



Erste Machbarkeitsstudien und Kundenprojekte an realen Bauteilgeometrien unterstreichen das grundsätzliche Potenzial anorganischer Bindemittelsysteme der Inotec-Technologie in Eisengussanwendungen.

# Anorganische Bindemittelsysteme für das Eisengießen

Aktueller Entwicklungsstand und Ausblick

VON FELIX MÜCK UND CHRISTIAN APPELT, HILDEN

## Motivation

Die Einführung der Inotec-Technologie beim Leichtmetallgießen verlief zunächst rein ökologisch motiviert unter dem Schlagwort „Emissionsfreies Gießen“. Als Konsequenz der Markteinführung ergaben sich weitere wertvolle technologische, ökonomische und ökologische Vorteile. So hat sich die Inotec-Technologie der ASK Chemicals heute – 10 Jahre nach Einführung in die großseriellen Prozessabläufe der Leichtmetallgießereien – etabliert und als produktives Kernherstellungsverfahren durchgesetzt. Verwendung findet diese hauptsächlich beim

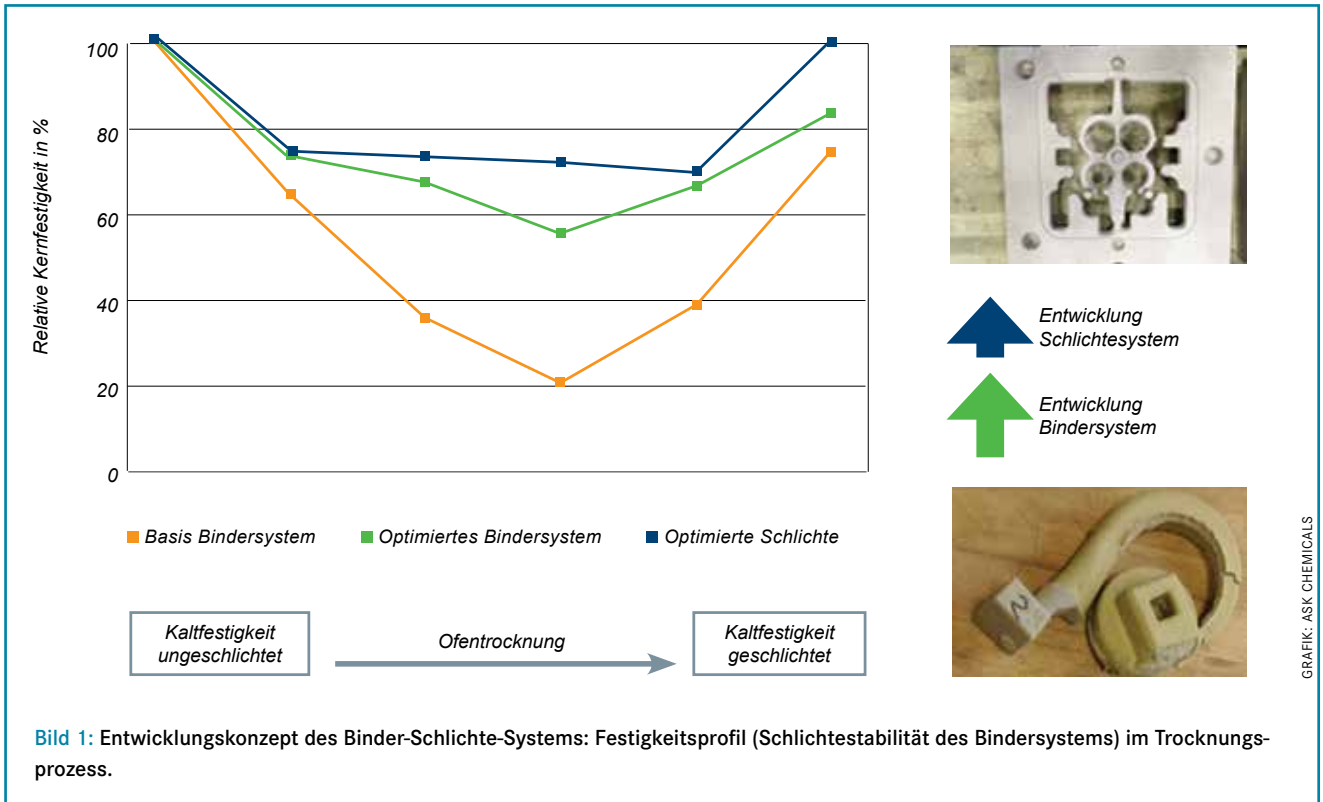
## KURZFASSUNG:

