

AR-Glasfasern als Mikrobewehrung zur Rissbreitenbeschränkung und Festigkeitssteigerung von Estrich und Beton

S. Hardmeier

Novacret AG Zürich, Schweiz

Vortrag gehalten an der Konferenz "Asia-Pacific Speciality Conference on Fibre Reinforced Concrete";
Singapore 28. - 29. August 1997

und veröffentlicht im Tagungsband "Proceedings of the Asia-Pacific Speciality Conference on Fibre Reinforced Concrete";

Herausgeber: T. S. Lok, 1997

AR-GLASFASERN ALS MIKROBEWEHRUNG ZUR RISSBREITENBESCHRÄNKUNG UND FESTIGKEITSSTEIGERUNG VON ESTRICH UND BETON

S. Hardmeier

Novacret AG Zürich, Schweiz

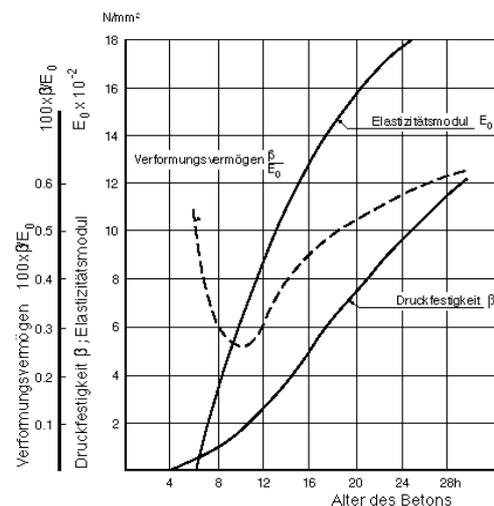
1. Einleitung

AR Glasfasern decken ein breites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten ab. Sie werden eingesetzt vom Betonzusatzstoff in Estrichen mit einem Fasergehalt von 0.04 Vol. % bis zur statisch wirksame Bewehrung mit 4 Vol. % Faseranteil im Fall von Bauteilen aus Glasfaserbeton, wie z.B. Fassadenelemente. Dieser Beitrag befasst sich mit AR-Glasfasern in Estrich und Beton mit Fasergehalten von 0.04 bis 0.2 Vol. %, das sind 1.0 bis 5.0 kg/m³.

Die Frührissbildung im Beton infolge frühzeitiger Zugbeanspruchung durch Schwinden, Temperaturänderung oder Verformung der Schalung kann die Gebrauchstauglichkeit, insbesondere die Dauerhaftigkeit, von Betonkonstruktionen entscheidend beeinflussen. Für Beton mit erhöhten Anforderungen bezüglich Wasserdichtigkeit, Korrosionsschutz der Bewehrung oder Ästhetik, müssen deshalb Massnahmen zur Rissbreitenbeschränkung getroffen werden.

2. Die Rissbildung im jungen Beton

2.1 Die Entwicklung des Verformungsvermögens von jungem Beton



Am jungen Beton kann es zur Volumenverringern kommen, die grösser ist als dessen Bruchdehnung. Zur Beurteilung der Rissgefährdung des jungen Betons muss man die Entwicklung der Bruchdehnung bzw. des Verformungsverhaltens einerseits und die Einflussfaktoren bezüglich Volumen- bzw. Längenänderungen andererseits kennen. Im Bild 1 (1) ist die Entwicklung von Verformungsvermögen und Druckfestigkeit des sehr jungen Betons dargestellt. Beim Übergang vom frischen, noch plastischen Beton zum festen Beton nimmt dessen Dehnfähigkeit rasch ab, durchläuft nach wenigen Stunden ein Minimum und steigt dann wieder an. Gleichzeitig nimmt die Betonfestigkeit nur langsam zu. Es ergibt sich eine kritische Phase während einiger Stunden. Infolge behinderter Verformung aus Schwinden und Temperaturänderung entwickeln sich Zwangs- und Eigenspannungen. Sobald diese die Betonzugfestigkeit überschreiten, entstehen Frührisse. Frührisse treten auch auf, wenn durch Verformung der Schalung die Dehnfähigkeit des Betons überschritten wird.

Bild 1: Verformungsvermögen von Beton

2.2 Schwinden

Schon kurz nach dem Einbringen des Betons tritt eine Volumenverringerung durch chemisches Schwinden ein. Bei der Hydratation wird Wasser chemisch gebunden. Es entstehen Reaktionsprodukte, die ein um ca. 8 % kleineres Volumen als die Ausgangsstoffe Wasser und Zement beanspruchen. In der Anfangsphase ist der Beton noch plastisch. Er kann sich in der Schalung setzen, es sei denn, er werde durch die Formgebung behindert. Allfällige Risse, die so entstehen, können durch Nachverdichtung wieder geschlossen werden. In dieser Phase ist eine Bewehrung unwirksam, weil noch kein Verbund zwischen Bewehrungsstahl und Zementmatrix besteht.

