

Reißaus & Baumberg Maschinenbau GmbH

**Entwicklung einer modifizierten Begasungshaube als Bestandteil einer
Kernschießmaschine (Teilprojekt 3)**

Abschlussbericht über das o.g. Entwicklungsprojekt

mit dem AZ 31326/03-21/2

für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Von

Dipl.-Ing. Helge Hänsel

Höxter, Mai 2017

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az.31326/03	Referat 21/2	Fördersumme	100.000 €
Antragstitel	Entwicklung einer modifizierten Begasungshaube als Bestandteil einer Kernschießmaschine (Teilprojekt III)		
Stichworte	Neue Begasungstechnologie für die Herstellung von Gießerei Kernen		
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
1 Jahr	01.05.2016	01.05.2017	3
Zwischenberichte:	alle 6 Monate Kurzbericht		
Bewilligungsempfänger	Reißaus &Baumberg Maschinenbau GmbH Zum Monarchenhügel 23 04523 Pegau Warbsen	Tel. (034296)71190 Fax (034296)71192	Projektleitung Herr Hänsel Bearbeiter Herr Hänsel
Kooperationspartner	Ingenieurbüro Hänsel Helge Hänsel Im Hohen Felde 33 37671 Hötter		

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Das Projekt stellt die Weiterentwicklung für den Einsatz der modifizierten Begasungshaube für sogenannte große Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen dar. In der Gießerei Industrie werden zur Herstellung von Gießereikernen unterschiedliche Größen von Kernschießeinheiten eingesetzt. Der Einsatz der unterschiedlichen Größenordnungen von Kernschießeinheiten richtet sich nach dem Volumen der jeweiligen herzustellenden Sandkerne. In den bisherigen Projekten wurde das Konzept der modifizierten Begasungshaube und die Umsetzung des Konzeptes in einem Prototyp für Kernschießeinheiten mittlerer Größenordnung ab 16 l Kernschießvolumen dargestellt. Um das gesamte Spektrum der Kernherstellung abzudecken, wurde dieses Projekt für Kernschießvolumen ≥ 40 l Kernschießvolumen gestartet. In dem vorliegenden Projekt wurden u.a. die folgenden Zielsetzungen verfolgt. Die Entwicklung eines geeigneten Begasungskonzeptes für den Einsatz in Kernschießeinheiten mit dem vorgestellten Kernschießvolumen. Darüber hinaus soll ein Konzept entwickelt werden zur Energie-Rückgewinnung in der Anwendung der modifizierten Begasungshaube. Die bisherigen Versuche mit dem Prototyp haben gezeigt, dass mit dem Konzept der modifizierten Begasungshaube erhebliche Energie- und Ressourcen Einsparungen realisiert werden konnten. Mit dem Energie-Rückgewinnungssystem soll ein Teil der eingesetzten Energie genutzt werden, um die modifizierte Begasungshaube noch effizienter zu gestalten.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die Vorgehensweise in diesem Projekt ist zunächst die Überprüfung des bestehenden Begasungskonzeptes des Prototyps für den Einsatz der vorgestellten Größenordnung von Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen. Grund für diese Vorgehensweise sind die bisherigen sehr guten Erfahrungen und Ergebnisse mit dem bisherigen Begasungskonzept. Das Begasungskonzept zeichnet sich dadurch aus, dass eine kompakte Sandwich-Bauweise verwendet wird. Die Kombination des modularen Aufbaus der modifizierten Begasungshaube und die Verwendung von Rippenrohrheizkörpern zur thermischen Aufbereitung des Trägergases haben sehr gute Einsparungspotentiale aufgezeigt. Aufgrund der vorgestellten Größenordnung der Kernschießeinheit ist zu überprüfen, ob die theoretisch berechnete elektrische Leistungsdichte von 25,4 kW in dem Begasungskonzept mit den bisher eingesetzten Rippenrohrheizkörpern zu realisieren ist. Aufgrund der begrenzten räumlichen Rahmenbedingungen innerhalb der Kernschießeinheit ist zu prüfen, ob eine entsprechend dimensionierte modifizierte Begasungshaube mit dieser elektrischen Leistung eingesetzt werden kann. Im Rahmen des Einsatzes der modifizierten Begasungshaube wurde eine neue Pumpen-Technologie eingesetzt. Für die Dosierung des Katalysators, zur Herstellung von Cold-Box Kernen, soll untersucht werden ob die eingesetzte Pumpen-Technologie für höhere Durchflussraten geeignet ist.

Darüber hinaus soll das erarbeitete Konzept der Energie-Rückgewinnung betriebswirtschaftlich geprüft werden, um eine Umsetzung des Konzeptes in Form eines Prototyps (Modifizierte Begasungshaube + Energie-Rückgewinnung) zu rechtfertigen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der vorgestellten Arbeitsschritte wurden die folgenden Ergebnisse erarbeitet. In der Fragestellung ob das bestehende Begasungskonzept der modifizierten Begasungshaube eingesetzt werden kann für die Anwendung sogenannter großer Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen, ist nach eingehender Überprüfung festzustellen, dass das Konzept geeignet ist. Das bedeutet, dass nach den räumlichen Rahmenbedingungen der Kernschießeinheit die konzipierte modifizierte Begasungshaube integrierbar ist und dass die geforderte elektrische Leistungsdichte der Heizkörper von 25,4 kW mit dem Einsatz von Rippenrohrheizkörpern erfüllt wird. Die Leistungsdichte der verwendeten Rippenrohrheizkörper ist nur möglich gewesen, durch die Verwendung von sog. Spezialrippenrohrheizkörpern. Mit dieser Modifikation von Rippenrohrheizkörpern ist eine maximale elektrische Leistung von 30 kW möglich.

In der Prüfung der Fragestellung, ob die neue Dosiertechnik ebenfalls anwendbar ist, um eine signifikante Steigerung der Durchflussrate der Pumpen-Technologie zu erreichen, ist auch diese Fragestellung mit einem ja zu beantworten. Allerdings steht in diesem Kontext die kritische Anmerkung, dass durch die Erhöhung der Durchflussrate der Pumpe-Technologie eine signifikante Erhöhung der Investition verbunden ist. Deshalb ist eine Suche nach Alternativen für diesen Einsatzbereich notwendig.

