



# Anorganisches Kernbindersystem für den Eisenguss – ein neuer Ansatz

Anorganik spielt bei der Entwicklung moderner Kernbindersysteme eine zunehmende Rolle.

VON HARTMUT POLZIN UND  
THEO KOORYERS, NOSSEN

**D**ie Verfestigung von wasserglasgebundenen Formstoffen in temperierten Formwerkzeugen, d. h. Kernkästen, ist schon lange bekannt. Sicherlich wurden in den Hochzeiten des Hot-Box-Verfahrens hin und wieder auch anorganische (Wasserglas-)Kerne in den vorhandenen metallischen Urformwerkzeugen für die Kernherstellung produziert. Obwohl die erzielbaren Festigkeiten mit denen des Hot-Box-Verfahrens konkurrieren können, hat sich das „Wasserglas-Hot-Box-Verfahren“ nicht durchgesetzt. Neben dem hohen Energieaufwand für die Fertigung dürften Überlegungen zum Zerfallsverhalten bei der Trennung Gussteil / Formstoff zu die-

## KURZFASSUNG:

Die Herstellung von anorganisch gebundenen Kernen für den Eisenguss und insbesondere für die Anwendung in Kundengießereien mit häufig wechselnden Sortimenten, stellt augenblicklich eine der wichtigsten zu lösenden Aufgaben der Gießereibranche dar. In der Praxis eingeführte Technologien zur Herstellung anorganisch gebundener Kerne sind zurzeit hauptsächlich aus der Großserienfertigung von Aluminiumkokillengussteilen bekannt. Der hier gezeigte Ansatz wurde mit dem entsprechenden Fokus bereits im Jahr 2013 in seinen Ursprüngen vorgestellt. Die wesentlichen Charakteristika dieses neuen Verfahrens waren die Verwendung eines Einkomponenten-Binders auf Wasserglasbasis ohne zusätzliche Additive, die Aushärtung der Kerne ausschließlich mit Warmluft sowie der Einsatz unbeheizter Kernherstellungswerkzeuge. Der Beitrag stellt nun den erreichten Stand der Technik im Bereich des Eisengießens dar.

ser Zeit eine wichtige Rolle gespielt haben. Mit dem Wiederaufleben des Interesses an den anorganischen Bindersystemen sind

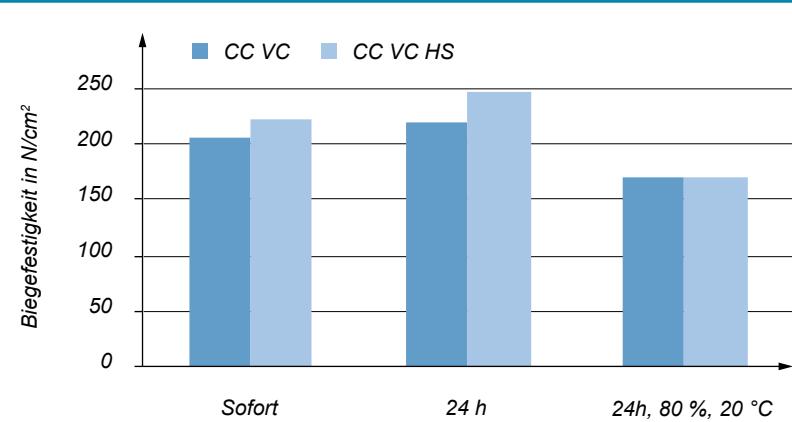
aktuell insbesondere die warmhärtenden Verfahrensvarianten verstärkt in den Mittelpunkt des Interesses getreten.