Durch Wasserabgabe an die Schalung und die Luft schwindet der erhärtende Beton. Kurz nach dem Betonieren bildet sich an der freien Betonoberfläche eine dünne Wasserschicht. Der Beton „blutet“. Dieses an der Oberfläche abgesetzte Wasser schützt den Beton zunächst vor dem Austrocknen. Betone mit einem hohen Mehlkorngehalt, die nicht zum Bluten neigen, sind deshalb stärker gefährdet durch frühes und rasches Austrocknen. Freie Betonoberflächen, die Sonnenbestrahlung und Wind ausgesetzt sind, trocknen besonders rasch aus. Solche Betonkonstruktionen sind ausgesprochen frührissegefährdet. Das Schützen vor Zugluft und Sonneneinstrahlung, das Abdecken mit Folien oder Matten sowie das Befeuchten der freien Oberfläche gehören deshalb zu den üblichen Nachbehandlungsmassnahmen. Besondere Vorsicht ist bei erhöhtem Mehlkorngehalt und hohem Wasserzementwert geboten. Fasern sind unter solchen Bedingungen eine effiziente Massnahme zur Erhöhung des Risswiderstandes.

Tabelle 1: Frührissebildung

Ursache	Rissbild	Massnahmen
Chemisches Schwinden	Mikrorisse Trennrisse	Faser-Mikrobewehrung Nachverdichtung
Scharfes Austrocknen	Schwindrisse, unregelmässig, oberflächlich bis durchgehend Rissbreite bis 1 mm	Optimierung des Mischungsaufbaus (Mehlkorngehalt und Wasserzementwert) Feuchte Nachbehandlung Abdeckung mit Folie oder Beschichtung Faser-Mikrobewehrung
Temperaturänderungen	Trennrisse bis 1 mm Schalenrisse, fein, unregelmässig	Optimierung des Mischungsaufbaus (Zementart und Zementgehalt) Kühlen Schutzmassnahmen gegen Wärmeabfluss Faser-Mikrobewehrung
Verformen der Schalung	Biegerisse	Stabile Schalung und Rüstung Faser-Mikrobewehrung

2.3 Temperatur

Der Temperaturanstieg durch Hydratation und allfällige Zufuhr von Wärme zur Schnellhärtung hat zunächst eine Volumenvergrösserung zur Folge. Der plastische Beton wird gestaucht, ohne dass es zur Schädigung kommt. Beim anschliessenden Abkühlen nach einigen Stunden jedoch entstehen nach Abbau der Druckreserven Zugspannungen, wenn sich der Beton in der Schalung nicht frei verformen kann. Durch rasche Abkühlung übersteigen die Zugspannungen die in diesem Zeitpunkt noch geringe Zugfestigkeit des Betons. Bei massigen Betonkörpern ergibt sich zudem innerhalb des Querschnitts ein Temperaturgefälle, das infolge Eigenspannungen Rissbildung in der äusseren Schale des Betons zur Folge hat. Man spricht in diesem Fall von Schalenrissen. Bei Platten mit einer vergleichsweise grossen Oberfläche kühlt sich der Beton rascher und gleichmässiger ab, so dass infolge Zwang durchgehende Risse entstehen können, sogenannte Trennrisse.

Als Vorbeugemassnahmen gegen Temperaturrisse kommen in Betracht:

- Optimierung des Mischungsaufbaus durch Einsatz eines langsamer härtenden Zementes und oder Reduktion des Zementgehaltes
- Kühlen des Frischbetons
- Schützen des jungen Betons vor rascher Abkühlung mittels wärmedämmender Matten
- Mikrobewehrung aus Fasern

2.4 Verformung der Schalung

Bereits eine leichte Verformung der Schalung in den ersten Stunden nach dem Betonieren kann zu unzulässigen Dehnungen im Beton und dadurch zur Rissbildung führen. Der Stabilität der Schalung und Rüstung ist deshalb

ebenso Beachtung zu schenken, wie dem Mischungsaufbau und der Nachbehandlung des Betons.

Kommt es zu einer ungünstigen Kombination dieser drei Einflüsse, so kann der Beton bereits wenige Stunden nach der Verarbeitung durch Risse derart geschädigt werden, dass Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit nicht mehr gewährleistet sind. Leider lassen sich diese Einflussfaktoren aber unter Baustellenbedingungen nicht ohne weiteres beherrschen.

