



(10) **DE 10 2019 131 051 A1** 2021.05.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 131 051.2**
(22) Anmeldetag: **18.11.2019**
(43) Offenlegungstag: **20.05.2021**

(51) Int Cl.: **B28B 23/02 (2006.01)**
E04C 2/06 (2006.01)
B28B 13/02 (2006.01)
E04B 1/04 (2006.01)
E04C 1/00 (2006.01)
E04C 5/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
AEDITIVE GmbH, 22844 Norderstedt, DE

(74) Vertreter:
**Heeschen Pültz Patentanwälte PartGmbH, 22297
Hamburg, DE**

(72) Erfinder:
Lindemann, Hendrik, 20355 Hamburg, DE;
**Gerbers, Roman, 22301 Hamburg, DE; Nolte,
Niklas, 22081 Hamburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

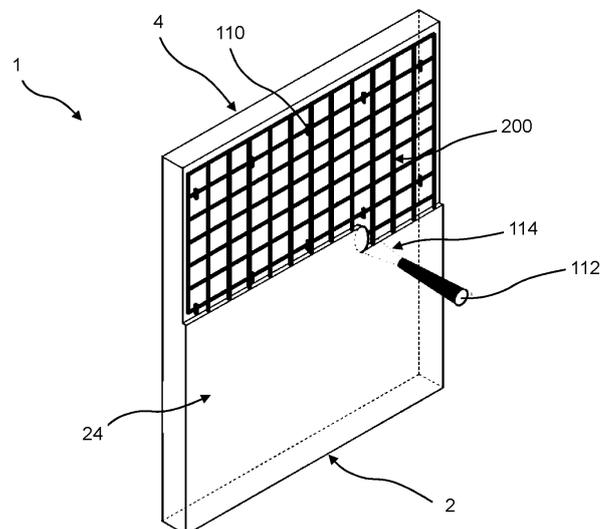
DE	10 2005 062 406	A1
US	2010 / 0 257 792	A1
US	2017 / 0 203 468	A1
EP	3 431 172	A1
WO	2005/ 070 657	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils, bewehrtes Betonbauteil und Fertigungssystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils (1, 1'), insbesondere eines generativ hergestellten, bewehrten Betonbauteils (1, 1'), ein bewehrtes Betonbauteil, das insbesondere mit einem generativen Verfahren hergestellt ist, und ein Fertigungssystem zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils (1, 1'), insbesondere eines generativ hergestellten Betonbauteils (1, 1'). Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils (1, 1'), umfassend: Erzeugen einer ersten Betonschicht (20) und einer zweiten Betonschicht (22) mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren, Anordnen eines Positionierungselements (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) zum Befestigen einer Bewehrungseinheit (200), wobei das Positionierungselement mit einem Tragabschnitt (106) zwischen der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) angeordnet ist und mit einem Befestigungsabschnitt (108) von der ersten Betonschicht und von der zweiten Betonschicht (22) herausragt, Anordnen von mindestens einer Bewehrungseinheit (200) zum Bewehren des Betonbauteils (1, 1') an dem Positionierungselement, und vorzugsweise Erzeugen einer Betondeckungsschicht (24) an der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht (22) derart, dass die Bewehrungseinheit (200) im Wesentlichen mit Beton bedeckt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils, insbesondere eines generativ hergestellten, bewehrten Betonbauteils, ein bewehrtes Betonbauteil, das insbesondere mit einem generativen Verfahren hergestellt ist, und ein Fertigungssystem zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils, insbesondere eines generativ hergestellten Betonbauteils.

[0002] Bewehrte Betonbauteile sind grundsätzlich bekannt. Zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils oder eines bewehrten Betonabschnitts wird zunächst eine Bewehrung, in der Regel in Form eines Bewehrungskorbs, errichtet. Damit sich die einzelnen Bewehrungsstäbe im fertigen Betonteil an einer vordefinierten Position befinden und während des Betonierens ihre Position im Wesentlichen nicht verändern, werden die einzelnen Bewehrungsstäbe in der Regel mit einem Bindedraht miteinander verbunden. Dieses Befestigen mittels des Bindedrahts wird auch als Rödeln bezeichnet.

[0003] Um den Bewehrungskorb herum wird eine Schalung vorgesehen, die üblicherweise die Außenkontur des herzustellenden Betonbauteils als Innenkontur aufweist. Beim Einfüllen des Betons wird der Bewehrungskorb durch den Beton im Wesentlichen vollständig umhüllt. In der Regel ist eine Mindestdicke an Beton zwischen den einzelnen Komponenten des Bewehrungskorbs und der Außenfläche des Betonbauteils vorzusehen, damit der üblicherweise aus Stahl bestehende Bewehrungskorb durch den Beton vor Korrosion geschützt ist. Um diesen Mindestabstand sicherzustellen, werden üblicherweise zwischen der Bewehrung und der Schalung Abstandhalter eingebaut, die beispielsweise aus Kunststoff oder aus Beton bestehen. In der Fachwelt ist es bekannt, Betonbauteile nicht derart zu konstruieren, dass Komponenten der Bewehrung aus dem Beton herausstehen, da diese korrodieren können und die Korrosion in das Innere des Betonbauteils gelangen kann und dort die Festigkeit der Bewehrung reduziert.

[0004] Bewehrte Betonbauteile haben den Vorteil, dass die Zug- und Druckkräfte von unterschiedlichen Materialien abgetragen werden. Beton hat vorteilhafte Werkstoffeigenschaften, um Druckkräfte aufzunehmen, jedoch sind die Werkstoffeigenschaften zur Aufnahme von Zugkräften lediglich bedingt geeignet. In bewehrten Betonbauteilen übernimmt die Bewehrung die Abtragung der Zugkräfte. Infolgedessen kann ein bewehrtes Betonbauteil in vorteilhafterweise Druckkräfte durch den Beton und Zugkräfte durch die in der Regel aus Stahl bestehende Bewehrung aufnehmen.

[0005] Im Stand der Technik ist es bekannt, eine Stahlbewehrung für Betonbauteile einzusetzen, die

unterschiedlichen Lastfällen, insbesondere Zug- und Druckkräften, ausgesetzt sind. Bewehrte Betonbauteile werden bis heute im Wesentlichen konventionell hergestellt, d.h. zunächst wird eine Schalung aufgebaut, eine Bewehrung in Form eines Bewehrungskorbs wird hergestellt und anschließend wird der von der Schalung ausgebildete Raum, in dem sich der Bewehrungskorb befindet, mit Beton aufgefüllt.

[0006] Im Bereich der Herstellung von Kunststoffteilen und von Metallbauteilen werden generative Fertigungsverfahren industriell angewendet. Die generative Fertigung, auch als 3D-Druck bezeichnet, für Betonbauteile befindet sich im Wesentlichen noch im Entwicklungsstadium. Generative Verfahren für Betonbauteile sind beispielsweise Verfahren basierend auf Extrusion, oder auf selektiver Bindung, und weitere alternative Betonablageverfahren, die schichtweise den Beton auftragen. Darüber hinaus gibt es Verfahren, bei denen die Schalung generativ hergestellt wird. Ein weiteres Verfahren mit wesentlichen Vorteilen gegenüber den im Vorherigen genannten Verfahren ist das Spritzen von Beton.

[0007] Ein Vorteil der generativen Verfahren zur Herstellung von Betonbauteilen besteht darin, dass diese Verfahren grundsätzlich automatisierbar sind. Der generative Aufbau von Betonbauteilen erschwert jedoch die Anwendung des klassischen Bewehrungsprinzips mit einem Bewehrungskorb, der nach dem Einsetzen in eine Schalung mit Beton aufgefüllt wird, zu verwenden. Da insbesondere die Bewehrung in der Regel nicht schlaff ausgebildet ist, sondern nach geltenden Normen eine Spannung aufzuweisen hat, stellt die Bewehrung von generativ hergestellten Betonbauteilen eine Herausforderung dar. Ferner bestehen Verfahren, die einen automatisierten Betonauftrag und ein manuelles Anordnen der Bewehrung vorsehen. Darüber hinaus bestehen Konzepte, bei denen das Betonbauteil hinsichtlich seiner Geometrie spezifisch auf die Anordnung von Bewehrung ausgelegt ist.

[0008] Diese Verfahren haben den Nachteil, dass diese entweder einen hohen manuellen Aufwand und/oder eine Modifikation des Bauteils erfordern. Ein weiterer Nachteil vieler bestehender Konzepte ist, dass die Bewehrung im Wesentlichen nicht an der im Vorherigen genannten, vordefinierten Position gehalten wird, so dass diese Bauteile nicht normgerecht sind. Insbesondere ist es ein Nachteil der vorbekannten Verfahren, dass die Bewehrung im Wesentlichen lediglich zwischen den Betonschichten einlegbar ist und somit lediglich in einer Ebene wirken kann.

[0009] Bei der Herstellung von bewehrten Betonbauteilen ist darüber hinaus die Realisierung gewünschter Festigkeiten hinsichtlich Zug- und Druckkräften erforderlich. Darüber hinaus sind die Bauteile mit geringen Kosten herzustellen, um den hohen Anforderun-

gen an die Wirtschaftlichkeit im Baugewerbe gerecht zu werden.

[0010] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils, insbesondere eines generativ hergestellten, bewehrten Betonbauteils, ein bewehrtes Betonbauteil, dass insbesondere mit einem generativen Verfahren hergestellt ist, und ein Fertigungssystem zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils, insbesondere eines generativ hergestellten Betonbauteils bereitzustellen, die einen oder mehrere der genannten Nachteile vermindern oder beseitigen. Es ist insbesondere eine Aufgabe der Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, die eine automatisierte, generative Fertigung, insbesondere durch ein Spritzbetonverfahren, ermöglicht. Es ist zumindest eine Aufgabe der Erfindung, eine alternative Lösung zur Bereitstellung eines generativ hergestellten, bewehrten Betonbauteils bereitzustellen.

[0011] Gemäß einem ersten Aspekt wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils, umfassend: Erzeugen einer ersten Betonschicht und einer zweiten Betonschicht mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren, insbesondere mit einem Betonspritzdruckverfahren, Anordnen eines Positionierungselements zum Anordnen, insbesondere zum Befestigen, einer Bewehrungseinheit, wobei das Positionierungselement mit einem Tragabschnitt zwischen der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht angeordnet ist und mit einem Befestigungsabschnitt von der ersten Betonschicht und von der zweiten Betonschicht herausragt, Anordnen von mindestens einer Bewehrungseinheit zum Bewehren des Betonbauteils an dem Positionierungselement, und vorzugsweise Erzeugen einer Betondeckungsschicht an der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht derart, dass die Bewehrungseinheit im Wesentlichen mit Beton bedeckt ist.

[0012] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die automatisierte Herstellung von bewehrten Betonbauteilen lediglich mit einem hohen Aufwand möglich ist und in vielen Fällen keine wirtschaftliche Lösung ist. Die Erfinder haben herausgefunden, dass mit dem im Vorherigen beschriebenen mehrstufigen Verfahren eine automatisierte Herstellung von bewehrten Betonbauteilen möglich ist. Dadurch wird eine effiziente Serienproduktion von Bauteilen ermöglicht. Ferner kann eine effiziente Produktion von individuellen Bauteilen, insbesondere baustellennah, in Aussicht gestellt werden. Ferner haben die Erfinder überraschenderweise herausgefunden, dass die derart hergestellte Bewehrung beim Einsatz eines generativen Fertigungsverfahren ein qualitativ besseres Betonbauteil ermöglicht, das darüber hinaus reproduzierbarer ist.

[0013] Das Erzeugen der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht erfolgt mit dem generativen Verfahren. Ein generatives Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass mit diesem die erste Betonschicht und die zweite Betonschicht automatisiert und schalungsfrei herstellbar ist. Es ist insbesondere bevorzugt, dass das generative Verfahren ein Spritzbetonverfahren, vorzugsweise ein Betonspritzdruckverfahren, ist.

[0014] Beim Spritzbetonverfahren ist die Düse, aus der der Beton austritt, in der Regel von der herzustellenden Betonschicht beabstandet. Der Beton wird üblicherweise mittels Druckluft beschleunigt, so dass der Beton zerrissen wird. Dies unterscheidet das Spritzbetonverfahren insbesondere von den Extrusionsverfahren, in denen der Beton vielmehr mit einem leichten Anpressdruck abgelegt wird und üblicherweise kein wesentlicher Abstand zwischen dem Extrusionswerkzeug und der aufzutragenden Betonraupe besteht.

