



BetonWerk International
Deutschsprachige Ausgabe

 3 | 2023

www.cpi-worldwide.com

SONDERDRUCK | BETONTECHNOLOGIE

Neuer Stahlfasertyp für effiziente und besonders nachhaltige Bauteillösungen

 BILSTEIN STEEL FIBER

 STABILS
PERFORMANCE FOR CONCRETE



SONDERDRUCK
BWI 3/2023

-  Abcic
Associação Brasileira de Cimento
Industriado de Cimento
-  ABTC
-  aci
American Concrete Institute
Always advancing
-  American
Concrete Pipe
Association
-  AMIB
ASSOCIATION
OF MANUFACTURERS
OF PRECAST/CAST-IN-PLACE
CONCRETE
-  ASSOBETON
-  bibm
-  mpa
a member of the
Mineral Products Association
-  CERIB
Concrete Expertise
-  CMHA
-  Concrete
Europe
-  concretenz
LEARNED SOCIETY
-  IAB
INSTITUT FÜR
BETONBAU
-  ICI
-  IPCA
INTERNATIONAL PRECAST
HOLLOWCORE ASSOCIATION
-  NATIONAL PRECAST
CONCRETE ASSOCIATION
-  NPCA
Precast...The Concrete Solution
-  PBMA
PRECAST/PRECAST MANUFACTURERS ASSOCIATION
OF AMERICA
-  PCI
-  预利建筑网
precast.com.cn
-  syspro®

Neuer Stahlfasertyp für effiziente und besonders nachhaltige Bauteillösungen

■ Michael von Ahlen, CPI worldwide, Deutschland

Der Trend in der Betonfertigteilindustrie geht immer mehr in Richtung schlanke und ressourcenoptimierte Bauteile. Ein Grund dafür ist das wachsende Bewusstsein für eine nachhaltige Betonbauweise und die industrieübergreifende Forderung nach CO₂-Einsparungen. Dieser Trend zwingt zum Umdenken, nicht nur was die Materialauswahl angeht, sondern auch bei Bemessung und Konstruktion von Betonbauteilen. Fertigteilhersteller müssen sich zukünftig immer mehr mit alternativen Bauteillösungen befassen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Ein Ansatz bietet hier die Verwendung von Faserbewehrung, denn Fasern können entweder als vollständiger Ersatz, oder als hybride Lösung, also in Kombination mit konventioneller Bewehrung eingesetzt werden. Überall dort, wo Stabstahl- oder Mattenbewehrung die Anforderungen an das Tragverhalten von Betonbauteilen nicht effizient erfüllen, können Fasern das Mittel der Wahl sein. Richtig eingesetzt, verbessern Fasern die mechanischen Eigenschaften von Beton und ermöglichen Materialeinsparungen. Die Verbesserung der Prozesse hinsichtlich Arbeitsvorbereitung und Einbau ist ein weiterer Vorteil von Faserbewehrung. Die Bilstein Group aus Hagen in Deutschland, ein weltweit führendes Unternehmen für kaltgewalzte Spezialstähle, z. B. für die Automotive- und Sägen-/Werkzeugindustrie, hat im April dieses Jahres einen neuen Stahlfasertyp auf den Markt gebracht und verspricht mit dem neuartigen Design eine effiziente und besonders nachhaltige Bewehrungslösung für die Betonfertigteilindustrie.

Betonfasern sind seit ca. 50 Jahren als Alternative zur konventionellen Bewehrung auf dem Markt verfügbar. Was aber unterscheidet einzelne Fasertypen voneinander? Im Grunde ist das Funktionsprinzip immer gleich: Eine Faser, egal ob aus Stahl, Karbon oder Glas bestehend muss sich im Betongefüge verankern, um Zugkräfte übertragen zu können, denn die kann der Beton selbst nur bedingt aufnehmen. Reißt das Bauteil in dem Bereich, worin sich eine Faser mehr oder weniger orthogonal zum Rissverlauf befindet, übernimmt sie die Zugkräfte.

