



GRAFIK: KMA UMWELTECHNIK

Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung an Schmelzöfen

# Der nächste Schritt zur klimaneutralen Gießerei

Energieeffizienz ist das Fundament für die Wettbewerbsfähigkeit von Gießereien. Denn neben der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen ermöglicht Energieeffizienz merkbare Kosteneinsparungen ebenso wie eine Entkoppelung von steigenden Energiepreisen und drohenden Versorgungsengpässen. Als Experte für energieeffizientes Abluftmanagement und Wärmerückgewinnung in Gießereien stellt KMA Umwelttechnik hier die neusten Entwicklungstätigkeiten vor.

VON FRIEDERIKE SCHMEDDING

## Schmelzen und Gießen von Metall ist wesentlicher Energieverbraucher

Der Leitfaden der Deutschen Energie-Agentur „Systematisch Energieeffizienz steigern und CO<sub>2</sub>-Emissionen senken in der Gießerei-Industrie“ [1] bringt es auf den Punkt: Energieeffizienz ist das Fundament der Klimaneutralität. Man kann diese Aussage noch weiter fassen: Energieeffizienz ist das Fundament für die Wettbewerbsfähigkeit von Gießereien. Denn neben der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen ermöglicht Energieeffizienz eine bedeutende Kosteneinsparung ebenso wie eine Entkoppelung von steigenden Energiepreisen und drohenden Versorgungsengpässen.

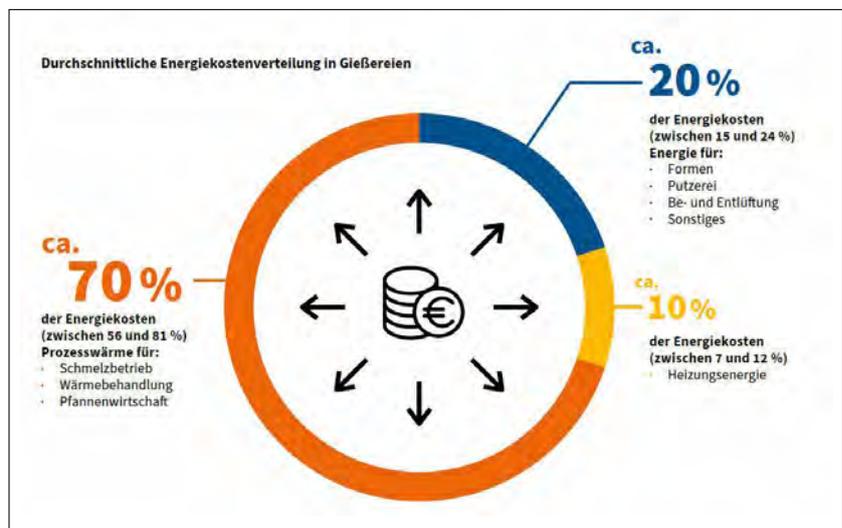


Bild 1: Energiekostenverteilung in Gießereien. (Quelle: dena)

Es überrascht daher nicht, dass die Branche mit Hochdruck nach innovativen Lösungsansätzen sucht, um die Energieeffizienz der Gießereien zu optimieren. Die

relevanten Stellschrauben sind bekannt (Bild 1 [2]). Während viele Gießereien bereits erste Maßnahmen eingeleitet haben, um ihren Energieverbrauch zu reduzieren,