3. Rissbeschränkung durch Faserbewehrung

Fasern sind ein geeignetes Mittel zur Erhöhung des Risswiderstandes bzw. Kontrolle der Frührisse. Sie werden dann eingesetzt, wenn erhöhte Anforderungen bezüglich Rissbeschränkung gestellt werden oder wenn der Beton besonders rissgefährdet ist. Weil sich dieser Rissbildungsmechanismus in der Frühphase abspielt, wenn der Beton noch sehr wenig Festigkeit besitzt, reicht bereits eine geringe Menge Fasern aus als Mikrobewehrung zur Aufnahme der Zugbeanspruchung aus Zwang- und Eigenspannungen. Dadurch verbessert sich das Rissverhalten des jungen Betons entscheidend. Die Mikrobewehrung in Form von Fasern ist aber nicht ein Ersatz für normale Vorsichtsmassnahmen, wie Nachbehandlung oder sorgfältige Betonzusammensetzung.

Tabelle 2: Fasereigenschaften

Eigenschaft	Einheit	Polypropylene	Stahl	AR Glas
Zugfestigkeit	MN/m ²	500 - 750	1'100	3'500
E-Modul	MN/m ²	5'000 - 18'000	200'000	74'000
Bruchdehnung	%	50 - 150	5 - 35	2
Rohdichte	g/cm ³	1.0	7.85	2.7
Länge	mm	18	60	13 - 25
Durchmesser	mm	0.035	0.8	0.013
Oberfläche	m ² /kg	125	1.0	115
Anzahl Fasern	per g	63'000	22	215'000

Als Mikrobewehrung des jungen Betons kommen grundsätzlich alle Fasern in Betracht, die sich in der Zementmatrix fein verteilen, eine ausreichende Festigkeit sowie einen genügend hohen E-Modul aufweisen und in einem frühen Zeitpunkt einen guten Verbund mit dem Zementleim eingehen. Die verschiedenen Verstärkungsfasern unterscheiden sich in ihren Eigenschaften zum Teil beträchtlich.

Aus der Gegenüberstellung ist ersichtlich, dass Stahlfasern zwar eine gute Festigkeit und einen günstigen E-Modul aufweisen, jedoch aufgrund ihres grossen Faserdurchmessers bzw. der kleinen spezifischen Oberfläche nicht als Mikrobewehrung bezeichnet werden können. In der Frühphase des Betons ist der Verbund zwischen Matrix und Fasern ungenügend. Die Zugfestigkeit der Stahlfasern kann nicht aktiviert werden

Polypropylen und AR-Glasfasern hingegen sind aufgrund ihrer günstigen geometrischen Bedingungen geeignete Mikrobewehrungen. Der Verbund Fasern/Matrix kommt rasch zustande. Es darf daher erwartet werden, dass sie einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung des Frührisswiderstandes leisten.

NEG AR-Glasfasern des Typs ACSH-530X sind durch das Deutsche Institut für Bautechnik Berlin allgemein bauaufsichtlich zugelassen zur Verwendung in Beton nach DIN 1045 "Zur Verbesserung der Biegezug- und Zugfestigkeit (Rissverhalten) und der Schlagzähigkeit, insbesondere während der Erhärtungszeit des Betons" (Zulassungsbescheid Nr. Z - 31.2 - 123) (2).

Sie zeichnen sich aus durch eine grosse Zugfestigkeit, einen hohen E-Modul, günstige Rohdichte im Vergleich zum Beton, günstiges Verhältnis Querschnitt/Oberfläche und die sehr feine Verteilung in der Zementmatrix.

4. Versuchsprogramm zur Faseroptimierung

4.1 Schwindversuche an Estrich-Versuchsplatten.

Fasern als Betonzusatzmittel von Estrichen sind eine verbreitete Methode zur Rissbeschränkung in Estrichen. Zur Beurteilung der Wirkungsweise verschiedener Formen von Faserbewehrungen auf das Frührissverhalten führten wir im Betonfertigteilwerk der StahlTon AG, Zürich, eine Reihe von Versuchen durch, bei denen durch scharfes Austrocknen Frührisse erzeugt wurden. In Anlehnung an den von Wischers und Manns beschriebenen Versuchsaufbau

(3) stellten wir Platten mit einheitlichem Ausgangsbeton, jedoch verschiedenen Bewehrungsformen her. Die Versuchsplatten wurden während 6 Stunden durch Zugluftbeanspruchung scharf ausgetrocknet und dabei die Rissbildung laufend notiert. Aus einer grossen Zahl von Einzelversuchen wurden bezüglich Rissverhalten wesentliche Erkenntnisse gewonnen (4):

