



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 660 357 A5

⑤① Int. Cl.⁴: C 04 B 16/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer:	1017/84	㉗ Inhaber:	Ametex AG, Niederurnen
㉑ Anmeldungsdatum:	01.03.1984	㉘ Erfinder:	Studinka, Josef, Dr., Zürich Meier, Peter, Dr., Wädenswil
㉓ Patent erteilt:	15.04.1987		
㉕ Patentschrift veröffentlicht:	15.04.1987	㉙ Vertreter:	Scheidegger, Zwicky, Werner & Co., Zürich

⑤④ **Armierungfasern enthaltende Mischung für die Verstärkung von Werkstoffen.**

⑤⑦ Die Mischung auf der Basis von PVA- und PAN-Fasern enthält wenigstens 10 Gew.-% PVA-Fasern bezogen auf das Gesamtgewicht an PVA- und PAN-Fasern, und dient der Herstellung von asbestfreien, faserverstärkten hydraulisch abbindenden Materialien, in dem eine Aufschlammung von hydraulischem Bindemittel, Fasern, Wasser und gegebenenfalls weiteren Zusätzen auf den in der Asbestzement-Industrie üblichen Apparaturen verarbeitet wird. Als Verstärkungsfasern werden vorzugsweise Abmischungen von 50 - 90 Gew.-% Hochmodul-Polyacrylnitrilfasern und 50 - 10 Gew.-% PVA-Fasern von mindestens 4 mm Länge eingesetzt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Mischung enthaltend Polyacrylnitril- und Polyvinylalkoholfasern als Armierungsfasern für nach der Formgebung aushärtende Werkstoffe, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasermischung mindestens 10 Gew.-% PVA-Fasern, bezogen auf das Gesamtgewicht an PVA- und PAN-Fasern, aufweist.

2. Mischung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasermischung 50–90 Gew.-% PAN-Fasern und 50–10 Gew.-% PVA-Fasern, bezogen auf das Gesamtgewicht an PVA- und PAN-Fasern, aufweist.

3. Mischung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern einen E-Modul von mindestens 130 cN/dtex, eine Bruchdehnung von höchstens 16% und eine Festigkeit von mindestens 6 cN/dtex aufweisen.

4. Mischung nach den Ansprüchen 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass die PVA- und PAN-Fasern Titer von 0,5–10 dtex aufweisen, und deren Faserlängen im Bereich von 2 bis 15 mm liegen.

5. Mischung nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schnittlängen der PVA- und der PAN-Fasern 4:3 bis 3:2 beträgt.

6. Mischung nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasermischung noch Zuschlagstoffe, wie Zellstoffasern und/oder synthetischen Pulp enthalten.

7. Verwendung der Mischung nach einem der Ansprüche 1–6, für die Verstärkung von hydraulischen Bindemitteln.

8. Verwendung nach Anspruch 7, in Kombination mit Füllstoffen, bzw. Zuschlagstoffen, wie Quarzsand, amorphe Kieselsäure, Hochofenschlacken, Flugaschen, Puzzolane, Kalkstein und Glimmer.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Mischung, enthaltend Armierungsfasern, insbesondere zur Herstellung von faserverstärkten Werkstoffen, wie z.B. von hydraulisch abbindenden Materialien, insbesondere eines Zementmaterials, welches als Verstärkungsfasern Polyacrylnitrilfasern und Polyvinylalkoholfasern enthält. Solche Mischungen können bei der Herstellung von Formkörpern aus nach der Formgebung aushärtenden Werkstoffen verwendet werden.

Die Polyacrylnitrilfasern werden nachstehend jeweils als PAN-Fasern und die Polyvinylalkoholfasern als PVA-Fasern bezeichnet.

