

VERGLEICH ANWENDBARKEIT VON STAHLFASERN UND POLYPROPYLEN-MAKROFASERN IN DEUTSCHLAND, MÄRZ 2025

Immer wieder gibt es Fragen und unterschiedliche Aussagen über die Verwendbarkeit von PP-Makrofasern (auch Polymerfaser, Polypropylen-Makrofasern, Kunststofffaser genannt) in Deutschland. Während die Anwendung von Stahlfaserbeton und die positiven Einflüsse der Stahlfasern auf die Betoneigenschaften hinreichend bekannt sind und bereits in Anwendungsnormen überführt wurden, gibt es zur Verwendung von Polymerfasern aus Polypropylen weiterhin Unklarheiten.

In diesem Merkblatt werden Produkteigenschaften aufgezeigt und die Produktregelung abgebildet sowie die baurechtlich erforderlichen Aspekte für die Verwendung dieser Produkte in bauaufsichtlich untergeordneten bzw. relevanten Bauteilen dargestellt.

Eigenschaften und Einflüsse beider Fasertypen auf den Beton, Anwendungsbereiche und Regelwerke werden beschrieben und gegenübergestellt.

Beton mit Stahlfasern

- Bauaufsichtlich eingeführte **Regelwerke** zur Bemessung **vorhanden**
- **Tragende** und **nicht tragende Bauteile** sowie Kombination mit Betonstahlbewehrung **möglich**
- Ansatz für **Langzeitwirkung eindeutig geregelt**/festgelegt
- Stahlfasern **können** am Lebensende wiedergewonnen werden und in **die Kreislaufwirtschaft zurückgeführt werden**.

→ Die statische Anrechenbarkeit von Stahlfasern ist durch die vorhandenen Regelwerke gewährleistet.

Beton mit PP-Makrofasern

- **Keine** bauaufsichtlich eingeführten **Regelwerke für die Bemessung vorhanden**
- **Bemessung** statisch wirksam mit **zusätzlicher abZ / ZiE möglich**
- **Kein Ansatz der Langzeitwirkung** möglich.
- PP-Makrofasern **können** am Lebensende nicht wiedergewonnen werden und **nicht in die Kreislaufwirtschaft zurückgeführt werden**.

→ Die statische Anrechenbarkeit von PP-Makrofasern ist möglich, wenn neben der abZ für das Produkt ein weiterer Verwendbarkeitsnachweis durch eine abZ oder ZiE gegeben ist.

BAURECHTLICHE REGELUNG FÜR DEUTSCHLAND:

Für Stahlfasern gilt die Produktnorm DIN EN 14889-1 [1] und für PP-Makrofasern, die DIN EN 14889-2 [2].

Die Verwendung von Stahlfasern in Bauteilen aus Beton nach DIN EN 206/DIN 1045 [3,4] ist in der Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) „DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton“ [5] geregelt. Für Industrieböden, die nicht den Landesbauordnungen (LBO) unterliegen, dienen die DBV Merkblätter „Industrieböden aus Beton“ [6] und „Industrieböden aus Stahlfaserbeton“ [7] als Stand der Technik. Für PP-Makrofasern gibt es kein Regelwerk für Anwendungen in Beton nach [3,4]. Für die Verwendung in Beton nach [3,4] benötigen PP-Makrofasern in Deutschland zusätzlich eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) des Deutschen Instituts für

Bautechnik (DIBt) als Verwendbarkeitsnachweis. Bauprodukte aus Beton nach [3,4], bei denen die Festigkeitseigenschaften der Fasern statisch in Rechnung gestellt werden, bedürfen einer gesonderten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE). Aktuell gibt es keine abZ, die die statische Ansetzung von PP-Makrofasern ermöglicht. PP-Makrofasern können in bauaufsichtlich untergeordneten Bauteilen eingesetzt werden, wenn dies ausdrücklich im Bauvertrag geregelt ist, da hinsichtlich der Bemessung (Ansatz der statischen Wirksamkeit der PP-Makrofasern) nicht auf allgemein anerkannte Regeln der Technik zurückgegriffen werden kann.

DAUERHAFTIGKEIT UND LANGZEITWIRKUNG

Während die Dauerhaftigkeit und die Langzeitwirkung auf die Nachrisszugfestigkeit von Stahlfaserbeton durch die DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ abgesichert sind, gibt es für die Verwendung von PP-Makrofasern kein entsprechendes Regelwerk.

