



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.09.2024 Patentblatt 2024/36

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B28B 1/52 (2006.01) B28B 3/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23159187.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B28B 3/126; B28B 1/52

(22) Anmeldetag: **28.02.2023**

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

(72) Erfinder:
• **NEUMANN, Thomas**
89077 Ulm (DE)
• **WEIGAND, Patrick**
89077 Ulm (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

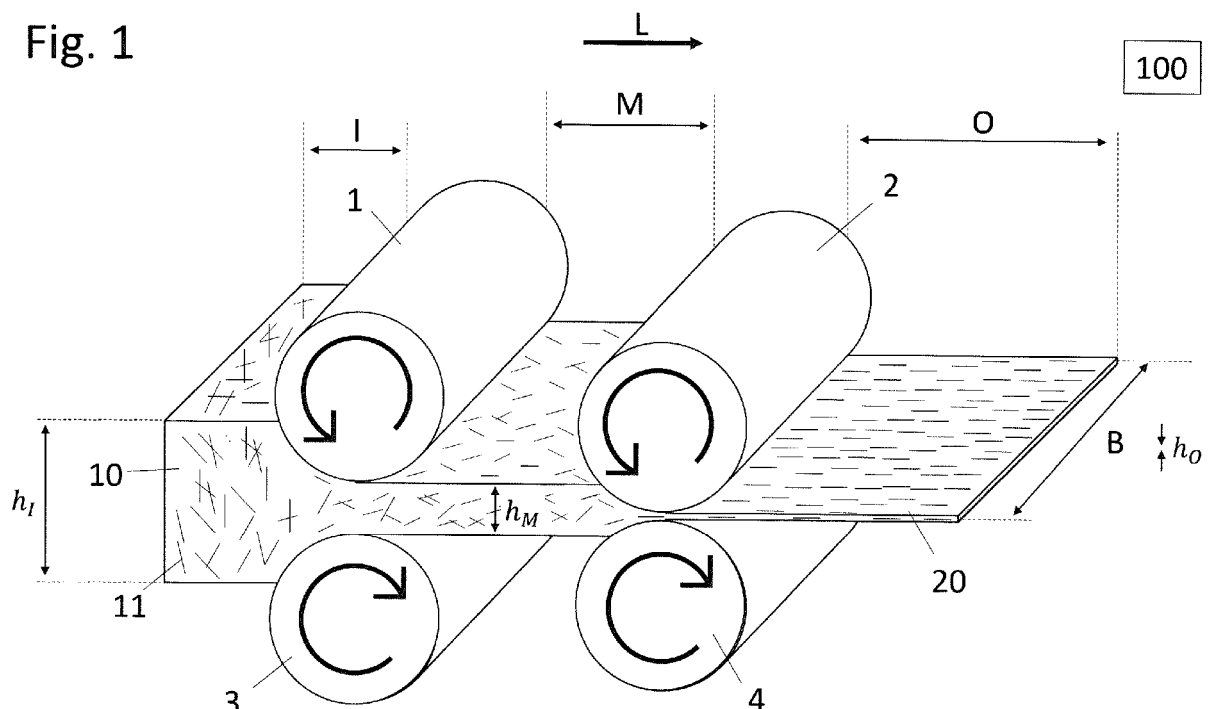
(71) Anmelder: **SCHWENK Zement GmbH & Co. KG**
89077 Ulm (DE)

(54) **VERFAHREN DER HERSTELLUNG VON BAUTEILEN, INSBESONDERE STRUKTURBAUTEILEN FÜR BETONBAUWERKE UND SOLCHE BAUTEILE**

(57) Verfahren der Herstellung von Bauteilen einer vorgegebenen Bauteilgeometrie, insbesondere für Betonbauwerke, bei dem man eine mit Fasern versehene noch umformbare mineralisch gebundene, insbesondere zementgebundene Masse erzeugt, diese Masse einen oder mehrere Umformvorgänge erfahren lässt und sie

schließlich in einer den Erhalt der Bauteilgeometrie erlaubenden Struktur verfestigen lässt, wobei wenigstens ein Umformvorgang der Masse in einer durch deren Durchführung zwischen zwei gegenläufig rotierenden, eine Dickenabmessung der Masse verringernden Walzen bewirkten Längsstreckung der Masse liegt.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren der Herstellung von Bauteilen einer vorgegebenen Bauteilgeometrie, insbesondere in Form von Struktur(fertig)bauteilen für Betonbauwerke, und insbesondere aus Feinbeton, bei dem man eine mit Fasern versehene noch umformbare mineralisch gebundene, insbesondere zementgebundene Masse erzeugt, diese Masse einen oder mehrere Umformvorgänge erfahren lässt und sie schließlich in einer den Erhalt der Bauteilgeometrie erlaubenden Struktur verfestigen lässt.

[0002] Derartige Verfahren sind auf dem Gebiet der Fertigbetonteile natürlich bestens bekannt. In deren einfachsten Form kann eine noch fließfähige Betonmasse in Formen eingebracht werden, die das Negativ der Bauteilgeometrie abbilden und dort wie üblich verfestigen (erstarrten und erhärten), wobei ein Entfernen aus der Form bereits bei ausreichender Frühfestigkeit möglich ist. Das Einbringen der Betonmasse in die Form kann dabei in einem bloßen Eingießen oder auch in einem gezielt geführten Eingießen oder Einspritzen erfolgen, etwa über hierzu vorgesehene Einspritzdüsen. Auch 3D-Druckverfahren werden bereits zur Herstellung von Betonfertigbauteilen herangezogen.

[0003] Ebenfalls bekannt ist es, Fasern zuzugeben, welche den (ohne sonstige Bewehrung) primär hervorragende Druckfestigkeiten aufweisenden Betonbauteilen auch verbesserte Zugfestigkeiten verleihen. Selbst anisotrop vorliegende (Biege)Zugfestigkeiten sind hierzu erreichbar, indem die Mündungsöffnung einer Einspritzdüse passend dimensioniert wird, wie etwa in M. Ham-bach, H. Möller, T. Neumann und D. Volkmer, "Portland cement paste with aligned Carbon Fibers exhibiting exceptionally high flexural strength (> 100 MPa)", Cement and Concrete Research Bd. 89, S. 80-86, 2016 beschrieben ist.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art insbesondere hinsichtlich einer Kombination aus zufriedenstellenden erreichbaren (Biege)Zugfestigkeiten und zufriedenstellender Variabilität hinsichtlich einem Zusammenwirken beteiligter Komponenten wie auch hinsichtlich Dimensionierbarkeit vorteilhaft weiterzubilden.

[0005] Diese Aufgabe wird in verfahrenstechnischer Hinsicht durch eine Weiterbildung eines Verfahrens der eingangs genannten Art gelöst, die im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, dass wenigstens ein Umformvorgang der Masse in einer durch deren Durchführung zwischen zwei gegenläufig rotierenden, eine Dickenabmessung der Masse verringernden Walzen bewirkten Längsstreckung der Masse besteht.

[0006] Es ist somit vorgesehen, einen plastischen Umformvorgang durch Walzen, und somit eine Massivumformung der Masse vorzunehmen. Die mineralisch gebundene Masse mit den darin enthaltenen Fasern bildet somit im Sprachgebrauch der Metallurgie das Walzgut, welches durch Längswalzen eine Längsstreckung (Län-

genzunahme) erfährt. Durch diese plastische Umformung ergibt sich eine Änderung der (gemittelten) Faserorientierung der in dem Walzgut enthaltenen Fasern, indem die Fasern eine sie mit Vorzugsorientierung in Richtung der Längsstreckung, also in Walzrichtung gerichtete Orientierungsbeeinflussung erfahren (zudem kann die Orientierung in Breitenrichtung und die in Höhenrichtung unter Ausbildung einer sekundären Anisotropie unterschiedlich ausgeprägt sein. Der Ausdruck "Vorzugsrichtung" bedeutet selbstverständlich nicht, dass sämtliche Fasern parallel zu dieser Richtung verlaufen, sondern dass für die Fasern eine erhöhte Tendenz besteht, sich eher in Vorzugsrichtung als entlang einer Ebene orthogonal zu dieser Vorzugsrichtung auszubilden. Mathematisch gesprochen zeigt die gemittelte Faserorientierung eine Zentrierung um eine Richtung auf, welche als Vorzugsorientierung bezeichnet wird und im Wesentlichen der Walzrichtung des Längswalzens entspricht.

[0007] Die Dicke der Masse/des Walzguts nach einer derartigen dickenabmessungsverringernden Längsstreckung ist dabei im Wesentlichen durch die Größe des zwischen den beiden Walzen eingestellten Spaltes vorgegeben, wovon auch die Querschnittsabnahme (der Umformgrad oder Abwalzgrad) bezüglich der Dicke der den Walzen zugeführten Masseschicht abhängt. Hierbei wird bevorzugt, dass der auf die Längsstreckung bezogene (Gesamt-)Umformgrad ϕ_l wenigstens 0,7, bevorzugt wenigstens 1,0, weiter bevorzugt wenigstens 1,3, insbesondere wenigstens 1,6 beträgt, und/oder geringer ist als 6,3, bevorzugt geringer als 5,8.