Es ist allgemein bekannt, dass sich aus wässrigen Aufschlämmungen, bestehend z.B. aus Asbest und Zement, mit Hilfe von Entwässerungsmaschinen, z.B. Hatschek-Maschinen oder mittels Injektionsverfahren, auf verschiedenste Weise geformte Bauteile, wie Dachplatten, Wellplatten, Rohre oder Gartenartikel herstellen lassen. Solche Bauteile konnten sich während der letzten Jahrzehnte einen dominanten Platz unter den Baumaterialien sichern. In den letzten Jahren wurde jedoch zunehmend klar, dass der wichtigste Rohstoff zur Herstellung dieser Produkte, nämlich Asbest, aus den verschiedensten Gründen wie Verfügbarkeit, preisliche Entwicklung sowie wegen gesundheitlicher Aspekte nicht mehr lange für diesen Einsatz zur Verfügung stehen wird. Auf der einzigartigen Eigenschaftskombination von Asbestfasern beruhen nicht nur die bekannten ausgezeichneten Gebrauchseigenschaften von Asbestzement, vielmehr bilden sie auch die Grundlage des weltweit verbreiteten Hatschek-Entwässerungsverfahrens.

All die oben erwähnten Umstände setzten seit einigen Jahren eine intensive Forschungstätigkeit in Gang, welche zur Aufgabe hatte, Ersatzfasern zu finden, welche in den bestehenden Produktionsprozessen der Entwässerungsverfahren den Asbest vollkommen ersetzen können. Es zeigte sich

2

jedoch sehr rasch, dass keine einzige Faserart auffindbar war, welche sämtliche positiven Eigenschaften von Asbest in sich vereinigte.

Es sind vor allem folgende Eigenschaften, die Asbest zugleich als ausgezeichnete Prozess- und als Verstärkungsfaser auszeichnen:

- hohe spezifische Oberfläche
- gute Dispergierbarkeit
- ausgezeichnete chemische Beständigkeit
- hohes Zementrückhaltevermögen
- gutes Vlisbildungsvermögen
- hohe Zugfestigkeit
- hoher Elastizitätsmodul
- geringe Bruchdehnung

Als Prozesshilfsmittel zeigt Asbest eine ausgezeichnete Verteilbarkeit in einer wässrigen Zementaufschlämmung. Während des Entwässerungsschrittes vermag Asbest dank des guten Filtrationsvermögens und der guten Zementaffinität den Zement im entstehenden Verbindstoff zurückzuhalten. Im hydratisierten Endprodukt wirkt sich die hohe Zugfestigkeit verbunden mit dem hohen E-Modul und der geringen Bruchdehnung positiv aus, was den Asbestzement-Produkten die bekannte hohe Biegezugfestigkeit zu verleihen vermag.

Da weder natürliche noch synthetische Fasern mit der Eigenschaftskombination von Asbest gefunden werden konnten, haben die Forschungsanstrengungen zur Suche nach möglichen Ersatzprodukten ergeben, dass entsprechend den beiden Hauptfunktionen von Asbest, Fasermischungen eingesetzt werden müssen, um mit diesen neuen Fasern auf den bestehenden Anlagen Faserzement produzieren zu können (siehe z.B. DE-PS 3 002 484 von Amiantus). Die Filtrationseigenschaften von Asbest können durch Zusätze von Zellstoffen und/oder synthetischen Fibrillen in den Fasermischungen simuliert werden. Für die Verstärkungswirkung werden Armierungsfasern eingesetzt. Solche Fasern können organische oder anorganische Hochmodulfasern sein, welche üblicherweise in Schnittlängen 4–12 mm zugegeben werden.

Es gibt wohl kaum eine Synthesefaser, welche nicht schon auf diesen Einsatzzweck hin als Zementverstärkungsfaser überprüft worden wäre. Die meisten Fasern haben sich jedoch aus den verschiedensten Gründen, wie ungenügende chemische Beständigkeit, schlechte Zementaffinität, ungenügende mechanische Eigenschaften, oder wegen des zu hohen Preises, nicht durchsetzen können. Aus dem gesamten Faserangebot haben sich bis heute nur zwei Synthesefasertypen durchsetzen können, welche den Anforderungen einer Zementarmierungsfaser genügen. Eine der Fasern wurde auf der Basis von Polyacrylnitril entwickelt und ist zum Beispiel von der Firma Hoechst (BRD) unter der Handelsmarke «Dolan 10» in den Handel gebracht worden.

