

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
05. Januar 2023 (05.01.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2023/275267 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*C04B 28/00* (2006.01)      *B28B 11/08* (2006.01)  
*C04B 28/02* (2006.01)      *B28B 13/02* (2006.01)  
*B28B 1/00* (2006.01)      *C04B 111/10* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/068093

(22) Internationales Anmeldedatum:  
30. Juni 2022 (30.06.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2021 116 928.3  
30. Juni 2021 (30.06.2021) DE

(71) Anmelder: **METTEN TECHNOLOGIES GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Hammermühle 24, 51491 Overath (DE).

(72) Erfinder: **VOLMER, Guido**; An der Vogelstange 9, 59597 Erwitte (DE). **METTEN, Michael, Dr.**; Romaneyer Höhe 12, 51467 Bergisch Gladbach (DE).

(74) Anwalt: **COHAUSZ & FLORACK PATENT- UND RECHTSANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESellschaft MBB**; Bleichstraße 14, 40211 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) **Title:** CORE-FACING CONCRETE ELEMENT, METHOD FOR THE PRODUCTION OF SAME, AND USE OF LATENT HYDRAULIC OR POZZOLANIC BINDER IN THE CORE LAYER

(54) **Bezeichnung:** KERN-VORSATZ-BETONELEMENT, VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG UND VERWENDUNG VON LATENT HYDRAULISCHEM ODER PUZZOLANISCHEM BINDEMittel IN DER KERNSCHICHT

(57) **Abstract:** The invention relates to a concrete element comprising a concrete core layer and a concrete facing layer, wherein: the concrete element is obtained by compressing and curing a concrete core layer mixture in contact with a concrete facing layer mixture; the concrete core layer mixture contains a latent hydraulic core binder and/or a pozzolanic core binder, water, a granular core material and an alkali core curing agent; the concrete facing layer mixture contains a latent hydraulic facing binder and/or a pozzolanic facing binder, water, a granular facing material and an alkali facing curing agent; and the concrete element has a compressive strength in accordance with DIN EN 12390-3, in particular DIN EN 12390-3:2019-10, measured after 28 days, of less than 120 N/mm<sup>2</sup>. The invention also relates to a method for producing the concrete element and to the use of a latent hydraulic binder and/or pozzolanic binder together with an alkali curing agent to produce the concrete core layer in the concrete element.

(57) **Zusammenfassung:** Dargestellt und beschrieben wird ein Betonelement umfassend eine Kernbetonschicht und eine Vorsatzbetonschicht, wobei das Betonelement durch Verdichten und Aushärten einer Kernbetonschichtmischung in Kontakt mit einer Vorsatzbetonschichtmischung erhalten wird, wobei die Kernbetonschichtmischung ein latenthdraulisches Kernbindemittel und/oder ein puzzolanisches Kernbindemittel, Wasser, ein körniges Kernmaterial und ein alkalisches Kernhärtungsmittel enthält, wobei die Vorsatzbetonschichtmischung ein latenthdraulisches Vorsatzbindemittel und/oder ein puzzolanisches Vorsatzbindemittel, Wasser, ein körniges Vorsatzmaterial und ein alkalisches Vorsatzhärtungsmittel enthält, und wobei das Betonelement eine Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3, insbesondere DIN EN 12390-3:2019-10, gemessen nach 28 Tagen, von weniger als 120 N/mm<sup>2</sup> aufweist. Ebenfalls beschrieben wird ein Verfahren zur Herstellung des Betonelements und die Verwendung von latenthdraulischem Bindemittel und/oder puzzolanischem Bindemittel zusammen mit alkalischem Härtungsmittel zur Herstellung der Kernbetonschicht in dem Betonelement.



WO 2023/275267 A1

KERN-VORSATZ-BETONELEMENT, VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG  
UND VERWENDUNG VON LATENT HYDRAULISCHEM ODER  
PUZZOLANISCHEM BINDEMITELE IN DER KERNSCHICHT

Die Erfindung betrifft ein Betonelement umfassend eine Kernbetonschicht und eine Vorsatzbetonschicht, wobei das Betonelement durch Verdichten und Aushärten einer Kernbetonschichtmischung in Kontakt mit einer Vorsatzbetonschichtmischung erhalten wird, wobei die Kernbetonschichtmischung und die Vorsatzbetonschichtmischung jeweils ein latentlydraulisches Bindemittel und/oder ein puzzolanisches Bindemittel, Wasser, ein körniges Material und ein alkalisches Härtungsmittel enthalten. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Betonelements.

10

Betonelemente wie Betonsteine, Betonplatten, Betonmauerelemente oder Betonstufen werden aufgrund ihrer Haltbarkeit sowie ihres geringeren Preises im Vergleich zu Steinen, Platten oder Stufen aus Naturstein häufig eingesetzt. Betonelemente werden üblicherweise unter Verwendung von Zement als Bindemittel hergestellt.

15

Dabei wurden verschiedene Methoden entwickelt, um ein dekoratives Aussehen der Betonelemente zu ermöglichen. Hierzu wird meist unter anderem Pigment und/oder Natursteinzuschläge und/oder Sande zugegeben, um das Betonelement einzufärben und zu veredeln.

20

Zementhaltige Betonelemente weisen mitunter das Problem auf, dass sie mit der Zeit an der Oberfläche weißliche Flecken, sog. Ausblühungen, zeigen. Ferner kann es zu einem Verblässen der Farbe von eingefärbten Betonsteinen kommen. Beide Effekte scheinen durch die Bildung von Kalk zu entstehen. So werden die weißlichen Flecken an der Oberfläche auf Kalkausblühungen zurückgeführt, die sich durch die Reaktion von an die Oberfläche transportiertem Calciumhydroxid mit Kohlenstoffdioxid bilden. Es wird vermutet, dass die Farbverblässung unter anderem dadurch entsteht, dass das

25

Pigment, das sich an den Zementpartikeln zur Farbgebung abgesetzt hat, langsam von sich bildendem Calciumcarbonat überzogen wird. Auf diese Weise geht der Farbeindruck des Pigments langsam verloren.

- 5 Alternative Bindemittel zu Zement sind bekannt. Ein Beispiel für derartige alternative Bindemittel basiert auf den chemischen Bausteinen  $\text{SiO}_2$  in Kombination mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Beispiele für solche Bindemittel sind unter anderem latentlydraulische Bindemittel und puzzolanische Bindemittel. Diese werden häufig auch als „Geopolymere“ bezeichnet. So beschreibt die EP 1 236 702 A1 beispielsweise eine Baustoffmischung
- 10 enthaltend Wasserglas und ein latent hydraulisches Bindemittel. In der EP 1 236 702 A1 wird vorgeschlagen, die Baustoffmischung als Mörtel oder Spachtel einzusetzen.

Die Herstellung von Betonelementen wie Betonsteinen, Betonplatten, Betonmauerelementen oder Betonstufen stellt besondere Anforderungen an die

15 verwendete Betonmischung, insbesondere im Vergleich zu Frischbeton dar. Bei der Herstellung von Betonelementen ist es wünschenswert, nach möglichst kurzer Zeit eine möglichst hohe Stabilität der noch nicht ausgehärteten Betonsteine zu erreichen, um diese schnellstmöglich verpacken zu können. Eine zusätzliche Anforderung an die Produkte, die eine Vorsatzbeton- und Kernbetonschicht aufweisen, ist eine hohe

20 Verbundfestigkeit, um das Delaminieren der Vorsatzbetonschicht vom Kern unter Belastung und Witterung zu verhindern. Als Maß für die Stabilität gegen Delaminieren der Vorsatzbetonschicht vom Kernbeton der Betonelemente kann die Verbund-Haftzugfestigkeit herangezogen werden. Ist die Verbund-Haftzugfestigkeit der Betonelemente nicht hoch genug, können sich Vorsatzbetonschicht und Kernbeton

25 unter Last trennen (Delaminieren) oder bereits beim Entschalen auseinanderreißen. Somit können die Betonelemente für ein breiteres Nutzungsspektrum eingesetzt werden, wenn sie mit ausreichend hoher Verbund-Haftzugfestigkeit konzipiert sind.

Die WO 2021/047875 A1 beschreibt Betonelemente umfassend eine

30 Kernbetonschicht und eine Vorsatzbetonschicht, wobei die Vorsatzbetonschicht ein latentlydraulisches Bindemittel und/oder ein puzzolanisches Bindemittel enthält. Die

WO 2021/047875 A1 beschreibt allerdings nicht, dass in der Kernbetonschicht ebenfalls latentlydraulische Bindemittel und/oder puzzolanische Bindemittel eingesetzt werden.

- 5 Betonelemente sind über ihre Lebensdauer unterschiedlichen Angriffen ausgesetzt, die die Betonelemente korrodieren lassen. Neben physikalischer Korrosion, beispielweise durch Frost und Tausalz, ist auch die chemische Korrosion, darunter auch die Alkali-Kieselsäure-Reaktion als ein treibender Angriff, eine bedeutende Form der Korrosion. Die Alkali-Kieselsäure-Reaktion tritt insbesondere bei alkalireichen
- 10 Bindemitteln in Kombination mit alkaliempfindlichen Zuschlägen wie z.B. Grauwacken auf. Diese alkaliempfindlichen Zuschläge sind selten in einer Vorsatzbetonschicht, für die üblicherweise höherwertige Zuschläge eingesetzt werden, zu finden, sondern werden meist für die Kernbetonschicht eingesetzt. Daher gab es bisher keine Bestrebungen, alkalireiche Bindemittel wie Geopolymere in der
- 15 Kernbetonschicht einzusetzen, da dies aufgrund der Alkali-anfälligen Zuschläge zu Problemen mit der Alkali-Kieselsäure-Reaktion geführt hätte. Darüber hinaus sind die latentlydraulischen Bindemittel und die puzzolanischen Bindemittel in Kombination mit den hierfür benötigten Härtungsmitteln teurer als zementgebundene Bindemittel. Deshalb wird üblicherweise als Kernbetonschicht eine konventionelle, d. h.
- 20 zementgebundene Kernbetonschicht, eingesetzt.

Im Rahmen der Entwicklung der vorliegenden Erfindung wurde gefunden, dass Betonelemente mit einer zementgebundenen Kernbetonschicht und einer Vorsatzbetonschicht, die als Bindemittel latentlydraulische Bindemittel und/oder

25 puzzolanische Bindemittel enthält, bei ansonsten vergleichbaren Herstellungsbedingungen und Bestandteilen eine geringere Verbund-Haftzugfestigkeit aufweisen, als Betonelemente, bei denen beiden Schichten zementgebunden sind.

30 Aufgabe der Erfindung war es somit, ästhetisch anspruchsvolle Betonelemente bereitzustellen, die ihr Aussehen im Laufe der Zeit weniger stark verändern, weniger

anfällig für chemische Korrosion, insbesondere die Alkali-Kieselsäure-Reaktion sind, und sich wirtschaftlich herstellen lassen. Insbesondere sollen Betonsteine bereitgestellt werden, die weniger Fleckenbildung und/oder Verschmutzungsneigung an der Oberfläche und/oder weniger Farbverblässung zeigen und/oder eine

5 ausreichend hohe Haftzugfestigkeit, insbesondere eine ausreichend hohe Verbund-Haftzugfestigkeit, aufweisen. Weitere Aufgabe der Erfindung ist es, Betonelemente mit einer verringerten CO<sub>2</sub>-Bilanz bereitzustellen.

Weitere Aufgaben ergeben sich aus den nachfolgenden Ausführungen und werden

10 teilweise hiernach aufgeführt.

Alle oder einige dieser Aufgaben werden erfindungsgemäß durch das Betonelement nach Anspruch 1 und das Verfahren nach Anspruch 22 gelöst.

15 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend im Einzelnen erläutert.

Die Erfindung stellt ein Betonelement bereit, umfassend eine Kernbetonschicht und eine Vorsatzbetonschicht, wobei das Betonelement durch Verdichten und Aushärten

20 einer Kernbetonschichtmischung in Kontakt mit einer Vorsatzbetonschichtmischung erhalten wird,

wobei die Kernbetonschichtmischung ein latenthyadraulisches Kernbindemittel und/oder ein puzzolanisches Kernbindemittel, Wasser, ein körniges Kernmaterial und ein alkalisches Kernhärtungsmittel enthält,

25 wobei die Vorsatzbetonschichtmischung ein latenthyadraulisches Vorsatzbindemittel und/oder ein puzzolanisches Vorsatzbindemittel, Wasser, ein körniges Vorsatzmaterial und ein alkalisches Vorsatzhärtungsmittel enthält, wobei das körnige Vorsatzmaterial bei einer Sieblochweite von 2 mm einen Siebdurchgang von 35,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-% und bei einer Sieblochweite von 0,25 mm einen

30 Siebdurchgang von 2,5 Gew.-% bis 33,5 Gew.-% aufweist, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des körnigen Vorsatzmaterials, und wobei das Betonelement eine

Druckfestigkeit DIN EN 12390-3, insbesondere DIN EN 12390-3:2019-10, gemessen nach 28 Tagen, von weniger als 120 N/mm<sup>2</sup> aufweist.