Faserbewehrte Betonbauteile zeichnen sich maßgeblich durch ein sehr fein verteiltes Rissbild mit sehr geringen Rissbreiten aus. Je nach Einsatzzweck verbessern Fasern die Festbetoneigenschaften wie Zugfestigkeit, Schlagfestigkeit, Verformbarkeit, Duktilität, Rissverhalten und u. U. auch den Widerstand des Betons im Brandfall.



Die im April dieses Jahres gelaunchte Stabils-Stahlfaser unterscheidet sich schon auf den ersten Blick deutlich von anderen Stahlfasern, da sie eine durchgängig gerade Form aufweist.

Neben den diversen Fasermaterialien gibt es auch verschiedene Fasergeometrien. Nicht nur das Schlankheitsverhältnis (l/d-Verhältnis), sondern auch die Ausbildung der Fasernenden variieren insbesondere bei Stahlfasern stark. Die Faserorientierung im fertigen Bauteil spielt eine wesentliche Rolle bei der Beurteilung der statischen Wirksamkeit, wobei die Fasern idealerweise parallel zur Zugspannungsrichtung ausgerichtet sein sollten.

Die Bilstein Steel Fiber GmbH, ein Unternehmen der Bilstein Group, hat im April dieses Jahres mit dem offiziellen Launch der Stabils-Stahlfaser auf der BAU in München der Betonbauindustrie einen neuen Fasertyp vorgestellt. Die Stabils-Faser unterscheidet sich schon auf den ersten Blick deutlich von anderen Stahlfasern, da sie eine durchgängig gerade Form aufweist. Kleine Ankerknoten an ihren Enden charakterisieren die Faser und sorgen maßgeblich für die Verankerung im Beton.

Vor dem Markteintritt hat Bilstein umfangreiche Untersuchungen veranlasst, um die Performance der Faser unter Beweis zu stellen. Das Ingenieurbüro KHP Leipzig und die TU Graz hat zahlreiche statische Bemessungen ausgeführt, die für die Entwicklung der Faser notwendig waren. Frischbeton-Verarbeitbarkeitsversuche wurden in Kooperation mit dem Schwenk Technologiezentrum der Firma Schwenk Zement



Die Herstellung der Stabils-Stahlfasern erfolgt in einer hochmodernen Produktionsstätte. Die Bilstein Group verfügt über langjährige Kompetenz im Bereich der Werkstoff- und Verfahrenstechnik.

in Allmendingen durchgeführt und die Vetra Betonfertigteile GmbH mit Sitz in Neermoor kooperierte im Bereich der Werksversuche, um den Einsatz der Fasern im realen Produktionsumfeld zu testen.

Das Fasermaterial

Die Stabils-Stahlfaser mit der Bezeichnung SB 60/70 - 2000 wird in einem 3-stufigen Verfahren inklusive einer Vergütung aus Bandstahl hergestellt. „SB“ steht hierbei für den Produktnamen Stabils, „60/70“ bezeichnet die Faserlänge von 60 mm und das Schlankheitsverhältnis (l/d-Verhältnis) von 70. „2000“ steht für die Zugfestigkeit der Faser. Die Fasern werden nach EN 14889-1 und ASTM A820/A820M-04 zertifiziert. Eine CE-Zertifizierung ist für Mitte 2023 vorgesehen.

Der speziell vergütete Stahl soll die Faser besonders effektiv und damit wirtschaftlich machen. Dabei gilt immer das Prinzip Faserauszug vor Bruch, um ein duktiler Bruchverhalten des Betonbauteils zu gewährleisten. Das bedeutet, dass der Unterschied zwischen Ausziehungskraft und Zugfestigkeit der Faser sehr klein, respektive effizient ist.



Charakteristische Geometrie der Stabils-Stahlfaser - vor allem die Ausbildung der Faserenden ist eine Besonderheit.

Die Fasergeometrie

Die Leistungsfähigkeit der Stabils-Stahlfaser beruht auf der optimalen Wirkungslänge und der einzigartigen Fasergeometrie, wodurch sehr hohe Werte bei den in der Stahlfaserbetonrichtlinie des DAfStb definierten Leistungsklassen L1 und L2 erreicht werden. Die Leistungsklassen sind ein aussagekräftiger Richtwert für die Nachrissbiegezugfestigkeit von Betonbauteilen.

