MÖGLICHKEIT DER VERWENDUNG VON INDUSTRIEKESSELASCHE BEI DER DOSIERUNG VON BAUBETON

ORIGINALER ARTIKEL

JUSTINO, Lucas Diego de Souza¹

JUSTINO, Lucas Diego de Souza. **Möglichkeit der Verwendung von Industriekesselasche bei der Dosierung von Bau Beton.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Jahrgang 06, Ed. 09, Vol. 02, S. 81-97. September 2021. ISSN: 2448-0959, Zugangslink: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton

ZUSAMMENFASSUNG

Industrialisierung und beschleunigtes Bevölkerungswachstum haben Nebenwirkungen auf verschiedene soziale Aspekte, und das Umweltproblem ist aufgrund der Auswirkungen der sozialen Evolution besorgniserregend. Die Bewirtschaftung von Industrieabfällen ist eine große Herausforderung, die sowohl die Kontrolle ihrer Erzeugung als auch die ordnungsgemäße Entsorgung umfasst, um die ökologische Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Kesselascherückstände finden sich in Hülle und Fülle in Fabriken, die diese Ausrüstung zur Dampferzeugung verwenden. Diese Häufigkeit tritt auf, weil es keinen Ort für die ordnungsgemäße Entsorgung oder Wiederverwendung der Rückstände gibt. Angesichts dieses Szenarios hatte dieser Artikel als Leitfrage: Wäre es möglich, diesen Rückstand bei der Herstellung von Baubeton zu verwenden? Ziel dieser Studie war es, den Rückstand durch Definition seiner möglichen Verwendungsform in der Betondosierung zu klassifizieren und experimentelle Dosierungen unter Verwendung von industrieller Kesselasche durchzuführen, um seine möglichen technischen

¹ Diplom in Bauingenieurwesen. ORCID: 0000-0003-2630-8866

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Beiträge zu den grundlegenden Eigenschaften von Beton zu bewerten. Dazu wurden Proben von einer Industrie gesammelt, die in der Stadt Uberlândia, Bundesstaat Minas Gerais, installiert ist und in verschiedenen Sektoren wie Landwirtschaft, Tierernährung, Pharmazie und anderen tätig ist. Die Klassifizierung von Kesselasche erfolgte unter Anwendung der brasilianischen normativen Verfahren und Parameter, die für die Klassifizierung von Bindemitteln und Zuschlagstoffen für Beton verwendet wurden. Unter Berücksichtigung seiner granulometrischen Kurve und Dichte wurde der Rückstand als leichtes und sehr dünnes Aggregat klassifiziert, wodurch die Methode des teilweisen Ersatzes des dünnen Aggregats durch Kesselasche übernommen wurde. Es wurde nachgewiesen, dass die Verarbeitbarkeit von Beton im frischen Zustand proportional zum verwendeten Rückstandsgehalt verringert wurde. Daher ist es notwendig, in diesen Fällen Superweichmacheradditive zu verwenden, um die erwartete Verarbeitbarkeit zu erhalten. Eine Verringerung der Dichte des Betons wurde bei der Verwendung des Rückstands festgestellt, wobei gegebenenfalls die Aufmerksamkeit auf diese Eigenschaft des Betons in Bezug auf den in der Dosierung verwendeten Rückstandsgehalt zu berücksichtigen war. Auch beim Vergleich der Dosierungen mit der Verwendung des Rückstands bei der Standarddosierung wurde beobachtet, dass es zu einer Verringerung der Druckfestigkeit kam. Es gab jedoch keine großen Unterschiede in der Druckfestigkeit zwischen den Dosierungen mit unterschiedlichen Substitutionsstufen. Unter Berücksichtigung der in dieser Studie verwendeten Werte wurde daher die Verwendung dieses Rückstands bei der Herstellung von Baubeton als machbar abgeschlossen.

Schlüsselwörter: Beton, Biomasse, Industrielle Kesselasche.

1. EINLEITUNG

Die industrielle Revolution, die im 18. Jahrhundert in England mit der Schaffung der Dampfmaschine durch den schottischen Ingenieur James Watt begann, förderte die britische Industrialisierung, um das Produktionssystem zu verändern. Diese Periode war laut Cavalcante (2011) "der Vorläufer des Kapitalismus, dh des Übergangs vom

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

kommerziellen Kapitalismus zum industriellen Kapitalismus". Dies bedeutet, dass in diesem Zusammenhang das bisher verwendete Fertigungsregime durch das Maquino-Rechnungsregime ersetzt wird, was zu viel agileren Produktionsprozessen führt, die in der Lage sind, die Massenproduktion in die Praxis umzusetzen und im Vergleich zum vorherigen Szenario eine größere Produktversorgung und niedrige Produktionskosten zu gewährleisten.

