



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 213 869.0**
 (22) Anmeldetag: **22.07.2015**
 (43) Offenlegungstag: **26.01.2017**

(51) Int Cl.: **E04C 5/02 (2006.01)**
E04G 23/02 (2006.01)
E04C 5/03 (2006.01)
E04C 5/12 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Prof. Feix Research & Development GmbH & Co.
 KG, Axams, AT; TOGE Dübel GmbH & Co. KG,
 90431 Nürnberg, DE**

(74) Vertreter:
**RAU, SCHNECK & HÜBNER Patentanwälte
 Rechtsanwälte PartGmbH, 90402 Nürnberg, DE**

(72) Erfinder:
**Gerhard, Andreas, 90427 Nürnberg, DE; Feix,
 Jürgen, Univ.-Prof. Dr.-Ing., 80638 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 10 2006 000 486 A1
DE 10 2011 102 825 A1
DE 10 2014 201 811 A1
DE 20 2004 011 145 U1

US 2007 / 0 175 127 A1
EP 1 936 212 B1
WO 2009/ 027 543 A2
JP 2009- 127 261 A
JP 2012- 102 492 A
JP 2003- 113 673 A
JP 2011- 140 796 A

**JP 2003- 113 673 A – Maschinenübersetzung,
 AIPN [online] JPO [abgerufen am 15.04.2016]**

**JP 2009- 127 261 A – Maschinenübersetzung,
 AIPN [online] JPO [abgerufen am 15.04.2016]**

**JP 2011- 140 796 A – Maschinenübersetzung,
 AIPN [online] JPO [abgerufen am 15.04.2016]**

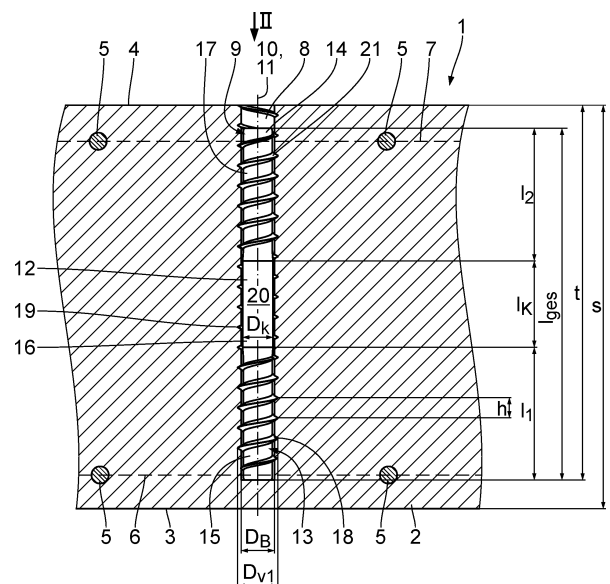
**JP 2012- 102 492 A – Maschinenübersetzung,
 AIPN [online] JPO [abgerufen am 15.04.2016]**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verstärkungselement zum Verstärken eines Bauelements, Verstärkungsanordnung umfassend ein derartiges Verstärkungselement sowie Verfahren zum Verstärken eines Bauelements**

(57) Zusammenfassung: Ein Verstärkungselement (9) zum Verstärken eines Bauelements (1) umfasst einen Kern (12) mit einem Einführende (13), mit einem Kern-Durchmesser (D_K) und mit einer Mittel-Längs-Achse (11), einen einstückig mit dem Kern (12) ausgebildeten ersten Verankerungs-Abschnitt (15) zum Verankern in einem Bohrloch (8) in dem Bauelement (1), einen einstückig mit dem Kern (12) ausgebildeten zweiten Verankerungs-Abschnitt (17) zum Verankern in dem Bohrloch (8), sowie einen zwischen dem ersten Verankerungs-Abschnitt (15) und dem zweiten Verankerungs-Abschnitt (17) angeordneten Kraftübertragungs-Abschnitt (16).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verstärkungselement zum Verstärken eines Bauelements, eine Verstärkungsanordnung mit einem derartigen Verstärkungselement sowie ein Verfahren zum Verstärken eines Bauelements.

[0002] Zur Verstärkung von Betonbauwerken wie Brücken und/oder Geschossdecken werden Doppelkopfbolzen eingesetzt. Die Doppelkopfbolzen nehmen bei einer Belastung des Betonbauwerks auf den Beton wirkende Spaltkräfte auf. Dadurch ist die Tragfähigkeit des Betonbauwerks, insbesondere im Bereich von Stützpfeilern, erhöht. Die Doppelkopfbolzen werden bei der Herstellung eines Betonbauelements eingegossen. Ein nachträgliches Verstärken eines bereits gegossenen Bauelements ist mit Doppelkopfbolzen nicht möglich.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein nachträgliches Verstärken eines Bauelements zu ermöglichen. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1, 11 und 15 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, ein Verstärkungselement zum Verstärken eines Bauelements bereitzustellen, wobei das Verstärkungselement nachträglich in ein bereits existierendes Bauelement eingebracht werden kann. Das Bauelement besteht insbesondere aus porösem Werkstoff, insbesondere Beton. Das Verstärkungselement weist einen ersten Verankerungs-Abschnitt und einen zweiten Verankerungs-Abschnitt auf. Die Verankerungs-Abschnitte dienen jeweils zum Verankern in einem Bohrloch des Bauelements. Die Verankerungs-Abschnitte sind jeweils einstückig mit einem Kern des Verstärkungselements ausgeführt. Der Kern weist ein Einführende, einen Kern-Durchmesser und eine Mittel-Längs-Achse auf. Die Verankerungs-Abschnitte weisen jeweils einen Verankerungs-Durchmesser auf, der insbesondere größer ist als der Kerndurchmesser. Entlang der Mittel-Längs-Achse ist zwischen den Verankerungs-Abschnitten ein Kraftübertragungs-Abschnitt ausgeführt. Der Kraftübertragungs-Abschnitt ist derart ausgeführt, dass er keine form- und/oder kraftschlüssige Verbindung mit dem Bauelement eingeht. Der Kraftübertragungs-Abschnitt ist bezüglich des Bauelements verbindungslos in dem Bohrloch angeordnet. Insbesondere ist das Verstärkungselement im Bereich des Kraftübertragungs-Abschnitts beabstandet von einer Bohrloch-Innenfläche angeordnet. Die beiden Verankerungs-Abschnitte sind jeweils im Bauelement verankerbar. Der Kraftübertragungs-Abschnitt verbindet die Verankerungs-Abschnitte. Der Kraftübertragungs-Abschnitt ermöglicht eine Kraftübertragung zwischen den beiden Verankerungs-Abschnitten und insbesondere einen jeweils einen Verankerungs-Abschnitt umgebenden Werkstoffbereich des Bauelements, in dem der Verankerungs-Abschnitt verankert ist. Dadurch, dass das Verstär-

kungselement unmittelbar in dem Bauelement verankert wird, sind zusätzliche Haltemittel und/oder Verankerungs-Hilfsmittel entbehrlich. Insbesondere ragt das Verstärkungselement an einer Oberseite des Bauelements nicht über. Das Risiko einer Störung durch überstehende Gegenstände ist reduziert. Eine Manipulation an dem Verstärkungselement ist im Wesentlichen ausgeschlossen. Bei einer Belastung des Bauelements, insbesondere bei einer Biegebelastung, verhindern die Verankerungs-Abschnitte ein Durchbrechen des Bauelements. Die Verankerungs-Abschnitte gewährleisten eine konstante Länge des Verstärkungselements im Bauelement. Die Verbindung der beiden Verankerungs-Abschnitte über den Kraftübertragungs-Abschnitt bleibt auch bei einer auf das Bauelement wirkenden Kraft im Wesentlichen unverändert. Ein Versagen des Bauelements tritt insbesondere erst dann auf, wenn das Verstärkungselement selbst, insbesondere in Folge einer Überlastung und/oder Überbeanspruchung, versagt. Die Tragfähigkeit des mit dem Verstärkungselement verstärkten Bauelements ist signifikant erhöht. Das Verstärkungselement kann nachträglich in ein bereits existierendes Bauelement eingebracht und dort verankert werden.