Die Inotec-Technologie der ASK Chemicals GmbH, Hilden, ist bislang auf großserielle Anwendungen beim Leichtmetallgießen beschränkt [1]. Auch beim Schwermetallgießen bergen anorganische Bindemittelsysteme als emissionsfreie Systemalternative zu organischen Kernherstellungsverfahren großes Potenzial, doch muss erst eine Vielzahl materialwissenschaftlicher und technologischer Hürden überwunden werden. So sind beispielsweise die Prozessabläufe und Sandsysteme komplexer und die Anforderungen an die thermische Beständigkeit des Binders deutlich höher [2].

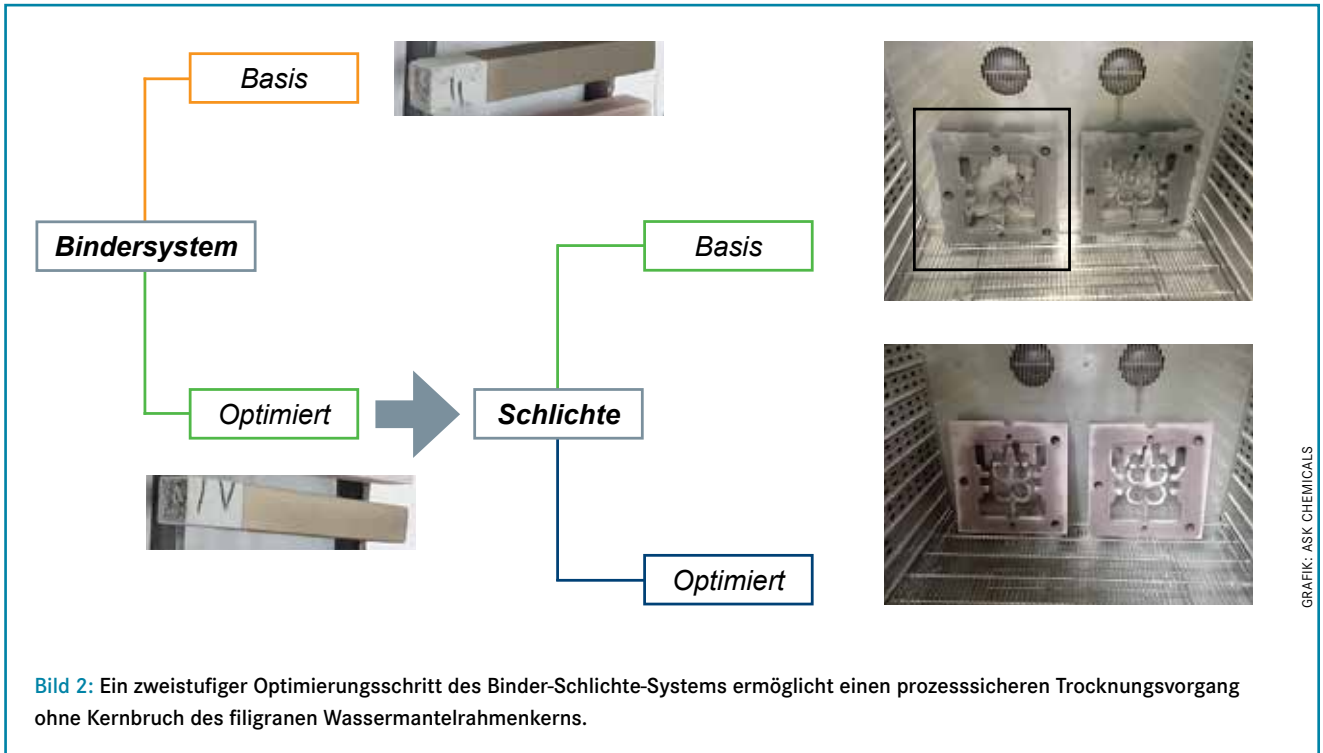
Niederdruckkokillen- und Schwerkraftgießen zur Herstellung von Al-Zylinderköpfen und -Kurbelgehäusen sowie Fahrwerkskomponenten.