Überraschend hat sich gezeigt, dass Betonelemente umfassend eine Kernbetonschicht  
5 und eine Vorsatzbetonschicht, wobei das Betonelement durch Verdichten und  
Aushärten einer Kernbetonschichtmischung in Kontakt mit einer  
Vorsatzbetonschichtmischung erhalten wird, wobei die Kernbetonschichtmischung  
ein latentlydraulisches Kernbindemittel und/oder ein puzzolanisches  
Kernbindemittel, Wasser, ein körniges Kernmaterial und ein alkalisches  
10 Kernhärtungsmittel enthält und wobei die Vorsatzbetonschichtmischung ein  
latentlydraulisches Vorsatzbindemittel und/oder ein puzzolanisches  
Vorsatzbindemittel, Wasser, ein körniges Vorsatzmaterial und ein alkalisches  
Vorsatzhärtungsmittel enthält, wobei das körnige Vorsatzmaterial bei einer  
Sieblochweite von 2 mm einen Siebdurchgang von 35,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-% und  
15 bei einer Sieblochweite von 0,25 mm einen Siebdurchgang von 2,5 Gew.-% bis 33,5  
Gew.-% aufweist, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des körnigen  
Vorsatzmaterials, ihre dekorativen Eigenschaften wenn überhaupt nur langsam  
verändern und sich wirtschaftlich herstellen lassen. Insbesondere weisen die  
vorgenannten Betonelemente eine ausreichend hohe Verbund-Haftzugfestigkeit  
20 auf. Dies erlaubt ein breites Einsatzspektrum der Betonelemente. Ferner zeigen diese  
Betonsteine höchstens eine langsame Verblassung der Farben und keine oder nur  
sehr geringe Fleckenbildung an der Oberfläche. Darüber hinaus zeigen die  
erfindungsgemäßen Betonsteine eine gute Beständigkeit gegenüber der Alkali-  
Kieselsäure-Reaktion. Schließlich weisen diese Betonelemente auch eine gute CO<sub>2</sub>-  
25 Bilanz auf.

Ohne an eine bestimmte wissenschaftliche Theorie gebunden sein zu wollen, scheint  
dies daher zu kommen, dass durch den Einsatz von latentlydraulischem Bindemittel  
und/oder puzzolanischem Bindemittel in der Kernbetonschicht und in der  
30 Vorsatzbetonschicht die Verbund-Haftzugfestigkeit zwischen der Kernbetonschicht  
und der Vorsatzbetonschicht erhöht wird, wobei die Anfälligkeit für chemische

Korrosion insbesondere der Kernbetonschicht aber nicht signifikant erhöht wird. Scheinbar wird durch den Einsatz von latentlydraulischem Bindemittel und/oder puzzolanischem Bindemittel sowohl in der Vorsatzbetonschicht als auch in der Kernbetonschicht die Verbund-Haftzugfestigkeit zwischen diesen beiden Schichten verbessert. Ferner scheinen die Betonelemente durch den Einsatz von

5 latentlydraulischem Bindemittel und/oder puzzolanischem Bindemittel ihre dekorativen Eigenschaften nicht oder nur langsam zu verlieren. Dies scheint dadurch hervorgerufen zu sein, dass die erfindungsgemäßen Betonelemente weniger CaO

10 enthalten als die üblicherweise viel Zement enthaltenden Betonelemente. Ferner hat sich herausgestellt, dass durch den Einsatz eines körnigen Materials, das bei einer Sieblochweite von 2 mm einen Siebdurchgang von 35,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-% und bei einer Sieblochweite von 0,25 mm einen Siebdurchgang von 2,5 Gew.-% bis 33,5 Gew.-% aufweist, bei Verwendung von latentlydraulischen Bindemitteln und/oder

15 puzzolanischen Bindemitteln gute Haftzugfestigkeiten in der Vorsatzbetonschicht selbst erreicht werden können. Mit körnigem Material mit größeren Durchmessern konnten zwar Betonelemente hergestellt werden, die aber eine schlechtere Haftzugfestigkeit in der Vorsatzbetonschicht aufwiesen. Ohne an eine wissenschaftliche Theorie gebunden sein zu wollen, könnte die verbesserte Haftzugfestigkeit daher kommen, dass die Bestandteile des körnigen Materials mit

20 eher kleineren Durchmessern einen geringeren mittleren Abstand voneinander haben. Dadurch können auch eventuelle kürzere Ketten des latentlydraulischen Bindemittels und/oder puzzolanischen Bindemittels die Bestandteile des körnigen Materials miteinander verknüpfen, wodurch die mechanischen Eigenschaften und insbesondere die Haftzugfestigkeit von noch nicht ausgehärteten Betonelementen

25 verbessert werden.

Die Kernbetonschichtmischung kann auch als Kernbetonmischung bezeichnet werden. Die Vorsatzbetonschichtmischung kann auch als Vorsatzbetonmischung bezeichnet werden.

Die Kernbetonschicht kann auch als Kernschicht bezeichnet werden. Die Vorsatzbetonschicht kann auch als Vorsatzschicht bezeichnet werden.

Das körnige Material kann auch als Gesteinskörnung bezeichnet werden.

5

Die noch nicht ausgehärteten Betonelemente können auch als Grünbetonelemente bezeichnet werden.

Die Verbund-Haftzugfestigkeit kann an Betonsteinen mit einem bestimmten Prüfalalter, beispielsweise 28 Tage, bestimmt werden. Vorzugsweise weisen erfindungsgemäße Betonelemente eine Verbund-Haftzugfestigkeit von 1 MPa und mehr nach 28 Tagen auf. Die Verbund-Haftzugfestigkeit kann insbesondere nach DAfSt Richtlinie „Schutz und Instandsetzungen von Betonbauteilen“, Teil 4, Abschnitt 5.5.11, 2001, gemessen werden.

15

Vorzugsweise weist das körnige Vorsatzmaterial bei einer Sieblochweite von 2 mm einen Siebdurchgang von 42,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 56,5 Gew.-% bis 98,5 Gew.-%, besonders bevorzugt von 72,5 Gew.-% bis 97,5 Gew.-%, und bei einer Sieblochweite von 0,25 mm einen Siebdurchgang von 2,5 Gew.-% bis 27,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 2,5 Gew.-% bis 22,5 Gew.-%, noch bevorzugter von 2,5 Gew.-% bis 21,5 Gew.-%, besonders bevorzugt 2,5 Gew.-% bis 8 Gew.-% oder 11,5 Gew.-% bis 21,5 Gew.-%, auf, und bei einer Sieblochweite von 0,125 mm einen Siebdurchgang von 0,1 Gew.-% bis 12,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 0,3 Gew.-% bis 10,0 Gew.-%, noch bevorzugter von 0,3 Gew.-% bis 7,5 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,3 Gew.-% bis 5,0 Gew.-%, auf, bezogen auf das Gesamtgewicht des körnigen Vorsatzmaterials. Es wurde gefunden, dass körniges Vorsatzmaterial mit den voranstehend genannten Siebdurchgängen bei den genannten Sieblochweiten Betonelemente mit einer guten Haftzugfestigkeit in der Vorsatzschicht ergeben kann.

25

Zweckmäßigerweise weist das körnige Kernmaterial bei einer Sieblochweite von 8 mm einen Siebdurchgang von 42,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-%, bevorzugt von 56,5 Gew.-%

30

% bis 98,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 72,5 Gew.-% bis 97,5 Gew.-% und bei einer Sieblochweite von 0,5 mm einen Siebdurchgang von 7,5 Gew.-% bis 39,5 Gew.-%, bevorzugt von 13,5 Gew.-% bis 37,5 Gew.-%, besonders bevorzugt von 25,5 Gew.-% bis 37 Gew.-%, oder von 14,5 Gew.-% bis 24,5 Gew.-% auf, jeweils bezogen auf das  
5 Gesamtgewicht des körnigen Kernmaterials.

Gemäß einer Ausführungsform zeigt das körnige Kernmaterial hinsichtlich der Korngrößenverteilung eine Verteilung feiner der Sieblinie A16 und gröber der Sieblinie C16, bevorzugt feiner der Sieblinie B16 und gröber der Sieblinie C16. Gemäß  
10 einer weiteren Ausführungsform zeigt das körnige Kernmaterial hinsichtlich der Korngrößenverteilung eine Verteilung feiner der Sieblinie A8 und gröber der Sieblinie C8, bevorzugt feiner der Sieblinie A8 und gröber der Sieblinie B8. Die vorgenannten Sieblinien entsprechen den Vorgaben der DIN 1045.

15 Es wurde gefunden, dass körniges Kernmaterial mit den voranstehend genannten Siebdurchgängen bei den genannten Sieblochweiten Betonelemente mit einer guten Haftzugfestigkeit in der Kernbetonschicht ergeben kann.

Die voranstehend angegebenen Siebdurchgänge bei den beiden Sieblochweiten des  
20 körnigen Vorsatzmaterials können beliebig miteinander kombiniert werden. Die voranstehend angegebenen Siebdurchgänge bei den beiden Sieblochweiten des körnigen Kernmaterials können beliebig miteinander kombiniert werden.

Das körnige Vorsatzmaterial kann auch eine Körnungsziffer von 1,59 bis 3,62,  
25 bevorzugt von 1,61 bis 3,17, besonders bevorzugt von 1,61 bis 2,55 aufweisen. Das körnige Kernmaterial kann auch eine Körnungsziffer von 1,97 bis 4,61, bevorzugt von 2,27 bis 3,82, aufweisen. Die Körnungsziffer ist ein Kennwert für die Kornzusammensetzung einer Gesteinskörnung, ermittelt als Summe der Rückstände auf den Sieben des genormten Prüfsiebsatzes in %, dividiert durch 100. Die  
30 Kornzusammensetzung wird ermittelt nach DIN EN 12620:2008-07 Abs. 4.3 Der

Prüfsiebsatz ist dabei der Siebsatz nach DIN EN 933-2:2020-09 und die Siebe entsprechen den Anforderungen nach DIN ISO 3310-1:2017-11.

Das körnige Vorsatzmaterial weist vorzugsweise eine abgestufte

- 5 Kornzusammensetzung auf. Das körnige Kernmaterial weist vorzugsweise eine abgestufte Kornzusammensetzung auf. Eine abgestufte Kornzusammensetzung weist insbesondere Bestandteile mit verschiedenen Korngrößen auf.

Das körnige Vorsatzmaterial kann in unterschiedlichen Mengen in der

- 10 Vorsatzmischung enthalten sein. Vorzugsweise sind in der Vorsatzmischung 55 Gew.-% bis 80 Gew.-%, bevorzugt 60 Gew.-% bis 75 Gew.-%, weiter bevorzugt 60 Gew.-% bis 72 Gew.-%, des körnigen Vorsatzmaterials enthalten, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung. Besonders bevorzugt kann die Vorsatzmischung 60 Gew.-% bis 65 Gew.-%, insbesondere 60 bis 64 Gew.-%, des körnigen
- 15 Vorsatzmaterials enthalten, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung. Die Vorsatzmischung kann besonders bevorzugt auch 67 Gew.-% bis 72 Gew.-% des körnigen Vorsatzmaterials enthalten, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung.

- 20 Das körnige Kernmaterial kann in unterschiedlichen Mengen in der Kernmischung enthalten sein. Vorzugsweise sind in der Kernmischung 60 Gew.-% bis 95 Gew.-%, bevorzugt 65 Gew.-% bis 92,5 Gew.-%, weiter bevorzugt 70 Gew.-% bis 90 Gew.-%, besonders bevorzugt 74 Gew.-% bis 79 Gew.-%, des körnigen Kernmaterials enthalten, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.

25

Zusätzlich zu den voranstehend genannten Bestandteilen kann die Vorsatzmischung auch noch weitere Bestandteile enthalten, beispielsweise einen Vorsatzfüller.

- Vorzugsweise enthält die Vorsatzmischung 1 Gew.-% bis 30 Gew.-%, bevorzugt 1 Gew.-% bis 20 Gew.-%, weiter bevorzugt 5 Gew.-% bis 18 Gew.-%, noch bevorzugter 5
- 30 bis 15 Gew.-%, noch bevorzugter 5 Gew.-% bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 6

Gew.-% bis 8 Gew.-%, eines Vorsatzfüllers, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung.

Der Vorsatzfüller weist dabei vorzugsweise bei einer Sieblochweite von 0,025 mm  
5 einen Siebdurchgang von 63 Gew.-% bis 99 Gew.-%, bevorzugt von 68 Gew.-% bis 99  
Gew.-%, weiter bevorzugt von 90 Gew.-% bis 99 Gew.-%, besonders bevorzugt von 95  
Gew.-% bis 99 Gew.-%, und bei einer Sieblochweite von 0,015 mm einen  
Siebdurchgang von 38 Gew.-% bis 73 Gew.-%, bevorzugt von 58 Gew.-% bis 67 Gew.-  
%, besonders bevorzugt von 61 Gew.-% bis 66 Gew.-%, auf, bezogen auf das  
10 Gesamtgewicht des Vorsatzfüllers.

Zusätzlich zu den voranstehend genannten Bestandteilen kann die Kernmischung  
auch noch weitere Bestandteile enthalten, beispielsweise einen Kernfüller.

Vorzugsweise enthält die Kernmischung 1 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bevorzugt 10 Gew.-  
15 % bis 30 Gew.-%, weiter bevorzugt 12,5 Gew.-% bis 30 Gew.-%, besonders bevorzugt  
15 Gew.-% bis 27,5 Gew.-%, eines Kernfüllers, bezogen auf das Gesamtgewicht der  
Kernmischung.

Der Kernfüller weist dabei vorzugsweise bei einer Sieblochweite von 0,025 mm einen  
20 Siebdurchgang von 63 Gew.-% bis 99 Gew.-%, bevorzugt von 68 Gew.-% bis 99 Gew.-  
%, weiter bevorzugt von 90 Gew.-% bis 99 Gew.-%, besonders bevorzugt von 95 Gew.-  
% bis 99 Gew.-%, und bei einer Sieblochweite von 0,015 mm einen Siebdurchgang von  
38 Gew.-% bis 73 Gew.-%, bevorzugt von 58 Gew.-% bis 67 Gew.-%, besonders  
bevorzugt von 61 Gew.-% bis 66 Gew.-%, auf, bezogen auf das Gesamtgewicht des  
25 Kernfüllers.

Die voranstehend angegebenen Siebdurchgänge bei den beiden Sieblochweiten des  
Vorsatzfüllers können beliebig miteinander kombiniert werden. Die voranstehend  
angegebenen Siebdurchgänge bei den beiden Sieblochweiten des Kernfüllers können  
30 beliebig miteinander kombiniert werden.

