

# ENDBERICHT

- (1) **Projektnummer oder Projekttitel:** FO999896972 Sprayed optimised concrete - SpOC

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.
- (2) Die Zielsetzung des Forschungsprojekt SpOC (Sprayed Optimised Concrete) ist es, eine CO<sub>2</sub>-arme, dauerhafte und effiziente Spritzbeton-Bauweise zu erforschen und anhand von großtechnischen Versuchen zu demonstrieren. Um die Spritzbetontechnologie für die Herausforderungen der heutigen Zeit (Ressourcen- und Energieknappheit, Treibhausproblematik, steigende Kosten) zu wappnen, sollen die Ergebnisse im Rahmen des Collective Research Programms der gesamten Branche (Bauherren, Planer, Produzenten) zugutekommen.
- (3) Im ersten Forschungsjahr wurden insbesondere entscheidende Erkenntnisse bezüglich der Charakterisierung des Pump- und Spritzvorgangs, des Einsatzes alternativer, ressourcensparender Ausgangsstoffe, und der Verwendung von Faserspritzbeton für erhöhte Beständigkeit und Langlebigkeit des Baumaterials erzielt. Insbesondere konnte erreicht werden:
- (4) Bisher fehlende Methoden der Qualitätsprüfung der Spritzbetongeräte sowie der Homogenität des aufgetragenen Spritzbetons wurden (weiter)entwickelt und eingesetzt, um Verbesserungen der Spritzmaschinen und der Spritztechnologie anzustoßen.
- (5) Umweltfreundliche zementartige Rohstoffe wurden für den Einsatz im Spritzbeton untersucht und mehrere positive Eigenschaften (erhöhte Beständigkeit, Frühfestigkeit, reduzierte CO<sub>2</sub>-Emissionen, Nutzung lokaler Quellen) festgestellt.
- (6) Durch die umfangreiche Beforschung von Faserspritzbeton und Untersuchung seiner Frisch- und Festbetoneigenschaften konnten Grundlagen für dauerhafteren, dichten und rissreduzierten Spritzbeton geschaffen werden.

## 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	(7) organisatorische Projektleitung	100 %	(8) Die Meetings und die kaufmännische Koordination unter den Projektpartnern wurden durchgeführt und die Berichte erstellt. Auf Grund von Verzögerungen zu Projektstart (Erläuterungen siehe Kurzbericht) wurde ein 3-monatige kostenneutrale Verlängerung genehmigt.

AP	Bezeichnung	Fort-schritt	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
2	(9) Wissenschaftliche Projektleitung	100 %	<p>(10) Koordination der Zusammenarbeit, Planung &amp; Steuerung und administrative Abwicklung des Projektes bei den wissenschaftlichen Partnern wurde durchgeführt.</p> <p>(11) Jour-Fix aller wissenschaftlichen Partner wurde monatlich abgehalten.</p> <p>(12) Diskussion und Abstimmung der Projektergebnisse des 1. Forschungsjahres mit den Projektpartnern ist erfolgt.</p> <p>(13) Florian Mittermayr wird mit 31.12.23 die TU Graz Richtung Uni Innsbruck verlassen.</p>

AP	Bezeichnung	Fortschritt	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
3	(14) Nachhaltigkeit	85%	(15) Mehr Ressourcen waren für die beiden Großspritzversuche (GSV) Schollberg und Trostberg nötig; daher wurden Arbeiten im AP 3 ins 2.FJ nach hinten verschoben. Es entstehen dadurch keine Probleme für die anderen APs. Benötigte Materialdaten sind bis dato noch nicht vollständig verfügbar, weshalb Gesamtbewertungen der ausgeführten Rezepturen noch nicht abgeschlossen werden konnten.
4	(16) Ausgangsstoffe und Bindemittel	95%	(17) Zahlreiche Laborversuche durchgeführt. Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Bereitstellung von Ausgangsmaterialien seitens der Industriepartner kam es zu leichten Verzögerungen. Speziell Versuche mit kalzinierten Tonen werden im 2.FJ verstärkt durchgeführt werden.

AP	Bezeichnung	Fortschritt	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
5	(18) Betontechnologie	100%	(19) 2 GSV wurden erfolgreich im Labor vorbereitet und vor Ort umgesetzt.
6	(20) Spritztechnologie und Auftrag	100%	(21) Zahlreiche Daten wurden im Zuge der beiden GSV erzeugt.
7	(22) Festbetoneigenschaften und Qualitätssicherung	95%	(23) Nach Abwicklung der Großspritzversuche ist die Bearbeitung der Prüfkörper und Leistungsdaten noch nicht vollständig abgeschlossen. Laufende Untersuchungen haben aber keine negativen Auswirkungen auf das 2. FJ.

Tabelle 2: Meilensteine (MS, falls definiert)

MS	Bezeichnung	bisheriger Termin	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
1	(24) Regelmäßige Treffen (Kick-Off-Meeting, Präsentationen mit Zwischenergebnissen)	10/22-12/23	(25) Kick-Off 17.01.2023, Zwischensitzung 14.06.2023, Jahresabschlussitzung, 22.11.2023

MS	Bezeichnung	bisheriger Termin	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
1	Zwischen- und Jahresendberichte und Neuansuchen	10/22-12/23	Zwischenbericht, Jahresendbericht und Neuantrag 2.FJ wird nach kostenneutraler Verlängerung planmäßig abgeschlossen bzw. eingereicht
1	Präsentation und Diskussion von (Zwischen)Ergebnissen mit Beteiligung aller Projektteilnehmer	10/22-12/23	Regelmäßige Präsentationen und Diskussionen durchgeführt, laufend bis 12/23
2	Regelmäßige Treffen der wissenschaftlichen Partner inklusive 1-2 Workshops mit allen Projektteilnehmern	10/22-12/23	Regelmäßige Treffen der wissenschaftlichen Partner wurden in Person sowie online durchgeführt; Workshop der wissenschaftlichen Partner wurde von 22.-23.11.2023 durchgeführt
2	Veröffentlichungen von Ergebnissen und Dissemination, erfolgreiche Abschlüsse der betreuten Studierenden	10/22-12/23	Laufende Veröffentlichung und Dissemination der Ergebnisse. Verzögerungen bis 12/23 durch spätere Durchführung von Großversuchen.
3	Ökobilanz für alle bewerteten Spritzbetonmischungen	12/23	Grundlagen für Lebenszyklusberechnungen wurden gelegt und Datenbanken wurden erweitert. Einige Rezepturen der Großspritzversuche wurden bereits bewertet. Bestimmte Rezepturen konnten allerdings bis dato nicht abschließend bewertet werden, da Materialdaten (z.B. Fasern) noch nicht vollständig vorliegen.
3	Vergleich der Performance und Aufzeigen von Stärken und Schwächen der neu entwickelten Rezepturen	12/23	Vergleich der bewerteten Rezepturen wurde größtenteils abgeschlossen. Für eine vollständige Leistungsübersicht ist noch die Fertigstellung der bisherigen Bewertungen (siehe oben) ausständig.