Die Erarbeitung des Konzeptes für die Energie-Rückgewinnung hat das folgende Ergebnis gezeigt. In der Gesamtbetrachtung des Einsatzes der modifizierten Begasungshaube und der Umsetzung des Energie-Rückgewinnungssystem ist die Relation der Investition zum Einsparungspotential zu gering. Grund für diese Aussage ist die relativ hohe Investitionssumme der verwendeten einzelnen Bauelemente zur Umsetzung des Konzeptes. Deshalb wurde von der Umsetzung Abstand genommen.

Grundsätzlich zeigt das Prinzip der Energie-Rückgewinnung, in der Anwendung der modifizierten Begasungshaube, ein großes Einsparungspotential und ist daher von hoher Bedeutung. Deshalb wurden kostengünstige Alternativen zur Energie-Rückgewinnung im Zusammenhang mit der Anwendung der modifizierten Begasungshaube erarbeitet. Die jeweiligen erarbeiteten Alternativen der Energie-Rückgewinnung beinhalten die unterschiedliche Nutzung der Abwärme aus der Kernherstellung. Hier soll der Fokus im Rahmen eines Folgeprojektes gesetzt werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit sollen umfangreiche Versuche in Gießereien durchgeführt werden, um weitere Referenzen zu erarbeiten. Im Kontext dieser praktischen Einsätze sollen Fachartikel in Fachzeitschriften veröffentlicht werden. Auf verschiedenen Fachtagungen werden die Vorteile der modifizierten Begasungshaube im Rahmen von Fachvorträgen mit dem Titel „Die neue Dimension zur Begasung von Kernen“ vorgestellt. Weitere Kontaktaufnahmen mit Gießereien zur Anwendung der modifizierten Begasungshaube sind geplant.

Fazit

Grundsätzlich ist es sehr erfreulich, dass eine Umsetzung des Konzeptes der modifizierten Begasungshaube für Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen möglich ist. Damit ist die Prämisse gegeben, für ein großes Spektrum von Kernschießeinheiten die modifizierte Begasungshaube einzusetzen. Die hohen Einsparungspotentiale die mit der Anwendung der modifizierten Begasungshaube vorhanden sind, konnte auch in diesem Projekt bestätigt werden. Einsparungen von 67 % der tertiären Aminmenge, Produktivitätssteigerungen von 50 % und damit verbunden entschieden geringere Kosten für die Investition von Amin Wäschern und der Entsorgungen von Waschlösungen. Zusätzlich die geringen Investitionskosten für das Gesamtpaket der modifizierten Begasungshaube im Verhältnis zu der konventionellen Begasungstechnik sind in diesem Zusammenhang zu nennen.

Die Energie-Rückgewinnung, in der Anwendung der modifizierten Begasungshaube, wird der Schwerpunkt für zukünftige Projekte sein. Damit wird nochmals die Energie Effizienz der modifizierten Begasungshaube gesteigert. Eine Rückgewinnung von 60 % der eingesetzten Energie ist zu erwarten.

Inhalt

- I. Verzeichnis von Bildern und Tabellen
- II. Verzeichnis von Begriffen und Definition
- III. Zusammenfassung
- IV. Einleitung
 - 4.1 Ausgangssituation
 - 4.2 Zielsetzung
 - 4.3 Aufgabenstellung
- V. Hauptteil
 - 5.1 Konzept und Aufbau der modifizierten Begasungshaube
 - 5.2 Prüfung des Konzeptes der modifizierten Begasungshaube für
Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen
 - 5.3 Dosiertechnologie
 - 5.4 Technische Rahmenbedingungen zum Konzept des
Energie-Rückgewinnungssystem
 - 5.5 Konzept des Energie-Rückgewinnungssystem
 - 5.6 Wirtschaftlichkeit des Energie-Rückgewinnungssystem
 - 5.7 Praktischer Einsatz des Begasungskonzeptes der modifizierten
Begasungshaube zur Einsparung der Begasungszeit und der
Katalysatormenge
 - 5.7.1 Versuchsaufbau
 - 5.7.2 Dosierung der tertiären Aminmenge
 - 5.7.3 Eingesetzter Kern und Kernwerkzeug
 - 5.7.4 Kernherstellungparameter
 - 5.7.5 Kernherstellung mit der modifizierten Begasungshaube
 - 5.7.6 Einsparungspotential tertiäre Aminmenge/Kern
 - 5.7.7 Einsparungspotential der Begasungszeit/Kern
 - 5.8 Investitionskosten
 - 5.9 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

5.10 Gesamtkosten Einsparung durch den Einsatz der modifizierten
Begasungshaube

VI. Fazit

I. Verzeichnis von Bildern und Tabellen

Bild 1	Aufbau der konventionellen Begasung, Seite 13
Bild 2	Aufbau der modifizierten Begasung, Seite 14
Bild 3	Konzept der modifizierten Begasungshaube, Seite 17
Bild 4	Hauptmodul, Seite 18
Bild 5	Modul A, Seite 18
Bild 6	Hauptmodul und Modul A, Seite 19
Bild 7	Elektrische Leistung in Abhängigkeit zur Durchflussmenge, Seite 20
Bild 8	Rippenrohrheizkörper, Seite 21
Bild 9	Teilausschnitt Kernschießeinheit mit Begasungshaube, Seite 22
Bild 10	Konventionelle Begasungsplatte, Seite 23
Bild 11	Anordnung der Rippenrohrheizkörper in der Begasungshaube, Seite 24
Bild 12	Zweikolbenpumpe, Seite 25
Bild 13	Schema der Pumpentechnik und Dosierung, Seite 26
Bild 14	Versuchsordnung Pumpentechnik, Seite 27
Bild 15	Hauptmodul, Seite 28
Bild 16	Modifizierte Begasungshaube, Seite 29
Bild 17	Konzept der Energie-Rückgewinnung, Seite 30
Bild 18	Prinzipielle Darstellung des Röhrenwärmtauschers, Seite 31
Bild 19	Beispiel einer Ausführung für eine Wärmeträgerplatte oder Kühlplatte, Seite 32
Bild 20	Amortisationsrechnung, Seite 33
Bild 21	Kernschießmaschine mit der modifizierten Begasungshaube und Werkzeug, Seite 35
Bild 22	Durchflussmesseinheit, Seite 35
Bild 23	Proportionalventil, Seite 35
Bild 24	Dosiereinheiten, Seite 36