Es wurde gefunden, dass durch den Einsatz von Vorsatz- und/oder Kernfüllern mit den voranstehend aufgeführten Siebdurchgängen bei den genannten Sieblochweiten die Haftzugfestigkeiten in der Vorsatzbetonschicht und/oder in der Kernbetonschicht, insbesondere von noch nicht ausgehärteten Betonelementen, noch weiter verbessert werden kann. Insbesondere durch den kombinierten Einsatz eines körnigen Vorsatz- und/oder Kernmaterials und eines Vorsatz- und/oder Kernfüllers mit den voranstehend jeweils genannten Siebdurchgängen bei den genannten Sieblochweiten werden optimale Ergebnisse hinsichtlich der Haftzugfestigkeit in der Vorsatzbetonschicht und/oder in der Kernbetonschicht erreicht. Ferner kann dadurch die Vorsatzmischung auch so eingestellt werden, dass sich die dekorativen Eigenschaften des Betonelements nicht oder nur sehr wenig ändern.

Als Vorsatzfüller kommen unterschiedliche Stoffe in Frage. Vorzugsweise ist der Vorsatzfüller ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus, Gesteinsmehle, vorzugsweise klassifizierte Gesteinsmehle, Kalksteinmehle, vorzugsweise klassifizierte Kalksteinmehle, und Mischungen davon.

Das vorstehend für den Vorsatzfüller Gesagte gilt für den Kernfüller entsprechend.

Mit den vorstehend genannten Füllern lassen sich dekorative Betonelemente mit breitem Verwendungsspektrum wirtschaftlich herstellen, deren dekorative Eigenschaften nicht oder nur langsam verblassen.

Latenthydraulisches Vorsatzbindemittel und/oder puzzolanisches Vorsatzbindemittel können in unterschiedlichen Mengen in der Vorsatzmischung enthalten sein. Vorzugsweise enthält die Vorsatzmischung 15 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bevorzugt 20 Gew.-% bis 30 Gew.-%, weiter bevorzugt 20 Gew.-% bis 24 Gew.-% oder 26 Gew.-% bis 29 Gew.-%, besonders bevorzugt 22 Gew.-% bis 24 Gew.-%, an latenthydraulischem Vorsatzbindemittel und/oder puzzolanischem Vorsatzbindemittel, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung.

Entsprechend kann die Vorsatzmischung auch nur 15 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bevorzugt 20 Gew.-% bis 30 Gew.-%, weiter bevorzugt 20 Gew.-% bis 24 Gew.-% oder 26 Gew.-% bis 29 Gew.-%, besonders bevorzugt 22 Gew.-% bis 24 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung, latentlydraulisches Vorsatzbindemittel und kein puzzolanisches Vorsatzbindemittel enthalten. Die Vorsatzmischung kann auch nur 15 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bevorzugt 20 Gew.-% bis 30 Gew.-%, weiter bevorzugt 20 Gew.-% bis 24 Gew.-% oder 26 Gew.-% bis 29 Gew.-%, besonders bevorzugt 22 Gew.-% bis 24 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung, puzzolanisches Vorsatzbindemittel und kein latentlydraulisches Vorsatzbindemittel enthalten.

Latentlydraulisches Kernbindemittel und/oder puzzolanisches Kernbindemittel können in unterschiedlichen Mengen in der Kernmischung enthalten sein. Vorzugsweise enthält die Kernmischung 10 Gew.-% bis 50 Gew.-%, bevorzugt 10 Gew.-% bis 40 Gew.-%, an latentlydraulischem Kernbindemittel und/oder puzzolanischem Kernbindemittel, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.

Entsprechend kann die Kernmischung auch nur 10 Gew.-% bis 50 Gew.-%, bevorzugt 10 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung, latentlydraulisches Kernbindemittel und kein puzzolanisches Kernbindemittel enthalten. Die Kernmischung kann auch nur 10 Gew.-% bis 50 Gew.-%, bevorzugt 10 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung, puzzolanisches Kernbindemittel und kein latentlydraulisches Kernbindemittel enthalten.

Es hat sich herausgestellt, dass die resultierenden Betonelemente bei Verwendung von weniger als 10 Gew.-% an latentlydraulischem Bindemittel und/oder puzzolanischem Bindemittel keine ausreichende Festigkeit in der Vorsatz- bzw. Kernbetonschicht aufweisen. Der Einsatz von mehr als 50 Gew.-% an latentlydraulischem Bindemittel und/oder puzzolanischem Bindemittel ist hingegen unwirtschaftlich.

Als latentlydraulisches Vorsatzbindemittel kommen unterschiedliche Stoffe in Frage. Vorzugsweise beträgt im latentlydraulischen Vorsatzbindemittel das Molverhältnis von  $(\text{CaO} + \text{MgO}):\text{SiO}_2$  von 0,8 bis 2,5, bevorzugt von 1,0 bis 2,0. Latentlydraulische  
5 Vorsatzbindemittel mit einem Molverhältnis von  $(\text{CaO} + \text{MgO}):\text{SiO}_2$  im vorgenannten Bereich härten gut aus.

Vorteilhafterweise ist das latentlydraulische Vorsatzbindemittel ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Schlacke, Hochofenschlacke, vorzugsweise Hüttensand,  
10 insbesondere gemahlener Hüttensand, elektrothermische Phosphorschlacke, Stahlschlacke und Mischungen davon. Weiter bevorzugt ist das latentlydraulische Vorsatzbindemittel Hüttensand, insbesondere gemahlener Hüttensand.

Schlacke kann entweder industrielle Schlacke, also Abfallprodukte von industriellen  
15 Verfahren, oder synthetisch hergestellte Schlacke sein. Letztere ist bevorzugt, da industrielle Schlacke nicht immer in konstanter Menge und Güte vorhanden ist. Hochofenschlacke, insbesondere Hüttensand, ist ein Beispiel für Schlacke.

Gemahlener Hüttensand variiert hinsichtlich der Feinheit und der  
20 Partikelgrößenverteilung abhängig von seinem Ursprung und der Behandlungsart. Die Feinheit hat dabei einen Einfluss auf die Reaktivität. Als Maß für die Feinheit kann insbesondere der Blaine Wert verwendet werden. Vorzugsweise weist der gemahlene Hüttensand einen Blaine Wert von 200 bis 1000  $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ , weiter bevorzugt von 450 bis 650  $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ , auf.

25

Elektrothermische Phosphorschlacke ist ein Abfallprodukt der elektrothermischen Phosphorherstellung. Elektrothermische Phosphorschlacke ist weniger reaktiv als Hochofenschlacke und enthält etwa von 45 bis 50 Gew.-% CaO, etwa von 0,5 bis 3 Gew.-% MgO, etwa von 38 bis 43 Gew.-%  $\text{SiO}_2$ , etwa von 2 bis 5 Gew.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  
30 etwa von 0,2 bis 3 Gew.-%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sowie Fluoride und Phosphate.

Stahlschlacke ist ein Abfallprodukt der Stahlherstellung und kann in seiner Zusammensetzung erheblich variieren.

5 Besonders bevorzugt beträgt im latentlydraulischen Bindemittel das Molverhältnis von  $(\text{CaO} + \text{MgO}):\text{SiO}_2$  von 0,8 bis 2,5 und das latentlydraulische Bindemittel ist aus den vorgenannten Stoffen ausgewählt.

Das vorstehend für das latentlydraulische Vorsatzbindemittel Gesagte gilt für das latentlydraulische Kernbindemittel entsprechend.

10

Als puzzolanisches Vorsatzbindemittel kommen unterschiedliche Stoffe in Frage. Vorzugsweise ist das puzzolanische Vorsatzbindemittel ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus amorphem Siliciumdioxid, gefälltem Siliciumdioxid, pyrogenem Siliciumdioxid, Mikrosilica, Glasmehl, Flugasche wie Braunkohlenflugasche oder  
15 Steinkohlenflugasche, Metakaolin, natürliche Puzzolane wie Tuff, Trass oder Vulkanasche, natürliche und synthetische Zeolithe und Mischungen davon. Besonders bevorzugt ist das puzzolanische Vorsatzbindemittel amorphes Siliciumdioxid.

Das amorphe Siliciumdioxid zeigt vorzugsweise keine Kristallinität in einem  
20 Pulverdiffraktogramm. Vorzugsweise wird Glasmehl auch als amorphes Siliciumdioxid angesehen. Vorteilhafterweise weist das amorphe Siliciumdioxid einen  $\text{SiO}_2$  Gehalt von mindestens 80 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 90 Gew.-%, auf. Gefälltes Siliciumdioxid wird industriell vorzugsweise durch Fällen von Wasserglass erhalten. Je nach Herstellungsart kann gefälltes Siliciumdioxid auch als Silicagel  
25 bezeichnet werden. Pyrogenes Siliciumdioxid wird durch Reaktion von Chlorsilanen wie Siliciumtetrachlorid in einer Knallgasflamme hergestellt. Pyrogenes Siliciumdioxid ist amorphes  $\text{SiO}_2$  Pulver mit einem Partikeldurchmesser von 5 bis 50 nm und einer spezifischen Oberfläche von 50 bis 600  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ .

Microsilica ist ein Nebenprodukt der Silicium- oder der Ferrosiliciumherstellung und enthält große Anteile an amorphem  $\text{SiO}_2$  Pulver. Die Partikel haben Durchmesser von etwa  $0,1 \mu\text{m}$ . Die spezifische Oberfläche ist im Bereich von  $15$  bis  $30 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ .

- 5 Flugaschen werden beispielsweise bei der Verbrennung in Kohlekraftwerken gebildet. Flugaschen der Klasse F enthalten nach WO 2008/012438 A2 weniger als 8 Gew.-%, vorzugsweise weniger als 5 Gew.-%, CaO.

- 10 Metakaolin wird durch Dehydratisierung von Kaolin gebildet. Während Kaolin im Temperaturbereich von  $100$  bis  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  physikalisch gebundenes Wasser abgibt, finden der Zusammenbruch der Gitterstruktur und die Bildung von Metakaolin ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ ) in einem Bereich von  $500$  bis  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  statt. Reines Metakaolin enthält vorzugsweise entsprechend etwa 54 Gew.-%  $\text{SiO}_2$  und etwa 46 Gew.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

- 15 Das vorstehend für das puzzolanische Vorsatzbindemittel Gesagte gilt für das puzzolanische Kernbindemittel entsprechend.

- Es wurde gefunden, dass mit den vorgenannten latenthdraulischen und puzzolanischen Vorsatzbindemitteln und Kernbindemitteln Betonelemente hergestellt  
20 werden können, deren dekorative Eigenschaften nicht oder nur sehr langsam verblässen und die eine gute Verbund-Haftzugfestigkeit bei einer guten  $\text{CO}_2$ -Bilanz aufweisen.

- Als alkalische Vorsatzhärtungsmittel kommen unterschiedliche Substanzen in Frage.  
25 Vorzugsweise ist das alkalische Vorsatzhärtungsmittel ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Alkalimetalloxide, Alkalimetallhydroxide, Alkalimetallcarbonate, Alkalimetallsilikate, Alkalimetallaluminat und Mischungen davon, bevorzugt bestehend aus Alkalimetallhydroxide, Alkalimetallsilikate und Mischungen davon.

- 30 Beispiele für Alkalimetalloxide sind  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{O}$  und Mischungen davon. Beispiele für Alkalimetallhydroxide sind  $\text{LiOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  und Mischungen

davon. Beispiele für Alkalimetallcarbonate sind  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  und Mischungen davon. Aufgrund seiner Ähnlichkeit zu den Alkalimetallionen wird das Ammoniumion ebenfalls aufgeführt.

- 5 Zweckmäßigerweise sind Alkalimetallsilikate ausgewählt aus Verbindungen mit der empirischen Formel  $m \text{SiO}_2 \cdot n \text{M}_2\text{O}$ , wobei M Li, Na, K oder  $\text{NH}_4$  oder eine Mischung davon, bevorzugt Na oder K, ist. Das molare Verhältnis von m:n beträgt von 0,5 bis 3,6, vorzugsweise von 0,6 bis 3,0, besonders bevorzugt von 0,7 bis 2,0. Als besonders zweckmäßiges Alkalimetallsilikat hat sich Wasserglas, insbesondere flüssiges
- 10 Wasserglas, weiter bevorzugt flüssiges Natrium- und/oder Kaliumwasserglas herausgestellt. Kieselsäure, insbesondere wässrige Kieselsäure, ist ein weiteres zweckmäßiges Alkalimetallsilikat.

- Die vorgenannten alkalischen Vorsatzhärtungsmittel werden vorzugsweise als
- 15 wässrige Lösung eingesetzt. Dies erleichtert die Dosierbarkeit.

- Mit den vorgenannten alkalischen Vorsatzhärtungsmitteln lässt sich das Aushärten der Vorsatzbetonschicht gut einstellen. Ferner zeigen diese alkalischen Vorsatzhärtungsmittel eine gute Kompatibilität mit den übrigen Komponenten in der
- 20 Vorsatzmischung.

- Das alkalische Vorsatzhärtungsmittel kann in unterschiedlichen Mengen in der Mischung enthalten sein. Vorzugsweise enthält die Vorsatzmischung 1 Gew.-% bis 15 Gew.-%, bevorzugt 1 Gew.-% bis 10 Gew.-%, weiter bevorzugt 3 Gew.-% bis 5 Gew.-%,
- 25 noch bevorzugter 3,15 Gew.-% bis 4,85 Gew.-%, noch bevorzugter 3,25 Gew.-% bis 3,65 Gew.-% oder 4,0 Gew.-% bis 4,75 Gew.-%, besonders bevorzugt 4,25 Gew.-% bis 4,75 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 4,25 Gew.-% bis 4,45 Gew.-%, des alkalischen Vorsatzhärtungsmittel, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung. Gute Ergebnisse stellen sich auch ein, wenn die Vorsatzmischung 3,25 Gew.-% bis 3,65
- 30 Gew.-% des alkalischen Vorsatzhärtungsmittels enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung. Es wurde herausgefunden, dass die

Vorsatzbetonschicht bei Einsatz von weniger als 1 Gew.-% des alkalischen Härtungsmittels zu langsam aushärtet. Bei Einsatz von mehr als 15 Gew.-% an alkalischem Härtungsmittel kann die Aushärtung zu schnell einsetzen, so dass die resultierende Vorsatzbetonschicht, nicht mehr gut verdichtet werden kann.

