



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 648 008 A5

⑤ Int. Cl.4: C 04 B 28/00  
C 04 B 16/06  
E 04 C 2/02

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

<p>⑰ Gesuchsnummer: 1919/81</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 20.03.1981</p> <p>㉔ Patent erteilt: 28.02.1985</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 28.02.1985</p>	<p>⑦③ Inhaber: Ametex AG, Niederurnen</p> <p>⑦② Erfinder: Studinka, Josef, Dr., Zürich Meier, Peter, Dr., Wädenswil</p> <p>⑦④ Vertreter: Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich</p>
---	--

⑤④ Mit hydraulischen Bindemitteln hergestellte faserhaltige Produkte und Verfahren zu ihrer Herstellung.

⑤⑦ Zur Verstärkung von Produkten aus hydraulischen Bindemitteln werden Fasern aus Polymerisaten des Acrylnitrils, die mit einer molaren Konzentration der Acrylnitrileinheiten von wenigstens 98 % hergestellt sind, verwendet. Die Fasern weisen mit Vorteil eine Festigkeit von mindestens 50 cN/tex und eine Bruchdehnung von höchstens 15 % auf. Diese Fasern ergeben nach dem Abbinden Produkte mit guten Biegezugfestigkeiten und ausgezeichnete Schlagzähigkeit.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Mit hydraulischen Bindemitteln hergestellte faserhaltige, feste Produkte, dadurch gekennzeichnet, dass sie Fasern aus Polymerisaten des Acrylnitrils mit einer molaren Konzentration der Acrylnitrileinheiten von 98 bis 100% als Verstärkungsfasern und/oder Füllstoffe enthalten.

2. Produkt nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern eine Festigkeit von mindestens 50 cN/tex und eine Bruchdehnung von höchstens 15% aufweisen.

3. Produkt nach den Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern eine einheitliche Länge von 3 bis 24 mm aufweisen.

4. Produkt nach den Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern eine uneinheitliche Längenverteilung bis 300 mm aufweisen.

5. Produkt nach Patentanspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern fibrilliert sind.

6. Produkt nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern einen Titer von 0,1 bis 15 dtex aufweisen.

7. Produkt nach einem der vorstehenden Patentansprüche, hergestellt nach einem Entwässerungsverfahren.

8. Produkt nach einem der vorstehenden Patentansprüche in Form von Platten, Wellplatten, Rohren und Formteilen, insbesondere solchen für das Bauwesen.

9. Verfahren zur Herstellung der Produkte nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man hydraulische Bindemittel mit Wasser, Hilfs- und Zuschlagstoffen und mit Fasern aus Polymerisaten des Acrylnitrils mit einer molaren Konzentration der Acrylnitrileinheiten von 98 bis 100% als

Verstärkungsfasern und/oder Füllstoffe vermischt, das Gemisch in die gewünschte Form bringt und aushärten lässt.

10. Verfahren nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern eine Festigkeit von mindestens 50 cN/tex und eine Bruchdehnung von höchstens 15% aufweisen.

11. Verfahren nach Patentanspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern eine einheitliche Länge von 3 bis 24 mm aufweisen.

12. Verfahren nach Patentanspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern eine uneinheitliche Längenverteilung bis 30 mm aufweisen.

13. Verfahren nach Patentanspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern solche sind, die durch fibrillierende Mahlung erhältlich sind.

14. Verfahren nach einem der Patentansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern einen Titer von 0,1 bis 15 dtex aufweisen.

15. Verfahren nach einem der Patentansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Gemisch vor der Verformung zum Teil entwässert wird, z. B. unter Einsatz von Wickelmaschinen, Rundsieb, Langsieb, Injektionsanlagen oder Filterpressen und/oder nach einem kontinuierlichen Monostrangverfahren verarbeitet wird.

16. Verfahren nach einem der Patentansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Gemisch zu Platten, Wellplatten, Rohren und Formteilen, insbesondere solchen für das Bauwesen, verformt wird.

17. Verwendung der Produkte nach Patentanspruch 1 als Bauelemente.

Die vorliegende Erfindung betrifft mit hydraulischen Bindemitteln hergestellte faserhaltige feste Produkte, ein Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung als Bauelemente. Die Produkte sind in Patentanspruch 1, das Verfahren in Patentanspruch 9 und die Verwendung in Patentanspruch 17 definiert.