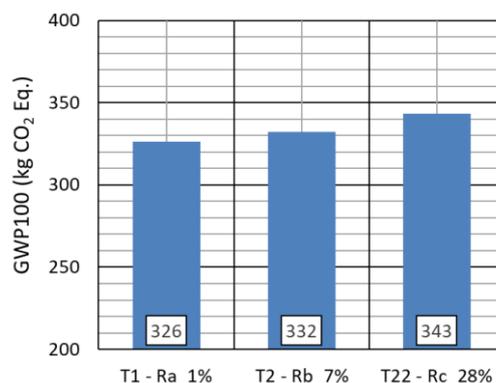
MS	Bezeichnung	bisheriger Termin	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
4	Umfassende Datenbank mit den relevanten Parametern aller Stoffe neue Erkenntnisse zur Phasenentwicklung während der Hydratation	12/23	alle derzeit verfügbaren Ausgangsstoffe charakterisiert; Lieferung neuer Tone für eigene Kalzinierungsversuche erfolgte 12/23. Wirkungsweise von Siderit, Ankerit und Kalzit wurde intensiv bearbeitet
5	entwickelte (Labor-) Mischungen für Großspritzversuche sowie deren Charakterisierung bautechnischer Materialeigenschaften	03/23 und 06/23	03/23 und 06/23; die Vorbereitungen für die beiden GSV im Schollberg und in Trostberg wurden in den Laboren der Forschungspartner planmäßig durchgeführt
5	Mischungsempfehlungen für Spritzbetonanwendungen	12/23	Mischungsempfehlungen hinsichtlich Faserspritzbeton und Schwinden sind unter AP6 beschrieben. Ein umfangreicher Zusatzbericht zu den Versuchen in Trostberg ist in Ausarbeitung. Geplante Abgabe an die Partner 2Q im 2.FJ. Bei den GSV kam es vor den letzten Rezepturen zu einem technischen Gebrechen. Aus diesem Grunde konnte die geplante Versuchsdurchführung nicht vollständig systematisch getestet werden.
6	Überprüfung von Spritzmaschinen mit selbstentwickelten Tests im Rahmen von Großspritzversuchen, Übersicht der Lagenbildung bei unterschiedlichen Spritzmobilen	03/23 und 06/23	Umfangreiche Daten wurden bei den GSV Schollberg erzeugt. An den GSV nahmen 4 Spritzmaschinenhersteller mit 5 verschiedenen Geräten teil. Ergebnisse sind unten beschrieben bzw. detailliert im Zusatzbericht GSV Schollberg.
6	Erstellung von Lösungsvorschlägen Ergebnisaufbereitung in Versuchsberichten	04/23	Detaillierte Ergebnisse sind Zusatzbericht GSV Schollberg zu entnehmen. Einige wenige Versuche zur Auswertung laufen noch bzw. werden für statistische Auswertung wiederholt.

MS	Bezeichnung	bisheriger Termin	Ergebnisse, Abweichungen, Verzögerungen
7	Umfangreiche Daten zu den mechanischen Eigenschaften, der Beständigkeit und der (In)Homogenität der hergestellten Spritzbetonrezepturen zur Nachhaltigkeitsbewertung und iterativen Zusammenarbeit mit AP 4-6	07/23	07/23; die meisten Untersuchungen der beim GSV Schollberg hergestellten Proben sind abgeschlossen und im Zusatzbericht GSV Schollberg dokumentiert.
7	Übersicht über Anwendung und Funktionsweise bestehender Prüfmethode [...] von unbewehrtem und faserbewehrtem Spritzbeton	12/23	Für GSV Schollberg Großteils abgeschlossen; für GSV Trostberg liegt ein Zusatzbericht Berichtsentwurf vor. Geplante Abgabe an die Partner 2Q im 2.FJ. Auswertungen und Versuchsnachstellungen im Labor laufen noch.

## 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?
  - (26) Aufgrund der umfangreichen Arbeiten inklusive zweier Großspritzversuche werden in diesem Bericht nur eine Übersicht der durchgeführten Arbeiten und einige wenige besonders interessante Ergebnisse präsentiert. Detaillierte Ergebnisse und deren Diskussion sind in Einzelberichten aufgearbeitet.
  - (27)
  - (28) AP1 und 2 – organisatorische und wissenschaftliche Projektleitung
  - (29) Die wissenschaftlichen Partner treffen sich regelmäßig in kleineren Arbeitsgruppen und darüber hinaus monatlich in einem Gesamtmeeting. Neben diesen Treffen und vielen Einzelgesprächen, kleineren Diskussionsrunden und Besprechungen mit Industriepartnern wurden folgende Treffen abgehalten:
    - (30) Diskussionsrunde, Trostberg, 01.12.2022
    - (31) Workshop der wissenschaftlichen Partner, Graz, 09.12.2022
    - (32) Kick-Off Meeting, Wien, 18.01.2023

- (33) Planung 1. Großspritzversuche, online, 01.02.2023
- (34) Ergebnisse 1. Großspritzversuche, online, 12.06.2023
- (35) Planung 2. Großspritzversuche, online, 11. und 22.05.2023
- (36) Zwischensitzung, Wien, 14.06.2023
- (37) Jahresabschlussitzung, Wien, 22.11.2023
- (38) Workshop der wissenschaftlichen Partner, 22.-23.11.2023
- (39) Außerdem wurden 2 Newsletter zur Information an alle industriellen Partner versandt. Über spezifische Versuchsdurchführungen wurden und werden Berichte, Konferenzbeiträge und Fachjournal-Artikel verfasst und studentische Abschlussarbeiten erstellt.
- (40)
- (41) AP3 Nachhaltigkeit
- (42) Für die Bewertung der im Projekt entwickelten Spritzbetonrezepturen ist zunächst die Erhebung von Daten aller verwendeten Materiale nötig und in weiterer Folge die Zusammenarbeit mit den anderen Arbeitspaketen (4-7), um Materialkenngrößen und Leistungsfähigkeitsdaten der Rezepturen abzurufen. Da im ersten Forschungsjahr naturgemäß diese Kenngrößen und Daten erst erarbeitet werden müssen (siehe dazu unten die Ergebnisse der weiteren Arbeitspakete), konnten noch keine umfassenden Lebenszyklusbewertungen durchgeführt werden.
- (43) Erste Bewertungen der Umweltauswirkungen wurden deshalb an bestehenden (z.B. in den Großspritzversuchen verwendeten) Rezepturen in Form der Berechnung eines GWP (Global Warming Potentials) durchgeführt. Hierbei konnte beispielsweise der Einfluss von Zusatzmitteln (z.B. Luftporenmittel, Beschleuniger, Verzögerer) auf das Global Warming Potential (GWP) der Gesamtrezeptur gezeigt werden (Abbildung 1).



- (44) *Abbildung 1: Global Warming Potential dreier Spritzbetonrezepturen, die sich im Wesentlichen nur in der Zugabe von Luftporenmittel und Erstarrungsbeschleuniger unterscheiden.*
- (45) Darüber hinaus wurde die Notwendigkeit identifiziert, einerseits weitere in den anderen Arbeitspaketen herangezogene Materialien (z.B. Stahl- und Polymerfasern) für die Bewertungen heranzuziehen und

entsprechende Datenbank zu nutzen bzw. zu aktualisieren. Andererseits ergibt sich auch die Aufgabe, bisher nicht als Zusatzstoffe berücksichtigte Materiale (z.B. Siderit), für die es noch gar keine Produktbewertungen (z.B. in Form von Umweltdeklarationen wie EPDs) gibt, im Hinblick auf die Umweltauswirkungen zu erfassen.

(46)

(47) AP4 Ausgangsstoffe und Bindemittelwirkungsweise

(48) In diesem Arbeitspaket wurden die Eigenschaften neuer Zusatzstoffe wie Siderit, Ankerit und getemperter Tone und deren Reaktionsmechanismen in zementösen Mischungen untersucht. Die erzielten Ergebnisse liefern wertvolle Erkenntnisse zum Einsatz dieser Stoffe als Bindemittelbestandteile für Spritzbetone. Hierdurch wurde auch wichtige Vorarbeit geleistet, um potentiell geeignete, aber bisher ungenutzte Rohstoffe für die Baustoffindustrie nutzbar zu machen. Die untersuchten Materialien könnten dazu dienen, die Frühfestigkeit zu erhöhen, das Versinterungspotential weiter zu reduzieren und die Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit zu erhöhen.

(49) Bereits in früheren Projekten konnten erste Hinweise für die Reaktionsmechanismen von Siderit und Ankerit (Eisen- bzw. Eisen-Calcium-Karbonat) gesammelt werden. Im Arbeitspaket wurde nun die Reaktion und Bindemittleignung dieser Stoffe weitergehend untersucht. Die Materialien wurden durch den Projektpartner VA Erzberg zur Verfügung gestellt, an der TU Graz im Labormaßstab auf unterschiedliche Feinheiten gemahlen und chemisch-mineralogisch-physikalisch untersucht.

(50) Die Eignung der Stoffe als Bindemittelbestandteil von Beton und Spritzbeton wurde durch Bestimmung des Aktivitätsindex nach ÖN B 3309-1 und EN 196-1 durchgeführt, wobei im Falle von beschleunigten Proben 7% eines handelsüblichen Erstarrungsbeschleunigers eingesetzt wurden. Hierfür wird die Druckfestigkeit von Mörtelprismen, die mit dem zu prüfenden Bindemittel (75% Einheitszement, 25% Prüfmaterial) hergestellt wurden, mit der Festigkeit von Referenz-Mörtelprismen (100% Prüfzement) verglichen. Die Ergebnisse zeigten im Falle von Siderit, dass die Aktivität insbesondere zu frühen Hydratationsaltern von der Feinheit und der Lagerungszeit des gemahlten Pulvers, sowie von der Charge (aus dem Jahr 2020 bzw. 2023) abhängt (Abbildung 2).