Die andere Faser ist auf der Basis von Polyvinylalkohol aufgebaut und z.B. unter der Marke «Kuralon» bei der Firma Kuraray, Japan, erhältlich (DE-PS 28 50 337). Die wichtigsten Eigenschaften dieser Fasern sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

Textilmechanische Eigenschaften von für die Zementverstärkung geeigneten Fasertypen:

Fasertyp	Reissfestigkeit cN/dtex	Bruchdehnung %	E-Modul cN/dtex
65 Polyacrylnitril, PAN (z.B. «Dolan 10»)	6,0–8,5	10–16	150
Polyvinylalkohol, PVA (z.B. «Kuralon»)	10–15	5,5–7,5	175–300

Der Vergleich der textilmechanischen Eigenschaften der PVA- mit den PAN-Fasern zeigt, dass PVA-Fasern die besseren mechanischen Eigenschaften aufweisen. Werden nun 6 mm Faserschnitte dieser beiden Typen in einer wässrigen Zementaufschlämmung verteilt und auf einer Filterpresse zu Faserzementplättchen verarbeitet, so zeigt sich an den gemessenen Festigkeiten der Plättchen, dass die besseren Faser-

eigenschaften auch dem Endprodukt höhere Festigkeiten zu verleihen vermögen (Tab. 2).

Tabelle 2

5 Festigkeitswerte von Faserzement-Plättchen, hergestellt auf einer Filterpresse, aus Portlandzement und den Hochmodulfasern auf Basis PVA und PAN

Fasern %-Gew.	Biegezugfestigkeit (nach ISO) N/mm ²	Brucharbeit kJ/m ²	Dichte g/ccm	Wasser- aufnahme %
PAN-Fasern				
1,0	12,5	0,203	1,982	15,0
1,5	14,7	0,457	1,920	14,5
2,0	16,0	0,701	1,851	15,7
PVA-Fasern				
1,0	14,8	0,652	1,935	14,6
1,5	16,1	1,208	1,900	15,1
2,0	19,5	1,835	1,863	16,0

Textilmechanische Eigenschaften der verwendeten Fasern

	Zugfestigkeit cN/dtex	E-Modul cN/dtex	Bruchdehnung %	Titer dtex
PAN	7,5	150	11	3,0
PVA	12	240	6	2,0

Die Analyse der Resultate zeigt, dass die PVA-Fasern mit den besseren textilmechanischen Eigenschaften den Faserzementplättchen nicht nur eine höhere Biegezugfestigkeit zu verleihen vermögen, sondern dass auch die Brucharbeit sehr viel höher liegt, als im Falle der PAN-Fasern. Die Brucharbeit bei diesen Versuchen ist definiert als die Fläche unter der Spannungs-Dehnungskurve bis zu dem Punkte, wo die maximale Biegezugfestigkeit erreicht wird, d.h. die Platte gerissen ist. Dies zeigt die einzige Figur der Zeichnung.

Die Brucharbeit stellt eine sehr wichtige materialtechnologische Eigenschaft dar. Sie macht Aussagen über die Sprödhheit, respektive die Schlagzähigkeit eines Produktes. In der Praxis kann sich das so auswirken, dass zum Beispiel beim Verlegen von Dachplatten mit verschiedenen hohen Werten für die Brucharbeit, aber mit identischen Biegezugfestigkeiten, unter der Belastung durch den Dachdecker in einem Fall die Platten ohne Vorwarnung plötzlich brechen (Spröbruch), im zweiten Fall aber die Belastung durch eine höhere Durchbiegung aufgefangen wird.