Auch beim Eisengießen bergen anorganische Bindemittelsysteme als emissi-

onsfreie Systemalternative zu organischen Kernsandbindern großes Potenzial. Aufgrund politischer und legislativer Maßnahmen sind die Vorschriften zur TA Luft bereits jetzt verschärft und werden auch in Zukunft immer strengeren Beschrän-



**Bild 1:** Entwicklungskonzept des Binder-Schlichte-Systems: Festigkeitsprofil (Schlichtestabilität des Bindersystems) im Trocknungsprozess.

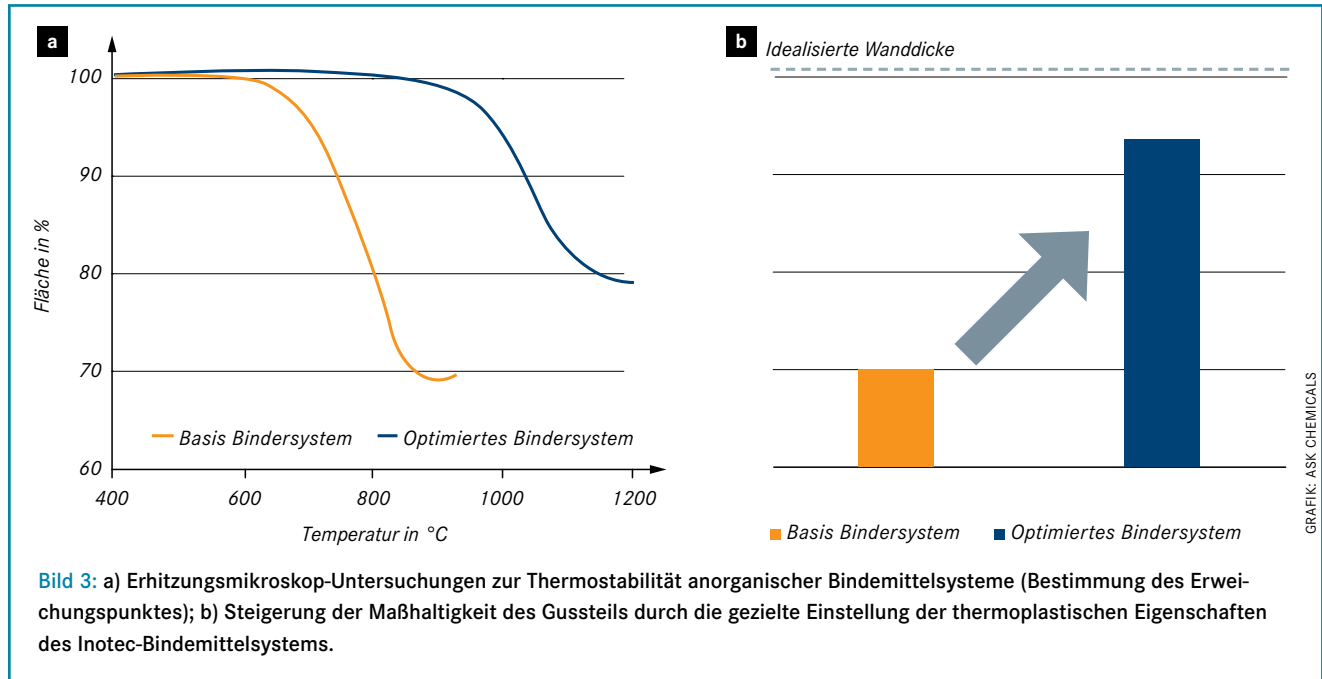


**Bild 2:** Ein zweistufiger Optimierungsschritt des Binder-Schlichte-Systems ermöglicht einen prozesssicheren Trocknungsvorgang ohne Kernbruch des filigranen Wassermantelrahmenkerns.

kungen unterliegen. Der Einsatz emissionsreduzierter bzw. -freier Prozesse wird hierdurch beeinflusst. Jedoch gibt es für diese Technologie bislang keine großserielle Anwendung, da der Übertrag vom Leichtmetallgießen zum Eisengießen mit grundsätzlichen Herausforderungen verbunden ist. So sind die Sandsysteme und Prozesse deutlich komplexer sowie die Gießtemperatur in etwa doppelt so hoch, was unweigerlich mit höheren mechani-

schen und thermischen Belastungen des Bindemittelsystems verbunden ist. Dennoch bieten anorganische Bindemittelsysteme wesentliche Vorteile. So werden primär keine schädlichen und flüchtigen Verbindungen während der Kernherstellung, Kernlagerung oder der Gießprozesse freigesetzt. Folglich sind keine komplexen und kostenintensiven Luftaufbereitungsmaßnahmen erforderlich. Außerdem kann durch den Einsatz

anorganischer Bindemittel das Risiko für klassische Gussfehler, wie Gasblasen oder Blattrippen, reduziert werden, wodurch zum einen Nachbearbeitungsschritte der Gussteile wegfallen und zum anderen potenziell weniger Ausschuss produziert wird. Dem ökonomisch, ökologisch und technologischen Mehrwert stehen ein initiales Investitionsvolumen für die Kernschießmaschinen und temperierte Kernwerkzeuge gegenüber.

