

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	6
2	Stand des Wissens	8
2.1	Verfahren zur Bestimmung des Zementgehaltes	8
2.1.1	Normenreihe DIN 52170	8
2.1.1.1	DIN 52170-1	8
2.1.1.2	DIN 52170-2	8
2.1.1.3	DIN 52170-3	10
2.1.1.4	DIN 52170-4	11
2.1.1.5	Beispielrechnungen nach DIN 52170-4	11
2.1.2	Weitere Analysenansätze	14
2.2	Verfahren zur Abschätzung der Zementart	17
2.2.1	Selektive Löseverfahren	17
2.2.2	Weitere Verfahren zur Abschätzung der Zementart	19
3	Zielstellung und Vorgehensweise	22
4	Materialien	25
4.1	Zementhauptbestandteile und Betonzusatzstoffe	25
4.2	Gesteinskörnungen	26
4.3	Wasser	27
4.4	Betonrezepturen	27
5	Methoden	29
5.1	Bestimmung des CO ₂ /H ₂ O-Gehalts	29
5.2	Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)	29
5.3	Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse (μ-RFA)	30
5.4	Röntgenbeugungsanalyse	30
5.5	Bestimmung des TOC-Gehalts	30
5.6	Bestimmung des Calcium- und Magnesiumgehalts	31
5.7	Probenaufbereitung	31
5.7.1	Probenaufbereitung für die Bestimmung der Trockenrohichte und den (Zugabe-) Wassergehalt	31
5.7.2	Probenaufbereitung für nasschemische Untersuchungen und die Mischungsrückberechnung	31

5.7.3	Probenaufbereitung für die Bildanalyse	31
5.8	Selektives Löseverfahren in Anlehnung an CEN/TR 196-4	32
5.9	Bestimmung des gebundenen Wassers und Abschätzung des Hydratationsgrades der Zementbestandteile	32
5.10	Bestimmung der Trockenrohdichte nach DIN 52170-1	34
5.11	Bestimmung des Zugabewassergehaltes in Anlehnung an Dorner	34
5.12	Bestimmung des Zementgehaltes nach DIN 52170-2	35
5.13	Bestimmung des Zementgehaltes nach DIN 52170-4	36
5.14	Berechnung von Erwartungswerten	36
5.15	Bildanalytische Bestimmung des Zementgehaltes	38
5.16	Bildanalytische Abschätzung der Zementart und des Zusatzstoffgehaltes	38
5.17	Abschätzung des Zementgehaltes und der Zementart mittels Mischungsrückberechnung	38
5.18	Angabe von Fehlergrößen	40
6	Ergebnisse und Diskussion	41
6.1	Bestimmung des gebundenen Wassers und Abschätzung des Hydratationsgrades der Zementbestandteile	41
6.2	Bestimmung des Zementgehaltes in Anlehnung an DIN 52170	42
6.2.1	Einfluss von Randparametern auf den unlöslichen Rückstand des Betons	42
6.2.2	Einfluss des CO ₂ -Gehaltes auf die Zementgehaltsbestimmung	45
6.2.3	Erwartungswerte und Fehleranalyse	46
6.2.4	Ergebnisse nach drei Varianten von DIN 52170-2	53
6.2.5	Ergebnisse nach drei Varianten von DIN 52170-4	55
6.3	Bildanalytische Bestimmung des Zementgehaltes	56
6.3.1	Messbedingungen	56
6.3.2	Bestimmung des Porenanteils	58
6.3.3	Bestimmung der Flächenanteile der Betonbestandteile	62
6.3.3.1	Bildanalytische Auswertungen	62
6.3.3.2	Berechnung der Betonzusammensetzung	68
6.3.4	Ergebnisse der bildanalytischen Zementgehaltsbestimmung	69
6.4	Bestimmung des Wassergehaltes (Zugabewasser) von Betonen	71

6.5	Mischungsrückberechnung zur Bestimmung des Zementgehaltes, der Zementart und des Zusatzstoffgehaltes	73
6.6	Nasschemische Abschätzung des Hüttensandgehaltes von Betonen	77
6.7	Bildanalytische Abschätzung der Anteile von Zementhauptbestandteilen und Zusatzstoffen in Betonen	80
6.7.1	Bestimmung des Flächenanteils von Kalkstein	82
6.7.2	Bestimmung des Flächenanteils von silikatischer Gesteinskörnung	84
6.7.3	Bestimmung des Flächenanteils von Hüttensand	86
6.7.4	Bestimmung des Flächenanteils von Puzzolanen	86
6.7.5	Berechnung sowie Darstellung der Ergebnisse	89
7	Zusammenfassung und Ausblick	93
7.1	Nasschemische Bestimmung des Zementgehaltes in Anlehnung an DIN 52170	93
7.2	Mischungsrückberechnung	97
7.3	Bildanalytische Bestimmung des Zementgehaltes	98
7.4	Bestimmung des Wassergehaltes (Zugabewasser) von Betonen	99
7.5	Nasschemische Abschätzung des Hüttensandgehaltes an Betonen	100
7.6	Bildanalytische Abschätzung der Zementart	101
8	Literatur	104
8.1	Zitierte Normen	104
8.2	Zitierte Fachliteratur	105
9	Anhang	113
A	Tabellen	113
B	Bilder	119
C	Herleitung und Prüfung von Formeln	129