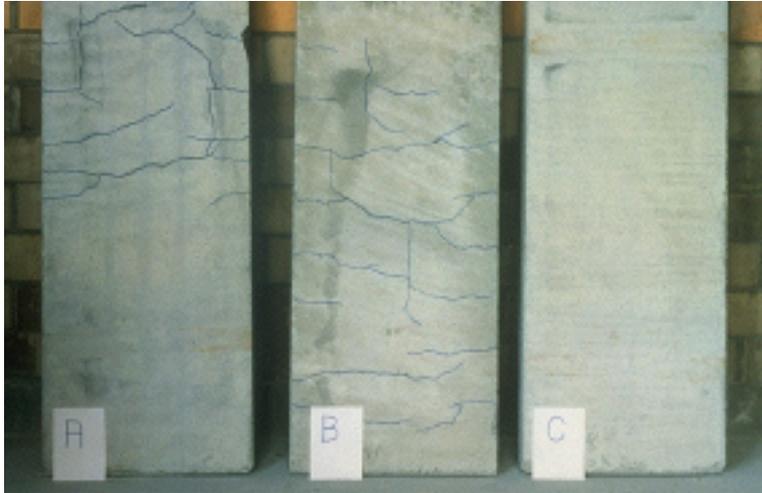


Bild 2: Rissbilder an Versuchsplatten

A= unbewehrte Estrich-Platte (Kontrolle)
 B= Estrich-Platte mit Betonstahlmatten Q131
 C= Estrich-Platte mit 1 kg/ m³ AR Glasfasern NEG ACS13S-453

- Bezüglich Rissbeschränkung wurden mit Polypropylen und AR-Glasfasern bei gleicher gewichtsmässiger Dosierung vergleichbare Resultate erzielt. Mit einer konstruktiven Bewehrung aus Betonstahlmatten Q131 oder Stahlfasern wurden bezüglich Rissverteilung hingegen keine befriedigenden Resultate erzielt. Es traten unregelmässig verlaufende, bis 1 mm breite Risse auf. Das Rissverhalten war vergleichbar mit dem des Ausgangsbetons ohne Bewehrung.
- Mit steigendem Fasergehalt nimmt die Rissneigung erwartungsgemäss ab. Wasserdispergierende AR-Glasfasern des Typs NEG ACS13S-453, die sich beim Einmischen vereinzeln, führten in einer Dosierung von 1.0 kg/ m³, entsprechend 0.037 Vol. %, zur Rissfreiheit. Sie zeigen im Vergleich zu integralen Fasern bei gleicher Zugabemenge insgesamt eine bessere Wirkung hinsichtlich der Reduzierung bzw. Vermeidung von Frührisen im jungen Beton.

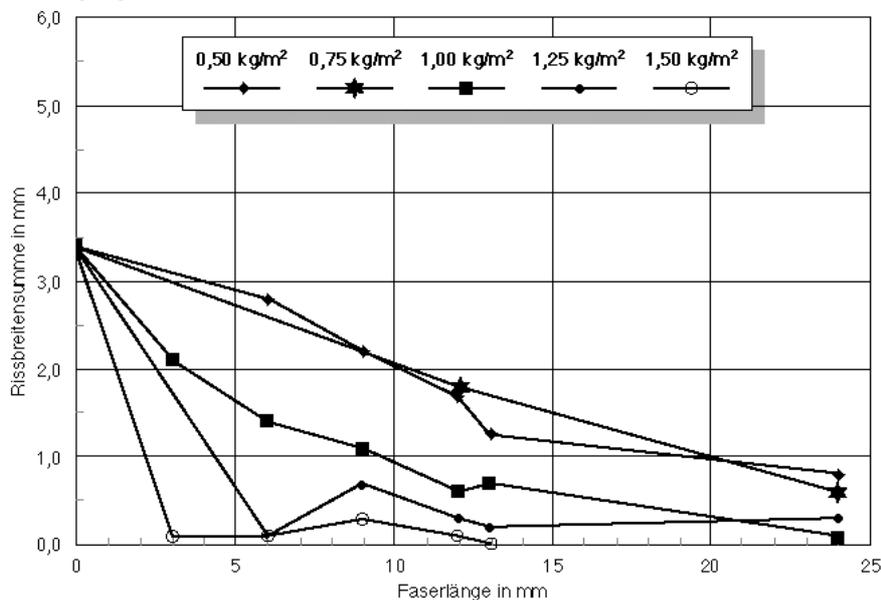
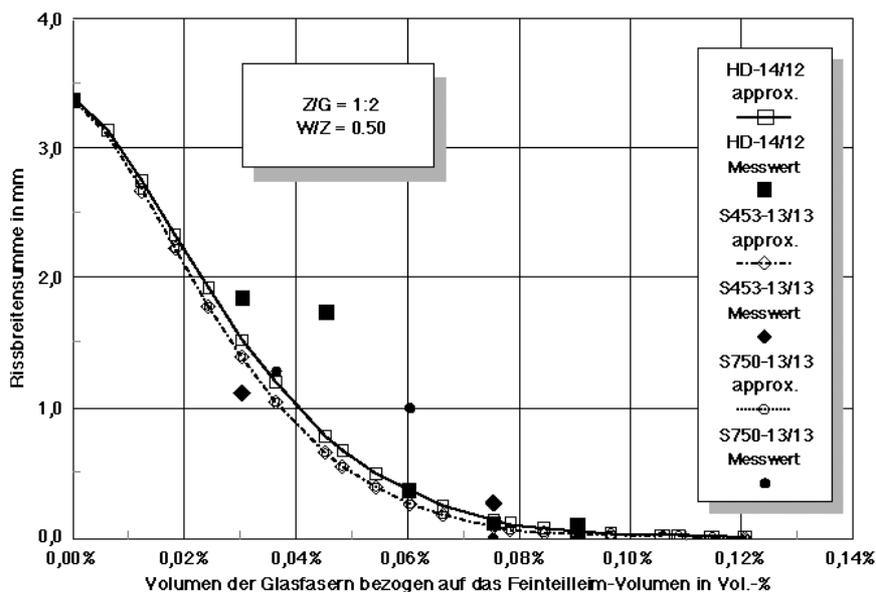