[0008] Durch Einstellbarkeit (unter Sicherstellung einer einziehenden Wirkung) der Spaltgröße zwischen den Walzen ist somit eine die Variabilität des Verfahrens erhöhende Einstellgröße. Es versteht sich, dass die Masse dem walzenden Umformschritt in einem Zustand zugeführt wird, in welchem sie plastisch verformbar ist. Zudem wird es bevorzugt, dass die Masse bereits eine Festigkeit besitzt, die in der Lage ist, ihre Eigenlast aufzunehmen (Gründstandfestigkeit). In einer Variante ist demnach denkbar, die Masse den Walzen in erdfeuchter Form zuzuführen. Insbesondere bei hydraulisch gebundenen Massen wird es bevorzugt, dass der Wasserelementwert geringer ist als 2, bevorzugt geringer als 1, insbesondere geringer als 0,6.

[0009] Bei mineralischen Massen gilt zudem eine Rheologie, die mit einem Bingham-Fluid vergleichbar ist. In-soweit ist ebenfalls bevorzugt, dass die zu walzende Masse eine Bingham-Viskosität η_{Bi} (in bar x s) wenigstens 0,01 beträgt, bevorzugt wenigstens 0,02, insbesondere wenigstens 0,03 und/oder nicht größer ist als 1,8, weiter bevorzugt nicht größer als 1,7, insbesondere nicht größer als 1,6. Weiter bevorzugt ist, dass die Fließgrenze der gewalzten Masse größer ist als jede nach dem Umformen auftretende Spannung in Folge von Eigenlast innerhalb der Masse. Besonders bevorzugt ist die Fließgrenze τ_0 in bar wenigstens 0,04, bevorzugt wenigstens 0,05, insbesondere wenigstens 0,06 und/oder bevorzugt nicht größer als 1,6, weiter bevorzugt nicht

größer als 1,5, insbesondere nicht größer als 1,4.

[0010] In einer bevorzugten Variante ist vorgesehen, dass bei der Verringerung der Dickenabmessung einer quer zur Dickenrichtung und zur Längsrichtung gerichteten Streckung entgegengewirkt/diese vermieden wird. Dies wird bevorzugt durch Führungsbegrenzung in Breitenrichtung erreicht. Ohne jegliche Gegenmaßnahme würde eine Breitung des Walzguts die von der Erfindung angestrebte Ausrichtung der Fasern entlang der Vorzugsrichtung aufweichen, daher werden bevorzugt Gegenmaßnahmen getroffen. Diese könnten beispielsweise in der Bereitstellung eines zusätzlich angeordneten Walzenpaars orthogonal zu den Umformwalzen liegen, oder auch in Form von profilierten (kalibrierten) Walzen, beispielsweise Walzen mit kastenförmiger Kalibergeometrie. Jedenfalls ist ein auf die Breitenrichtung bezogener Umformgrad $<pb$ bevorzugt geringer als 0,5, weiter bevorzugt geringer als 0,4, insbesondere geringer als 0,3.

[0011] Hinsichtlich der umformenden Walzen wird es im Übrigen bevorzugt, wenn die Walzen einen Walzenkern aus einem Kernmaterial aufweisen, insbesondere aus Materialien wie Stahl, Edelstahl oder Aluminium, und eine Oberflächenbeschichtung und/oder aufgetragene Anti-Haftmittel, wobei auch polierte Oberflächen (z.B. auf $R_t < 0,2 \mu m$) geeignet sein können. Hinsichtlich Oberflächenbeschichtungen wird an solche auf Basis von Keramik, Fluorpolymeren, Stearate, Paraffine, Rein-Silikon oder Silikonkautschuk gedacht, wobei dies keine einschränkende oder abschließende Aufzählung sein soll. Als Antihaftmittel kämen Sprays oder Öle oder Wachse, beispielsweise auf der Basis von Fluorpolymeren oder Silikon, aufgetragen auf die Walzkörper, in Betracht.

[0012] Es versteht sich, dass die Erfindung hinsichtlich der Dimensionierung der Walzenkörper nicht weiter eingeschränkt ist und der Walzendurchmesser abhängig von der Höhe des Walzguts sowie des gemischten Abwalzgrads geeignet gewählt werden kann. Diesbezüglich steht ein weiterer Einstellparameter auch hinsichtlich der größentechnischen Dimensionierung bereit, welcher das Verfahren nochmals flexibler macht. Besonders großformatige Bauteile könnten durchaus mit sehr großen Walzen hergestellt werden. In einer bevorzugten Gestaltung sollte der Walzendurchmesser wenigstens 10 mm betragen, bevorzugt wenigstens 40 mm, insbesondere wenigstens 80 mm, wobei ebenfalls bevorzugt der Walzendurchmesser nicht größer ist als 300 cm, weiter bevorzugt nicht größer als 240 cm, insbesondere nicht größer als 200 cm.

[0013] In einer weiter bevorzugten Gestaltung ist vorgesehen, dass die Bahngeschwindigkeit an der Walzenoberfläche wenigstens 0,05 m/s, bevorzugt wenigstens 0,1 m/s, insbesondere wenigstens 0,5 m/s beträgt und/oder bevorzugt nicht größer ist als 24 m/s, bevorzugt nicht größer als 20 m/s, insbesondere höchstens 16 m/s.

[0014] In einer bevorzugten Variante ist vorgesehen, dass eine Verringerung der Dickenabmessung über mehrere Walzstiche verteilt wird. Der oben bereits ange-

sprochene Umformgrad bzw. Abwalzgrad muss somit nicht in Form einer einzigen Dickenreduzierung mit sehr hohem Walzgrad erreicht werden, sondern kann auch durch sukzessive Umformung mittels mehrerer Walzstiche (mit vergleichsweise geringerem Walzgrad) erreicht werden. In einer bevorzugten Gestaltung werden wenigstens zwei Walzstiche eingesetzt, auch an wenigstens drei oder wenigstens vier Walzstichen wird gedacht, wobei durchaus auch eine höhere Anzahl von Walzstichen wie fünf, sechs oder sieben und mehr denkbar sind. Mit der Einstellmöglichkeit über die Stichanzahl wird das Verfahren nochmals variabler.

[0015] In einer bevorzugten Variante ist vorgesehen, dass mit der Masse ein Feinbeton bereitgestellt wird, und/oder eine mittlere Teilchengröße der Masse geringer ist als 2 mm, bevorzugt geringer als 1,3 mm, insbesondere geringer als 0,8 mm. Als Teilchengröße (Korngröße) gilt hier ein Durchmesserbezug, bzw. der effektive Durchmesser $d_{eff} = (6V/\pi)^{1/3}$ mit dem (mittleren) Teilchenvolumen V .

[0016] Es versteht sich, dass die erzeugte Dicke der durch Walzen erzeugten bandförmigen Masse einerseits von der Geometrie des anzufertigenden Bauteils, jedoch auch von weiteren Verfahrensgestaltungen abhängen kann. Dabei ist (siehe unten) durchaus vorgesehen, selbst bei der Anfertigung von zum Beispiel plattenförmigen Bauteilen, welche sich bereits durch Zuschneiden/Abtrennen der bandförmigen Masse ergeben können, durchaus auf Dicken gewalzt wird, die niedriger sind als die Dicke der angestrebten Plattengeometrie/Bauteilgeometrie, und letztere durch Stapeln mehrerer Schichten der Dicke der gewalzten bandförmigen Masse wieder hergestellt wird. In einer bevorzugten Ausgestaltung wird die Dicke der bandförmigen Masse wenigstens auf 20 cm, insbesondere bevorzugt wenigstens auf 12 cm, insbesondere wenigstens auf 6 cm oder weniger reduziert, auch deutlich weniger, insbesondere falls man anschließend wieder stapelt/faltet.

[0017] In einer angedachten Variante ist vorgesehen, dass die nach einem Walzstich bandförmige Masse entlang der Walzrichtung gefaltet wird und insbesondere einem weiteren Walzstich unterworfen wird. Durch einmaliges oder sukzessives mehrfaches Wiederholen eines derartigen Vorgangs mit anschließendem Walzen kann eine nochmals bessere Faserausrichtungstendenz erreicht werden, je nach Einstellung ggf. auch ohne weitergehende Dickenverringerung aufgrund der durch das Längsfalten erreichten Dickenverdopplung. Auch hierzu ließe sich anlagentechnisch eine Walzstraße mit Umform- und/oder Profilerwalzen bereitstellen, mit welchen das Längsfalten ausgeführt wird.