Bild 25	Produktion Sandkern, Seite 37
Bild 26	Kernwerkzeug Unterkasten, Seite 37
Bild 27	Kernwerkzeug Oberkasten, Seite 37
Tabelle 1	Kernherstellungsparameter Produktion (Referenzwerte), Seite 38
Bild 28	Konventionelles Begasungsschema für die Produktion, Seite 39
Tabelle 2	Soll-Temperaturen Heizelemente, Seite 39
Bild 29	Temperaturverteilung in der modifizierten Begasungshaube, Seite 40
Tabelle 3	Dosierzeiten, Seite 41
Tabelle 4	Referenzwerte Kernherstellung, Seite 41
Tabelle 5	Reduzierung der tertiären Aminmenge (1,5 g), Seite 41
Bild 30	Begasungsschema mit 1,5g DMPA, Seite 42
Tabelle 6	Reduzierung der tertiären Aminmenge (1,0 g), Seite 42
Bild 31	Begasungsschema mit 1 g DMPA, Seite 43
Tabelle 7	Begasungsparameter modifizierte Begasungshaube, Seite 44
Bild 32	Vergleich tertiäre Aminmenge/Kern Produktion und modifizierte Begasungshaube, Seite 44
Bild 33	Vergleich tertiäre Aminmenge/Kern Produktion und modifizierte Begasungshaube, Seite 45
Tabelle 8	Vergleich der Gesamt Investitionskosten, Seite 46
Tabelle 9	Kernherstellungskosten €/Gussteil, Seite 47
Bild 34	Vergleich der Kernherstellungskosten der konventionellen Kernfertigung und der Fertigung mit der modifizierten Begasungshaube, Seite 47
Bild 35	Produktionssteigerung durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Seite 48
Bild 36	Kosteneinsparungen durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Seite 48
Bild 37	Kosteneinsparungen €/Schicht, Seite 49
Bild 38	Tertiäre Aminmenge/Schicht, Seite 50

Bild 39	Vergleich der tertiären Aminmenge/Schicht, Seite 50
Bild 40	Relation der Kosten/Schicht mit und ohne Produktionssteigerung, Seite 51
Bild 41	Gesamtkosten Einsparungen durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Seite 52
Bild 42	Gesamteinsparungen durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Seite 53

II. Verzeichnis von Begriffen und Definitionen

1. Formstoffaufbereitung

In der Formstoffaufbereitung wird der Formgrundstoff und das Formstoffbindemittel homogen in einem Mischaggregat zum Formstoff gemischt.

2. Formstoff

Der Formstoff ist eine Mischung aus Formgrundstoff, Formstoffbindemittel und evtl. Zusatzstoffen und dient zur Herstellung von Formteilen

3. Kern (Forminnenteile)

Kerne sind Formteile, die in Formenaußenteile zur Bildung von Hohlräumen in Guss Teil eingesetzt werden.

4. Formgrundstoff

Der Formgrundstoff ist Sand, der als Füllstoff den Hauptbestandteil des Formstoffes bildet.

5. Formstoffbindemittel

Formstoffbindemittel sind Stoffe organischer oder anorganischer Natur. Durch das Mischen mit dem Formgrundstoff entsteht der Formstoff. Hauptaufgabe des Formstoffbindemittels ist es, dem Formteil die erforderliche Festigkeit zu verleihen.

6. Kernschießeinrichtung

Die Kernschießeinrichtung ist eine Maschine, die zur Herstellung von Kernen eingesetzt wird. Der Prozess der Kernherstellung mittels einer Kernschießeinrichtung ist automatisiert. Der Formstoff wird über einen sog. Schießzylinder mittels Druckluft in das Kernwerkzeug geschossen und ausgehärtet.

7. Begasungshaube

Die Begasungshaube ist Teil einer Kernschießeinrichtung. Nach dem Kernschießprozess wird die Begasungshaube über das Kernwerkzeug druckdicht positioniert und der Begasungsprozess beginnt. Die Funktion der Begasungshaube ist die gezielte druckdichte Überführung des Trägergases in das Kernwerkzeug.

8. Trägergas

Das Trägergas ist in den meisten Fällen getrocknete Druckluft oder ein inertes Gas. Das Trägergas wird eingesetzt, um das dosierte tertiäre Amin in das Kernwerkzeug bzw. dem permeablen Formstoff zur beschleunigten Aushärtung zu zuführen.

9. Cold-Box Verfahren

Das Cold-Box Verfahren ist ein organisches Bindersystem. Zunächst werden die Hauptkomponenten (Benzyletherharz und Isocyanant) homogen zu einem Formstoff gemischt. Anschließend wird ein gasförmiger Katalysator mittels Trägergas diesem permeablen Formstoff zur beschleunigten Aushärtung zu geführt.

10. Tertiäres Amin (Katalysator)

Das tertiäre Amin wird eingesetzt für die beschleunigte Aushärtung der Cold-Box Komponenten (Bindemittelsystem). Das tertiäre Amin ist zu charakterisieren durch einen geringen Dampfdruck. Durch die thermisch aufbereitete Druckluft wird das tertiäre Amin von dem flüssigen Aggregatzustand in den gasförmigen Aggregatzustand überführt. Durch die Zuführung des gasförmigen Katalysators

über die Druckluft werden die Binderkomponenten im permeablen Formstoff beschleunigt ausgehärtet.

11. DMPA (Dimethylpropylamin)

Bestimmtes tertiäres Amin.

12. Gasförmiges Medium

Als gasförmiges Medium wird das Trägergas oder technisch getrocknete heiße Luft bezeichnet.

13. Modifizierte Begasungshaube (MBH)

Die modifizierte Begasungshaube ist eine modular aufgebaute Begasungshaube, die sich von der konventionellen Begasungshaube dadurch unterscheidet, dass verschiedene Modifizierungen wie bspw. die Integration von Heizelemente in der Begasungshaube vorhanden sind.

14. Energie-Rückgewinnungssystem

Es handelt sich dabei um eine Energie-Rückgewinnung in der Anwendung der modifizierten Begasungshaube.