5

Als alkalisches Kernhärtungsmittel kommen unterschiedliche Substanzen in Frage. Vorzugsweise umfasst das alkalische Kernhärtungsmittel mindestens eine organische und/oder mindestens eine anorganische Base.

10 Beispiele für anorganische Basen sind die vorstehend genannten alkalischen Vorsatzhärtungsmittel. Beispiele für organische Basen sind insbesondere Aminbasen wie Ammoniak und Mono-, Di- und Trialkylamine, beispielsweise Triethylamin.

15 Mit den vorgenannten alkalischen Kernhärtungsmitteln lässt sich das Aushärten der Kernbetonschicht gut einstellen.

Das alkalische Kernhärtungsmittel kann in unterschiedlichen Mengen in der Mischung enthalten sein. Vorzugsweise enthält die Kernmischung 0,1 Gew.-% bis 15 Gew.-%, bevorzugt 0,5 Gew.-% bis 10 Gew.-%, des alkalischen Kernhärtungsmittels, bezogen  
20 auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.

Erfindungsgemäß enthält die Vorsatzmischung Wasser. Vorzugsweise enthält die Vorsatzmischung 1 Gew.-% bis 20 Gew.-%, bevorzugt 3 Gew.-% bis 15 Gew.-%, weiter bevorzugt 3 Gew.-% bis 7 Gew.-%, noch bevorzugter 3,5 Gew.-% bis 6,5 Gew.-%, noch  
25 bevorzugter 4,0 Gew.-% bis 6,2 Gew.-%, noch weiter bevorzugt 4,2 Gew.-% bis 4,9 Gew.-%, besonders bevorzugt 4,2 Gew.-% bis 4,8 Gew.-%, Wasser, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung. Gute Ergebnisse stellen sich auch ein, wenn die Vorsatzmischung 5,2 Gew.-% bis 6,2 Gew.-% Wasser enthält, bezogen auf das  
Gesamtgewicht der Vorsatzmischung.

30

Vorzugsweise enthält die Kernmischung 1 Gew.-% bis 20 Gew.-%, bevorzugt 3 Gew.-% bis 15 Gew.-%, weiter bevorzugt 3 Gew.-% bis 10 Gew.-%, Wasser, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.

- 5 Neben den vorstehend beschriebenen Komponenten kann die Vorsatzmischung auch noch weitere Bestandteile enthalten. Beispielsweise kann die Vorsatzmischung auch einen oder mehrere Zuschlagstoffe wie Kies, Splitt, Sand, Perlit, Kieselguhr oder Vermiculit enthalten. Ferner kann die Vorsatzmischung Zement und/oder einen oder mehrere Zuschlagstoffe wie Kies, Splitt, Sand, Perlit, Kieselguhr oder Vermiculit,
- 10 und/oder ein oder mehrere Additive ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Weichmacher, Antischaummittel, Wasserrückhaltemittel, Dispergiermittel, Pigment, Fasern, redispergierbare Pulver, Netzmittel, Imprägniermittel, Komplexbildner und Rheologieadditive, enthalten.
- 15 Die Vorsatzmischung kann insbesondere bis zu 5 Gew.-% oder bis zu 10 Gew.-% Zement enthalten. Alternativ kann die Vorsatzmischung insbesondere frei von Zement sein. Ist die Vorsatzmischung frei von Zement, können insbesondere Betonelemente hergestellt werden, die eine vorteilhafte Kohlenstoffdioxid-Bilanz aufweisen.
- 20 Vorteilhafterweise enthält die Vorsatzmischung Erhärtungsregler. Als Erhärtungsregler kommen insbesondere Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger in Frage.
- Ebenso kann die Kernmischung insbesondere einen oder mehrere Zuschlagstoffe wie
- 25 Kies, Splitt, Sand, Perlit, Kieselguhr oder Vermiculit enthalten. Ferner kann die Kernmischung Zement und/oder einen oder mehrere Zuschlagstoffe wie Kies, Splitt, Sand, Perlit, Kieselguhr oder Vermiculit, und/oder ein oder mehrere Additive ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Weichmacher, Antischaummittel, Wasserrückhaltemittel, Dispergiermittel, Pigment, Fasern, redispergierbare Pulver,
- 30 Netzmittel, Imprägniermittel, Komplexbildner und Rheologieadditive, enthalten.

Darüber hinaus kann die Kernbetonschicht auch andere Zuschlagstoffe aufweisen. Vorzugsweise enthält die Kernbetonschicht 1 Gew.-% oder mehr, bevorzugt 5 Gew.-% oder mehr, weiter bevorzugt 15 Gew.-% oder mehr, besonders bevorzugt 17,5 Gew.-% oder mehr, Opal, Flint, Chalcedon und/oder Grauwacke. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Kernbetonschicht 5 Gew.-% bis 30 Gew.-%, insbesondere 5 Gew.-% bis 20 Gew.-% Opal, Flint, Chalcedon und/oder Grauwacke. Es hat sich gezeigt, dass sich durch den Einsatz dieser Zuschläge in diesen Mengen die Betonelemente wirtschaftlich herstellen lassen, aber die Alkali-Kieselsäure-Reaktion dennoch nicht stark ausgeprägt ist.

10

Gemäß einer Ausführungsform weist die Kernbetonschicht einen freien Alkaligehalt von 1500 g/m<sup>3</sup> und mehr auf.

15

Die Kernmischung kann insbesondere bis zu 5 Gew.-% oder bis zu 10 Gew.-% Zement enthalten. Alternativ kann die Kernmischung insbesondere frei von Zement sein. Ist die Kernmischung frei von Zement, können insbesondere Betonelemente hergestellt werden, die eine vorteilhafte Kohlenstoffdioxid-Bilanz aufweisen.

20

Vorteilhafterweise enthält die Kernmischung Erhärterregler. Als Erhärterregler kommen insbesondere Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger in Frage.

25

Mit den vorgenannten Additiven können die Eigenschaften der Vorsatzmischung und/oder der Kernmischung gut gesteuert werden. Insbesondere kann mit den vorgenannten Additiven auch das Erhärterverhalten gut gesteuert werden.

30

Die Vorsatzmischung enthält vorzugsweise 0,1 Gew.-% bis 2 Gew.-%, weiter bevorzugt 0,4 Gew.-% bis 1,5 Gew.-% an Additiven, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung. Zweckmäßigerweise enthält die Vorsatzmischung 0,025 Gew.-% bis 0,097 Gew.-% oder 1,5 Gew.-% bis 2 Gew.-% Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger.

Die Kernmischung enthält vorzugsweise 0,1 Gew.-% bis 1 Gew.-%, weiter bevorzugt 0,3 Gew.-% bis 0,9 Gew.-% an Additiven, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung. Zweckmäßigerweise enthält die Kernmischung 0,0225 Gew.-% bis 0,0975 Gew.-% oder 1,0 Gew.-% bis 1,9 Gew.-% Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger.

Das Betonelement weist vorzugsweise eine Verdichtungsklasse gemäß der Norm DIN 1045-2 C0 oder C01 auf. Vorzugsweise ist das Betonelement ein Betonstein, eine Betonplatte, ein Betonmauerelement oder eine Betonstufe.

10

Ferner weist das Betonelement vorzugsweise eine Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3, insbesondere DIN EN 12390-3:2019-10, gemessen nach 28 Tagen, von weniger als 110 N/mm<sup>2</sup>, bevorzugt weniger als 100 N/mm<sup>2</sup>, weiter bevorzugt weniger als 85 N/mm<sup>2</sup>, besonders bevorzugt weniger als 82,5 N/mm<sup>2</sup>, auf.

15

Ferner weist die Kernbetonschicht des Betonelements vorzugsweise 28 Tage nach der Herstellung eine Haftzugfestigkeit, gemessen nach DAfSt Richtlinie „Schutz und Instandsetzungen von Betonbauteilen“, Teil 4, Abschnitt 5.5.11, 2001, von 1,0 MPa oder mehr, bevorzugt von 1,3 MPa oder mehr, weiter bevorzugt von 1,5 MPa oder mehr, besonders bevorzugt von 2,0 MPa oder mehr, auf.

20

Das erfindungsgemäße Betonelement zeichnet sich durch eine gute Verbund-Haftzugfestigkeit aus. Vorzugsweise weist das Betonelement 28 Tage nach der Herstellung eine Verbund-Haftzugfestigkeit, gemessen nach DAfSt Richtlinie „Schutz und Instandsetzungen von Betonbauteilen“, Teil 4, Abschnitt 5.5.11, 2001, von 0,75 MPa oder mehr, bevorzugt von 1,0 MPa oder mehr, weiter bevorzugt von 1,15 MPa oder mehr, noch weiter bevorzugt von 1,3 MPa, besonders bevorzugt 1,5 MPa oder mehr, auf.

25

Die Haftzugfestigkeiten können sich insbesondere innerhalb der ersten drei bis vier Monate nach Herstellung der Betonelement ändern, insbesondere können sie sich während dieser Zeit erhöhen.

- 5 Die Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Herstellung erfindungsgemäßer Betonelemente bereit, umfassend die Schritte:
- a. Herstellen einer Vorsatzzusammensetzung enthaltend als Bestandteile
    - i. körniges Vorsatzmaterial,
    - ii. optional Pigment,
    - 10 iii. optional Füller,
    - iv. Wasser,
    - v. latenthydraulisches Vorsatzbindemittel und/oder  
puzzolanisches Vorsatzbindemittel, und
    - vi. alkalisches Vorsatzhärtungsmittel,
  - 15 b. Mischen der Vorsatzzusammensetzung um eine Vorsatzmischung zu erhalten,
  - c. Herstellen einer Kernzusammensetzung enthaltend als Bestandteile
    - i. körniges Kernmaterial,
    - ii. Wasser,
    - 20 iii. latenthydraulisches Kernbindemittel und/oder puzzolanisches  
Kernbindemittel, und
    - iv. alkalisches Kernhärtungsmittel,
  - d. Mischen der Kernzusammensetzung um eine Kernmischung zu erhalten,
  - e. Einfüllen der Kernmischung und der Vorsatzmischung in mindestens  
25 eine Form,
  - f. Verdichten der Kernmischung und der Vorsatzmischung in der Form,  
um mindestens ein Grünbetonelement zu erhalten.

Vorzugsweise werden die Kernmischung und die Vorsatzmischung in mindestens  
30 einer Form verdichtet. Das Verdichten kann mittels Stempeln, Pressen und/oder  
Vibration erfolgen.

Beim Stempeln wird der Beton in der Form vorzugsweise für einen Zeitraum von 1 bis 20 Sekunden, bevorzugt 2,5 bis 4,5 Sekunden, durch Vibration verdichtet. Beim Stempeln kann der Beton in der Form mit einem Druck von 1,0 MPa oder weniger  
5 verdichtet werden.

Beim Pressen wird der Beton in der Form vorzugsweise mit einem Druck von 125 MPa oder mehr, weiter bevorzugt 125 MPa bis 250 MPa, verdichtet. Beim Pressen wird der Beton in der Form vorzugsweise für einen Zeitraum von 5 bis 20 Sekunden, weiter  
10 bevorzugt 5 bis 10 Sekunden, im Wesentlichen ohne Vibration verdichtet.  
Vorzugsweise werden die Verfahrensschritte in der oben angegebenen Reihenfolge durchgeführt.

Gemäß einer Ausführungsform wird in Schritt e. zunächst die Vorsatzmischung in die Form eingefüllt und anschließend die Kernmischung auf die Vorsatzmischung in der Form eingefüllt und danach die Vorsatzmischung in Kontakt mit der Kernmischung in der Form verdichtet.  
15

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird in Schritt e. zunächst die Kernmischung in die Form eingefüllt und anschließend die Vorsatzmischung auf die Kernmischung in der Form eingefüllt und danach die Kernmischung in Kontakt mit der  
20 Vorsatzmischung in der Form verdichtet.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform wird in Schritt e. die Kernmischung nicht in eine Form eingefüllt, sondern in einen Strang gepresst und gemeinsam oder  
25 anschließend die Vorsatzmischung in den Strang gepresst und danach in Schritt f. die Kernmischung in Kontakt mit der Vorsatzmischung im Strang verdichtet. Aus dem Strang werden durch Zuschneiden und Ablegen auf Formtafeln die Betonelemente erhalten.

30

Ferner werden die Bestandteile der Vorsatzzusammensetzung vorteilhafterweise in der angegebenen Reihenfolge dosiert. Zweckmäßigerweise werden die Bestandteile der Kernzusammensetzung in der angegebenen Reihenfolge dosiert. Es wurde gefunden, dass bei Zugabe der Bestandteile in der oben angegebenen Reihenfolge eine gute Verarbeitbarkeit der Vorsatzzusammensetzung und/oder der Kernzusammensetzung erreicht wird. Es hat sich zudem als zweckmäßig herausgestellt, wenn die Bestandteile der Vorsatzzusammensetzung beim Dosieren schon vermischt werden. Das Gleiche gilt für die Kernzusammensetzung.

5

10

Für das körnige Vorsatzmaterial, das körnige Kernmaterial, den Vorsatzfüller, den Kernfüller, das Wasser, das latenthdraulische Vorsatzbindemittel und/oder das puzzolanische Vorsatzbindemittel, das latenthdraulische Kernbindemittel und/oder das puzzolanische Kernbindemittel, das alkalische Vorsatzhärtungsmittel und das alkalische Kernhärtungsmittel gilt das voranstehend für das erfindungsgemäße Betonelement Gesagte entsprechend, insbesondere auch im Hinblick auf die eingesetzten Mengen der Bestandteile.