In Kenntnis der Zusammenhänge zwischen den Faserdaten und der resultierenden Produkteigenschaften der Faserzementplatten wäre es einfach, Faserzementprodukte, an welche sehr hohe Anforderungen gestellt werden bezüglich Biegezugfestigkeit, Schlagzähigkeit und Brucharbeit, ausschliesslich unter der Verwendung von PVA-Fasern herzustellen. Dieser Lösung stehen aber die hohen Preise für PVA-Fasern entgegen. Wegen der hohen Rohmaterialkosten, verbunden mit einem sehr aufwendigen Fadenherstellungsprozess, liegen die Kosten für die Herstellung von PVA-Fasern etwa 50 bis 100% höher als für PAN-Fasern. Bedenkt man zudem, dass die gegenwärtigen Asbestpreise nur einen Bruchteil der Synthesefaserpreise betragen, so ist es offensichtlich, dass dem Faserpreis eine entscheidende Bedeutung zukommen muss, damit überhaupt noch wirtschaftliche Faserzement-Produkte hergestellt werden können. Es wäre also für die Faserzement-Industrie in höchstem Masse wünschenswert, eine Faser mit den Eigenschaften der beschriebenen PVA-Fasern zu finden, welche aber wirtschaftlich tragbar, d.h. nicht wesentlich teurer als die PAN-Faser ist.

Gemäss der für faserarmierte Verbundwerkstoffe gültigen Mischungsregel wäre es zu erwarten, dass im Falle von 25 Faserabmischungen die für den verstärkten Werkstoff resultierenden Festigkeiten, resp. Brucharbeit linear und proportional dem Mischungsverhältnis folgt (Vergl. «Fiber-Reinforced Cement Composites», Technical Report 51.067, The Concrete Society, Terminal House, Grosvenor Gardens, London 1973 und H. Krenchel «Fiber Reinforcement», 30 Akademisk Forlag Copenhagen, 1964).

Es wurde nun überraschenderweise gefunden, dass ein sehr hoher Anteil an PVA-Fasern durch billige PAN-Fasern substituiert werden kann, ohne dass im Faserzementprodukt 35 eine Einbusse der positiven Eigenschaften zu beobachten wäre.

Die erfindungsgemässe Mischung, enthaltend PVA- und PAN-Fasern, ist dadurch gekennzeichnet, dass sie möglichst wenig, mindestens jedoch 10 Gew.-% PVA-Fasern, bezogen 40 auf das Gesamtgewicht an PVA- und PAN-Fasern, aufweist.

Die erfindungsgemässen Mischungen sollen gemäss der nachfolgenden praktischen Versuchsbeispiele noch näher erläutert werden.

Als geeignete Fasern für erfindungsgemässe Mischungen 45 enthaltend Abmischungen von PAN- mit PVA-Fasern eignen sich Hochmodul Polyacrylnitrilfasern, welche einen E-Modul von minimum 150 cN/dtex, eine Bruchdehnung von höchstens 16% und eine Zugfestigkeit von mindestens 6 cN/dtex aufweisen.

50 Geeignete Polyvinylalkohol-Fasern sind Hochmodulfasern mit folgenden Spezifikationen:

E-Modul von mindestens 175 cN/dtex, Bruchdehnung von maximal 15% und eine Zugfestigkeit von mindestens 10 cN/dtex.

Beide Faserarten können mit einheitlichen Titern oder als Mischungen von Fasern unterschiedlichen Titers eingesetzt werden. Bevorzugt werden aber Fasern im Bereich von 0,5–5,0 dtex angewendet. Die Fasern können entweder zu exakten, einheitlichen Längen geschnitten werden oder aber 60 gemahlen oder in verschiedenen Längen abgemischt vorliegen. Bevorzugt werden die PVA-Fasern in Längen von 6–15 mm und die PAN-Fasern in 2 bis 12 mm eingesetzt.