III. Zusammenfassung

Das vorgestellte Projekt beschreibt die Fortsetzung der Entwicklung einer Vorrichtung mit der Bezeichnung „Modifizierte Begasungshaube“ als Bestandteil einer Kernschießeinrichtung zur Einsparung von Energie und Ressourcen für das Begasen von Kernen für die Gießereiindustrie. Konkret befasst sich das Projekt mit der konzeptionellen Ausarbeitung der modifizierten Begasungshaube für den Einsatz von Kernschießeinrichtungen bis 40 l Kernschießvolumen und der konzeptionellen Ausarbeitung und Umsetzung eines Energie-Rückgewinnungssystem für die modifizierte Begasungshaube. Zusätzlich wurde geprüft, ob eine signifikante Steigerung der Durchflussrate der eingesetzten Pumpen-Technologie für die Dosierung der tertiären Aminmenge (Katalysator) möglich und preisgünstig zu gestalten ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit dem Konzept der modifizierten Begasungshaube, einschließlich dem Einsatz von Rippenrohrheizkörpern, eine maximale elektrische Leistung von 30 kW zu realisieren ist. Die Steigerung der elektrischen Leistung war ausschließlich möglich über eine Spezialanfertigung von Rippenrohrheizkörpern. Das beinhaltet, dass das Konzept der modifizierten Begasungshaube für Kernschießeinheiten bis 40 l Kernschießvolumen geeignet ist. Somit können auch Kernschießeinheiten in dieser Größenordnung mit der modifizierten Begasungshaube ausgestattet werden. Es ist zu prüfen in wie weit eine Steigerung der elektrischen Leistung noch möglich ist, um größere Kernschießvolumen zu begasen. In der Betrachtung der Umsetzung des erarbeiteten Konzeptes zur Energie-Rückgewinnung ist festzustellen, dass die Investition nicht in Relation steht zu Energie Einsparung und damit betriebswirtschaftlich betrachtet eine ungünstige Amortisationsdauer darstellt. Daher wurde das Konzept nicht umgesetzt. In dem Kontext der Effizienzsteigerung durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube in Form einer Energie-Rückgewinnung wurden zwei Konzepte entwickelt, die eine Effektivitätssteigerung der modifizierten Begasungshaube preisgünstig realisieren können. Im Rahmen der Untersuchung zur Erhöhung der Durchflussrate der eingesetzten Pumpen-Technologie ist festzustellen, dass die Durchflussrate für die Anwendung der Kernherstellung für die vorgestellte Größenordnung von Kernschießeinheiten möglich ist. Allerdings ist eine signifikante Preissteigerung der eingesetzten Pumpen-Technologie damit verbunden.

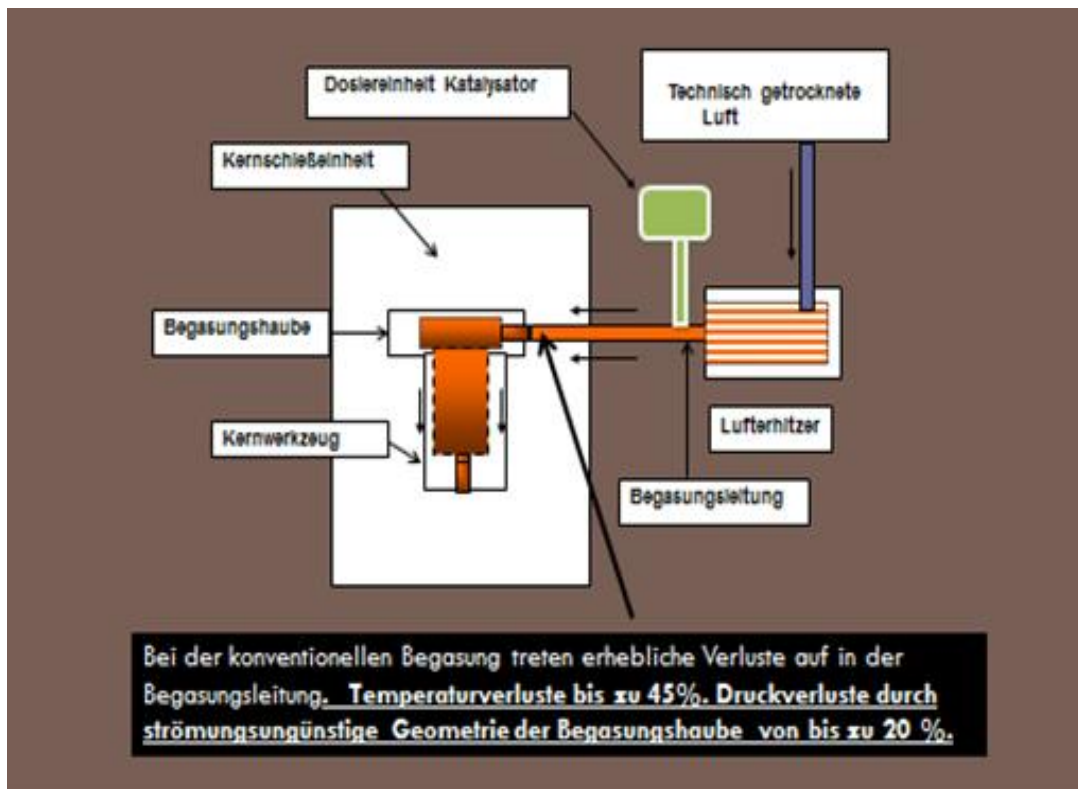
IV. Einleitung

In der Gießereiindustrie hat die Energieeinsparung aufgrund der stetig steigenden Energiekosten einen immer bedeutenderen Stellenwert bekommen. Der Gießereibetrieb ist geprägt durch energieintensive Prozesse. Diese Prozesse müssen kritisch betrachtet werden und in einem Gesamtenergiekonzept für den Gießereibetrieb verarbeitet werden. Dazu ist es notwendig, den Energiebedarf für die Teilprozesse zu bestimmen und mit dem tatsächlichen Energiebedarf zu vergleichen,

um daraus für den Teilprozess Energieeinsparungskonzepte zu entwickeln. Diese Einsparungen können durch neue Technologien und/oder Modifizierungen von schon eingesetzter Technologie realisiert werden. Der hier betrachtete Teilprozess ist der energieintensive Begasungsprozess für die Kernherstellung. Als Grundlage für das Entwicklungskonzept der modifizierten Begasungshaube wurde der konventionelle Begasungsprozess analysiert. Der vorliegende Abschlussbericht stellt eine Weiterentwicklung für Kernschießeinheiten bis 40 l Kernschießvolumen dar. Das bisherige Konzept bezieht sich auf Kernschießeinheiten mittlerer Größenordnung von 16 l Kernschießvolumen. In dem aktuellen Teilprojekt wurde das Konzept für den Einsatz von Kernschießeinheiten bis 40 l Kernschießvolumen geprüft.