Die Transformationen, die während der industriellen Revolution stattfanden, dehnten sich weltweit aus und begleiteten die Entwicklung der Gesellschaft im Laufe der Zeit, indem sie die Produktionspraktiken im Laufe der Jahre modernisierten und verbesserten. Mit dem Fortschreiten des Industrialisierungsprozesses, dem Wachstum der Weltbevölkerung und folglich der hohen Nachfrage nach Produkten wächst der Verbrauch natürlicher Ressourcen jedoch proportional zu diesem Bedarf, da diese Ressourcen als Rohstoff für Herstellungsprozesse dienen.

Der beschleunigte Wachstumsprozess erzeugt daher als Nebeneffekte die Umweltauswirkungen, die durch die Ausbeutung natürlicher Ressourcen verursacht werden, ohne dass ein angemessenes Management auf die Erhaltung und Erhaltung der Umwelt ausgerichtet ist. "Die Ausbeutung natürlicher Ressourcen ist zugunsten der Kapitalbeschaffung räuberisch geworden" (GANZALA, 2018).

Die negativen Auswirkungen der Industrialisierung im 20. und 21. Jahrhundert im Zusammenhang mit der Umwelt hängen nicht nur mit dem nicht nachhaltigen Verbrauch natürlicher Ressourcen zusammen, die an Produktionsprozessen beteiligt sind, sondern auch mit der Wasser-, Boden- und Luftverschmutzung durch Abfälle oder Abfälle, die durch industrielle Prozesse entstehen. Diese Realität ist sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern zu beobachten.

Mehrere industrielle Prozesse verwenden Geräte, die als Dampferzeugungskessel bezeichnet werden, im Produktionsprozess verschiedener Zucker- und Alkoholindustrien, Trocknungs- und Parboiling-Fabriken von Getreide,

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Kühlschränken, metallurgischer Industrie, Textil und im Energieerzeugungssektor. Der derzeit am häufigsten verwendete Kesseltyp ist der sogenannte Biomassekessel. Diese Kessel verwenden als Verbrennungsmaterial die verschiedenen Formen von Biomasse wie: Kiefer, Eukalyptus, Reisschale und Zuckerrohrbagasse. Nach der Verbrennung der Biomasse wird Kesselasche als Abfall erzeugt, so dass die Kesselasche aus dem verbrennungsbeständigen Teil besteht, der in der Zusammensetzung der Biomasse vorhanden ist, die als Brennstoff in Industriekesseln verwendet wird.

Die Industrien, die die Kessel verwenden, um auf Energieeffizienz und den wirtschaftlichen Faktor zu zielen, wenden Kontrollen der Biomasseverbrennungsprozesse an, die das Entstehen dieser Art von Abfall so weit wie möglich reduzieren. Die Entstehung von Abfall ist in diesem Prozess jedoch unvermeidlich. Daher wird die Verfügbarkeit dieser Rückstände reichlich. In diesen Industrien werden große Ablagerungen dieses Materials angesammelt, da es an Alternativen für den Bestimmungsort oder die Wiederverwendung mangelt. Diese Lagerstätten belegen große physische Räume in den Produktionsanlagen, die angesichts der Endaktivität der betreffenden Industrie besser genutzt werden könnten.

In dem Szenario der hohen Verfügbarkeit des Graukesselrückstandes und des Fehlens einer geeigneten Deponie oder Aktivität für die Wiederverwendung des Rückstands stellt sich die grundlegende Frage für die Entwicklung dieser Studie: Wäre es möglich, diesen Rückstand bei der Herstellung von Baubeton zu verwenden? In Anbetracht des beschleunigten Tempos des Bausektors und seiner Suche nach Innovationen könnten die erzeugten Abfälle in diesem Segment als nachhaltige Alternative wiederverwendet werden, mit der Möglichkeit, technische und wirtschaftliche Vorteile sowohl für die abfallerzeugende Industrie als auch für betonproduzierende Unternehmen zu fördern.

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/baubeton>

Der Umweltbeitrag ist die wichtigste und bedeutendste Errungenschaft bei der Verwendung von Ascherückständen aus Industriekesseln bei der Herstellung von Strukturbeton, da es einen doppelten Umweltbeitrag gäbe, um die Beseitigung von Abfällen in der Umwelt zu vermeiden, und wenn die Möglichkeit seiner Anwendung als teilweiser Ersatz natürlicher Zuschlagstoffe überprüft würde, würde er die Gewinnung eines Teils dieser natürlichen Ressourcen vermeiden. die immer knapper werden.