Bei PP-Makrofasern gibt es in Bezug auf das Langzeitverhalten einen Leistungsabfall durch Kriechen. Zudem gibt es bei

PP-Makrofasern eine Änderung der Leistung in Abhängigkeit der Temperatur. In jeder abZ für PP-Makrofaser ist Folgendes enthalten:

„Der Beitrag der Polymerfaser zum Tragwiderstand eines Faserbetonbauteils ist temperatur- und zeitabhängig und ist durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall nachzuweisen“, z. B.: [8].

STAHLFASERN	PP-MAKROFASERN
ÜBLICHE GEOMETRIE (l_f, \varnothing_f)	
$l_f = 30 - 60 \text{ mm}$ $\varnothing_f = 0,4 - 1,2 \text{ mm}$	$l_f = 30 - 60 \text{ mm}$ $\varnothing_f = 0,3 - 1,5 \text{ mm}$
PRODUKTNORM	
DIN EN 14889-1	DIN EN 14889-2
MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN	
Zugfestigkeit: 1.000 bis 3.000 N/mm ² Elastizitätsmodul: ~ 210.000 N/mm ²	Zugfestigkeit: 300 bis 600 N/mm ² Elastizitätsmodul: 3.000 bis 5.000 N/mm ²
EINFLUSS AUF FRISCHBETONEIGENSCHAFTEN (KONSISTENZ, LUFTPORENGEHALT)	
<ul style="list-style-type: none"> • Übliche Gehalte bei Industrieböden: 15 bis 40 kg/m³ [9] • Auch bei höheren Faserdosierungen sind bei Normalbetonen keine negativen Auswirkungen auf Luftporengehalte zu erwarten. • Ein möglicher, leichter Rückgang der Konsistenz wird durch die Fließmitteldosierung ausgeglichen. <p>→ Siehe AST-Merkblatt „Stahlfaserbeton-Rezepturen für Industrieböden in Deutschland“</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Übliche Gehalte bei Industrieböden: 2 bis 6 kg/m³ • Bei höheren Faserdosierungen kann es zu einer deutlichen Reduktion der Konsistenz kommen. Zudem können sich unplanmäßig hohe Luftporengehalte einstellen. • Kunststofffasern neigen aufgrund der geringen Dichte von rd. 0,91 kg/m³ zum Aufschwimmen und dadurch kann es zu einer Ansammlung an der Betonoberfläche kommen.
FEUERWIDERSTAND	
<ul style="list-style-type: none"> • Genauso anzusetzen wie bei (Stahl-) Beton. Gemäß der DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ [5] gelten für den Nachweis des Feuerwiderstandes von Bauteilen aus Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung die Regelungen von DIN EN 1992-1-2 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-2/NA [10]. <p>Es gibt z. B. Brandschutzwände aus Stahlfaserbeton [11].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PP-Makrofasern schmelzen ab rd. 165 °C. Es bleibt kein Bewehrungseffekt nach dem Brandfall erhalten (Quelle z. B.: [8]), was zum frühen Versagen des Bauteils führen kann.
KORROSION	
<ul style="list-style-type: none"> • Stahlfasern, die im Beton an der Oberfläche sichtbar sind, können bei entsprechender Exposition rosten. <p>Siehe Dauerhaftigkeit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Korrosion.

STAHLFASERN

ANWENDUNGSNORM

Bauaufsichtlich relevant:

- DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“, Ausgabe 2021-06 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 [3, 4, 5, 10, 12, 13].
- DAfStb-Richtlinie - Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabedatum 2011-03 [14]. Bei Verwendung von Stahlfaserbeton mit Verweis auf die DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“.
- DAfStb-Richtlinie - Betonbau beim Umgang mit wasser-gefährdenden Stoffen (BUMWS). Ausgabedatum 2017-12 [15]. Bei Verwendung von Stahlfaserbeton mit Verweis auf die DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“.