[0004] Ein Verstärkungselement, bei dem der Kraftübertragungs-Abschnitt den Kern-Durchmesser aufweist, ermöglicht eine besonders unkomplizierte Ausführung des Kraftübertragungs-Abschnitts. Der Kraftübertragungs-Abschnitt weist insbesondere gegenüber den beiden Verankerungs-Abschnitten einen reduzierten Durchmesser auf. Dadurch kann besonders unkompliziert gewährleistet werden, dass der Kraftübertragungs-Abschnitt keine haftende Verbindung mit dem umgebenden Werkstoff des Bauelements eingeht. Eine Kraftentkopplung des Verstärkungselements und dem Bauelement im Bereich des Kraftübertragungs-Abschnitts ist dadurch unkompliziert möglich.

[0005] Ein Verstärkungselement, bei dem der erste Verankerungs-Abschnitt dem Einführende zugewandt am Kern angeordnet ist, ermöglicht ein Verankern des Verstärkungselements mit einer maximalen Tiefe im Bohrloch.

[0006] Ein Verstärkungselement, bei dem der zweite Verankerungs-Abschnitt an einem dem Einführende gegenüberliegenden Außenende des Kerns angeordnet ist, ermöglicht eine Verankerung möglichst nahe der Oberfläche des Bauelements.

[0007] Insbesondere ist es möglich, durch eine gezielte Anordnung des ersten Verankerungs-Abschnitts und des zweiten Verankerungs-Abschnitts entlang der Mittel-Längs-Achse die Verankerungsposition des Verstärkungselements im Bauelement festzulegen. Insbesondere ist es dadurch möglich, im Bauelement bereits vorhandene Armierungslagen,

die insbesondere oberflächennah an einer Oberseite und/oder Unterseite eines Bauelements angeordnet sein können, zu verbinden. Die Armierungslagen sind dadurch stabilisiert.

[0008] Durch die Festlegung der Verankerungs-Abschnitte entlang der Mittel-Längs-Achse des Kerns kann der Bereich der Verankerung des Verstärkungselements im Bauelement festgelegt werden. Zudem ermöglicht die Bohrlochtiefe eine Einflussnahme auf die Verankerungsbereiche des Verstärkungselements im Bauelement. Insbesondere dann, wenn die beiden Verankerungs-Abschnitte jeweils an Endbereichen des Verstärkungselements angeordnet sind, kann die Verstärkungsfunktion eines Doppelkopfbolzens nachgeahmt werden. Die Länge des Verstärkungselements und insbesondere die Beabstandung der Verankerungs-Abschnitte entlang der Mittel-Längs-Achse kann entsprechend der Stärke des Bauelements angepasst werden. Die Verankerungs-Abschnitte sind insbesondere derart ausgeführt, dass sie benachbart zu einer oberen bzw. unteren Armierungslage im Bauelement angeordnet sind. Eine Armierungslage ist eine virtuelle Ebene in dem Bauelement, in der Armierungselemente, insbesondere Armierungsstäbe, insbesondere Stahlstäbe mit einem Außen-Grobgewinde, angeordnet sind.

[0009] Ein Verstärkungselement, bei dem der erste Verankerungs-Abschnitt ein Schneidgewinde aufweist, ermöglicht eine unkomplizierte Verankerung in dem Bauelement. Überraschend wurde gefunden, dass die an sich bekannte Schraubentechnik, insbesondere die Ausführung von Schneidgewinden an Schrauben, genutzt werden kann, um eine Verankerung des Verstärkungselements zu ermöglichen. Ein derartiges Verstärkungselement ist zumindest schraubenähnlich ausgeführt. Ein derartiges Verstärkungselement ist insbesondere eine Schraube, insbesondere eine selbstschneidende Schraube. Ein derartiges Verstärkungselement kann mittels eines Drehimpuls in ein zylindrisch vorgebohrtes Bohrloch eingeschraubt werden. Ein in radialer Richtung der Mittel-Längs-Achse des Verstärkungselements gerichteter Überstand des Schneidgewindes bewirkt einen Hinterschnitt in dem Material des Verstärkungselements entlang der Mittel-Längs-Achse. Insbesondere kann durch die Länge des Schneidgewindes entlang der Mittel-Längs-Achse die Länge des ersten Verankerungs-Abschnitts festgelegt werden. Dadurch ist es möglich, eine lokale Verankerung und damit eine lokale Lasteinleitung von dem Verstärkungselement in das Bauelement zu gewährleisten.

[0010] Ein Verstärkungselement, bei dem zudem der zweite Verankerungs-Abschnitt ein Schneidgewinde aufweist, ermöglicht ein unkompliziertes Verankern auch des zweiten Verankerungs-Abschnitts. Insbesondere ist das zweite Schneidgewinde des zweiten Verankerungs-Abschnitts identisch. Insbe-

sondere entspricht der Abstand der beiden Schneidgewinde entlang der Mittel-Längs-Achse einem ganzzahligen Vielfachen der Ganghöhe des Schneidgewindes. Dadurch ist gewährleistet, dass das Schneidgewinde des zweiten Verankerungs-Abschnitts in die Gewindegänge in den Werkstoff des Bauelements eingreifen kann, die der erste Verankerungs-Abschnitt beim Eindrehen des Verstärkungselements eingeschnitten hat. Insbesondere ist dadurch gewährleistet, dass das Eindrehen ohne erhöhten Kraftaufwand möglich ist. Das zweite Schneidgewinde leistet keine Schneidarbeit. Es ist insbesondere auch denkbar, dass der zweite Verankerungs-Abschnitt ein zweites Gewinde aufweist, das dem ersten Schneidgewinde des ersten Verankerungs-Abschnitts ähnlich ist und beispielsweise eine identische Ganghöhe, aber einen reduzierten Außendurchmesser aufweist.

[0011] Eine besondere Ausgestaltung als Schneidgewinde, insbesondere durch oberflächenbehandelte Schneidflanken und/oder integrierte Schneidelemente im Schneidgewinde, sind entbehrlich.

[0012] Alternativ ist es denkbar, dass der Abstand zwischen den Verankerungs-Abschnitten entlang der Mittel-Längs-Achse von einem ganzzahligen Vielfachen der Gewindesteigung abweicht. Insbesondere beträgt der Abstand das m -fache der Gewindesteigung des Schneidgewindes, wobei $m = (2 \cdot k + 1) : 2$ für $k = 0, 1, 2, \text{ usw.}$ In diesem Fall wird der zweite Verankerungs-Abschnitt separat mit dem zweiten Schneidgewinde in den Werkstoff eingeschnitten. Die Verankerungswirkung ist dadurch erhöht. Zusätzlich oder alternativ dazu kann das zweite Schneidgewinde unterschiedlich zu dem ersten Schneidgewinde ausgeführt sein. Eine unterschiedliche Ausführung ist beispielsweise durch die Gewindesteigung und/oder die Gewindetiefe möglich.