(51)

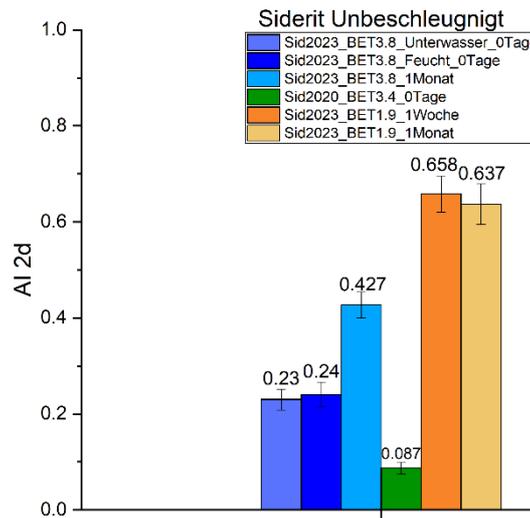


Abbildung 2: 2-Tage-Aktivitätsindex von unbeschleunigten Mörtelprismen mit 25% Siderit im Bindemittel.

(52) Im direkten Vergleich zwischen Siderit, Ankerit und (als inerter Referenz) Quarzmehl (Abbildung 3) zeigten Siderit und Ankerit zu frühen Hydratationszeiten etwas geringere Aktivitäten als Quarz, nach 7 und 28 Tagen war die Aktivität nicht signifikant unterschiedlich. Im Falle beschleunigter Mörtelprismen zeigt sich eine höhere Festigkeit von quarzhaltigem Bindemittel zu früheren Zeiten. Nach 7 und 28 Tagen gewannen hingegen beschleunigte Siderit- bzw. Ankerit-Mörtelprismen im Vergleich zu Quarz deutlich an Festigkeit.

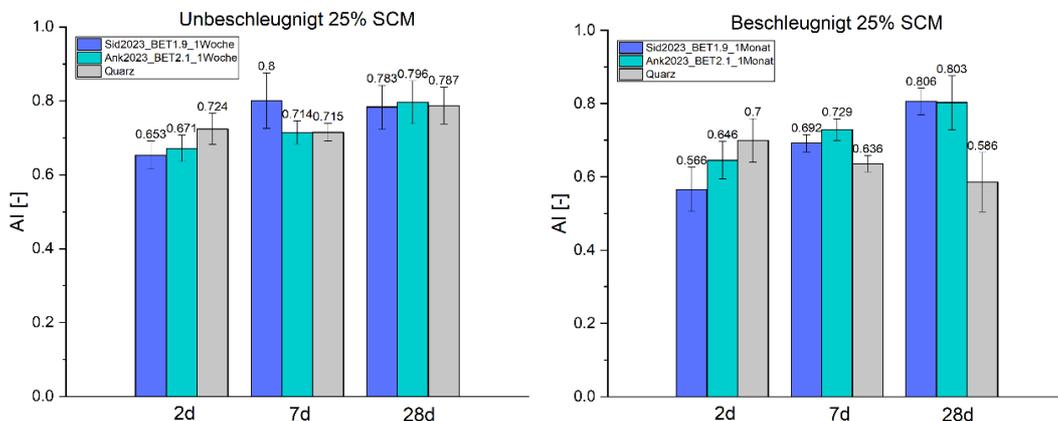


Abbildung 3: Aktivitätsindex (AI) von Mörtelprismen mit 25% Siderit, Ankerit oder Quarz jeweils (a) unbeschleunigt und (b) beschleunigt durch Zugabe von Erstarrungsbeschleuniger.

Um die Reaktionsmechanismen während der frühen Zementhydratation in Anwesenheit von Eisenkarbonaten mit und ohne Erstarrungsbeschleuniger besser zu verstehen, wurden die Rezepturen (analog zu den Mörtel für den Aktivitätsindex, aber ohne Gesteinskörnung) zusätzlich über 48 Stunden im isothermen Kalorimeter gemessen (Abbildung 4).

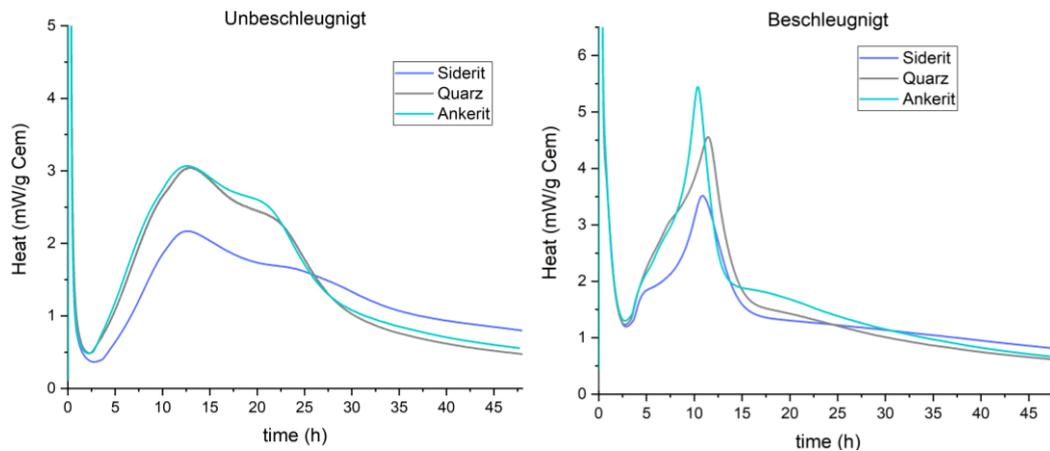


Abbildung 4: Durch isotherme Kalorimetrie bei 20°C bestimmte freigesetzte Hydratationswärme von Leimen mit 75% Zement und 25% Siderit oder Ankerit im Bindemittel; links unbeschleunigt, rechts beschleunigt.

- (53) Die Ergebnisse zeigen im Falle von unbeschleunigten Proben, dass sich Ankerit ähnlich wie Quarz wie ein annähernd inertes Füllmaterial verhält, während Siderit eine deutliche Verzögerung der Zementhydratation (weniger deutliche Wärmeentwicklung) verursacht. Auch bei beschleunigten Proben zeigt sich dieser Effekt von Siderit, allerdings verursacht Ankerit in diesem Fall eine deutlich höhere Wärmeentwicklung, vermutlich durch eine im Vergleich zu Quarz stärker ausgeprägte sekundäre Aluminatreaktion.
- (54) Vertiefte Untersuchungen der reagierten Proben (z.B. mittels Elektronenmikroskopie und Röntgendiffraktometrie) legen die Bildung von eisenhaltigen AFm-Phasen nahe. Auslaugungsversuche, basierend auf den Anweisungen „Festlegung des Reduzierten Versinterungspotentials“ der Österreichischen Spritzbeton-Richtlinie, zeigte darüber hinaus eine deutliche Reduktion des auslaugbaren Calciums im Falle von Siderit- oder Ankerit-haltigen Mörteln im Vergleich zu Quarz.
- (55) In Analogie zu den Untersuchungen bezüglich Siderit und Ankerit wurde auch der Einsatz kalzinierter Tone untersucht. Obwohl diese Materialien, die durch die Behandlung von Tonmineralen wie z.B. Kaolin bei Temperaturen >600°C international bereits erfolgreich eingesetzt werden, gibt es insbesondere für die in Österreich verfügbaren Vorkommen noch wenig Untersuchungen für die Verwendbarkeit in Spritzbeton.
- (56) Die Untersuchung des Aktivitätsindex (Abbildung 5) und der Hydratationseigenschaften mittels Kalorimeter (Abbildung 6) eines beispielhaften Tons, der bei verschiedenen Temperaturen gebrannt wurde, zeigen die folgenden Ergebnisse: Beim Einsatz in unbeschleunigten Zementsystemen sind Brenntemperaturen um 800°C als optimal für hohe Aktivität befunden worden, wobei der Festigkeitsbeitrag des Tons hier sogar jenen des Prüfzements übersteigt (Aktivitätsindex > 1). Im Gegensatz dazu ist, im Zusammenspiel mit Erstarrungsbeschleuniger, der bei 600°C gebrannte Ton in der Lage, besonders hohe Frühfestigkeiten weit (mehr als das doppelte) über der Frühfestigkeit des Prüfzements zu ermöglichen – dieser Effekt nimmt bei höheren Brenntemperaturen (700 und 800°C) wieder