## Dezentrales Filtersystem

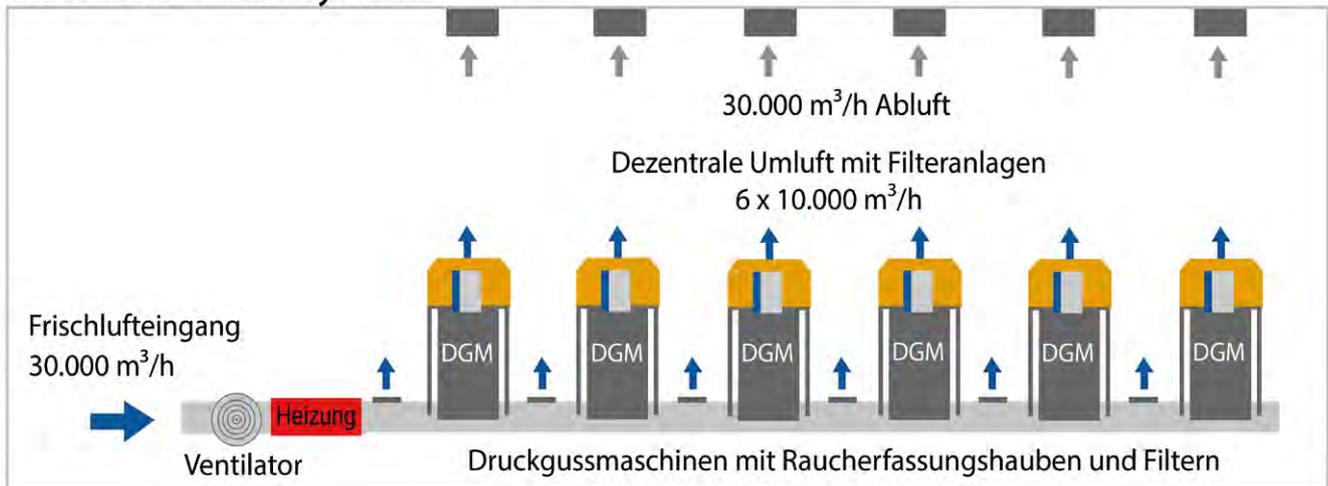


Bild 2: Das dezentrale Abluftfiltersystem ist als energieeffizientes Verfahren in vielen Gießereien weltweit im Einsatz.

arbeiten die Branchenexperten und Maschinenhersteller intensiv an der Entwicklung zukunftsweisender Lösungskonzepte und energieeffizienten Technologien.

Die Nutzung von Prozesswärme, die effiziente Be- und Entlüftung und die Senkung des Verbrauchs an Heizungsenergie stellen zentrale Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung dar. Die Kombination von Abluftmanagementsystemen und der Erhaltung bzw.

Rückgewinnung von Abwärme bietet großes Potenzial – nicht nur wie vielerorts bereits praktiziert im Zusammenhang mit der emissionsbelasteten Abluft aus dem Gießprozess – sondern auch an den energieintensiven Schmelzöfen [3]. Studien zeigen, dass die bestehenden Abwärmepotenziale in Gießereien heute nicht einmal zur Hälfte genutzt werden bzw. dass ca. 40 Prozent des Energiebedarfs von Gießereien bei geeigneten Lösungsansät-

zen über Wärmerückgewinnung gedeckt werden könnten [4].

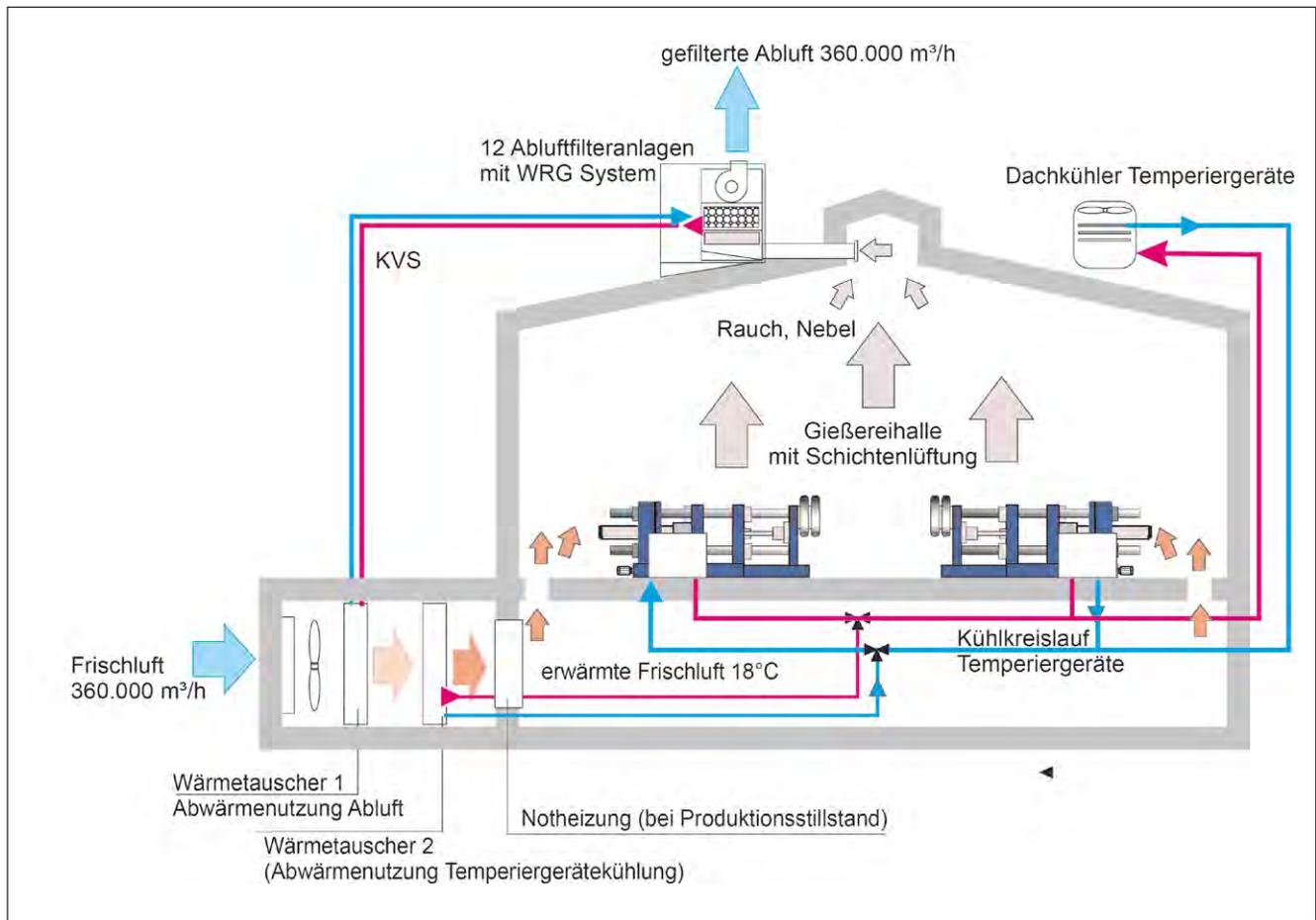
Als Experte für energieeffizientes Abluftmanagement und Wärmerückgewinnung in Gießereien stellt KMA Umwelttechnik in diesem Beitrag die neusten Entwicklungstätigkeiten vor. Das Unternehmen realisiert aktuell für mehrere Unternehmen neue Lösungsansätze für die Abluftreinigung und Wärmerückgewinnung an Schmelzöfen.