[0013] Alternativ kann der erste Verankerungs-Abschnitt als sogenannter Injektionsverankerungs-Abschnitt ausgeführt sein. In diesem Fall weist der erste Verankerungs-Abschnitt mindestens einen Radial-Vorsprung auf, der insbesondere im Zusammenwirken mit einer aushärtbaren Masse einen Hinterschnitt entlang der Mittel-Längs-Achse ermöglicht. Der mindestens eine Radial-Vorsprung ist insbesondere als Kegelstumpfabschnitt ausgeführt. Der Radial-Vorsprung ist zumindest abschnittsweise als konisch aufweitender Abschnitt entlang der Mittel-Längs-Achse ausgeführt. Ein derartiger Radial-Vorsprung ist zur Verankerung eines Befestigungselements an sich bekannt. Nun wurde aber gefunden, dass diese Verankerung insbesondere zur nachträglichen Verstärkung eines Bauelements wesentliche Vorteile mit sich bringt. Insbesondere dann, wenn der zweite Verankerungs-Abschnitt ein Schneidgewinde aufweist, kann der erste Verankerungs-Abschnitt mit dem mindestens einen Radial-Vorsprung mit redu-

ziertem Kraftaufwand in ein Bohrloch in dem Bauelement eingebracht werden. Es ist nicht erforderlich, das Verstärkungselement mit einem ersten Schneidgewinde entlang der Gesamtlänge des Verstärkungselements in ein Bohrloch einzudrehen. Es erfolgt lediglich ein Eindrehen entlang des Schneidgewindes des zweiten Verankerungs-Abschnitts. Der erste Verankerungs-Abschnitt kann mit einer aushärtbaren Masse in dem Bohrloch verankert werden. Der im Bohrlochgrund angeordnete erste Verankerungs-Abschnitt ist durch den außenliegenden zweiten Verankerungs-Abschnitt mit Schneidgewinde überdeckt. Das Risiko eines Versagens des Verstärkungselements im Brandfall ist dadurch vermieden. Das Verstärkungselement genügt geltenden Sicherheitsanforderungen. Die Montage ist vereinfacht.

[0014] Alternativ ist es möglich, dass beide Verankerungs-Abschnitte einen Radial-Vorsprung aufweisen. Insbesondere dann, wenn das Verstärkungselement in ein nach oben geöffnetes Bohrloch eingeführt wird, ist die Verankerung unproblematisch möglich.

[0015] Ein Verstärkungselement, bei dem der Kraftübertragungs-Abschnitt eine glatte Oberfläche aufweist, verhindert ein unbeabsichtigtes Anhaften, also insbesondere eine unbeabsichtigte kraftschlüssige und/oder formschlüssige Verbindung zwischen dem Verstärkungselement und dem Werkstoff des Bauelements im Bereich des Kraftübertragungs-Abschnitts. Die Oberfläche des Kraftübertragungs-Abschnitts ist glatt im Sinne der Erfindung, wenn die maximale Rautiefe R_{\max} höchstens $6,3 \mu\text{m}$, höchstens $1,0 \mu\text{m}$, höchstens $0,25 \mu\text{m}$ und insbesondere höchstens $0,1 \mu\text{m}$ beträgt. Dadurch ist insbesondere gewährleistet, dass das Verstärkungselement in dem Kraftübertragungs-Abschnitt nicht an der Innenfläche des Bohrlochs und/oder der gegebenenfalls vorhandenen aushärtbaren Masse anhaftet. Die Kraftübertragung von dem ersten Verankerungs-Abschnitt zu dem zweiten Verankerungs-Abschnitt entlang der Mittel-Längs-Achse über den Kraftübertragungs-Abschnitt ist dadurch zuverlässig gewährleistet. Der Kraftübertragungs-Abschnitt ist insbesondere gewindefrei ausgeführt. Insbesondere kann der Kraftübertragungs-Abschnitt mittels einer Oberflächenbehandlung glatt im Sinne der Erfindung ausgeführt sein. Eine Oberflächenbehandlung kann beispielsweise ein spanendes Fertigungsverfahren, insbesondere Feindreihen, umfassen. Zusätzlich oder alternativ kann eine Beschichtung und/oder eine Beölung am Kraftübertragungs-Abschnitt vorgesehen sein.

[0016] Ein Verstärkungselement mit einem Drehmomentübertragungs-Abschnitt ermöglicht ein unmittelbares Aufbringen eines Drehmoments zum Eindrehen des Verstärkungselements in das Bauelement. Der Drehmomentübertragungs-Abschnitt ist insbesondere an einem Außenende und insbesondere stirnseitig an dem Verstärkungselement angeordnet.

Der Drehmomentübertragungs-Abschnitt ist unkompliziert zugänglich. Das Aufbringen eines Eindrehmoments ist dadurch vereinfacht.

[0017] Ein Verstärkungselement, bei dem der Drehmomentübertragungs-Abschnitt eine senkrecht zur Mittel-Längs-Achse unrunde Kontur aufweist, die insbesondere als Innensechskant-Kontur ausgeführt ist, ermöglicht eine integrale, insbesondere platzsparende, Anbringung des Drehmomentübertragungs-Abschnitts. Insbesondere kann der Drehmomentübertragungs-Abschnitt an dem Verstärkungselement integriert sein, ohne dass dessen Funktion beeinträchtigt ist. Insbesondere ist die äußere Gestalt des Verstärkungselements durch den Drehmomentübertragungs-Abschnitt nicht beeinträchtigt.

[0018] Eine Verstärkungsanordnung mit einem vorstehend beschriebenen Verstärkungselement gewährleistet eine zuverlässige Verstärkung des Bauelements, wobei das Verstärkungselement zu einem späteren Zeitpunkt, insbesondere nach Herstellung des Bauelements und insbesondere nach Fertigstellung eines Bauwerks mit einem derartigen Bauelement, möglich ist. Die Verstärkungsanordnung weist ein in einem Werkstoff angeordnetes Bohrloch mit einer Bohrloch-Längsachse und einem Bohrloch-Innendurchmesser auf. In dem Bohrloch ist das Verstärkungselement mit den beiden Verankerungs-Abschnitten verankert.

[0019] Eine Verstärkungsanordnung, bei der der Bohrloch-Innendurchmesser größer ist als der Kerndurchmesser des Kerns vereinfacht die nichthaftende Anordnung des Kraftübertragungs-Abschnitts im Bohrloch.

[0020] Eine Verstärkungsanordnung mit einer aushärtbaren Masse gewährleistet insbesondere die Verankerung eines Verankerungs-Abschnitts mit einem Radial-Vorsprung. Nach Aushärten der aushärtbaren Masse ist durch den Radial-Vorsprung ein Hinterschnitt in dem Bohrloch gebildet. Die aushärtbare Masse kann auch eine spaltverfüllende Funktion aufweisen. Insbesondere kann die spaltverfüllende Masse einen rohrförmigen Hohlraum zwischen dem Bauelement und dem Verstärkungselement füllen, ohne dabei eine haftende Verbindung mit dem Verstärkungselement im Bereich des Kraftübertragungs-Abschnitts einzugehen. Die aushärtbare Masse gewährleistet in der ausgehärteten Form eine Stützfunktion für die Verstärkungsanordnung. Insbesondere ist die aushärtbare Masse also zwischen einer Außenfläche des ersten und/oder zweiten Verankerungs-Abschnitts sowie einer Innenfläche des Bohrlochs angeordnet.