## Stand der Technik

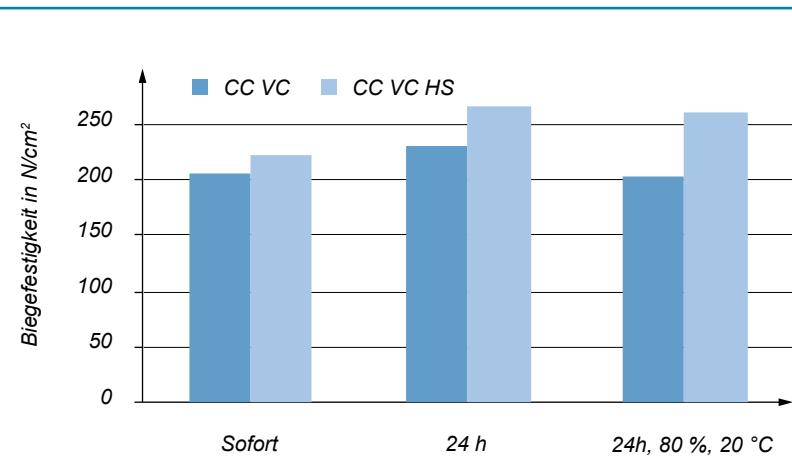
Bereits 1985 befasste sich Svensson mit der CO<sub>2</sub>-Härtung von Wasserglasbindern, stellte aber auch fest, dass die Trocknung nach dem Warm-Box-Verfahren mit Ergänzung durch Kohlendioxidbegasung gute Ergebnisse bringt [1]. Osterberg und Andersson berichteten über das Saab-Scania-Verfahren, bei dem eine Wasserglassand-Mischung in 130 bis 150 °C warme Kernkästen geschossen und anschließend 120 s mit 170 bis 190 °C warmer Luft oder abwechselnd mit warmer Luft und Kohlendioxid begast wird [2], [3]. Das Verfahren brachte mit 2,4 bis 3,2 % Binderzugabe gute Festigkeiten, der Formstoff ist ausreichend fließfähig und zeigt ein gutes Zerfallsverhalten.

In anderen Untersuchungen stellte Flemming fest, dass im Hinblick auf eine möglichst vollständige Nutzung der Binde-eigenschaften von Wasserglasbindern bei der Dehydratation infolge der Ausbildung kompakter Binderhüllen die besten Ergebnisse erzielt werden [4]. Es wird auch darauf hingewiesen, dass bei der Verwendung modifizierter Natrium-Wassergläser der Einsatz einer Warm-Box-Technologie mit Bindergehalten um 3 % vorteilhaft ist. Döpp und Schneider führten Versuche durch, in denen sie den Formstoff in warme Kernkästen schossen [5], [6]. Die bei Raumtemperatur hergestellten Kerne wurden mit solchen verglichen, die in einem 50, 100, 150 und 200 °C warmen Kernkästen hergestellt wurden. Nach dem Schießen folgte eine zusätzliche Begasung mit Kohlendioxid, wobei die Bindergehalte bei 2, 2,5 und 3 % lagen und Kerne für Motorrad-Zylinderköpfe hergestellt wurden. Bei einem Bindergehalt von 2 % konnten jedoch keine ausreichenden Festigkeiten mehr ermittelt werden. Ebenfalls mit heißem Kernkasten arbeiteten Doroschenko und Makarevitsch [7]. Sie stellen mit 2 % Wasserglas Formmasken und Kerne her, die eine Zugfestigkeit von mehr als 2 MPa aufwiesen. Mit dem Wasserglas-Hot-Box-Verfahren beschäftigten sich auch Marachovec und Lemkow [8]. Dabei verwendeten sie einen Binder, der mit Alkalialzinen, Salzen der Tripolyphosphorsäure und siliziumorganischen Verbindungen modifiziert war. Die Kernkastentemperaturen lagen bei diesen Untersuchungen zwischen 180 und 240 °C.