## Innovative Sieb- und Fördertechnik



VHV Anlagenbau GmbH · Dornierstraße 9 · D-48477 Hörstel  
Tel: +49 (0) 5459/9338-0 · info@vhv-anlagenbau.de · www.vhv-anlagenbau.de





**Bild 3:** Schema des bei der Firma Stihl Magnesium installierten zentralen Wärmerückgewinnungssystems.

### Energieeffiziente Abluftbehandlung an Druckgießmaschinen sind bewährte Praxis

Im Hinblick auf die emissionsbelastete Abluft aus dem Gießprozess sind die möglichen Energieeinsparungen durch energieeffiziente Abluftfiltersysteme verbunden mit Wärmerückgewinnung innerhalb der Branche bekannt und bereits für viele Gießereien aller Größen etabliert. So wird beispielsweise beim Druckgussverfahren die belastete Produktionsabluft idealerweise direkt an der Emissionsquelle erfasst, beispielsweise mithilfe von Rauch-Erfassungshauben über der Druckgießmaschine. Die Abluft kann nach der hocheffizienten Abluftreinigung mit bewährten elektrostatischen Filtergeräten unmittelbar im Umluftbetrieb in die Produktionshalle zurückgeführt werden (Bild 2). Dank der realisierten Reingluftqualität ist nur noch ein deutlich geringerer Austausch mit Frischluft erforderlich. Dies senkt den Energieaufwand für Zu- und Abluftanlagen erheblich. Gleichzeitig werden die Energiekosten für das Heizen bei niedrigen Außentemperaturen minimiert.

Bei alternativen zentralen Abluftreinigungsverfahren wird die Produktionsabluft über eine Rauch-Erfassung an der Hal-

lendecke abgesaugt und zu einer zentralen Filteranlage geführt. Integrierte Wärmerückgewinnungssysteme entziehen dabei der Produktionsabluft die thermische Energie und können so die kalte, von außen zugeführte Frischluft durch Wärmetauscher energieeffizient erwärmen. Die Magnesium-Gießerei von Stihl (Bild 3) erwärmt so auch in den Wintermonaten die Frischluft auf konstante 18 °C, spart die Kosten für konventionelle Energieträger wie Strom und Gas und 85 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber einer herkömmlichen Hallenheizung ein [5].