Bauaufsichtlich untergeordnet:

- DBV-Merkblatt Industrieböden aus Stahlfaserbeton, Ausgabe: 2013-07 [7]. Das Merkblatt nimmt Bezug auf die DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“. Es behandelt die Bemessung und Ausführung von Industrieböden aus Stahlfaserbeton sofern an diese keine bauordnungsrechtlichen Anforderungen gestellt werden.
- DBV-Merkblatt Industrieböden „Industrieböden aus Beton“, Ausgabe: 2017-02 [6]. Das Merkblatt gibt Hinweise zur Planung und Ausführung von Betonflächen, die als Industrieböden vorgesehen sind. Das Merkblatt erarbeitet keine eigenen Hinweise zur Bemessung, nimmt allerdings hinsichtlich Bemessung Bezug auf das DBV-Merkblatt Industrieböden aus Stahlfaserbeton.

PP-MAKROFASERN

Bauaufsichtlich relevant:

- Nach DIN 1045-2 und EN 206 geregelt, aber keine bauaufsichtlich eingeführte Anwendungsnorm in Deutschland.
- Ein rechnerischer Ansatz darf nur in Verbindung mit einer Zustimmung im Einzelfall oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erfolgen.
- Es ist keine allgemein bauaufsichtliche Zulassung für eine Bauteilverwendung mit PP-Makrofasern bekannt.

Bauaufsichtlich untergeordnet:

- Aktuell ist kein Regelwerk für die Bemessung untergeordneter Bauteile unter Verwendung von PP-Makrofasern vorhanden.
- Bauaufsichtlich untergeordnete Bauteile können, abweichend von den allgemein anerkannten Regeln der Technik, vertraglich zwischen den Vertragsparteien vereinbart werden. Der Bauherr ist darüber aufzuklären.
- Das Merkblatt „Industrieböden aus Beton“ [6] gibt Hinweise zur Planung und Ausführung von Betonflächen, die als Industrieböden vorgesehen sind. Das Merkblatt erarbeitet keine eigenen Hinweise zur Bemessung. Faserbeton mit PP-Makrofasern ist als unbewehrt zu bemessen.

DAUERHAFTIGKEIT / LANGZEITWIRKUNG / KRIECHVERHALTEN

- Die Dauerhaftigkeit von Stahlfaserbeton ist gemäß [5] abgesichert. Demnach gelten die Mindestbetondeckungen $c_{min, dur}$ nur für gegeben falls eingelegten Betonstahl, nicht jedoch für die Stahlfasern. Faser können oberflächen-nah korrodieren und gegeben falls Rostverfärbungen verursachen. Eine Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit ist damit nicht gegeben.
- Die Langzeitwirkungen auf die Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons werden gemäß [5] durch einen auf das Bemessungskonzept abgestimmten Abminderungsbeiwert ($\alpha_f = 0,85$) berücksichtigt.

- Ein Abtrennen/Abflämmen herausstehender PP-Makrofasern (vgl. Einfluss auf die Frischbetoneigenschaften) kann zu einer Beeinträchtigung der Betonoberfläche führen und folglich die Dauerhaftigkeitseigenschaften negativ beeinflussen.
- In allen aktuell gültigen abZ für Polymerfasern wird darauf hingewiesen, dass der Beitrag der Polymerfaser zum Tragwiderstand eines Faserbetonbauteils temperatur- und zeitabhängig (Kriechen) ist. Dies ist durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall nachzuweisen.
- Umfangreiche Forschungen haben hohe Kriechverformungen bei Kunststofffaserbetonbalken auch unter niedrigen Lastniveaus festgestellt [16].

Eine Langzeitwirkung auf die Nachrisszugfestigkeit kann für Beton mit PP-Makrofasern nicht berücksichtigt werden [17].

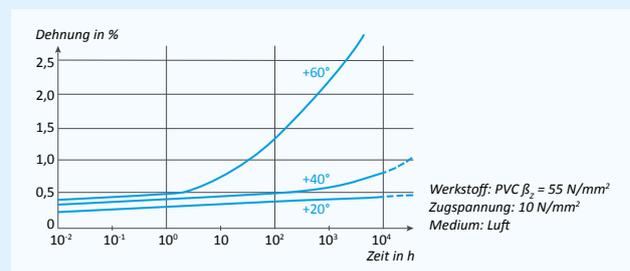
STAHLFASERN

PP-MAKROFASERN

TEMPERATUREINFLUSS

Keine Einflüsse

- Die mechanischen Eigenschaften von PP-Makrofasern im üblichen Gebrauchsbereich zwischen -20 °C und $+60\text{ °C}$ werden stark von der Temperatur beeinflusst. Darüber hinaus weisen Polymere ein ausgeprägtes Kriech- und Relaxationsvermögen auf, wobei auch dieses wiederum stark von der Temperatur beeinflusst wird. Diese temperatur- und zeitabhängigen Eigenschaften wirken sich auf die Kraftübertragung im Riss aus [18].