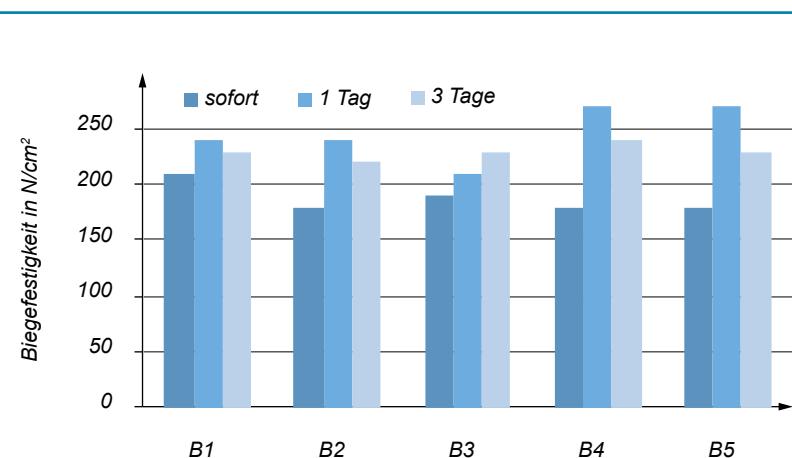
Beginnend mit der GIFA 2003 wurden seitens verschiedener Bindemittelhersteller Arbeiten zur Entwicklung neuer warmhärtender Bindersysteme vorgestellt, die bis heute andauern. Grundlage dieser Entwicklungen war die bekannte Tatsa-



**Bild 1:** Biegefestigkeiten für zwei Bindervarianten (Cast Clean VC und VC HS) bei 1,75 % Binder, 160 °C Warmluft, Quarzsand H 32.



**Bild 2:** Biegefestigkeiten bei 1,75 % Binder (gleiche Varianten wie Bild 1), 160 °C Heißluftbegasung 5 min, Nachtrocknung 200 °C („Hot-Box“), Quarzsand H 32.



**Bild 3:** Entwicklung der Biegefestigkeit von 5 Bindervarianten bei normalen Lagerbedingungen (> 25 °C, 45 % Luftfeuchte, 2 % Binder).

che, dass durch temperierte Formwerkzeuge wasserglasgebundene Formstoffe zu deutlich höheren Festigkeiten gebracht werden können als beispielsweise bei der klassischen Kohlendioxidbegasung. Diese hohen Festigkeiten wurden als grundle-

gende Anforderung an anorganische Bindersysteme gestellt, da einer der Hauptimpulse zu dieser Entwicklung von der Automobilindustrie kam und damit von der Großserienfertigung von teilweise hochkomplexen und filigranen Kernen für

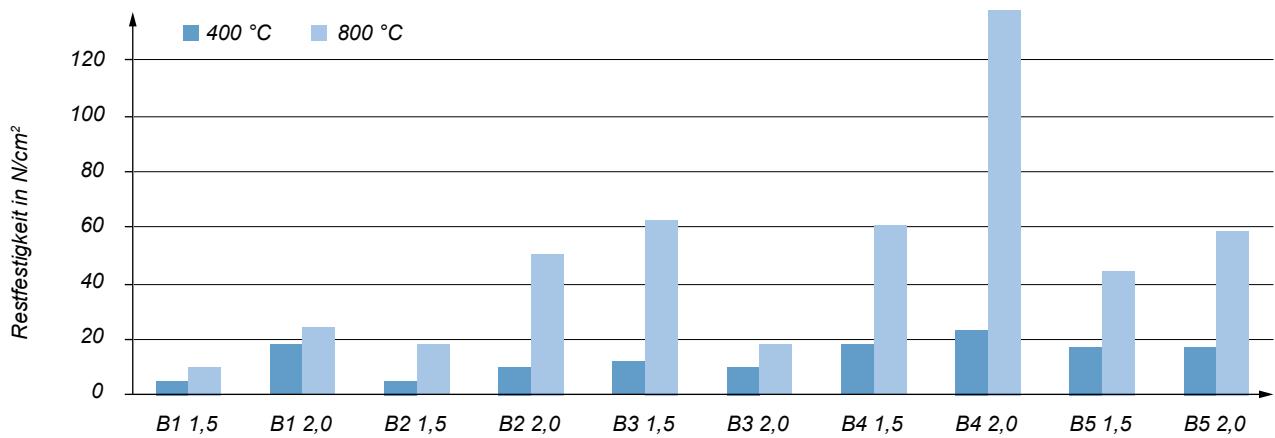


Bild 4: Restbiegefestigkeit verschiedener Binder (5 Varianten) bei 1,5 % und 2,0 % Binder.