[0021] Eine Verstärkungsanordnung, bei der der Kraftübertragungs-Abschnitt kraftfrei in dem Bohrloch angeordnet ist, gewährleistet zuverlässig die Kraft-

übertragung zwischen den beiden Verankerungs-Abschnitten. Kraftfrei bedeutet, dass eine unmittelbare Kraftübertragung von dem Werkstoff des Bauelements auf den Kraftübertragungs-Abschnitt des Verstärkungselements nicht erfolgt. Eine Krafteinleitung von dem Bauelement in das Verstärkungselement erfolgt ausschließlich im Bereich der Verankerungs-Abschnitte. Insbesondere ist der Kraftübertragungs-Abschnitt verbindungslos, also ohne eine formschlüssige und/oder kraftschlüssige Verbindung mit dem Werkstoff ausgeführt.

[0022] Bei einem Verfahren zum Verstärken eines Bauelements aus porösem Material wird in das Bauelement zunächst ein Bohrloch angebracht und in dieses Bohrloch ein Verstärkungselement eingeführt. Anschließend wird das Verstärkungselement in dem Bohrloch mit dem ersten Verankerungs-Abschnitt und mit dem zweiten Verankerungs-Abschnitt verankert. Ein nach diesem Verfahren verstärktes Bauelement weist die Vorteile auf, die vorstehend bereits erläutert worden sind und worauf hiermit verwiesen wird.

[0023] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, zusätzliche Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen:

[0024] Fig. 1 einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Verstärkungsanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0025] Fig. 2 eine Ansicht gemäß Pfeil II in Fig. 1,

[0026] Fig. 3 eine Fig. 1 entsprechende Darstellung einer Verstärkungsanordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, und

[0027] Fig. 4 eine Fig. 1 entsprechende Darstellung einer Verstärkungsanordnung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

[0028] Eine in Fig. 1 gezeigte Verstärkungsanordnung 1 umfasst ein Bauelement 2 aus einem porösen Werkstoff. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Bauelement 2 ein Betonbauteil, insbesondere eine Betondecke. Das Bauelement ist ein flächiges Element mit einer Bauteilstärke s . Das Bauelement 2 weist eine Unterseite 3 und eine Oberseite 4 auf. Die Unterseite 3 und die Oberseite 4 sind im Wesentlichen flächig, eben und insbesondere parallel zueinander ausgeführt. Es sind auch Bauelemente 2 denkbar, bei welchen Unterseite 3 und Oberseite 4 nicht parallel zueinander angeordnet sind. Jeweils beabstandet von der Unterseite 3 bzw. der Oberseite 4 sind mehrere Armierungselemente 5 vorgesehen. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Armierungselemente 5 Armierungsstäbe, also Stahl-

stäbe mit einem, insbesondere endlos aufgewalzten, Außen-Grobgewinde. Die Armierungselemente 5 sind gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils senkrecht zur Zeichenebene gemäß Fig. 1 orientiert. Die der Unterseite 3 zugewandten Armierungselemente 5 bilden eine untere Armierungslage 6. Die der Oberseite 4 zugewandten Armierungselemente 5 bilden eine obere Armierungslage 7. Es ist denkbar, dass weitere Armierungslagen in dem Bauelement 2 vorgesehen sein können. Die Armierungslagen 6, 7 sind virtuelle Ebenen, die jeweils parallel zur Oberseite 4 bzw. zur Unterseite 3 innerhalb des Bauelements 2 angeordnet sind.

[0029] Von der Oberseite 4 aus erstreckt sich ein Bohrloch 8 in das Bauelement 2. Das Bohrloch 8 weist eine Bohrloch-Längsachse 10 auf. Das Bohrloch 8 weist einen Bohrloch-Durchmesser D_B auf. Das Bohrloch 8 weist eine Bohrlochtiefe t auf, die kleiner ist als die Stärke des Bauelements 2. Das Bohrloch 8 ist ein Sackloch. Die Bohrlochtiefe t ist größer als ein Abstand der unteren Armierungslage 6 von der oberen Armierungslage 7. Durch das mit der Bohrlochtiefe t ausgeführte Bohrloch 8 ist gewährleistet, dass die beiden Armierungslagen 6, 7 miteinander verbindbar sind.

[0030] In dem Bohrloch 8 ist ein Verstärkungselement 9 angeordnet und mit dem Bauelement 2 verankert. Das Verstärkungselement 9 weist eine Mittel-Längs-Achse 11 auf, die koaxial zur Bohrloch-Längsachse 10 angeordnet ist. Das Verstärkungselement 9 weist einen Kern 12 auf mit einem Kern-Durchmesser D_K . Der Kern-Durchmesser D_K ist kleiner als der Bohrloch-Durchmesser D_B . Insbesondere gilt: $D_K < 0,995 \cdot D_B$, insbesondere $D_K < 0,99 \cdot D_B$, insbesondere $D_K < 0,95 \cdot D_B$, insbesondere $D_K < 0,9 \cdot D_B$ und insbesondere $D_K < 0,85 \cdot D_B$.

[0031] Der Kern 12 weist ferner ein Einführende 13 auf, mit dem das Verstärkungselement 9 in das Bohrloch 8 eingeführt wird. Das Einführende 13 ist der Unterseite 3 des Bauelements 2 zugewandt. Das Einführende 13 ist am Bohrlochgrund der Sacklochbohrung angeordnet. In Abhängigkeit von Bohrlochtiefe t und Anordnung des Verstärkungselements 9 in dem Bohrloch 8 kann das Einführende 13 beabstandet vom Bohrlochgrund angeordnet sein. Der Bohrlochgrund des Bohrlochs 8 kann aber auch als Endanschlag für das Verstärkungselement 9 dienen. Somit ist eine definierte Anordnung des Verstärkungselements 9 in dem Bohrloch 8 vereinfacht. Dem Einführende 13 gegenüberliegend angeordnet an dem Verstärkungselement 9 ist ein Außenende 14. Entsprechend ist das Außenende 14 der Oberseite 4 des Bauelements 2 zugewandt. Gegenüber der Oberseite 4 ist das Außenende 14 in dem Bohrloch 8 nach innen versetzt angeordnet. Es ist auch denkbar, dass das Außenende 14 flächenbündig mit der Oberseite 4 abschließt. In jedem Fall ragt das Außenende 14

an der Oberseite **4** des Bauelements **2** nicht über. Dadurch ist das Verstärkungselement **9** geschützt in dem Bohrloch **8** angeordnet.

[0032] Entlang der Mittel-Längs-Achse **11** sind ausgehend vom dem Einführende **13** an dem Verstärkungselement **9** ein erster Verankerungs-Abschnitt **15**, ein Kraftübertragungs-Abschnitt **16** und ein zweiter Verankerungs-Abschnitt **17** ausgebildet. Der erste Verankerungs-Abschnitt **15** ist dem Einführende **13** zugewandt am Kern **12** angeordnet. Der erste Verankerungs-Abschnitt **15** weist einen ersten Verankerungs-Durchmesser D_{V1} auf, der größer ist als der Kern-Durchmesser D_K . Insbesondere gilt: $D_{V1} > 1,01 \cdot D_K$, insbesondere $D_{V1} > 1,05 \cdot D_K$ und insbesondere $D_{V1} > 1,1 \cdot D_K$.

[0033] Der erste Verankerungs-Abschnitt **15** weist ein Schneidgewinde **18** auf. Das Schneidgewinde **18** ist geeignet, sich unmittelbar in den Werkstoff des Bauelements **2** einzuschneiden. Im Bereich des ersten Verankerungs-Abschnitts **15** ist das Verstärkungselement **9** als selbstschneidende Betonschraube ausgeführt. Das erste Schneidgewinde **18** weist eine Gewindehöhe h auf. Der Schneidgewinde-Durchmesser, der dem ersten Verankerungs-Durchmesser D_{V1} entspricht, ist größer als der Bohrloch-Durchmesser D_B . Durch das Eindrehen des Verankerungs-Elements **9** mit dem ersten Schneidgewinde **18** wird eine Gewindestruktur **19** in die Bohrlochinnenwand eingeschnitten. Die Gewindestruktur **19** erstreckt sich entlang der Bohrlochtiefe t .