Bild 3: Rissweiten-summe in Abhängigkeit von der Zugabemenge an wasserdispergierenden AR-Glasfasern und der Faserlänge

- Die Wirksamkeit von AR-Glasfasern wird ausserdem bestimmt durch Faserlänge und wirksame Faseroberfläche. Dieser Zusammenhang ist im Bild 3 dargestellt. Daraus geht hervor, dass 1.0 kg/m³ wasserdispergierende AR-Glasfasern der Länge 13 mm die Rissbreitensumme um den Faktor 5 reduzieren. Wird die Faserlänge verdoppelt, erhöht sich dieser Reduktionsfaktor auf 20. Bei einer Dosierung ab 1.25 kg/m³ und einer Faserlänge von 13 mm beträgt der Reduktionsfaktor der Rissbreitensumme 15.
- Nach den vorliegenden Ergebnissen darf angenommen werden, dass die erforderliche Zugabemenge der AR-Glasfasern unter anderem vom vorhandenen Volumenanteil des Feinteilleims (Zement und übrige Mehlkorn) abhängig ist und über diesen bestimmt werden kann



Für die praktische Anwendung kann allgemein ausgesagt werden, dass wasserdispergierende Fasern dann eingesetzt werden, wenn ausschliesslich eine Rissbildung im jungen Beton unterbunden werden soll. Wird eine statische Wirksamkeit der Fasern angestrebt, sind integrale Fasern erforderlich, die beim Einmischen als Bündel erhalten bleiben. Diese integralen AR-Glasfasern verhindern bei entsprechender Dosierung (grösser 3.0 kg/m³) ebenfalls die Rissbildung im jungen Beton. Wo die Festigkeitseigenschaften des Betons neben dem Rissverhalten von Bedeutung sind, werden deshalb in der Regel integrale AR-Glasfasern mit einem Volumenanteil von 0.1 - 0.3 %, entsprechend 3.0 - 8.0 kg/m³ Beton eingesetzt.

Bild 4: Rissbreitensumme in Abhängigkeit von der Zugabemenge bezogen auf das Feinteilvolumen

AR Glasfasern zeichnen sich gegenüber Kunststofffasern bei gleichen oder grösseren Massenanteilen aus durch ihre sehr gute Verarbeitbarkeit. Die Fasern lassen sich gut einmischen und verteilen sich im Beton dank günstiger Rohdichte (2.7 g/cm³) homogen, ohne an der Oberfläche aufzustehen und dadurch die Bearbeitbarkeit zu beeinträchtigen.

4.2 Druck- und Biegezugfestigkeit von Estrichen

Es wurde festgestellt, dass bereits geringe Mengen von AR-Glasfasern in Estrichen einen deutlich positiven Einfluss auf die Früh- und Endfestigkeit haben.

In einem ersten Versuch wurden von einem auf der Baustelle verarbeiteten Estrich Prüfkörper in den Abmessungen 4x4x16 cm entnommen, zwecks Bestimmung der Druck- und Biegezugfestigkeit nach 7, 28 und 90 Tagen.

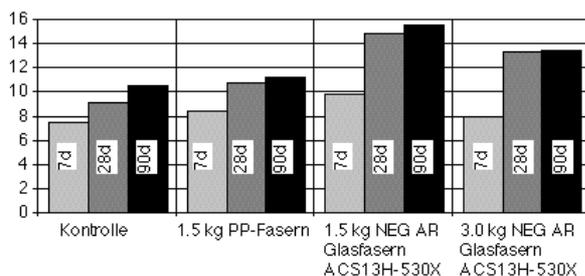


Bild 5: Druckfestigkeit von Estrich 1 [N/mm²]

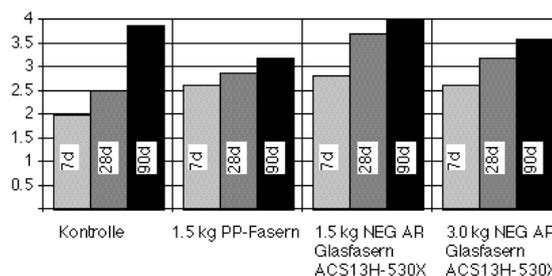


Bild 6: Biegezugfestigkeit von Estrich 1 [N/mm²]