15

Ferner können die Vorsatzzusammensetzung und/oder die Kernzusammensetzung auch die voranstehend aufgeführten weiteren Bestandteile wie Zement, Zuschlagstoffe, Additive, Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger enthalten. Vorteilhafterweise werden Zuschlagstoffe, Additive Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger mit dem Wasser oder dem optionalen Pigment, vorzugsweise mit dem Wasser, zudosiert.

20

25

Im erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, die Oberfläche der Betonelemente zu gestalten. Gemäß einer Ausführungsform wird vor dem Verdichten auf die Vorsatzmischung in der mindestens einen Form eine Portion eines gekörnten Materials enthaltend (a) eine Einstreukomponente mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,1 bis 5 mm in einer Menge von 65 bis 95 Gew.-%, bevorzugt 75 bis 85 Gew.-%, und (b) Bindemittel in einer Menge von 5 bis 35 Gew.-%, bevorzugt

30

15 bis 25 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtzusammensetzung des gekörnten Materials, aufgebracht.

Durch Verwendung der Einstreukomponente und des Bindemittels in diesen  
5 Konzentrationsbereichen kann eine gute Verankerung des gekörnten Materials auf der Oberfläche des Betonelements erreicht werden.

Unter dem mittleren Korndurchmesser versteht der Fachmann denjenigen  
Durchmesser, bei dem es gleich viele Körner mit größerem und mit kleinerem  
10 Durchmesser gibt. Der mittlere Korndurchmesser kann beispielsweise durch Sieben bestimmt werden.

Um gemäß dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ästhetisch  
besonders ansprechende Betonelemente herzustellen, hat es sich als vorteilhaft  
15 erwiesen, wenn die Vorsatzbetonschicht eine optische Eigenschaft wie Farbe oder Glanzgrad aufweist und das gekörnte Material eine von dieser abweichende optische Eigenschaft aufweist. Dadurch besteht beispielsweise die Möglichkeit, geflammte, geäderte oder gesprenkelte Oberflächen zu erzeugen, die der natürlichen Struktur von  
Natursteinen ähnlich sehen.

20

Das gekörnte Material wird gemäß dieser Ausführungsform vorzugsweise mittels  
einer Aufbringvorrichtung auf die Mischung aufgebracht. Die Aufbringvorrichtung  
kann zumindest eine Rieselvorrichtung, eine Schleuderscheibe, ein Schaufelrad, einen  
Wurfarm und/oder ein Katapult aufweisen, denen mindestens eine Portion des  
25 gekörnten Materials zugeführt wird. Diese können sich über die Form oder neben der Form bewegen und es können ihnen auch unterschiedliche Portionen mit unterschiedlichem Zeitabstand zugeführt werden. Auf diese Weise kann das gekörnte Material gleichmäßig auf die Mischung aufgebracht werden. Weiterhin hat sich  
herausgestellt, dass das erfindungsgemäße Verfahren auf diese Art besonders  
30 wirtschaftlich durchgeführt werden kann.

Vorteilhafterweise weist die Aufbringvorrichtung zumindest einen gekörntes Material enthaltenden Dosierbehälter mit einer Dosierleiste auf, wobei der Dosierbehälter mit gleichmäßiger oder ungleichmäßiger Geschwindigkeit über die Form geführt wird.

- 5 Dabei werden auf die Dosierleiste vorzugsweise Vibrationen oder Rüttelstöße ausgeübt, die gleichmäßig und/oder ungleichmäßig und/oder intermittierend ausgeführt werden.

- 10 Bevorzugt können der Dosierleiste entlang ihrer Erstreckung unterschiedliche Veredelungsmaterialien und/oder unterschiedliche Portionen Veredelungsmaterial zugeführt werden.

- 15 Weiterhin hat es sich auch als vorteilhaft erwiesen, wenn der Dosierbehälter an der Vorderkante des Dosierwagens für den Beton, vorzugsweise den Vorsatzbeton, angebracht wird.

- Mögliche Ausgestaltungen einer Aufbringvorrichtung mit zumindest einem Dosierbehälter mit einer Dosierleiste sind beispielsweise in EP 2 910 354 A1 beschrieben. Ein Beispiel für eine Aufbringvorrichtung mit zumindest einem  
20 Dosierbehälter mit einer Dosierleiste ist ein Füllwagen mit mindestens einer Kammer. In dieser Kammer kann das gekörnte Material enthalten sein. Der Füllwagen kann auch zwei oder mehr durch eine Trennwand separierte Kammern aufweisen. Dann ist vorteilhafterweise in einer ersten Kammer des Füllwagens die erfindungsgemäße Mischung enthalten. In einer zweiten Kammer ist vorzugsweise das gekörnte Material  
25 enthalten. Weitere Kammern können weitere gekörnte Materialien mit anderen Eigenschaften, beispielsweise einer anderen Farbe, enthalten. Der Füllwagen kann entlang einer Führungsschiene über eine Form bewegt werden.

- 30 Die Kammer mit dem gekörnten Material kann ein Aufbringelement aufweisen. Das Aufbringelement kann aus der Kammer herausgenommen werden. Die Kammer kann ein oder mehrere Aufbringelemente aufweisen.

Das Aufbringelement weist vorzugsweise eine perforierte Dosierplatte mit mindestens einem, vorzugsweise mehreren Löchern und ein Dosierelement auf. Die Löcher können einheitlich oder in einem Muster in der Dosierplatte angeordnet sein.  
5 Die Löcher können den gleichen oder unterschiedliche Durchmesser aufweisen. Die Dosierplatte kann flach oder gebogen sein. Die Dosierplatte kann auch zylinderförmig ausgestaltet sein. Die Dosierplatte kann insbesondere die Dosierleiste bilden.

Das Dosierelement kann unterschiedlich ausgestaltet sein. Das Dosierelement kann  
10 beispielsweise eine Welle aufweisen, an der Flügel befestigt sind und die um die Längsachse der Welle drehbar ist. Das gekörnte Material befindet sich vorzugsweise in den Zwischenräumen, die durch zwei Flügel der Welle und den zugehörigen Abschnitt der Dosierplatte gebildet werden. Durch Drehen der Welle um ihre  
15 Längsachse drücken die Flügel das gekörnte Material durch die Löcher der Dosierplatte, das dadurch auf die Mischung aufgebracht wird. Ein derartiges Dosierelement wird vorzugsweise in Verbindung mit einer gebogenen Dosierplatte eingesetzt.

Das Dosierelement kann auch kammartig ausgestaltet sein. Dabei liegt vorzugsweise  
20 das kammartige Dosierelement beweglich auf einer flachen Dosierplatte auf. Das gekörnte Material liegt vorzugsweise zwischen den Zinken des Kamms auf der Dosierplatte. Durch Bewegen des Kamms auf der Dosierplatte wird das gekörnte Material durch die Löcher der Dosierplatte gedrückt, das dadurch auf die Mischung aufgebracht wird.

25 Das Dosierelement kann auch eine perforierte Platte sein. Die perforierte Platte liegt vorzugsweise auf einer flachen Dosierplatte auf. Das gekörnte Material liegt vorzugsweise in den Löchern der perforierten Platte auf der Dosierplatte. Durch  
30 Bewegen der perforierten Platte auf der Dosierplatte wird das gekörnte Material durch die Löcher der Dosierplatte gedrückt, das dadurch auf die Mischung aufgebracht wird.

Schließlich kann das Dosierelement auch ein frei bewegliches Element sein, das vorzugsweise im Inneren einer zylinderförmigen Dosierplatte angeordnet ist. Das gekörnte Material ist vorzugsweise ebenfalls im Inneren der zylinderförmigen

5 Dosierplatte angeordnet. Das frei bewegliche Element ist dabei in der Lage, durch sein Eigengewicht das gekörnte Material durch die Löcher der Dosierplatte zu drücken. Durch Bewegen, insbesondere Drehen, der zylinderförmigen Dosierplatte wird das gekörnte Material durch die Löcher der Dosierplatte gedrückt, das dadurch auf die Mischung aufgebracht wird.

10

Das Aufbringelement umfasst vorteilhafterweise ferner weitere Bestandteile wie einen Aktuator mit dem das Dosierelement bewegt werden kann. Der Aktuator kann mit einem Elektromotor verbunden sein, der vorzugsweise durch elektronische Steuermittel kontrolliert werden kann. Das Aufbringelement kann auch eine

15 Aktuatorstange, einen Nockenstößel, der mit einem Nocken in Eingriff steht, und/oder ein Getriebe aufweisen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist die Aufbringvorrichtung zumindest einen Rohrstutzen auf, dem eine oder

20 mehrere Portionen eines gekörnten Materials zugeführt werden und durch den diese auf die Vorsatzbetonschicht, gestreut, geworfen, geschossen und/oder fallen gelassen werden. Eine besonders gute Verteilung auf die Form ergibt sich, wenn das Rohrstutzenende nach Art einer Düse ausgebildet ist.

25 Praktische Versuche haben gezeigt, dass es im erfindungsgemäßen Verfahren zu einer guten Verteilung auch beiträgt, wenn der Auswurf mittels eines vorgespannten, federbelasteten Kolbens erfolgt, dessen Verriegelung zum Werfen plötzlich gelöst wird.

Vorzugsweise kann die Aufbringvorrichtung über die Form und/oder neben der Form  
30 bewegt werden. Sie kann dabei unterschiedliche Bewegungsgeschwindigkeiten aufweisen bzw. erreichen, wobei auch ein ruckartiges Bewegen vorteilhaft sein kann.

Je nach Größe der Form und je nach farblicher Bestückung der Aufbringvorrichtung mit gekörntem Material können auch mehrere und auch unterschiedliche Vorrichtungen für eine Form benutzt werden, damit eine Vergleichmäßigung des Aufbringens oder ein spezielles charakteristisches Aufbringbild des gekörnten Materials erreicht wird.

Vorzugsweise werden bei den Aufbringvorrichtungen Leitbleche benutzt, da derartige Scheibenräder oder Wurfarme und auch Rohrstutzen eine größere Streuung haben können.

Durch die Aufbringvorrichtungen können mehrere Portionen des gekörnten Materials hintereinander ausgeworfen werden, wobei es sich dabei um unterschiedliche gekörnte Materialien, wie zuvor beschrieben, handeln kann.

Vorzugsweise ist das im gekörnten Material enthaltene Bindemittel ein anorganisches Bindemittel wie Zement, hydraulischer Kalk, Gips, Schlacke, Hochofenschlacke, vorzugsweise Hüttensand, insbesondere gemahlener Hüttensand, elektrothermische Phosphorschlacke, Stahlschlacke, amorphes Siliciumdioxid, gefällttes Siliciumdioxid, pyrogenes Siliciumdioxid, Mikrosilica, Glasmehl, Flugasche wie Braunkohlenflugasche oder Steinkohlenflugasche, Metakaolin, natürliche Puzzolane wie Tuff, Trass oder Vulkanasche, natürliche und synthetische Zeolithe oder Wasserglas oder das im gekörnten Material enthaltene Bindemittel ist ein organisches Bindemittel wie Kunststoffdispersionen, Acrylatharze, Alkydharze, Epoxidharze, Polyurethane, SolGel-Harze oder Siliconharzemulsionen. Derartige Bindemittel sind im Zusammenhang mit Betonelementen besonders einfach handzuhaben. Zudem stellen sie keine zusätzlichen Anforderungen an das Verfahren. Weiterhin erlauben derartige Bindemittel eine gute Verankerung des körnigen Materials auf dem Betonelement.

In Abhängigkeit des gewünschten optischen Eindrucks des Betonelements können Einstreukomponenten mit unterschiedlichen mittleren Korndurchmessern verwendet werden. So kann als Einstreukomponente eine Einstreukomponente mit einem

mittleren Korndurchmesser von 0,1 bis 1,8 mm eingesetzt werden. Alternativ kann eine Einstreukomponente mit einem mittleren Korndurchmesser von 1,2 bis 5 mm eingesetzt werden.

- 5 Vorzugsweise wird eine Einstreukomponente mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,1 bis 1,2 mm eingesetzt.

Das gekörnte Material kann auch kleine Gesteinskörner enthalten, so dass verschiedenartige Materialien mit unterschiedlichen Farben, auch Körnungen von  
10 Halbedelsteinen oder Edelsteinen oder Glimmer oder Metallspäne oder Kunststoffpartikel oder Glaspartikel in die Oberflächen- oder Vorsatzbetonschicht eingebracht werden können. Das körnige Material kann auch eine beliebige Gesteinsmischung sein.

- 15 Als besonders praktikabel hat es sich im erfindungsgemäßen Verfahren erwiesen, wenn die Einstreukomponente eine Gesteinsmischung ist oder enthält. Hiermit können Betonelemente hergestellt werden, die dem Erscheinungsbild von Natursteinen sehr nahe kommen.

20 Vorzugsweise enthält im erfindungsgemäßen Verfahren die Einstreukomponente mindestens Material ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Halbedelsteinen, Edelsteinen, Glimmer, Metallspänen, Glas und Kunststoffpartikeln. Eine Verwendung dieser Materialien erlaubt ein sehr wirtschaftliches Verfahren.

- 25 Das gekörnte Material kann im erfindungsgemäßen Verfahren insbesondere eine abgestufte Kornzusammensetzung von max. 2 mm Korndurchmesser aufweisen.

Die Oberflächen und/oder Ränder des mindestens einen Grünbetonelements können im erfindungsgemäßen Verfahren mit Bürsten bearbeitet und dabei strukturiert  
30 und/oder aufgeraut und/oder geglättet und/oder Überstände an den Rändern

abgearbeitet werden. Dadurch kann ein dekorativer optischer Eindruck noch verstärkt werden.