deutlich ab. Die Ergebnisse der Kalorimeter-Untersuchungen bestätigen dieses Muster: Im Falle unbeschleunigter Proben verhält sich bei 800°C gebrannter Ton ähnlich wie inerter Quarz, die Probe mit zu Vergleichszwecken verwendetem Metakaolin (ein kommerziell erhältlicher gebrannter Ton) zeigt eine deutlich frühere Aluminatreaktion. Im Falle beschleunigter Proben hingegen verhält sich bei 800°C gebrannter Ton sehr ähnlich wie Metakaolin und ermöglicht eine deutlich frühere und stärkere Reaktion als die Probe mit Quarz. Demgegenüber steht die Probe mit bei 600°C gebranntem Ton, die eine nochmals deutlich höhere und frühere Aluminatreaktion aufweist als Metakaolin.

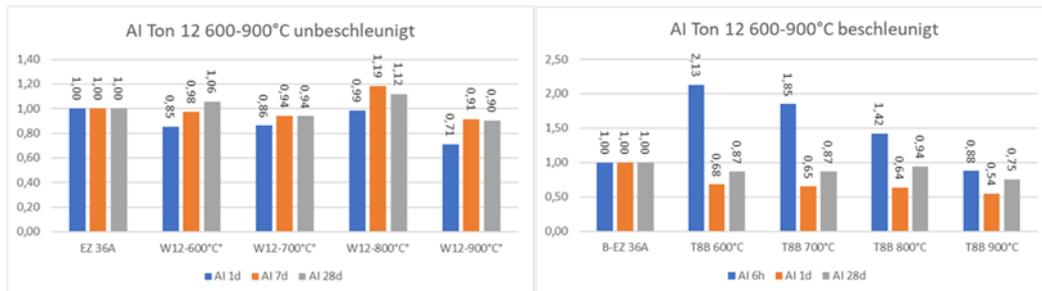


Abbildung 5: Aktivitätsindex von Mörtelproben (Bindemittel 75% Prüfzement und 25% Ton 12) jeweils unbeschleunigt (links) und beschleunigt (rechts).

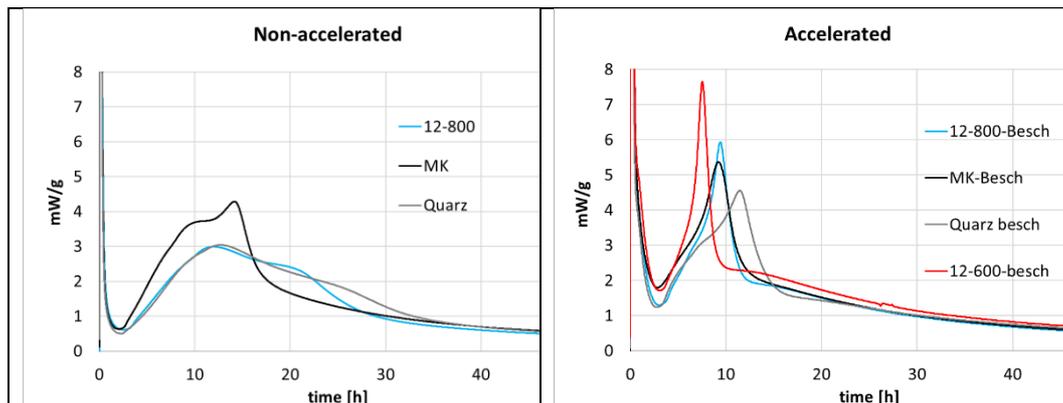


Abbildung 6: Kalorimeterkurven von unbeschleunigten und beschleunigten Leimproben (Bindemittel 75% Prüfzement und 25% Ton, Quarz oder Metakaolin).

(57) AP5 Betontechnologie

(58) Zur Bearbeitung des gesetzten Ziels von dichterem, längerlebiger faserverstärktem Spritzbeton wurden zunächst im Rahmen einer „fibre challenge“ in Zusammenarbeit mit den faserverstärkenden Industriepartnern eine Reihe an Rezepturen vorgeschlagen, um mehrere Hauptziele zu bearbeiten:

1. Fasern der einzelnen Hersteller evaluieren
2. Die Wirkung von künstlich eingeführter Luft zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit von Faserspritzbeton erforschen und die Auswirkungen auf Schwindreduktion, Porosität und letztlich CO<sub>2</sub>-Reduktion klären.
3. Variierende Fasermischungen von Mikro- und Makrofasern verschiedener Zusammensetzung (Stahl, Kunststoff, Hanf) einsetzen, um deren Wirkung auf

Verarbeitbarkeit, Dispergierung, Schwindverhalten sowie Rissverteilung und Energieabsorptionsvermögen untersuchen.

Die aufgestellten Rezepturen (Tabelle 3) wurden dann im Rahmen eines Großspritzversuchs in Trostberg (Abbildung 7) unter Nutzung der Infrastruktur des Projektpartners Master Builders Solutions gespritzt, wobei Variationen sowohl im Luftgehalt wie auch im Gehalt und der Kombination verschiedener Fasertypen gemäß der Zielsetzung gesetzt wurden. Die Rezepturen wurden durch Einmischung der Fasern und weiterer Zusatzmittel in Teilmengen von einigen 100kg einer vorgelegten, verzögerten Betonrezeptur erzeugt.



Abbildung 7: Eindrücke des Großspritzversuchs in Trostberg.

Tabelle 3: Im Rahmen der Großspritzversuche in Trostberge getestete Rezepturen

Kürzel	Name	Luftgehalt	Makrofasern		Mikrofasern	
			Typ	Gehalt kg/m <sup>3</sup>	Typ	Gehalt kg/m <sup>3</sup>
T1	Ra_1%	3.4	-		-	
T2	Rb_7%	7%	-		-	
T4	SB34-N10c	13%	Steel	26,7	Natural	1,24
T5	SB34-N10a	6.5%	Steel	26,7	Natural	1,24
T6	SB34-0a	4.5%	Steel	26,7	-	
T7	SA34-0a	2.0%	Steel	26,7	-	
T8	PC55-N02a	3.8%	Polymeric	5,0	Natural	0,25
T9	PC55-N10a	7,0%	Polymeric	5,0	Natural	1,24
T11	PM55-0a	4.8%	Polymeric	5,0	-	
T14	PA55-0a	9,5%	Polymeric	5,0	-	
T15	PM55-P10a	7,2%	Polymeric	5,0	Polymeric	0,9
T16*	SB55-N10c	9,5%	Steel	5,0	Natural	1,24
T22	Rc_28%	28,0%	-	-	-	-

(59) Die Rezepturen wurden zunächst hinsichtlich ihrer Frischbetoneigenschaften mit diversen Versuchsmitteln (z.B. SliPer-Gleitrohrreometer, Luftgehalt) untersucht, um die Auswirkungen dieser Variationen auf die Verarbeitbarkeit zu eruieren. Nach dem Spritzvorgang mit von Master Builders Solutions bereit gestelltem Equipment wurden am Festbeton neben Früh- und Endfestigkeit insbesondere die von der Faser- und Luftzugabe besonders beeinflussten Eigenschaften freies Schwinden, Rissentwicklung bei behindertem Schwinden und Energieadsorptionsvermögen untersucht. Im Folgenden ein Auszug mit besonders interessanten Ergebnissen:

(60) Die untersuchten Spritzbetone (T4 bis T9 in Abbildung 8) zeigten niedrigeres Gesamtschwinden als unbeschleunigter Beton (T 16 und Referenz 0% aus dem Labor in lila). Zudem zeigt gespritzter Beton ein etwas geringeres Schwinden als beschleunigter, aber ungespritzter Beton aus dem Labor (Referenz 5% in lila).