Druck- und Biegezugfestigkeit dieses baustellenmässig verarbeiteten Betons lagen nach 28 Tagen mit 9.7 N/mm^2 , bzw. 2.5 N/mm^2 vergleichsweise tief. Solche Estriche werden jedoch recht häufig im Wohnungsbau eingesetzt. Durch Faserzugabe konnte je nach Art und Menge der Fasern die Festigkeit mehr oder weniger deutlich gesteigert werden. Dabei ergaben sich mit 1.5 kg/m^3 NEG AR-Glasfasern des Typs ACS13H-530X mit Abstand die besten Festigkeitswerte. Der Festigkeitsanstieg nach 28 Tagen betrug mehr als 60 % bzw. 48%. Wurde der Anteil der AR-Glasfasern auf 3.0 kg/m^3 erhöht, war der Festigkeitsanstieg weniger ausgeprägt. Dies bedeutet, dass der optimale Fasergehalt tiefer als bei 3.0 kg/m^3 liegt. Bei 1.5 kg/m^3 Polypropylenfasern war der Festigkeitsgewinn gegenüber dem Ausgangsestrich vergleichsweise bescheiden.

In einem weiteren Versuch wurden die Festigkeitswerte an einem labormässig hergestellten Estrich geprüft. Dabei betrug der Fasergehalt sowohl für Polypropylen sowie für AR-Glasfasern 1.0 kg/m^3 .

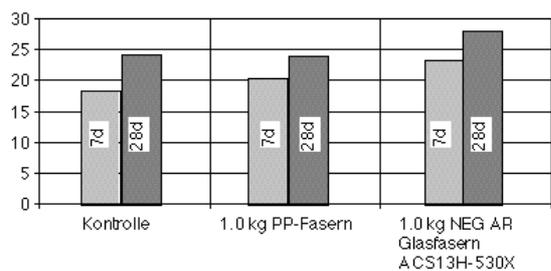


Bild 7: Druckfestigkeit von Estrich 2 [N/mm²]

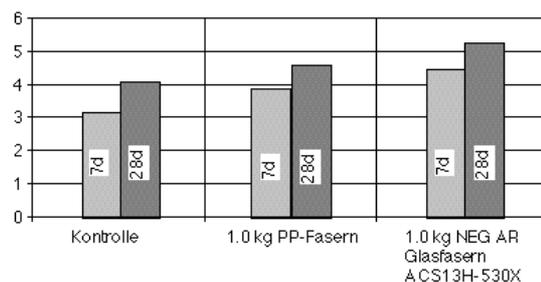


Bild 8: Biegezugfestigkeit von Estrich 2 [N/mm²]

Der Ausgangsestrich hatte nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 24.3 N/mm^2 und eine Biegezugfestigkeit von 4.1 N/mm^2 . Wie im ersten Versuch fiel der Festigkeitsgewinn durch Zugabe von AR-Glasfasern mit bis zu 30 % und mehr wesentlich deutlicher aus als bei den Polypropylenfasern. AR-Glasfasern bewirken bereits in kleinen Mengen an Estrichen mit niedriger Festigkeit nicht nur eine zuverlässige Rissbeschränkung, sondern sie verbessern auch entscheidend deren mechanischen Eigenschaften. Die Kosten für diese Qualitätsverbesserung sind äusserst bescheiden. Für einen 6 cm dicken Estrich werden pro m^2 lediglich 60 g Fasern benötigt.