[0018] In einer zweckmäßigen Variante ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter mit einem Schritt des Trennens einer nach einem Walzstich bandförmigen Masse und weiter mit insbesondere mit einem insbesondere flächigen Zusammenfügen des abgetrennten Bandstücks mit weiteren Stücken dieser bandförmigen Masse oder einer weiteren mineralisch gebundenen Masse von

anbindungsfähigem Typ ausgeführt wird. So lässt sich auch die oben erläuterte Dickenwiederherstellung erreichen.

[0019] In einer bevorzugten Variante ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter mit einer später als wenigstens ein längsstreckender Umformvorgang erfolgenden zwischenzeitlichen Erzeugung eines Verbunds aus mehreren gewalzten Schichten ausgeführt wird. Diese Variante ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Dicke der Masse nach dem Walzen die gewünschte Dicke für das Fertigteil oder für einen weiteren Verfahrensschritt nicht erreicht. Der Verbund ist etwa dadurch erreichbar, dass durch Ablängen des Bandes aus gewalzter Masse einzelne Stücke definierter Länge erzeugt und diese übereinandergelegt und zusammengefügt werden.

[0020] In einer derartigen Variante könnte das Zusammenfügen derart erfolgen, dass die Teile in Walzrichtung ausgerichtet zusammengefügt werden. Dann wird eine Anisotropie in im Wesentlichen einer linearen Vorzugsrichtung, nämlich der einheitlichen Längsstreckrichtung beibehalten bzw. verstärkt. Es werden jedoch auf Fügeprozesse in Betracht gezogen, bei denen die jeweiligen Längsstreckrichtungen orthogonal zueinander angeordnet werden, etwa in jeweils abwechselnden Schichten. Die dadurch erreichte Anisotropie ist die einer Vorzugsebene orthogonal zur Dickenrichtung der einzelnen Schichten. Diese Variante eignet sich beispielsweise zur Erzeugung von Platten mit höherer Biegefestigkeit.

[0021] In diesem Zusammenhang ist ebenfalls vorgesehen, dass nicht alle der miteinander zusammengefügt Teile aus gewalzten Abschnitten faserverstärkter Masse bestehen (müssen). Vielmehr können Teilbereiche, sofern sie in bestimmten Gestaltungsmöglichkeiten nicht bereits hohl bleiben, auch mit einer anderen Masse ausgefüllt werden, welche faserverstärkt sein kann, jedoch insbesondere auch nicht faserverstärkt sein muss und/oder auch von einer anderen Zusammensetzung sein kann, bevorzugt jedoch vom Typ her ähnlich und somit anbindungsfähig ist. Für derartig erzeugte gradierete Teile mit den erfindungsgemäßen Schichten nur in Bereichen wird bevorzugt vorgesehen, die Orientierung dieser Bereiche derart festzulegen, dass ihre zugfestigkeitssteigernde Wirkung passend zu der Orientierung orientiert ist, in der das Bauteil im Einsatz Zugspannungen oder Biegebelastungen erfährt.

[0022] In einer bevorzugten Variante ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter mit einer später als der längsstreckende Umformvorgang erfolgenden Annäherung an die, insbesondere Erzeugung der Bauteilgeometrie oder eines Teils hiervon durch ein oder mehrere Walzvorgänge ausgeführt wird. In diesen Gestaltungsmöglichkeiten wird vorteilhaft ausgenutzt, dass die Erzeugung der Längsstreckung durch Walzen im Wege einer dazu vorgesehenen Walzstraße auch noch durch Profilwalzen zur Umformung der Masse in möglichst nahe bis hin zur gewünschten Bauteilgeometrie ergänzt werden kann.

[0023] Beispielsweise würde man parallel zur sukzes-

siven Längung der faserbewehrten Masse nebst damit einhergehender Faserausrichtung eine stufenweise Umformung (Kaliberfolge) zum Annähern bzw. Erreichen der gewünschten Endgeometrie vornehmen. Mit Blick auf die Bauteile, die beispielsweise und bevorzugt in Form von Platten, Trägern oder Stützen mit nicht weiter eingeschränkter Querschnittsgeometrie sein können/sind, könnte insbesondere die Querschnittsgeometrie beeinflusst werden und beispielsweise und bevorzugt eines oder mehrere aus der Gruppe Hohlprofile, Doppel-T-Träger, C-Profile oder Winkelprofile erzeugt werden. Für komplexere Endgeometrien wird zudem daran gedacht, dass in entsprechend vorgefertigter Profilmform profilgewalzte Band abzulängen und aus den abgelängten Teilen durch Zusammenfügen diese komplexere Endgeometrie zu generieren. Insoweit ist bevorzugt vorgesehen, dass eine Anlage, auf welcher das Verfahren ausgeführt wird, eine Kombination dieser beiden Verfahrensprozesse (kombinierte Walzstraße und Profilwalzstraße) aufweist.

[0024] In einer bevorzugten alternativen oder zusätzlichen Variante ist vorgesehen, dass das Verfahren weiter mit einer später als der längsstreckende Umformvorgang erfolgenden Annäherung an die, insbesondere Erzeugung der Bauteilgeometrie oder eines Teils hiervon durch ein insbesondere mittels eines Kolbenextruders ausgeführten Extrudieren, welchem insbesondere eine aufgerollte oder gestapelte Form von nach wenigstens einem Walzstich erzeugter bandförmiger Masse zugrunde gelegt wird, ausgeführt wird.

[0025] Diese Variante stellt eine Kombination der grundlegenden Lehre der gegenständlichen Erfindung mit den Vorzügen einer Geometriegebung durch (Kolben-)Extrusion bzw. deren Mundstücks dar. Dabei wird ausgenutzt, dass im Wege der Bereitstellung eines gewalzten Bandes mit Faserorientierung in Vorzugsrichtung (Walzrichtung) eine Anisotropie der Faserorientierung bereits geschaffen ist, welche nach einem Extrudiervorgang immer noch in einer (wenn auch gegebenenfalls vom Extrudiervorgang abhängigen/veränderten) Anisotropie der Faserorientierung beibehalten verbleibt und wiederum gezielt eingesetzt werden kann.

[0026] Dem Receiver einer Kolbenextrudiereinrichtung könnten die gewalzten Schichten beispielsweise in aufgerollter Form zugeführt werden, was zu einer Vorzugsrichtung in tangentialer Richtung führt, wenn die Zuführrichtung zum Extruder der Breitenrichtung des Bandes entspricht und ein Aufrollen mit Aufrollachse in Bandbreitenrichtung erfolgt. Dies kann z.B. für erwartete Torsionsbelastung von Trägerbauteilen von Vorteil sein.

[0027] Bei einem Aufrollen mit Aufrollachse in Bandlängsrichtung und Zuführen in Längsrichtung des Bandes bleibt es bei einer längsgerichteten Vorzugsrichtung. Durch eine jeweilige Kombinierbarkeit dieser vorgestellten Varianten auch mit weiteren Trenn- oder Schlitzvorgängen oder Faltvorgängen an dem gewalzten Band erhöht sich nochmal die Variabilität des Verfahrens. Die Dimensionierung richtet sich nach Dimensionierung des

Receivers, und mit dem Extrudierquerschnitt steht eine weitere Dimensionierungsmöglichkeit zur Verfügung, die keinen sich daraus ergebenden Zwangsbedingungen unterworfen ist, dass über das Extrudieren eine Fasero-orientierung einzustellen wäre. Ein kraftschlüssiger Verbund der z.B. gestapelten oder aufgerollten Schichten erfolgt durch eine Querschnittsverengung z.B. im Mundstück des Extruders.

[0028] Die Erfindung deckt nicht nur die vollständige Herstellung des Bauteils ab, sondern auch Zwischenstufen unter Einsatz der erfindungsgemäßen Lehre, und betrifft somit auch ein Verfahren der Bereitstellung eines zur Herstellung von Bauteilen einer vorgegebenen Bauteilgeometrie, insbesondere für Betonbauwerke, geeigneten Zwischenprodukts, bei dem man eine mit Fasern versehene noch umformbare mineralisch gebundene, insbesondere zementgebundene Masse erzeugt und diese Masse wenigstens einen Umformvorgang erfahren lässt, und das im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens ein Umformvorgang der Masse in einer durch deren Durchführung zwischen zwei gegenläufig rotierenden, eine Dickenabmessung der Masse verringernden Walzen bewirkten Längsstreckung der Masse besteht, und das Zwischenprodukt insbesondere von bandförmiger Gestalt ist. Die Vorteile dieser Art der Herstellung eines Zwischenprodukts ergeben sich aus den obigen Erläuterungen zum Herstellen eines Bauteils.

[0029] Insbesondere sind auch weitere Zwischenstufen unter Schutz gestellt, d.h. ein Verfahren der nach Anspruch 10 oder zur Weiterbearbeitung eines nach einem Verfahren nach Anspruch 10 hergestellten Zwischenprodukts, mit den kennzeichnenden Merkmalen eines oder mehrerer der Ansprüchen 2 bis 9.