[0034] Der erste Verankerungs-Abschnitt **15** weist eine erste Verankerungs-Länge l_1 auf. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt l_1 etwa 35% der Gesamtlänge l_{ges} des Verstärkungselements **9**. Vorteilhaft ist es, wenn die erste Verankerungslänge l_1 zwischen 20% und 45% der Gesamtlänge l_{ges} , insbesondere zwischen 30% und 40% der Gesamtlänge l_{ges} und insbesondere zwischen 32% und 38% der Gesamtlänge l_{ges} beträgt.

[0035] Dadurch, dass das Verstärkungselement **9** mit dem ersten Verankerungs-Abschnitt **15**, insbesondere mittels des ersten Schneidgewindes **18**, in dem Bauelement **2** verankert ist, ist die Verankerung entlang der Bohrloch-Längsachse **10** auf die erste Verankerungslänge l_1 begrenzt.

[0036] Durch die Einschraubtiefe, die Bohrlochtiefe t und/oder die erste Verankerungslänge l_1 kann eine gezielte lokale Verankerung des Verstärkungselements **9** in dem Bauteil **2** erfolgen.

[0037] Der Kraftübertragungs-Abschnitt **16** weist eine glatte Oberfläche **20** auf, die gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Beölung aufweist. Die glatte Oberfläche **20** bewirkt, dass das Verstärkungselement **9** mit dem Kraftübertragungs-

abschnitt **16** keine Verbindung mit dem Bauteil **2** ausgebildet. Der Kraftübertragungs-Abschnitt **16** ist weder formschlüssig noch kraftschlüssig mit dem Bauelement **2** verbunden. Im Bereich des Kraftübertragungs-Abschnitts **16** weist das Verstärkungselement **9** den Kern-Durchmesser D_K auf, der kleiner ist als der Bohrloch-Durchmesser D_B . Der Kraftübertragungs-Abschnitt **16** weist eine Kraftübertragungs-Länge l_K auf. Die Kraftübertragungs-Länge l_K definiert einen entlang der Mittel-Längs-Achse **11** orientierten Abstand zwischen dem ersten Verankerungs-Abschnitt **15** und dem zweiten Verankerungs-Abschnitt **17**. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel gilt: $l_K = 4 \cdot h$. Wesentlich ist, dass die Kraftübertragungs-Länge l_K ein ganzzahliges Vielfaches der Gewindesteigung h des ersten Schneidgewindes **18** ist.

[0038] Der zweite Verankerungs-Abschnitt **17** ist identisch dem ersten Verankerungs-Abschnitt **15** ausgeführt. Der zweite Verankerungs-Abschnitt **17** weist ein zweites Schneidgewinde **21** auf, das identisch dem ersten Schneidgewinde **18** ausgeführt ist. Dadurch, dass die Kraftübertragungs-Länge l_K einem ganzzahligen Vielfachen der Gewindehöhe h entspricht, kann das zweite Schneidgewinde **21** des zweiten Verankerungs-Abschnitts **17** in die von dem ersten Schneidgewinde **18** beim Eindrehen verursachte Gewindestruktur **19** eingreifen. Es ist insbesondere nicht erforderlich, dass das zweite Schneidgewinde **21** Schneidarbeit leistet. Dadurch ist das Eindrehmoment reduziert. Insbesondere ist ein Abreißen des Verstärkungselements **9** beim Eindrehen infolge Materialversagens auch über große Eindrehertiefen hinweg reduziert.

[0039] Zum Eindrehen des Verstärkungselements **9** ist am Außenende **14** ein Drehmomentübertragungs-Abschnitt **22** vorgesehen. Der Drehmomentübertragungs-Abschnitt **22** ist stirnseitig an dem Verstärkungselement **9** zugänglich. Der Drehmomentübertragungs-Abschnitt **22** weist ein senkrecht zur Mittel-Längs-Achse orientierte unrunde Kontur auf. Die unrunde Kontur ist insbesondere eine Sechskant-Kontur. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Drehmomentübertragungs-Abschnitt **22** als Innensechskant-Kontur ausgeführt. Das bedeutet, dass der Drehmomentübertragungs-Abschnitt in die Gesamtlänge l_{ges} derart integriert ausgeführt ist, dass der Drehmomentübertragungs-Abschnitt nicht zu einer Erhöhung der Gesamtlänge l_{ges} führt.

[0040] Nachfolgend wird ein Verfahren zum Verstärken eines Bauelements **2** näher erläutert. Das Bauelement **2** aus porösem Material kann beispielsweise ein existierendes Betonbauwerk sein wie beispielsweise eine Brücke oder eine Geschossdecke. Um das Bauelement **2** zu verstärken und insbesondere ein Ausbrechen des Bauelements **2**, insbesondere im Bereich von Vertikalstützen zu vermeiden, kann

ein Verstärkungselement **9** eingebracht werden. In das Bauelement **2** wird von der Oberseite **4** her ein Bohrloch **8** mit dem Bohrloch-Durchmesser D_B eingebohrt. Das Bohrloch **8** ist ein Sackloch. In das Bohrloch **8** wird das Verstärkungselement **9** eingebracht. Das in das Bohrloch **8** eingebrachte Verstärkungselement **9** wird mit dem ersten Verankerungs-Abschnitt **15** und mit dem zweiten Verankerungs-Abschnitt **17** in dem Bohrloch **8** verankert. Der Kraftübertragungs-Abschnitt **16** ermöglicht eine Kraftübertragung von dem ersten Verankerungs-Abschnitt **15** in den zweiten Verankerungs-Abschnitt **17**. Dadurch, dass das zweite Schneidgewinde **21** im Bereich des zweiten Verankerungs-Abschnitts **17** in die Gewindestruktur **19** eingreift, ist das Eindrehmoment reduziert. Die Armierungslagen **6**, **7** sind in kraftübertragender Weise miteinander verbunden. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Bohrlochtiefe t größer als die Gesamtlänge l_{ges} des Verstärkungselements **9**. Das Verstärkungselement **9** ist mit dem Einführende **13** bis zum Bohrlochgrund eingeschraubt. Gegenüber der Oberseite **4** ist das Außenende **14** des Verstärkungselements **9** nach innen versetzt angeordnet.

[0041] Zusätzlich kann in das Bohrloch **8** vor dem Eindrehen des Verstärkungselements **9** eine aushärtbare, insbesondere spaltverfüllende, Masse eingeführt werden. Die Masse ist insbesondere am Bohrlochgrund angeordnet. Während des Eindrehens des Verstärkungselements **9** ist die Masse fließfähig, insbesondere flüssig. Durch das Eindrehen des Verstärkungselements **9** wird die Masse entgegen der Einschraubrichtung, also zur Oberseite **4** hin, verdrängt. Die aushärtbare Masse verfüllt insbesondere den ringförmigen Spalt zwischen der glatten Oberfläche **20** des Kraftübertragungs-Abschnitts **16** und der Bohrlochinnenseite. Dadurch gewährleistet die Masse, insbesondere nach der Aushärtung, eine Stützwirkung im Bereich des Kraftübertragungs-Abschnitts **16** in Form eines rohrähnlichen Abschnitts.

[0042] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf **Fig. 3** ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Konstruktiv identische Teile erhalten dieselben Bezugszeichen wie beim ersten Ausführungsbeispiel, auf dessen Beschreibung hiermit verwiesen wird. Konstruktiv unterschiedliche, jedoch funktionell gleichartige Teile erhalten dieselben Bezugszeichen mit einem nachgestellten a.