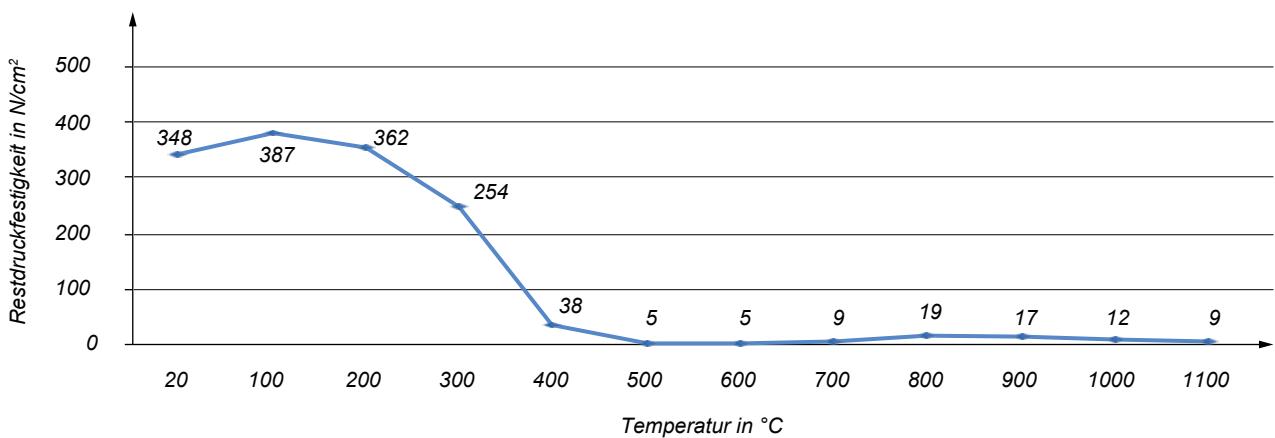


Bild 5: Restdruckfestigkeit bei 1,75 % Binder des neuen Systems Cast Clean VC in Abhängigkeit von der Temperatur.

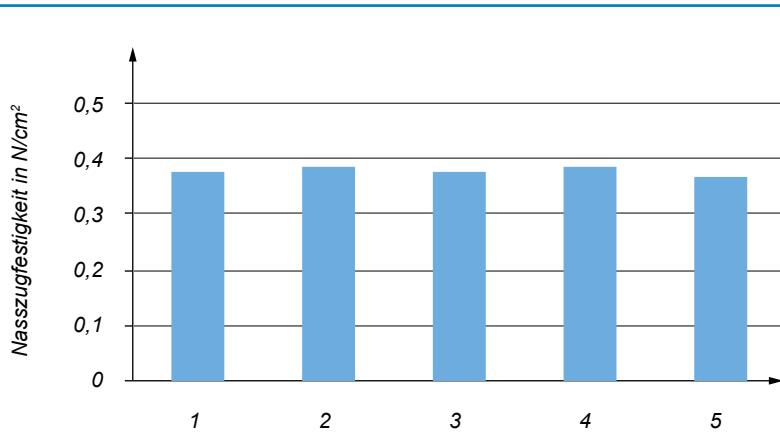


Bild 6: Nasszugfestigkeit von Grünsand bei 5 % – 25 % Zulauf von Kernaltsand (800 °C Belastung, Altsand) mit dem vorgestellten Bindersystem Cast Clean VC.

Fahrzeugkomponenten ausging. Der aktuelle Stand der Technik stellt sich nach wie vor so dar, dass üblicherweise ein silikatbasiertes Bindersystem mit dem Formgrundstoff vermischt und in ein auf 160 – 200 °C temperiertes Kernherstellungswerkzeug geschossen wird, in dem eine stabile Randschale gebildet wird.