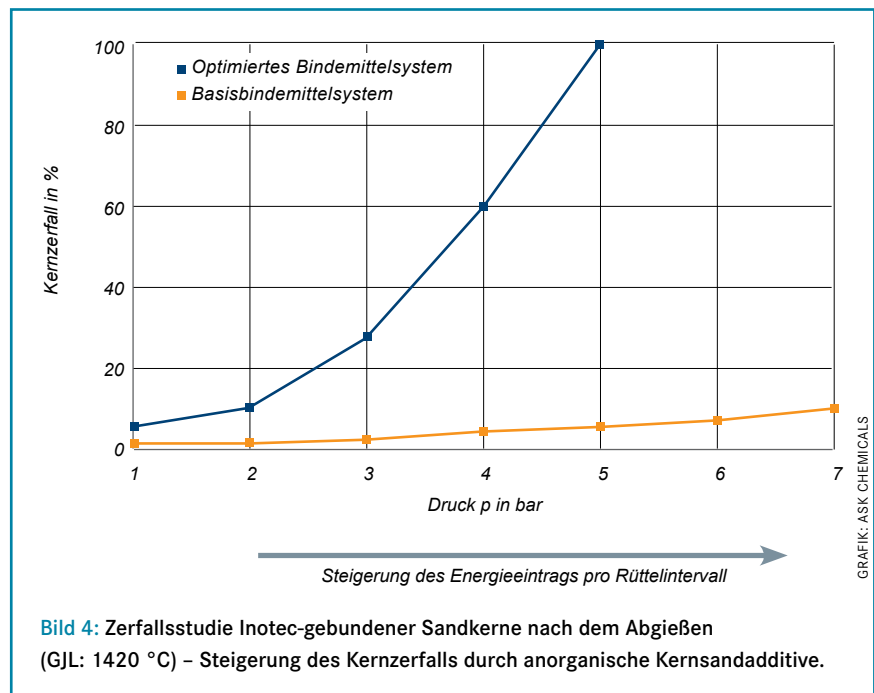


**Besondere Anforderungen an das anorganische Bindemittelsystem beim Eisengießen**

Seit ca. einer Dekade wurden diverse Machbarkeitsstudien zum Einsatz anorganischer Bindemittelsysteme in Eisengussanwendungen durchgeführt. Ein Beispiel hierzu ist die Studie zur Herstellung einer belüfteten GJL-Bremsscheibe, welche die Komplexität dieses Vorhabens ausführlich beschreibt [3]. Die Unverträglichkeit anorganisch gebundener Sandkerne gegenüber Wasserschichten, ein zu geringes Maß an thermischer Stabilität und ein schlechter Kernzerfall sind materialspezifische Schwachstellen anorganischer Bindemittelsysteme, die deren Einsatz beim Eisengießen bislang limitieren. Des Weiteren gibt es prozessrelevante Problemstellungen, die vor der Implementierung in die Serienfertigung geklärt werden müssen. Dazu gehören die Überprüfung der Grünsandverträglichkeit, der Umgang mit alkalischen Alt-sanden sowie die Gewährleistung einer zur Cold-Box-Technologie vergleichbaren Produktivität.

**Schlichtestabilität**

Machbarkeitsstudien anorganischer Bindemittelsysteme beim Eisengießen zeigten, dass das Schlichten anorganisch gebundener Kerne eine der größten Herausforderungen darstellt. Unzählige Bemühungen filigrane Kerne zu schlichten scheiterten nahezu allesamt am Kernbruch. Mit dem Anspruch selbst höchst komplexe und filigrane Kerngeometrien, beispielsweise für Wassermäntel, pro-



zessicher zu schlichten, wurde das Inotec-Binder-Schlichte-System systematisch weiterentwickelt.

Im Schlichte-Trocknungsprozess ist der Sandkern nach der Applikation einer Wasserschichte und durch die Wärme des Trockenofens einem aggressiven Klima mit hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt, welches die Rückreaktion der Netzwerkbildung unter Aufspaltung des Silikat-Gerüsts begünstigt. Dadurch verliert der Sandkern zunehmend an Festigkeit und ist beim Durchlaufen eines Festigkeitsminimums anfällig für Deformation oder Kernbruch. Übersteht er diese kritische Phase, erreicht der Sandkern im weiteren Verlauf des Trocknungsprozesses, vor al-

