

ENDBERICHT

Projektnummer oder Projekttitel: 886265, Bildung einer Grundlage für den Einsatz von Faserbetontübbingen in Österreich

Richtwert für den Umfang: 10 bis 20 Seiten

1 ZIELE UND ERGEBNISSE

- Vergleichen Sie die erreichten Ergebnisse mit den Zielen, die dem Förderungsvertrag zugrunde liegen. Wurden die Ziele erreicht?
- Beschreiben Sie „Highlights“ und aufgetretene Probleme bei der Zielerreichung.

Die in AP1 (Projektmanagement) und AP2 (wissenschaftliche Leitung) durchgeführten Arbeiten und Ziele konnten erreicht werden. So ist es gelungen, in regelmäßigen Meetings den Informationsaustausch mit den Projektpartnern zu gewährleisten und so bei etwaigen Fragen rasch reagieren zu können.

Bei den in AP3 (Einfluss von Fasern auf die Frisch und Festbetoneigenschaften sowie Entwicklung von Versuchsmethoden) durchgeführten Mischversuchen konnte ein umfassender Überblick über die Eigenschaften von unterschiedlichen Faserwerkstoffen und -dosierungen gewonnen werden. Die anschließenden Untersuchungen betreffend Würfeldruck-, Zylinderdruck-, Spaltzug- und Biegezugfestigkeiten bei unterschiedlichem Betonalter zeigen deutlich die Unterschiede zwischen den eingesetzten Faserdosierungen auf. Alle Ergebnisse sind in einem Dokument strukturiert aufbereitet dem Konsortium übermittelt worden.

In einer anschließenden Analyse wurden zahlreiche Publikationen zur Fragestellung der Dauerhaftigkeit von Kunststoff- und Stahlfasern dazu in Relation gesetzt. Die Ergebnisse daraus werden aktuell in einem gesammelten Dokument zusammengefasst und den Partnern zur Verfügung gestellt.

Die erforderliche Schalung für die in AP4 geplante Tübbingherstellung wurde ins Mischwerk von Katzenberger in Tirol transportiert. Dieser Transport gestaltete sich aufgrund von äußerst winterlichen Fahrverhältnissen schwieriger als gedacht. Aufgrund vom starken, anhaltenden Schneefall und Windverfrachtungen musste der erste Liefertermin abgesagt werden. Erst im zweiten Anlauf hat der Transport geklappt und die Schalung konnte im Mischwerk in Empfang genommen werden. Eine notwendige Anpassung der Schalungsdeckel verzögerte nochmals den Start der geplanten Tübbingproduktion, welche nun aber definitiv in Kürze von statten geht. Die Tätigkeiten zur Beschaffung der erforderlichen Ausgangsmaterialien sowie die Erstellung einer Statik zum Abheben der frisch betonierten Tübbinge aus der Schalung sind bereits in Gange.

Die Vorbereitungen für die Tübbinggroßversuche im AP5 sind bereits getroffen. Eine statische Berechnung der Tübbingsegmente mit den im AP3 ermittelten Festigkeitskennwerten wurde bereits erstellt, um auf die Tragfähigkeit der Tübbinge

schließen zu können. Auf Basis dieser Berechnungen wird die Belastungskurve im Prüfstand gewählt, um so in weiterer Folge eine Korrelation zwischen den Versuchen im Labormaßstab und den Großversuche herstellen zu können.

Zusätzlich zu den Großversuchen ist die Herstellung von mittelskaligen Probekörpern angedacht. Die Abmessungen der mittelgroßen Probekörper entsprechen in etwa dem Breiten- zu Dickenverhältnis eines Tübbings. Damit soll ein möglicher Zusammenhang von Faserverteilung und -orientierung in Abhängigkeit von der Probengröße ermittelt, sowie dessen Einfluss auf die Biegezugfestigkeit untersucht werden. Diese Erkenntnisse sollen auch dazu dienen, um eine Korrelation zwischen Tübbingen im 1:1 Maßstab und den labormaßstäblichen Probekörpern herstellen zu können.

2 ARBEITSPAKETE UND MEILENSTEINE

2.1 Übersicht

Geben Sie in den folgenden Tabellen den Projektfortschritt je Arbeitspaket (bezogen auf den Förderzeitraum) und je Meilenstein an und führen Sie stichwortartig an, wo es zu Abweichungen gekommen ist.

Eine ausführlichere Beschreibung ist unter Punkt 2.2 möglich.