Beton produzierende Unternehmen haben als charakteristische Verwendung von Rohstoffen, dh ohne die Notwendigkeit von großen Verarbeitungsprozessen, wie natürliche Sande, die aus Flüssen oder Ablagerungen gewonnen werden und eine einfache Verarbeitung wie Sieben zur Entfernung von Verunreinigungen und Partikelgrößenklassifizierung erfordern. Daher hat die Verwendung von Abfällen in der Betonproduktion einen wirtschaftlichen Beitrag sowohl für die abfallerzeugende Industrie, die den Abfall ohne die Notwendigkeit großer Verarbeitungsprozesse liefert, als auch für betonproduzierende Unternehmen, die von der hohen Verfügbarkeit von Abfällen und ihren niedrigen Kosten profitieren würden, die als Rohstoff in ihrer Produktion verwendet werden.

Das allgemeine Ziel dieser Studie ist es, die vorläufige Klassifizierung der Ascherückstände von Industriekesseln durchzuführen, ihre mögliche Art der Verwendung bei der Dosierung von Beton zu definieren, experimentelle Dosierungen durchzuführen, um die Leistung der grundlegenden Eigenschaften des dosierten Betons unter Verwendung von Stuhlasche zu überprüfen, mögliche technische Beiträge zu bewerten und schließlich die Machbarkeit der Verwendung dieses Rückstands für die Dosierung von Strukturbeton zu schließen.

2. METHODIK

Die anfängliche Konzeption der Möglichkeit, Kesselasche für die Betonherstellung nutzbar zu machen, entspringt der Idee, dass in der Betonherstellung ursprünglich

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

nur drei Grundstoffe verwendet wurden: Zement, Zuschlagstoffe und Wasser. Für eine bessere Leistung sowohl im frischen als auch im gehärteten Zustand wurde jedoch der Einsatz chemischer Additive eingeleitet. Nach einiger Zeit wurde in diesem Zusammenhang die Verwendung von zementären Materialien organischer Natur als Ergänzungen zum Betongemisch wie granulierten Strahlschlacke, Pozzolanen, Kieselsäurerauch und Flugasche eingeführt.

Die anfänglichen Gründe für die Verwendung dieser Materialien waren in der Regel wirtschaftlich: Sie kosteten weniger als Portlandzement, oft, weil sie in natürlichen Ablagerungen existierten und wenig oder keine Verarbeitung erforderten, manchmal, weil sie Nebenprodukte oder Ausschuss industrieller Prozesse waren (NEVILLE, 1997, S. 81).

"Die Flugasche ist das Ergebnis von Kesseln bei der Verbrennung von Kohle, bei denen sich ein Teil der mineralischen Materie zu Gitterasche zusammenballt, aber das meiste davon wird durch den Abgasstrom des Gases gezogen, das flugasche genannt wird" (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Diese Studie wurde im April 2021 durch forschung nach Innovationen für das Betonproduktionssegment in der Region Uberlândia, Bundesstaat Minas Gerais, durchgeführt, wo eine große Anzahl von Industrien beobachtet wurde, die in diesem Ort installiert waren, die Kessel als Mittel zur Dampferzeugung in ihren Produktionsprozessen verwendeten und Daher bestand eine große Verfügbarkeit von Kesselasche sowie ein großer Bedarf an einer angemessenen Umweltentsorgung oder Wiederverwendung der Abfälle.

2.1 PROBE UND CHARAKTERISIERUNG VON ASCHE

Die Probe des in dieser Studie verwendeten Materials wurde von einer großen Industrie geliefert, die in der Gemeinde Uberlândia, Bundesstaat Minas Gerais, installiert ist und in verschiedenen Sektoren wie Landwirtschaft, Tierernährung, Pharmazie und anderen tätig ist. Die Asche, die aus dem Verbrennungsprozess von Eukalyptusbiomasse entsteht, wird mit Wasser gemischt, um eine atmosphärische

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Ausbreitung zu vermeiden, und im Dekantierungsprozess geleitet, bei dem die Probe entnommen wurde. Daher zeigt das gesammelte Material einen hohen Feuchtigkeitsgehalt, der durch das freie Wasser, das oberflächlich in der gesammelten Probe vorhanden ist, zusätzlich zu dem vom Material selbst absorbierten Wasser visuell überprüft wird.

Nach der Probenentnahme und ihrer Leitung zum Materiallabor wurde der Trocknungsprozess des Materials durchgeführt, um mit der grundlegenden Charakterisierung zu beginnen. Aufgrund des hohen Feuchtigkeitsgehalts, der in der Probe beobachtet wurde, war es notwendig, den Trocknungsprozess zu starten, indem das Außenmaterial über eine Kunststoffsaukleidung verteilt wurde, um Verunreinigungen und Dispersionen derselben zu vermeiden. Nach der teilweisen Trocknung im Freien wurde das Material in das Gewächshaus gebracht, um den Trocknungsprozess abzuschließen.