- Vor, vorzugsweise aber nach dem Verdichten kann auf die Oberflächen der
- 5 Betonelemente vor oder auch nach dem Aushärten ein organisches oder anorganisches Mittel, das vorzugsweise farblos ist, aufgebracht werden. Es handelt sich dabei um ein Imprägnieren, Versiegeln oder Beschichten der Betonelemente. Insbesondere kann auf die Oberfläche des mindestens einen Grünbetonelements ein Versiegelungs- und/oder Imprägniermittel aufgebracht werden. Ein derartiges
- 10 Vorgehen fügt den Betonelementen eine weitere Schutzschicht hinzu, die die Haltbarkeit und die Lebensdauer der Betonelemente zusätzlich weiter erhöht. Außerdem kann diese Schicht als Fleckenschutz wirken und zusätzlich Kalkausblühungen verhindern.
- 15 Das Grünbetonelement wird im erfindungsgemäßen Verfahren vorzugsweise ausgehärtet, um ein Betonelement zu erhalten. Vorzugsweise wird das Betonelement nach dem Aushärten durch Schleifen, Strahlen, Bürsten und/oder Strukturieren des Betonelements bearbeitet.
- 20 Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch die Verwendung von latentlydraulischem Bindemittel und/oder puzzolanischem Bindemittel, insbesondere als Bindemittel, zusammen mit alkalischem Härtungsmittel zur Herstellung einer Kernbetonschicht in einem Betonelement umfassend eine Kernbetonschicht und eine damit verbundene Vorsatzbetonschicht.
- 25 Für das Betonelement gilt vorzugsweise das vorstehend zum erfindungsgemäßen Betonelement Gesagte entsprechend.
- Für das latentlydraulische Bindemittel gilt vorzugsweise das vorstehend zum
- 30 latentlydraulischen Kernbindemittel Gesagte entsprechend. Dies gilt auch für die vorstehend angegebenen Mengen.

Für das puzzolanische Bindemittel gilt vorzugsweise das vorstehend zum puzzolanischen Kernbindemittel Gesagte entsprechend. Dies gilt auch für die vorstehend angegebenen Mengen.

5

Für das alkalische Härtungsmittel gilt vorzugsweise das vorstehend zum alkalischen Vorsatzhärtungsmittel und/oder Kernhärtungsmittel Gesagte entsprechend.

10 Gemäß einer Ausführungsform enthält die Kernbetonschicht körniges Kernmaterial, für das das vorstehend Gesagte zum körnigen Kernmaterial entsprechend gilt. Dies gilt auch für die vorstehend angegebenen Mengen.

15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält die Vorsatzbetonschicht körniges Vorsatzmaterial, für das das vorstehend zum körnigen Vorsatzmaterial entsprechend gilt. Dies gilt auch für die vorstehend angegebenen Mengen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält die Vorsatzbetonschicht Vorsatzfüller, für den das vorstehend zum Vorsatzfüller Gesagte entsprechend gilt. Dies gilt auch für die vorstehend angegebenen Mengen.

20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält die Kernbetonschicht Kernfüller, für den das vorstehend zum Kernfüller Gesagte entsprechend gilt. Dies gilt auch für die vorstehend angegebenen Mengen.

25 Gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält die Kernbetonschicht 1 Gew.-% oder mehr, bevorzugt 5 Gew.-% oder mehr, weiter bevorzugt 15 Gew.-% oder mehr, besonders bevorzugt 17,5 Gew.-% oder mehr, Opal, Flint, Chalcedon und/oder Grauwacke.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält die Kernbetonschicht Kernbetonschicht 5 Gew.-% bis 30 Gew.-%, insbesondere 5 Gew.-% bis 20 Gew.-% Opal, Flint, Chalcedon und/oder Grauwacke.

- 5 Vorzugsweise ist das Betonelement der erfindungsgemäßen Verwendung ein erfindungsgemäßes Betonelement.

Zur weiteren Erläuterung werden nachfolgend nicht limitierende Beispiele aufgeführt.

## 10 BEISPIELE

### Materialien

#### Für Geopolymer-Schichten

15

Vorsatzbindemittelmischung: enthaltend vorwiegend latenthdraulisches Bindemittel und puzzolanisches Bindemittel.

20

Kernbindemittelmischung enthaltend vorwiegend latenthdraulisches Bindemittel und puzzolanisches Bindemittel.

25

Körniges Vorsatzmaterial: Gesteinskörnung mit einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 2 mm von 72,5 Gew.-% und einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 0,25 mm von 7,5 Gew.-%.

Körniges Kernmaterial: Gesteinskörnung mit einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 8 mm von 98,8 Gew.-% und einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 0,5 mm von 18,0 Gew.-%.

Vorsatzfüller: Gesteinsmehl mit einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 0,025 mm von 97 Gew.-% und einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 0,015 mm von 63 Gew.-%.

5 Alkalisches Vorsatzhärtungsmittel: 75-%ige Kieselsäure.

Alkalisches Kernhärtungsmittel: 40-%ige wässrige Lösung einer anorganischen Base.

Pigment: Metalloxidpigment.

10

Additiv für die Vorsatzmischung: Abbindeverzögerer/Abbindebeschleuniger.

Gegebenenfalls Zement: Portlandzement CEM I 42,5R

15 Gekörntes Material: enthaltend 80 Gew.-% kleine Gesteinskörner mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,7 mm und 20 Gew.-% anorganisches Bindemittel.

#### Für konventionelle Schichten

20 Kernbindemittelmischung: Portlandzement CEM I 52,5N

Körniges Kernmaterial: Gesteinskörnung mit einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 8 mm von 98,8 Gew.-% und einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 0,5mm von 18,0 Gew.-%.

25

Kernfüller: Gesteinsmehl mit einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 0,025 mm von 97 Gew.-% und einem Siebdurchgang bei einer Sieblochweite von 0,015 mm von 63 Gew.-%.

30

## Methoden

Die Bestimmung der Haftzugfestigkeit erfolgt nach der DAfSt Richtlinie „Schutz und Instandsetzungen von Betonbauteilen“, Teil 4, Abschnitt 5.5.11, 2001. Abweichend  
5 wird eine Bohrtiefe von 30 mm und 5 mm gewählt. Die Haftzugfestigkeit der Kernschicht wurde durch Prüfung der Unterseite ermittelt. Die Vorsatz- oder Verbund-Haftzugfestigkeit ergibt sich durch Begutachtung der Abrisstiefe (Abrissort).

### Beispiel 1

10

In einen Mischbehälter wurden nacheinander 76,0 Gew.-% körniges Kernmaterial, 5,3 Gew.-% Wasser, 17,0 Gew.-% Kernbindemittelmischung und 1,7 Gew.-% alkalisches Kernhärtungsmittel eingefüllt, um eine Kernzusammensetzung zu erhalten, wobei sich die vorstehenden Angaben auf das Gesamtgewicht der Kernzusammensetzung  
15 beziehen. Die Kernzusammensetzung wurde anschließend in dem Mischbehälter vermischt, um eine Kernmischung zu erhalten. Die so erhaltene Kernmischung wurde als Kernbetonschicht in Formen eines Formbretts eingefüllt.

In einen weiteren Mischbehälter wurden nacheinander 66,6 Gew.-% körniges  
20 Vorsatzmaterial, 1,1 Gew.-% Pigment, 6,4 Gew.-% Wasser, 21,6 Gew.-% Vorsatzbindemittelmischung, 4,26 Gew.-% alkalisches Vorsatzhärtungsmittel, und 0,04 Gew.-% Additiv eingefüllt, um eine Vorsatzzusammensetzung zu erhalten, wobei sich die vorstehenden Angaben auf das Gesamtgewicht der Vorsatzzusammensetzung  
25 beziehen. Die Vorsatzzusammensetzung wurde anschließend in dem Mischbehälter vermischt, um eine Vorsatzmischung zu erhalten. Die so erhaltene Vorsatzmischung wurde als Vorsatzbetonschicht in die Formen des obigen Formbretts eingefüllt. Die Vorsatzbetonschicht wies eine Grundfarbe auf. Anschließend wurden die Mischungen in der Form durch Stempeln verdichtet, wodurch ein Grünbetonelement erhalten  
30 wurde. Beim Entformen war kein Auseinanderreißen des Grünbetonelements zu beobachten. Nach dem Entformen und Aushärten wies das Betonelement eine gemessenen Haftzugfestigkeit von mindestens 0,77 MPa (Prüfalter 7d) sowie von

mindestens 1,15 MPa (Prüfalter 28d) auf. Der Abriss erfolgte im Vorsatz. Somit beträgt die Verbund-Haftzugfestigkeit mindestens die gemessenen 0,77 MPa (Prüfalter 7d) und mindestens 1,15 MPa (Prüfalter 28d). Ferner wies das Betonelement eine Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3:2019-10 von 56,9 N/mm<sup>2</sup> (Prüfalter 7d) und 60,8 N/mm<sup>2</sup> (Prüfalter 28d) auf.

5 Darüber hinaus wies das Betonelement eine Haftzugfestigkeit in der Kernschicht von 1,89 MPa auf (Prüfalter 10 d). Nach dem Aushärten wurden so optisch ansprechende Betonelemente erhalten. Die Betonelemente zeigten über einen Zeitraum von 6 Monaten keine erkennbare Verblässung oder anderweite Verschlechterung ihrer  
10 dekorativen Eigenschaften. Ferner ergaben sich über einen Zeitraum von 6 Monaten auch keine Anzeichen für chemische Angriffe auf die Betonelemente, die aus einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion resultieren könnten.

#### Beispiel 2 (Vergleichsbeispiel)

15

In Beispiel 2 wurde als Kern ein konventioneller, d.h. zementbasierter Kern hergestellt. Dafür wurde in einen Mischbehälter 79,6 Gew.-% körniges Kernmaterial, 11,0 Gew.-% Zement, 5,2 Gew.-% Wasser sowie 4,2 Gew.-% Kernfüller eingefüllt und vermischt. Die so erhaltene Kernmischung wurde als Kernbetonschicht in Formen  
20 eines Formbretts eingefüllt.

Auf die Kernmischung in den Formen des Formbretts wurde anschließend die Vorsatzmischung aus Beispiel 1 eingefüllt. Die Vorsatzbetonschicht wies eine Grundfarbe auf. Anschließend wurden die Mischungen in der Form durch Stempeln  
25 verdichtet, wodurch ein Grünbetonelement erhalten wurde. Beim Entformen war kein Auseinanderreißen des Grünbetonelements zu beobachten. Nach dem Entformen und Aushärten wies das Betonelement eine gemessene-Haftzugfestigkeit von mindestens 0,41 MPa (Prüfalter 7d) sowie von mindestens 0,75 MPa (Prüfalter 28d) auf. Der Abriss erfolgte in der Verbundschicht. Somit ist die gemessenen Haftzugfestigkeit die  
30 Verbund-Haftzugfestigkeit. Ferner wies das Betonelement eine Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3:2019-10 von 61,1 N/mm<sup>2</sup> auf.

### Beispiel 3 (Vergleichsbeispiel)

Es wurde zunächst eine konventionelle Kernmischung wie in Beispiel 2 hergestellt  
5 und in die Formen eines Formbretts eingefüllt.

Anschließend wurde eine Vorsatzmischung wie in Beispiel 1 hergestellt, mit dem  
Unterschied, dass lediglich 15,3 Gew.-% Vorsatzbindemittel eingesetzt wurden und  
zusätzlich 6,3 Gew.-% Zement hinzugefügt wurde. Die so erhaltene  
10 Vorsatzzusammensetzung wurde anschließend in dem Mischbehälter vermischt, um  
eine Vorsatzmischung zu erhalten. Die so erhaltene Vorsatzmischung wurde als  
Vorsatzbetonschicht in die Formen des obigen Formbretts eingefüllt. Die  
Vorsatzbetonschicht wies eine Grundfarbe auf. Anschließend wurden die Mischungen  
in der Form durch Stempeln verdichtet, wodurch ein Grünbetonelement erhalten  
15 wurde. Beim Entformen war kein Auseinanderreißen des Grünbetonelements zu  
beobachten. Nach dem Entformen und Aushärten wies das Betonelement eine  
gemessene Haftzugfestigkeit von mindestens 0,26 MPa (Prüfalter 7d) sowie von  
mindestens 0,28 MPa (Prüfalter 28d) auf. Der Abriss erfolgte in der Verbundschicht.  
Somit ist die gemessene Haftzugfestigkeit die Verbund-Haftzugfestigkeit.

20

### Beispiel 4

Beispiel 4 ist identisch mit Beispiel 1 mit dem Unterschied, dass 74,8 Gew.-% körniges  
Kernmaterial, 5,5 Gew.-% Wasser, 17,9 Gew.-% Kernbindemittelmischung und 1,8  
25 Gew.-% alkalisches Kernhärtungsmittel für die Kernzusammensetzung eingefüllt  
wurden. Auf die daraufhin eingefüllte mit Beispiel 1 identische Vorsatzbetonschicht  
wurden vor dem Stempeln mit Hilfe eines Rohrstutzens, der nach Art einer Düse  
ausgebildet war, beliebige Portionen eines gekörnten Materials gestreut, geworfen,  
geschossen und/oder fallen gelassen. Die Aufbringvorrichtung konnte sich über dem  
30 Formbrett bewegen, so dass alle Vorsatzbetonschichten in den Formen beliebig  
erreicht werden konnten. Oberhalb des Rohrstutzens war ein Trichter angeordnet, in

dem das gekörnte Material eingefüllt war. Durch eine Vorrichtung zum Öffnen und Schließen an der unteren Trichteröffnung konnten beliebige Portionen des gekörnten Materials in den Rohrstutzen geleitet werden. Grundsätzlich können oberhalb der Schleuderscheibe mehrere Trichter angeordnet sein, in denen unterschiedliche

5 gekörnte Materialien enthalten sind, um auf die Oberflächen der Vorsatzbetonschichten verschiedene gekörnte Materialien in verschiedenen Dosierungen zu streuen, zu werfen, zu schießen und/oder fallen zu lassen. Der Rohrstutzen konnte mit unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten, darunter auch ruckartige Bewegungen, bewegt werden. Auch die Höhenlage zum Formbrett

10 konnte beliebig verstellt und variiert werden, auch während des Aufbringens des gekörnten Materials. Beim Entformen war kein Auseinanderreißen des Grünbetonelements zu beobachten. Nach dem Entformen und Aushärten wies das Betonelement eine gemessene Haftzugfestigkeit von mindestens 0,83 MPa (Prüfalter 7d) sowie von mindestens 1,17 MPa (Prüfalter 28d) auf. Der Abriss erfolgte im

15 Vorsatz. Somit beträgt die Verbund-Haftzugfestigkeit mindestens die gemessenen 0,77 MPa (Prüfalter 7d) und 1,15 MPa (Prüfalter 28d). Ferner wies das Betonelement eine Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3:2019-10 von 67,0 N/mm<sup>2</sup> (Prüfalter 7d) und 74,4 N/mm<sup>2</sup> (Prüfalter 28d) auf. Darüber hinaus wies das Betonelement eine Haftzugfestigkeit in der Kernschicht von 2,18 MPa auf (Prüfalter 10 d).