[0030] Hinsichtlich der für die Erhöhung der (Biege-)Zugfestigkeit herangezogenen Fasern ist die Erfindung keinen besonderen Einschränkungen unterworfen, weder hinsichtlich besonderen Fasertypen noch -längen. Hinsichtlich des Typs sind Schnitffasern bevorzugt. Weiter bevorzugt ist vorgesehen, dass die mittlere Länge der Schnitffasern größer ist als 0,1 mm, bevorzugt größer als 1 mm, insbesondere größer als 2 mm, und/oder Längen von geringer als 50 mm, bevorzugt geringer als 30 mm, insbesondere geringer als 20 mm. Es versteht sich jedoch, dass insbesondere für größere Bauteile auch größere Längen in Betracht gezogen werden können.

[0031] Weiter bevorzugt wird daran gedacht, dass der mittlere Durchmesser der Schnitffasern bevorzugt größer als 2 µm, weiter bevorzugt größer als 4 µm, insbesondere größer als 6 µm ist, und/oder geringer als 50 µm, weiter bevorzugt geringer als 30 µm, insbesondere geringer als 20 µm. Auch hier gilt, dass insbesondere für größere Bauteile auch Fasern mit größerem Durchmesser in Betracht gezogen werden können, insbesondere jedoch Fasern mit Durchmesser von nicht größer als 1,5 mm, bevorzugt jedoch nicht größer als 0,5 mm.

[0032] Auch hinsichtlich des Fasermaterials bestehen keine besonderen Einschränkungen. Bevorzugt sind Fasern auf der Basis von Stahl, Carbon, PVA, PP, PAN,

Glas, Keramik, Basalt, Aramid oder anderen Kunststoffen, wobei diese Abzählung nicht abschließend ist und nicht nur Fasern von einem Typ, sondern auch ein Fasergemisch aus mehreren Typen eingesetzt werden könnte. Besonders bevorzugt werden Fasern auf Basis von Carbon.

[0033] In einer bevorzugten Variante kann das Fasermaterial, insbesondere die Schnitffasern, in der längsgestreckten mineralisch gebundenen Masse in einem auf den Bindemittelgehalt bezogenen Anteil von mehr als 0,1 Vol-%, bevorzugt mehr als 0,5 Vol-%, insbesondere mehr als 1,0 Vol-% und/oder weniger als 20 Vol-%, bevorzugt weniger als 12 Vol-%, insbesondere weniger als 8 Vol-% enthalten sein.

[0034] Zahlreiche der oben erläuterten Verfahrensaspekte erweisen sich auch als vorteilhaft, wenn sie beispielsweise auch auf organisch gebundene Massen angewandt werden und somit Bauteile aus wenigstens zum Teil organisch gebundenen Massen herzustellen sind.

Auch diese Variante wird von der Erfindung als eigenständig und eigenständig schutzwürdig offenbart. Inso- weit betrifft die Erfindung auch ein Verfahren der Herstellung von Bauteilen in einer vorgegebenen Bauteilgeometrie, insbesondere im zivilen Bauwesen, bei dem man eine mit Fasern versehene noch umformbare nicht metallisch-gebundene Masse, insbesondere auch organisch gebundene Masse erzeugt, diese Masse einen oder mehrere Umformvorgänge erfahren lässt und sie schließlich in einer den Erhalt der Bauteilgeometrie erlaubenden Struktur verfestigen lässt, das im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, dass wenigstens ein Umformvorgang der Masse in einer durch deren Durchführung zwischen zwei gegenläufig rotierenden, eine Dickenabmessung der Masse verringernden Walzen bewirkten Längsstreckung der Masse besteht. Diese Variante kann auch hinsichtlich der Herstellung eines Zwischenprodukts herangezogen werden und ist als solche entsprechend offenbart. Auch die oben mit Bezug auf die mineralisch gebundene Masse offenbarten Verfahrensgestaltungen und die Gestalt der daraus gebildeten Endprodukte sind explizit auch für organisch gebundene Massen als vorteilhaft offenbart.

[0035] In produkttechnischer Hinsicht deckt die Erfindung sowohl die Zwischenprodukte wie auch die Bauteile ab, und richtet sich somit auch auf ein Zwischenprodukt für die Herstellung von insbesondere für Betonbauwerke hergerichteten Bauteilen einer vorgegebenen Bauteilgeometrie, herstellbar bzw. hergestellt nach einem der Ansprüche 10 oder 11, mit einem Fasern enthaltenden Bereich längsgestreckter mineralisch gebundener, insbesondere zementgebundener Masse mit von einer isotropen Verteilung der Orientierung der enthaltenen Fasern abweichenden Fasero-orientierung in Form einer Vorzugsrichtung entlang der Längsrichtung der Längsstreckung, wobei das Zwischenprodukt insbesondere von bandförmiger Gestalt ist, und des Weiteren auch auf ein Bauteil einer vorgegebenen Bauteilgeometrie, insbesondere Fertigstrukturbauteil für Betonbauwerke, herstellbar

bzw. hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Fasern enthaltenden, längsgestreckten und verfestigten Bereich mineralisch gebundener, insbesondere zementgebundener Masse mit von einer isotropen Verteilung der Orientierung der enthaltenen Fasern abweichenden Faserorientierung in Form einer Vorzugsrichtung entlang der Längsrichtung der Längsstreckung. Bei Bauteilen, die entsprechend der eingangs genannten Literatur gefertigt werden, gibt es lediglich eine Richtung (Düsendicke), bezüglich der die Fasern kaum ausgerichtet sind. Des Weiteren vorgesehen ist insbesondere eine sich durch das Walzen ergebende unterschiedlich ausgeprägte Faserorientierung bezüglich zweier orthogonal zueinander und jeweils orthogonal zu der Richtung der Längserstreckung verlaufenden Richtungen.

[0036] Ebenfalls unter Schutz gestellt wird von der Erfindung eine Struktur mit einem solchen Bauteil, welche im Einsatz einer auf Zug beanspruchenden Belastungskraft entlang einer definierten Trajektorie ausgesetzt ist, wobei das Bauteil derart in der Struktur vorgesehen ist, dass die überwiegende Richtungskomponente der Vorzugsrichtung in Richtung der Trajektorie verläuft. Bevorzugt gibt es somit einen längsgestreckten Bereich im Bauteil, in dem die gemittelte Faserorientierungsrichtung entlang einer Richtung zentriert ist, dessen Skalarprodukt mit Richtung der Trajektorie (bei jeweils normierten Richtungsvektoren) größer ist als 0,6, bevorzugt größer als 0,7, insbesondere größer als 0,8, sogar größer als 0,86.

[0037] Derartig hergestellte Bauteile, insbesondere aus zementgebundener Masse erreichen Zugfestigkeiten von 20 MPa oder mehr, auch 30 MPa oder mehr, sogar 40 MPa oder mehr, sogar bis hin zu über 60, über 80, aber auch über 100 MPa.

[0038] Schließlich sieht die Erfindung anlagentechnisch noch eine Fertigungsanlage zur Durchführung wenigstens des Umformvorgangs mit der Längsstreckung des obigen Verfahrens vor, mit einer Walzstraße mit wenigstens zwei einen Durchgangsspalt zwischen ihnen definierenden gegenläufig rotierend angetriebenen Walzen, einer Beschickungsvorrichtung zum Beschicken der Walzstraße mit Walzgut und einer die Beschickungsvorrichtung mit einem Walzgut in Form einer mit Fasern versehenen noch umformbaren mineralisch gebundenen, insbesondere zementgebundenen Masse versorgenden Versorgungseinrichtung. Weitere Eigenschaften von Walzen, die in einer derartigen Fertigungsanlage zum Einsatz kommen können, wurden bereits oben beschrieben. Gedacht wird an den Einsatz von Flachwalzen. Auch Kaliberwalzen können zum Einsatz kommen, sowie Profilwalzen, wie auch Führungswalzen zur Vermeidung einer Breitenstreckung.

[0039] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich auch aus der weiteren Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Figuren, von denen

richtung in einer Fasern enthaltenden mineralisch gebundenen Masse während eines Walzprozesses innerhalb einer Walzstraße ist,

- 5 Fig. 2a eine Darstellung orthogonal angeordneter Walzenpaare zeigt,
- Fig. 2b Walzen mit einer kastenförmigen Kalibergeometrie zeigt,
- 10 Fig. 3 eine schematische (jeweils) Querschnittsansicht für eine Folge von Zuständen in Verbindung mit einem mehrmaligen Längsumschlagen zeigt,
- 15 Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Fertigungsanlage zeigt, und
- 20 Fig. 5 beispielhafte Bauteile in Form von Strukturbauteilen für das Bauwesen in einer Querschnittsansicht zeigt.
- 25 Fig. 6 einen Träger mit C-Profil in einer perspektivischen Ansicht zeigt.