[0015] Das Positionierungselement wird abschnittsweise zwischen der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht angeordnet. Zwischen den zwei Betonschichten bedeutet insbesondere, dass das Positionierungselement zwischen einer der zweiten Betonschicht abgewandten, ersten Grenzschicht der ersten Betonschicht und einer der ersten Betonschicht abgewandten, zweiten Grenzschicht der zweiten Betonschicht angeordnet ist. Ferner kann zwischen den Betonschichten bedeuten, dass das Positionierungselement in Kontakt mit der ersten Betonschicht und mit der zweiten Betonschicht steht.

[0016] Das Positionierungselement krägt mit dem Befestigungsabschnitt von der ersten Betonschicht und von der zweiten Betonschicht aus. Üblicherweise weisen die erste Betonschicht und die zweite Betonschicht eine horizontale, flächige Erstreckung auf und orthogonal zu dieser flächigen Erstreckung eine Dicke, die in der Regel vertikal ausgerichtet ist. Die im Vorherigen und im Folgenden beschriebenen Zusammenhänge werden für den Normalfall der horizontal ausgerichteten Betonschichten erläutert. Jedoch sind auch jegliche weitere Ausrichtungen möglich, so dass die Begriffe horizontal und vertikal nicht zwingendermaßen einschränkend wirken, sondern lediglich eine Orientierung zueinander definieren.

[0017] Das Herauskragen des Positionierungselements aus der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht ist vorzugsweise horizontal. Das Positionierungselement weist zumindest den Tragabschnitt, der zwischen den Betonschichten angeordnet und somit bedeckt ist, und dem Befestigungsabschnitt, der herausragt, auf. Alternativ, und wie im Folgenden noch näher erläutert, kann das Positionierungselement auch zwei Befestigungsabschnitte aufweisen, so dass beispielsweise ein erster Be-

festigungsabschnitt auf einer ersten Seite der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht herausragt und ein zweiter Befestigungsabschnitt auf einer zweiten, von der ersten Seite verschiedenen Seite der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht herausragt. Infolgedessen kann auf beiden Seiten eine Bewehrungseinheit angeordnet werden.

[0018] Der Befestigungsabschnitt ist derart angeordnet und ausgebildet, dass an diesem eine Bewehrungseinheit anordenbar ist. Beispielsweise kann das Positionierungselement einen vertikal nach oben abgelenkten Abschnitt aufweisen, so dass an diesem Abschnitt die Bewehrungseinheit angeordnet, insbesondere angehängt, werden kann. Der Befestigungsabschnitt kann auch vertikal ansteigen, geriffelt sein oder Senken aufweisen.

[0019] Das Positionierungselement als solches ist in der Regel kein Teil der Bewehrung. Das Positionierungselement dient im Wesentlichen zum Anordnen der mindestens einen Bewehrungseinheit. Insbesondere ist es bevorzugt, dass während der Herstellung das Positionierungselement horizontal ausragt, und die Bewehrungseinheit an dem mindestens einen Positionierungselement, vorzugsweise an zwei oder mehr Positionierungselementen, eingehängt wird.

[0020] Die Bewehrungseinheit ist ausgebildet, um ein Betonbauteil zu bewehren. Hierfür weist die Bewehrungseinheit vorzugsweise Bewehrungselemente auf. Die Bewehrungselemente können in unterschiedlicher Art und Weise innerhalb der Bewehrungseinheit angeordnet sein und darüber hinaus auch unterschiedliche Geometrien und Abmessungen aufweisen. Es ist bevorzugt, dass die Bewehrungseinheit und/oder die Bewehrungselemente aus Stahl besteht bzw. bestehen oder Stahl umfasst bzw. umfassen. Die Bewehrungseinheit und/oder die Bewehrungselemente kann bzw. können ferner aus Kohlenstofffasern, Glasfasern, Naturfasern und/oder Bambus bestehen und/oder Kohlenstofffasern, Glasfasern, Naturfasern und/oder Bambus umfassen und kann bzw. können ferner vorzugsweise ein Matrixmaterial umfassen.

[0021] Die Bewehrungselemente können stabförmig mit einem im Wesentlichen runden, rechteckigen und/oder polygonalen Querschnitt ausgebildet sein, wobei es insbesondere bevorzugt ist, dass die Bewehrungselemente aus kohlenstofffaser- und/oder glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen oder diesen umfassen. Darüber hinaus können die Bewehrungselemente eine flächige Ausbildung aufweisen. Ferner ist es bevorzugt, dass die Bewehrungselemente schlaffe Gewebe und/oder Gelegematten insbesondere aus Kohlenstofffasern und/oder Glasfasern umfassen. Die Kohlenstofffasern und die Glasfasern können als Endlosfasern und/oder als Faserbündel vorliegen.

[0022] Um eine strukturelle Bewehrung des Betonbauteils auszubilden, wird vorzugsweise die Betondeckungsschicht an der ersten Betonschicht und an der zweiten Betonschicht erzeugt. Dies erfolgt derart, dass die Bewehrungseinheit im Wesentlichen von der Betondeckungsschicht bedeckt ist. Die Betondeckungsschicht weist vorzugsweise eine flächige Erstreckung auf, die orthogonal zu der flächigen Erstreckung der ersten Betonschicht und/oder der zweiten Betonschicht ausgerichtet ist. Vorzugsweise ist ein Vektor der Betondeckungsschicht im Wesentlichen parallel zur Dicke der ersten Betonschicht und/oder der zweiten Betonschicht.

[0023] Es ist insbesondere bevorzugt, dass das Positionierungselement einen weiteren Befestigungsabschnitt auf einer weiteren Seite des Betonbauteils aufweist, dort eine weitere Bewehrungseinheit angeordnet wird und dort in analoger Weise eine Betondeckungsschicht angeordnet wird.

[0024] Es ist insbesondere bevorzugt, dass das Verfahren die Erzeugung einer Vielzahl von ersten Betonschichten und zweiten Betonschichten umfasst, wobei jeweils zwischen zwei benachbarten Betonschichten mindestens ein Positionierungselement wird, vorzugsweise zwei oder mehrere Positionierungselemente angeordnet werden. In einer bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass zunächst die erste Betonschicht erzeugt wird, das Positionierungselement an, insbesondere auf, der ersten Betonschicht angeordnet wird und die zweite Betonschicht derart an, insbesondere auf, der ersten Betonschicht und an, insbesondere auf, dem Positionierungselement erzeugt wird, dass das Positionierungselement zwischen der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht angeordnet ist.

[0025] Durch diese Abfolge der Schichterzeugung und der Anordnung des Positionierungselementes wird die Automatisierung des Verfahrens in vorteilhafter Weise ermöglicht. Insbesondere kann mit einer ersten Handhabungseinheit die erste Betonschicht mit einer Betonspritzdüse hergestellt werden, das Positionierungselement mit einer zweiten Handhabungseinheit mit einem entsprechenden Werkzeug angeordnet werden und anschließend wieder mit der ersten Handhabungseinheit die zweite Betonschicht erzeugt werden. Durch die zumindest teilweise Parallelisierung dieser Schritte wird ein effizientes Verfahren ermöglicht.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Bewehrungseinheit als eine vorgefertigte Bewehrungseinheit mit einer Vielzahl miteinander verbundenen Bewehrungselementen bereitgestellt wird.

[0027] Die vorgefertigte Bewehrungseinheit kann insbesondere als Bewehrungsmatte ausgebildet sein. Die Bewehrungsmatte umfasst insbesondere eine Vielzahl an parallel angeordneten ersten Bewehrungselementen und eine Vielzahl an parallel angeordneten zweiten Bewehrungselementen, die orthogonal zu den ersten Bewehrungselementen angeordnet sind. Derartig vorgefertigte Bewehrungseinheiten sind kostengünstig bereitzustellen, einfach zu handhaben und darüber hinaus auch in vorteilhafterweise an dem mindestens einen Positionierungselement anordenbar. Somit besteht die Möglichkeit zur generativen Herstellung eines kostengünstigen Betonbauteils, das eine Bewehrung aufweist.

[0028] In einer weiteren bevorzugten Fortbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass eine Verbundschicht auf die erste Betonschicht und die zweite Betonschicht derart aufgetragen wird, dass die Bewehrungseinheit wenigstens abschnittsweise mittels der Verbundschicht positioniert wird. Dieses Positionieren ist insbesondere als ein Halten in einer Position zu verstehen. Dadurch wird insbesondere vermieden, dass Hohlräume zwischen der Bewehrungseinheit und den Betonschichten entstehen.

[0029] Durch die Verbundschicht ist die Bewehrungseinheit relativ zu der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht positioniert. Infolgedessen kann die Betondeckungsschicht ohne das Risiko einer Positionsverschiebung der Bewehrungseinheit aufgetragen werden. Darüber hinaus kann das Betonbauteil auch ohne die Betondeckungsschicht in vorteilhafterweise verwendet werden.

[0030] Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante zeichnet sich dadurch aus, dass die Bewehrungseinheit ein vertikales Bewehrungselement aufweist, das Verfahren umfassend den Schritt: Anordnen des vertikalen Bewehrungselements mit einem Kopplungsabschnitt, insbesondere mit einem Befestigungshaken, an dem Positionierungselement.

[0031] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Bewehrungseinheit ein horizontales Bewehrungselement aufweist, das Verfahren umfassend den Schritt: Anordnen des horizontalen Bewehrungselements an dem Positionierungselement, vorzugsweise in vertikaler Richtung auf dem Positionierungselement, und

[0032] Darüber hinaus kann es bevorzugt sein, dass zunächst das vertikale Bewehrungselement an dem Positionierungselement und anschließend das horizontale Bewehrungselement an dem Positionierungselement derart angeordnet wird, dass das vertikale Bewehrungselement zumindest abschnittsweise, insbesondere mit dem Kopplungsabschnitt, zwischen dem horizontalen Bewehrungselement und der ersten Betonschicht und/oder der zweiten Beton-

schicht und/oder der Verbundschicht angeordnet ist. Insbesondere ist es bevorzugt, dass diese derart angeordnet werden, dass das vertikale Bewehrungselement eingeklemmt wird.

[0033] Das vertikale Bewehrungselement wird vorzugsweise derart angeordnet, dass es mit seiner Hauptstreckungsrichtung im Wesentlichen vertikal ausgerichtet ist. Bei entsprechender Anordnung und entsprechender Anwendung des Verfahrens kann das vertikale Bewehrungselement jedoch auch horizontal angeordnet sein. Es ist bevorzugt, dass das vertikale Bewehrungselement mit dem Kopplungsabschnitt an dem Positionierungselement eingehängt wird. Somit kann ein automatisiertes Anordnen des vertikalen Bewehrungselementes ermöglicht werden. Das Anordnen des vertikalen Bewehrungselementes mit dem Kopplungsabschnitt erfolgt insbesondere derart, dass das vertikale Bewehrungselement mittels des Kopplungsabschnitts mit dem Bewehrungselement gekoppelt ist.

[0034] Das horizontale Bewehrungselement wird vorzugsweise derart an dem Positionierungselement angeordnet, dass es mit seiner Hauptstreckungsrichtung horizontal ausgerichtet ist. Es ist insbesondere bevorzugt, dass mindestens zwei Positionierungselemente angeordnet werden, die in horizontaler Richtung beabstandet sind und in vertikaler Richtung auf der gleichen Höhe angeordnet sind, und das horizontale Bewehrungselement auf die zwei Positionierungselemente gelegt wird. Somit wäre dieses in vertikaler Richtung auf dem Positionierungselement angeordnet.

[0035] Es ist bevorzugt, dass zunächst das vertikale Bewehrungselement an dem Positionierungselement und anschließend das horizontale Bewehrungselement an dem Positionierungselement angeordnet wird. Infolgedessen wird das vertikale Bewehrungselement durch das horizontale Bewehrungselement positioniert, indem dieses durch das horizontale Bewehrungselement in Richtung der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht gedrückt wird. Es ist insbesondere bevorzugt, dass bevor die Bewehrungseinheit angeordnet wird, die Verbundschicht angeordnet wird, die bei Anordnung der Bewehrungseinheit im Wesentlichen noch nicht erstarrt ist, so dass bei Anordnung der Bewehrungseinheit eine Bindungswirkung zwischen dieser Schicht und der Bewehrungseinheit auftritt. Die Verbundschicht ist insbesondere derart angeordnet und ausgebildet, dass diese eine Kopplung zwischen der Bewehrungseinheit und der ersten Betonschicht und/oder der zweiten Betonschicht bewirkt.

[0036] Durch das Anordnen von vertikalen Bewehrungselementen und horizontalen Bewehrungselementen kann eine individuell ausgebildete Bewehrungseinheit vorgesehen werden. Insbesondere kann

hierdurch ein hochgradig automatisiertes Verfahren realisiert werden, wodurch dennoch eine flexible Bewehrung hinsichtlich ihrer Geometrie ausgebildet werden kann. Insbesondere können mittels vorgeformten, vertikalen und/oder horizontalen Bewehrungselementen auch komplexe Geometrien ausgebildet werden. Darüber hinaus kann durch eine entstehende Klemmung, insbesondere im Bereich des Positionierungselementes, eine feste Bewehrung mit vordefinierter Positionierung der Bewehrungselemente ermöglicht werden.