Tabelle 1: Fortschritt der Arbeitspakete (AP)

AP	Bezeichnung	Fortschritt	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
1	Projektmanagement	33 %	Die kaufmännische Koordination unter den Projektpartnern wurde durchgeführt. Organisation und Abwicklung der Zwischenberichte Organisation und Abwicklung des Endberichts für das erste Forschungsjahr
2	Wissenschaftliche Leitung	33 %	Das Projekt wurde intern, wissenschaftlich, inhaltlich und terminlich koordiniert. Präsentation im Rahmen der Zwischenberichte Präsentation im Rahmen des Endberichts

AP	Bezeichnung	Fortschritt	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
3	Einfluss von Fasern auf die Frisch- & Festbetoneigenschaften sowie Entwicklung von Versuchsmethoden	75%	<p>Auswahl von geeigneten Fasern</p> <p>Mischbarkeit diverser Fasertypen und Mengen im Beton zur Ermittlung einer Mischgrenze</p> <p>Mischregime und Methode der Faserzugabe zur Erzielung eines homogenen Betons</p> <p>Herstellung von Probekörpern im Labor, Untersuchung der Festigkeitsentwicklung und Endfestigkeiten von Faserbeton</p> <p>Untersuchung der Frischbetoneigenschaften</p>
4	Herstellen von Tübingen und Probenkörpern im Labormaßstab mit ausgewählten Fasertypen	15%	<p>Erstellung eines Versuchsplans für AP4</p> <p>Verzögerung von einem Quartal aufgrund von Lieferschwierigkeiten und nötigen Anpassungen am Schalungsequipment.</p> <p>Alle Vorbereitungstätigkeiten sind soweit abgeschlossen und die Betonage der Tübbinge steht unmittelbar bevor.</p>
5	Tübbinggroßversuche	5%	<p>Abhängig von AP4.</p> <p>Ein erster Versuchsplan wurde bereits ausgearbeitet.</p> <p>Zur Erstellung eines Prüfprogrammes wurde eine Tübbingstatik gerechnet. Anhand dieser Ergebnisse können die erforderlichen Prüflasten abgeschätzt und das Prüfprogramm in der Presse implementiert werden.</p>
6	Korrelation zwischen Probenkörpern und Tübbing	5%	<p>Infolge der Versuchsplanung im AP4 erfolgten erste Überlegungen, wie eine mögliche Korrelation hergestellt werden kann.</p> <p>Abhängig von AP4/AP5.</p>

AP	Bezeichnung	Fortschritt	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
7	Konzept zur Bemessung und Qualitätssicherung von Faserbetontübungen	0%	Keine Abweichung gegenüber Zeitplan. Geplanter Start ist Q3 im Forschungsjahr 2

Tabelle 2: Meilensteine (MS, falls definiert)

MS	Bezeichnung	bisheriger Termin	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
1	Kickoff Meeting	04/2021	Gemeinsame Startbesprechung
2	Herstellung von Probenkörpern im Labormaßstab	12/2021	Herstellung von Probenkörpern im Labormaßstab zur Untersuchung der Frisch- und Festbetoneigenschaften von Faserbeton
3	Analysen zur Dauerhaftigkeit von Faserbeton	03/2022	Auswertungen zu Dauerhaftigkeitsuntersuchungen von den verschiedenen Faserwerkstoffen
4	1. Endbericht	03/2022	Erstellung des Endberichts für das Forschungsjahr 1

2.2 Beschreibung der durchgeführten Arbeiten

- Beschreiben Sie die im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten aller beteiligten Partner, strukturiert nach den Arbeitspaketen.
- Konnten die Arbeitsschritte und -pakete gemäß Plan erarbeitet werden? Wo gab es wesentliche Abweichungen?

AP1: Projektmanagement

Im gegenständlichen Projektzeitraum wurden das Kick-Off Meeting, die Kurzberichte für die ÖBV-Vorstandssitzungen, die kaufmännische Koordination und die Zwischensitzungen des Projektkonsortiums kontinuierlich abgehalten und entsprechend kommuniziert.

AP2: Wissenschaftliche Leitung

Das Projekt wurde intern, wissenschaftlich, inhaltlich und terminlich koordiniert, das Projektcontrolling vorgenommen, sowie das Berichtsmanagement ohne Abweichungen umgesetzt.

AP3: Einfluss von Fasern auf die Frisch- & Festbetoneigenschaften sowie Entwicklung von Versuchsmethoden

In AP3 des FFG-Projekts „Faserbetontübbinge“ sind umfangreiche Laborversuche zur Ermittlung der Materialeigenschaften von Faserbeton mit Stahl- und Kunststofffasern durchgeführt worden.