Unter den üblichen Baumaterialien sind die faserverstärkten Zementprodukte, ausgehend von Asbest und Zement, schon seit Jahrzehnten bekannt. In der Asbestzement-Industrie sind Herstellungsverfahren für Bauelemente nach dem Wickelverfahren vom L. Hatschek [AT-PS 5970] immer noch am weitesten verbreitet. Die Technologie dieses Produktionsverfahrens ist z. B. eingehend im Buche von Harald Klos, Asbestzement, Springer Verlag, 1967, beschrieben.

Diese bekannten Verfahren zur Herstellung von z. B. Asbestzementrohren und -platten basieren auf der Verwendung von Rundsiebmaschinen. Dabei wird eine verdünnte Asbestzementsuspension über einen Stoffkasten und einen Siebzylinder in Form eines Vlieses auf einen Filz übertragen und mit Hilfe von Formatwalzen oder Rohrkernen bis zur gewünschten Dicke aufgewickelt. Für die Herstellung von Wellplatten kann das Asbestzementvlies nach dem Erreichen der gewünschten Dicke von der Formatwalze geschnitten werden und zwischen geölten Wellblechen aushärten gelassen werden.

Im Verlaufe der letzten Jahre hat es sich nun gezeigt, dass der bewährte Asbest nicht mehr in unbegrenzten Mengen zur Verfügung stehen wird und zu denjenigen Naturstoffen gezählt werden muss, deren Vorräte sich voraussichtlich am raschesten erschöpfen werden. Die Lagerstätten von abbau-

würdigem Asbest sind zudem nur auf wenige Länder verteilt, was wiederum zu unerwünschten Abhängigkeiten führen kann, was sich heute schon in steigenden Preisen manifestiert.

Es ist somit erwünscht, neue Fasern als Verstärkungsfasern, wie auch als Füllstoffe für hydraulische Bindemittel, z. B. für die Zementverstärkung, zu verwenden, welche sich eignen, auf den in der verarbeitenden Industrie, z. B. der Asbestzement-Industrie, verbreiteten Produktionsanlagen faserhaltige Produkte mit den gewünschten mechanischen Eigenschaften zu ergeben.

Der Einfachheit halber wird in der vorliegenden Beschreibung auf Zement als bevorzugtes Bindemittel Bezug genommen. Alle anderen hydraulisch abbindenden Bindemittel können aber anstelle von Zement eingesetzt werden. Unter den geeigneten hydraulisch abbindenden Bindemitteln wird ein Material verstanden, das einen anorganischen Zement und/oder ein anorganisches Binde- oder Klebemittel enthält, das durch Hydratisieren gehärtet wird. Zu besonders geeigneten Bindemitteln, die durch Hydratisieren gehärtet werden, zählen z. B. Portland-Zement, Tonerde-Schmelzement, Eisenportland-Zement, Trass-Zement, Hochofenzement, Gips, die bei Autoklavenbehandlung entstehenden Calciumsilikate, wie Kombinationen der einzelnen Bindemittel.

Den Bindemitteln werden häufig noch die verschiedensten Füll- und Zuschlagstoffe zugesetzt, welche z. B. die Porenstrukturen eines Zementsteines positiv beeinflussen oder z. B. das Entwässerungsverhalten der Aufschlammungen auf den Entwässerungsmaschinen verbessern können. Als solche

Additive kommen Stoffe, wie Flugasche, Kieselrauch, Quarzmehl, Steinmehl, Kaoline, Hochofenschlacken, Puzzolane, usw., in Frage.

In der Literatur finden sich schon unzählige Veröffentlichungen über den Einsatz verschiedener natürlicher, synthetischer, organischer und anorganischer Fasern. Zur Verstärkung von Zement sind unter anderem schon Wolle-, Baumwolle-, Seide-, Polyamid-, Polyester-, Polyacrylnitril-, Polypropylen- und Polyvinylalkoholfasern untersucht worden. Ebenso sind Arbeiten mit Glas-, Stahl-, Aramid- und Kohlenstofffasern bekannt. Von all diesen Fasern hat sich in der Praxis bis jetzt, insbesondere in Zement, noch keine bewährt.