lem aber in den Kaltfestigkeiten, wieder ein beachtliches Festigkeitsniveau.

Die Optimierung des Binder-Schlichte-Systems lässt sich in zwei wesentliche Schritte unterteilen (Bild 1). In einem ersten Schritt wurde durch chemische Modifikation des Binders die Schlichtestabilität verbessert. Während der Ofentrocknung kann dadurch eine deutlich höhere Kernfestigkeit über die gesamte Trocknungsdauer gewährleistet werden. In einem zweiten Entwicklungsschritt wurde eine neue Schlichte konzipiert, die speziell auf die Charakteristika anorganischer Kerne zugeschnitten wurde. Durch diese optimale Abstimmung der beiden Komponenten aus anorganischem Bindemitt-

telsystem und wasserbasierter Schlichte wird der Kern im Trocknungsprozess nur noch geringfügig geschwächt.

Die grundlegende Ausrichtung der Schlichteformulierung erfolgt zunächst auf eine bestimmte Applikation, wie z. B. Tauch- oder Flutanwendung. Angestrebt wird die Entwicklung einer Schlichte, die bereits beim Auftrag das Bindemittelsystem nicht unnötig beansprucht. Bei einer optimalen Schlichtetrocknung wird der anorganische Sandkern im Schlichtetrocknungsprozess nur geringfügig belastet, wobei dieser anschließend eine hohe mechanische Stabilität bei gleichzeitig geringer Restfeuchte besitzt. Damit können Risiken für Gussfehler (Schülpen, Gasblasen, Penetrationen) signifikant vermindert sowie ein prozesssicheres Festigkeitsniveau der geschichteten Kerne gewährleistet werden. Erst durch die Verwendung eines kompatiblen Binder-Schlichte-Systems war es möglich, auch filigrane Kerne wie z. B. einen Wassermantelrahmenkern prozesssicher und ohne Kernbruch zu schlichten (Bild 2).