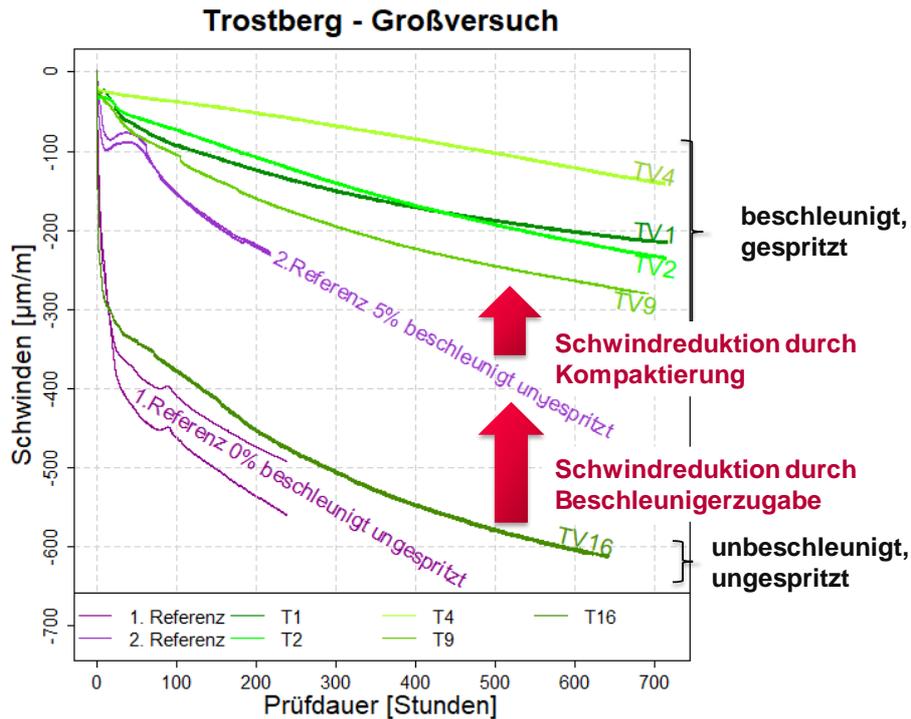


Abbildung 8: Ergebnisse der Untersuchung des freien Schwindens verschiedener (Spritz-)Beton.

Die durchgeführten Prüfungen zur Energieadsorption (Abbildung 9) zeigen, dass bis auf zwei Rezepturen die Grenze von 700 Joule eingehalten wurde. Da die Prüfung nach ASTM C1550 (runde Paneele) erfolgte, wurden die Ergebnisse zur Vergleichbarkeit mit einem korrelativ bestimmten Faktor auf die Ergebnisse von quadratischen Platten (gemäß EFNARC / EN 14488-05) umgerechnet.

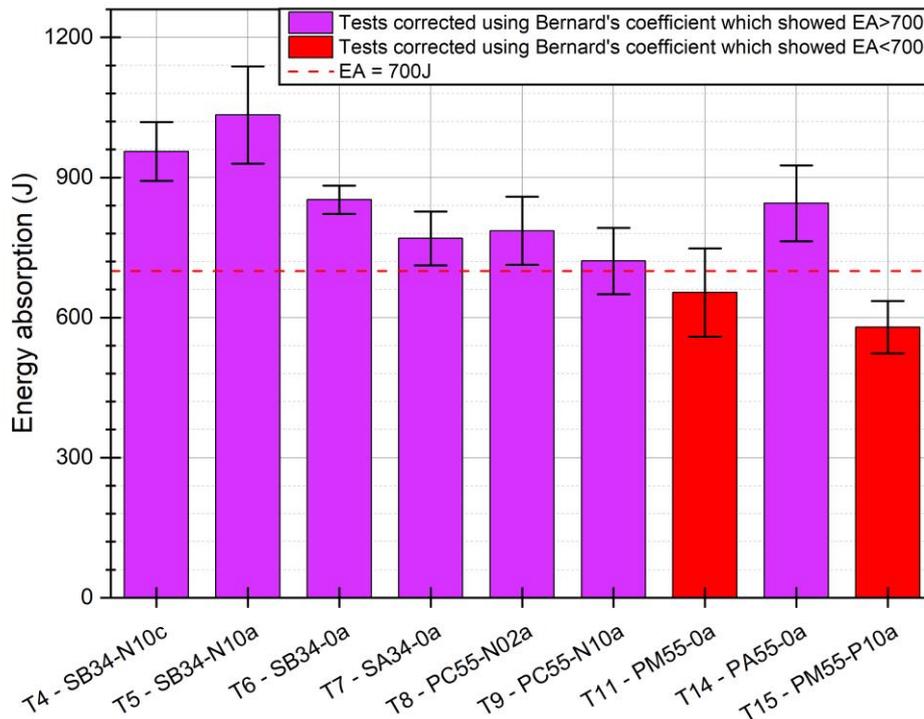


Abbildung 9: Ergebnisse der Bestimmung des Energieabsorptionsvermögens.

- (61) Zusammenfassend wurden im Arbeitspaket, insbesondere im Rahmen des Großspritzversuchs, folgende Erkenntnisse gewonnen:
- Verarbeitbarkeit:  
Faser-SpB ist insgesamt gut zu verarbeiten, Mikro-Luftporen verbessern die Pumpbarkeit  
Fasereinmischung bringt erhöhten FB-Luftgehalt
  - Schwinden:  
Gesamtschwinden von beschleunigtem Spritzbeton < Gesamtschwinden unbeschleunigter Beton, folglich ist auch spannungsinduzierendes Schwinden geringer  
Faser-Kombinationen (mit Mikrofasern) verringern Schwinden (PP-Makro/PP-Mikro vor PP-Makro/NF-Mikro vor SF-Makro/PP-Mikro bzw. SF-Makro/NF-Mikro)  
erhöhter Luftgehalt scheint Schwinden zu kompensieren (teilweise in Kombination mit dem Effekt der Fasern)
  - Rissreduktion:  
Spritzbeton mit Fasern → keine Risse unter den gegebenen Bedingungen  
keine Unterschiede zwischen Fasertypen festzustellen gewesen
  - Frühfestigkeitsentwicklung:  
Faserzugabe hat einen vernachlässigbar geringen Einfluss
  - Energieabsorptionsvermögen (EV):  
EV 700 (teilweise knapp nicht) erreicht  
deutliche Unterschiede bei nach Volumen gleicher Faserdosierung (Stahlfasern vor Kunststofffasern, mit Unterschieden je nach Verbund), Makrofasern verantwortlich für EV, Mikrofasern verbessern das EV nicht
- (62) AP6 Spritztechnologie, Auftrag, Verarbeitbarkeit
- (63) Das Ziel dieses Arbeitspakets lag im Wesentlichen in der Untersuchung des Pulsationsgrads verschiedener Hydraulikpumpen und ihren Auswirkungen auf den Spritzbeton beim Nassspritzverfahren. Aufgrund der Pulsation kommt es zu einer kurzen Absenkung des Drucks und damit eine Abnahme des Förderstroms, während die Dosierung des Erstarrungsbeschleunigers konstant weiterläuft. Dadurch kann es zu einer Überdosierung des Beschleunigers kommen, was die Ausbildung einer Lage bzw. Gefügestörung im Spritzbeton bewirken kann.
- (64) Für die Untersuchungen wurde ein Großspritzversuch im Stollen der Firma Kibag Schollberg in der Schweiz vom 20.03.2023 bis 24.03.2023 durchgeführt (Abbildung 10), wofür von 4 Maschinenherstellern insgesamt 5 unterschiedliche Spritzmaschinen für den Auftrag von Nassspritzbeton bereitgestellt wurden. Für die Bestimmung des Pulsationsgrads wurde der Druck in der Betonleitung und der Hydraulik mittels Drucksensoren während des Spritzprozesses aufgezeichnet. Aus diesen Messdaten kann der Pulsationsgrad der Hydraulik und des Betons nach der Pumpe und vor der Spritzdüse bestimmt werden. Weiters wurde die Beschleunigerverteilung mittels Tracer-Einsatzes im Festbeton analysiert und die Lagen weiter untersucht.



(65)

Abbildung 10: Impression vom Großspritzversuch im Schollberg.