Die gezielt hergestellten Ankerknoten können entsprechend des Anwendungsgebietes in der Anzahl, Form, Größe und Lage variiert werden. Diese Variabilität ist ein enormer Vorteil, denn durch die Formgebung der Faser lässt sich der Ausziehungswiderstand direkt beeinflussen. Anwendungsspezifische Unterschiede der Fasergeometrie ergeben sich zum Beispiel beim Einsatz als reine Stahlfaserlösung, als Kombibewehrung, in Spritzbeton oder in Tübbing.

Ebenso ergeben sich durch die Fasergeometrie Vorteile hinsichtlich der Frischbeton-Verarbeitbarkeit, wodurch die Stabils-Fasern einen höheren Maximalfasergehalt ermöglichen. Ein hoher Gehalt an Stahlfasern ist normalerweise aus zwei Gründen als schwierig zu betrachten. Bereits beim Mischen des Frischbetons kann es schon zu einer Igelbildung kommen. Diese lässt sich, wenn überhaupt nur durch sehr langes Mischen eliminieren. Außerdem kann ein hoher Stahlfasergehalt beim Einbringen des Betons in die Schalung zu Ver-



Jörg von Prondzinski, Leitung Anwendungstechnik/Anwendungsentwicklung, Bilstein GmbH & Co. KG

„Mit unserer langjährigen Kompetenz im Bereich der Werkstoff- und Verfahrenstechnik sind wir in der Lage, die Stabils-Stahlfaser an konkrete Anwendungseigenschaften anzupassen, z. B. hinsichtlich der Länge

der Faser, der Ausführung der Ankerknoten oder die Anpassung der Festigkeit und Dehnung des Fasermaterials an den Anwendungsfall. Wir sind schon seit langem bestrebt, die Nachhaltigkeit unserer Produkte zu optimieren. Ein weiterer, wesentlicher Schritt auf diesem Weg, ist die Beteiligung an dem Konsortium H2 Green Steel, das zurzeit in Schweden ein Stahlwerk mit einer innovativen Technologie baut, die es erlaubt, den CO₂-Fußabdruck des Materials, um bis zu 90 % zu senken.“



Dr. Michael Reichel, Gesellschafter und Prokurist, KHP Leipzig GmbH

„Die Stabils-Stahlfaser kann durch ihre Beschaffenheit in ihrem Tragverhalten so beeinflusst werden, dass sie kurz vor dem Erreichen ihrer maximalen Stahlzugfestigkeit aus dem Betongefüge herausgezogen wird.

Somit kann sie optimal auf jeden Anwendungsfall designt werden. Die sehr gute Performance der Faser spiegelt sich in sehr hohen Werten für die Nachrissbiegezugfestigkeit wider, und somit auf die Tragfähigkeit der Betonbauteile selbst. Folglich können Betonbauteile damit schlanker, bzw. materialeffizienter dimensioniert werden, man spart wertvolle Ressourcen und steigert die Wirtschaftlichkeit. Aus bemessungstechnischer Sicht ist sogar der alleinige Einsatz der Stabils-Stahlfasern bei statisch relevanten Bauteilen denkbar, wobei hier aktuell Regelwerke noch Grenzen vorgeben. Die Einsatzgebiete der Fasern sind nahezu unbegrenzt. Überall dort, wo es auf eine nachhaltige Bauweise ankommt, kann die Verwendung dieser Fasern vorteilhaft sein. Auch bei Bauteilen, bei denen eine definierte Rissbreitenbeschränkung vorgegeben ist, sind die Stabils-Stahlfasern ideal einsetzbar.“

zählungen der Fasern und einer dadurch bedingten schlechten Fließeigenschaft des Frischbetons führen. Das bedeutet, dass sich kleinere Mengen an Stahlfasern an Schalungskanten oder Bewehrungseisen bündeln und verhaken und somit das Fließen des Betons in der Schalung erheblich behindern. Und auch hier kann die Stabils-Stahlfaser punkten: selbst bei höheren Fasermengen von mehr als 60 kg/m³ zeigen die Fasern sehr gute Misch- und Fließeigenschaften auf, was insbesondere bei einer Kombibewehrung von entscheidender Bedeutung ist.