### Steigende Erdgaspreise verstärken Fokus auf Energieeffizienz der Schmelzöfen

Anders verhält es sich derzeit noch bei den Schmelzöfen. Gießereien im Aluminium-Druckguss nutzen überwiegend gasbeheizte Schmelzöfen, um das Aluminium zu schmelzen. In der Vergangenheit wurden üblicherweise zentrale Schmelzöfen verwendet, um die Schmelze dann von dort zu den Warmhalteöfen und Dosierungen an den einzelnen

Druckgießmaschinen zu verteilen. Mit dem neuen Trend zum Gießen sehr großer Bauteile oder dem Mehrformenguss (sog. Giga-Casting bzw. Mega-Casting) und dem damit verbundenen hohen Verbrauch an Schmelze, werden zunehmend auch dezentrale Schmelzöfen bis zum Dosierofen werden eigene durchgängige Versorgungslinien für einzelne oder mehrere Druckgießmaschinen verwirklicht, um Gussteile mit einem Dosiergewicht von bis zu 160 kg zu realisieren. Mit dem Ausbau der Gießkapazität geht ein Ausbau der Schmelzkapazität einher und damit wiederum der Energiebedarf.

Sowohl beim Bestand als auch bei geplanten Neuinvestitionen rückt das Potenzial der Energieeffizienz der erdgasbetriebenen Schmelzöfen nun in den Fokus. Mit einem Anteil von ca. 80 % ist Erdgas der wesentliche Energieträger für den Betrieb von Schmelzöfen. Aufgrund des durchschnittlichen Jahresverbrauchs von 19,5 GWh/a sind Nichteisen-Metallgießereien besonders durch die Energiepreisteigerungen in 2022 auf das Dreifache und mehr im Vergleich zu 2021 sowie zusätzlich drohenden Versorgungsengpässen gefährdet [6]. Die Dringlichkeit für einen energieeffizienten Betrieb

**Tabelle 1: Exemplarische Auslegungsrechnungen für mehrstufige Lamellen-Wärmetauscher mit Solarflüssigkeit.**

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Ablufttemperatur	180 °C	240 °C	300 °C
Abluftvolumen	20 000 m <sup>3</sup> /h	20 000 m <sup>3</sup> /h	20 000 m <sup>3</sup> /h
Vorlauftemperatur der Solarflüssigkeit	40 °C	40 °C	40 °C
Abluftvolumen nach Wärmerückgewinnung	ca. 15 140 m <sup>3</sup> /h	ca. 13 500 m <sup>3</sup> /h	ca. 11 800 m <sup>3</sup> /h
Ablufttemperatur nach Wärmerückgewinnung	70 °C	75 °C	65 °C
Rücklauftemperatur der Solarflüssigkeit	128 °C	140 °C	145 °C
Volumenstrom der Solarflüssigkeit	ca. 5 m <sup>3</sup> /h	ca. 6,3 m <sup>3</sup> /h	ca. 8,5 m <sup>3</sup> /h
Zurückgewonnene Energie	ca. 492 kW	ca. 675 kW	ca. 961,4 kW
<b>Jährlich zurückgewonnene Energie bei 4000 Betriebsstunden</b>	<b>ca. 1,97 MWh</b>	<b>ca. 2,7 MWh</b>	<b>ca. 3,85 MWh</b>
<b>Mögliche jährliche Kostenersparnis für Erdgas bei 9 Ct/kWh</b>	<b>177 300 EUR</b>	<b>243 000 EUR</b>	<b>346 500 EUR</b>

von Schmelzöfen zeigt sich an dem regen internationalen Interesse an neuen Lösungsansätzen in der Branche. „Wir verzeichnen ein starkes Interesse nach nachhaltigen Wärmerückgewinnungsmaßnahmen für Schmelzöfen. Unsere Kunden fordern einen grünen Fußabdruck, d. h. nicht nur Nachhaltigkeit im Sinne von Energieeffizienz, sondern auch durch reduzierte CO<sub>2</sub>-Emissionen. In aktuellen Kundenprojekten ist der nachhaltige Betrieb von Schmelzöfen im Fokus unserer Projektplanung,“ bestätigt Hans Henrik Würtz, CEO von Støtek A/S, Hersteller von Ofentechnik aus Dänemark.

### Beeindruckendes Potenzial für die Wärmerückgewinnung

Insbesondere die in der Abluft der Schmelzöfen enthaltene Prozesswärme rückt derzeit in das Bewusstsein vieler Gießereien. Moderne Schachtschmelzöfen für den Aluminiumdruckguss haben beispielsweise bei einer Schmelzkapazität von 3,5 t ein Abluftvolumen von bis zu 20 000 m<sup>3</sup>/h. Diese Abluft besitzt je nach Füll- und Betriebszustand des Ofens unterschiedliche Temperaturen. Sie reichen im Allgemeinen von 180 °C bis 300 °C. Im Mittel kann eine Temperatur von etwa 240 °C angenommen werden.