[0037] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Bewehrungseinheit ein Eckenbewehrungselement aufweist, das Verfahren umfassend den Schritt: Anordnen des Eckenbewehrungselements in einem Eckenbereich angrenzend an eine Ecke des Betonbauteils derart, dass ein erster Abschnitt des Eckenbewehrungselements an einer ersten Seite des Betonbauteils an einem ersten Positionierungselement angeordnet ist, und dass ein zweiter Abschnitt des Eckenbewehrungselements an einer zweiten, von der ersten Seite verschiedenen und benachbarten Seite des Betonbauteils an einem zweiten Positionierungselement angeordnet ist.

[0038] Der Eckenbereich umfasst die erste Seite und die zweite Seite des Betonbauteils. Die erste Seite und die zweite Seite sind im Falle einer 90° - Ecke auch 90° zueinander gewinkelt. Die erste Seite und die zweite Seite können auch in einem beliebigen Winkel zueinanderstehen, beispielweise derart, dass sie einen 120° Winkel einschließen. Um eine entsprechende Festigkeit eines Betonbauteils im Eckenbereich zu ermöglichen, ist auch dieser zu bewehren. Für das Eckenbewehrungselement weist der Eckenbereich ein erstes Positionierungselement an der ersten Seite und ein zweites Positionierungselement an der zweiten Seite auf. Die Positionierungselemente wirken im Wesentlichen als Auflager für das Eckenbewehrungselement.

[0039] Die Anordnung des Eckenbewehrungselementes an dem ersten Positionierungselement und/oder an dem zweiten Positionierungselement bedeutet insbesondere, dass dieses auf dem ersten Positionierungselement und/oder auf dem zweiten Positionierungselement aufliegt.

[0040] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass das Verfahren den Schritt umfasst: konturangepasstes Vorformen des horizontalen Bewehrungselementes und/oder des vertikalen Bewehrungselementes, wobei vorzugsweise das horizontale Bewehrungselement und/oder das vertikale Bewehrungselement durch das konturangepasste Vorformen einen Radius aufweist bzw. aufweisen.

[0041] Das System zur Durchführung des Verfahrens kann beispielsweise in dieser Ausführungsvariante eine Einheit zum konturangepassten Vorformen des horizontalen Bewehrungselementes und/oder des vertikalen Bewehrungselementes aufweisen. Dadurch kann vor dem Zeitpunkt, in dem das konturangepasste Bewehrungselement zur Bewehrung des Betonbauteils benötigt wird, dieses hergestellt werden.

[0042] Alternativ oder ergänzend können auch vorgeformte horizontale und/oder vertikale Bewehrungselemente bereitgestellt werden. Daher umfasst das Verfahren vorzugsweise den Schritt: Bereitstellen von vorgeformten horizontalen und/oder vertikalen Bewehrungselementen, die beispielsweise einen Radius aufweisen.

[0043] Eine weitere bevorzugte Fortbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das Verfahren den Schritt umfasst: Endbearbeitung der Betondeckungsschicht zur Glättung und/oder Strukturierung. Durch die Endbearbeitung der Betondeckungsschicht ist das hergestellte Betonbauteil einbaufähig und bedarf gegebenenfalls keiner Nachbearbeitung nach dem bestimmungsgemäßen Einsatz des Betonbauteils.

[0044] Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein bewehrtes Betonbauteil, umfassend eine erste Betonschicht und eine zweite Betonschicht, die mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren, insbesondere mit einem Betonspritzdruckverfahren, hergestellt sind, ein Positionierungselement zum Anordnen, insbesondere zum Befestigen, einer Bewehrungseinheit, das mit einem Tragabschnitt zwischen der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht angeordnet ist und das mit einem Befestigungsabschnitt von der ersten Betonschicht und von der zweiten Betonschicht herausragt, eine an dem Positionierungselement angeordnete Bewehrungseinheit zum Bewehren des Betonbauteils, und vorzugsweise eine Betondeckungsschicht, die derart an der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht angeordnet ist, dass die Bewehrungseinheit im Wesentlichen von der Betondeckungsschicht bedeckt ist.

[0045] Die im Vorherigen genannten Vorteile betreffend das Verfahren zur Herstellung des bewehrten Betonbauteils gelten im Wesentlichen analog für das bewehrte Betonbauteil nach dem weiteren Aspekt. Die genannten Merkmale und Vorteile gelten somit mit den entsprechenden Anpassungen analog für das bewehrte Betonbauteil. Insbesondere zeichnet sich das bewehrte Betonbauteil durch eine hohe geometrische Flexibilität aus, da mittels des generativen Verfahrens im Wesentlichen beliebige Geometrien herstellbar sind.

[0046] Darüber hinaus kann mittels des flexiblen Bewehrungsansatzes diese flexible Geometrie auch als bewehrtes Betonbauteil hergestellt werden. Darüber hinaus ist dieses Verfahren automatisierbar, so dass das Verfahren einen geringen Personaleinsatz erfordert. Darüber hinaus kann durch die hohe Automatisierung des Verfahrens eine hohe Qualität erreicht werden.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des bewehrten Betonbauteils ist vorgesehen, dass die Bewehrungseinheit ein horizontales Bewehrungselement aufweist, das vorzugsweise in vertikaler Richtung auf dem Positionierungselement aufliegt. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Bewehrungseinheit ein vertikales Bewehrungselement aufweist, das mit einem Kopplungsabschnitt, insbesondere mit einem Befestigungshaken, an dem Positionierungselement angeordnet ist. Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante sieht vor, dass das vertikale Bewehrungselement zumindest abschnittsweise zwischen der ersten Betonschicht und/oder der zweiten Betonschicht und/oder einer Verbundschicht und dem horizontalen Bewehrungselement angeordnet ist, wobei ferner vorzugsweise das Positionierungselement, das vertikale Bewehrungselement und das horizontale Bewehrungselement derart angeordnet und ausgebildet sind, dass zwischen diesen ein Klemmung wirkt.

[0048] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Bewehrungseinheit ein Eckenbewehrungselement aufweist, wobei das Eckenbewehrungselements in einem Eckenbereich angrenzend an eine Ecke des Betonbauteils derart angeordnet ist, dass ein erster Abschnitt des Eckenbewehrungselements an einer ersten Seite des Betonbauteils an einem ersten Positionierungselement angeordnet ist, insbesondere aufliegt, und dass ein zweiter Abschnitt des Eckenbewehrungselements an einer zweiten, von der ersten Seite verschiedenen und benachbarten Seite des Betonbauteils an einem zweiten Positionierungselement angeordnet ist, insbesondere aufliegt.

[0049] Eine weitere bevorzugte Fortbildung des bewehrten Betonbauteils sieht vor, dass der Befestigungsabschnitt des Positionierungselements hakenförmig und/oder ösenförmig ausgebildet ist, und/oder das Positionierungselement mit einem ersten Befestigungsabschnitt auf einer ersten Seite des Betonbauteils und mit einem zweiten Befestigungsabschnitt auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden, zweiten Seite des Betonbauteils herausragt, und/oder das Positionierungselement eine Hauptstreckungsrichtung aufweist, die im Wesentlichen orthogonal zu einer Schichtdicke der ersten Betonschicht und/oder der zweiten Betonschicht ausgerichtet ist.

[0050] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass das horizontale Bewehrungselement und/oder das verti-

kale Bewehrungselement konturangepasst ausgebildet ist bzw. sind und insbesondere einen gebogenen Verlauf aufweist bzw. aufweisen. Außerdem kann es bevorzugt sein, dass das horizontale Bewehrungselement und/oder das vertikale Bewehrungselement stabförmig ausgebildet ist bzw. sind und vorzugsweise aus Stahl besteht bzw. bestehen oder Stahl umfasst bzw. umfassen.

[0051] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante umfasst das bewehrte Betonbauteil eine Schubbewehrung, insbesondere eine Bügelbewehrung. Die Bügelbewehrung umfasst vorzugsweise einen ersten Bügel mit einer vertikal nach unten offenen Öffnung und einen zweiten Bügel mit einer vertikal nach oben offenen Öffnung, wobei die erste Betonschicht und die zweite Betonschicht von den Bügeln zumindest abschnittsweise, vorzugsweise vollständig, umschlossen werden.

[0052] Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch eine Bewehrungsstruktur für ein bewehrtes Betonbauteil, umfassend ein Positionierungselement zum Anordnen, insbesondere zum Befestigen, einer Bewehrungseinheit, das mit einem Tragabschnitt zwischen einer ersten Betonschicht und einer zweiten Betonschicht, die mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren, hergestellt sind, anordenbar ist, und mit einem Befestigungsabschnitt von der ersten Betonschicht und von der zweiten Betonschicht herausragbar ist, und eine an dem Positionierungselement angeordnete Bewehrungseinheit zum Bewehren des Betonbauteils. Die Bewehrungseinheit ist insbesondere an dem Befestigungsabschnitt angeordnet, vorzugsweise befestigt.

[0053] Eine bevorzugte Ausführungsvariante der Bewehrungsstruktur zeichnet sich dadurch aus, dass die Bewehrungseinheit ein horizontales Bewehrungselement aufweist, das vorzugsweise in vertikaler Richtung auf dem Positionierungselement aufliegt, und/oder die Bewehrungseinheit ein vertikales Bewehrungselement aufweist, das mit einem Kopplungsabschnitt, insbesondere mit einem Befestigungshaken, an dem Positionierungselement angeordnet ist, und/oder vorzugsweise das vertikale Bewehrungselement zumindest abschnittsweise zwischen der ersten Betonschicht und/oder der zweiten Betonschicht und/oder einer Verbundschicht und dem horizontalen Bewehrungselement anordenbar ist, wobei ferner vorzugsweise das Positionierungselement, das vertikale Bewehrungselement und das horizontale Bewehrungselement derart angeordnet und ausgebildet sind, dass zwischen diesen eine Klemmung wirkt oder wirken kann.

[0054] Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Fertigungssystem zur Herstellung eines bewehrten Be-

tonbauteils, umfassend Mittel, insbesondere eine Spritzbetondüse, zum Erzeugen einer ersten Betonschicht und einer zweiten Betonschicht mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren, ein Handhabungssystem, das angeordnet und ausgebildet ist, ein Positionierungselement zum Befestigen einer Bewehrungseinheit zwischen der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht anzuordnen, eine Bewehrungseinheit an dem Positionierungselement anzuordnen, und vorzugsweise die Mittel, insbesondere die Spritzbetondüse (112), ausgebildet sind, eine Betondeckungsschicht an der ersten Betonschicht und der zweiten Betonschicht derart zu erzeugen, dass die Bewehrungseinheit im Wesentlichen mit Beton bedeckt ist.

[0055] Eine bevorzugte Ausführungsvariante des Fertigungssystems sieht vor, dass das Handhabungssystem eine erste Handhabungseinheit und eine zweite Handhabungseinheit aufweist, wobei die erste Handhabungseinheit die Mittel, insbesondere die Spritzbetondüse, zum Erzeugen der ersten Betonschicht, der zweiten Betonschicht, einer Verbundschicht und/oder der Betondeckungsschicht umfasst, und die zweite Handhabungseinheit zum Anordnen des Positionierungselements und/oder der Bewehrungseinheit und/oder zum Ausführen eines Glättungs- und/oder Strukturierungsprozesses und/oder zur Positionierung weiterer Elemente, die Bestandteil des Betonbauteils sein können, ausgebildet ist. Die weiteren Elemente können beispielsweise Steinplatten sein, die insbesondere zur Verzierung der Stützwand ausgebildet sein können.

[0056] Die erste Handhabungseinheit und/oder die zweite Handhabungseinheit kann bzw. können ein Knickarmroboter sein. Knickarmroboter haben den Vorteil, dass sie eine hohe kinematische Flexibilität aufweisen und somit die Betonschichten und das Positionierungselement sowie die Bewehrungseinheit auch in unterschiedlichen Lagen anordnen können.

[0057] Eine weitere bevorzugte Fortbildung des Fertigungssystems zeichnet sich durch eine Bearbeitungsmaschine zum konturangepassten Vorformen und/oder zum Dimensionieren von vertikalen Bewehrungselementen und/oder von horizontalen Bewehrungselementen aus.

[0058] Für weitere Vorteile, Ausführungsvarianten und Ausführungsdetails der weiteren Aspekte und ihrer möglichen Fortbildungen wird auch auf die zuvor erfolgte Beschreibung zu den entsprechenden Merkmalen und Fortbildungen des Verfahrens zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils verwiesen.