Das Einsatzspektrum

Grundsätzlich eignet sich die Stabils-Stahlfaser für alle möglichen Betonanwendungen. Der Fokus bei der Entwicklung der Faser lag aber im Bereich der konstruktiven Betonfertigteile. Hier kann die Stahlfaser ihre Stärken voll ausspielen, vor

allem, wenn es um die Herstellung von schlanken, ressourceneffizienten Bauteilen geht.

Bei schlanken, konstruktiven Bauteilen ist in der Regel eine Kombibewehrung notwendig. Durch die geringen Bauteilabmessungen und geringen Abstände von Schalhaut zur konventionellen Bewehrung verbleibt nur wenig Platz für den Frischbeton, der innerhalb der Schalung gut fließen muss. Vor allem das Fließen des Frischbetons wird maßgeblich von der Art und Menge der Fasern beeinflusst. Das Zusammenspiel zwischen Betonkonsistenz ist entscheidend für das finale Endprodukt – das Betonbauteil.

Laborversuche

Im Schwenk Technologiezentrum der Firma Schwenk Zement wurden umfangreiche Versuche zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit der Stabils-Fasern durchgeführt. Dabei wurden der Einfluss auf den Mischvorgang, die Konsistenz und das Fließverhalten des Frischbetons unter die Lupe genommen. Die Fließversuche wurden in einer praxisgerechten Muster Schalung inklusive einer konventionellen Bewehrung getestet, um die Simulation einer Kombi-Bewehrung nachzubilden. Zahlreiche Versuche zeigten u. a., dass selbst bei hohen Stahlfasergehalten von 60 kg/m³ und mehr immer noch eine gute Verarbeitbarkeit gewährleistet ist.



Thomas Arndt, Prüfstellenleiter, Schwenk Technologiezentrum GmbH & Co. KG

„Das Ziel der Laborversuche war, das Fließverhalten der Stabils-Stahlfasern in einer Kombi-Bewehrung zu untersuchen. Die gewählten Fasergehalte von 40 bzw. 60 kg/m³ beruhen auf bereits durchgeführten Bemessungen

von Betonfertigteilen, um die geforderten L1- und L2-Werte zielsicher zu erreichen. Die Versuche zeigen, dass auch Fasergehalte von mehr als 60 kg/m³ in Verbindung mit einer Kombi-Bewehrung praxisgerecht umsetzbar sind.“



Der Einsatz von Stahlfasern begünstigt eine ressourcenschonende Bauweise. Links eine Treppe mit konventioneller Bewehrung, rechts eine Treppe mit einer Kombi-Bewehrung mit gleichen Leistungseigenschaften.



Umfangreiches Versuchsprogramm zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit der Stabils-Fasern im Schwenk Technologiezentrum der Firma Schwenk Zement.

Werksversuche

Der Fertigteilhersteller Vetra Betonfertigteile GmbH befasst sich intensiv mit der Fragestellung, wie man das Bauen CO₂-ärmer gestalten kann. Ein Ansatz, den das Unternehmen verfolgt, ist das Optimieren der Betonfertigteile über den Entwurf und die gezielte Auswahl der Rohstoffe.

Das brachte Vetra dazu, neben der Optimierung der mineralischen Materialien wie Zement und Gesteinskörnung, vor allem auch die Bewehrung der Betonbauteile neu zu überdenken. Stahl ist ein besonders CO₂-intensiver Rohstoff, wodurch schon die Reduzierung geringer Mengen zu einer messbaren Verbesserung des ökologischen Gesamtfußabdrucks des Bauteils führen kann. Die Lösung: Kombi-Bewehrung aus Matten- bzw. Stabstahl und Stahlfasern.