Die nachfolgenden Beispiele werden zeigen, dass es besonders vorteilhaft ist, wenn die eingesetzten PVA-Fasern ca. 65 1/3 länger als die zugemischten PAN-Fasern sind.

Als mögliche Herstellungsverfahren für Bauteile, in welchen die erfindungsgemässen Mischungen eingesetzt werden, eignen sich z.B. Entwässerungsverfahren mittels Rund- oder

Langsiebmaschinen, aber auch Monostranganlagen, Injektionsanlagen oder Filterpressen.

Mischungen, welche sich für die Verarbeitung auf den erwähnten Anlagen eignen, enthalten in einer wässrigen Suspension neben den erfindungsgemässen Faserabmischungen, auch ein Bindemittel, wie z.B. Zement und gegebenenfalls zusätzliche faserige Stoffe mit Filtereigenschaften sowie verschiedene Füll- oder Zuschlagstoffe.

Als Bindemittel eignen sich hydraulische anorganische Bindemittel wie Zement, Gips, Erdalkalisilikate oder Erdalkalialuminate. Es lassen sich aber auch organische Bindemittel wie z.B. Kunstharze verwenden. Als Füll- und Zuschlagstoffe eignen sich z.B. Quarzsand, Hochofenschlacke, Flugasche, Puzzolane, Mica, Steinmehl. Als Hilfsfasern, welche dazu dienen, Bindemittel und Füllstoffe auf den Sieben zurückzuhalten, können Zellstofffasern in Form von Sulfatzellstoff, Holzschliff, thermomechanischem Pulp und/oder synthetische Fibrile auf der Basis von Kunststoffen, wie z.B. Polyäthylen, eingesetzt werden. Das Retentionsvermögen lässt sich zusätzlich durch den Einsatz von Flockungsmitteln z.B. auf der Basis von Polyacrylamiden weiter verbessern.

Produkte, welche sich mit diesen Mischungen auf den Entwässerungsanlagen herstellen lassen, sind z.B. ebene Platten, Wellplatten, Rohre oder geformte Artikel wie z.B. Gartenartikel.

Die erfindungsgemässen PVA-/PAN-Fasermischungen aufweisenden Mischungen sollen nachfolgend in einigen Anwendungsbeispielen genauer erklärt werden.

a) Herstellung der Faserzementplatten für Versuchszwecke

Die Versuche wurden auf einer Rundsieb-Entwässerungsmaschine Typ Hatschek durchgeführt.

In einem separaten Pulper wurden die Faser-Zementaufschlämmungen mit einem Feststoffgehalt von 80 g/l vorbereitet und von dort kontinuierlich in den Stoffkasten einer Hatschekmaschine gepumpt.

Kurz vor dem Einlaufen in den Stoffkasten wurden noch 200 ppm eines Flockungsmittels Typ Polyacrylamid zur Verbesserung der Zementretention zudosiert. Auf der Maschine wurden mit 22 Umdrehungen der Formatwalze Platten von ca. 6 mm hergestellt, welche zwischen geölten Blechen während 60 Minuten in einer Stapelpresse bei einem spezifischen Pressdruck von 250 bar auf eine Dicke von 4,8 mm gepresst wurden. Von allen Varianten wurden auch ungepresste Proben hergestellt und geprüft. Die Abbildungen der Faserzementplatten erfolgte während 25 Tagen in einer Feuchte-kammer von 100% r.F. bei 20 °C. Nachdem die Platten

4

noch zusätzlich während 3 Tagen unter Wasser gelagert worden waren, wurden die Prüfungen in nassem Zustand vorgenommen.