Die Anforderungen, welche an Fasern gestellt werden, die sich zur Verstärkung von Zement und anderen hydraulisch abbindenden Bindemitteln eignen, sind im allgemeinen äusserst hoch:

Bei den chemischen Anforderungen ist vor allem die Alkalibeständigkeit in gesättigten Calciumhydroxidlösungen bei erhöhten Temperaturen eine absolute Voraussetzung. Über den chemischen Aufbau einer geeigneten Faser kann gesagt werden, dass eine möglichst hohe Konzentration an polaren funktionellen Gruppen vorhanden sein muss, damit eine genügende Affinität zum Zement erzielt wird.

Ferner sollten die physikalischen Faserdaten mit den physikalischen Daten der hydraulischen Bindemittel in wichtigen Eigenschaften übereinstimmen. Bei Zement ist bekannt, dass dieses Material eine gewisse Sprödigkeit aufweist und z. B. bei einer Dehnung von etwa 0,3% bereits brechen kann. Für Verstärkungsfasern in Zement ergibt sich, dass solche Fasern die beste armierende Wirkung zeigen, welche einer minimalen Dehnung die grössten Kräfte entgegensetzen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Fasern, welche mit einer wässrigen Zementaufschlämmung behandelt werden, ihre Eigenschaften ändern können, wobei es nicht vorauszu-  
sehen ist, in welchem Ausmass eine solche Veränderung erfolgen kann. Dies bedeutet also, dass trotz guten mechanischen Ausgangswerten einer Faser, diese im Zement nicht die erhoffte Wirkung erbringen kann, wenn sich die Fasereigenschaften während der Hydrationsvorgänge des Zementes ändern.

Neben diesen erwähnten physikalischen Eigenschaften von Fasern ist es ebenso wichtig, dass sich die Fasern in einer verdünnten, wässrigen Zementaufschlämmung gut dispergieren lassen und auch bei Zusatz weiterer Additive gleichmässig verteilt bleiben, wenn sich diese Fasern durch Entwässerungsverfahren zu Faserzementprodukten verarbeiten lassen sollen. Bewährt haben sich Fasern oder Fasermischungen im Längenbereich bis 30 mm, wobei die Faserschnitte einheitlich, z. B. in Längen von 3 bis 24 mm, oder in Längenmischungen eingesetzt werden können. In bestimmten Fällen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Fasern durch eine schneidende und/oder fibrillierende Mahlung vorzubehandeln.

Als Fasermaterial kommen Fasern mit einem Titer von 0,1 bis 15 dtex, insbesondere 0,5 bis 15 dtex, in Frage.

Werden nun die im Handel erhältlichen Fasern nach den oben erwähnten Eigenschaften untersucht, so müssen alle bekannten Textilfasertypen, wie Polyester-, Polyacrylnitril-, Polyamid-, Viskose-, Baumwolle- und Wollfasern, aus-  
geschieden werden, da sich ihr mechanisches Verhalten zu sehr von demjenigen der hydraulischen Bindemittel unterscheidet.

Hochfeste organische Fasern auf der Basis von Polyester, Polyvinylalkohol oder Rayon, wie diese z. B. in der Reifen-  
Industrie eingesetzt werden, sind zwar in ihren mechanischen Eigenschaften den textilen Fasertypen überlegen. Diese wertvollen Eigenschaften werden jedoch unter den nassalkali-

schen Prozessbedingungen bei der Herstellung von Faserzement stark reduziert. Weitere in der Technik bekannte Hochleistungsfasern, wie Glasfasern, Kohlenstofffasern und Aramidfasern, sind entweder auch nicht alkalibeständig oder nicht wirtschaftlich, zudem lässt ihre Affinität zur Zementmatrix zu wünschen übrig. Für den Einsatz als Zementverstärkungsfasern kommen sie deshalb nicht in Betracht.

Ziel der Erfindung ist es daher, ein faseriges Material zu verwenden, welches schon einer niedrigen Dehnung eine möglichst hohe Widerstandskraft entgegengesetzt, von einer Zementaufschlämmung möglichst wenig verändert wird und nach dem Aushärten dem Zement-Faser-Verbund erhöhte mechanische Festigkeit verleiht.