4.1 Ausgangssituation

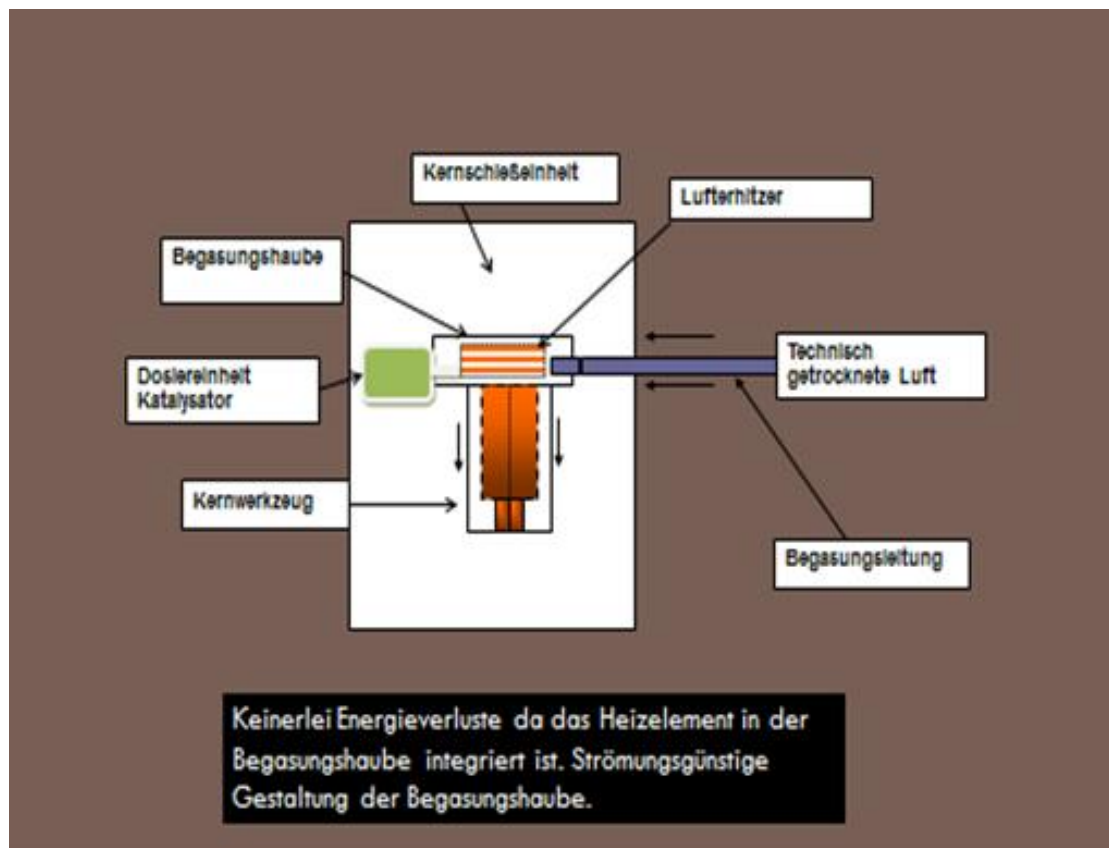
Nach der Formstoffaufbereitung wird der permeable Formstoff mittels der Kernschießeinrichtung in das Werkzeug überführt. Danach beginnt der Begasungsprozess. Die Begasungshaube wird druckdicht über das Werkzeug aufgesetzt, anschließend fließt das gasförmige Medium über die Begasungshaube in das Werkzeug, um den permeablen Formstoff auszuhärten. Nach dem Aushärteprozess wird die Begasungshaube von dem Werkzeug entfernt. Der Begasungsprozess ist damit abgeschlossen. Das eingesetzte gasförmige Medium ist abhängig von dem eingesetzten Bindemittel. Für die Anwendung anorganischer Bindemittel wird technisch getrocknete Luft eingesetzt. Das am häufigsten eingesetzte organische Bindemittel verwendet zur Aushärtung ein Trägergas mit Katalysator (Tertiäres Amin). Grundsätzlich muss das gasförmige Medium auf ein Temperaturniveau gehoben werden, das sich nach dem jeweiligen eingesetzten Bindemittel richtet. Die Aufbereitung des gasförmigen Mediums mittels Temperatur durch leistungsstarke Heizelemente (Verdampfer) wird außerhalb der Kernschießeinrichtung realisiert. Bild 1 zeigt schematisch den Aufbau der konventionellen Begasung.



Aufbau der konventionellen Begasung, Bild 1

Von der thermischen Aufbereitung des gasförmigen Mediums außerhalb der Kernschießeinheit bis zur Begasungshaube in der Kernschießeinheit sind in der Regel lange Versorgungsleitungen im Einsatz. **Diese Versorgungswege verursachen erhebliche Energieverluste.** In der Praxis ist festzustellen, dass durch diese Vorgehensweise bis zu 45 % der eingesetzten Energie verloren gehen. Diese Verluste werden kompensiert, indem die Versorgungsleitungen zusätzlich geheizt werden. Darüber hinaus wird mit einem Überschuss des geforderten Temperaturniveaus gearbeitet. Ein weiterer Faktor sind Energieverluste von bis zu 20 %, hervorgerufen durch eine strömungsungünstige Geometrie innerhalb der Begasungshaube. Die konventionelle Begasungshaube hat bisher nur die Funktion kontrolliert das gasförmige Medium dem Formstoff zuzuführen. In der Regel ist dabei die Gestaltung der Begasungshaube primitiv. **Um die wesentlichen Energieverluste zu vermeiden wurde dieses Konzept für eine neue Generation modifizierter Begasungshauben entwickelt.** Es beinhaltet die Integration von Heizelementen und

einer strömungsgünstigen Gestaltung in der Begasungshaube. Zusätzlich soll mit diesem Konzept das kostenintensive tertiäre Amin für die katalytische Aushärtung reduziert werden. Aufgrund der kompakten Bauweise der modifizierten Begasungshaube und der konzeptionellen Vorgehensweise zur Dosierung des Amins sind kurze Weg der Dosierung des Amins gegeben. Damit soll erreicht werden, dass Kondensationserscheinungen des Amins innerhalb der Zuleitung ausgeschlossen werden. Im Bild 2 ist das Konzept der modifizierten Begasungshaube schematisch dargestellt.