Der Feinheitsindex wurde durch die Siebzahl 200 nach NBR 11579 ABNT (2012) bestimmt. Während der Durchführung dieses Tests wurde beobachtet, dass in dem in Sieb Nummer 200 zurückgehaltenen Material die meisten von ihnen aus feinem Material bestanden, aber das Vorhandensein von Partikeln mit größeren Partikelgrößenabmessungen wurde beobachtet, aber in einem kleinen Anteil. Der Feinheitsindex für das Material betrug 46%. Dieser Index wurde als hoch angesehen, verglichen mit Portlandzement, der diesen maximalen Index von 10% aufweist, der von NBR 16697 (ABNT, 2018) festgelegt wurde.

Die scheinbare spezifische Masse wurde nach NM 52 ABNT (2009) bestimmt. Die Asche wies eine scheinbare spezifische Masse von $0,26 \text{ g/cm}^3$ auf. Für Bauer (2008) können Aggregate nach ihrem spezifischen Gewicht klassifiziert werden. Daher wurde die Asche in diesem Aspekt als leichtes Aggregat klassifiziert, und das spezifische Gewicht entsprach dem spezifischen Gewicht von leichten Aggregaten, die als Beispiel für leichtes Aggregat zu Vermiculit bekannt sind, das ein spezifisches Gewicht von $0,3 \text{ g / cm}^3$ hat.

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Die granulometrische Charakterisierung wurde nach NBR NM 248 ABNT (2003) durchgeführt. Die Asche zeigte eine granulometrische Verteilung gemäß Tabelle 1, Feinheitsmodul von 0,74 und maximale Abmessung von 1,2 mm.

Tabelle 1: Kesselgraue granulometrische Verteilung

Sieb # (mm)	Einbehalten (%)	Kumuliert (%)
2,4	0,80	0,80
1,2	2,47	3,27
0,6	5,74	9,01
0,3	12,23	21,24
0,15	18,43	39,67
Unteres	60,33	***

Quelle: Autor (2021).

Basierend auf den verifizierten grundlegenden Eigenschaften haben wir versucht, die erste Klassifizierung der Asche zuzuordnen, um ihre Anwendungsform in konkreten Dosierungen zu definieren. Zwei im Folgenden beschriebene Möglichkeiten wurden zunächst in Betracht gezogen.

Die erste Möglichkeit der Verwendung von Asche wäre, sie als Zusatz in die Betondosierung aufzunehmen, beginnend mit den Zusätzen von Materialien als Beispiel für aktive Kieselsäure, die bei der Herstellung von Hochleistungsbeton weit verbreitet ist, und um spezifische Eigenschaften von Beton, wie mechanische Widerstände, hauptsächlich zu potenzieren. Aufgrund des verifizierten Profils der Asche bei der Bestimmung ihres Feinheitsindex und ihrer granulometrischen Verteilung wurde diese Möglichkeit jedoch aufgrund der Unvereinbarkeit ihrer Eigenschaften mit dieser Art der Zugabe ausgeschlossen.

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Als zweite Möglichkeit der Verwendung von Asche wurde ihre mögliche Einführung als Ersatz von Zuschlagstoffen in der Betondosierung nachgewiesen. Die ergebnisse in Bezug auf das spezifische Gewicht wurden beobachtet und, wie bereits berichtet, als leichtes Aggregat gerahmt. Ein weiteres analysiertes Merkmal unter Berücksichtigung dieser Verwendungsmöglichkeit war die Klassifizierung der Asche in Bezug auf den granulometrischen Bereich, in dem sie eingerahmt wurde, basierend auf Tabelle 2.

Tabelle 2 — Klassifizierung der Sande nach granulometrischen Bereichen

Einbehaltene Prozentsätze				
Siebe (mm)	Spur 1 - Sehr dünn	Spur 2 - Dünn	Track 3 - Mittel	Spur 4 - Dick
6,3	0 bis 3	0 bis 7	0 bis 7	0 bis 7
4,8	0 bis 5	0 bis 10	0 bis 11	0 bis 12
2,4	0 bis 5	0 bis 15	0 bis 25	5 bis 40
1,2	0 bis 10	0 bis 25	10 bis 45	30 bis 70
0,6	0 bis 20	21 bis 40	41 bis 65	66 bis 85
0,3	50 bis 85	60 bis 88	70 bis 92	80 bis 95
0,15	85 bis 100	90 bis 100	90 a100	90 zu 1

Quelle: Bauer (2008).

Die granulometrische Verteilung der in Tabelle 1 dargestellten Asche war in keinem der in Tabelle 2 beschriebenen Klassifizierungsbereiche vollständig dargestellt. Es wurden jedoch ähnliche Merkmale wie die als Spur 1 - Sehr dünn eingestufte Verteilung festgestellt, die in diesem Bereich die prozentualen Anteile in den Sieben mit Öffnung 2,4 mm, 1,2 mm und 0,6 mm einfügen. Bei den übrigen Sieben blieben die beibehaltenen Prozentsätze unter den in Tabelle 2 angegebenen

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Prozentsätzen. Am Boden der Siebreihe wurde eine hohe Materialkonzentration beobachtet, d.h. das Passieren von Material im Sieb mit einer Öffnung von 0,15 mm.