[0059] Bevorzugte Ausführungsbeispiele werden exemplarisch anhand der beiliegenden Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines bewehrten Betonbauteils;

Fig. 2: eine schematische, dreidimensionale Ansicht eines Herstellungsschrittes des bewehrten Betonbauteils;

Fig. 3: eine schematische, dreidimensionale Ansicht des Betonbauteils mit einer Bewehrungseinheit;

Fig. 4: eine schematische, dreidimensionale Ansicht eines Herstellungsschrittes des bewehrten Betonbauteils;

Fig. 5: eine schematische, dreidimensionale Ansicht eines Eckenbereichs des bewehrten Betonbauteils;

Fig. 6: eine schematische, dreidimensionale Ansicht eines Herstellungsschrittes des bewehrten Betonbauteils;

Fig. 7: eine weitere schematische, dreidimensionale Ansicht eines Herstellungsschrittes des bewehrten Betonbauteils;

Fig. 8: eine schematische, dreidimensionale Detailansicht eines bewehrten Betonbauteils;

Fig. 9: eine weitere schematische, dreidimensionale Detailansicht des bewehrten Betonbauteils;

Fig. 10: eine weitere schematische, dreidimensionale Ansicht eines bewehrten Betonbauteils mit einer Schubbewehrung;

Fig. 11: ein schematisches Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils;

Fig. 12: eine schematische Ansicht eines Details des in Fig. 11 gezeigten Verfahrens; und

Fig. 13: eine bevorzugte Ausführungsvariante des in Fig. 11 gezeigten Verfahrens.

[0060] In den Figuren sind gleiche oder im Wesentlichen funktionsgleiche bzw. -ähnliche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0061] Fig. 1 zeigt einen Zwischenschritt bei der Herstellung eines bewehrten Betonbauteils 1. Das bewehrte Betonbauteil 1 umfasst eine Vielzahl übereinander angeordneter Schichten. Das Betonbauteil 1 erstreckt sich von einer Unterseite 2 hin zu einer Oberseite 4, von einer ersten Stirnseite 6 hin zu einer zweiten Stirnseite 8 sowie von einer ersten Seitenfläche 10 hin zu einer nicht gezeigten zweiten Seitenfläche, die der ersten Seitenfläche 10 gegenüberliegend angeordnet ist.

[0062] Angrenzend an die Oberseite 4 weist das Betonbauteil eine erste Betonschicht 20 und eine noch nicht fertig gestellte zweite Betonschicht 22 auf. Darüber hinaus sind zwischen den bestehenden Beton-

schichten in regelmäßigen Abständen in horizontaler und in vertikaler Richtung beabstandet Positionierungselemente angeordnet. Das Betonbauteil **1** weist unter anderem das erste Positionierungselement **100**, das zweite Positionierungselement **102** und der dritte Positionierungselement **104** auf.

[0063] Anhand des dritten Positionierungselements **104** wird eine bevorzugte Geometrie der Positionierungselemente erläutert. Das dritte Positionierungselement **104** weist einen Tragabschnitt **106** auf. Der Tragabschnitt **106** ist der Abschnitt des dritten Positionierungselements **104**, der sich zwischen zwei benachbarten Schichten des Betonbauteils **1** befindet. Neben dem Tragabschnitt **106** umfasst das dritte Positionierungselement **104** den Befestigungsabschnitt **108**. Der Befestigungsabschnitt **108** ist von dem Tragabschnitt **106** dadurch abzugrenzen, dass der Befestigungsabschnitt **108** aus den Betonschichten herausragt. Die Positionierungselemente **100**, **102**, **104** sind insbesondere derart angeordnet und ausgebildet, dass an diesen eine im Folgenden noch näher erläuterte Bewehrungseinheit anordenbar ist.

[0064] In **Fig. 2** wird die Vervollständigung der zweiten Betonschicht **22** gezeigt. Darüber hinaus wird das Anordnen eines Positionierungselements **110** gezeigt. Mittels eines Handhabungswerkzeugs **116** wird das vierte Positionierungselement **110** auf der ersten Betonschicht **20** angeordnet. Anschließend wird mittels der Spritzbetondüse **112** Spritzbeton **114** auf die erste Betonschicht **20** aufgetragen. Durch den Spritzbeton **114** wird die zweite Betonschicht **22** ausgebildet. Infolgedessen befindet sich das vierte Positionierungselement **110** zwischen der ersten Betonschicht **20** und der zweiten Betonschicht **22**.

[0065] In **Fig. 3** ist anschließend der Bewehrungsschritt gezeigt, nämlich dass die Bewehrungseinheit **200** mit vertikalen Bewehrungsstreben **202** und horizontalen Bewehrungsstreben **204** an den Positionierungselementen angeordnet wird. Insbesondere ist es bevorzugt, dass die Bewehrungseinheit **200** an der obersten Reihe an Positionierungselementen, die also in vertikaler Richtung an die Oberseite **4** angrenzen, eingehängt wird.

[0066] Nachdem die Bewehrungseinheit an den Positionierungselementen **110** angeordnet wurde, kann - wie in **Fig. 4** gezeigt - eine Betondeckungsschicht **24** mit der Spritzbetondüse **112** aufgetragen werden. Hierfür wird lagenweise nebeneinander oder flächig Spritzbeton **114** aufgetragen. Somit wird die Bewehrungseinheit **200** einbetoniert und kann als Bewehrung und somit als festigungssteigernder Bestandteil des Betonbauteils wirken.

[0067] In **Fig. 5** ist eine Bewehrungseinheit für einen Eckenbereich gezeigt. Der Eckenbereich umfasst die erste Seite **16** und die zweite Seite **18**. Die erste Sei-

te **16** und die zweite Seite **18** stoßen an der Ecke **14** aneinander. An der ersten Seite **16** sind ein fünftes Positionierungselement **120** und ein sechstes Positionierungselement **122** horizontal beabstandet, in vertikaler Höhe gleich angeordnet. Die zweite Seite **18** weist analog angeordnete Positionierungselemente **124**, **126** auf.

[0068] Ein Eckenbewehrungselement **206** ist an den Positionierungselementen **120**, **122**, **124**, **126** angeordnet. Insbesondere liegt das Eckenbewehrungselement **206** auf den Positionierungselementen **120**, **122**, **124**, **126** auf. Diese Anordnung der Positionierungselemente und des Eckenbewehrungselements im Eckenbereich ermöglicht eine automatisierte Bewehrung von Eckenbereichen.

[0069] In den **Fig. 6** bis **Fig. 9** ist eine Ergänzung oder Alternative zu der in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigten Bewehrungseinheit **200** gezeigt. Die in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigte Bewehrungseinheit ist für einfache Geometrien geeignet, um eine kostengünstige und gut automatisierbare Bewehrungsstrategie zu ermöglichen. Insbesondere komplexer gestaltete Bauteile erfordern jedoch ein flexibleres Bewehrungskonzept.

[0070] In **Fig. 6** ist gezeigt, dass ein erstes vertikales Bewehrungselement **150**, ein zweites vertikales Bewehrungselement **154** und ein drittes vertikales Bewehrungselement **158** an den Positionierungselementen angeordnet werden. Für diese Anordnung der vertikalen Bewehrungselemente **150**, **154**, **158** weisen die vertikalen Bewehrungselemente jeweils einen Kopplungsabschnitt **152**, **156** auf. Der Kopplungsabschnitt **152**, **156** ist jeweils hakenförmig ausgebildet. Mit diesem hakenförmigen Ende werden die vertikalen Bewehrungselemente **150**, **154**, **158** an die Positionierungselemente **128**, **130** angeordnet, insbesondere eingehängt.

[0071] In **Fig. 7** ist gezeigt, dass neben den vertikalen Bewehrungselementen **150**, **152**, **158**, **160**, **162** eine Mehrzahl an horizontalen Bewehrungselementen **180**, **182** angeordnet wird. Es ist insbesondere bevorzugt, dass die vertikalen Bewehrungselemente **150** - **162** zuerst an den Positionierungselementen angeordnet werden und anschließend die horizontalen Bewehrungselemente **180**, **182**. Durch diese Reihenfolge werden die vertikalen Bewehrungselemente **150** - **162** gegen die Betonschichten bzw. in Richtung der Betonschichten gedrückt und die horizontalen Bewehrungselemente **180**, **182** können hinter das hakenförmige Ende der Positionierungselemente eingeklemmt werden. Somit werden auch die vertikalen Bewehrungselemente **150** - **162** eingeklemmt. Infolgedessen kann automatisiert, ohne manuellen Aufwand eine Bewehrungseinheit mittels vertikalen Bewehrungselementen und horizontalen Bewehrungselementen aufgebaut werden, die darüber

hinaus durch den Klemmeffekt im Wesentlichen positionierungsstarr ist und durch das Erzeugen der Betondeckungsschicht im Wesentlichen nicht bewegt wird.

[0072] In **Fig. 8** ist eine Detailansicht des bewehrten Betonbauteils **1** gezeigt. Insbesondere ist hier das Positionierungselement **128** mit zwei Befestigungsabschnitten **128 A**, **128 B** gezeigt. Die Befestigungsabschnitte **128a**, **128b** krügen an gegenüberliegenden Seitenflächen **10** aus den Betonschichten **20**, **22** heraus. Infolgedessen kann auf beiden Seitenflächen des Betonbauteils eine Bewehrungseinheit angeordnet werden. In diesem Fall ist die Bewehrungseinheit durch die vertikalen Bewehrungselemente **160**, **162** sowie die horizontalen Bewehrungselemente **180**, **182** sowie weitere Bewehrungselemente ausgebildet.

[0073] In **Fig. 9** ist ein geometrisch komplexeres Betonbauteil **1'** gezeigt. Das Betonbauteil **1'** weist analog zu dem im Vorherigen beschriebenen Bauteil eine Bewehrungseinheit **200** auf, die mittels horizontalen und vertikalen Bewehrungselementen ausgebildet ist. Die vertikalen Bewehrungselemente sind in diesem Ausführungsbeispiel im Wesentlichen gleich. Wenn das Betonbauteil **1'** eine komplexere Geometrie aufweist, können sich die vertikalen Bewehrungselemente auch unterscheiden. Die horizontalen Bewehrungselemente sind hingegen keine geraden Stäbe, sondern sind gebogen und insbesondere vorgeformt. Die horizontalen Bewehrungselemente **184**, **186** weisen einen Radius auf, wobei sich der Radius auch entlang der Erstreckung des horizontalen Bewehrungselements verändern kann. Es ist insbesondere bevorzugt, dass die vorgeformten horizontalen Bewehrungselemente **184**, **186** in einem vorherigen Prozessschritt konturangepasst vorgeformt werden. Dieser vorgelagerte Prozessschritt kann auch innerhalb des Fertigungssystems erfolgen, in dem das Betonbauteil **1'** hergestellt wird.

[0074] **Fig. 10** zeigt eine weitere schematische, dreidimensionale Ansicht eines bewehrten Betonbauteils **1,1'** mit einer Schubbewehrung. Das Betonbauteil **1,1'** umfasst eine Mehrzahl an Positionierungselementen, die wie im Vorherigen beschrieben ausgebildet sind. Die Schubbewehrung ist vorliegend als Bügelbewehrung **208** ausgebildet. Die Bügelbewehrung **208** umfasst mehrere erste Bügel **210** und mehrere zweite Bügel **212**. Die Bügel **210**, **212** weisen eine U-Form auf. Die ersten Bügel **210** weisen eine vertikal nach unten gerichtete Öffnung **211** auf. Die zweiten Bügel **212** weisen eine vertikal nach oben gerichtete Öffnung auf. Die Bügel **210**, **212** umschließen den Kern des Betonbauteils **1**, **1'**. Jeweils ein erster Bügel **210** und ein zweiter Bügel **212** sind an einer im Wesentlichen gleichen Position des Betonbauteils **1,1'** angeordnet. Die Schenkel der Bügel **210**, **212** überlappen sich an der im Wesentlichen gleichen Position. Das in **Fig. 10** gezeigte Bauteil umfasst vorzugs-

weise eine oder mehrere der im Vorherigen beschriebenen weiteren Bewehrungen.

[0075] **Fig. 11** zeigt ein schematisches Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils **1**, **1'**. In Schritt **300** wird eine erste Betonschicht **20** und eine zweite Betonschicht **22** mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren, insbesondere mit einem Betonspritzdruckverfahren, erzeugt.

[0076] In Schritt **302** wird ein Positionierungselement **100**, **102**, **104**, **110**, **120**, **122**, **124**, **126**, **128**, **130** zum Befestigen einer Bewehrungseinheit **200** angeordnet, wobei das Positionierungselement **100**, **102**, **104**, **110**, **120**, **122**, **124**, **126**, **128**, **130** mit einem Tragabschnitt **106** zwischen der ersten Betonschicht **20** und der zweiten Betonschicht **22** angeordnet ist und mit einem Befestigungsabschnitt **108** von der ersten Betonschicht **20** und von der zweiten Betonschicht **22** herausragt. Es ist insbesondere bevorzugt, dass der Schritt **302** zwischen dem Erzeugen der ersten Betonschicht **20** und dem Erzeugen der zweiten Betonschicht **22** erfolgt.