Nach gemeinsamer Abstimmung zur Probekörperanzahl, Fasergehalte und -typen wurde ein Versuchsplan für AP3 ausgearbeitet. Die Auswahl der Ausgangsstoffe, Gesteinskörnungen als auch die dafür erforderlichen Gerätschaften erfolgte anhand von den im Projekt vorhandenen Ressourcen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Ermittlung des Einflusses von Faserart und -gehalt auf das Nachrisszugtragverhalten gelegt. Dazu wurden 3-Punkt-Biegezugversuche gemäß ÖNORM EN 14651 durchgeführt.

Zusätzlich wurde für jede Zusammensetzung die Druck- und Spaltzugfestigkeit, der E-Modul sowie die Frischbetoneigenschaften festgehalten. Die genannten Versuche wurden 1 Tag, 7 Tage und 28 Tage nach dem Herstellungsdatum durchgeführt um die zeitliche Entwicklung der Festigkeitseigenschaften zu bestimmen.

Eine Übersicht zum durchgeführten Versuchsprogramm samt Probekörperalter bietet nachfolgende Tabelle 3.

	Bezeichnung	Fasergehalt [kg/m ³]	Würfeldruckfestigkeit [MPa]			Spaltzugfestigkeit [MPa]			Biegezugfestigkeit [MPa]			E-Modul [MPa]
			1d	7d	28d	1d	7d	28d	-	-	-	
Nullbeton	M0	0	1d	7d	28d	1d	7d	28d	-	-	-	28d
	M02	0	-	-	28d	-	-	28d	-	-	-	28d
Stahlfaser	M1_StF_30	30	1d	7d	28d	1d	7d	28d	1d	7d	28d	28d
	M2_StF_45	45	1d	7d	28d	1d	7d	28d	-	-	28d	28d
	M3_StF_60	60	1d	7d	28d	1d	7d	28d	1d	7d	28d	28d
	M4_StF_80	80	1d	7d	28d	1d	7d	28d	-	-	28d	28d
Kunststofffaser	M1_KF_8	8	1d	7d	28d	1d	7d	28d	1d	7d	28d	28d
	M2_KF_11	11	1d	7d	28d	1d	7d	28d	-	-	28d	28d
	M3_KF_15	15	1d	7d	28d	1d	7d	28d	-	-	28d	28d

Tabelle 3: Versuchsprogramm samt Probekörperalter

Die Prüfungen wurden gemäß den nachstehenden Normen durchgeführt:

- Würfeldruckfestigkeit: ÖNORM EN 12390-3
- Spaltzugfestigkeit: ÖNORM EN 12390-6
- Residuelle Biegezugfestigkeit: ÖNORM EN 14651
- E-Modul: ÖNORM EN 12390-13

Bei den Biegezugversuchen sind je Versuchstag 6 Balken geprüft worden. Bei allen anderen Versuchen wurden je Versuchstag 3 Probekörper getestet. Alle Probekörper wurden gemäß ÖNORM 12390-2 gelagert.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen 1-4 ersichtlich. In Abbildung 1 sind die Mittelwerte der Würfeldruckfestigkeiten nach 1, 7 und 28 Tagen als Balken dargestellt. Die Einfärbung der Balken in grau und blau Abstufungen visualisieren die

Unterscheidung der Ausgangsmischungen in Grundrezeptur 1 und Grundrezeptur 2. Aufgrund des steigenden Fasergehalts wurde eine Anpassung der Grundrezeptur notwendig.