Es ist bekannt, dass zu den am weitesten verbreiteten Fasern mit polaren funktionellen Gruppen Polyacrylnitrilfasern zählen. Diese Fasern werden in grossen Mengen produziert und vor allem im Bekleidungssektor eingesetzt. Mit allen bisher auf dem Markt erhältlichen Polyacrylnitrilfasertypen konnte jedoch noch keine genügende Verstärkungswirkung für hydraulisch abbindende Bindemittel erzielt werden. Die Ursache mag wohl in den relativ geringen Festigkeiten und den hohen Bruchdehnungen dieser Fasern zu suchen sein. Alle handelsüblichen Polyacrylnitrilfasern enthalten zur Verbesserung der Anfärbbarkeit, des textilen Griffes, sowie zur Erleichterung des Fadenbildungsprozesses 4 bis 15% eines oder mehrerer Comonomere, wie Vinylacetat, Methylacrylat, Methylmetacrylat und carboxy-, sulfo- oder pyridin-  
gruppenhaltige Vinyl-  
derivate. Es ist zwar möglich, die mechanischen Eigenschaften dieser Fasern bis zu einem gewissen Grad zu verbessern, d. h. die Bruchdehnung zu reduzieren und die Festigkeit zu erhöhen. Dies kann durch die unter den Faserherstellern bestens bekannte Optimierung der Streckprozesse der Fasern nach dem Fadenbildungsprozess hinter der Spinn-  
düse bewerkstelligt werden. Dieser Optimierung sind jedoch durch die inhärenten Eigenschaften der Fasermaterialien praktische Grenzen gesetzt. Wird eine Zementmatrix mit solchen Fasern verstärkt, so zeigt sich auch tatsächlich eine gewisse, jedoch noch nicht befriedigende, Verbesserung der Verstärkungswirkung gegenüber einer Zementmatrix mit den erwähnten konventionellen Acrylfasern.

Es wurde nun überraschenderweise gefunden, dass sich für die gewünschten Zwecke Polyacrylnitrilfasern verwenden lassen, zu deren Herstellung ein Polymer mit einer molaren Konzentration von mindestens 98% Acrylnitrileinheiten, und insbesondere einer relativen Viskosität von mindestens 2,60 (gemessen als 0,5%ige Lösung in Dimethylformamid) verwendet wird. Solche Fasern sind im Zement Einsatz anderen hochfesten Polyacrylnitrilfasern mit der vorhin beschriebenen konventionellen Zusammensetzung überlegen, indem sie ihre ursprünglichen Eigenschaften in der wässrigalkalischen Zementaufschlämmung beibehalten.

Gegenstand der Erfindung sind somit mit hydraulischen Bindemitteln hergestellte faserhaltige, feste Produkte, welche dadurch gekennzeichnet sind, dass sie Fasern aus Polymerisaten des Acrylnitrils mit einer molaren Konzentration der Acrylnitrileinheiten von 98 bis 100% als Verstärkungsfasern und/oder Füllstoffe enthalten.

Mit Vorteil werden die verwendeten Fasern nach dem Verfahren gemäss DE-OS 3 002 484 vorbehandelt, welches hiermit als vollumfänglich in der vorliegenden Beschreibung eingeschlossen erklärt wird.

Die erfindungsgemäss verwendeten Fasern, welche gegebenenfalls zusammen mit anderen Fasern eingesetzt werden können, werden mit Vorteil in solcher Menge beigemischt, dass der gesamte Faseranteil im ausgehärteten Produkt von 0,1 bis 30 Gewichtsprozent, und vorzugsweise von 1 bis 12 Gewichtsprozent, als reine Verstärkerfasern verwendet insbesondere von 1 bis 8 Gewichtsprozent beträgt. Die Fasern

werden im allgemeinen im Längenbereich bis 30 mm verwendet, wobei die Faserschnitte einheitlich, z. B. in Längen von 3 bis 24 mm, oder in Längenmischungen eingesetzt werden können. In bestimmten Fällen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Fasern durch eine schneidende und/oder fibrillierende Mahlung vorzubehandeln.

Als Fasermaterial kommen Fasern mit einem Titer von 0,1 bis 15 dtex, insbesondere 0,5 bis 15 dtex in Frage.

Die Verarbeitung solcher Fasern zu erfindungsgemässen Produkten erfolgt auf bekannte Weise, nach Vermischen der Bindemittel aus Wasser und den üblichen Hilfs- und Zuschlagstoffen, wie in Patentanspruch 9 definiert, z. B. auf einer Hatschek-Maschine, wie oben erwähnt.