Aufbau der modifizierten Begasung, Bild 2

Die modifizierte Begasungshaube ist so konzipiert, dass nahezu keine Energieverluste auftreten.

4.2. Zielsetzung

- 4.2.1 Entwicklung eines Konzeptes und Umsetzung zur Energie-Rückgewinnung für den Begasungsprozess mit der modifizierten Begasungshaube. **(Steigerung der Energie Effizienz).**
- 4.2.2 Zielsetzung ist die Entwicklung eines Begasungskonzeptes für die modifizierte Begasungshaube für Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen. **(Einsparung von Ressourcen).**
- 4.2.3 Zielsetzung ist die Reduzierung der Begasungszykluszeiten zur Verbesserung der Produktivität für diese Größenordnung von Kernschießeinheiten. **(Verbesserung der Wirtschaftlichkeit).**
- 4.2.4 Zielsetzung ist eine Reduzierung der Investitionskosten für den Begasungsprozess innerhalb der Gesamtinvestition der Kernschießeinheit. **(Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit).**
- 4.2.5 Zielsetzung ist die Begasung von anorganischen- wie auch organisch gebundenen Sandkerne. **(Multifunktionaler Einsatz für alle gashärtenden Verfahren).**
- 4.2.6 Zielsetzung ist die einfache Dosierung und Zuführung eines Katalysators unter sicherheitstechnischen Aspekten für den Einsatz explosionsfähiger Gemische. **(Kostenreduzierung).**

4.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung war zunächst die Prüfung der Einsatzfähigkeit des bestehenden Konzeptes der modifizierten Begasungshaube für „große“ Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen. Das bestehende Konzept war bisher konzipiert für Kernschießeinheiten bis 16 l Kernschießvolumen. Zusätzlich war zu prüfen, ob die theoretisch berechnete elektrische Leistung von 25,4 kW mit dem bisher verbauten Rippenrohrheizkörper zu realisieren ist und ob die elektrische Leistung in den räumlichen Rahmenbedingungen der modifizierten Begasungshaube integriert werden kann. Die räumlichen Rahmenbedingungen werden bestimmt durch die Abmaße der konventionellen Begasungshaube für diese Größenordnung von Kernschießeinheiten. Ein zusätzlicher Aspekt dieser Vorgehensweise ist die Intention der Implementierung der Einheit der modifizierten Begasungshaube in bestehende Kernschießeinheiten (Nachrüstung) zu realisieren.

Weiterhin sollte ein Konzept entwickelt werden, um die Effizienz der modifizierten Begasungshaube im Bereich der Heizenergie für das Trägergas nochmals zu steigern. Das Konzept dieses sogenannte Energie-Rückgewinnungssystem soll betriebswirtschaftlich betrachtet werden im Rahmen einer Amortisationsrechnung. Diese Amortisationsrechnung dient als Grundlage für eine Umsetzung des Konzeptes im Bereich der Anwendung der modifizierten Begasungshaube. Eine weitere Aufgabenstellung war die Überprüfung der Anwendung der neuen Dosiertechnologie für die Anwendung für Kernschießeinheiten in der vorgestellten Größenordnung. Die Dosierpumpe muss den neuen Bedingungen (Erhöhung der Durchflussrate) angepasst werden.

V. Hauptteil

Die einzelnen Projektabschnitte im Hauptteil wurden umfangreich bearbeitet. Aufgrund der Vorgaben über den Gesamtumfang des Hauptteils, stellen die nachfolgenden Projektabschnitte eine kurze Zusammenfassung dar. In dem Hauptteil

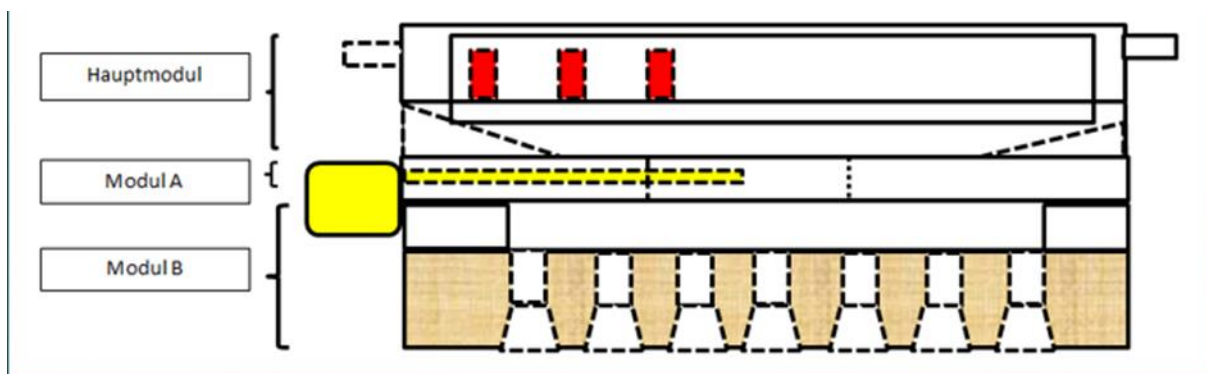
wird die systematische Vorgehensweise der einzelnen Projektabschnitte dokumentiert. Die Projektabschnitte für das Teilprojekt 3 sind wie folgt zu beschreiben.