[0040] In Fig. 1 schematisch dargestellt ist eine Walzstraße 100 mit dargestellten zwei Walzenpaaren 1, 3 bzw. 2, 4, die in Walzrichtung L hintereinander angeordnet sind. Die Drehachsen der Walzen verlaufen entlang einer Breitenrichtung B. Die Walzenpaare 1,3 und 2,4 werden dazu eingesetzt, eine mineralisch gebundene Masse 10, in diesem Ausführungsbeispiel eine zementgebundene Masse 10 mit darin enthaltenen Fasern 11 ausgehend von einer Höhenabmessung h_1 in einem Eingangsbereich I in einem ersten Walzstich in eine bandförmige Gestalt mit einer Dicke h_M in einem zwischen den Walzenpaaren liegenden Zwischenbereich M zu walzen, die der Spaltbreite zwischen den Walzen 1 und 3 entspricht. Die zementgebundene Masse 10 im Eingangs- bzw. Zufuhrbereich I enthält die Fasern in einer im Wesentlichen isotropen Verteilung, beispielsweise indem diese, in diesem Ausführungsbeispiel Carbonfasern, zuvor in die Masse eingemischt werden.

[0041] Bereits nach dem ersten Walzstich durch das Walzenpaar 1,3 ist aus Fig.1 erkennbar dargestellt, wie sich die Faserorientierung anpasst, mit Tendenz zu einer Ausrichtung in Walzrichtung L. Dies wird weitergehend verdeutlicht in der Darstellung des Bandes 20 aus der zementgebundenen Masse 10 im Anschluss an das zweite Walzenpaar 2, 4, im Ausgangsbereich O, welches zweite Walzenpaar eine Dickenreduzierung auf eine nochmals verringerte Höhenabmessung von zuvor h_m auf nunmehr h_o bewirkt. Man erkennt im Band 20 deutlich die Vorzugsrichtung für die Faserorientierung entlang der Walzrichtung (Längsstreckrichtung) L. Es versteht sich, dass die Darstellung von Fig. 1 nicht nur schematisch, sondern auch zu Erläuterungszwecken vereinfacht

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Faseraus-

ist, und Details der tatsächlichen Faserorientierungsverteilung nicht vollständig wiedergibt. Die tatsächlich bestehende Vorzugsrichtung ist jedoch in gängigen Untersuchungen bestätigt worden und deren Effekte (siehe auch weiter unten) durch Messung bestätigt. Des Weiteren versteht es sich, dass zu Zwecken der Erläuterung der erfindungsgemäßen Lehre auch die dargestellte Anzahl von zwei Walzenpaaren nicht einschränkend zu lesen ist.

[0042] In einem konkreten Ausführungsbeispiel wurde eine zementgebundene Masse mit üblichen Additiven und 2,5 % (bezogen auf den Bindemittelgehalt) Carbonfasern einer Länge von 6 mm vermischt, und ausgehend von einer Ausgangshöhe von ca. 18 mm mehreren Walzstichen ähnlich wie in Fig. 1 gezeigt unterworfen. Anders als in Fig. 1 schematisch dargestellt wurde jedoch eine sukzessive Höhenverringerung verteilt auf 10 Walzstiche vorgenommen, und die Masse 10 auf eine finale Schichtdicke von 1,3 mm ausgewalzt. Aus mehreren Schichten dieser Schichtdicke wurde anschließend ein plattenförmiges Feinbetonbauteil als Platte mit 12 mm Dicke gebildet. Nach dem Aushärten ergab sich eine Biegezugfestigkeit in Längsrichtung L von mehr als 75 MPa. Bei Beanspruchung auf Biegezug quer zur Längsrichtung L ergab dagegen lediglich Werte von ca. 22 MPa. Der Einsatz einer derartigen Platte als Konstruktionsbauteil im Bauwesen kann somit aufgrund ihres anisotropen Charakters der Biegezugfestigkeiten gezielt derart zum Einsatz kommen, dass die Vorzugsrichtung mit großer (Biege-)Zugfestigkeit passend zur Belastungsrichtung ausgerichtet wird.

[0043] Als weitere Ausführungsbeispiele werden Sequenzen von Schichten vorgestellt, welche auf 4 mm Schichthöhe gewalzt wurden (mit 7 Walzstichen), Schichten die auf 3 mm gewalzt (mit 8 Walzstichen), Schichten die auf 2 mm gewalzt (mit 9 Walzstichen) und Schichten die auf 1,3 mm Höhe gewalzt (mit insgesamt 10 Walzstichen) wurden, wobei jeweils von der oben bereits beschriebenen Ausgangsmasse mit einer Ausgangshöhe von ca. 18 mm ausgegangen wurde. Als Vergleichsbeispiel dient eine Schicht (nicht gewalzt) dieser Schichthöhe 18 mm aus derselben Masse 10 mit beibehaltener isotroper Verteilung der Fasern 11. Für diese Referenz wurde nach Erhärtung einer Dauer von 7 Tagen eine Biegezugfestigkeit von 38 MPa festgestellt, wohingegen für das Ausführungsbeispiel der 4 mm-Schicht ein entsprechender Wert von 63 MPa gemessen wurde, für das Ausführungsbeispiel mit 3 mm von 66 MPa, für das Ausführungsbeispiel von 2 mm sogar 76 MPa und schließlich für das Ausführungsbeispiel mit 1,3 mm nochmal etwas mehr, nämlich 78 MPa. Man erkennt den positiven Einfluss des Umformgrads auf die finale (Biege-)Zugfestigkeit, entsprechend den oben vorgestellten Erläuterungen.

[0044] Einer parallel zur Längsstreckung in Walzrichtung L einhergehenden Breitenstreckung in Breitenrichtung B kann entgegengewirkt werden, wenn wie beispielsweise in Fig. 2a gezeigt, an das umformende Wal-

zenpaar 1, 3 noch Breitenführungswalzen 5, 6 mit orthogonaler Drehachse bezüglich des Walzenpaares 1, 3 angeordnet werden, oder, wie in der Variante von Fig. 2b gezeigt, Walzen 7, 8 eingesetzt werden, die gemeinsam eine kastenförmige Kalibergeometrie aufweisen.

[0045] In Fig. 3 ist exemplarisch eine Verfahrensvariante mit zwischenzeitlichem Längsumschlagen dargestellt. In einer Sequenz von oben nach unten mit dargestellten Querschnitten in einer Querschnittsebene orthogonal zur Walzrichtung L ist dargestellt, wie die Masse 10 mit den Fasern 11 zunächst gewalzt wird (Schritt W1), umgeschlagen wird (Schritt U1), die umgeschlagene Masse nochmals gewalzt wird (Schritt W2), ein weiterer Umschlagschritt (Schritt U2) erfolgt, bis nach einem weiteren Walzen (Schritt W3) ein mehrfach gestrecktes finales Band erzeugt wird, welches der Weiterverarbeitung zur Herstellung der Bauteile dient.

[0046] In einem Ausführungsbeispiel könnte das nach dem ersten Walzvorgang W1 bandförmige Material das mit der oben beschriebenen Schichtdicke von 1,3 mm sein, welches ohne weitere Bearbeitung wie oben erläutert zu einer Biegezugfestigkeit (7 Tage) von 78 MPa führte. In Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 wurden (mit einem in Fig. 3 nicht dargestellter nochmals weiterer Umschlageschritt U3 und Walzschritt W4) ergab sich durch die dreimalige Wiederholung des Vorgangs des Längsumschlagens und erneuten Walzens eine nochmalige Festigkeitssteigerung von 78 MPa auf 87 MPa.

[0047] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wurden anstelle der Carbonfasern Stahlmikrofasern zugemischt, mit einem Anteil von 30% bezogen auf den Bindemittelgehalt. Nach Walzen in insgesamt 8 Walzstichen auf eine Schichthöhe von ca. 2 mm ergab sich wiederum ein signifikanter Unterschied in der Biegezugfestigkeit in Walzrichtung (23 MPa) bezüglich der Biegezugfestigkeit senkrecht zur Walzrichtung (6 MPa).

[0048] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wurden anstelle der Carbonfasern/Stahlmikrofasern Glasfasern eingesetzt, hier mit einem Gehalt von 5 % mit Bezug auf den Bindemittelgehalt; auch hier ergab sich ein signifikanter Unterschied in der ermittelten Biegezugfestigkeit in Walzrichtung im Vergleich zur Richtung orthogonal dazu.

[0049] In Fig. 4 ist schematisch ein Anlagenkonzept dargestellt, in welchem mit dem Bezugszeichen 100 schematisch wieder eine Walzstraße bezeichnet ist. Eine Beschickungseinrichtung 80 beschickt die Walzstraße 100 mit Material und wird hierzu von einer Versorgungseinrichtung 70 gespeist, welche die Beschickungsvorrichtung 80 mit der mineralisch gebundene Masse 10 mit den darin enthaltenen Fasern 11 versorgt. Mit dem Bezugszeichen 60 bezeichnet ist eine Einrichtung zur Herstellung der Fasern enthaltenden Masse, in welcher z.B. eine Mischeinrichtung vorgesehen ist, um die Ausgangsstoffe wie etwa ein Zement, z.B. ein Portlandzement als hydraulisches Bindemittel mit üblichen additiven (Sand/Silica) sowie den Fasern zu einer (Fein-)Betonmasse zu vermischen.