Es wurde daher bestätigt, dass die Asche eine granulometrische Verteilung sehr nahe an Band 1 - Sehr dünn aufwies, aber mit einem signifikanten Prozentsatz an Material, der dünner war als in diesem granulometrischen Bereich vorhergesagt, dh zu einem früheren Bereich tendierte, wenn es einen gab.

Das Feinheitsmodul von 0,74, das durch die granulometrische Charakterisierung der Asche erhalten wurde, verstärkte, wie bereits berichtet, die Klassifizierung von Asche in einem Bereich vor Band 1 - Sehr dünn, da das Mindestfeinmodul für die Klassifizierung in diesem Bereich 1,35 wäre (BAUER, 2008).

Aufgrund der Unverträglichkeit der Asche mit dem Feinheitsindex traditionell verwendeter Zusätze und ihrer teilweisen Einstufung als sehr dünnes Zuschlagstoff haben wir uns daher entschieden, die Möglichkeit zu untersuchen, sehr dünne Zuschlagstoffe in der Betondosierung durch Asche zu ersetzen.

2.2 STANDARDHUB- UND ERSATZSTUFEN

Die Definition des als Standard zu verwendenden Merkmals basierte auf den zuvor festgelegten Eigenschaften der Asche. Der Standardstrich sollte in seiner Zusammensetzung das als sehr dünn eingestufte Aggregat enthalten, das durch Grau ersetzt würde.

Der Anstieg des Wasserverbrauchs in der Dosierung aufgrund der Zugabe von Asche war ein Punkt bei der Definition des Standardhubs, denn unter Berücksichtigung von Nevilles Warnung (1997) "Reisstrohasche hat je nach Ursprungspflanze komplexe Formen und benötigt daher viel Wasser.", wurde die Zeit für die Trocknung der Kesselascheprobe beobachtet und es wurde angenommen, dass aufgrund ihrer Herkunft und spezifischen Oberfläche, möglicherweise würde die

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Zugabe von Asche den Wasserverbrauch bei der Dosierung im Verhältnis zur Standarddosis erhöhen.

Um den Anstieg des Wasserverbrauchs in Dosierungen mit der Zugabe von Asche zu bekämpfen, wird von Neville (1997) empfohlen, Superweichmacheradditive zu verwenden, um die erwartete Verarbeitbarkeit zu erreichen. Daher haben wir uns entschieden, das Standardmerkmal mit der Verwendung dieser Art von Additiv zu definieren.

Der Standardhub wurde mit einer Druckfestigkeit von 25 MPa und einer Streuung zwischen 600 und 650 mm angenommen, bestimmt nach NBR 15823-2 ABNT (2017). Für das Massenmerkmal der Einheit wurden folgende Anteile gefunden: 1 : 0,59 : 2,21 : 1,11 : 2,60 , bei einem a/c-Verhältnis gleich 0,58, wobei die Menge für das Mischen gemäß Tabelle 3 erhalten wurde.

Tabelle 3 — Standardhub 25,0 MPa Streuung 600 bis 650 mm

Zement	10	Kg
Sehr feiner Sand	5,88	Kg
Mittlerer Sand	22,10	Kg
Kies 0	11,12	Kg
Kies 1	25,96	Kg
Plastifizierzusatz	0,035	L
Superweichmacher- Additiv	0,10	L
Wasser	5,8	L

Quelle: Autor (2021).

Das in Tabelle 3 als "sehr feiner Sand" bezeichnete Aggregat war das Aggregat, das als durch Kesselasche ersetzbar angenommen wurde. Das Aggregat präsentiert sich

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

in seiner granulometrischen Verteilung, Feinheitsmodul von 1,42, klassifiziert in den granulometrischen Bereich 1, der Aggregate mit Feinheitsmodul zwischen 1,35 und 2,25 umfasst. Daher wurde es als sehr dünnes Aggregat eingestuft (BAUER, 2008).

Der Ersatz des sehr feinen Aggregats durch Asche wurde teilweise durchgeführt, d.h. es wurden zufällige und progressive Substitutionsniveaus angenommen, um die Beobachtung der möglichen Einflüsse zu provozieren, die durch den Ersatz des Aggregats durch Kesselasche verursacht werden. Als Ausgangspunkt wurden Substitutionsniveaus von 10%, 20% und 30% auf die sehr feine Aggregatmasse angewendet, die in der bereits in Tabelle 3 dargestellten Standardmerkmalsdosis vorhanden ist.

Tabelle 4 zeigt die Masseneinheitsmerkmale, die für jeden ermittelten Substitutionsgehalt übernommen wurden.