Die Versuche, bei welchen Faserzementplatten, bestehend nur aus der erfindungsgemässen Fasermischung und Zement, d.h. ohne Filterhilfsstoffe hergestellt wurden, sind auf einer Filterpresse fabriziert worden.

b) Verwendete Mischungen (Gewichtsteile)

10 Basismischung:	
Portlandzement (2800 Blaine)	100 Teile
Altpapier (45° SR)	3,5 Teile
Polyäthylenfibril (Pulpex® E-A, Hercules USA)	2,0 Teile
15 Fasermischungen	2,0 Teile

Als Fasermischungen wurden folgende Varianten eingesetzt:

20 P A N	2	1,7	1,3	1,0	0,7	0	Teile
P V A	0	0,3	0,7	1,0	1,3	2,0	Teile

Die textiltechnischen Eigenschaften der verwendeten Fasern waren:

25 – PAN	
Titer 1,5 dtex, Zugfestigkeit 7,2 cN/dtex	
E-Modul 140 cN/dtex, Bruchdehnung 9%	

– PVA

Titer 2 dtex, Zugfestigkeit 12,5 cN/dtex	
E-Modul 250 cN/dtex, Bruchdehnung 6,5%	

PAN-Fasern und PVA-Fasern wurden in verschiedenen Kombinationen in 4 und 6 mm Schnittlängen eingesetzt.

Für die Versuche auf der Filterpresse wurden Mischungen, bestehend nur aus Portlandzement und den PVA/PAN-Fasern, in Wasser hergestellt.

c) Prüfung der Faserzementplatten

Die Prüfung der Versuchsplatten erfolgte mit Hilfe einer Wolpert Prüfmaschine mit Dreipunkt-Auflage an Platten von 25 × 25 cm. Die Auflagedistanz betrug 167 mm und die Prüfungsgeschwindigkeit 26 mm/Min. Die Auswertung der Resultate wurde mit Hilfe eines angeschlossenen Computers vorgenommen.

45 d) Ergebnisse

Die Resultate sind in den Tabellen 3 bis 7 zusammengestellt.

Tabelle 3

Prüfresultate von Faserzement-Plättchen mit variablen PVA-PAN-Faser-Verhältnissen, hergestellt auf einer Hatschekmaschine.

Fasermischung	Biegezug-	Bruch-	Dichte	Wasser-	
PAN, PVA,	festigkeit	arbeit		aufnahme	
6 mm 6 mm	N/mm ²	kJ/m ²	g/ccm	%	
Teile Teile					
gepresste Platten					
–	2,0	22,4	3,047	1,941	12,3
0,3	1,7	21,2	2,799	1,934	11,4
0,7	1,3	21,8	2,884	1,943	10,9
1,0	1,0	20,7	2,698	1,928	12,0
1,3	0,7	21,3	2,532	1,919	11,9
1,7	0,3	19,0	2,105	1,932	12,4
2,0	–	17,1	1,108	1,911	12,1

ungepresste Platten

–	2,0	14,8	4,272	1,555	20,1
0,3	1,7	14,7	3,820	1,567	19,9
0,7	1,3	14,5	4,133	1,557	19,8
1,0	1,0	13,6	3,740	1,539	21,2
1,3	0,7	13,8	4,010	1,500	23,7
1,7	0,3	13,1	3,205	1,532	20,8
2,0	–	12,4	1,902	1,514	21,9

Tabelle 4

Prüfresultate von Faserzement-Plättchen mit variablen PVA-PAN-Faser-Verhältnissen, hergestellt auf einer Filterpresse:

Fasermischung PAN, 6 mm Teile	PVA, 6 mm Teile	Biegezug- festigkeit N/mm ²	Bruch- arbeit kJ/m ²	Dichte g/ccm	Wasser- aufnahme %
–	2,0	14,2	2,603	1,753	19,9
0,3	1,7	14,4	2,512	1,758	19,8
0,7	1,3	13,9	2,543	1,752	19,7
1,0	1,0	13,9	2,527	1,754	19,8
1,3	0,7	13,7	2,410	1,732	19,9
1,7	0,3	13,1	1,700	1,748	19,6
2,0	–	12,2	0,975	1,731	19,8

Tabelle 5

Prüfresultate von Faserzement-Plättchen mit variablen PVA-PAN-Faser-Verhältnissen, hergestellt auf einer Hattschekmaschine.