- (66) Mit den 5 unterschiedlichen Spritzmaschinen wurden jeweils 2 Mischungen gespritzt, die sich im Fließmittelgehalt unterschieden und damit unterschiedliche Frischbetonkonsistenz aufwiesen: Mischung G mit insgesamt guter Verarbeitbarkeit und Mischung F mit schlechterer Verarbeitbarkeit. Diese Betonmischungen wurden in Spritzkisten, Spritzkörbe und jeweils auch in eine Kiste zur Bestimmung des Füllgrades mit jeweils 12 und 20 m<sup>3</sup>/h Förderleistung gespritzt. Zudem wurden die Mischungen auch an die Wand mit kontinuierlicher Leistung (Start bei 5m<sup>3</sup>/h bis maximal 25 m<sup>3</sup>/h) aufgetragen. Zudem wurden mit einem der Spritzmobile noch eine Mischung mit einem geringeren Bindemittelanteil sowie eine Mischung ohne Zement getestet. Bei Letzterer bestand das „Bindemittel“ nur aus Steinmehl und einem Viskositätsmodifizierer, welcher die Pumpeigenschaften an die eines Betons anpassen sollte. Die eingesetzten Ausgangsstoffe (lokal verfügbare Gesteinskörnung, Zement und Steinmehl, Zusatzmittel, Tracer) wurden im Vorfeld und im Nachgang umfangreich untersucht.
- (67) Alle Betonmischungen wurden vor dem Spritzvorgang einem umfangreichen Set an Frischbetonprüfungen (Ausbreitmaß, Filtratwasser, Gleitrohrreometer, Luftporen, V-Trichterauslaufzeit, Wassergehalt mittels Mikrowellentrocknung) unterzogen. Der Spritzvorgang wurde mittels Videoaufnahmen dokumentiert, der Pumpvorgang auch mit Drucksensoren an Positionen in der Betonförderleitung, der Beschleunigerleitung, Luftleitung und der Hydraulik. Die Beschleunigerverteilung im Festbeton wurde mittels Einsatzes von Na-Fluorescein getestet. Weiters wurde die Lagenbildung im Spritzbeton mittels offener Porosität, Karbonatisierung und Sulfatgehalt untersucht. An Proben ausgewählter Mischungen wurde darüber hinaus Frühfestigkeit bis zu einem Alter von 24 Stunden und Druckfestigkeit an Bohrkernen im Alter von 28 und 90 Tagen bestimmt.
- (68) Bei der Untersuchung des Pulsationsgrads zeigten sich erhebliche Unterschiede zwischen den Spritzmaschinen: In der Abbildung 11 sind die Ergebnisse der Bestimmung des Pulsationsgrads mit der Standardabweichung für die einzelnen Mischungen und Spritzleistungen von

12m<sup>3</sup>/h und 20m<sup>3</sup>/h zusammengestellt. Darin sind der Pulsationsgrad des Betons vor der Düse (Beton Düse), des Betons nach der Pumpe (Beton Pumpe) sowie der Hydraulik (Hydraulik) enthalten.

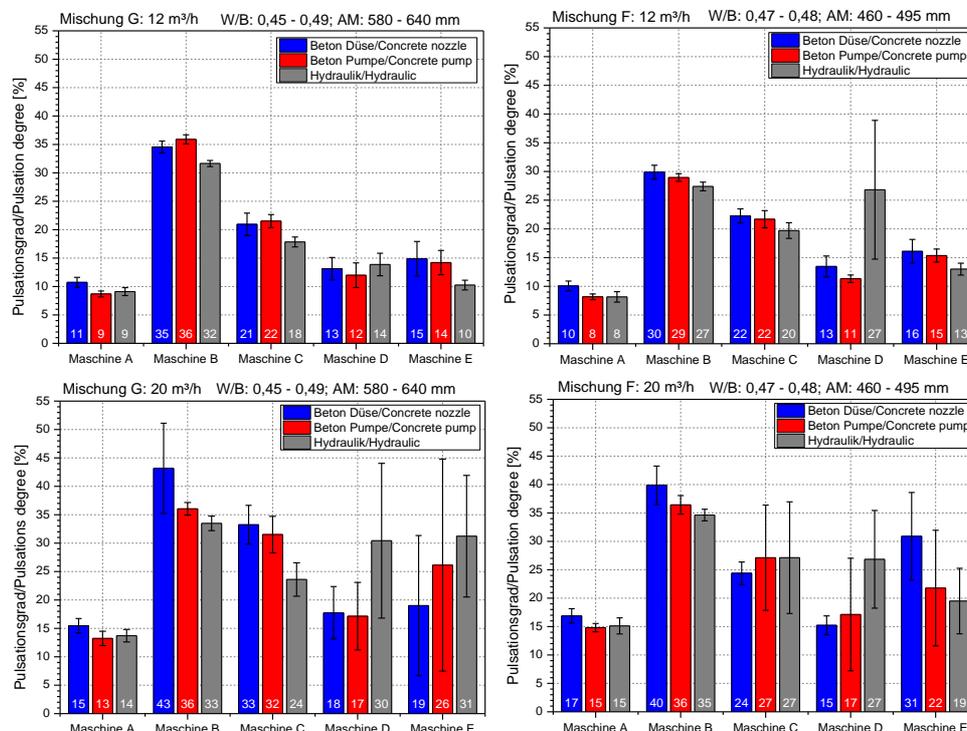


Abbildung 11: graphische Darstellung des Pulsationsgrads mit Standardabweichung;  
oben: links Mischung G 12 m<sup>3</sup>/h, rechts Mischung F 12 m<sup>3</sup>/h  
unten: links Mischung G 20 m<sup>3</sup>/h, rechts Mischung F 20 m<sup>3</sup>/h

### Mischung G 12m<sup>3</sup>/h und 20m<sup>3</sup>/h

Der Pulsationsgrad zeigt deutliche Unterschiede zwischen der Pumpleistung der Maschinen an. Maschine A hat sowohl bei den eingestellten Spritzleistungen von 12m<sup>3</sup>/h wie auch bei 20m<sup>3</sup>/h die geringsten Werte und Maschine B die höchsten. Bei allen getesteten Maschinen stieg mit höherer Leistung der Pulsationsgrad an. Beim Spritzen mit 12m<sup>3</sup>/h ist die Standardabweichung der Pulsationsgrade gering und auch die Abweichung zwischen den Pulsationsgraden (Mittelwert) an den unterschiedlichen Positionen lag bei nur 5%. Hingegen ist bei höherer Leistung sowohl eine höhere Standardabweichung der einzelnen Pulsationsgrade wie auch ein größerer Unterschied zwischen den Positionen zu beobachten.

### Mischung F 12m<sup>3</sup>/h und 20m<sup>3</sup>/h

Bei den Ergebnissen des Pulsationsgrads mit Mischung F zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei Mischung G. Beim Spritzen mit 12m<sup>3</sup>/h gibt es nur einen großen Ausreißer bei Maschine D bei der Pulsation an der Hydraulik, die eine deutlich höhere Pulsation aber mit einer großen Standardabweichung anzeigt. Bei der Maschine B liegen die Werte des Pulsationsgrads bei der steiferen Mischung sogar etwas unter denen von Mischung G. Bei den restlichen Maschinen sind die Werte im gleichen Bereich oder leicht erhöht. Der Trend zwischen den Maschinen ist jedoch der gleiche. Maschine A weist die niedrigsten Werte und Maschine B die höchsten auf.

Dies gilt auch beim Spritzen mit 20m<sup>3</sup>/h. Auch hier gibt es leichte Abweichungen zu der Mischung G.