[0043] Der wesentliche Unterschied gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel besteht darin, dass der erste Verankerungs-Abschnitt **15a** mehrere Radialvorsprünge **23**, **24** aufweist. Ausgehend von einem zylindrischen Abschnitt, der am Einführende **13** angeordnet ist und einen Durchmesser aufweist, der im Wesentlichen dem Kerndurchmesser D_K entspricht, erstreckt sich ein zu dem Außenende **14** gerichteter, konisch verjüngender Abschnitt, dem sich ein weite-

rer, zylindrischer Abschnitt anschließt. Der zweite zylindrische Abschnitt **25** weist einen gegenüber dem Kern-Durchmesser D_K reduzierten Durchmesser auf. Ausgehend von dem zylindrischen Abschnitt **25** erstreckt sich ein konisch aufweitender Abschnitt, dem sich unmittelbar ein weiterer konisch verjüngender Abschnitt anschließt. Der konisch aufweitende und sich unmittelbar konisch verjüngende Abschnitt bilden zusammen den Radialvorsprung **23**. Der Radialvorsprung **23** ist als Doppel-Konus-Abschnitt ausgeführt. Der Doppel-Konus-Abschnitt bewirkt mit der aushärtbaren Masse **26** nach deren Aushärten einen Hinterschnitt des Verstärkungselements **9** in dem Bohrloch **8**. Ein erster Durchmesser D_1 des ersten Radialvorsprungs **23** entspricht im Wesentlichen dem Bohrloch-Durchmesser D_B . Insbesondere gilt: $D_1 < 0,99 \cdot D_B$, insbesondere $D_1 < 0,98 \cdot D_B$ und insbesondere $D_1 < 0,95 \cdot D_B$.

[0044] Der zweite Radialvorsprung **24** ist im Wesentlichen identisch zu dem ersten Radialvorsprung **23** ausgeführt, wobei ein zweiter Durchmesser D_2 des zweiten Radialvorsprungs **24** kleiner ist als der erste Durchmesser D_1 . Insbesondere gilt: $D_2 < 0,90 \cdot D_1$, insbesondere $D_2 < 0,85 \cdot D_1$ und insbesondere $D_2 < 0,80 \cdot D_1$.

[0045] An den zweiten Radialvorsprung **24** schließt sich ein konisch aufweitender Abschnitt an bis zum Kerndurchmesser D_K . Dieser verbindende Abschnitt schließt unmittelbar an den Kraftübertragungs-Abschnitt **16a** an.

[0046] Bezogen auf die Gesamtlänge l_{ges} des Verstärkungselements **9a** beträgt die erste Verankerungslänge l_1 etwa 45%. Vorteilhaft ist es, wenn die erste Verankerungslänge l_1 zwischen 35% und 50% beträgt.

[0047] Der zweite Verankerungs-Abschnitt **17a** ist identisch zu dem des ersten Ausführungsbeispiels ausgeführt. Das bedeutet, dass der zweite Verankerungs-Abschnitt **17a** ein Schneidgewinde aufweist.

[0048] Der Kraftübertragungs-Abschnitt **16a** ist im Wesentlichen identisch zu dem des ersten Ausführungsbeispiels ausgeführt. Aufgrund der gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel erhöhten ersten Verankerungs-Länge l_1 ist die Kraftübertragungslänge l_K vergleichsweise reduziert und beträgt etwa 15% der Gesamtlänge l_{ges} .

[0049] Die Befestigung des Verstärkungselements **9a** in dem Bohrloch **8** erfolgt derart, dass zunächst die aushärtbare Masse im flüssigen Zustand in das Bohrloch gegeben wird. Anschließend wird das zweite Verstärkungselement **9a**, das als Klebeanker ausgeführt ist, in den Bohrloch **8** eingeführt und durch Eindrehen des Verstärkungselements **9a** mit dem zweiten Verankerungs-Abschnitt **17a** in das Bohrloch **8**

eingedreht. Der erste Verankerungs-Abschnitt **15a**, der mittels der aushärtbaren Masse in das Bohrloch **8** eingeklebt ist, ist am Bohrlochgrund angeordnet. Die aushärtbare Masse ist zusammen mit dem ersten Verankerungs-Abschnitt **15a** im Inneren des Bauelements **2a** und insbesondere geschützt durch den ersten Verankerungs-Abschnitt **17a** angeordnet.

[0050] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 4** ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Konstruktiv identische Teile erhalten dieselben Bezugszeichen wie beim ersten Ausführungsbeispiel, auf dessen Beschreibung hiermit verwiesen wird. Konstruktiv unterschiedliche, jedoch funktionell gleichartige Teile erhalten dieselben Bezugszeichen mit einem nachgestellten **b**.

[0051] Wesentlicher Unterschied des dritten Ausführungsbeispiels besteht darin, dass der zweite Verankerungs-Abschnitt **17b** identisch ausgeführt ist zu dem ersten Verankerungs-Abschnitt **15b**, wobei beide Verankerungs-Abschnitte **15b**, **17b** jeweils Radialvorsprünge **23**, **24** aufweisen. Das bedeutet, dass das Verstärkungselement **9b** als Doppel-Klebeanker ausgeführt ist. Die Kraftübertragungs-Länge l_K ist gegenüber den beiden vorangegangenen Ausführungsbeispielen weiter reduziert. Die erste Verankerungs-Länge l_1 und die zweite Verankerungs-Länge l_2 sind identisch und entsprechen der ersten Verankerungs-Länge gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel.

Patentansprüche

1. Verstärkungselement zum Verstärken eines Bauelements (**1**), wobei das Verstärkungselement (**9**; **9a**; **9b**) umfasst
 - a. einen Kern (**12**) mit
 - i. einem Einführende (**13**),
 - ii. einem Kern-Durchmesser (D_K) und
 - iii. einer Mittel-Längs-Achse (**11**),
 - b. einen einstückig mit dem Kern (**12**) ausgebildeten ersten Verankerungs-Abschnitt (**15**; **15a**; **15b**) zum Verankern in einem Bohrloch (**8**) in dem Bauelement (**1**),
 - c. einen einstückig mit dem Kern (**12**) ausgebildeten zweiten Verankerungs-Abschnitt (**17**; **17a**; **17b**) zum Verankern in dem Bohrloch (**8**),
 - d. einen zwischen dem ersten Verankerungs-Abschnitt (**15**; **15a**; **15b**) und dem zweiten Verankerungs-Abschnitt (**17**; **17a**; **17b**) angeordneten Kraftübertragungs-Abschnitt (**16**; **16a**; **16b**).
2. Verstärkungselement gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kraftübertragungs-Abschnitt (**16**; **16a**; **16b**) den Kern-Durchmesser (D_K) aufweist.
3. Verstärkungselement gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Verankerungs-Abschnitt (**15**; **15a**; **15b**) dem

Einführende (**13**) zugewandt am Kern (**12**) angeordnet ist.

4. Verstärkungselement gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Verankerungs-Abschnitt (**17**; **17a**; **17b**) an einem dem Einführende (**13**) gegenüberliegenden Außenende (**14**) des Kerns (**12**) angeordnet ist.

5. Verstärkungselement gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Verankerungs-Abschnitt (**15**; **15a**) ein erstes Schneidgewinde (**18**) aufweist.