[0077] In Schritt **304** wird mindestens eine Bewehrungseinheit **200** zur Bewehrung des Betonbauteils **1**, **1'** an dem Positionierungselement **100**, **102**, **104**, **110**, **120**, **122**, **124**, **126**, **128**, **130** angeordnet.

[0078] In Schritt **306** wird eine Betondeckungsschicht **24** an der ersten Betonschicht **20** und der zweiten Betonschicht **22** derart erzeugt, dass die Bewehrungseinheit **200** im Wesentlichen mit Beton bedeckt ist.

[0079] Der Schritt **304** umfasst vorzugsweise die in **Fig. 12** gezeigten Unterschritte **3041**, **3042**. In Schritt **3041** wird ein vertikales Bewehrungselement **150-166** mit einem Kopplungsabschnitt **152**, **156** an dem Positionierungselement angeordnet. In Schritt **3042** wird ein horizontales Bewehrungselement **180**, **182**, **184**, **186** an dem Positionierungselement **100**, **102**, **104**, **110**, **120**, **122**, **124**, **126**, **128**, **130** angeordnet. Es ist insbesondere bevorzugt, dass der Schritt **3041** vor dem Schritt **3042** durchgeführt wird, so dass die vertikalen Bewehrungselemente **150-166** zwischen den Betonschichten **20**, **22** und den horizontalen Bewehrungselementen **180**, **182**, **184**, **186** eingeklemmt sind, so dass eine vorgespannte Bewehrungseinheit **200** ausgebildet wird.

[0080] In **Fig. 13** ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des in **Fig. 11** gezeigten Verfahrens gezeigt. Insbesondere wird in Schritt **308** eine Verbundschicht auf die erste Betonschicht **20** und die zweite Betonschicht **22** derart aufgetragen, dass die Bewehrungseinheit **200** wenigstens abschnittsweise mittels der Verbundschicht positioniert wird. Diese Positionierung ist insbesondere relativ zu den Betonschich-

ten **20, 22** zu verstehen. Die Verbundschicht wird vorzugsweise vor dem Erzeugen der Betondeckungsschicht **24** erzeugt, insbesondere aufgetragen.

[0081] In Schritt 310 wird ein horizontales Bewehrungselement **180-186** und/oder ein vertikales Bewehrungselement **150-166** konturangepasst vorgeformt, so dass diese vorzugsweise einer Betonbauteilkontur entsprechen. Der Schritt 310 wird insbesondere vor dem Schritt 304, vorzugsweise vor dem Schritt 300, durchgeführt.

Bezugszeichenliste

1,1'	Betonbauteil	156	zweiter Kopplungsabschnitt
2	Unterseite	158	drittes vertikales Bewehrungselement
4	Oberseite	160	viertes vertikales Bewehrungselement
6	erste Stirnseite	162	fünftes vertikales Bewehrungselement
8	zweite Stirnseite	164	sechstes vertikales Bewehrungselement
10	erste Seitenfläche	166	siebtes vertikales Bewehrungselement
14	Ecke	180	erstes horizontales Bewehrungselement
16	erste Seite	182	zweites horizontales Bewehrungselement
18	zweite Seite	184	drittes horizontales Bewehrungselement
20	erste Betonschicht	186	viertes horizontales Bewehrungselement
22	zweite Betonschicht	200	Bewehrungseinheit
24	Betondeckungsschicht	202	vertikale Bewehrungsstrebe
100	erstes Positionierungselement	204	horizontale Bewehrungsstrebe
102	zweites Positionierungselement	206	Eckenbewehrungselement
104	drittes Positionierungselement	208	Bügelbewehrung
106	Tragabschnitt	210	erster Bügel
108	Befestigungsabschnitt	211	Öffnung
110	viertes Positionierungselement	212	zweiter Bügel
112	Spritzbetondüse		
114	Spritzbeton		
116	Handhabungswerkzeug		
120	fünftes Positionierungselement		
122	sechstes Positionierungselement		
124	siebtes Positionierungselement		
126	achttes Positionierungselement		
128	neuntes Positionierungselement		
130	zehntes Positionierungselement		
132	elftes Positionierungselement		
150	erstes vertikales Bewehrungselement		
152	erster Kopplungsabschnitt		
154	zweites vertikales Bewehrungselement		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils (1, 1'), umfassend:

- Erzeugen einer ersten Betonschicht (20) und einer zweiten Betonschicht (22) mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren,

- Anordnen eines Positionierungselements (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) zum Anordnen einer Bewehrungseinheit (200), wobei das Positionierungselement mit einem Tragabschnitt (106) zwischen der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) angeordnet ist und mit einem Befestigungsabschnitt (108) von der ersten Betonschicht (20) und von der zweiten Betonschicht (22) herausragt,

- Anordnen von mindestens einer Bewehrungseinheit (200) zum Bewehren des Betonbauteils (1, 1') an dem Positionierungselement, und

- vorzugsweise Erzeugen einer Betondeckungsschicht (24) an der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) derart, dass die Bewehrungseinheit (200) im Wesentlichen mit Beton bedeckt ist.

2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei zunächst die erste Betonschicht (20) erzeugt wird,

das Positionierungselement (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) an der ersten Betonschicht (20) angeordnet wird und die zweite Betonschicht (22) derart an der ersten Betonschicht (20) und an dem Positionierungselement erzeugt wird, dass das Positionierungselement zwischen der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) angeordnet ist.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Bewehrungseinheit (200) als eine vorgefertigte Bewehrungseinheit (200) mit einer Vielzahl miteinander verbundenen Bewehrungselementen (202, 204) bereitgestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Verbundschicht auf die erste Betonschicht (20) und die zweite Betonschicht derart aufgetragen wird, dass die Bewehrungseinheit (200) wenigstens abschnittsweise mittels der Verbundschicht positioniert wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

- wobei die Bewehrungseinheit (200) ein vertikales Bewehrungselement (150-166) aufweist, das Verfahren umfassend den Schritt: Anordnen des vertikalen Bewehrungselements (150-166) mit einem Kopplungsabschnitt (152, 156), insbesondere mit einem Befestigungshaken, an dem Positionierungselement (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130), und/oder

- wobei die Bewehrungseinheit (200) ein horizontales Bewehrungselement (180-186) aufweist, das Verfahren umfassend den Schritt: Anordnen des horizontalen Bewehrungselements (180-186) an dem Positionierungselement, vorzugsweise in vertikaler Richtung auf dem Positionierungselement, und

- wobei vorzugsweise zunächst das vertikale Bewehrungselement (150-166) an dem Positionierungselement und anschließend das horizontale Bewehrungselement (180-186) an dem Positionierungselement derart angeordnet wird, dass das vertikale Bewehrungselement zumindest abschnittsweise, insbesondere mit dem Kopplungsabschnitt, zwischen dem horizontalen Bewehrungselement und der ersten Betonschicht (20) und/oder der zweiten Betonschicht (22) und/oder der Verbundschicht angeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Bewehrungseinheit (200) ein Eckenbewehrungselement (206) aufweist, das Verfahren umfassend den Schritt: Anordnen des Eckenbewehrungselements in einem Eckenbereich angrenzend an eine Ecke des Betonbauteils (1, 1') derart, dass ein erster Abschnitt des Eckenbewehrungselements (206) an einer ersten Seite (16) des Betonbauteils (1, 1') an einem ersten Positionierungselement (120, 122) angeordnet ist, und dass ein zweiter Abschnitt des Eckenbewehrungselements (206) an einer von

der ersten Seite verschiedenen und benachbarten, zweiten Seite (18) des Betonbauteils (1, 1') an einem zweiten Positionierungselement (124, 126) angeordnet ist.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend den Schritt:

konturangepasstes Vorformen des horizontalen Bewehrungselementes (180-186) und/oder des vertikalen Bewehrungselementes (150-166), wobei vorzugsweise das horizontale Bewehrungselement und/oder das vertikale Bewehrungselement durch das konturangepasste Vorformen einen Radius aufweist bzw. aufweisen.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend den Schritt:

Endbearbeitung der Betondeckungsschicht (24) zur Glättung und/oder Strukturierung.

9. Bewehrtes Betonbauteil (1, 1'), umfassend

- eine erste Betonschicht (20) und eine zweite Betonschicht (22), die mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren, hergestellt sind,

- ein Positionierungselement (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) zum Anordnen einer Bewehrungseinheit (200), das mit einem Tragabschnitt (106) zwischen der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) angeordnet ist und das mit einem Befestigungsabschnitt (108) von der ersten Betonschicht (20) und von der zweiten Betonschicht (22) herausragt,

- eine an dem Positionierungselement angeordnete Bewehrungseinheit (200) zum Bewehren des Betonbauteils (1, 1'), und

- vorzugsweise eine Betondeckungsschicht (24), die derart an der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) angeordnet ist, dass die Bewehrungseinheit (200) im Wesentlichen von der Betondeckungsschicht (24) bedeckt ist.

10. Bewehrtes Betonbauteil (1, 1') nach dem vorherigen Anspruch,

- wobei die Bewehrungseinheit (200) ein horizontales Bewehrungselement (180-186) aufweist, das vorzugsweise in vertikaler Richtung auf dem Positionierungselement (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) aufliegt, und/oder

- wobei die Bewehrungseinheit (200) ein vertikales Bewehrungselement (150-166) aufweist, das mit einem Kopplungsabschnitt (152, 156), insbesondere mit einem Befestigungshaken, an dem Positionierungselement angeordnet ist, und/oder

- wobei vorzugsweise das vertikale Bewehrungselement zumindest abschnittsweise zwischen der ersten Betonschicht (20) und/oder der zweiten Betonschicht (22) und/oder einer Verbundschicht und dem horizontalen Bewehrungselement angeordnet ist, wobei ferner vorzugsweise das Positionierungselement,

das vertikale Bewehrungselement und das horizontale Bewehrungselement derart angeordnet und ausgebildet sind, dass zwischen diesen eine Klemmung wirkt.

11. Bewehrtes Betonbauteil (1, 1') nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Bewehrungseinheit (200) ein Eckenbewehrungselement (206) aufweist, wobei das Eckenbewehrungselement (206) in einem Eckenbereich angrenzend an eine Ecke (14) des Betonbauteils (1, 1') derart angeordnet ist, dass ein erster Abschnitt des Eckenbewehrungselements (206) an einer ersten Seite (16) des Betonbauteils (1, 1') an einem ersten Positionierungselement (120, 122) angeordnet ist und dass ein zweiter Abschnitt des Eckenbewehrungselements (206) an einer von der ersten Seite verschiedenen und benachbarten, zweiten Seite des Betonbauteils (1, 1') an einem zweiten Positionierungselement (124, 126) angeordnet ist.

12. Bewehrtes Betonbauteil (1, 1') nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei

- der Befestigungsabschnitt (108) des Positionierungselements (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) hakenförmig und/oder ösenförmig ausgebildet ist, und/oder
- das Positionierungselement mit einem ersten Befestigungsabschnitt (108) auf einer ersten Seite des Betonbauteils (1, 1') und mit einem zweiten Befestigungsabschnitt (108) auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden, zweiten Seite des Betonbauteils (1, 1') herausragt, und/oder
- das Positionierungselement eine Haupterstreckungsrichtung aufweist, die im Wesentlichen orthogonal zu einer Schichtdicke der ersten Betonschicht (20) und/oder der zweiten Betonschicht (22) ausgerichtet ist.

13. Bewehrtes Betonbauteil (1, 1') nach einem der vorherigen Ansprüche,

- wobei das horizontale Bewehrungselement (180-186) und/oder das vertikale Bewehrungselement konturangepasst ausgebildet ist bzw. sind und insbesondere einen gebogenen Verlauf aufweist bzw. aufweisen, und/oder
- wobei das horizontale Bewehrungselement (180-186) und/oder das vertikale Bewehrungselement (150-166) stabförmig ausgebildet ist bzw. sind und vorzugsweise aus Stahl besteht bzw. bestehen oder Stahl umfasst bzw. umfassen.

14. Bewehrungsstruktur für ein bewehrtes Betonbauteil, umfassend

- ein Positionierungselement (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) zum Anordnen einer Bewehrungseinheit (200), das
 - o mit einem Tragabschnitt (106) zwischen einer ersten Betonschicht (20) und einer zweiten Betonschicht (22), die mit einem generativen Verfahren, vorzugs-

weise mit einem Spritzbetonverfahren, hergestellt sind, anordenbar ist, und

- o mit einem Befestigungsabschnitt (108) von der ersten Betonschicht (20) und von der zweiten Betonschicht (22) herausragbar ist, und
- eine an dem Positionierungselement angeordnete Bewehrungseinheit (200) zum Bewehren des Betonbauteils (1, 1').