Einfluss der Temperatur auf das Kriechverhalten von Polymeren [18]

- Untersuchungen bezüglich des Einflusses der Temperatur auf Beton mit PP-Makrofasern zeigen bei einer Erhöhung der Umgebungstemperatur von 20 °C auf 40 °C einen durchschnittlichen Festigkeitsabfall von bis zu 25 %. Sowohl das Kurz- als auch das Langzeitverhalten von Beton mit PP-Makrofasern kann dadurch negativ beeinflusst werden [19].

ANWENDUNGSGEBIETE

- Alle tragenden und nicht tragenden Bauteile sowie in Kombination mit Betonstahlbewehrung.

Die Richtlinie [5] gilt außerdem für folgende Baustoffe und Bauteile nicht:

- Bauteile aus vorgespanntem Stahlfaserbeton;
 - gefügedichte und haufwerksporige Leichtbetone;
 - hochfeste Betone der Druckfestigkeitsklassen ab C55/67;
 - selbstverdichtende Betone;
 - Stahlfaserspritzbetone;
 - Stahlfaserbetone ohne Betonstahlbewehrung in den Expositionsklassen XS2, XD2, XS3 und XD3, bei denen die Stahlfasern rechnerisch in Ansatz gebracht werden.
- ANMERKUNG zum letzten Spiegelstrich: Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung darf grundsätzlich in allen Expositionsklassen verwendet und in den rechnerischen Grenzzuständen berücksichtigt werden.

- Unbewehrt bemessene Bauteile.
Wenn PP-Makrofasern statisch wirksam angesetzt werden sollen, ist zwingend eine abZ für das Produkt und eine abZ für die Anwendung bzw. eine ZiE erforderlich.

STAHLFASERN

PP-MAKROFASERN

BEFESTIGUNGSMITTEL / DÜBEL-ZULASSUNGEN

Für die Befestigung im Stahlfaserbeton gibt es mehrere Befestigungsmittel (Dübel), die über nationale Zulassungen bzw. ETAs verfügen. Für statische, quasi-statische, seismische und ermüdungsrelevante Beanspruchungen gibt es verfügbare Dübeltypen, die im AST Merkblatt, „Übersicht zu Bewer tungsdokumenten und Zulassungen für Dübel in Stahlfaserbeton in Europa“ [20], aufgeführt werden.

Die meisten Dübelprodukte sind für die Verwendung im Normalbeton (ohne Fasern) qualifiziert. Für die Verwendung im Stahlfaserbeton, siehe Erläuterung in der Spalte links. Für die Verwendung in Beton mit PP-Makrofasern gibt es derzeit keine Befestigungsmittel mit nationaler Zulassung oder einer ETA in der die Verwendung im Kunststoffbeton geregelt wird.

REZYKLIERBARKEIT

Für ein angestrebtes hochwertiges Beton-Recycling ist das Entfernen der Fasern aus dem Beton entscheidend. Stahlfasern könnten über eine Magnetsortierung vom gebrochenen Beton getrennt werden, sofern der Beton entsprechend fein aufgebrochen wird [21].

PP-Makrofasern als organischer Bestandteil gelten unter dem Aspekt des Recyclings als Störstoffe im Beton. Für die Verwendung als RC-Gesteinskörnungen, darf der Anteil organischer Bestandteile bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten.

NACHHALTIGKEIT

Stahlfasern haben nach dem Ende des Lebenszyklus eine Recyclingfähigkeit bis zu 85 %. Die Nachhaltigkeit wird durch vorhandene EPD beschrieben. Durch deutliche Erhöhung der Dauerhaftigkeit steigt die Lebensdauer von Stahlfaserbetonbauteilen. Viele Stahlfasern werden mit einem Recyclinganteil von über 90 % hergestellt.

Bei der Verwendung von Stahlfaserbeton ist i. d. R. weniger Gesamtbewehrungsmenge für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) und Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) erforderlich [5]. Dadurch werden Ressourcen eingespart.