Bei Vetra wurden Anfang März dieses Jahres Versuche durchgeführt, um Standardbauteile des Produktionsportfolios hinsichtlich einer CO₂-Optimierung zu untersuchen. Dazu wurden alle Kenndaten einer halb-gewendelten Treppe aus der regulären Produktion als Referenzwert gesetzt. Das Referenzbauteil hatte eine konventionelle Stabstahl- und Mattenbewehrung. Die statische Funktion der Treppe blieb dabei aber identisch.

Im ersten Versuch wurde eine CO₂-reduzierte Treppe unter Verwendung einer Kombi-Bewehrung hergestellt. Die Zugabemenge an Stabils-Stahlfasern (SB 60/70 - 2000) lag bei 30 kg/m³ (s. Tab. 1). Durch die Zugabe der Stahlfasern konnte eine Reduzierung der konventionellen Bewehrung um ca.

Tabelle 1: Kenndaten der Treppenbauteile im Vergleich

Vergleich einer halb-gewendelten Betontreppe		
	Standard	CO ₂ -reduziert
Treppengewicht [kg]	3720	2860
Betonmenge [m ³]	1,49	1,14
konventioneller Bewehrungsstahl [kg]	188	68
Stabils-Stahlfasern [kg/m ³]		30
Druckfestigkeitsklasse	C30/37	C35/45
Schalungsaufwand [h]	20-22	20-22
Bewehrungseinbau [h]	12-15	1-2
Betonage [h]	2,5	2,5
CO₂-Einsparung		-19 %



Herstellung einer CO₂-reduzierten Treppe unter Verwendung einer Kombi-Bewehrung mit der Stabils-Stahlfaser. Der Frischbeton mit einem Stahlfasergehalt von 30 kg/m³ lässt sich problemlos in die Treppenschalung einbauen.

120 kg (entspricht rund 65 %) für das gesamte Bauteil erreicht werden. Auch beim Beton konnte dadurch eingespart werden. Die benötigte Betonmenge reduzierte sich um ca. 25 %. Die CO₂-reduzierte Treppe wurde zwar mit einem höherwertigen Zement hergestellt, dieser ist jedoch im Vergleich zum Referenzrezept ebenfalls CO₂-reduziert.

Neben der Materialeinsparung konnten auch signifikante Einsparungen bei der Einbauzeit der Bewehrung nachgewiesen werden. Hier reduzierte sich der Aufwand um 80-90 %, da sich der Einbau der konventionellen Bewehrung auf ein absolutes Minimum beschränkte und die Stahlfasern ohne Zeitverlust mit dem Einbringen des Betons in das Bauteil

gelangten. Der Einbau des Stahlfaserbetons stellte sich im Vergleich zum Referenzbeton problemlos und ohne Zeitverlust dar. Die hier verwendete Stahlfaser hatte eine Länge von 60 mm. Eine für den Einsatz in Kombi-Bewehrung optimierte Stabils-Stahlfaser mit einer Länge von 50 mm ist bei Bilstein bereits in Vorbereitung und sollte in Kürze auf dem Markt verfügbar sein.

Das Gesamtgewicht der CO₂-reduzierten Treppe lag deutlich unter dem der Referenztreppe. Die Einsparung hier: rund 19%! Hierdurch ergeben sich wiederum Vorteile in puncto Transportkosten und Logistik im Betonwerk als auch auf der Baustelle.



Der Einbau des Stahlfaserfrischbetons mit der Stabils-Faser erweist sich als sehr einfach. Die Fasern zeigen eine sehr homogene Verteilung im Frischbeton und keine Neigung zur Igelbildung.



Stefan Gramberg, Geschäftsführer Vetra Betonfertigteilwerke GmbH

„Bei der Vetra und auch bei Holcim Deutschland versuchen wir das Bauen von morgen CO₂-frei zu gestalten. Bei der Herstellung von Betonfertigteilen verfolgen wir den Ansatz über den Entwurf und die gezielte Auswahl der Rohstoffe. Das Treppenbauteil ist ein super

Beispiel, um das traditionelle mit einem nachhaltigen und innovativen Konzept zu vergleichen. Durch den Einsatz der Stabils-Stahlfaser können wir sowohl die benötigte Menge an Stahl als auch an Beton deutlich einsparen. Somit können wir mit dem Einsatz von weniger Rohstoffen die gleiche Leistung unserer Bauteile erreichen.“



Abheben der CO₂-reduzierten Betonfertigteiltreppe. Durch den Einsatz einer Kombi-Bewehrung kann die Treppe sehr materialeffizient hergestellt werden.