6. Verstärkungselement gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Verankerungs-Abschnitt (**17**) ein zweites Schneidgewinde (**21**) aufweist, das insbesondere identisch zu dem ersten Schneidgewinde (**18**) ausgeführt ist und insbesondere derart am Kern (**12**) angeordnet ist, dass ein entlang der Mittel-Längs-Achse (**11**) orientierter Abstand zwischen den Verankerungs-Abschnitten (**15**, **17**) einem ganzzahligen Vielfachen der Gewindesteigung (h) der Schneidgewinde (**18**, **21**) entspricht.

7. Verstärkungselement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Verankerungs-Abschnitt (**15a**; **15b**) mindestens einen Radial-Vorsprung (**23**, **24**) aufweist, wobei der zweite Verankerungs-Abschnitt (**17b**) insbesondere identisch zum ersten Verankerungs-Abschnitt (**15b**) ausgeführt ist.

8. Verstärkungselement gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kraftübertragungs-Abschnitt (**16**; **16a**; **16b**) eine glatte Oberfläche (**20**) aufweist und insbesondere eine Beschichtung und/oder Beölung aufweist.

9. Verstärkungselement gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Drehmomentübertragungs-Abschnitt (**22**), der insbesondere an einem Außenende (**14**) des Kerns (**12**) und insbesondere stirnseitig am Kern (**12**) angeordnet ist.

10. Verstärkungselement gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehmomentübertragungs-Abschnitt (**22**) eine senkrecht zur Mittel-Längs-Achse (**11**) orientierte unrunde Kontur aufweist, die insbesondere als Innensechskant-Kontur ausgeführt ist.

11. Verstärkungsanordnung umfassend

- a. ein in einem Bauteil (**1**) angeordnetes Bohrloch (**8**) mit einer Bohrloch-Längsachse (**10**) und einem Bohrloch-Durchmesser (D_B) und
- b. ein Verstärkungselement (**9**; **9a**; **9b**) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei das Verstärkungselement (**9**; **9a**; **9b**) in dem Bohrloch (**8**) verankert ist.

12. Verstärkungsanordnung gemäß Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass gilt: $D_B > D_K$.

13. Verstärkungsanordnung gemäß Anspruch 11 oder 12, gekennzeichnet durch eine aushärtbare, insbesondere spaltverfüllende, Masse, die insbesondere zwischen einer Außenfläche des ersten Verankerungs-Abschnitts (**15**; **15a**; **15b**) und/oder des zweiten Verankerungs-Abschnitts (**17**; **17a**; **17b**) sowie einer Innenfläche des Bohrlochs (**8**) angeordnet ist.

14. Verstärkungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kraftübertragungs-Abschnitt (**16**; **16a**; **16b**) kraftfrei, insbesondere verbindungsfrei, in dem Bohrloch (**8**) angeordnet ist.

15. Verfahren zum Verstärken eines Bauelements (**2**) umfassend die Verfahrensschritte

- Bereitstellen eines Bauelements (**2**),
- Anbringen eines Bohrlochs (**8**) in dem Bauelement (**2**),
- Einführen eines Verstärkungselements (**9**; **9a**; **9b**) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 in das Bohrloch (**8**),
- Verankern des Verstärkungselements (**9**; **9a**; **9b**) in dem Bohrloch (**8**) mit dem ersten Verankerungs-Abschnitt (**15**; **15a**; **15b**) und mit dem zweiten Verankerungs-Abschnitt (**17**; **17a**; **17b**).

