

Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mischoptimierung feuerfester Betone

am Beispiel eines freifließenden Modellbetons

12. September 2013, Hardheim

Dipl.-Ing.(FH) Daniel Tischer
Dipl.-Ing.(FH) Johannes Kasper
Prof. Dr. Olaf Krause

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

Gliederung

- Ausgangssituation
- Methodisches Vorgehen
- Versatz- und Mischparameter
- Interpretation der Mischergebnisse
 - Mischleistung
 - Mischtemperatur
 - Rheologie
 - Abbindekinetik
 - mechanische Eigenschaften
- Zusammenfassung

Dipl.-Ing.(FH) Daniel Tischer 100 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eirich 2

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

Ausgangssituation

- Wie wird ein Feuerbeton gemischt?
 - Standardparameter der Aggregathersteller
 - Anpassung auf das Material in wenigen Versuchen
- Bislang keine wesentliche Anpassung an moderne Betonkomponenten im Hinblick auf Wasserbedarf, Kornverteilungsoptimierung und Einsatz von Hochleistungsverflüssigern
- Hinweise liefern Untersuchungen an Baubetonen (UHPC/SVB)
 - TU München (→ Schießl, Mazanec und Lowke)
 - Erhöhte Mischwerkzeuggeschwindigkeit
→ verbesserte Verarbeitungs- und Materialeigenschaften
→ verringerte notwendige Mischzeit

Dipl.-Ing.(FH) Daniel Tischer 100 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eirich 3

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

Methodisches Vorgehen

Vorbereitungen → Einwaage

Mischen
Intensivmischer Eirich R05
→ Vergleich der Mischleistung während dem Mischen
→ Temperaturerhöhung während dem Mischen

FOKUS!

Weiterführende Untersuchungen zur Mischqualität
~ Rheologie → Ausbreitmaß und Kugelrheometer
~ Abbindekinetik → Schallgeschwindigkeit
~ Mechanische Eigenschaften

Erfolgskontrolle!

Dipl.-Ing.(FH) Daniel Tischer 100 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eirich 4

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

Versatz und Mischparameter

Modellversatz:

Komponente	Ma.-%
Tabulartonerde 3-6 mm	25
Tabulartonerde 1-3 mm	15
Tabulartonerde 0,5-1 mm	11
Tabulartonerde 0,2-0,6 mm	6
Tabulartonerde 0-0,2 mm	20
Reaktiv Tonerde E-SY1000	18
Calciumaluminat-Zement (70 Ma.-% Al ₂ O ₃)	5
Summe	100
Wasser	4,3
Verflüssiger PCE	0,2

Mischparameter EIRICH R05:

	konventionell	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3
Mischwerkzeug	Stern	Stern	Stern	Stift
Mischgeschwindigkeit	6 m/s	6 m/s	6 m/s	15 m/s
Drehrichtung	Gegenstrom	Gleichstrom	Gleichstrom	Gleichstrom
Trockenmischzeit	1 min	1 min	1 min	1 min
Nassmischzeit	3 min	9 min	9 min	2 min

Dipl.-Ing.(FH) Daniel Tischer 100 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eirich 5

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

Mischleistungsvergleich

Dipl.-Ing.(FH) Daniel Tischer 100 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eirich 6

Mischleistungsvergleich

- Konventionelles Mischen (Mischung 1):
 - Keine optimale Durchmischung nach 3 min
- Verlängerung der Mischzeit (Mischung 2):
 - Mischende nach 8 min
 - Mischzeit zu lang
- Erhöhung der Mischgeschwindigkeit (Mischung 3):
 - Verkürzung der notwendigen Mischzeit

	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3
Mischwerkzeug	Stern	Stern	Stift
Mischgeschwindigkeit	6 m/s	6 m/s	15 m/s
Drehrichtung	Gegenstrom	Gleichstrom	Gleichstrom
Trockenmischzeit	1 min	1 min	1 min
Nassmischzeit	3 min	9 min	2 min

Temperatur der Masse bzw. Temperaturerhöhung zum Mischende

Temperatur der Masse bzw. Temperaturerhöhung zum Mischende

- Konventionelles Mischen (Mischung 1):
 - Geringe Temperaturerhöhung (→ niedriger Leistungseintrag)
- Verlängerung der Mischzeit (Mischung 2):
 - starke Temperaturerhöhung (→ zu lange Mischzeit)
- Erhöhung der Mischgeschwindigkeit (Mischung 3):
 - mäßige Temperaturerhöhung trotz hohem Leistungseintrag
 - schnell und kurz Mischen
 - Mittelweg zwischen maximalem Leistungseintrag und mäßiger Temperatursteigerung