Ökologische und ökonomische Vorteile

Die Bilstein Group nimmt die aktuellen Herausforderungen beim Klimaschutz sehr ernst und will bis zum Jahr 2035 klimaneutral werden. Das Vorhaben, Rohstoffe für die Herstellung CO₂-optimierter Betonfertigteile bereitzustellen, ist dabei aber nicht alles.

Ein weiterer wesentlicher Schritt auf dem Weg zu einer positiven Klimabilanz, ist die Beteiligung an dem Konsortium H₂ Green Steel, das zurzeit in Schweden ein Stahlwerk mit einer innovativen Technologie baut, die es erlaubt, den CO₂-Fußabdruck des Materials, um bis zu 90 % zu senken. Mit diesem Ausgangsmaterial wird Bilstein die Stabils-Stahlfaser als äußerst nachhaltige Bewehrungslösung im Markt platzieren können.

Zielmärkte

Die Einführung der Stabils-Stahlfaser ist in drei Projektphasen unterteilt. In Phase 1 wird Bilstein mit einer Produktionska-

pazität von ca. 1000 Jahrestonnen in 2023/2024 die Stabils-Stahlfaser für Anwendungen bei diversen konstruktiven Betonfertigteilen, -rohren und Schachtbauwerken bereithalten. Die Verfügbarkeit beschränkt sich dabei auf das Inland und das europäische Ausland. Phase 2, die ab Mitte 2025 laufen soll, ist die Anwendung in Verkehrsflächen, großen Betonfertigteilen, wie z. B. Spannbetonbindern und in Tunnelbauteilen (Tübbing) geplant. Die Jahrestonnenproduktion soll dann auf ca. 15.000 Jahrestonnen steigen. Die dritte und vorerst letzte Phase fokussiert die Anwendung im Spritzbeton. Nach erfolgreicher Markteinführung stehen auch noch andere Märkte, wie beispielsweise Nordamerika auf der Agenda der Bilstein Group. ■



Video zum Artikel



WEITERE INFORMATIONEN



BILSTEIN GROUP
 Im Weinhof 36
 58119 Hagen, Deutschland
 T +49 2334 82-0
stabils@bilstein-steelfiber.de
www.bilstein-steelfiber.de

Kooperationspartner



www.holcim.de



www.khp-leipzig.de



www.schwenk.de



Michael Ullrich,
Geschäftsführer Bilstein Group

„Nach intensiven Recherchen und Marktanalysen haben wir vergangenes Jahr entschieden in Anlagentechnik für die Stahlfaserproduktion zu investieren. Unser Markteintritt ist in drei Phasen unterteilt. In Phase eins mit einer jährlichen Produktionsmenge von 1000 Ton-