20

Wie aus den Beispielen folgt, ergibt sich für eine Kombination aus Geopolymer-basiertem Kern und Geopolymer-basiertem Vorsatz eine sehr gute Verbund-Haftzugfestigkeit (Beispiele 1 und 4). Gleichzeitig zeigten diese vollständig auf Geopolymeren basierenden Betonelemente sehr gute Beständigkeit gegenüber

25 chemischer Korrosion.

Die Kombinationen aus einem konventionellen Kern mit einer Vorsatzschicht basierend auf Geopolymeren (Beispiel 2) sowie mit einer Hybrid-Vorsatzschicht aus Geopolymeren und Zement (Beispiel 3) zeigten schlechtere Verbund-Haftfestigkeiten.

30

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Betonelement umfassend eine Kernbetonschicht und eine Vorsatzbetonschicht, wobei das Betonelement durch Verdichten und Aushärten einer Kernbetonschichtmischung in Kontakt mit einer Vorsatzbetonschichtmischung erhalten wird,  
5 wobei die Kernbetonschichtmischung ein latentlydraulisches Kernbindemittel und/oder ein puzzolanisches Kernbindemittel, Wasser, ein körniges Kernmaterial und ein alkalisches Kernhärtungsmittel enthält, wobei die Vorsatzbetonschichtmischung ein latentlydraulisches  
10 Vorsatzbindemittel und/oder ein puzzolanisches Vorsatzbindemittel, Wasser, ein körniges Vorsatzmaterial und ein alkalisches Vorsatzhärtungsmittel enthält, wobei das körnige Vorsatzmaterial bei einer Sieblochweite von 2 mm einen Siebdurchgang von 35,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-% und bei einer Sieblochweite von 0,25 mm einen Siebdurchgang von 2,5 Gew.-% bis 33,5 Gew.-% aufweist, jeweils  
15 bezogen auf das Gesamtgewicht des körnigen Vorsatzmaterials, und wobei das Betonelement eine Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3, insbesondere DIN EN 12390-3:2019-10, gemessen nach 28 Tagen, von weniger als 120 N/mm<sup>2</sup> aufweist.
2. Betonelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das körnige  
20 Vorsatzmaterial bei einer Sieblochweite von 2 mm einen Siebdurchgang von 42,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 56,5 Gew.-% bis 98,5 Gew.-%, besonders bevorzugt von 72,5 Gew.-% bis 97,5 Gew.-%, und bei einer Sieblochweite von 0,25 mm einen Siebdurchgang von 2,5 Gew.-% bis 27,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 2,5 Gew.-% bis 22,5 Gew.-%, noch bevorzugter von 2,5  
25 Gew.-% bis 21,5 Gew.-%, besonders bevorzugt 2,5 Gew.-% bis 8 Gew.-% oder 11,5 Gew.-% bis 21,5 Gew.-%, aufweist, und bei einer Sieblochweite von 0,125

- mm einen Siebdurchgang von 0,1 Gew.-% bis 12,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 0,3 Gew.-% bis 10,0 Gew.-%, noch bevorzugter von 0,3 Gew.-% bis 7,5 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,3 Gew.-% bis 5,0 Gew.-%, aufweist, bezogen auf das Gesamtgewicht des körnigen Vorsatzmaterials,
- 5 und/oder dass das körnige Kernmaterial bei einer Sieblochweite von 8 mm einen Siebdurchgang von 42,5 Gew.-% bis 99,5 Gew.-%, bevorzugt von 56,5 Gew.-% bis 98,5 Gew.-%, weiter bevorzugt von 72,5 Gew.-% bis 97,5 Gew.-% und bei einer Sieblochweite von 0,5 mm einen Siebdurchgang von 7,5 Gew.-% bis 39,5 Gew.-%, bevorzugt von 13,5 Gew.-% bis 37,5 Gew.-%, besonders bevorzugt von 25,5 Gew.-% bis 37 Gew.-%, oder von 14,5 Gew.-% bis 24,5 Gew.-% aufweist, jeweils
- 10 bezogen auf das Gesamtgewicht des körnigen Kernmaterials.
3. Betonelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das körnige Vorsatzmaterial eine Körnungsziffer von 1,59 bis 3,62, bevorzugt von 1,61 bis 3,17, besonders bevorzugt von 1,61 bis 2,55 aufweist
- 15 und/oder dass das körnige Kernmaterial eine Körnungsziffer von 1,97 bis 4,61, bevorzugt von 2,27 bis 3,82 aufweist.
4. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsatzmischung 55 Gew.-% bis 80 Gew.-%, bevorzugt 60 Gew.-% bis 75 Gew.-%, weiter bevorzugt 60 Gew.-% bis 72 Gew.-%, besonders bevorzugt 60 Gew.-% bis 65 Gew.-%, insbesondere 60 bis 64 Gew.-%, oder 67 Gew.-% bis 72 Gew.-%, des körnigen Vorsatzmaterials enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung,
- 20 und/oder dass die Kernmischung 60 Gew.-% bis 95 Gew.-%, bevorzugt 65 Gew.-% bis 92,5 Gew.-%, weiter bevorzugt 70 Gew.-% bis 90 Gew.-%, besonders bevorzugt 74 Gew.-% bis 79 Gew.-%, des körnigen Kernmaterials enthält,
- 25 bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.

5. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsatzmischung 1 Gew.-% bis 30 Gew.-%, bevorzugt 1 Gew.-% bis 20 Gew.-%, weiter bevorzugt 5 Gew.-% bis 18 Gew.-%, noch bevorzugter 5 bis 15 Gew.-%, noch bevorzugter 5 Gew.-% bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 6 Gew.-% bis 8 Gew.-%, eines Vorsatzfüllers enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung, und/oder dass die Kernmischung 1 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bevorzugt 10 Gew.-% bis 30 Gew.-%, weiter bevorzugt 12,5 Gew.-% bis 30 Gew.-%, besonders bevorzugt 15 Gew.-% bis 27,5 Gew.-%, eines Kernfüllers enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.
6. Betonelement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorsatzfüller bei einer Sieblochweite von 0,025 mm einen Siebdurchgang von 63 Gew.-% bis 99 Gew.-%, bevorzugt von 68 Gew.-% bis 99 Gew.-%, weiter bevorzugt von 90 Gew.-% bis 99 Gew.-%, besonders bevorzugt von 95 Gew.-% bis 99 Gew.-%, und bei einer Sieblochweite von 0,015 mm einen Siebdurchgang von 38 Gew.-% bis 73 Gew.-%, bevorzugt von 58 Gew.-% bis 67 Gew.-%, besonders bevorzugt von 61 Gew.-% bis 66 Gew.-%, aufweist, bezogen auf das Gesamtgewicht des Vorsatzfüllers, und/oder dass der Kernfüller bei einer Sieblochweite von 0,025 mm einen Siebdurchgang von 63 Gew.-% bis 99 Gew.-%, bevorzugt von 68 Gew.-% bis 99 Gew.-%, weiter bevorzugt von 90 Gew.-% bis 99 Gew.-%, besonders bevorzugt von 95 Gew.-% bis 99 Gew.-%, und bei einer Sieblochweite von 0,015 mm einen Siebdurchgang von 38 Gew.-% bis 73 Gew.-%, bevorzugt von 58 Gew.-% bis 67 Gew.-%, besonders bevorzugt von 61 Gew.-% bis 66 Gew.-%, aufweist, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kernfüllers.
7. Betonelement nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorsatzfüller ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gesteinsmehle, vorzugsweise klassifizierte Gesteinsmehle, Kalksteinmehle, vorzugsweise klassifizierte Kalksteinmehle, und Mischungen davon,

und/oder dass der Kernfüller ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gesteinsmehle, vorzugsweise klassifizierte Gesteinsmehle, Kalksteinmehle, vorzugsweise klassifizierte Kalksteinmehle, und Mischungen davon.

8. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
5 **gekennzeichnet, dass** die Vorsatzmischung 15 Gew.-% bis 40 Gew.-%, bevorzugt 20 Gew.-% bis 30 Gew.-%, weiter bevorzugt 20 Gew.-% bis 24 Gew.-% oder 26 Gew.-% bis 29 Gew.-%, besonders bevorzugt 22 Gew.-% bis 24 Gew.-%, an latentlydraulischem Vorsatzbindemittel und/oder puzzolanischem  
10 Vorsatzbindemittel enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung,  
und/oder dass die Kernmischung 10 Gew.-% bis 50 Gew.-%, bevorzugt 10 Gew.-% bis 40 Gew.-%, an latentlydraulischem Kernbindemittel und/oder  
puzzolanischem Kernbindemittel enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.
- 15 9. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
**gekennzeichnet, dass** das latentlydraulische Vorsatzbindemittel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Schlacke, Hochofenschlacke, vorzugsweise  
Hüttensand, insbesondere gemahlener Hüttensand, elektrothermische  
Phosphorschlacke, Stahlschlacke und Mischungen davon, und/oder dass im  
20 latentlydraulischen Vorsatzbindemittel das Molverhältnis von  $(\text{CaO} + \text{MgO}) : \text{SiO}_2$  von 0,8 bis 2,5, bevorzugt von 1,0 bis 2,0, beträgt,  
und/oder dass das latentlydraulische Kernbindemittel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Schlacke, Hochofenschlacke, vorzugsweise Hüttensand,  
insbesondere gemahlener Hüttensand, elektrothermische Phosphorschlacke,  
25 Stahlschlacke und Mischungen davon, und/oder dass im latentlydraulischen Kernbindemittel das Molverhältnis von  $(\text{CaO} + \text{MgO}) : \text{SiO}_2$  von 0,8 bis 2,5,  
bevorzugt von 1,0 bis 2,0, beträgt.

10. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das puzzolanische Vorsatzbindemittel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus amorphem Siliciumdioxid, gefällttem Siliciumdioxid, pyrogenem Siliciumdioxid, Mikrosilica, Glasmehl, Flugasche wie
- 5 Braunkohlenflugasche oder Steinkohlenflugasche, Metakaolin, natürliche Puzzolane wie Tuff, Trass oder Vulkanasche, natürliche und synthetische Zeolithe und Mischungen davon,
- und/oder dass puzzolanische Kernbindemittel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus amorphem Siliciumdioxid, gefällttem Siliciumdioxid, pyrogenem
- 10 Siliciumdioxid, Mikrosilica, Glasmehl, Flugasche wie Braunkohlenflugasche oder Steinkohlenflugasche, Metakaolin, natürliche Puzzolane wie Tuff, Trass oder Vulkanasche, natürliche und synthetische Zeolithe und Mischungen davon.
11. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das alkalische Vorsatzhärtungsmittel ausgewählt ist aus
- 15 der Gruppe bestehend aus Alkalimetalloxide, Alkalimetallhydroxide, Alkalimetallcarbonate, Alkalimetallsilikate, Alkalimetallaluminat und Mischungen davon, bevorzugt bestehend aus Alkalimetallhydroxide, Alkalimetallsilikate und Mischungen davon,
- und/oder dass das alkalische Kernhärtungsmittel eine organische und/oder eine
- 20 anorganische Base umfasst.
12. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsatzmischung 1 Gew.-% bis 15 Gew.-%, bevorzugt 1 Gew.-% bis 10 Gew.-%, weiter bevorzugt 3 Gew.-% bis 5 Gew.-%, noch bevorzugter 3,15 Gew.-% bis 4,85 Gew.-%, noch bevorzugter 3,25 Gew.-% bis
- 25 3,65 Gew.-% oder 4,0 Gew.-% bis 4,75 Gew.-%, besonders bevorzugt 4,25 Gew.-% bis 4,75 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 4,25 Gew.-% bis 4,45 Gew.-%, des alkalischen Vorsatzhärtungsmittels enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung,
- und/oder dass die Kernmischung 0,1 Gew.-% bis 15 Gew.-%, bevorzugt 0,5 Gew.-%

% bis 10 Gew.-%, des alkalischen Kernhärtungsmittels enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.

13. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsatzmischung 1 Gew.-% bis 20 Gew.-%, bevorzugt 3 Gew.-% bis 15 Gew.-%, weiter bevorzugt 3 Gew.-% bis 7 Gew.-%, noch bevorzugter 3,5 Gew.-% bis 6,5 Gew.-%, noch bevorzugter 4,0 Gew.-% bis 6,2 Gew.-%, noch bevorzugter 4,2 Gew.-% bis 4,9 Gew.-% oder 5,2 Gew.-% bis 6,2 Gew.-%, besonders bevorzugt 4,2 Gew.-% bis 4,8 Gew.-%, Wasser enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Vorsatzmischung, und/oder dass die Kernmischung 1 Gew.-% bis 20 Gew.-%, bevorzugt 3 Gew.-% bis 15 Gew.-%, weiter bevorzugt 3 Gew.-% bis 10 Gew.-%, Wasser enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht der Kernmischung.
14. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsatzmischung Erhärtungsregler, insbesondere Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger, aufweist, und/oder dass die Kernmischung Erhärtungsregler, insbesondere Abbindeverzögerer und/oder Abbindebeschleuniger, aufweist.
15. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsatzmischung Zement, insbesondere bis zu 5 Gew.-% oder bis zu 10 Gew.-% Zement, und/oder einen oder mehrere Zuschlagstoffe wie Kies, Splitt, Sand, Perlit, Kieselguhr oder Vermiculit, und/oder ein oder mehrere Additive ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Weichmacher, Antischaummittel, Wasserrückhaltmittel, Dispergiermittel, Pigment, Fasern, redispergierbare Pulver, Netzmittel, Imprägniermittel, Komplexbildner und Rheologieadditive enthält, und/oder dass die Kernmischung Zement, insbesondere bis zu 5 Gew.-% oder bis zu 10 Gew.-% Zement, und/oder einen oder mehrere Zuschlagstoffe wie Kies, Splitt, Sand, Perlit, Kieselguhr oder Vermiculit, und/oder ein oder mehrere

Additive ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Weichmacher, Antischaummittel, Wasserrückhaltmittel, Dispergiermittel, Pigment, Fasern, redispergierbare Pulver, Netzmittel, Imprägniermittel, Komplexbildner und Rheologieadditive enthält.