[0050] Des Weiteren symbolisch in Fig. 4 dargestellt ist eine Weiche, die andeutet, welche weiteren Verfahrensschritte nach Bereitstellung eines durch Walzen längsgestreckten Bandes an z.B. der (Fein-)Betonmasse vorgenommen werden können. Beispielsweise könnte in der Variante, die nach oben abzweigt, sich der Walzstraße 100 eine Profilwalzstraße 200 anschließen, in der über Profilwalzen das aus dem Walzstraßenabschnitt 100 austretende Band eine Profilumformung erfährt, um auf ein gewünschtes Querschnittsgeometrieprofil gebracht zu werden. Die in Fig. 4 nach unten dargestellt abzweigende Verfahrensvariante betrifft die Zuführung zu einem Kolbenextruder 300, der zur finalen Formgebung für das herzustellende Bauteil beiträgt.

[0051] Beispiele für Querschnitte bevorzugter Bauteile 30x sind in Fig. 5 bzw. 6 dargestellt und umfassen (in nicht einschränkender oder abschließender Weise) ein Plattenprofil 30a, ein Trägerprofil 30b, ein Winkelprofil 30c, ein Doppel-T-Profil 30d, ein Hohlprofil 30e und ein C-Profil.

[0052] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wurden mit der beschriebenen carbonfaserhaltigen zementgebundenen Masse (Carbonfaser: 6 mm Schnittlänge und 2,5%) ein Träger (siehe Fig. 6) hergestellt. Hierzu wurde die Ausgangsmasse mit einer Höhe von ca. 18 mm auf eine Höhe von 1,0 mm durch zehn Walzstiche gewalzt. Zehn dieser gewalzten Schichten wurden aufeinander gestapelt und durch einen weiteren Walzstich verpresst. Die entstandene Platte mit einer Breite von ca. 50 cm, einer Höhe von ca. 1 cm und einer Länge von 120 cm wurde so um ein Vierkantholz (15 cm x 15 cm x 130 cm) gelegt, dass der Träger mit einem C-Profil geformt wurde. Die überstehenden Ränder des C-Profils wurden mit einem Messer abgeschnitten. Das C-Profil erreichte bei der anschließenden Biegezugfestigkeitsprüfung (nach 7 Tagen) einen Wert von 70 MPa.

[0053] Die obigen Ausführungsbeispiele sind nicht als Einschränkung der Erfindung anzusehen. Vielmehr können die einzelnen Merkmale der obigen Beschreibung wie auch der nachstehenden Ansprüche einzeln oder in Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Verfahren der Herstellung von Bauteilen einer vorgegebenen Bauteilgeometrie (30x), insbesondere für Betonbauwerke, bei dem man eine mit Fasern (11) versehene noch umformbare mineralisch gebundene, insbesondere zementgebundene Masse (10) erzeugt, diese Masse einen oder mehrere Umformvorgänge erfahren lässt und sie schließlich in einer den Erhalt der Bauteilgeometrie erlaubenden Struktur verfestigen lässt,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Umformvorgang der Masse in einer durch deren Durchführung zwischen zwei gegenläufig rotieren-

den, eine Dickenabmessung der Masse verringern- den Walzen (1,3; 2,4; 7,8) bewirkten Längsstreckung der Masse besteht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem bei der Verringerung der Dickenabmessung einer quer zur Dickenrichtung und zur Längsrichtung gerichteten Streckung entgegengewirkt/diese vermieden wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem eine Verringerung der Dickenabmessung über mehrere Walzstiche verteilt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine mittlere Teilchengröße der Masse geringer ist als 2 mm, bevorzugt geringer als 1,3 mm, insbesondere geringer als 0,8 mm.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die nach einem Walzstich bandförmige Masse entlang der Walzrichtung (L) gefaltet wird und insbesondere einem weiteren Walzstich unterworfen wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter mit einem Schritt des Trennens einer nach einem Walzstich bandförmigen Masse und weiter mit insbesondere mit einem insbesondere flächigen Zusammenfügen des abgetrennten Bandstücks mit weiteren Stücken dieser bandförmigen Masse oder einer weiteren mineralisch gebundenen Masse von anbindungsfähigem Typ.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer später als der längsstreckende Umformvorgang erfolgenden zwischenzeitlichen Erzeugung eines Verbunds aus mehreren gewalzten Schichten.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer später als der längsstreckende Umformvorgang erfolgenden Annäherung an die, insbesondere Erzeugung der Bauteilgeometrie oder eines Teils hiervon durch ein oder mehrere Walzvorgänge (200).
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit einer später als der längsstreckende Umformvorgang erfolgenden Annäherung an die, insbesondere Erzeugung der Bauteilgeometrie oder eines Teils hiervon durch ein insbesondere mittels eines Kolbenextruders (300) ausgeführten Extrudieren, welchem insbesondere eine aufgerollte oder gestapelte Form von nach wenigstens einem Walzstich erzeugter bandförmiger Masse zugrunde gelegt wird.
10. Verfahren der Bereitstellung eines zur Herstellung von Bauteilen einer vorgegebenen Bauteilgeometrie

rie, insbesondere für Betonbauwerke, geeigneten Zwischenprodukts, bei dem man eine mit Fasern (11) versehene noch umformbare mineralisch gebundene, insbesondere zementgebundene Masse (10) erzeugt und diese Masse wenigstens einen Umformvorgang erfahren lässt,

dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens ein Umformvorgang der Masse in einer durch deren Durchführung zwischen zwei gegenläufig rotierenden, eine Dickenabmessung der Masse verringern- den Walzen (1,3; 2,4; 7,8) bewirkten Längsstreckung der Masse besteht, und das Zwischenprodukt insbesondere von bandförmiger Gestalt (20) ist.

11. Verfahren der nach Anspruch 10 oder zur Weiterbe-
arbeitung eines nach einem Verfahren nach An-
spruch 10 hergestellten Zwischenprodukts, mit den
kennzeichnenden Merkmalen eines oder mehrerer
der Ansprüchen 2 bis 9. 15
12. Zwischenprodukt für die Herstellung von insbeson-
dere für Betonbauwerke hergerichteten Bauteilen ei-
ner vorgegebenen Bauteilgeometrie, herstellbar
nach einem der Ansprüche 10 oder 11, mit einem
Fasern enthaltenden Bereich längsgestreckter mi-
neralisch gebundener, insbesondere zementgebun-
dener Masse mit von einer isotropen Verteilung der
Orientierung der enthaltenen Fasern abweichenden
Faserorientierung in Form einer Vorzugsrichtung
entlang der Längsrichtung der Längsstreckung, wo-
bei das Zwischenprodukt insbesondere von band-
förmiger Gestalt ist. 20
13. Bauteil einer vorgegebenen Bauteilgeometrie, ins-
besondere für Betonbauwerke, herstellbar nach ei-
nem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Fasern ent-
haltenden, längsgestreckten und verfestigten Be-
reich mineralisch gebundener, insbesondere ze-
mentgebundener Masse mit von einer isotropen Ver-
teilung der Orientierung der enthaltenen Fasern ab-
weichenden Faserorientierung in Form einer Vor-
zugsrichtung entlang der Längsrichtung der Längs-
streckung. 35
14. Struktur mit einem Bauteil nach Anspruch 13, welche
im Einsatz einer auf Zug beanspruchenden Belas-
tungskraft entlang einer definierten Trajektorie aus-
gesetzt ist, wobei das Bauteil derart in der Struktur
vorgesehen ist, dass die überwiegende Richtungs-
komponente der Vorzugsrichtung in Richtung der
Trajektorie verläuft. 40
15. Fertigungsanlage zur Durchführung wenigstens des
Umformvorgangs mit der Längsstreckung des Ver-
fahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einer
Walzstraße mit wenigstens zwei einen Durchgangs-
spalt zwischen ihnen definierenden gegenläufig ro-
tierend angetriebenen Walzen, einer Beschickungs-
55

vorrichtung zum Beschicken der Walzstraße mit
Walzgut und einer die Beschickungsvorrichtung mit
einem Walzgut in Form einer mit Fasern versehenen
noch umformbaren mineralisch gebundenen, insbe-
sondere zementgebundenen Masse versorgenden
Versorgungseinrichtung.