15. Bewehrungsstruktur nach dem vorherigen Anspruch, wobei

- die Bewehrungseinheit (200) ein horizontales Bewehrungselement (180-186) aufweist, das vorzugsweise in vertikaler Richtung auf dem Positionierungselement (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) aufliegt, und/oder
- die Bewehrungseinheit (200) ein vertikales Bewehrungselement (150-166) aufweist, das mit einem Kopplungsabschnitt (152, 156), insbesondere mit einem Befestigungshaken, an dem Positionierungselement angeordnet ist, und/oder
- vorzugsweise das vertikale Bewehrungselement zumindest abschnittsweise zwischen der ersten Betonschicht (20) und/oder der zweiten Betonschicht (22) und/oder einer Verbundschicht und dem horizontalen Bewehrungselement anordenbar ist, wobei ferner vorzugsweise das Positionierungselement, das vertikale Bewehrungselement und das horizontale Bewehrungselement derart angeordnet und ausgebildet sind, dass zwischen diesen eine Klemmung wirkt oder wirken kann.

16. Fertigungssystem zur Herstellung eines bewehrten Betonbauteils (1, 1'), umfassend

- Mittel, insbesondere eine Spritzbetondüse (112), zum Erzeugen einer ersten Betonschicht (20) und einer zweiten Betonschicht mit einem generativen Verfahren, vorzugsweise mit einem Spritzbetonverfahren,
- ein Handhabungssystem, das angeordnet und ausgebildet ist,
 - o ein Positionierungselement (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) zum Befestigen einer Bewehrungseinheit (200) zwischen der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) anzuordnen,
 - o eine Bewehrungseinheit (200) an dem Positionierungselement anzuordnen, und
 - vorzugsweise die Mittel, insbesondere die Spritzbetondüse (112), ausgebildet sind, eine Betondeckungsschicht (24) an der ersten Betonschicht (20) und der zweiten Betonschicht (22) derart zu erzeugen, dass die Bewehrungseinheit (200) im Wesentlichen mit Beton bedeckt ist.

17. Fertigungssystem nach dem vorherigen Anspruch, wobei das Handhabungssystem eine erste Handhabungseinheit und eine zweite Handhabungseinheit aufweist, wobei

- die erste Handhabungseinheit die Mittel, insbesondere die Spritzbetondüse (112), zum Erzeugen der ersten Betonschicht (20), der zweiten Betonschicht (22) und/oder der Betondeckungsschicht (24) umfasst, und vorzugsweise eine Spritzbetondüse (112) aufweist, und
- die zweite Handhabungseinheit zum Anordnen des Positionierungselements (100, 102, 104, 110, 120, 122, 124, 126, 128, 130) und/oder der Bewehrungseinheit (200) ausgebildet ist, und vorzugsweise ein Handhabungswerkzeug (116) aufweist.

18. Fertigungssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend eine Bearbeitungsmaschine zum konturangepassten Vorformen und/oder zum Dimensionieren von vertikalen Bewehrungselementen und/oder von horizontalen Bewehrungselementen.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