- 5 16. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betonelement eine Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3, insbesondere DIN EN 12390-3:2019-10, gemessen nach 28 Tagen, von weniger als 110 N/mm<sup>2</sup>, bevorzugt weniger als 100 N/mm<sup>2</sup>, weiter bevorzugt weniger als 85 N/mm<sup>2</sup>, besonders bevorzugt weniger als 82,5 N/mm<sup>2</sup>, aufweist.
- 10 17. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernbetonschicht des Betonelements 28 Tage nach der Herstellung eine Haftzugfestigkeit, gemessen nach DAfSt Richtlinie „Schutz und Instandsetzungen von Betonbauteilen“, Teil 4, Abschnitt 5.5.11, 2001, von 1,0 MPa oder mehr, bevorzugt von 1,3 MPa oder mehr, weiter bevorzugt von 1,5  
15 MPa oder mehr, besonders bevorzugt von 2,0 MPa oder mehr, aufweist.
18. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betonelement 28 Tage nach der Herstellung eine Verbund-Haftzugfestigkeit, gemessen nach DAfSt Richtlinie „Schutz und Instandsetzungen von Betonbauteilen“, Teil 4, Abschnitt 5.5.11, 2001, von 0,75  
20 MPa oder mehr, bevorzugt von 1,0 MPa oder mehr, weiter bevorzugt von 1,15 MPa oder mehr, noch weiter bevorzugt von 1,3 MPa oder mehr, besonders bevorzugt von 1,5 MPa oder mehr, aufweist.
19. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernbetonschicht 1 Gew.-% oder mehr, bevorzugt 5  
25 Gew.-% oder mehr, weiter bevorzugt 15 Gew.-% oder mehr, besonders bevorzugt 17,5 Gew.-% oder mehr, Opal, Flint, Chalcedon und/oder Grauwacke enthält.

20. Betonelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betonelement ein Betonstein, eine Betonplatte, ein Betonmauerelement oder eine Betonstufe ist.
21. Verfahren zur Herstellung eines Betonelements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20, umfassend die Schritte:
- 5
- a. Herstellen einer Vorsatzzusammensetzung enthaltend als Bestandteile
    - i. körniges Vorsatzmaterial,
    - ii. optional Pigment,
    - iii. optional Füller,
    - 10 iv. Wasser,
    - v. latenthydraulisches Vorsatzbindemittel und/oder puzzolanisches Vorsatzbindemittel, und
    - vi. alkalisches Vorsatzhärtungsmittel,
  - b. Mischen der Vorsatzzusammensetzung um eine Vorsatzmischung zu erhalten,
  - 15 c. Herstellen einer Kernzusammensetzung enthaltend als Bestandteile
    - i. körniges Kernmaterial,
    - ii. Wasser,
    - iii. latenthydraulisches Kernbindemittel und/oder puzzolanisches Kernbindemittel, und
    - 20 iv. alkalisches Kernhärtungsmittel,
  - d. Mischen der Kernzusammensetzung um eine Kernmischung zu erhalten,
  - e. Einfüllen der Kernmischung und der Vorsatzmischung in mindestens eine Form,
  - 25 f. Verdichten der Kernmischung und der Vorsatzmischung in der Form, um mindestens ein Grünbetonelement zu erhalten.

22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestandteile der Vorsatzzusammensetzung in der angegebenen Reihenfolge dosiert werden.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernmischung vor der Vorsatzmischung in die mindestens eine Form gefüllt wird.
- 5
24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernmischung vor dem Einfüllen der Vorsatzmischung verdichtet wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Verdichten auf die Vorsatzmischung in der mindestens einen Form eine Portion eines gekörnten Materials enthaltend (a) eine Einstreukomponente mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,1 bis 5 mm in einer Menge von 65 bis 95 Gew.-% und (b) Bindemittel in einer Menge von 5 bis 35 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtzusammensetzung des gekörnten Materials, aufgebracht wird.
- 10
26. Verfahren nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** das im gekörnten Material enthaltene Bindemittel ein anorganisches Bindemittel wie Zement, hydraulischer Kalk, Gips oder Wasserglas ist oder dass das im gekörnten Material enthaltene Bindemittel ein organisches Bindemittel wie Kunststoffdispersionen, Acrylatharze, Alkydharze, Epoxidharze, Polyurethane, SolGel-Harze oder Siliconharzemulsionen ist, und/oder dass als Einstreukomponente eine
- 15
- 20
27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gekörnte Material durch Streuen oder Werfen aufgebracht wird, und/oder dass das gekörnte Material mittels einer Aufbringvorrichtung auf die Vorsatzmischung
- 25

aufgebracht wird, wobei die Aufbringvorrichtung zumindest einen Rohrstutzen aufweist, dem eine oder mehrere Portionen eines gekörnten Materials zugeführt werden und durch den diese auf die Betonschicht gestreut, geworfen, geschossen und/oder fallen gelassen werden.

- 5 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächen und/oder Ränder des mindestens einen Grünbetonelements mit Bürsten bearbeitet und dabei strukturiert und/oder aufgeraut und/oder geglättet und/oder Überstände an den Rändern abgearbeitet werden.
- 10 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf die Oberfläche des mindestens einen Grünbetonelements ein Versiegelungs- und/oder Imprägniermittel aufgebracht wird.
- 15 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Grünbetonelement ausgehärtet wird, um ein Betonelement zu erhalten, wobei das Betonelement vorzugsweise nach dem Aushärten durch Schleifen, Strahlen, Bürsten und/oder Strukturieren des Betonelements bearbeitet wird.
- 20 31. Verwendung von latenthydraulischem Bindemittel und/oder puzzolanischem Bindemittel, insbesondere als Bindemittel, zusammen mit alkalischem Härtungsmittel zur Herstellung einer Kernbetonschicht in einem Betonelement umfassend eine Kernbetonschicht und eine damit verbundene Vorsatzbetonschicht.
- 25 32. Verwendung nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** das latenthydraulische Bindemittel wie das Kernbindemittel in Anspruch 9 definiert ist, und/oder das puzzolanische Bindemittel wie das puzzolanische Kernbindemittel in Anspruch 10 definiert ist, und/oder dass die Kernbetonschicht körniges Kernmaterial wie in den Ansprüchen 1 bis 4 definiert enthält, und/oder dass die Vorsatzbetonschicht körniges Vorsatzmaterial wie in den Ansprüchen 1 bis 4 definiert enthält, und/oder dass die Kernbetonschicht

5 Kernfüller wie in den Ansprüchen 6 und 7 definiert enthält, und/oder dass die Vorsatzbetonschicht Vorsatzfüller wie in den Ansprüchen 6 und 7 definiert enthält, und/oder dass das alkalische Härtungsmittel wie in Anspruch 11 definiert ist, und/oder dass das Betonelement durch mindestens ein Merkmal der Ansprüche 16, 18 oder 20 definiert ist, und/oder dass die Kernbetonschicht 1 Gew.-% oder mehr, bevorzugt 5 Gew.-% oder mehr, weiter bevorzugt 15 Gew.-% oder mehr, besonders bevorzugt 17,5 Gew.-% oder mehr, Opal, Flint, Chalcedon und/oder Grauwacke enthält.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2022/068093**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>C04B 28/00</i> (2006.01)i; <i>C04B 28/02</i> (2006.01)i; <i>B28B 1/00</i> (2006.01)i; <i>B28B 11/08</i> (2006.01)i; <i>B28B 13/02</i> (2006.01)i; <i>C04B 111/10</i> (2006.01)n		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C04B; B29C; B28B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2021047875 A1 (METTEN CONSULTING GMBH [DE]) 18 March 2021 (2021-03-18) cited in the application claims 1-23	1-32
A	WO 2016005566 A1 (METTEN STEIN & DESIGN GMBH [DE]) 14 January 2016 (2016-01-14) claims 1,12,18,19	1
A	WO 9321126 A1 (WILLICH DAEMMSTOFFE & ISOLIERS [DE]; HUELS TROISDORF [DE] ET AL.) 28 October 1993 (1993-10-28) page 8, line 4 - line 24; claim 14 page 5, line 21 - line 36; claims 1,8,12 page 10, line 26 - line 28	1
X	CN 108218377 A (HEFEI OUKESI NEW BUILDING MAT CO LTD) 29 June 2018 (2018-06-29) example 3	31,32
X	CN 109206062 A (HEBEI ZHUODA BUILDING MAT RES INST CO LTD) 15 January 2019 (2019-01-15) example 1	31
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>05 October 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>17 October 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Kolb, Ulrike</b>  Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2022/068093**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2021047875	A1	18 March 2021	CA	3148392	A1	18 March 2021
				CN	114423721	A	29 April 2022
				DE	102019124726	A1	18 March 2021
				EP	4028371	A1	20 July 2022
				IL	291208	A	01 May 2022
				JP	2022537603	A	26 August 2022
				WO	2021047875	A1	18 March 2021
				-----			
WO	2016005566	A1	14 January 2016	AU	2015286624	A1	02 February 2017
				CA	2954356	A1	14 January 2016
				DE	102014010259	A1	14 January 2016
				DE	202015009253	U1	27 March 2017
				EP	3166904	A1	17 May 2017
				US	2017129811	A1	11 May 2017
				US	2021017077	A1	21 January 2021
				WO	2016005566	A1	14 January 2016
-----							
WO	9321126	A1	28 October 1993	AU	4039893	A	18 November 1993
				JP	3563071	B2	08 September 2004
				JP	H07506326	A	13 July 1995
				WO	9321126	A1	28 October 1993
-----							
CN	108218377	A	29 June 2018	NONE			
-----							
CN	109206062	A	15 January 2019	NONE			
-----							
CN	107226643	A	03 October 2017	NONE			
-----							

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>		
INV.	C04B28/00	C04B28/02
		B28B1/00
		B28B11/08
		B28B13/02
ADD.	C04B111/10	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )		
C04B B29C B28B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2021/047875 A1 (METTEN CONSULTING GMBH [DE]) 18. März 2021 (2021-03-18) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1-23 -----	1-32
A	WO 2016/005566 A1 (METTEN STEIN & DESIGN GMBH [DE]) 14. Januar 2016 (2016-01-14) Ansprüche 1, 12, 18, 19 -----	1
A	WO 93/21126 A1 (WILLICH DAEMMSTOFFE & ISOLIERS [DE]; HUELS TROISDORF [DE] ET AL.) 28. Oktober 1993 (1993-10-28) Seite 8, Zeile 4 - Zeile 24; Anspruch 14 Seite 5, Zeile 21 - Zeile 36; Ansprüche 1, 8, 12 Seite 10, Zeile 26 - Zeile 28 ----- -/--	1
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. Oktober 2022		17/10/2022
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Kolb, Ulrike

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CN 108 218 377 A (HEFEI OUKESI NEW BUILDING MAT CO LTD) 29. Juni 2018 (2018-06-29) Beispiel 3 -----	31, 32
X	CN 109 206 062 A (HEBEI ZHUODA BUILDING MAT RES INST CO LTD) 15. Januar 2019 (2019-01-15) Beispiel 1 -----	31
A	CN 107 226 643 A (UNIV WUHAN TECH) 3. Oktober 2017 (2017-10-03) Beispiel 1 -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2022/068093**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>WO 2021047875 A1</b>	<b>18-03-2021</b>	<b>CA 3148392 A1</b>	<b>18-03-2021</b>
		<b>CN 114423721 A</b>	<b>29-04-2022</b>
		<b>DE 102019124726 A1</b>	<b>18-03-2021</b>
		<b>EP 4028371 A1</b>	<b>20-07-2022</b>
		<b>IL 291208 A</b>	<b>01-05-2022</b>
		<b>JP 2022537603 A</b>	<b>26-08-2022</b>
		<b>WO 2021047875 A1</b>	<b>18-03-2021</b>
-----			
<b>WO 2016005566 A1</b>	<b>14-01-2016</b>	<b>AU 2015286624 A1</b>	<b>02-02-2017</b>
		<b>CA 2954356 A1</b>	<b>14-01-2016</b>
		<b>DE 102014010259 A1</b>	<b>14-01-2016</b>
		<b>DE 202015009253 U1</b>	<b>27-03-2017</b>
		<b>EP 3166904 A1</b>	<b>17-05-2017</b>
		<b>US 2017129811 A1</b>	<b>11-05-2017</b>
		<b>US 2021017077 A1</b>	<b>21-01-2021</b>
		<b>WO 2016005566 A1</b>	<b>14-01-2016</b>
-----			
<b>WO 9321126 A1</b>	<b>28-10-1993</b>	<b>AU 4039893 A</b>	<b>18-11-1993</b>
		<b>JP 3563071 B2</b>	<b>08-09-2004</b>
		<b>JP H07506326 A</b>	<b>13-07-1995</b>
		<b>WO 9321126 A1</b>	<b>28-10-1993</b>
-----			
<b>CN 108218377 A</b>	<b>29-06-2018</b>	<b>KEINE</b>	
-----			
<b>CN 109206062 A</b>	<b>15-01-2019</b>	<b>KEINE</b>	
-----			
<b>CN 107226643 A</b>	<b>03-10-2017</b>	<b>KEINE</b>	
-----			