Die Herstellung der erfindungsgemässen Faser ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Sie erfolgt z. B. nach einem bekannten Trocken-, oder aber bevorzugt, nach einem Nassspinnverfahren. Diese hochfesten Fasern mit niedrigen Bruchdehnungen lassen sich z. B. wie folgt herstellen:

1700 g eines Polymeren aus 99,5% Acrylnitril und 0,5% Acrylsäuremethylester mit einer relativen Viskosität von 2,85 (gemessen als 0,5%ige Lösung in Dimethylformamid [DMF]) wurden in 8300 g DMF zu einer homogenen Spinnlösung gelöst. Diese Lösung wurde nach dem Filtrieren mit 16,2 ml/Min. durch eine Einhundertlochdüse, Lochdurchmesser 0,06 mm, in ein Fällbad gedrückt, das aus 50% DMF und 50% Wasser bestand und eine Temperatur von 50 °C aufwies.

Die erhaltenen Fäden wurden nach einer Eintauchlänge von 50 cm mit einer Geschwindigkeit von 5,5 m/Min. abgezogen. In zwei nachfolgenden Streckbädern, bestehend aus 60% DMF und 40% Wasser wurden sie bei einer Temperatur von 99 °C auf 29,3 m/Min. verstreckt, in weiteren Bädern in Wasser gewaschen und aviviert und anschliessend auf zwei beheizten Duos mit Oberflächentemperaturen von 140 bzw. 185 °C unter Zulassung eines Schrumpfes von 0,7 m/Min. getrocknet. Die Verweilzeit auf dem ersten Duo mit einer Temperatur von 140 °C wurde so gewählt, dass der Faden beim Verlassen des Duos glänzend war, also keine Vakuolen mehr aufwies. Vom zweiten Duo wurde der Faden

mit 33,3 m/Min. abgezogen und über vier beheizte Platten, die den Faden abwechselnd von unten nach oben berührten, bei Temperaturen von 145, 145, 165 und 180 °C auf 95 m/Min. mit Hilfe eines unbeheizten Duos verstreckt und anschliessend auf Spulen aufgewickelt. Das effektive Gesamtverstreck-Verhältnis betrug 1 : 17,3, die mechanischen Eigenschaften der so erhaltenen Fäden (Typ A) sind in der Tabelle I zusammengestellt.

Besonders geeignete Fasertypen lassen sich auch durch eine zusätzliche Fixierbehandlung, z. B. mit heissen Kontaktflächen, Heissluft, Heisswasser, Wasserdampf, usw., nach der Kontaktverstreckung erhalten.

Für die im folgenden Ausführungsbeispiel verwendeten Fasern vom Typ B wurde die Fixierung auf zwei beheizten Duos ohne Zulassung eines Schrumpfes vorgenommen. Die Oberflächentemperaturen der Duos betragen 210 und 230 °C. Die textil-mechanischen Daten dieser Fasern sind in Tabelle I festgehalten. Durch die Fixierbehandlung konnte der Kochschrumpf von 9,5 auf 2,0% abgesenkt werden.

Nach dem oben beschriebenen Spinnverfahren (Variante A) wurden auch ein weiteres erfindungsgemäss verwendbares Polymer aus 99% Acrylnitrileinheiten und 1% Acrylsäuremethylestereinheiten mit einer relativen Viskosität von 2,84 (Typ C) und als Vergleich ein konventionelles Polymer mit 96% Acrylnitrileinheiten und 4% Acrylsäuremethylestereinheiten mit einer relativen Viskosität von 2,78 (Typ D) zu Fasern verarbeitet. Als Vergleich wurde zudem eine handelsübliche Polyacrylnitrilfaser für Textilzwecke (Typ E) folgender Zusammensetzung untersucht: 93,5% Acrylnitrileinheiten, 6% Acrylsäuremethylestereinheiten und 0,5% Methallylsulfonat.

Die mechanischen Eigenschaften der resultierenden Fasern sind in Tabelle I zusammengestellt.

Fasern aus Polymerisaten des Acrylnitrils mit einer molaren Konzentration von mindestens 98% Acrylnitrileinheiten, wie sie erfindungsgemäss verwendet werden, weisen eine genügende Alkalibeständigkeit auch bei erhöhten Temperaturen auf, um den eingangs erwähnten Anforderungen zu genügen.