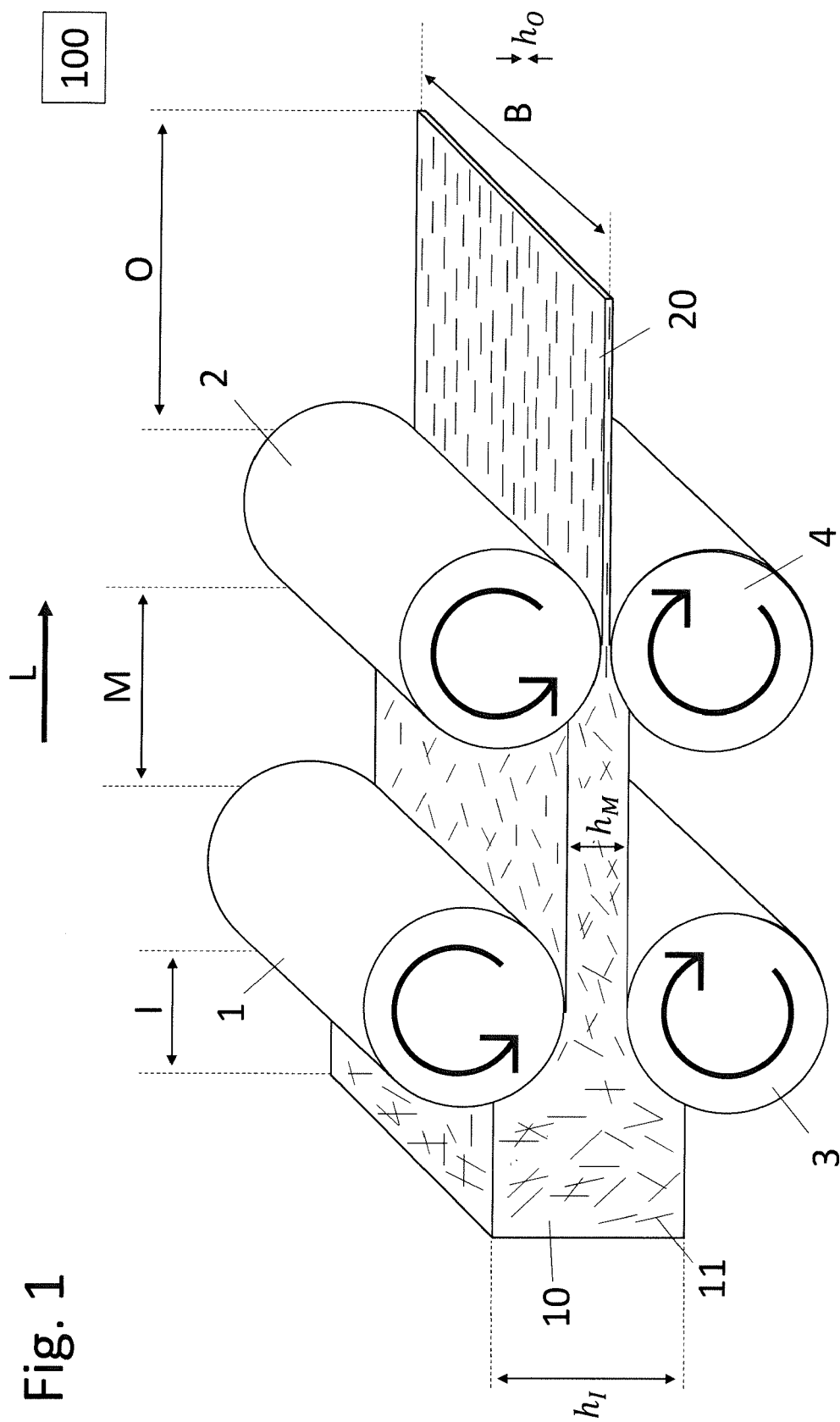


Fig. 2

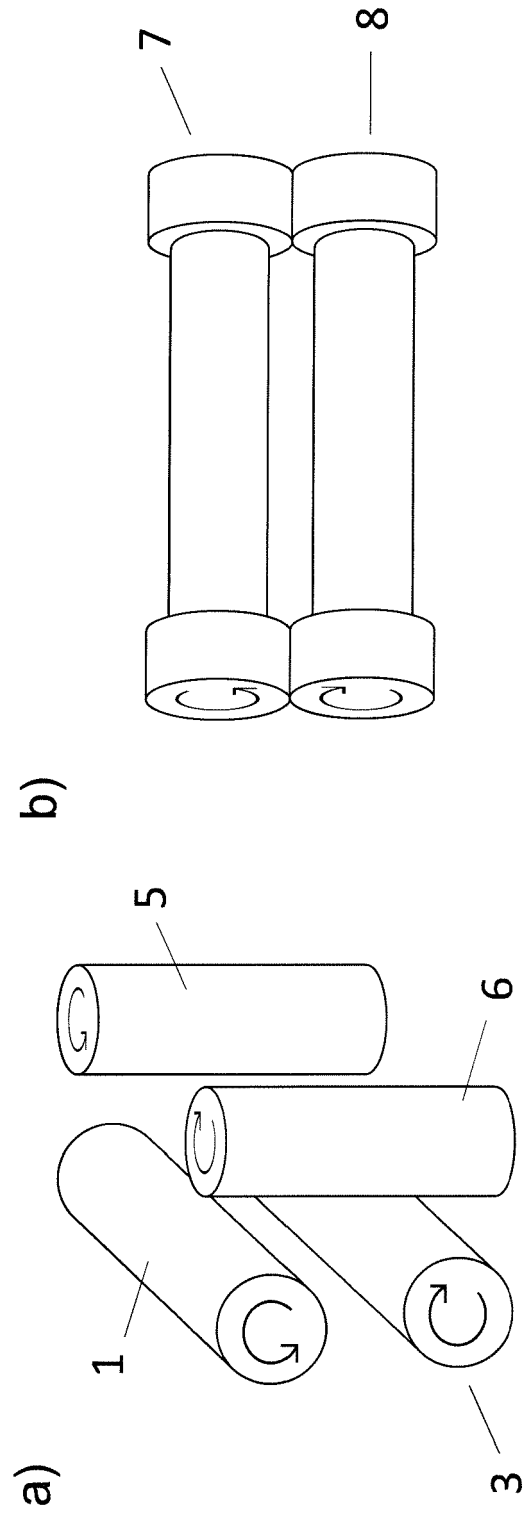


Fig. 3

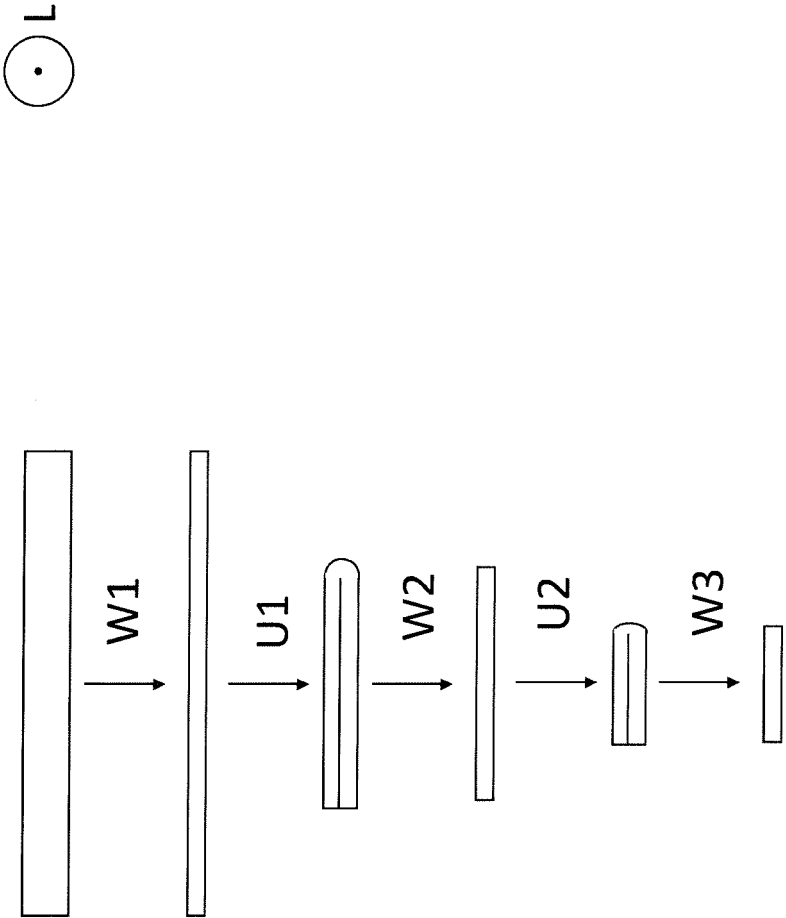


Fig. 4

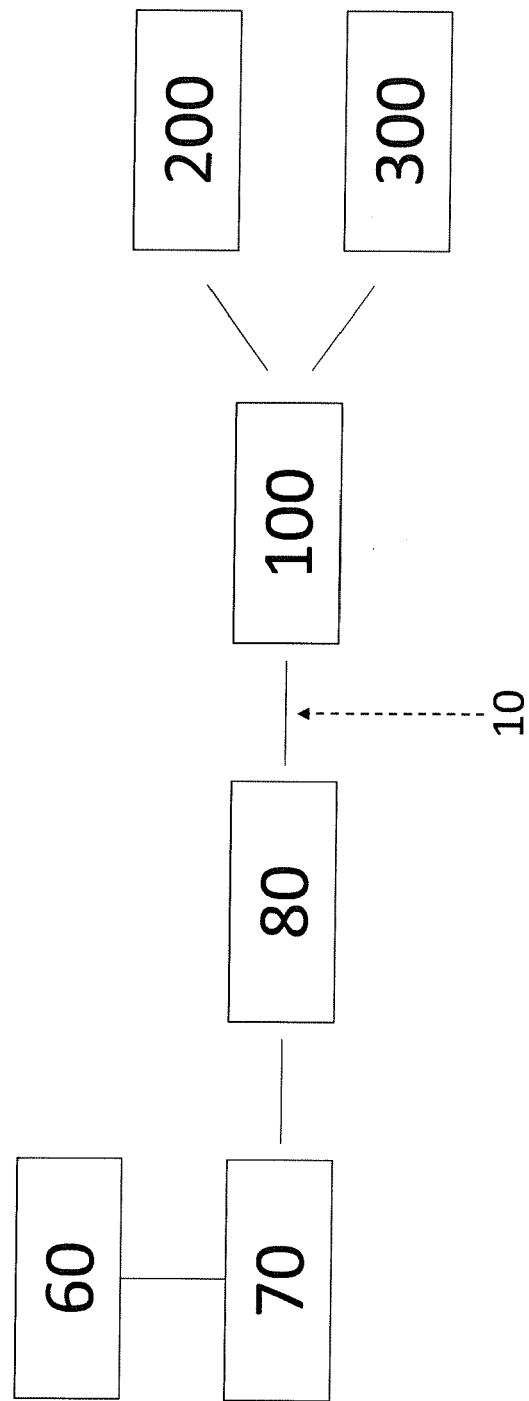
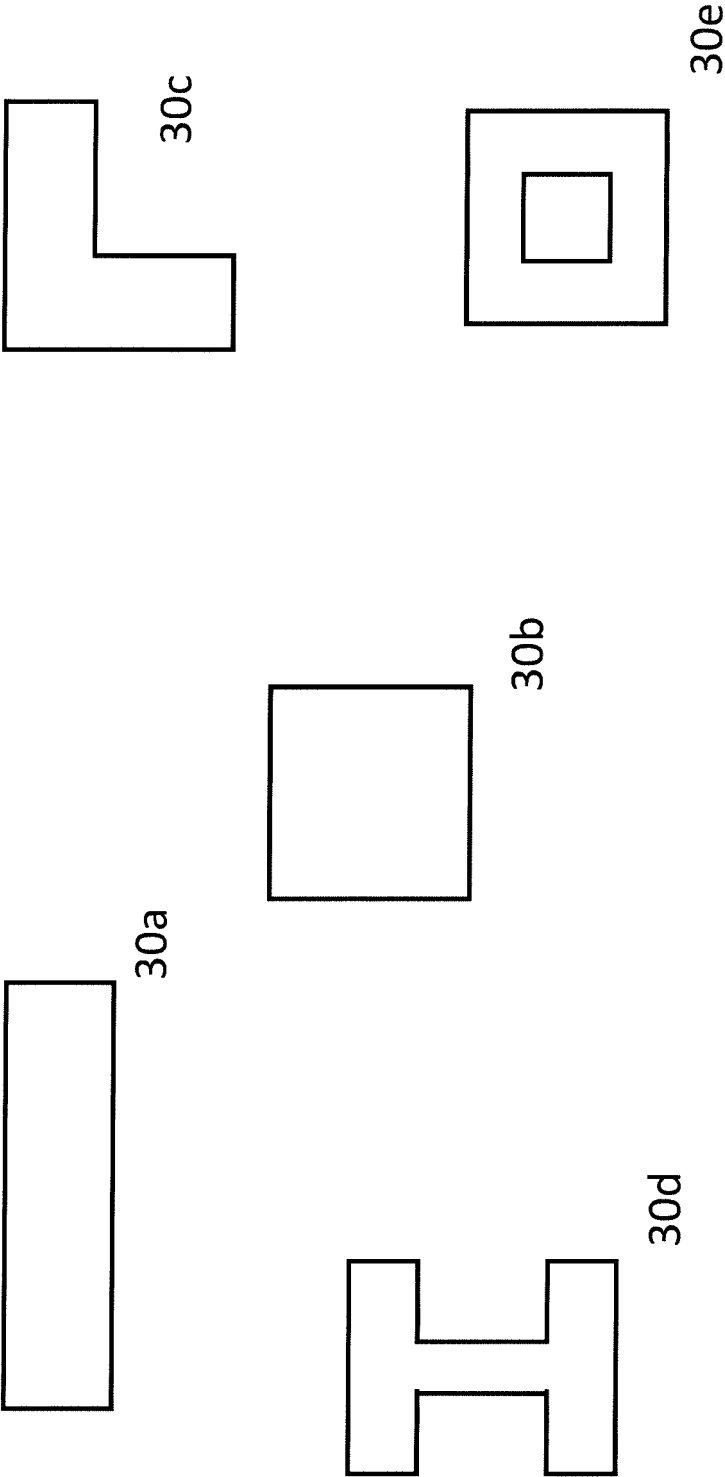


Fig. 5



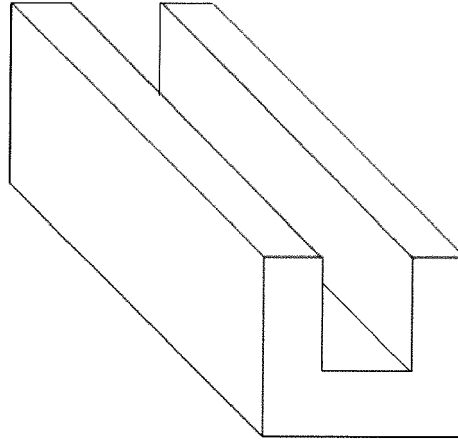


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 15 9187

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 88 040 C (RICHARD WILLIAM HITCHINS) 20. August 1896 (1896-08-20)	1-4, 10-13, 15	INV. B28B1/52
A	* das ganze Dokument *	5, 9	B28B3/12

X	WO 2012/177228 A2 (TICEM ILERI YAPI TEKNOLOJILERI SANAYI TICARET DANISMANLIK LTD SIRKETI) 27. Dezember 2012 (2012-12-27) * Seite 13, Zeile 20 - Seite 14, Zeile 26; Abbildungen *	1, 3, 4, 6-8, 10-15	

X	US 5 779 957 A (CHAMPOMIER CLAUDE [FR] ET AL) 14. Juli 1998 (1998-07-14) * Spalte 4, Zeile 48 - Spalte 5, Zeile 9; Abbildungen 12-14 *	1-4, 10, 11	

X	US 5 614 307 A (ANDERSEN PER JUST [US] ET AL) 25. März 1997 (1997-03-25) * Ansprüche 1, 14, 67-72; Abbildungen 1-26 *	1, 3-5, 10-15	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B28B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 29. Juni 2023	Prüfer Orij, Jack
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 23 15 9187