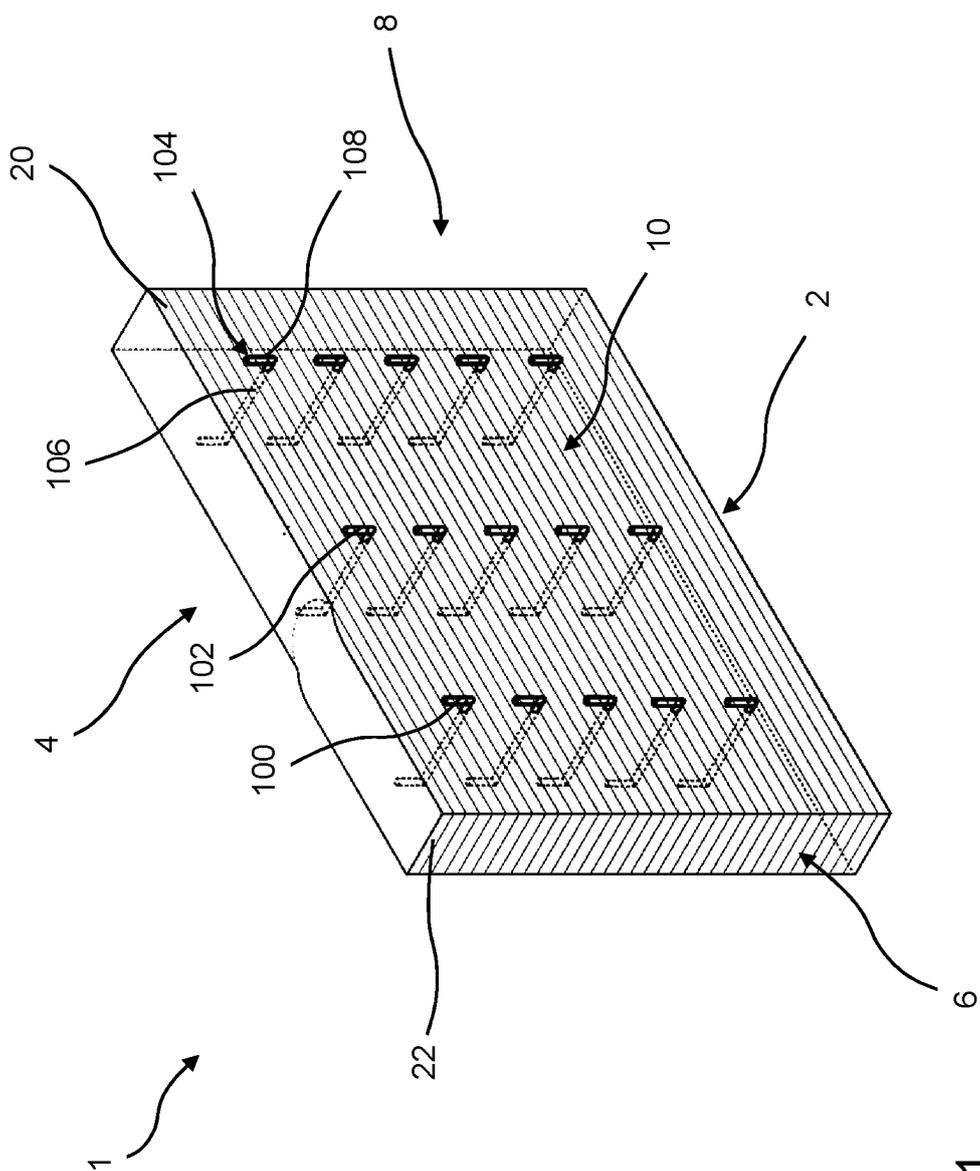


Fig. 1

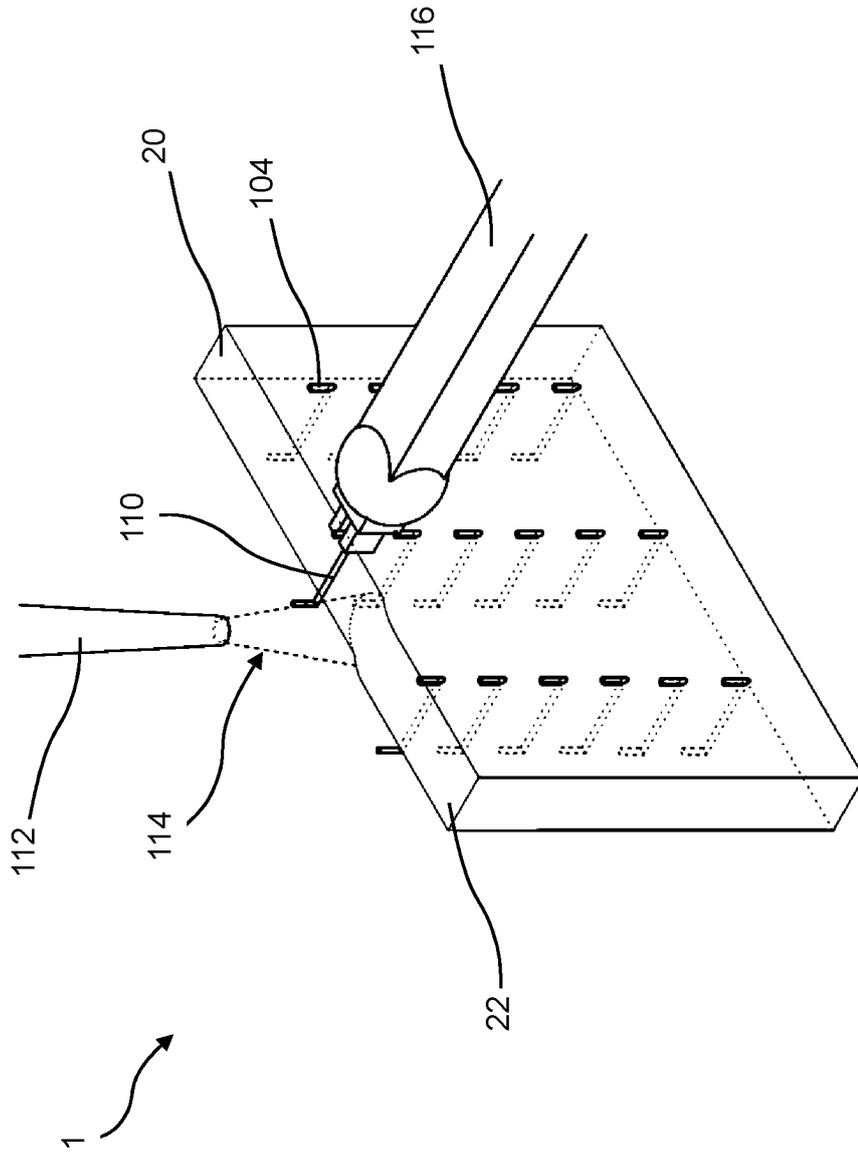


Fig. 2

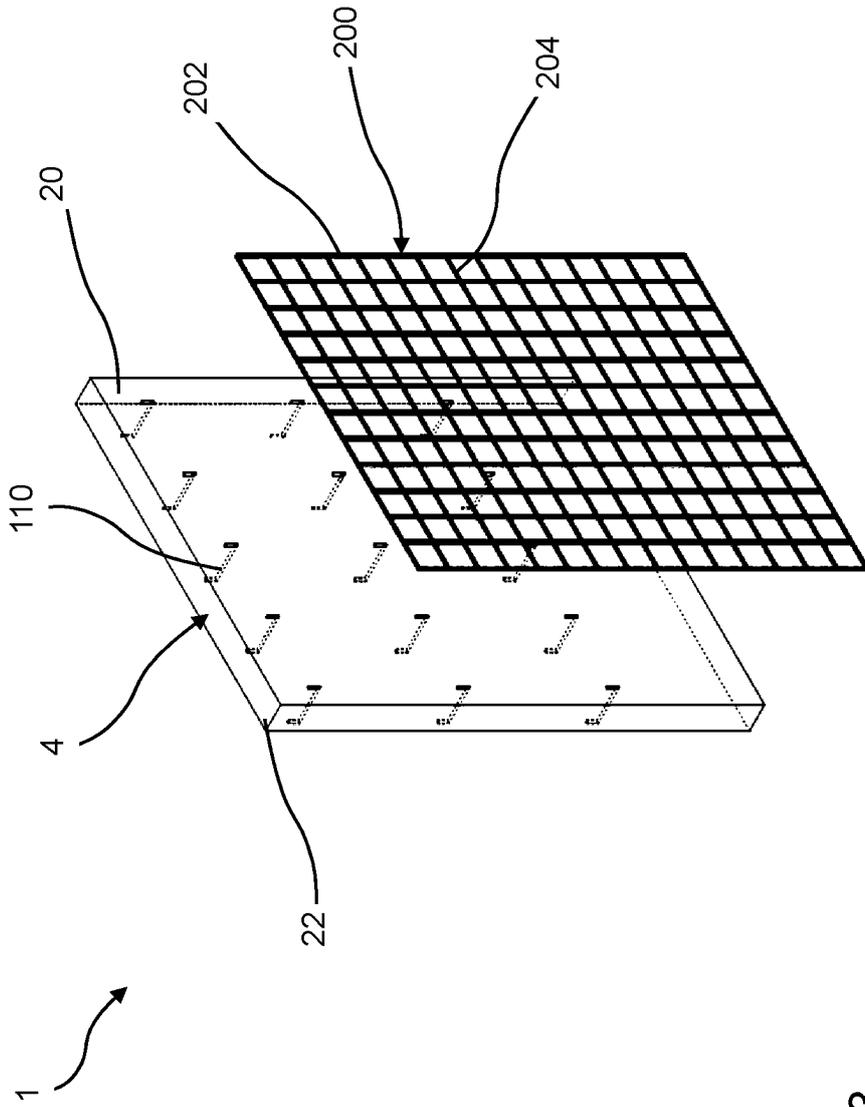


Fig. 3

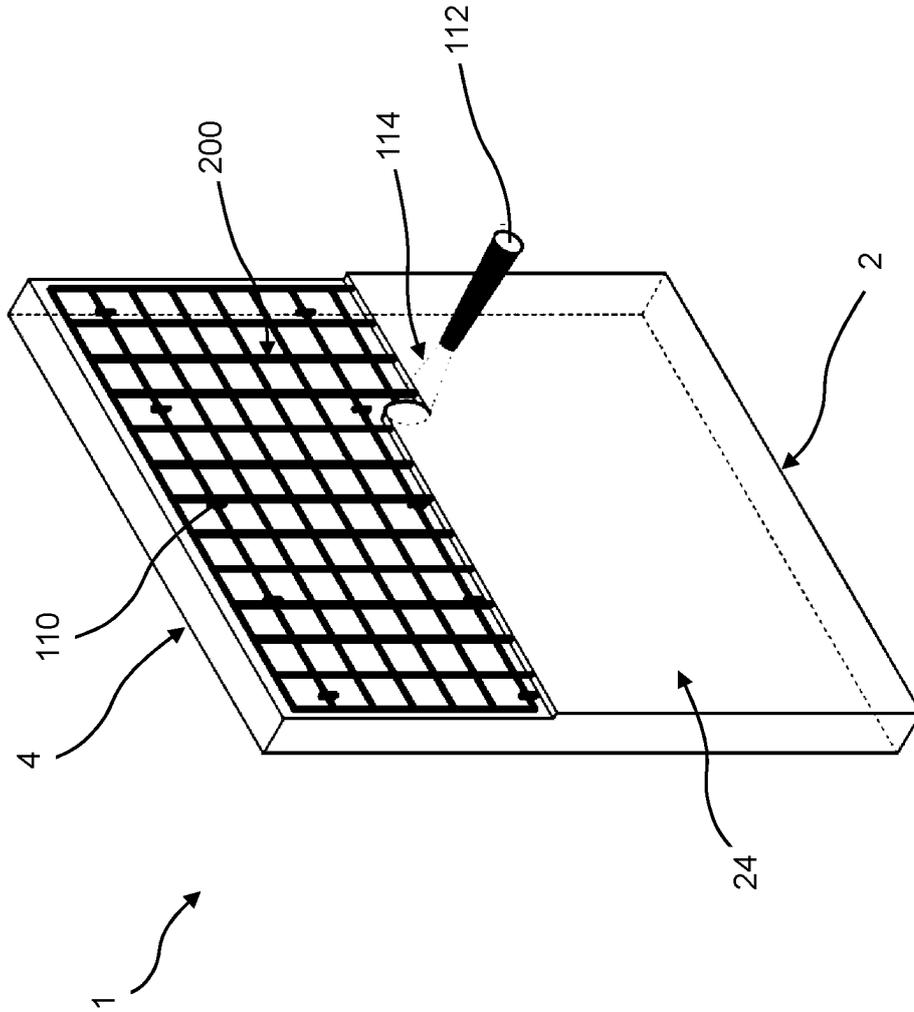


Fig. 4

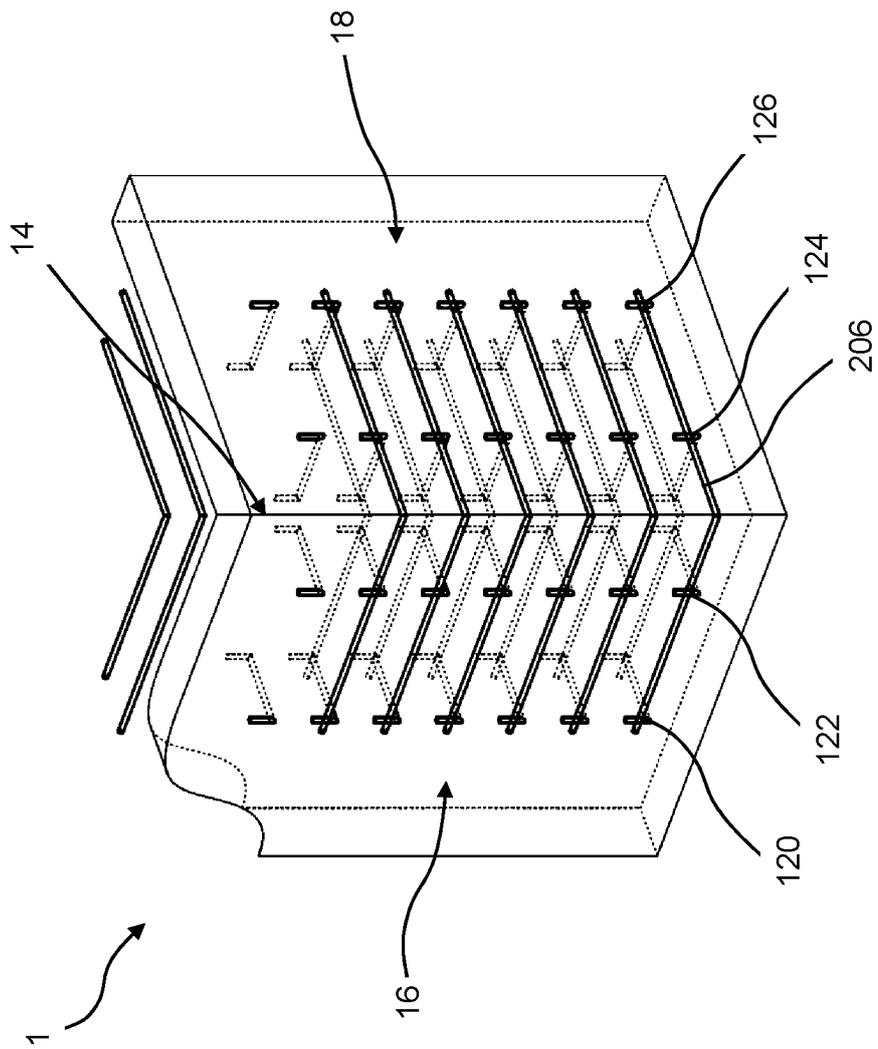


Fig. 5

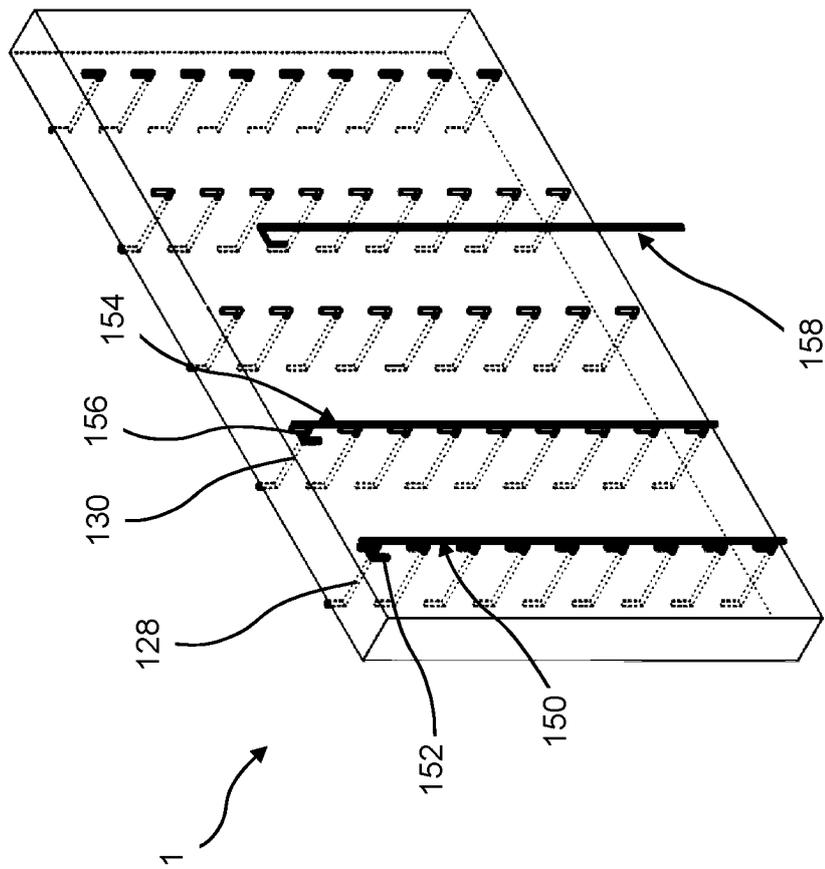


Fig. 6

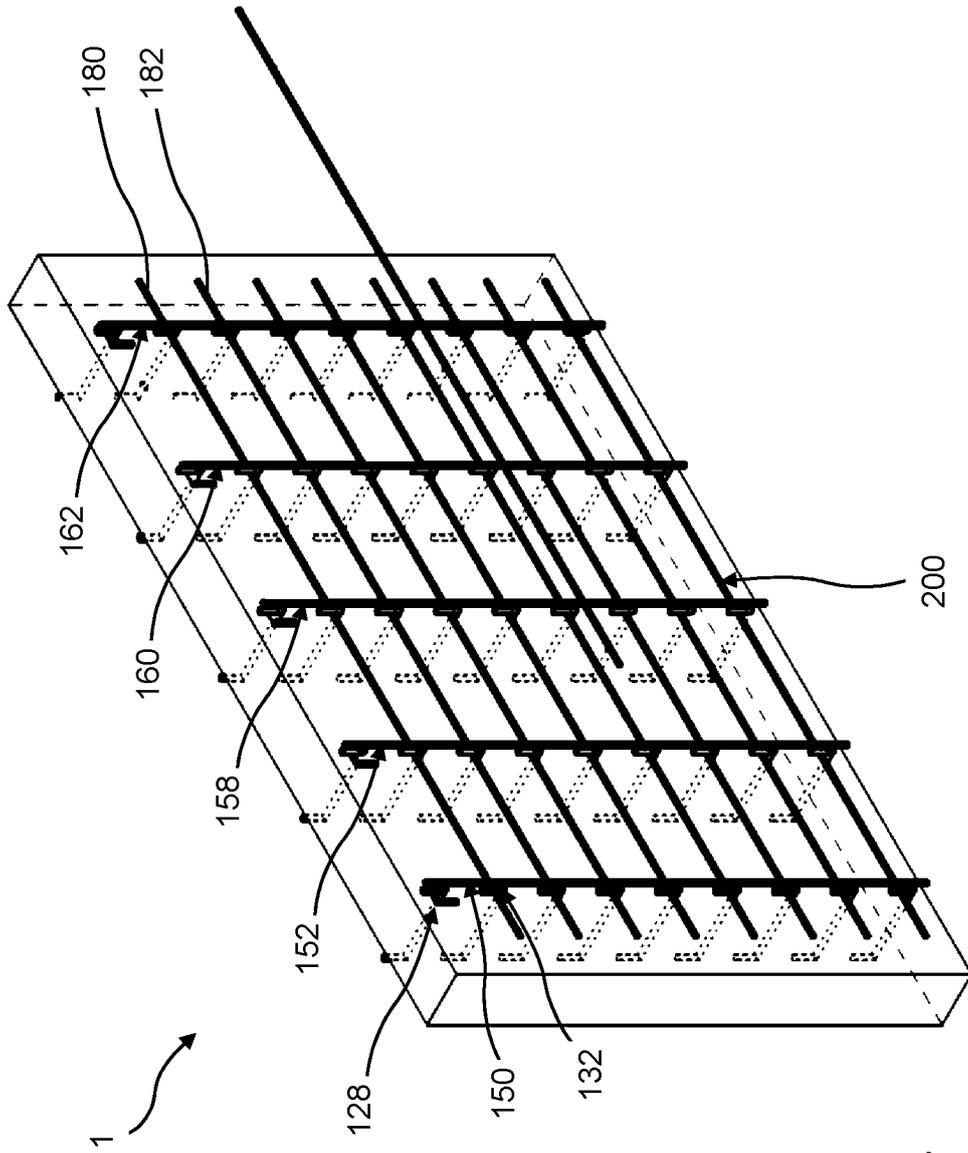