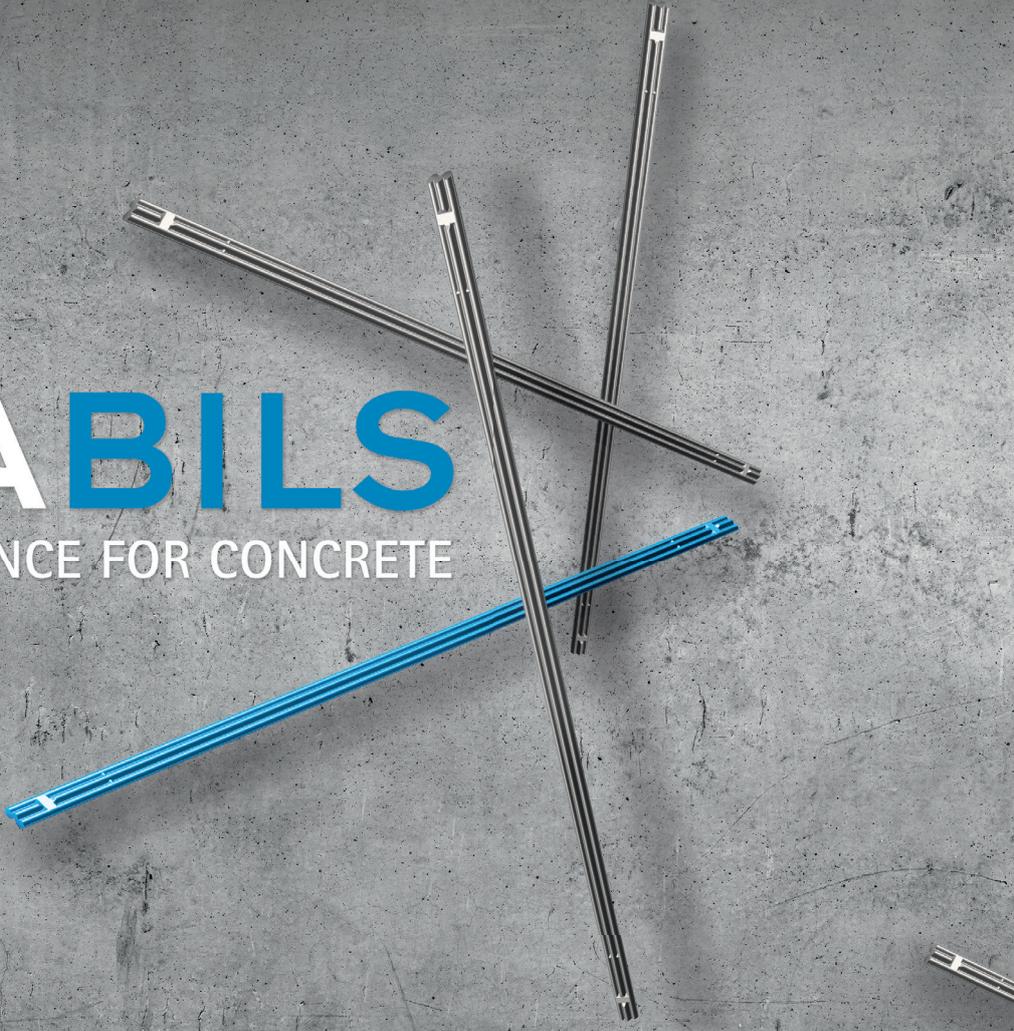
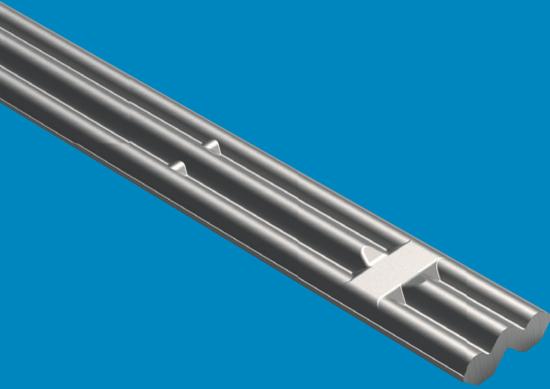
nen sollen die Stabils-Stahlfasern vorrangig in Betonfertigteilen für die Abwasserwirtschaft Anwendung finden. In der zweiten Phase mit einer Produktionskapazität von ca. 15.000 Jahrestonnen, die ab Mitte 2025 laufen soll, wird die Anwendung der Fasern Verkehrsflächen, große Betonfertigteile und Tunnelbauteile beinhalten. Die dritte Phase fokussiert dann ergänzend die Anwendung im Spritzbeton. Unsere Zielmärkte sind vorerst das europäische Umland, später aber auch weitere Regionen, wie z. B. Nordamerika.“

Stahlfasern der neuen Generation

Anwendungsflexibilität bei komplexen
Strukturen und kleinen Beton-Bauteilen

Weniger Beton und CO₂
dank dünner Bauteile

Homogene Faserverteilung auch
bei Kombibewehrung



STABILS
PERFORMANCE FOR CONCRETE



bilstein-steel fiber.de

 **BILSTEIN STEEL FIBER**