Durch Kombination mit einer Warmluftbegasung können die Taktzeiten in vertretbare Bereiche gebracht werden. Der Hauptnachteil dieser Verfahren besteht darin, dass sie aufgrund der hohen Werkzeug- und Energiekosten ausschließlich in der Großserienkernfertigung (i.d.R. im Automobilguss) eingesetzt werden kön-

nen. Außerdem beschränkt sich die Anwendung aufgrund verschiedener unzureichender technologischer Eigenschaften (z. B. Restfestigkeiten oder Zerfallsverhalten) auf die Herstellung von Aluminiumgussteilen. Einen nach wie vor weitgehend gültigen Überblick über diese Verfahren gibt das Buch „Anorganische Binder zur Form- und Kernherstellung in der Gießerei“ [9].

### Neues Anorganisches Kernbindersystem

Mit der Entwicklung des im Folgenden vorgestellten Bindersystems soll Eisengießereien, die in vielen Fällen Kundengießereien mit häufig wechselnden Sortimenten sind, eine Möglichkeit zum Einsatz anorganisch gebundener Kerne gegeben werden. Wesentlicher Aspekt dabei ist der Wegfall eines teuren beheizten Kernherstellungswerkzeuges aus Stahl, welches nur in der Großserienfertigung zu rechtfertigen ist. Bei dem eingesetzten Bindersystem handelt es sich um ein Bindemittel

auf Alkalisilikat- bzw. Wasserglasbasis, welches mit einer ganzen Reihe von Oxiden modifiziert wurde und keinerlei organische Bestandteile enthält [10]. Die Verfestigung des Formstoffs erfolgt ausschließlich durch eine Begasung mit ca. 160 °C warmer Luft. Der Einkomponentenbinder kann ohne zusätzliche Additive in Bereichen von weniger als 2,5 %, in vielen Fällen sogar unter 2 %, dosiert werden.

## Erreichbare Festigkeiten

Mit dem System werden Festigkeiten erreicht, die mit denen der am Markt bekannten anorganischen Bindersysteme vergleichbar sind. Durch die deutlich geringeren Binderzugaben (in den meisten Fällen 2,0 % oder weniger) werden geringe Restfestigkeiten nach thermischer Belastung sowie ein sehr gutes Zerfalls- und damit Entkernverhalten sichergestellt. **Bild 1** zeigt die Biegefestigkeiten für zwei Binder bei dem sehr niedrigen Bindergehalt von 1,75 %, die natürlich bei Bedarf durch höhere Zugaben gesteigert werden können. Bild 1 gibt auch einen Hinweis auf die Lagerfähigkeit von hergestellten Kernen (hier 80 % relative Luftfeuchte). Dass das Bindersystem auch im Warmbox-Verfahren (d.h. mit einer Kombina-

tion von beheiztem Werkzeug und Warmluft) einsetzbar ist, zeigt **Bild 2**. Das beheizte Werkzeug wurde im vorliegenden Fall jedoch durch eine Nachtrocknung „simuliert“.

## Lagerstabilität von Kernen

Das Thema Lagerverhalten von hergestellten Kernen soll **Bild 3** untermauern. Dort wurde die Entwicklung der Biegefestigkeit bei Verwendung verschiedener Binder unter nahezu optimalen Bedingungen bis zu einem Zeitraum von drei Tagen untersucht. Das Ergebnis überrascht nicht und zeigt eine prinzipielle Lagerfähigkeit der Kerne, beispielsweise über das Wochenende. Verschlechtern sich die Umgebungsbedingungen hinsichtlich Temperatur und insbesondere Luftfeuchte, dann ist auch hier naturgemäß ein Abfall der Festigkeiten feststellbar. Unter den in Mitteleuropa vorherrschenden klimatischen Bedingungen sind aber auch unter von aus Bild 3 abweichenden Bedingungen ausreichende Lagerstabilitäten gegeben. Sollte dies nicht der Fall sein, existieren in gewissem Rahmen noch Möglichkeiten zur Verbesserung des Lagerverhaltens von Kernen durch Zugabe von Additiven.