Die Prozessenergie, die auf diese Weise aus der Abluft zurückgewonnen werden kann, ist beeindruckend. Sie hängt von verschiedenen Faktoren ab. Auf der einen Seite sind dies insbesondere Abluftmenge und Ablufttemperatur, d. h. die verfügbare Prozessenergie. Auf der anderen Seite sind es insbesondere das Verfahren der Wärmerückgewinnung und die Vorlauftemperatur des für die Wärmeaufnahme genutzten Mediums, wie Wasser oder Solarflüssigkeit. Das Potenzial kann anhand von exemplarischen Auslegungsrechnungen für mehrstufige Lamellen-Wärmetauscher mit Solarflüssigkeit bei

### Energetische Schwachpunkte traditioneller Abluffiltration an Schmelzöfen

In vielen Gießereien wird die Abluft bestehender Schmelzöfen noch immer ohne weitere Maßnahmen zur Abluftreinigung emittiert. Anderenfalls werden überwiegend Beutelfilter eingesetzt, um die Stäube aus der relativ trockenen Abluft mechanisch abzuscheiden. Dafür ist es jedoch im Allgemeinen erforderlich, die Temperatur der Abluft vor dem Eintritt in den Filter zu senken. Dazu wird in der Regel über eine Zugunterbrechung am Ausgang des Schmelzofens Umgebungsluft mit angesaugt und damit eine niedrigere Mischtemperatur erzeugt. Das Gesamtvolumen der zu filternden Luft wird dadurch erhöht. Dieser Ansatz ist etabliert, besitzt jedoch technische Nachteile: die in der Abluft enthaltene Prozesswärme ist nicht nutzbar. Im Gegenteil – wird das Gesamtvolumen der Abluft erhöht, sodass Rohrleitungen, Filter und Ventilatoren entsprechend größer ausgelegt werden müssen, steigen die Betriebskosten. Die mechanischen Beutelfilter stellen ein Hindernis für die durchströmende Luft dar und verursachen einen relativ hohen Druckverlust, was zu einem entsprechend hohen Energieverbrauch für die Ventilatoren führt. Auch der Platzbedarf für die Aufstellung der Beutelfilteranlagen steigt dadurch – insbesondere bei historisch gewachsenen Produktionsstandorten ein typischer Engpass.

einem Abluftvolumen von 20 000 m<sup>3</sup>/h gezeigt werden (Tabelle 1).

Eine gemäß den exemplarischen Auslegungsrechnungen mittlere Energierückgewinnung von jährlich 2,7 MWh entspricht in etwa einem Verbrauch von 270 000 m<sup>3</sup> Erdgas bzw. bei einem Gaspreis von 9 Ct/kWh einem Wert von jährlich 243 000 €. Im Falle höherer Schmelzkapazitäten und einem entsprechend höheren Abluftvolumen wächst auch das Potenzial für die Energierückgewinnung. Wenn es gelingt, über die Wärmerückgewinnung den Verbrauch an Erdgas zu reduzieren, so winken vielerorts neben dem Beitrag zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele zusätzliche Kostensenkungspotenziale bei den CO<sub>2</sub>-Abgaben. Selbst wenn statt Erdgas alternative Energieträger wie Strom oder Wasserstoff für den Betrieb des Schmelzofens eingesetzt werden – die Prozesswärme auf Dauer ungenutzt mit der Abluft zu emittieren ist in den aktuellen Zeiten nur schwer vorstellbar.