Tabelle I  
Mechanische Eigenschaften von hochfesten Polyacrylnitrilfasern mit verschiedenen molaren Konzentrationen an Acrylnitril (gemessen an Einzelfasern)

	Typ A 99,5% AN	Typ B 99,5% AN	Typ C 99,0% AN	Typ D 96,0% AN	Typ E 93,5% AN
Titer dtex	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Festigkeit cN/tex	83	74	82	85	35
Bruchdehnung %	8,0	10,0	8,1	7,9	20

Für die Beurteilung dieser fünf Fasertypen bezüglich ihrer Eignung als Verstärkungsfaser in Zement wurden folgende Beispiele und Vergleichsversuche unter analogen Bedingungen verglichen, wie nachfolgend beschrieben.

#### Herstellung der Mischungen für die Verarbeitung auf einer Hatschek-Maschine Mischung 1 (Vergleichsbeispiel)

In einem Kollergang wurden 153 kg Asbest (Grade 4: Grade 5 = 1 : 3) mit 62 Liter Wasser während 30 Minuten gekollert. Der aufgeschlossene Asbest wurde hierauf in einen schnell laufenden Vertikalmischer eingetragen, in welchem

sich 1,5m<sup>3</sup> Wasser befanden. Nach zehnminütigem Rühren wurde in einen Horizontalmischer umgepumpt und 1 Tonne Zement mit einer spezifischen Oberfläche von 3000 bis 4000 cm<sup>2</sup>/g zugemischt. Diese Asbest-Zement-Aufschlammung wurde alsdann für die Weiterverarbeitung über eine Rührbütte der Hatschek-Maschine zugeführt.

Mischungen 2 bis 4 und Vergleichsbeispiele 5 bis 7  
In einem Solvopulver wurden 80 kg Altpapier (ohne Glanzpapier) und 15 kg Aluminiumsulfat in 1 m<sup>3</sup> Wasser während 10 Minuten gepulpt. Diese Fasersuspension wurde auf 2,5 m<sup>3</sup> verdünnt und 20 kg der zu testenden Polyacrylni-

trifaserproben von 6 mm Schnittlänge zugegeben, worauf während 5 Minuten weiter gepulpt wurde. Anschliessend wurden 45 kg pulverförmiges Calciumhydroxid zugesetzt und während 12 Minuten weiter gepulpt. Nach dem Umpumpen in einen Zementmischer wurden 1000 kg Zement mit einer spezifischen Oberfläche von ca. 3000 bis 4000 cm<sup>2</sup>/g während 15 Minuten eingemischt.

Zur Verbesserung des Zementrückhaltevermögens wurde in die Faser-Zement-Aufschlämmung noch 80 g eines Polyacrylamides («Separan NP-10», Dow Chemical Corporation) in Form einer 0,2%igen wässrigen Lösung zuge-mischt. Das nun vorliegende Gemisch wurde über die Rühr-bütte einer Hatschek-Maschine zugeführt.

Die Mischung 7 wurde ohne Polyacrylnitrilfasern, nur aus Altpapier und Zement, hergestellt.

#### Herstellung der Testplatten

Mit den obigen Mischungen 1 bis 7 wurden auf einer Hatschek-Maschine mit sieben Umdrehungen der Format-walze Platten von 6 mm Dicke hergestellt, welche zwischen geölten Blechen während 45 Minuten in einer Stapelpresse bei einem spezifischen Pressdruck von 250 bar auf eine Dik-ke von 4,8 mm gepresst wurden. Die Prüfungen der Platten erfolgten nach einer Abbindezeit von 28 Tagen, nachdem die Platten noch während 3 Tagen gewässert worden waren. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II  
Prüfresultate von Plättchen aus mit Polyacrylnitrilfasern verstärktem Zement

Mischungs-No.	Biegezugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	spezielle Schlagzähigkeit N/mm/mm <sup>2</sup>	Dichte der Platten g/cm <sup>3</sup>
1) Asbest (Vergleichsbeispiel)	29,2	1,8	1,76
2) PAN-Fasern Typ A mit 99,5% Acrylnitrileinheiten	26,3	2,7	1,76
3) PAN-Fasern Typ A mit 99,5% Acrylnitrileinheiten, fixiert	26,2	2,7	1,77
4) PAN-Fasern Typ C mit 99,0% Acrylnitrileinheiten	25,9	2,6	1,74
5) PAN-Fasern Typ D (Vergleichsbeispiel) mit 96,0% Acrylnitrileinheiten	21,8	2,7	1,76
6) PAN-Fasern Typ E (Vergleichsbeispiel) mit 93,5% Acrylnitrileinheiten	20,2	2,6	1,75
7) Cellulose-Zement-Mischung ohne PAN-Fasern (Vergleichsbeispiel)	18,5	2,2	1,74