Fasermischung PAN, 6 mm Teile	PVA, 4 mm Teile	Biegezug- festigkeit N/mm ²	Bruch- arbeit kJ/m ²	Dichte g/ccm	Wasser- aufnahme %
gepresste Platten					
–	2,0	24,2	3,075	1,935	12,6
0,3	1,7	23,1	2,418	1,942	11,6
0,7	1,3	20,4	1,990	1,919	12,0
1,0	1,0	19,2	2,001	1,920	11,6
1,3	0,7	18,9	1,820	1,923	11,2
1,7	0,3	17,5	1,221	1,917	11,8
2,0	–	17,1	1,108	1,911	12,0

ungepresste Platten

–	2,0	15,0	4,519	1,550	22,6
0,3	1,7	14,7	4,059	1,541	22,4
0,7	1,3	14,2	3,465	1,528	21,9
1,0	1,0	13,4	2,968	1,536	20,4
1,3	0,7	13,1	2,436	1,532	20,4
1,7	0,3	12,7	2,150	1,521	21,3
2,0	–	12,4	2,100	1,514	21,9

Tabelle 6

Prüfresultate von Faserzement-Plättchen mit variablen PVA-PAN-Faser-Verhältnissen, hergestellt auf einer Filterpresse.

Fasermischung PAN, 6 mm Teile	PVA, 4 mm Teile	Biegezug- festigkeit N/mm ²	Bruch- arbeit kJ/m ²	Dichte g/ccm	Wasser- aufnahme %
–	2,0	14,8	2,429	1,807	18,7
0,3	1,7	15,3	2,510	1,823	17,7
0,7	1,3	14,0	2,010	1,779	18,6
1,0	1,0	13,5	1,619	1,785	18,2
1,3	0,7	12,9	1,327	1,761	18,8
1,7	0,3	12,5	0,902	1,750	18,7
2,0	–	12,4	0,945	1,747	18,9

Tabelle 7

Erfindungsgemäss hergestellte Faserzement-Plättchen mit variablen PVA-PAN-Faser-Verhältnissen, hergestellt auf einer Hatschekmaschine.

Fasermischung PAN, 4 mm Teile	PVA, 6 mm Teile	Biegezug- festigkeit N/mm ²	Bruch- arbeit kJ/m ²	Dichte g/ccm	Wasser- aufnahme %
gepresste Platten					
–	2,0	22,6	3,331	1,938	12,2
0,3	1,7	22,8	3,115	1,933	12,1
0,7	1,3	22,1	3,101	1,941	11,0
1,0	1,0	22,0	2,987	1,931	11,5
1,3	0,7	21,3	2,605	1,929	12,3
1,7	0,3	18,2	1,980	1,937	12,0
2,0	–	15,3	0,972	1,941	11,1
ungepresste Platten					
–	2,0	15,1	4,657	1,548	22,3
0,3	1,7	15,2	4,450	1,551	22,0
0,7	1,3	14,8	4,522	1,550	21,9
1,0	1,0	14,8	4,186	1,542	22,6
1,3	0,7	14,1	3,475	1,553	21,9
1,7	0,3	12,9	2,497	1,561	20,7
2,0	–	11,7	1,303	1,568	19,9

Textilmechanische Eigenschaften der verwendeten Fasern in Tabelle 7.

PAN, 4 mm Titer 3,0 dtex, Zugfestigkeit 7,2 cN/dtex
E-Modul 152 cN/dtex, Bruchdehnung 9,8%

PVA, 6 mm Titer 2,0 dtex, Zugfestigkeit 12,5 cN/dtex
E-Modul 250 cN/dtex, Bruchdehnung 6,5%.