### Integrierter Lösungsansatz für Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung notwendig

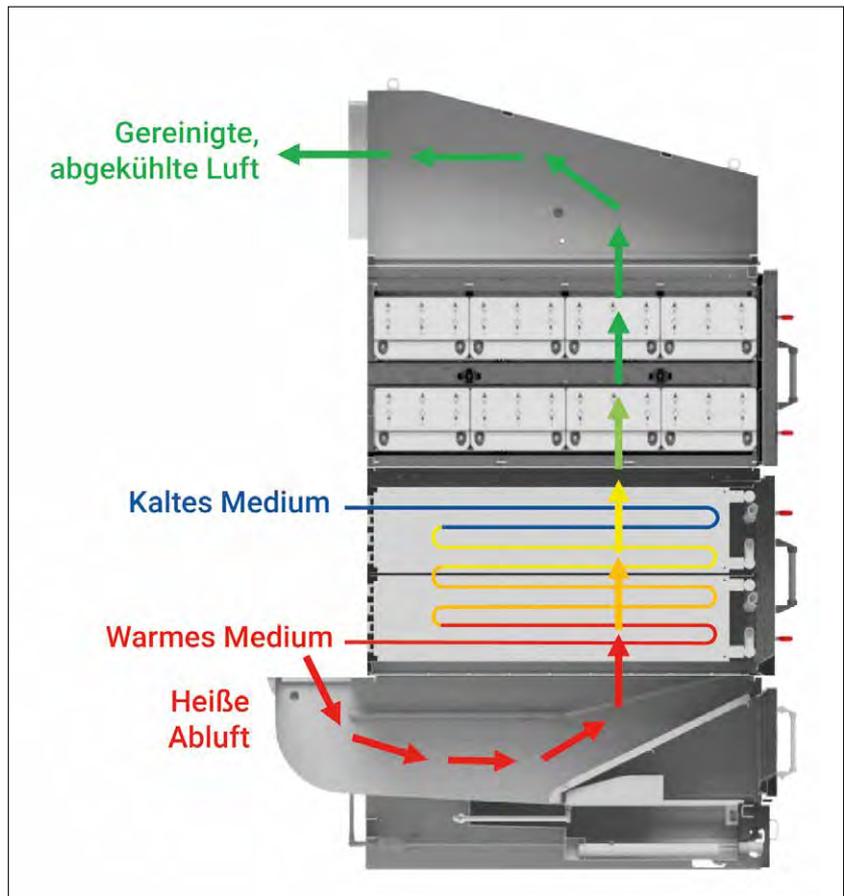
Um dieses Potenzial der Wärmerückgewinnung dauerhaft erschließen zu können, ist eine geeignete Verfahrenstechnik und Abluftreinigung erforderlich, da die Abluft der Schmelzöfen mit Emissionen belastet ist. Sie enthält eine Staubfracht, die wiederum in Abhängigkeit vom Betriebszustand und beispielsweise dem Zusatz von Salzen zur Aufbereitung der Schmelze von 5 mg/h bis zu einem Vielfachen davon reichen kann. Die Staubfracht schlägt im Laufe des Betriebs im Wärmetauscher nieder. Die Verschmutzung verringert zunächst die Wärmeleitfähigkeit und damit den Wirkungsgrad der Wärmetauscher. Schließlich bewirkt sie, dass Bereiche der Wärmetauscher verstopfen und die Anlage dadurch blockiert wird. Der Wärmetauscher muss daher regelmäßig gereinigt werden. Um hohe

Staubemissionen in die Umwelt zu vermeiden, ist zudem eine wirksame Reinigung der Abluft erforderlich.

Da Abluftfilter im Allgemeinen nicht bei sehr hohen Temperaturen betrieben werden können, müssen sie in der Verfahrensreihenfolge hinter der Wärmerückgewinnung angeordnet werden. Der Abluftfilter muss ebenfalls regelmäßig von der abgeschiedenen Staubfracht befreit bzw. gereinigt werden. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass sich insbesondere als Folge des Verbrennungsprozesses und der zugesetzten Salze saure Substanzen bilden können, die korrosiv auf den Wärmetauscher und den Abluftfilter wirken können. Bei der Wärmerückgewinnung sollte daher darauf geachtet werden, die Abluft nicht unter den Taupunkt abzukühlen und damit Kondensation zu vermeiden. Ebenso ist auf eine geeignete Auswahl langlebiger Materialien zu achten. Die hohen Temperaturen der Abluft sowie die je nach Betriebszustand möglichen Schwankungen der Ablufttemperaturen erfordern schließlich eine geeignete Planung der Abluftrohrleitungen, insbesondere um der temperaturabhängigen Ausdehnung des Materials Rechnung zu tragen.

Bei der Auswahl einer geeigneten technischen Lösung gilt es also verschiedene Herausforderungen zu bewältigen. Das maßgebliche Problem für die Gießereien dürfte jedoch darin bestehen, dass die Technologieanbieter bislang kaum ganzheitliche Lösungen für Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung für emissionsbelastete Abluft mit hohen Temperaturen anbieten.