4.3. Biegezugfestigkeit von Beton

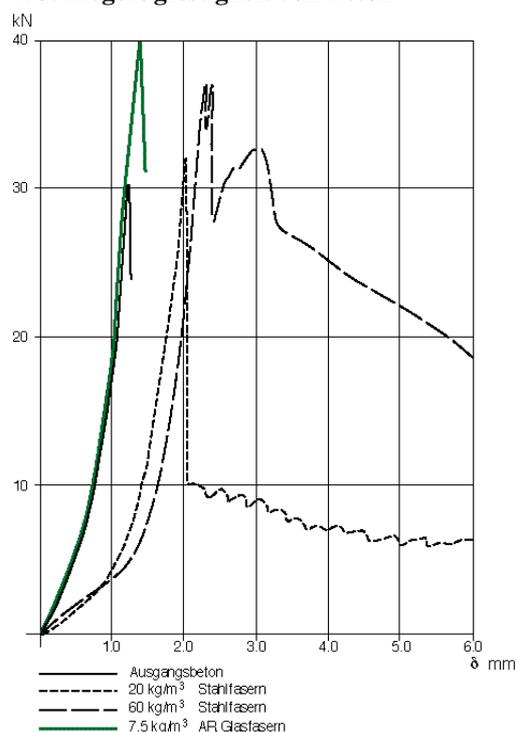


Bild 9: Biegeprüfung an Balken $15 \times 15 \times 60 \text{ cm}$ nach 7 Tagen

Mit steigendem Zementgehalt bzw. höherer Festigkeit des Betons muss der Fasergehalt vergrössert werden, um bei den mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes eine gezielte Verbesserung zu erzielen. Dieser Fragestellung gingen wir nach anhand von Prüfungen, die an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (ETHZ) durchgeführt wurden. Im Fertigteilverk wurden wir Balken mit den Abmessungen $15 \times 15 \times 60 \text{ cm}$ her, an denen Biegezugprüfungen im Alter von 7 Tagen durchgeführt wurden. Neben dem Ausgangsbeton der Festigkeitsklasse C60/70 prüften wir Balken mit 20 kg/m^3 und 60 kg/m^3 Stahlfasern und solche mit 7.5 kg/m^3 NEG AR-Glasfasern des Typs ACS13H-530X.

Im Bild 9 sind Bruchlast- und Lastdehnungslinie von 4 typischen Biegeprüfungen dargestellt. Erwartungsgemäss wurden mit einer Stahlfaserbewehrung das Nachrissverhalten und das Arbeitsvermögen des Betons mit steigendem Fasergehalt günstig beeinflusst. Gegenüber dem Ausgangsbeton wurde die Biegezugfestigkeit gesteigert, allerdings nur bei einem vergleichsweise hohen Stahlfasergehalt. Stahlfasern in einer Menge von lediglich 20 kg/m^3 Beton bewirkten bezüglich Biegezugfestigkeit keine Verbesserung und, was die Nachrissfestigkeit anbetrifft, nur sehr wenig.

7.5 kg AR-Glasfasern des Typs ACS13H-530X ergaben eine Steigerung der Biegezugfestigkeit gegenüber dem Ausgangsbeton um gegen 20 %, jedoch keine feststellbare Nachrissfestigkeit.

Dies bestätigt die Annahme, dass AR-Glasfasern in einer Dosierung von 0.3 Vol. % wohl ein wirksames Mittel sind zur Verbesserung des Frührisserhaltens und der Biegezugfestigkeit am ungerissenen Querschnitt (Zustand 1), nicht jedoch bezüglich Nachrisserverhalten bzw. Arbeitsvermögen einen entscheidenden Einfluss haben.

4.4 Druck- und Spaltzugfestigkeit

Bei vielen Anwendungen, z.B. in Kombination mit Vorspannung, sind neben dem Rissverhalten des jungen Betons dessen Frühfestigkeit von Interesse. Zur weiteren Optimierung von Art und Menge der AR-Glasfasern führten wir deshalb an der Technischen Universität Aachen eine Versuchsreihe zur Bestimmung der Entwicklung von Zylinderdruckfestigkeit und Spaltzugfestigkeit im Alter von 12 h, 24 h, 72 h und 28 d durch. Die Versuchsreihe umfasste insgesamt 15 verschiedene Betonrezepturen mit runden und gebrochenen Zuschlägen mit einem Grösstkorn von 16 mm. Der Zementgehalt variierte zwischen 300 und 400 kg/m³, der Fasergehalt von 3.0 bis 7.5 kg/m³, entsprechend 0.86 bis 2.17 % bezogen auf den Zement. 3 verschiedene Arten von AR-Glasfasern gelangten zur Anwendung.

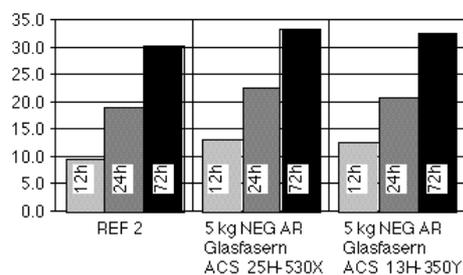


Bild 10: Zylinderdruckfestigkeit von jungem Beton [N/mm²]

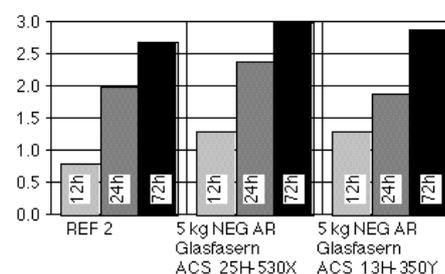


Bild 11: Spaltzugfestigkeit von jungem Beton [N/mm²]

Die Versuchsergebnisse bestätigten wichtige Erkenntnisse aus Vorversuchen:

- AR-Glasfasern als Betonzusatzstoff im Bereich von 3.0 bis 7.5 kg/m³ beeinflussen die Frühfestigkeit von Beton günstig. Bei allen Prüfungen resultierten höhere Zylinderdruckfestigkeiten. Auch bei der Spaltzugfestigkeiten wurden deutliche Festigkeitssteigerungen erzielt.
- Besonders günstige Resultate wurden erzielt mit NEG AR-Glasfasern des Typs ACS25H-530X bei einer Dosierung von 1.4 % bezogen auf das Zementgewicht. Nach 12 h ergab sich gegenüber dem Ausgangsbeton eine Steigerung der Zylinderdruckfestigkeit von 37 % und der Spaltzugfestigkeit um 62 %.
- Die Versuche bestätigten, dass mit längeren Fasern und feineren Faserbündeln bessere Wirkungen erzielt werden. Höhere Dosierungen bis 7.5 kg/m³ führen ebenfalls zu besseren Resultaten bezüglich Festigkeitsentwicklung.

Anhand von Schlibfbildern am jungen Beton konnte die positive Wirkung der AR-Glasfasern auf die Minderung der Mikrorisse bestätigt werden. Nur am Ausgangsbeton ohne Faserbewehrung traten im Grenzbereich zu den Zuschlagkörnern und durch die Matrix hindurch Mikrorisse auf. Die ausgeprägte Steigerung der Frühfestigkeit lässt sich unter anderem auf dieses günstige Rissverhalten zurückführen.

Die wichtigsten Resultate aus diesen Prüfungen sind in den Bildern 10 und 11 zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Darstellung aller Resultate und Erkenntnisse aus dieser Versuchsreihe würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen. Es wird deshalb auf den Versuchsbericht der Technischen Universität Aachen verwiesen (5).

Es kann gefolgert werden, dass AR-Glasfasern als Betonzusatzstoff die Eigenschaften von Estrich und Beton bezüglich Frührisserbildung und Festigkeitsentwicklung allgemein positiv beeinflussen, ohne dass dabei die Verarbeitbarkeit beeinträchtigt wird. Dies kann weder für Kunststoff noch für Stahlfasern angenommen werden. Im Einzelfall lohnt es sich, durch Eignungsversuche Art und Zugabemenge der AR-Glasfasern weiter zu optimieren. Damit können dem Beton anwendungsbezogen gezielt jene Eigenschaften verliehen werden, die seine Gebrauchstauglichkeit, insbesondere die Dauerhaftigkeit, bestimmen.

5. Anwendungsbeispiele

5.1 Parkdeck, Hamburg



Bild 12: Betonverarbeitung auf der Baustelle



Bild 13: Betonverarbeitung auf der Baustelle

Beim Parkdeck Mr. Wash in Hamburg ging es darum, dem Bauwerk aus vorgespanntem und teilweise schlaff bewehrtem Beton bezüglich Rissverteilung ein günstiges Verhalten zu verleihen. Dies wurde erreicht durch Kombination von AR-Glasfasern als Betonzusatzstoff und Vorspannung. Mit dieser Kombination können die aus Eigenspannung, Last und Zwang auftretenden Beanspruchungen im Beton in jeder Phase aufgenommen werden, ohne dass es zu unzulässigen Rissen kommt. Dadurch darf beim streusalzbelasteten Beton eine deutlich bessere Dauerhaftigkeit erwartet werden.

Die Ausgangsrezeptur des Betons für dieses Objekt wurde mit Ausnahme der Faserzugabe nicht verändert, das heisst der Wasserzementwert musste nicht erhöht werden. In den fertig gemischten Werkbeton wurden 3 kg/m^3 NEG AR-Glasfasern des Typs ACS13H-530X zugegeben und eine Minute eingemischt. Die Konsistenz des Frischbetons änderte sich zwar durch die Faserzugabe geringfügig, hatte jedoch bezüglich Verarbeitbarkeit auf der Baustelle keinen negativen Einfluss, sowohl beim Einbringen, wie beim anschließenden Glätten. Der Transport erfolgte im langsam laufenden Fahrmischer. Eine Kontrolle auf der Baustelle ergab, dass die AR-Glasfasern trotz längerer Transport- und Standzeit im Fahrmischer ungeschädigt im Beton homogen verteilt waren.

Literaturverzeichnis

- (1) H.-J. Wierig: Frischbeton und Bauwerksqualität, beton 5/83, p 175
- (2) Institut für Bautechnik Berlin: Zulassungsbescheid Z -31.2 - 123 Glasfasern "NEG-ARG für Verwendung in Beton" 1997
- (3) G. Wischers, W. Manns: Ursachen für das Entstehen von Rissen im jungen Beton, beton 4/73 und 5/73
- (4) M. Bayer: FB-1/96: Zum Einfluss von AR Glasfasern auf die Widerstandsfähigkeit von Estrich / Beton gegenüber Frühschwindrissbildung (Veröffentlichung in Vorbereitung)
- (5) Versuchsbericht der TU Aachen (Veröffentlichung in Vorbereitung)