Rheologie (Ausbreitmaß freifließend)

Rheologie (Ausbreitmaß freifließend)

- Konventionelles Mischen (Mischung 1):
 - Akzeptables Ausbreitmaß
- Verlängerung der Mischzeit (Mischung 2):
 - Erhöhtes Ausbreitmaß durch Steigerung der Mischqualität
 - Fließen nur innerhalb von 1-2 min
 - Austrocknung der Oberfläche durch hohe Temperatur
- Erhöhung der Mischgeschwindigkeit (Mischung 3):
 - Sehr gutes Ausbreitmaß durch hohe Mischgüte
 - Fließen auch nach 1-2 min
 - keine Austrocknung aufgrund geringerer Mischtemperatur

Rheologie (Kugelhreometer) scherratenabhängiges Fließverhalten

Rheologie (Kugelrheometer)
scherratenabhängiges Fließverhalten

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

- Alle Mischansätze zeigen strukturviskoses Verhalten <math>< 1 \text{ rpm}</math>
- Konventionelles Mischen (Mischung 1):
 - Hohe rel. Viskosität
 - Dilatantes Verhalten bei > 3 rpm
- Mischzeitverlängerung / Mischgeschwindigkeitserhöhung (Mischung 2 / Mischung 3):
 - Niedrige rel. Viskosität
 - Newton'sches Fließverhalten > 1rpm (→ Überlagerung Dilatanz/Strukturviskosität)

→ Gute rheologische Eigenschaften bei Erreichen des Mischendes

Dipl.-Ing (FH) Daniel Tischer 150 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eich 14

Abbindecharakteristik
Schallgeschwindigkeit

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

Schallgeschwindigkeit /ms-1

Abbindezeit /d

Dipl.-Ing (FH) Daniel Tischer 150 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eich 14

Abbindecharakteristik
Schallgeschwindigkeit

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

- Konventionelles Mischen und Erhöhung der Mischgeschwindigkeit (Mischung 1 und Mischung 3):
 - Hauptabbindephase zwischen 18 und 24 h
- Verlängerung der Mischzeit (Mischung 2):
 - Hauptabbindephase zwischen 12 und 18 h
- Beschleunigtes Abbinden durch:
 - Temperaturerhöhung durch erhöhten Mischenergieeintrag
 - Zementaufschluss durch erhöhten Mischenergieeintrag

Dipl.-Ing (FH) Daniel Tischer 150 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eich 14

Mechanische Eigenschaften

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

KDF/MPa

Mischung 1 Mischung 2 Mischung 3

Dipl.-Ing (FH) Daniel Tischer 150 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eich 14

Mechanische Eigenschaften

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

- Konventionelles Mischen / Verlängerung der Mischzeit (Mischung 1 / Mischung 2):
 - Kaltdruckfestigkeit vergleichbar
 - Längeres Mischen (mit Temperaturerhöhung) hat keinen Einfluss auf KDF
- Erhöhung der Mischgeschwindigkeit (Mischung 3):
 - Steigerung der KDF durch erhöhten Leistungseintrag
 - Optimierter Agglomerataufschluss der Feinstkomponente

Dipl.-Ing (FH) Daniel Tischer 150 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eich 17

Zusammenfassung

HOCHSCHULE KOBLENZ
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

- Optimale Mischdauer kann anhand der Leistungsaufnahme festgestellt werden
- Temperaturerhöhung kritischer Parameter für Mischoptimierung
- Längere Mischdauer und höhere Mischleistung verringern rel. Viskosität deutlich → Erreichen des Mischendes
- Dilatantes und strukturviskoses Verhalten sind überlagert
- Mäßige Durchmischung führt verstärkt zu Dilatanz
- Abbindekinetik wird durch Erhöhung der Mischtemperatur beschleunigt
- Steigerung der mechanischen Eigenschaften durch Steigerung der Mischleistung
- Schnell und kurz Mischen als Mittelweg zwischen maximalem Leistungseintrag und mäßigem Temperatureintrag bei verkürzter Mischzeit

Dipl.-Ing (FH) Daniel Tischer 150 Jahre Maschinenfabrik Gustav Eich 18



Dank an die
Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation



für die Förderung des Projektes
Fördernummer: 961-386261/1026

und die Firmen des
Projektbegleitenden Ausschusses

Dipl.-Ing (FH) Johannes Kappel UNITEC2013, Victoria, BC, Canada 18



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie Fragen?

Dipl.-Ing (FH) Daniel Fischer 150 Jahre Maschinenfabrik Gustav Ehrich 20