Tabelle 4 - Masseneinheitsspuren, die nach dem Ersatzgehalt des sehr feinen Zuschlagstoffs durch Kesselasche angenommen wurden

Aggregierter Asche	Ersatzinhalt für	Merkmal der Masseneinheit
10%		1 : 0,06 : 0,53 : 2,21 : 1,11 : 2,60 a/c = 0,58
20%		1 : 0,12 : 0,47 : 2,21 : 1,11 : 2,60 a/c = 0,58
30%		1 : 0,18 : 0,41 : 2,21 : 1,11 : 2,60 a/c = 0,58

Quelle: Autor (2021).

2.3 EXPERIMENTELLE DOSIERUNGEN UND AUSWERTUNGEN

Experimentelle Dosierungen wurden im Labor mit stationären elektrischen Betonmischern durchgeführt. Zuerst wurde das Standardmerkmal in Tabelle 3 dosiert, dann die anderen Merkmale mit den jeweiligen Substitutionsniveaus, die in Tabelle 4 dargestellt sind.

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Als Hauptbewertungskriterium wurden die möglichen Einflüsse der Einführung von Kesselasche in den Dosierungen in Bezug auf die Eigenschaften übernommen: Verarbeitbarkeit des Betons im Frischzustand, Dichte und Druckfestigkeit.

Um den Einfluss der Ascheeinleitung auf die Dosierung in Bezug auf die Verarbeitbarkeit von Beton im frischen Zustand zu bewerten, wurde der Assay in allen Dosierungen durchgeführt, um die anfängliche Konsistenz durch die Verringerung des Kegelstamms gemäß NBR 16889 ABNT (2020) zu bestimmen. Die anfängliche Konsistenz, die als Standard angenommen wurde, lag zwischen 40 mm und 60 mm. Nach Erreichen der anfänglichen Konsistenz wurde den Dosierungen das Superweichmacheradditiv mit dem Ziel zugesetzt, die Verarbeitbarkeit zu erhöhen und die Streuung zwischen 600 und 650 mm zu erreichen, die in allen Dosierungen nach NBR 15823-2 ABNT (2017) bestimmt wurde.

Hinsichtlich der Dichte wurde sie nach NBR 9833 ABNT (2008) bestimmt.

Die Bewertung der Druckfestigkeit erfolgte durch Formteile von zylindrischen Proben mit Abmessungen von 10x20mm gemäß NBR 5738 ABNT (2016). Zwei Proben jeder Serie wurden dem Test unterzogen, um die axiale Druckfestigkeit im Alter von 7 Tagen, 14 Tagen und 28 Tagen gemäß NBR 5739 ABNT (2018) zu bestimmen.

2.4 ERGEBNISSE UND DISKUSSIONEN

In der Standardmerkmalsdosis wurde beobachtet, dass das im Merkmal vorhergesagte Wasser ausreichte, um die anfängliche Konsistenz zu erreichen, da der anfängliche Konsistenzindex von 52 mm erreicht wurde. So wurde das Superweichmacheradditiv in die Mischung eingebracht und die Mischzeit von 8 Minuten nach der Dosierung des Superweichmacheradditivs festgelegt. Diese Mischzeit ist die vom Hersteller festgelegte durchschnittliche Zeit, um die volle Wirkung des Additivs zu betrachten. Nach der Mischzeit wurde die Streuung

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

bestimmt und 620mm als Ergebnis erhalten, dh innerhalb der zuvor festgelegten Parameter.

Nach Dosierung der Standardmischung wurde die Mischung mit einem 10%igen Ersatzgehalt an Feinstzuschlag durch Kesselasche dosiert. Bei dieser Dosierung wurde unter Verwendung der gleichen Wassermenge im Verhältnis zur Standardmischung ein anfänglicher Konsistenzindex von 49 mm erhalten. Daher wurde festgestellt, dass das Einbringen von Asche zu einem leichten Abfall der Anfangskonsistenz des Betons führte. Noch innerhalb der anfänglich festgelegten Parameter wurde jedoch die Dosierung des Fließmitteladditivs durchgeführt und unter Berücksichtigung der Standardzeit von 8 Minuten zum Mischen wurde anschließend die Verteilung bestimmt und eine 600 mm Öffnung erhalten.

Nacheinander wurde die Spur mit einem Ersatzgehalt von 20% des sehr dünnen Aggregats durch Kesselasche dosiert. Mit der gleichen Menge an Wasser, die in den vorherigen Dosierungen verwendet wurde, wurde der anfängliche Konsistenzindex von 50 mm erreicht. Mit der Dosierung des Superweichmacheradditivs und dem Ende der Standardmischzeit wurde die Öffnung von 600mm verteilt, d.h. ein der vorherigen Dosierung sehr ähnliches Verhalten, mit einem Ersatzgehalt von 10 % des sehr feinen Aggregats durch Kesselasche.