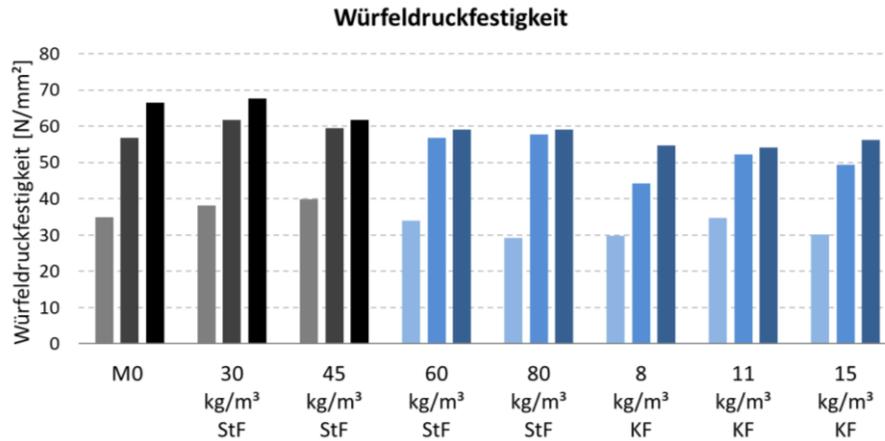


Abbildung 1: Mittelwerte der Würfeldruckfestigkeiten

In Abbildung 2 ist die Gegenüberstellung der erreichten Spaltzugfestigkeiten nach 1, 7 und 28 Tagen dargestellt. Die Einfärbung der Balken in grau und blau Abstufungen visualisiert wiederum die Unterscheidung der Ausgangsmischungen in Grundrezeptur 1 und Grundrezeptur 2.

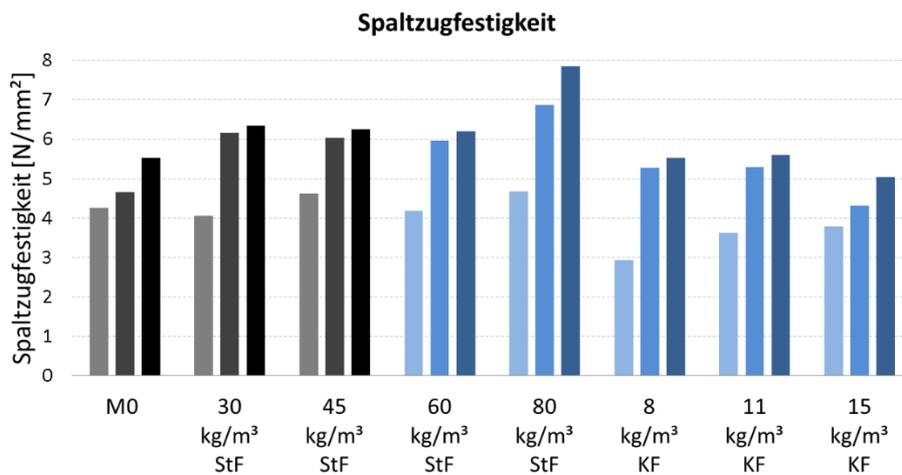


Abbildung 2: Mittelwerte der Spaltzugfestigkeiten

Die Ermittlung des E-Moduls erfolgte am Zylinder am 28. Tag nach der Probenherstellung. Die Mittelwerte dieser Ergebnisse können der Abbildung 3 entnommen werden. Die Grauabstufung stellt die unterschiedlichen Grundrezepturen dar.

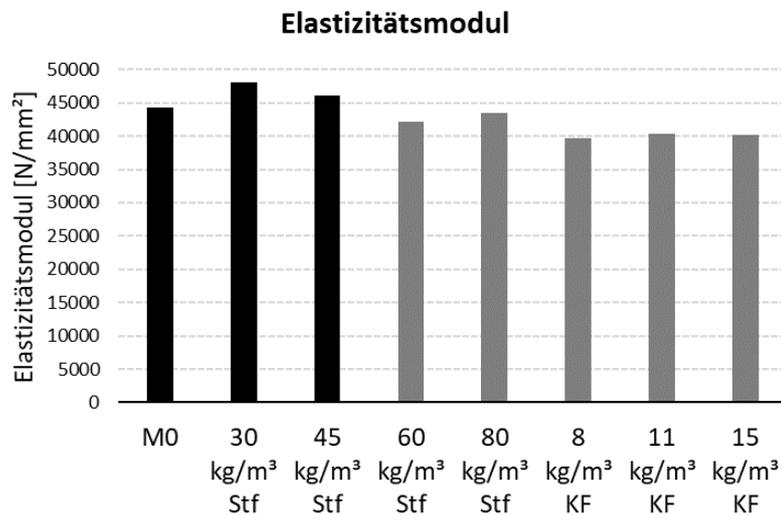


Abbildung 3: Mittelwerte des E-Moduls

Die Biegezugfestigkeiten der unterschiedlichen Zusammensetzungen wurden hinsichtlich der residuellen Biegezugfestigkeit bei f_{r1} (CMOD₁) und f_{r3} (CMOD₃) ausgewertet. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse (Mittelwerte) ist in Abbildung 4 samt zugehöriger Standardabweichung dargestellt.