### **Thermische Deformation**

Komplexe Bauteile mit geringen Wanddicken (z. B. Wassermantel) erfordern ein

hohes Maß an thermisch-mechanischer Beständigkeit des Bindemittelsystems während des Abgießens [2]. Durch die thermoplastischen Eigenschaften anorganischer Bindemittelsysteme wird der Sandkern unter Einfluss von Temperatur und Druck der Eisenschmelze verformbar, was eine signifikante Maßhaltigkeitsabweichung des Rohgussteils zur Folge hat. Die thermische Stabilität des Bindemittelsystems beschreibt hierbei dessen Fähigkeit einer thermischen Belastung für eine gewisse Zeit ausgesetzt zu sein, ohne dabei plastisch zu deformieren. Die thermische Stabilität wird über den Erweichungspunkt des Bindersystems definiert, der mit Hilfe der Erhitzungsmikroskopie empirisch ermittelt wird (Bild 3a).

Durch die Optimierung des Bindemittelsystems können die thermische Stabilität erhöht und die dimensionsgetreue Maßhaltigkeit der Gussteile gewährleistet werden (Bild 3b).

Die Anwendung spezieller wasserbasierter Schichten bietet eine weitere Möglichkeit der thermischen Deformation entgegenzuwirken. In der Schlichteformulierung kann durch eine definierte Auswahl geeigneter Feuerfestkomponenten und über das rheologische System die

spezifische Wärmeleitfähigkeit gezielt gesteuert werden.

Geschützt durch den Auftrag einer Schlichteschicht auf den Sandkern hält das Bindemittelsystem den thermischen und mechanischen Belastungen während des Abgießens stand, was zum einen den Grad an thermischer Deformation signifikant reduziert und weiterhin die Oberflächengüte des Rohgussteils verbessert.

### **Zerfallsverhalten und Entkernbarkeit**

Der mitunter schlechtere Kernzerfall anorganischer Kerne beim Eisengießen ergibt sich aus der chemischen Natur silikatischer Systeme. Anders als bei organischen Bindemittelsystemen, die während des Gießprozesses pyrolysieren, erweicht das anorganische Bindemittelsystem und verglast beim langsamen Abkühlen in den Zustand einer unterkühlten Schmelze. Unter Berücksichtigung zusätzlicher Sinter- und Sandausdehnungseffekte resultiert daraus das schlechte Zerfallsverhalten des anorganisch gebundenen Sandkerns. Dies ist bei filigranen Kerngeometrien mit einem ungünstigen Sand-Eisen-Verhältnis besonders ausgeprägt.





ungeschlichtet

Unterbindung von Schmelz- und Sinter-  
vorgängen durch Auftragen von Schlichte



geschlichtet

GRAFIK: ASK CHEMICALS

**Bild 5:** Verbesserung der Entkernbarkeit durch Schlichten der Sandkerne (Abgießen von Domkernen – GJL: 1420 °C).

Während in klassischen Wasserglas-Ester- oder CO<sub>2</sub>-Systemen organische Additive zum Einsatz kommen, um den Zerfall zu optimieren (etwa durch Zugabe von Melasse), konnten im Zuge der Weiterentwicklung neue anorganische Materialien identifiziert werden, die das Zerfallsverhalten auch bei geringem Energieeintrag deutlich steigern (Bild 4). Auch das Auftragen von Schlichte liefert einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Entkernbarkeit. Ungeschlichtet penetriert das flüssige Eisen in den Sandkern, wobei zusätzliche Sinterprozesse das Kernzerfallsverhalten negativ beeinflussen. Durch Schlichteauftrag können Schmelz- und Sinterprozesse unterbunden und eine glatte Gussoberfläche erhalten werden, wodurch sich der Kern leichter aus dem Rohgussteil entfernen lässt (Bild 5).

