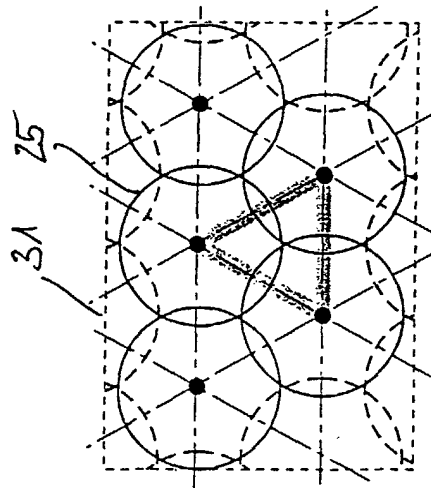


FIG. 4

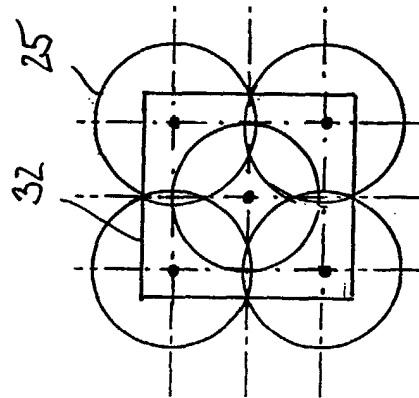


FIG. 5