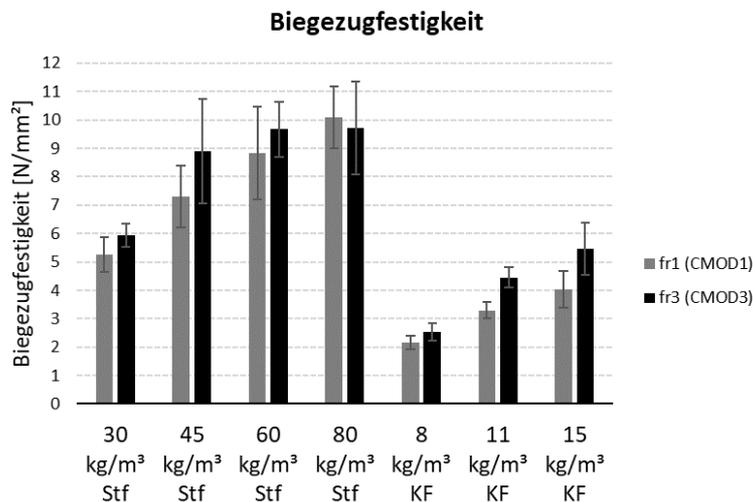


Abbildung 4: Mittelwerte der Biegezugfestigkeiten f_{r1} (CMOD₁) und f_{r3} (CMOD₃)

Im Anschluss an das oben dargestellte Versuchsprogramm zur Ermittlung der Materialeigenschaften von Faserbeton, erfolgte eine umfangreiche Analyse zur Fragestellung der Dauerhaftigkeit von Stahl- und Kunststofffaserbeton.

Der geplante Zeitrahmen für das Arbeitspaket konnte in etwa eingehalten werden. Lieferverzögerungen bei diversen Bestellungen als auch zeitweise Zutritts- bzw. Kontaktbeschränkungen können im Zusammenhang mit der Corona Pandemie erklärt werden.

AP4: Herstellung von Tübbingen und Probenkörpern im Labormaßstab mit ausgewählten Fasertypen

Zu Beginn dieses Arbeitspaketes stand der Transport der Tübbingschalung zum Mischwerk von Katzenberger in Wiesing/Tirol am Programm. Der erste Anlauf, die Schalung nach Tirol zu transportieren, wurde durch starken Schneefall und Windverfrachtungen vereitelt. Ende Januar dieses Jahres hatten wir schlussendlich beim zweiten Transportanlauf ein besseres Einvernehmen mit den Witterungsbedingungen und so konnte die Schalung erfolgreich in Wiesing in Empfang genommen werden.

Nach Begutachtung der Schalung stellte sich heraus, dass eine Modifikation der Schalungsdeckel von Nöten ist, um die Tübbingproduktion starten zu können. Aus diesen Anlässen hat sich der Produktionsstart der Versuchstübbinge schlussendlich in Summe um ca. ein Quartal nach hinten verschoben.

AP5: Tübbinggroßversuche

Die Tübbinggroßversuche stehen natürlich in direkter Korrelation zum Arbeitspaket 4. Bei der gemeinsamen Projektbesprechung wurde in Kooperation mit den beteiligten Projektpartnern ein Versuchsplan für das AP5 diskutiert. Abhängig von den in diesem Arbeitspaket durchgeführten Versuchen, werden in AP4 die entsprechenden Tübbinge mit den gewünschten Rezepturen produziert.

Anhand dieser Ereignisse und Abhängigkeit ist auch dieses Arbeitspaket um ein Quartal nach hinten gerückt. Die Planungen sind aber soweit fortgeschritten, dass die Tübbingproduktion und somit den ersten Großversuchen nichts mehr im Wege steht.

Anhand der in AP3 ermittelten Ergebnisse, konnte das Werkstoffverhalten der unterschiedlichen Mischungen soweit beschrieben werden, dass anhand der daraus resultierten Zugarbeitslinien eine Tübbingstatik angefertigt werden konnte. Anhand dieser Statik können die Prüflasten nun abgeschätzt und im Programm der Prüfmaschine implementiert werden.

AP6: Korrelation zwischen Probekörpern und Tübbing

Im Zuge der Versuchsplanung für das AP5 wurden auch erste Überlegungen zur Herstellung der Korrelation zwischen Probekörpern und Tübbing angestellt. Angedacht wird, dass mittelskalige Probekörper zeitgleich zur Tübbingproduktion hergestellt werden, um den Einfluss von Probengröße auf die Versuchsergebnisse verifizieren zu können.

Durch diese ersten Aktivitäten ist eine Vorrückung des AP6 erfolgt. Die Entnahme und Untersuchung von Bohrkernen ist natürlich erst nach den erfolgten Tübbinggroßversuchen möglich.