5.1 Konzept und Aufbau der modifizierten Begasungshaube

Die charakteristischen Merkmale dieses Konzeptes sind,

- die Integration von Heizelementen in der Begasungshaube zur thermischen Aufbereitung des eingesetzten Mediums,
- die modulare Bauweise.

Diese modulare Bauweise hat verschiedene Funktionen. Die modulare Bauweise besteht aus dem Hauptmodul und dem Modul A. In dem Hauptmodul befinden sich die verbauten Heizelemente. Das Modul A hat die Funktion, ausschließlich die Dosierung und Zuführung des tertiären Amins in den Hauptstromkanal zu realisieren. In dem Bild 3 ist das Konzept dargestellt. Das Modul B hat ausschließlich die Funktion die Verbindung zwischen der modifizierten Begasungshaube und dem jeweiligen eingesetzten Werkzeug zu realisieren.



Konzept der modifizierten Begasungshaube, Bild 3

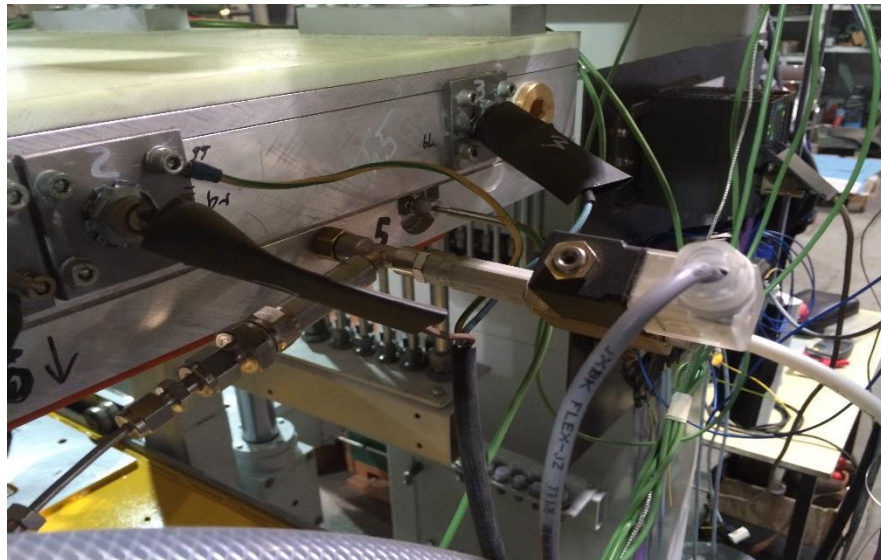
Die modifizierte Begasungshaube ist somit für die Applikation von organischen, wie auch von anorganischen Bindemitteln einsetzbar. In den Bildern 4, 5 und 6 sind die einzelnen Module der modifizierten Begasungshaube dargestellt.



Hauptmodul, Bild 4



Modul A, Bild 5



Hauptmodul und Modul A, Bild 6

5.2 Prüfung des Konzeptes der modifizierten Begasungshaube für Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen

Zunächst wurde die theoretische elektrische Leistung berechnet die unter den normalen Begasungsparametern, wie bspw. Durchflussmenge (l/min) Trägergas zugrunde gelegt wird. Die unter diesen Rahmenbedingungen berechnete Leistung ergab ein Wert von 25,4 kW elektrische Leistung. Die Berechnung ist nachfolgend dargestellt.

Wärmemenge Berechnung und Leistungsberechnung

Grundlage der Berechnung: Wertepaar aus der Versuchsreihe die in einer Gießerei ermittelt wurden.

Wertepaar: 4 bar Spüldruck, Durchflussmenge 6045 l/min

1. Umrechnung des Volumens (v)

$$6045 \text{ l/min} = 6,045 \text{ m}^3/\text{min} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,1 \text{ m}^3/\text{s} * 40 \text{ s} = 4,0 \text{ m}^3$$

$$V = 4,0 \text{ m}^3$$

Spülzeit effektiv: 40s

2. Berechnung der Masse (m)

$$m = V \cdot \text{Dichte (Luft)}$$

$$\text{Dichte (Luft, 20°C)} = 3,577 \text{ Kg/m}^3$$

$$m = 4,0\text{m}^3 \cdot 3,577 \text{ Kg/m}^3$$

$$m = 14,31 \text{ Kg}$$

3. Wärmemenge = Q

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$c_p \text{ (Luft, 20°C)} = 1,0123 \text{ kJ/kg K}$$

c_p = Wärmekapazität

$$\Delta T = 70 \text{ K (20°C – 90°C)}$$

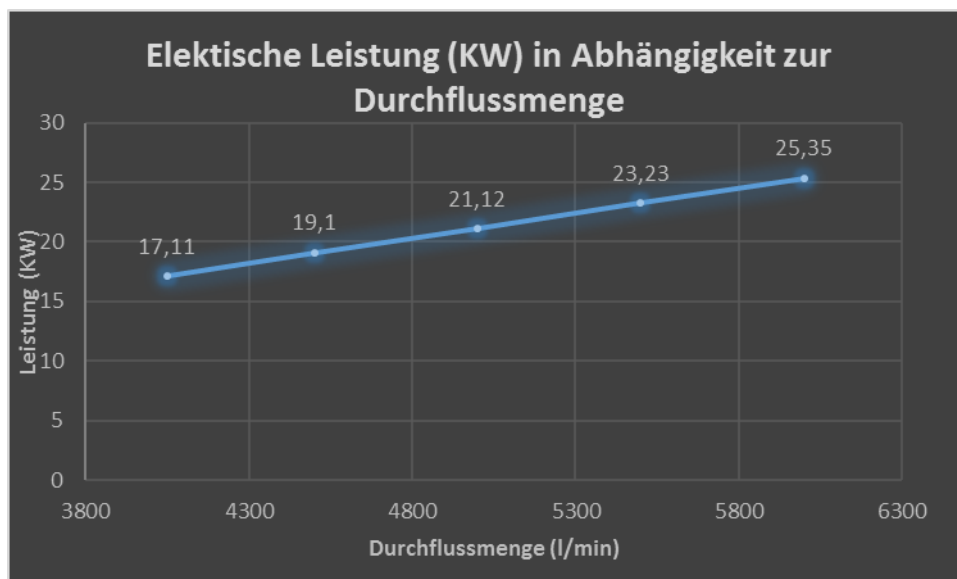
$$Q = 14,31 \text{ kg} \cdot 1,0123 \text{ kJ/kg K} \cdot 70 \text{ K}$$

$$Q = 1014,02 \text{ kJ}$$

4. Leistung = Energieumsatz (Wärmemenge)/Zeit

$$1014,02 \text{ kJ} / 40\text{s} = 25,4 \text{ KW}$$

In dem Bild 7 ist der Zusammenhang zwischen der elektrischen Leistung (kW) und Durchflussmenge (l/min) bei einem konstanten Begasungsdruck von 4 bar graphisch dargestellt.