Die Biegezugfestigkeiten der faserverstärkten Zement-plättchen zeigen, dass beim Einsatz von Polyacrylnitrilfasern mit weitgehend gleichen mechanischen Ausgangswerten überraschenderweise nur die erfindungsgemäss verwendeten Polyacrylnitriltypen, Typ A und B mit 99,5% Acrylnitrileinheiten und Typ C mit 99,0% Acrylnitrileinheiten einen wesentlichen Verstärkungsbeitrag in einer Zementmatrix zu er-bringen vermögen. Die spezifische Schlagzähigkeit wird von der Art der verwendeten Polyacrylnitrilfasern nicht beein-flusst. Die spezifische Schlagzähigkeit der Asbestzement-plättchen wird von derjenigen der Faserzementplättchen stark übertroffen. Für den praktischen Einsatz ist ausser der Schlagzähigkeit auch die Biegezugfestigkeit von ausschlag-gebender Bedeutung. Wie aus der obenstehenden Tabelle er-sichtlich, ergeben die erfindungsgemäss verwendbaren Fa-sern wesentlich höhere Werte als die Vergleichsfasern Typ D und Typ E.

In weiteren Versuchsbeispielen soll aufgezeigt werden, wie sich die erfindungsgemäss verwendeten Fasern auch in verschiedenen Faserdimensionen und in Kombination mit gebräuchlichen Füllstoffen bewähren. Die Versuche wurden gleich wie schon bei den Mischungen 2 bis 7 beschrieben, durchgeführt, wobei die zusätzlichen Füllstoffe dem Zement-mischer nach dem Eintragen des Zementes beigegeben wur-den. Die erfindungsgemäss verwendeten Fasern wurden wie folgt eingesetzt:

Mischung 8	
Portland-Zement	81,5%
Silica-Filterstaub (SiO <sub>2</sub> -Gehalt = 98,8% mittlere Teilchengrösse = 0,5 μ)	12,0%

Zellstofffasern (45°SR) 4,0%  
PAN-Fasern Typ B: 2,5%  
40 Diese Fasern wurden vorgängig auf 18 mm geschnitten und anschliessend mittels einer Schneidemühle («Condux» Typ CS 500/600-4) weiter aufgemahlen. Es resultierte fol-gende Faserlängenverteilung:  
4 mesh 10,2%  
14 mesh 19,6%  
35 mesh 33,2%  
100 mesh 26,9%  
200 mesh 9,7%  
> 200 mesh 0,4%  
50 («mesh» bedeutet hier: Maschen/Zoll).

Mischung 9  
55 Portland-Zement 82%  
Hochofenschlacke 8%  
Steinwolle 4%  
PAN-Fasern/Zellstoff-Gemisch 6%  
3 Teile PAN-Fasern, hergestellt nach Variante A mit ei-nem Gehalt von 98 Mol-% Acrylnitrileinheiten, mit einer Schnittlänge von 8 mm wurde vorgängig zusammen mit 2 Teilen Sulfatzellstoff in einem Kegelrefiner fibrillierend ge-mahlen. Diese Mischung wurde in einer Menge von 6% zu-gesetzt.  
65 Die beiden Mischungen 8 und 9 wurden wie oben be-schrieben, auf einer Hatschek-Maschine zu Testplatten ver-arbeitet und nach 28 Tagen Aushärten geprüft. Die Ergeb-nisse sind in Tabelle III zusammengestellt.

Tabelle III  
Prüfresultate von Plättchen aus mit Polyacrylnitrilfasern  
verstärktem und Füllstoffe enthaltendem Zement.

Mischungs- No.	Biegezugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	spezielle Schlagzähigkeit N/mm/mm <sup>2</sup>	Dichte der Platten g/cm <sup>3</sup>
8)	26,4	2,3	1,76
9)	26,6	2,4	1,85

5

Die Resultate in Tabelle III zeigen, dass die erfindungs-  
gemäss verwendeten Fasern auch verschieden aufbereitet  
und in Kombination mit verschiedenen Zusatzstoffen gute  
Festigkeitswerte ergeben. Während sich die Mischung 8 be-  
sonders leicht verarbeiten liess, konnten mit der Mischung 9  
höhere Dichten erreicht werden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65