## Restfestigkeit und Zerfallsverhalten

Spricht man von klassischen Wasserglas-Bindersystemen, so werden i. d. R. relativ schnell die Nachteile der hohen Restfestigkeit bzw. des schlechten Formstoffzerfalls nach dem Gießen angesprochen. Da es sich bei dem hier vorgestellten System um ein wasserglasbasiertes Bindemittel handelt, wurde auch diesem Problemkreis entsprechende Aufmerksamkeit gewidmet. Die **Bilder 4** und **5** verdeutlichen die folgenden Untersuchungsergebnisse: Das Bindersystem hat ein außerordentlich gutes Zerfallsverhalten nach dem Gießen. In Bild 4 werden Messwerte der Restbiegefertigkeit für unterschiedliche Binder bei Gehalten von jeweils 1,5 und 2,0 % dargestellt. Die Prüfung erfolgte so, dass Biegeriegel für jeweils 2 min in den auf Prüftemperatur vorgeheizten Ofen eingebracht und 1 h nach dem Entnehmen geprüft wurden. Die geringen Restfestigkeiten, vor allem im Bereich der höheren Gießtemperaturen bei der Herstellung von Gusseisen, zeigt Bild 5. Die hier gemessene Restdruckfestigkeit (20 min im vorgeheizten Ofen, Prüfung 24 h nach Entnahme) belegt die Erfahrungen aus der praktischen Erprobung, dass die zu erwartende Restfestigkeit auf Werte nahe Null sinkt!

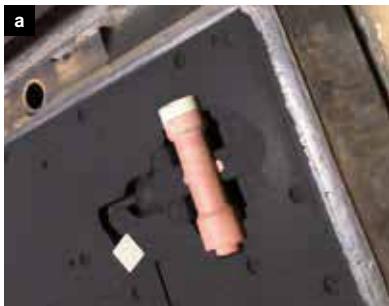


Bild 7: Anorganisch gebundener Kern (a) sowie Eisengussteil vor (b) und nach dem Strahlen (c).



Bild 8: Massiver Kern (a) und Eisengussteil kernseitig (b) nach dem Strahlen.



Strahlen entspricht durchweg den gestellten Anforderungen. Der Kern war an der Auspackstelle nicht mehr als solcher zu erkennen, was wiederum den sehr guten Zerfall des Formstoffs mit niedrigen Restfestigkeiten unterstreicht. In Bild 9 wird an einem Beispiel gezeigt, dass sich auch alternative Formgrundstoffe mit dem vorgestellten anorganischen Bindersystem verarbeiten lassen. Bei dem dargestellten filigranen Kern waren bisher bei Nutzung des PUR-Cold-Box-Verfahrens trotz Verwendung von Bauxitsand Blattrippen im Innenbereich vorhanden. Bei Verwendung des neuen anorganischen Bindersystems Cast Clean VC konnten Ausdehnungsfehler vollständig vermieden werden. Zusammenfassend kann man feststellen, dass das vorgestellte anorganische Bindersystem auch unter praktischen Bedingungen zur Herstellung von Eisengussteilen seine Eignung im Hinblick auf das Verhalten vor, während und nach dem Gießen unter Beweis gestellt hat.

## Einfluss von Kernaltsand

Bringt man wasserglasgebundenen Kernaltsand in ein bentonitgebundenes Umlaufformstoffsystem ein, kann es durch die darin enthaltenen Alkali-Ionen zu Desaktivierungsvorgängen des Bentonits und daraus folgenden Festigkeitsverlusten kommen. Diese Zusammenhänge wurden in der Vergangenheit bereits vielfach untersucht, u.a. von Flemming und Polzin [11]. Dort wird festgestellt, dass Kernaltsandzuläufe in üblichen Mengen (meist deutlich unter 5 %) ohne Probleme in ein bentonitgebundenes Umlaufformstoffsystem zufließen können, ohne Probleme zu verursachen. Um diese Aussagen für die heute eingesetzten, „modernen“ anorganischen Bindersysteme zu untermauern, wurde eine umfangreiche Untersuchung durchgeführt [12], bei der einem bentonitgebundenen Betriebsformstoff Kernaltsandmengen von 5 - 25 % zugegeben und die Eigenschaften des Grünsandes ermittelt wurden. Die erzielten Ergebnisse waren den bereits früher gemachten Erfahrungen sehr ähnlich. Als zusätzliche Variable wurden thermisch unterschiedlich belastete Kernaltsande für die Versuche verwendet (400 °C, 800 °C und unbelastet - „Kernbruch“). Bild 6 zeigt exemplarisch für die hier gewonnenen Erkenntnisse die Nasszugfestigkeit beim Zulauf von maximal 25 % Kernaltsand in 5 % - Schritten. Es wird deutlich, dass es auch