An diesem Punkt setzt die Lösung von KMA Umwelttechnik an. Mit dem bewährten Ultravent-System werden Funktionsbausteine modular kombiniert. So können leistungsstarke Wärmetauscher und hocheffiziente elektrostatische Abscheider platzsparend in einer Anlage verbaut werden. Dieser integrierte Ansatz wird weltweit bereits in verschiedenen Industrien mit anspruchsvollen Einsatzbedingungen erfolgreich angewendet. Die Ultravent-Anlage wird vertikal von unten nach oben durchströmt (Bild 4). Die heiße Abluft wird zunächst durch mehrstufige Lamellen-Wärmetauscher aus Edelstahl geführt. Dort erfolgt der Übertrag der Prozesswärme auf ein flüssiges Medium. So kann beispielsweise Wasser auf bis zu 95 °C oder Solarflüssigkeit auf bis zu 145 °C erhitzt werden. Gleichzeitig wird die Temperatur der Abluft nahe über den Taupunkt abgesenkt. Die Anzahl der Wärmetauscherstufen wird bedarfsgerecht ausgelegt und kann entsprechend variieren.



Im nächsten Abschnitt der Ultravent-Anlage wird die Abluft durch einen mehrstufigen elektrostatischen Filter aus Edelstahl geführt. Die in der Abluft enthaltenen Partikel werden dort hochwirksam abgeschieden. Der sehr geringe Luftwiderstand des elektrostatischen Filters trägt maßgeblich zur hohen Energieeffizienz der Lösung bei. Über die Anzahl der Stufen lässt sich die anforderungsgerechte Abscheideleistung flexibel auslegen. Mit einem vierstufigen elektrostatischen Filter sind beispielsweise auch hohe Emissionslasten von 150 mg/m<sup>3</sup> auf weniger als 2 mg/m<sup>3</sup> reduzierbar. Gleichzeitig beträgt der Druckverlust von vier Filterstufen insgesamt nur etwa 130 Pa. Der für die Förderung der Abluft benötigte Energieeinsatz ist damit erheblich geringer als bei vergleichbaren mechanischen Abluftfiltern. Wie beschrieben muss regelmäßig eine Reinigung von Wärmetauscher und Abluftfilter vom angesammelten Staub erfolgen. An dieser Stelle kommt das bewährte Nassreinigungssystem (Cleaning In Place, CIP) der Ultravent-Anlage zum Einsatz: In einem Wasserbehälter wird eine Waschlösung aus Wasser mit einem gering dosierten Reinigungsmittel erwärmt. Eine Zirkulationspumpe fördert sie zu verschiedenen Ebenen der Ultravent-Anlage, wo sie über motorisch angetriebene Düsenstöße in alle Bereiche der Wärmetauscher

**Bild 4:** Das Ultravent-System bietet eine ganzheitliche Lösung für Abluftreinigung und Wärmerückgewinnung bei geringem Platzbedarf: Für ein Abluftvolumen von 20 000 m<sup>3</sup>/h besitzt die Anlage einen „Fußabdruck“ von ca. 2 x 3 m.

und der elektrostatischen Filter gesprüht wird. Das Wasser fließt durch die Schwerkraft zurück zum Wasserbehälter und nimmt dabei Verunreinigungen aus der Anlage mit. Um das Reinigungssystem im Falle hoher Staubfracht zu schützen, wird das zurücklaufende Wasser über einen Bandfilter geführt. Im Filtervlies des Bandfilters wird der Staub zurückgehalten und in einen Auffangbehälter abgeschieden, bevor das Wasser erneut über die Zirkulationspumpe in die Anlage gelangt. Der geringe Platzbedarf ist eine weitere Stärke des integrierten Ansatzes für Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung.

### Ganzheitliche Energiebetrachtung als neue Aufgabenstellung für Gießereien

In der aktuellen Zusammenarbeit des Branchenexperten mit namhaften Gießereien stehen neben der Anlagentechnik weitere Aufgabenstellungen im Fokus. So besitzen die Gießereien bislang in der Regel nur wenige Informationen über die Abluft an den von ihnen betriebenen oder geplanten

Schmelzöfen. Abluftvolumina und Ablufttemperaturen aber auch die Menge und die Charakteristika der in der Abluft enthaltenen Emissionen wurden in der Vergangenheit vielfach nicht systematisch untersucht. Für die richtige Auslegung von Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung werden daher nun entsprechende Messungen und Analysen erforderlich.