Abschließend wurde die Spur mit einem Ersatzgehalt von 30% des sehr feinen Aggregats durch Kesselasche dosiert. Unter Beibehaltung der Wassermenge der vorherigen Dosierungen wurde der anfängliche Konsistenzindex von 38 mm erreicht, d.h. unter dem ursprünglichen Parameter. In diesem Fall wurde beobachtet, dass die Einführung von Asche in die Mischung die anfängliche Konsistenz störte, wie von Neville (1997) gewarnt, aber wir entschieden uns für die Dosierungssequenz, da der anfängliche Konsistenzindex sehr nahe an der festgelegten unteren Grenze lag, die 40 mm betrug. Nach der Dosierung des Superweichmacherzusatzes und dem Ende der Mischzeit wurden 560mm verteilt. Daher unterhalb des Parameters zunächst.

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Im konkreten Fall der Dosierung mit einem Ersatzgehalt von 30% des sehr feinen Aggregats durch Kesselasche wurde beschlossen, die Dosierung des Superweichmacheradditivs zu erhöhen, um die minimale vorgegebene Spiegelung zu erreichen. Daher wurde die Dosierung des Superweichmacheradditivs von 1% auf 1,5% auf das Gewicht des Zements erhöht. Nach dieser Zugabe des Additivs der Mischung und erneuter Rahmungszeit für die Gesamteinwirkung des Additivs wurde die Streuung von 610 mm erhalten, dh die voreingestellten Parameter werden. Verarbeitbarkeit ist eine sehr wichtige Eigenschaft, denn "eine Mischung aus Beton, die nicht leicht geworfen oder in ihrer Gesamtheit dicht sein kann, wird nicht die erwarteten Festigkeits- und Haltbarkeitseigenschaften bieten" (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Die gefundenen Dichten nach NBR 9833 ABNT (2018) sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5 - Ermittelte Dichten

Serienidentifikation	Dichte (kg/m³)
Standardhub	2335
Armaturenbrett mit 10% Grau	2078
Armaturenbrett mit 20% Grau	2070
Armaturenbrett mit 30% Grau	2066

Quelle: Autor (2021).

Es wurde beobachtet, dass es einen Rückgang der Dichte von 11% gab, wobei die Standardspur mit der Spur mit einem Ersatzgehalt von 10% des sehr feinen Aggregats durch Kesselasche verglichen wurde. Für die folgenden Merkmale mit Substitutionsgraden von 20% und 30% lagen die aufgezeichneten Dichteabnahmen

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

in der Größenordnung von 0,4% bzw. 0,2%, wobei das analysierte Merkmal mit dem Merkmal davor verglichen wurde, wobei die allmähliche und fortschreitende Reihenfolge des Gehalts des Ersatzes des sehr dünnen Aggregats durch Kesselasche berücksichtigt wurde.

Die Ergebnisse der Versuche zur Bestimmung der axialen Druckfestigkeit sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6 — Druckfestigkeit (MPa) nach Serien

Serien-/Alter/Druckfestigkeit (MPa)	7 Tage	14 Tage	28 Tage
Standardhub	18,1	21,0	30,3
Armaturenbrett mit 10% Grau	14,6	18,0	19,6
Armaturenbrett mit 20% Grau	15,2	18,3	20,2
Armaturenbrett mit 30% Grau	14,6	18,5	19,8

Quelle: Autor (2021).

Durch die erzielten Ergebnisse wurde bestätigt, dass die Dosierungen unter Verwendung von Kesselasche niedrigere Druckfestigkeiten aufwiesen als das in allen getesteten Altersgruppen angenommene Standardmerkmal. Der mittlere Rückgang der Druckfestigkeit der Spuren unter Verwendung von Kesselasche im Verhältnis zum Standardhub wurde wie in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 - Prozentsatz des Druckwiderstandsabfalls im Verhältnis zum Standardhub

Merkmal/Alter	7 Tage	14 Tage	28 Tage
Armaturenbrett mit 10% Grau	19%	14%	35%
Armaturenbrett mit 20%	16%	13%	33%

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Grau			
Armaturenblech mit 30% Grau	19%	12%	35%

Quelle: Autor (2021).

Es wurde beobachtet, dass sich bei allen Merkmalen bei Verwendung von Asche der Prozentsatz des Rückgangs der Druckfestigkeit im Verhältnis zum Standardhub unabhängig vom verwendeten Substitutionsgehalt ähnlich verhielt.

In Bezug auf die Farbe der dosierten Betone wurde festgestellt, dass sowohl im frischen als auch im gehärteten Zustand der Gehalt an sehr feinem Zuschlagstoffersatz durch Kesselasche offensichtlich in diesem visuellen Aspekt beeinflusst wurde, da die Farbe der Kesselasche der von Portlandzement ähnelte, die Betone mit höherem Ascheverbrauch visuell als Beton mit höherem Zementverbrauch dargestellt wurden. Das heißt, bei dunklerer Farbe ist der ersatzbeglückte Inhalt umso höher.