bei derart hohen einmaligen Zuläufen von Kernaltsand zu keiner signifikanten Verschlechterung der Nasszugfestigkeit kommt, dies gilt auch für alle weiteren in diese Arbeiten einbezogenen technologischen Größen, wie beispielsweise die Gründruck- und die Grünzugfestigkeit. Zusammenfassend kann also bestätigt werden, dass das vorgestellte anorganische Bindersystem in üblichen Zulaufmengen keine Schädigung von bentonitgebundenen Formstoffen bewirkt. Aufgrund der Möglichkeit einer solchen Schädigung beim Zulauf von unzulässig hohen Mengen an Kernaltsand ist es aber unbedingt notwendig, den Kernaltsandzulauf zu überwachen und gegebenenfalls Maßnahmen zur Vermeidung von Eigenschaftsverschlechterungen zu ergreifen.

## Praktische Erfahrungen

Bei Gießversuchen in mehreren Eisengießereien wurden ohne Probleme qualitätsgerechte Gussteile hergestellt. Bild 7 zeigt einen relativ kleinen Kern in der Form sowie das Gussteil (GJL) vor und nach dem Strahlen. Die vorhandenen geringen Formstoffanhaltungen konnten problemlos entfernt werden. Der in Bild 8 gezeigte Kern ist dagegen sehr kompakt, hat eine Masse von ca. 20 kg und wird zur Herstellung eines dünnwandigen Gehäusebauteiles aus GJS eingesetzt. Die Oberfläche des Gussteiles nach dem

## Zusammenfassung

Das vorgestellte anorganische Formstoffbindersystem Cast Clean VC bietet bei der Kernherstellung im Eisenguss eine anwendbare Alternative zum bisher hauptsächlich eingesetzten PUR-Cold-Box-Verfahren. Die wesentlichen bei einer beabsichtigten Umstellung auf das Verfahren offenen Fragen sind lösbar. Zur Bereitstellung der benötigten Heißluft sind entsprechende anlagentechnische Lösungen an den Kernschießmaschinen zu schaffen. Weiterhin sind für die Kernkästen geeignete Materialien wie beispielsweise spezielle Kunststoffe oder Aluminium zu verwenden. Folgende Fragen sind im Vorfeld der Anwendung des Verfahrens zu klären, um es erfolgreich einzusetzen:

### 1. Welches Kernkastenmaterial wird verwendet?

Normale Kunststoffe sind nur bis ca. 120°C einsetzbar, d.h. man benötigt ent-



**Bild 9:** Anorganisch gebundener Kern aus Bauxitsand vor (a) und nach (b) dem Schlichten. Blattrippenbildung am Gussteil bei Nutzung des PUR-Cold-Box-Verfahrens (c).

weder hochwertige Kunststoffe (z. B. PEEK), Aluminium oder Stahl. Aluminium stellt hier hinsichtlich der Herstellungskosten und der Verschleißbeständigkeit eine interessante Alternative zu Kunststoffen und Stahl dar.

#### 2. Ist Warmluft an der Kernschießmaschine vorhanden?

Benötigt werden mindestens 160 °C, maximal 200 °C, wichtig ist hier eine möglichst geringe Entfernung zwischen der Warmluftquelle und dem Kernkasten bzw. eine gute Isolierung der Leitungen.

#### 3. Existiert ein separater Mischer für erste Versuche?

Verfügt die Kermacherei über mehrere Mischer oder ist eventuell ein Handmischer vorhanden?