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

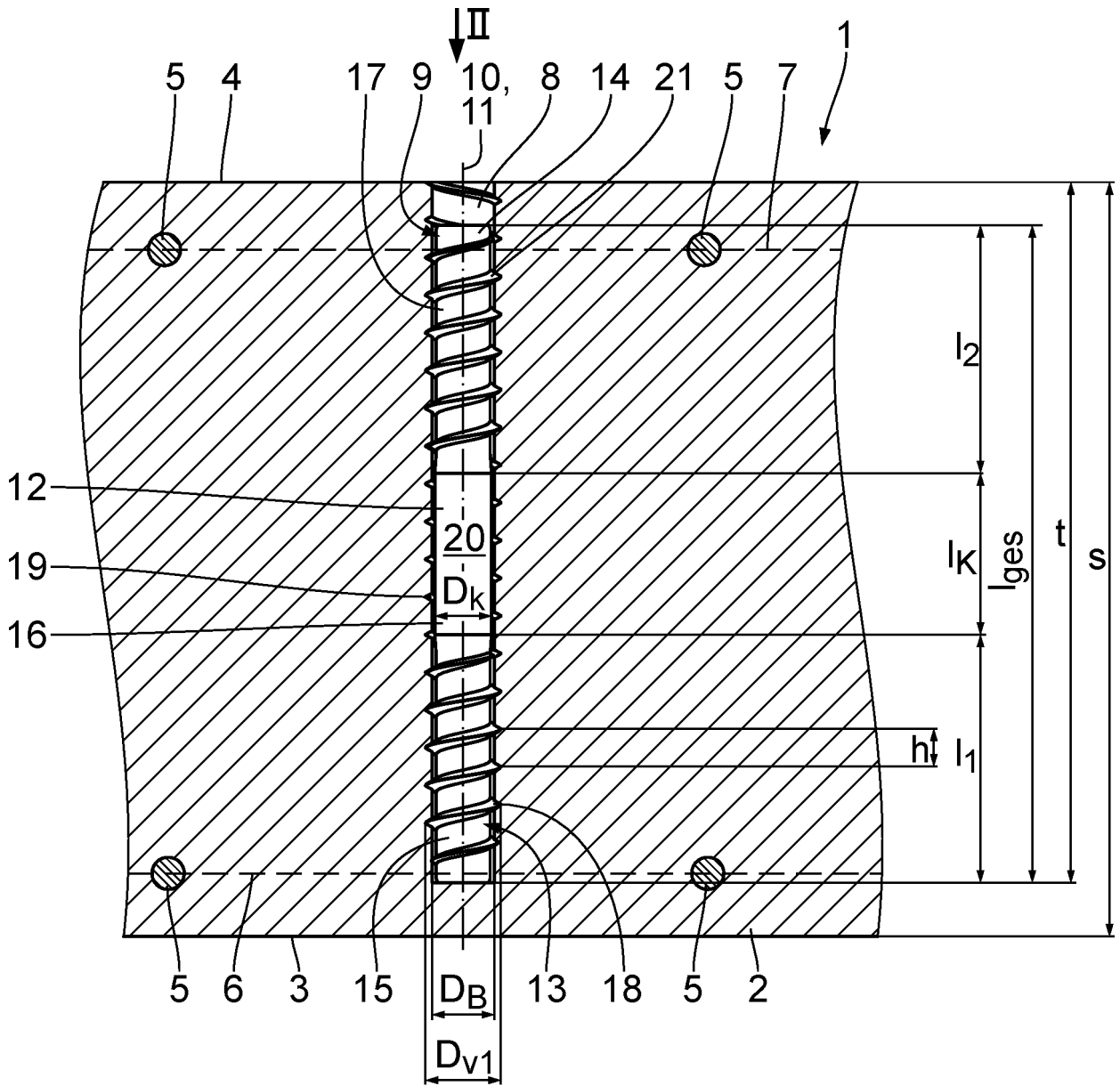


Fig. 1

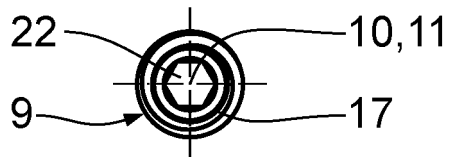


Fig. 2

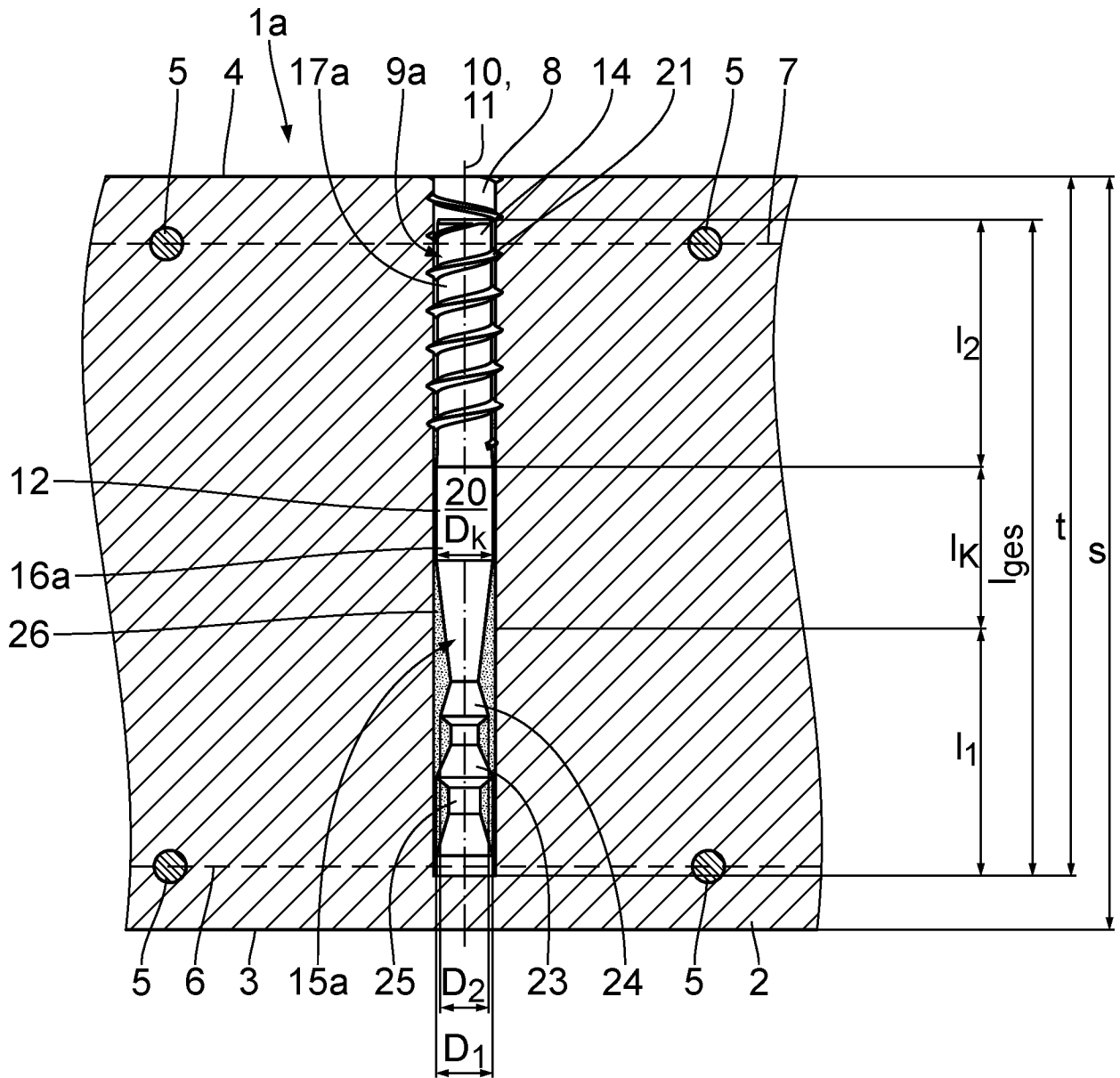


Fig. 3

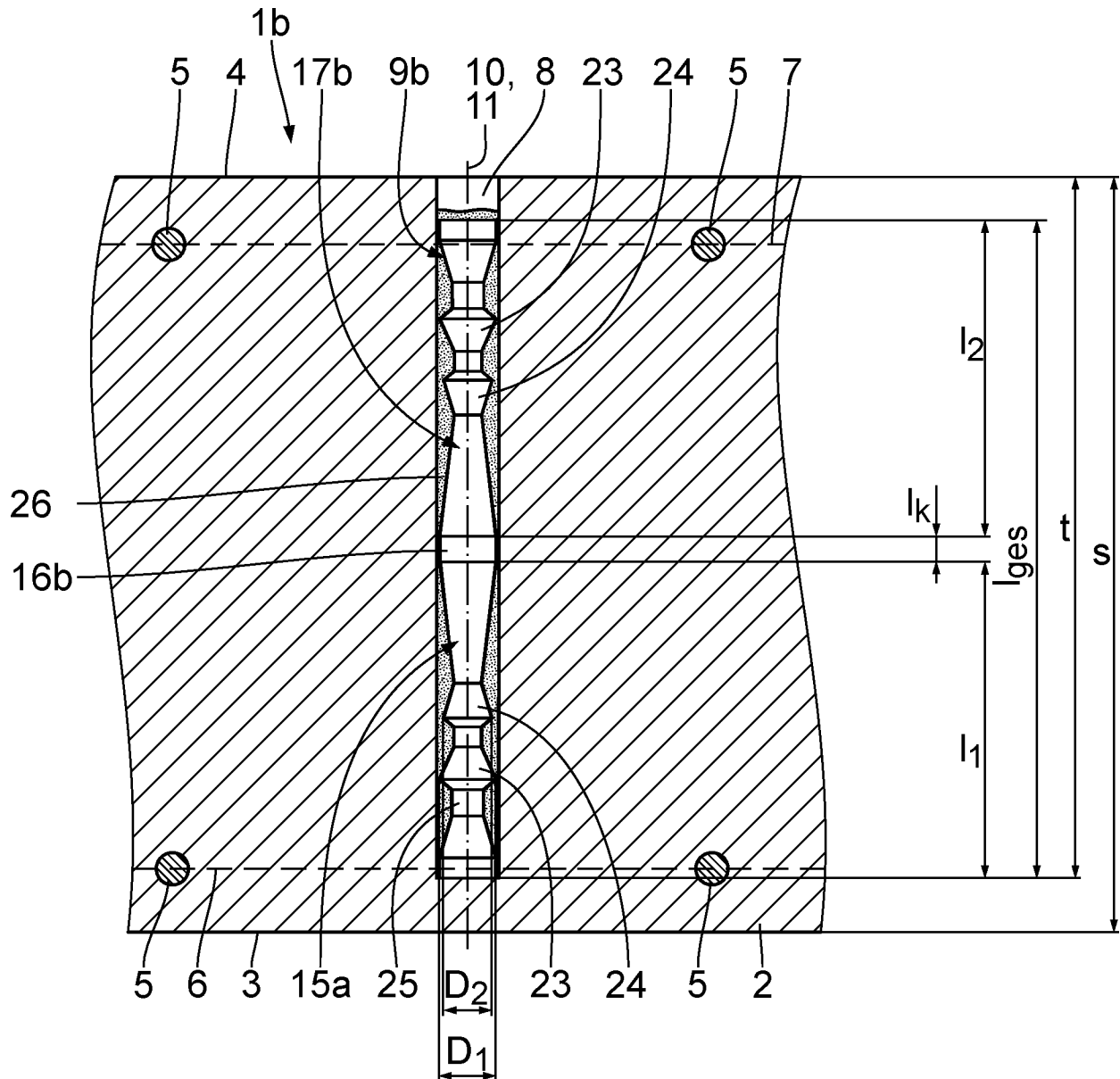


Fig. 4