3. ENDGÜLTIGE ÜBERLEGUNGEN

Die industrielle Kesselasche wurde als leicht eingestuft und mit einem granulometrischen Bereich leicht unterhalb des sehr dünnen Bereichs werden beide Klassifizierungen auf Aggregate angewendet, so dass ihre Anwendung als leichtes Aggregat und sehr dünn abgeschlossen wurde.

Mit einer Erhöhung des Gehalts des Zuschlagstoffersatzes durch industrielle Kesselasche in der Dosierung gab es einen Einfluss auf die Verarbeitbarkeit des Betons, beobachtet durch die Verringerung der anfänglichen Minderung und auf die endgültige Streuung. Daher wurde der Schluss gezogen, wie wichtig es ist, die Methode des teilweisen Ersatzes des Zuschlagstoffs für die Verwendung von industrieller Kesselasche zu übernehmen, da der vollständige Ersatz des

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Zuschlagstoffs angenommen wurde, möglicherweise würde dies noch größere Auswirkungen auf diese Eigenschaft von Beton im frischen Zustand haben.

Der wichtige Beitrag des Superweichmacheradditivs in den Dosierungen mit der Verwendung von industrieller Kesselasche wurde mit dem Ziel abgeschlossen, den durch die Verwendung von Kesselasche verursachten Verlust der Verarbeitbarkeit zu kompensieren. Es wurde davon ausgegangen, dass es mit plastisierenden Additiven aufgrund der Beschaffenheit der Asche und ihrer großen spezifischen Oberfläche nicht möglich wäre, eine zufriedenstellende Verarbeitbarkeit in den mit der industriellen Kesselasche dosierten Betonen zu erreichen, was zu einem höheren Wasserverbrauch in den Dosierungen führt.

In Bezug auf die Dichte wurde der Schluss gezogen, dass mit der Substitution des Aggregats durch industrielle Kesselasche eine Abnahme der Dichte im Zusammenhang mit der Erhöhung des Ersatzgehalts zu verzeichnen war, dh je höher der Gehalt an Ersatz des Zuschlagstoffs durch die industrielle Kesselasche war, desto niedriger war die verifizierte Dichte. Es wurde als sehr wichtig bei zukünftigen Dosierungen angesehen, den Einfluss zu beobachten, der durch die Verwendung von industrieller Kesselasche in den Dosierungen in Bezug auf diese Betoneigenschaft verursacht wird.

Die Druckfestigkeit der mit Industriekesselasche dosierten Betone war unabhängig von den Variationen im Ersatzgehalt des Zuschlagstoffs ähnlich. Diese Eigenschaft hat jedoch im Verhältnis zum Standardmerkmal, dh ohne die Verwendung des Rückstands, abgenommen. Daher sollte diese Resistenzreduktion in zukünftigen Dosierungen berücksichtigt werden, wenn es um die Dosierung zur Dosierung geht, verglichen ohne den Einsatz von Rückständen.

Es wurde daher der Schluss gezogen, dass die Verwendung von industrieller Kesselasche bei der Messung von Strukturbeton machbar ist, da zufriedenstellende Eigenschaften in Bezug auf die Verarbeitbarkeit und die Leistung der Druckfestigkeit

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

nach normativen Parametern erreicht wurden. Daher war es durch diese Studie möglich, erste Verhaltensweisen des mit Kesselasche dosierten Betons zu identifizieren und die Machbarkeit der Verwendung dieses Rückstands nachzuweisen.

Es versteht sich, dass es notwendig sein wird, die Forschung für Verbesserungen fortzusetzen, um die gute Leistung von Beton im frischen und gehärteten Zustand sowie während der Nutzungsdauer der Gebäude sicherzustellen.

VERWEISE

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 11579**: Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 um (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 15823-2**: Concreto autoadensável: Parte 2 - Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2017.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 16889**: Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 5738**: Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 5739**: Concreto - ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>

Associação brasileira de normas técnicas. **NM 52**: Agregados - Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, 2009.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 9833**: Concreto fresco — Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008.

Bauer, Luiz Alfredo Falcao. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

Cavalcante, Zedequias Vieira. **A Importância da Revolução Industrial no Mundo da tecnologia**. Unicesumar . Maringá, 2011. Encontro Internacional de Produção Científica. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

Ganzala, Gabryelly Godois. **A Industrialização, impactos ambientais e a necessidade de desenvolvimento de políticas ambientais sustentáveis no século XXI**. 2018. Centro Universitário Internacional – UNINTER. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/bitstream/handle/1/295/1355104%20-%20GABRYELLY%20GODOIS%20GANZALA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 abr. 2021.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Editora Pini, 1994.

Neville, Adam Matthew. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1997.

Eingereicht: August 2021.

August: September 2021.

RC: 97182

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/bauingenieurwesen/bau-beton>