#### 4. Welche Schlichte wird angewendet?

Alkoholschlüchte kann in der Regel so angewendet werden wie bei organisch gebundenen Kernen, bei Wasserschlüchte ist nach dem Auftragen eine kurzfristige Trocknung notwendig.

#### 5. Was ist bei der Lagerung des Binders zu beachten?

Beim Bindersystem Cast Clean VC ist es im Serienbetrieb günstig, ein Rührwerk auf die Bindemittelcontainer (i.d.R. IBC) aufzusetzen, um ein geringfügiges Entmischen und Absetzen zu vermeiden.

#### 6. Welches Kernhandling findet statt?

Anorganisch gebundene Kerne besitzen direkt nach der Herstellung nur eine verfestigte Randschale und sind im Inneren noch weich, Kerne sollten daher vorsichtig gehandhabt und auf ebene Lagerflächen und Absetzen zu vermeiden.

chen abgelegt werden (ggf. Deformationsgefahr). Während der anschließenden Lagerung erhöht sich die Festigkeit durch Temperaturausgleich und Trocknung in kurzer Zeit beträchtlich.

Ein gewisser technischer und finanzieller Aufwand ist also durchaus im Vorfeld notwendig, um mit dem Verfahren anorganisch gebundene Kerne herstellen zu können. Bezieht man aber z. B. die nicht notwendige Beheizung der Werkzeuge (bei anorganischen Warm-Box-Verfahren) oder die entfallende Aminentsorgung (beim PUR-Cold-Box-Verfahren) und weitere Punkte in die Betrachtung ein, dann sind Kosteneinsparungen von 30 % in der Kernfertigung denkbar.

*Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden teilweise im Rahmen des Forschungsprojektes Gietech-GO PROJ-00381 in den Niederlanden erzielt. Dabei handelt es sich um ein durch die EU gefördertes Projekt im Rahmen der Regionalentwicklung (EFRE). GO im Projektnamen steht dabei für die beiden niederländischen Provinzen Gelderland und Overijssel. Für diese Förderung sei an dieser Stelle herzlich gedankt!*

*Dr.-Ing. habil. Hartmut Polzin, Leiter Forschung und Entwicklung und Dr.-Ing Theo Kooyers, Geschäftsführer, Peak Deutschland GmbH, Nossen.*

#### Literatur:

- [1] Svensson, I. L.: *Chemistry and mechanical properties of carbon dioxide cured sodium silicate binders*. Vortrag Nr. 4, 52. Internationaler Gießerei-Kongress, Melbourne 1985.
- [2] Stoberiet 62 (1985), [Nr. 6], S. 8–16.
- [3] Giesserei 73 (1986), [Nr. 22], S. 657.
- [4] Gießereitechnik 35 (1989), [Nr. 10], S. 299–302.
- [5] Giesserei 76 (1989), [Nr. 23], S. 799–802.
- [6] Gießerei-Erfahrungsaustausch (1990), [Nr. 11], S. 465–467.
- [7] Doroschenko, S.P., Makarevitsch, A. P.: *Formsande und Kernsande mit Wasser-glasbindern, Probleme und Perspektiven*. Vortrag. 61. Gießerei-Weltkongreß, Peking 1995.
- [8] Litejnoe Proizvodstvo (1997), [Nr. 10], S. 12.
- [9] Polzin, H.: *Anorganische Binder zur Form- und Kernherstellung in der Gießerei*, Fachverlag Schiele & Schön Berlin, 2012.
- [10] Europäisches Patent Nr. 2916976 – Verfahren zur Herstellung von verlorenen Kernen oder Formteilen zur Gussteilproduktion.
- [11] Giesserei 84 (1997), [Nr. 16], S. 19–23.
- [12] Friede, M.M.: *Der Einfluss von anorganisch gebundenen Kernalsanden auf tongebundene Umlaufformstoffe*, Studienarbeit TU BA Freiberg, 2015.



European Union



European Regional Development Fund