*Tabelle 4: Mischung G 12m<sup>3</sup>/h und 20m<sup>3</sup>/h: Hub Dauer Beton vor Düse, mittels Füllgrad berechnete Spritzleistung, Hub Dauer EB, Maximaldruck Beton vor Düse und nach Pumpe, Maximaldruck Hydraulik*

		Beton Hub Dauer	Spritz- leistung <sup>1)</sup>	EB Hub Dauer	Maximaldruck p <sub>max</sub>		
		s	m <sup>3</sup> /h	s	Beton Düse bar	Beton Pumpe bar	Hydraulik bar
Maschine	12 m <sup>3</sup> /h	6,59	12	6,61	2,3	8,9	89,3
A	20 m <sup>3</sup> /h	4,22	19	4,23	3,2	15,4	126,5
Maschine	12 m <sup>3</sup> /h	6,69	12	1,80	2,3	8,8	83,6
B	20 m <sup>3</sup> /h	3,51	22	0,65	3,6	16,3	120,6
Maschine	12 m <sup>3</sup> /h	5,75	13	0,81	1,8	12,4	56,8
C	20 m <sup>3</sup> /h	3,58	20	0,47	3,0	44,8	142,4
Maschine	12 m <sup>3</sup> /h	9,37	10	2,42	1,8	16,6	123,3
D	20 m <sup>3</sup> /h	6,05	15	1,41	2,9	19,8	172,3
Maschine	12 m <sup>3</sup> /h	6,65	10	6,62	2,9	12,1	61,4
E	20 m <sup>3</sup> /h	4,09	17	4,18	3,8	22,5	104,1

<sup>1)</sup>berechnet über Füllgrad

Tabelle 5: Mischung F 12m<sup>3</sup>/h und 20m<sup>3</sup>/h: Hub Dauer Beton, mittels Füllgrad berechnete Spritzleistung, Hub-Dauer EB, Maximaldruck Beton vor Düse und nach Pumpe, Maximaldruck Hydraulik

		Beton Hub Dauer	Spritz- leistung <sup>1)</sup>	EB Hub Dauer	Beton Düse	p max Beton Pumpe	Hydraulik
		s	m <sup>3</sup> /h	s	bar	bar	bar
Maschine A	12 m <sup>3</sup> /h	7,00	12	6,98	2,2	12,0	110,8
	20 m <sup>3</sup> /h	4,04	20	4,05	3,5	21,4	159,2
Maschine B	12 m <sup>3</sup> /h	5,37	15	1,40/2,6 9	2,9	13,9	107,7
	20 m <sup>3</sup> /h	3,06	25	0,56/1,3 6	3,8	23,8	159,3
Maschine C	12 m <sup>3</sup> /h	5,89	12	0,80	2,8	15,8	64,5
	20 m <sup>3</sup> /h	3,86	19	0,64	3,7	22,1	92,5
Maschine D	12 m <sup>3</sup> /h	10,33	9	2,42	1,6	13,7	136,2
	20 m <sup>3</sup> /h	6,00	15	1,48	2,0	19,9	193,2
Maschine E	12 m <sup>3</sup> /h	6,54	11	6,54	3,6	13,3	70,7
	20 m <sup>3</sup> /h	4,02	17	4,01	4,7	22,0	97,4

<sup>1)</sup>berechnet über Füllgrad

In Tabelle 4 und Tabelle 5 die Hub Dauer des Betons vor der Düse, die aus dem ermittelten Füllgrad berechnete Spritzleistung, die Hub Dauer der Beschleunigerdosierung (EB) sowie die Maximaldrücke des Betons vor der Düse und nach der Pumpe sowie der Hydraulik zusammengefasst. Die Berechnung der tatsächlichen Spritzleistung aus dem ermittelten Füllgrad zeigt speziell für die höhere Spritzleistung starke Abweichungen sowohl bei der steifen wie auch der weicheren Mischung zum Soll-Wert von 20m<sup>3</sup>/h. Dies erschwert den Vergleich des Pulsationsgrads der Geräte. Neben den Pulsationsgraden zeigen auch die maximalen Drücke große Unterschiede zwischen den Geräten an, wobei die Höhe nicht mit dem Pulsationsgrad korreliert.

- (69) Die erheblichen Unterschiede im Pulsationsgrad spiegeln sich ebenfalls in den Ergebnissen der Epifluoreszenzanalyse zur Verteilung des Beschleunigers widerspiegeln:
- (70) Im Vorfeld des Spritzvorgangs wurde eine geringe Menge des Tracers, Uranin (Na-Fluoreszein), in Wasser gelöst und dem eingesetzten Erstarrungsbeschleuniger zugegeben. Nach dem Spritzvorgang wurden aus den Spritzkisten und Körben Bohrkerne entnommen, aus denen für die Beschleuniger-Tracer Untersuchung Scheiben geschnitten (Abbildung 12) wurden. Mittels Epifluoreszenzanalyse wurde schließlich die Beschleunigerverteilung durch die Uranin-Fluoreszenz untersucht, 11 bis 37 Tage nach Herstellung der Proben.

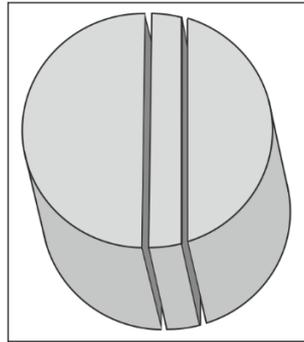


Abbildung 12: Schemata für die Probenentnahme

Die Analyse der Beschleunigerverteilung mittels Epifluoreszenz zeigte bei allen Maschinen eine inhomogene Beschleunigerverteilung, wobei die Ausprägung der Epifluoreszenz stark variiert. Die Bohrkerne der Spritzmaschinen B und C zeigen eine starke Lagenbildung. Bei den anderen Spritzmaschinen ist die Lagenbildung nicht in jedem Bohrkern gleich ausgeprägt. Am optisch geringsten ausgeprägt sind sie bei Spritzmaschine A und bei Spritzmaschine E mit Ausnahme von einem Bohrkern. In den Abbildung 13 und Abbildung 14 sind die Epifluoreszenz-Aufnahmen der Bohrkerne von Mischung G und Mischung F ersichtlich.

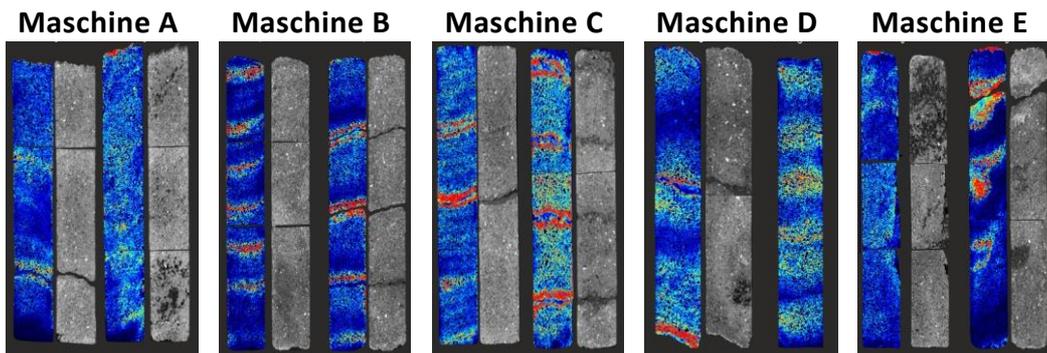


Abbildung 13: Epifluoreszenz Bilder der Bohrkerne von Mischung G. Die Fluoreszenz an den Bohrkerneoberflächen resultieren vom verwendeten Markierungsspray

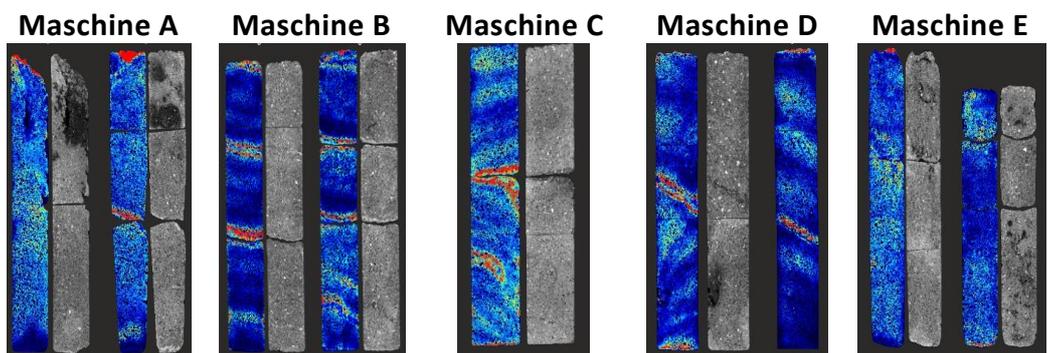


Abbildung 14: Epifluoreszenz Bilder der Bohrkerne von Mischung F. Die Fluoreszenz an den Bohrkerneoberflächen resultieren vom verwendeten Markierungsspray

- (71) Im Rahmen des Großspritzversuches konnte sichergestellt werden, dass 5 Spritzmaschinen unter konstanten Bedingungen, wie beispielsweise der Temperatur und Luftfeuchte, auf den Pulsationsgrad des Betons vor der Düse und die damit einhergehende Lagenbildung getestet wurden. Hierfür wurden sowohl eine steife als auch eine weiche Betonmischung hergestellt.