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

29-06-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 88040	C	20-08-1896	KEINE
WO 2012177228	A2	27-12-2012	EA 201490074 A1 30-06-2014
			EP 2723543 A2 30-04-2014
			ES 2657015 T3 01-03-2018
			TR 201106066 A2 23-01-2012
			WO 2012177228 A2 27-12-2012
US 5779957	A	14-07-1998	AU 1193695 A 03-07-1995
			CA 2179173 A1 22-06-1995
			EP 0734360 A1 02-10-1996
			FR 2714048 A1 23-06-1995
			JP H09506582 A 30-06-1997
			US 5779957 A 14-07-1998
			WO 9516644 A1 22-06-1995
			YU 73794 A 07-03-1997
US 5614307	A	25-03-1997	AU 677231 B2 17-04-1997
			BR 9306895 A 08-12-1998
			CA 2137347 A1 03-03-1994
			EP 0662029 A1 12-07-1995
			JP H08500075 A 09-01-1996
			NZ 255666 A 24-04-1997
			NZ 314299 A 26-08-1998
			US 5514430 A 07-05-1996
			US 5614307 A 25-03-1997
			US 5626954 A 06-05-1997
			US 5676905 A 14-10-1997
			US 5705237 A 06-01-1998
			US 5766525 A 16-06-1998
			US 5800756 A 01-09-1998
			WO 9404330 A1 03-03-1994

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M. HAMBACH ; H. MÖLLER ; T. NEUMANN ; D. VOLKMER.** Portland cement paste with aligned Carbon Fibers exhibiting exceptionally high flexural strength (> 100 MPa). *Cement and Concrete Research*, 2016, vol. 89, 80-86 **[0003]**