#### Prozesstechnische Herausforderungen

Ein technologischer Wandel zu anorganischen Bindemittelsystemen beinhaltet, wie bereits angedeutet, auch prozesstechnische Herausforderungen. Grünsandverträglichkeit, wirtschaftliche Taktzeiten sowie der prozesstechnische Umgang mit alkalischen Altsanden sind Beispiele.

So ist z. B. die Verträglichkeit anorganisch gebundener Altsande mit bentonitgebundenem Formsand (Grünsandverträglichkeit) ein entscheidendes Kriterium für die Serienanwendung anorganischer Bindemittelsysteme beim Eisengießen. Bei jedem Prozesszyklus reichert sich sukzessive anorganisch gebundener Altsand im bentonitgebundenen Formsand an. Erste Studien deuten jedoch an, dass ein Kernsandzulauf von bis zu 25 % als unkritisch zu betrachten ist. Al-

erdings sollte dies jeweils individuell für das Grünsandsystem einer Gießerei validiert werden.

Bei der Auslegung der Kernfertigungsprozesse ist eine wirtschaftliche Taktzeit des Gesamtprozesses sehr relevant. Aus dem chemisch-physikalischen Härtemechanismus resultiert bei sehr großen Kernquerschnitten bzw. bei hohen Kerngewichten eine deutlich höhere Gesamttaktzeit in der Kernfertigung.

Des Weiteren weisen „anorganische Altsande“ einen hohen pH-Wert auf, der die Verarbeitungszeit der Sandmischungen beim Einsatz von Cold-Box-Bindemittelsystemen dramatisch reduziert. Anorganische Altsande sind daher nicht mit einer Cold-Box-Fertigung kompatibel, d. h. eine Trennung der anorganischen Sande vom Cold-Box-Sandzyklus ist zwingend erforderlich.

#### Zusammenfassung

Erste Machbarkeitsstudien und Kundenprojekte an realen Bauteilgeometrien unterstreichen das grundsätzliche Potenzial anorganischer Bindemittelsysteme der Inotec-Technologie in Eisengussanwendungen. Schon heute können voluminöse Kerne mit moderater thermischer Belastung (Kanalkerne, Außenformen) als Teilersatz in einem Cold-Box-Kernpaket eingesetzt werden. Eine große Herausforderung bleibt jedoch der technologische Übertrag des anorganischen Bindemittelsystems auf das gesamte Kernpaket, wobei durch die sukzessive Entwicklung eines optimierten Binder-Schlichte-Systems bereits erste materialspezifische Hürden überwunden werden konnten.

Für eine serienreife Anwendung anorganischer Bindemittelsysteme beim Eisengießen müssen die technologischen Erkenntnisse aus dem Labor in die praktischen Betriebsabläufe übertragen werden, um das Gesamtpotenzial der aktuellen Entwicklungen bewerten und einschätzen zu können. Hierzu sind starke Partnerschaften zwischen Industrie und Forschung essenziell. Zunehmende Regulierungen im Bereich Umwelt (Market pull) sowie die fortschreitende Entwicklung anorganischer Bindemittelsysteme (Market push) sollten Treiber für entsprechende Entwicklungsprojekte sein.

*Dr. rer. nat. Felix Mück, Dr. rer. nat. Christian Appelt, ASK Chemicals GmbH, Hilden*

#### Literatur:

- [1] *Giesserei* 104 (2017), [Nr. 12], S. 50-53.
- [2] *Giesserei-Praxis* (2014), [Nr. 1-2], S. 20-25.
- [3] *Giesserei* 98 (2011), [Nr. 4], S. 36-40.