Mikroplastik kann bei der Herstellung des Werkstoffs, der Herstellung des Betons, ggf. durch Abrieb während der Nutzungsphase und beim Rückbau entstehen [21]. Die PP-Makrofasern sind am Ende des Lebenszyklus nicht zu recyceln und damit dauerhaft „verloren“. Eine Rückführung in die Kreislaufwirtschaft ist nicht möglich.

Literatur:

- [1] DIN EN 14889-1:2006-11: Fasern für Beton - Teil 1: Stahlfasern - Begriffe, Festlegungen und Konformität; Deutsche Fassung EN 14889-1:2006
- [2] DIN EN 14889-2:2006-11: Fasern für Beton - Teil 2: Polymerfasern - Begriffe, Festlegungen und Konformität; Deutsche Fassung EN 14889-2:2006
- [3] DIN EN 206:2021-06: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A2:2021
- [4] DIN 1045-2:2023-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton
- [5] DAFStb Stahlfaserbeton:2021-06: Stahlfaserbeton - Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 - Teil 1: Bemessung und Konstruktion - Teil 2: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Teil 3: Hinweise für die Ausführung
- [6] DBV-Merkblatt Industrieböden, Beton:2017-02: Merkblatt - Industrieböden aus Beton
- [7] DBV-Merkblatt Industrieböden, Stahlfaserbeton:2013-07: Merkblatt - Industrieböden aus Stahlfaserbeton - Besonderheiten bei Bemessung und Konstruktion, Herstellung und Ausführung
- [8] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung - Nr. Z-3.73-2185 - „Beton mit Polymerfasern "PM 54/800"“
- [9] AST-Merkblatt „Mindeststahlfasergehalte zum Erreichen von Leistungsklassen nach DAFStb-Richtlinie (Stahlfaserbeton)“, September 2023
- [10] DIN EN 1992-1-1:2011-01: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 DIN EN 1992-1-2 in Verbindung DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [11] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/Allgemeine Bauartgenehmigung - Nr. Z-71.2-32 - „Fertigteil-Wand MB R 180 aus Stahlfaserbeton“
- [12] DIN EN 13670:2011-03: Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13670:2009
- [13] DIN 1045-3:2023-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung
- [14] DAFStb Wasserundurchlässige Bauwerke:2017-12: WU-Richtlinie:2017-12
- [15] DAFStb Wassergefährdende Stoffe:2011-03: BUMWS:2011-03 DAFStb-Richtlinie - Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUMWS) - Teil 1: Grundlagen, Bemessung und Konstruktion unbeschichteter Betonbauten - Teil 2: Baustoffe und Einwirken von wassergefährdenden Stoffen - Teil 3: Instandsetzung - Anhang A: Prüfverfahren (normativ) - Anhang B: Erläuterungen (informativ)
- [16] Serna, P.; Llano, A.; Cavalero, S. H. P.: Creep Behaviour in Cracked Sections of Fibre Reinforced Concrete, Proceedings of the International RILEM Workshop FRC-CREEP 2016, Valencia, 2016
- [17] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik: ÖVBB Richtlinie Faserbeton, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, 2008
- [18] Breitenbücher, R.: Gutachtliche Stellungnahme B 128 / 2016 zu den aktuellen bautechnischen Regelungen für die Verwendung von Polymerfasern in Beton, Bochum, 2016
- [19] C. Del Prete, N. Buratti und C. Mazzotti: Experimental Investigation on the influence of Temperature Variations on Macro-synthetic Fibre Reinforced Concrete short and Long Term Behaviour, conference paper, RILEM, Volume 36, 05. September 2021
- [20] AST Merkblatt, „Übersicht zu Bewertungsdokumenten und Zulassungen für Dübel in Stahlfaserbeton in Europa“, Dezember 2024
- [21] Vogdt, F. U.; Schenk, A.; Koc, A.: Urban Mining - Leitfaden zur Vermeidung nicht recyclingfähiger Bauabfälle bei künftigen kommunalen Hochbauvorhaben, Stuttgart, 2019

Kontakt:

Association Steel Fibre Technology e. V. (AST)

Römerstraße 42 | 59075 Hamm | Germany | E-Mail: info@ast-ev.com | Internet: www.ast-ev.com

Die Veröffentlichung dieses Merkblatts ist ein Service des AST. Hier können auch Erfahrungen enthalten sein und es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Es wird keine Haftung für inhaltliche Richtigkeit übernommen.