Fig. 7

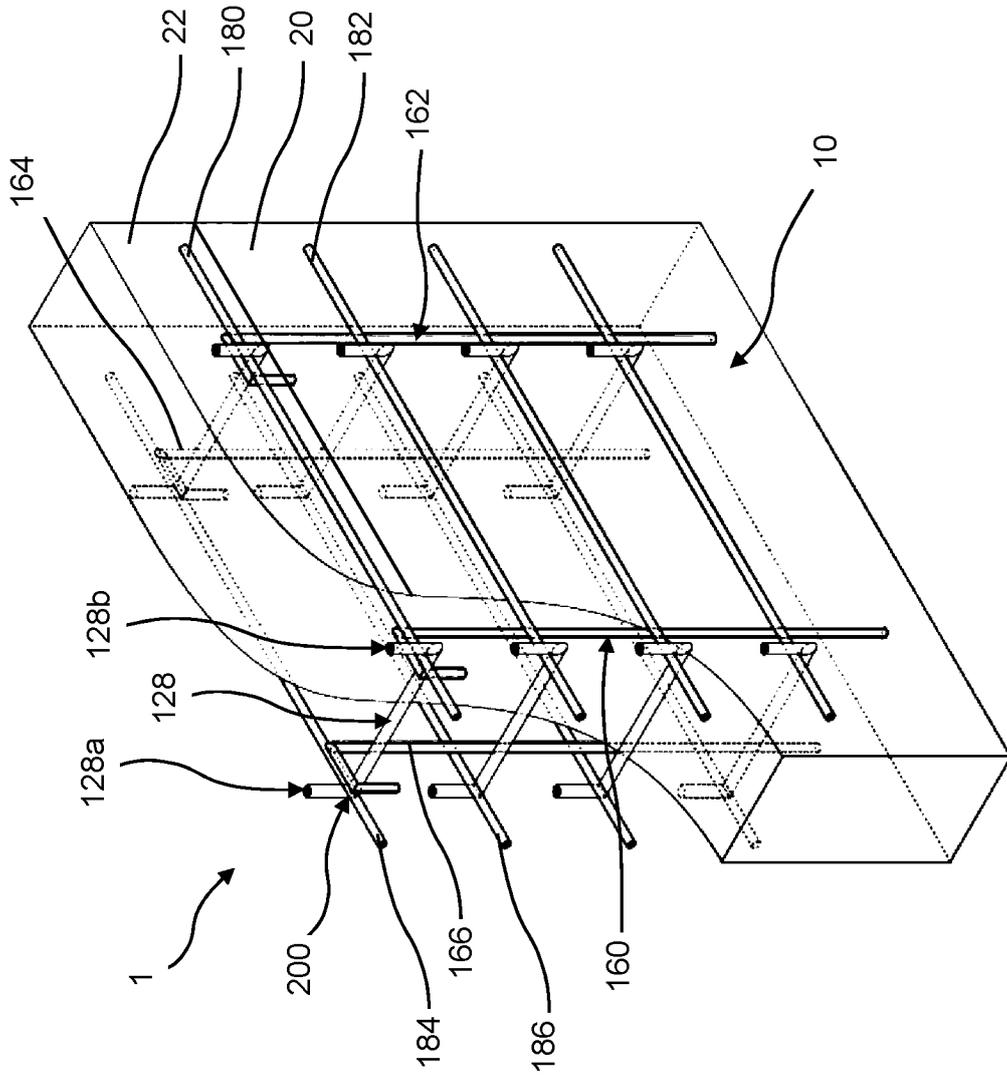


Fig. 8

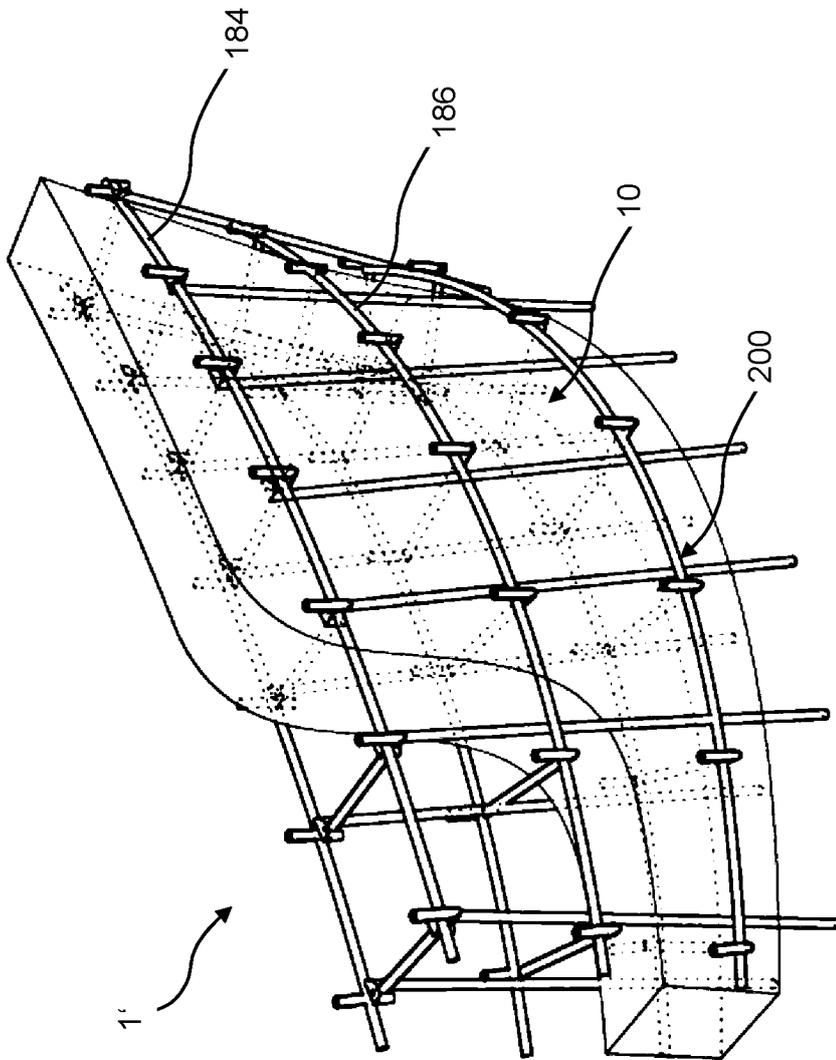


Fig. 9

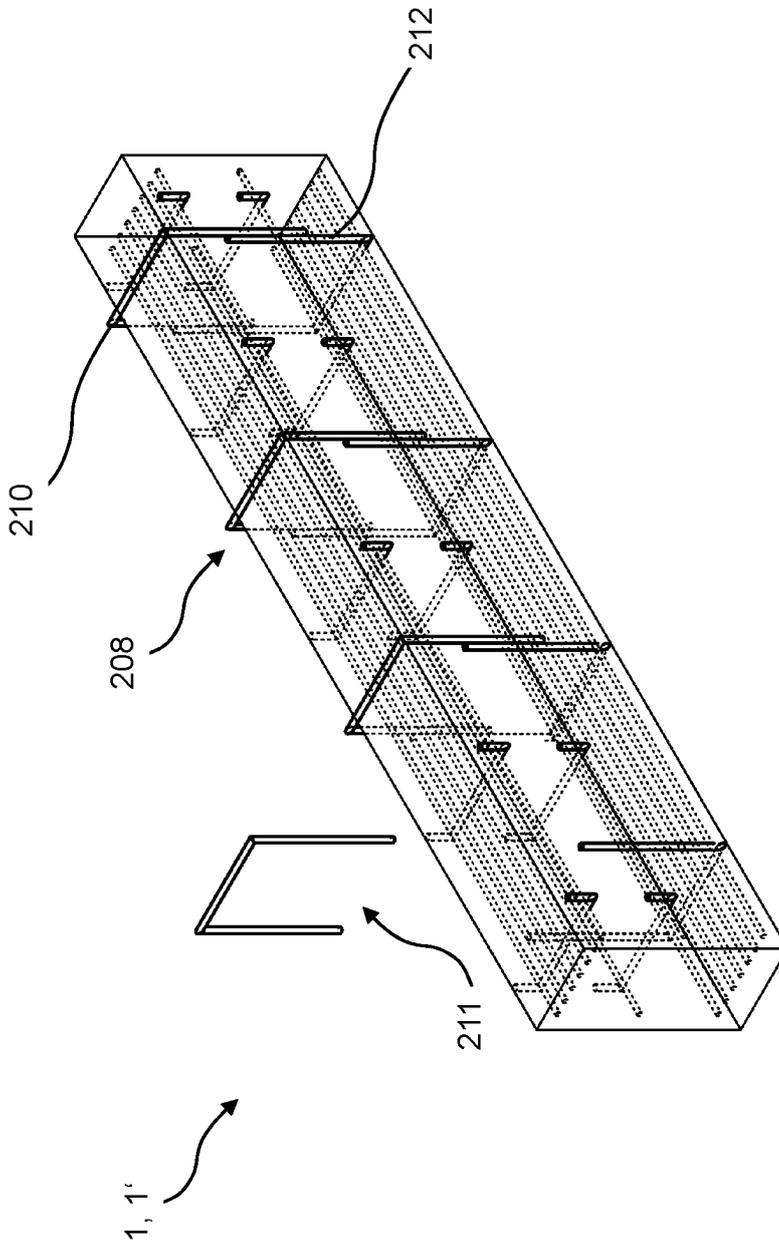


Fig. 10

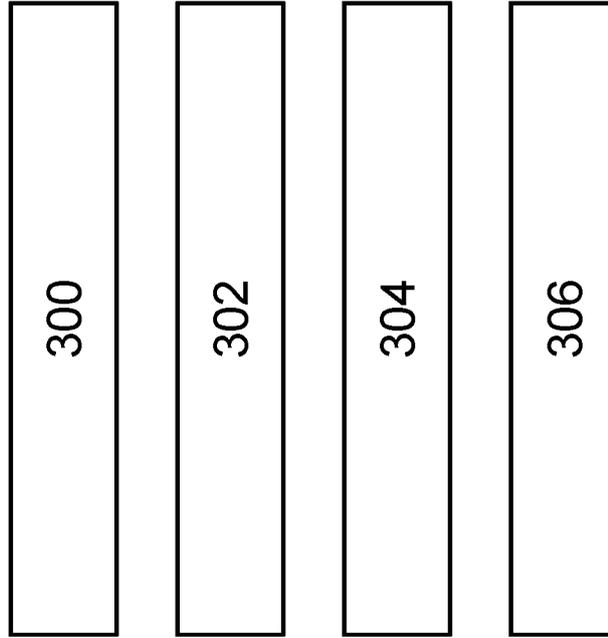


Fig. 11

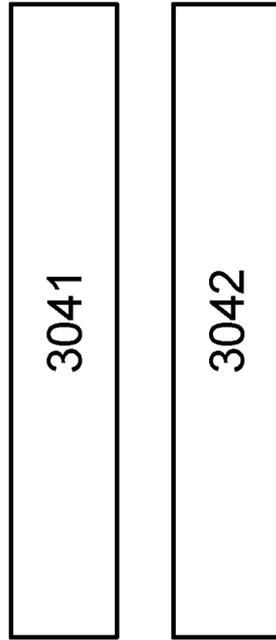


Fig. 12

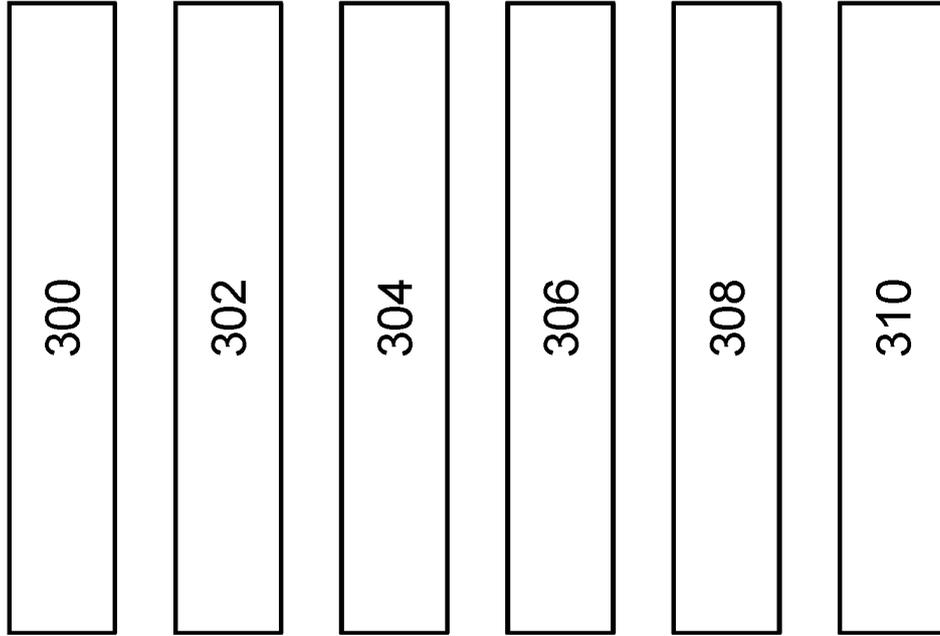


Fig. 13