Nicht weniger wichtig ist die Aufgabenstellung, die zurückgewonnene Energie sinnvoll zu nutzen, um den Primärenergiebedarf zu senken. Zum einen kann die Prozesswärme der Abluft genutzt werden, um die erforderliche Frischluft für den Schmelzofen bzw. die Zuluft im Allgemeinen zu erwärmen. Diese Energiesenke steht jedoch nur bei niedrigen Außentemperaturen zur Verfügung. Es sollten daher weitere Nutzungsmöglichkeiten identifiziert und erschlossen werden, deren Bedarf möglichst gleichförmig zum Betrieb des Schmelzofens anfällt. Da das flüssige Medium in den Wärmetauschern auf sehr hohe Temperaturen erhitzbar ist (in der o. g. Auslegungsrechnung beispielsweise auf 128 bis 145 °C), sind vergleichsweise vielfältige Nutzungsmöglichkeiten denkbar. Neben dem Einspeisen in Fernwärmenetze oder der Erzeugung von elektrischer Energie mittels

ORC-Technologie (Organic-Rankine-Cycle) erscheinen insbesondere Anwendungen interessant, die wiederum mit den Produktionsprozessen verbunden sind. Beispielsweise ist die Prozesswärme aus der Abluft dazu nutzbar, um die Aluminiummasseln vorzuwärmen, bevor sie in den Schmelzofen gefüllt werden. Auf diese Weise ist es möglich, den Energiebedarf für den Schmelzprozess selbst zu reduzieren. Wie bei den Technologieanbietern ist hier auch bei den Gießereien ein Wandel zu integriertem Lösungsdenken erforderlich. Die traditionelle Trennung der Verantwortung von Gebäudemanagement, Produktionstechnik und Immissionsschutz erweist sich dabei oftmals als Hemmnis und erfordert neue Formen bereichsübergreifender Planung.

### Fazit

Für Gießereien ist die Steigerung ihrer Energieeffizienz zur strategischen Notwendigkeit geworden. Analysen belegen, dass die Nutzung von Abwärme einer der zentralen Bausteine für Energieeffizienz in Gießereiprozessen ist [7]. Insbesondere die Abluft der energieintensiven Schmelzöfen bietet diesbezüglich ein beeindruckendes Potenzial. Branchenexperten auf

Seiten der Technologieanbieter ebenso wie in den Gießereien arbeiten mit Nachdruck an der Entwicklung integrierter Lösungen aus Wärmerückgewinnung, Abluftreinigung und Wärmenutzung. Für die Erreichung einer verbesserten Energieeffizienz ist eine ganzheitliche Betrachtung der verschiedenen Prozesse innerhalb der Gießerei eine zukunftsweisende Notwendigkeit.

[www.kma-filter.de](http://www.kma-filter.de)

*Friederike Schmedding, Leitung Marketing & Business Development, KMA Umwelttechnik, Königswinter GmbH*

### Literatur

[1] Deutsche Energie-Agentur (dena, 2021) (Hrsg.): „Systematisch Energieeffizienz steigern und CO<sub>2</sub>-Emissionen senken in der Gießerei-Industrie“ S. 3

[2] ebenda, S. 8

[3] ebenda, S. 34

[4] ebenda, S. 37

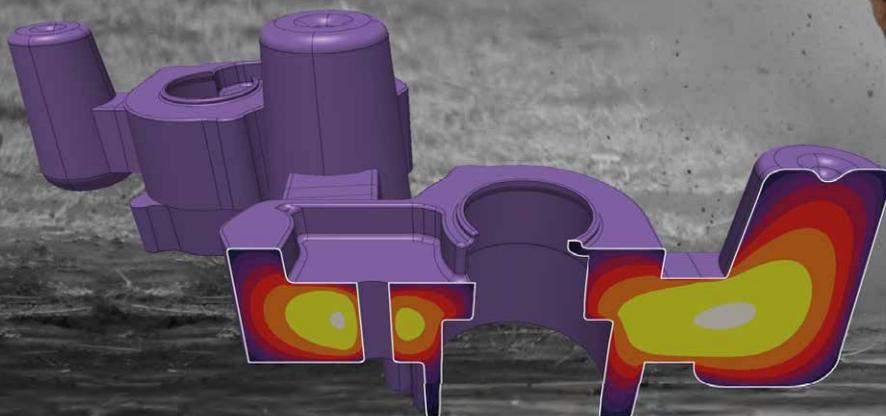
[5] GIESSEREI 5/2021, Lena Arenz, „Best Practice: Leistungsstarke Wärmerückgewinnung“, S. 59-61

[6] Deutsche Energie-Agentur (dena, 2021) (Hrsg.): „Systematisch Energieeffizienz steigern und CO<sub>2</sub>-Emissionen senken in der Gießerei-Industrie“ S. 6

[7] ebenda, S. 8



Der schnellste Weg zum belastbaren Gussangebot



Besuchen Sie uns auf unserer neuen Website: [www.visiometa.com](http://www.visiometa.com)