AP7: Konzept zur Bemessung und Qualitätssicherung von Faserbetontübbing

Bisher keine Aktivitäten. Geplanter Start ist im Q3 des zweiten Forschungsjahres.

3 PROJEKTTEAM UND KOOPERATION

- Gab es wesentliche Veränderungen im Projektteam (interne Schlüsselmitarbeiter*innen und Dritteileister)?
- Bei Konsortialprojekten und Forschungsk Kooperationen: Beschreiben Sie die Zusammenarbeit im Konsortium.

Eine wesentliche Veränderung im Projektteam ist nicht zu vermerken.

Durch die regelmäßigen Meetings, den Präsentationen der Projektfortschritte sowie durch den Austausch der unterschiedlichen Erfahrungen der jeweiligen Partner entstehen zeitweise umfangreiche Diskussionen und weitreichende Lösungsansätze. Dies fördert jedoch die Kreativität der Gruppe und ermöglicht dadurch eine produktive Kooperation.

4 WIRTSCHAFTLICHE UND WISSENSCHAFTLICHE VERWERTUNG

- Beschreiben Sie die bisherigen Verwertungs- bzw. Weiterverbreitungsaktivitäten. Ist eine Verwertung möglich?
- Listen Sie Publikationen, Dissertationen, Diplomarbeiten sowie etwaige Patentmeldungen, die aus dem Projekt entstanden sind, auf.
- Welche weiterführenden F&E-Aktivitäten sind geplant?
- Wie werden die im Projekt geschaffenen Prototypen weiterverwendet?

Die Ergebnisse aus den im AP3 durchgeführten Laborversuchen wurde in einem Dokument gesammelt und strukturiert dargestellt, sowie an alle Projektpartner verteilt.

An einer wissenschaftlichen Publikation wird gearbeitet und im Zuge des 2. Forschungsjahres umgesetzt.

Nach Abschluss des Projektes, nach entsprechender Kommunikation der Ergebnisse an die am Projekt beteiligten Betriebe und Institutionen/öffentliche Bauherren, ist die Umsetzung in der Produktion geplant. Diese Umsetzung ist Aufgabe der Unternehmen und Institutionen sowie der öffentlichen Bauherren und nicht Gegenstand des Forschungsvorhabens.

Die Projektergebnisse stehen der gesamten Branche unter https://www.bautechnik.pro/Arbeitskreise/forschung#aktive_f der gesamten Branch sowie allen interessierten zur Verfügung.

5 ERLÄUTERUNG ZU KOSTEN UND FINANZIERUNG

Beschreiben und begründen Sie wesentliche aufgetretene Abweichungen vom Kostenplan.

Abgesehen von AP4 (siehe auch 2.1) sind keine wesentlichen Abweichungen festzuhalten. Diese Verzögerung im AP4 von einem Quartal, aufgrund von Lieferschwierigkeiten und nötigen Anpassungen am Schalungsequipment, bedingen eine Verschiebung der zugesagten InKind-Leistung des Partners LAFARGE Zementwerke GmbH in das zweite Forschungsjahr.

6 PROJEKTSPEZIFISCHE SONDERBEDINGUNGEN UND AUFLAGEN

Falls im Förderungsvertrag projektspezifische Sonderbedingungen und Auflagen vereinbart wurden, gehen Sie bitte konkret auf die Erfüllung der noch offenen Sonderbedingungen und Auflagen ein.

Schriftliche Nachweise können im eCall hochgeladen werden.

Die Projektergebnisse sind zu veröffentlichen. Die Veröffentlichungsschrift ist dem Endbericht beizulegen.

Die Projektergebnisse stehen unter https://www.bautechnik.pro/Arbeitskreise/forschung#aktive_f der gesamten Branch sowie allen interessierten zur Verfügung.

7 MELDUNGSPFLICHTIGE EREIGNISSE

Gibt es besondere Ereignisse rund um das geförderte Projekt, die der FFG mitzuteilen sind? Beispielsweise

FFG-Programm/Instrument: Collective Research

- Änderungen der rechtlichen und wirtschaftlichen Einflussmöglichkeiten bei den Fördernehmer*innen,
- Insolvenzverfahren,
- Ereignisse, die die Durchführung der geförderten Leistung verzögern oder unmöglich machen,
- Weitere Förderungen für die im Projekt abgerechneten Kosten (Mehrfachförderung).

Keine Ereignisse im abgelaufenen Projektzeitraum.