Mittels der zahlreichen Prüfungen des Frischbetons wurde sichergestellt, dass die Betonmischungen für alle Spritzmaschinen die gleichen rheologischen Eigenschaften aufwiesen.

- (72) Die Untersuchung des Pulsationsgrads und die Charakterisierung der Lagigkeit zusammen mit einer Vielzahl weiterer durchgeführter Analysen, zeigten zusammenfassend folgende Ergebnisse:
- (73) Bei der Untersuchung des Pulsationsgrads zeigten sich erhebliche Unterschiede zwischen den Spritzmaschinen, was sich ebenfalls in den Ergebnissen der Epifluoreszenzanalyse zur Verteilung des Beschleunigers widerspiegelte. Hingegen konnte beim Test zur beschleunigten Karbonatisierung keine Unterscheidung zwischen den Spritzmaschinen festgestellt werden. Hierbei wiesen sämtliche untersuchten Bohrkernlagen auf. Allerdings ist aufgrund der begrenzten Probenanzahl keine endgültige Schlussfolgerung möglich. Die sichtbaren Lagen, die beim Trocknen der Bohrkernlagen auftraten, gingen in der Regel mit einer erhöhten offenen Porosität und einem höheren Sulfatgehalt einher. Es ist jedoch zu beachten, dass nicht alle Bereiche mit einem höheren Sulfatgehalt als optisch erkennbare Lagen identifiziert werden konnten und auch nicht alle Lagen mit erhöhtem Sulfatgehalt eine gesteigerte offene Porosität aufwiesen. Die automatisierte Lagendetektion über den Luftporengehalt zeigte teilweise die Beschleunigerlagen an, jedoch spiegelt die Dicke der Luftporenlage nicht die Dicke der Lage mit erhöhter Beschleunigerkonzentration wider und auch nicht jede Beschleunigerlage wies einen erhöhten Luftporengehalt auf. Zusätzlich wiesen auch Bereiche aufgrund von Spritzfehlern einen erhöhten Luftporengehalt auf.
- (74) AP7 Festbetoneigenschaften prüfen
- (75) Die Haupttätigkeit dieses Arbeitspakets bestand wie vorgesehen darin, Prüfungsmethodik für die anderen Arbeitspakete, insbesondere AP5 und AP6, bereitzustellen. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die erzielten Ergebnisse (Festigkeit, Dauerhaftigkeit, etc.) in den entsprechenden Kapiteln (s.o.) beschrieben.

### 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.
- (76) Die Doktoratsstudierenden Marjorie Pons Piñeyro und Augusto Cezar Maciel Soares konnten als neue Projektmitarbeiter gewonnen werden und sind seit dem 1. Quartal 2023 an der TU Graz tätig.
- (77) Dipl. Ing. Lukas Briendl hat mit 1.10.2022 die TUG verlassen. Er arbeitet jetzt bei Holcim und steht dem Forschungsteam für Anfragen zur Verfügung

- (78) Projektleiter Dr. Florian Mittermayr wechselt mit Jänner 2024 an die Universität Innsbruck, was durch die hervorragende Kooperation der wissenschaftlichen Partner aber keine Auswirkungen auf das Forschungsprojekt hat.
- (79) Die Bauunternehmen Implenia Österreich GmbH und Marti GmbH Österreich konnten für das zweite Forschungsjahr als neue Industriepartner für das Projekt gewonnen werden und unterstützen durch Cash- und Inkind-Leistungen. Dadurch wird auch die Österreichischen Spritzbetonbranche noch breiter abgedeckt.
- (80) Die Kooperation innerhalb des wissenschaftlichen Konsortiums verläuft effizient und produktiv. Der fachliche und planerische Austausch wird durch regelmäßige Treffen sowohl des gesamten wissenschaftlichen Teams, als auch einzelner Untergruppen, sichergestellt. In mehrtägigen Workshops (zuletzt vom 22.-23.11.2023) wird die intensive Bearbeitung von Forschungsfragen gefördert. Die Forschungspartner stehen auch in engem Kontakt mit der Konsortialführung.
- (81) Die Kommunikation insbesondere der wissenschaftlichen Partner und der Konsortialführung mit den Industriepartnern wird prinzipiell in halbjährlichen Treffen des gesamten Konsortiums organisiert, wobei auch wichtige Forschungsergebnisse präsentiert werden. Nach Bedarf werden darüber hinaus Sitzungen einzelner Projektpartner in Untergruppen durchgeführt. Insbesondere im Bereich der Materialbeschaffung (z.B. Bereitstellung getemperter Tone für Labor- und Großversuche) ergab und ergibt sich die Notwendigkeit für intensive Kommunikation.

## 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?
- (82) Im ersten Forschungsjahr wurden wesentliche Grundlagen für weitere Ergebnisse gelegt. Endgültige Verwertungen sind daher noch nicht möglich und wären verfrüht. Das Forschungsprogramm und erste Ergebnisse wurden den Partnern laufend vorgestellt und wurden bzw. werden auch auf mehreren Fachtagungen präsentiert, für Fachjournal-Beiträge vorbereitet sowie in studentischen Abschlussarbeiten bearbeitet. Die Initiierung weiterer studentischer Abschlussarbeiten ist ebenfalls geplant.
- (83) Durchgeführte, angemeldete und geplante Konferenzbeiträge

- (84) Konferenzbeitrag und Präsentation, 16. ICCO 18.-22.09.2023, Bangkok, Thailand
- Steindl, F.R., et al.: How siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) might be a future low-CO<sub>2</sub> reactive binder component for composite cements
- (85) Anmeldung RILEM Spring Convention, 07.-12.04.2024, Mailand, Italien
- Pons Piñeyro, M., et al.: Siderite's ( $\text{FeCO}_3$ ) reactivity in cementitious systems and its potential use as a future SCM
  - Soares, A.C.M., et al.: Shotcrete for Tunnelling: Life Cycle Assessment Evaluation
- (86) Geplante Anmeldungen Spritzbetontagung, 23.-24.01.2025, Alpbach, Österreich
- Pons Piñeyro, M., zum Thema Reaktivität von Siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) in zementösen Systemen
  - Sakoparnig, M., zum Thema Charakterisierung von Spritzbeton-Lagigkeit
  - Soares, A.C.M., zum Thema Faserverstärkter Spritzbeton und Verarbeitbarkeit
  - Juhart, J., zum Thema Großspritzversuche mit faserverstärktem Spritzbeton
- (87)
- (88) Studentische Abschlussarbeiten
- Max Eckhart (Masterarbeit, in Ausarbeitung)

## 5 ERLÄUTERUNG ZU KOSTEN UND FINANZIERUNG

Beschreiben und begründen Sie wesentliche aufgetretene Abweichungen vom Kostenplan.

- (89) Durch die Ausrichtung von gleich zwei Großspritzversuchen auf Kosten von Industrie-Projektpartnern wurden bereits im ersten Jahr InKind-Leistungen bereits um ein Vielfaches der geplanten Kosten überschritten.
- (90) Insbesondere im Bereich der Frisch- und Festbetonprüfung entstand durch die beiden Großspritzversuche ein deutlicher Mehraufwand. Gleichzeitig wurde aufgrund der Anforderungen (Versuch untertage im Stollen bzw. Prüfgeräte und Ausstattung speziell für Faserspritzbeton) entgegen dem ursprünglichen Plan beim Projektpartner TBA Zams kein Großspritzversuch durchgeführt. Insgesamt ergibt sich dadurch eine Kostenumschichtung von € 8.000,- von der TBA Zams zum Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie (TU Graz).

## 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.

- (91) Besondere Förderungsbedingungen:
- (92) Die Projektergebnisse sind zu veröffentlichen. Die Veröffentlichungsschrift ist dem Endbericht beizulegen.
- (93) Alle Ergebnisse werden zusätzlich unter [www.bautechnik.pro](http://www.bautechnik.pro) veröffentlicht.

## 7 MELDUNGSPFLICHTIGE EREIGNISSE

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

- 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).

- (94) keine