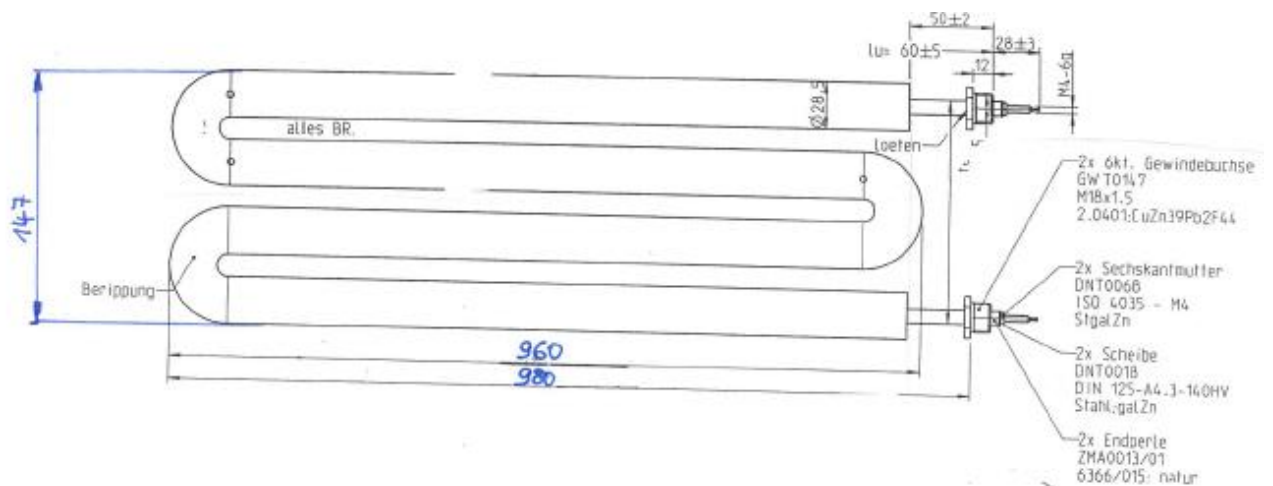


Elektrische Leistung in Abhängigkeit zur Durchflussmenge, Bild 7

Wie schon vorgestellt werden zur thermischen Aufbereitung sogenannte Rippenrohrheizkörper in der modifizierten Begasungshaube eingesetzt. Die

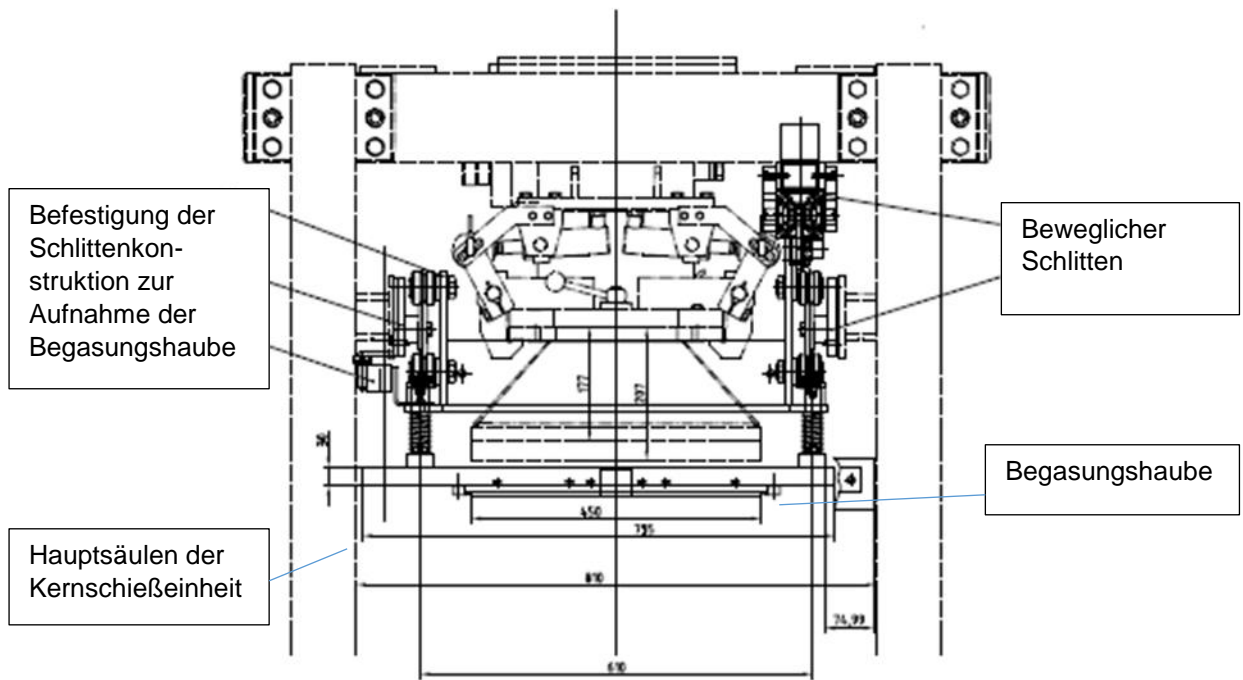
bisherigen eingesetzten Rippenrohrheizkörper sind Standardausführungen mit einer Leistung zwischen 2,5 kW bis 4 kW maximale Leistung.

Der grundsätzliche Aufbau und die Abmaße des in Frage kommenden Rippenrohrheizkörper ist in dem Bild 8 dargestellt. Der Heizkörper kann bis zu 6 kW elektrische Leistung erzeugen. Es handelt sich hierbei um eine Spezialanfertigung.



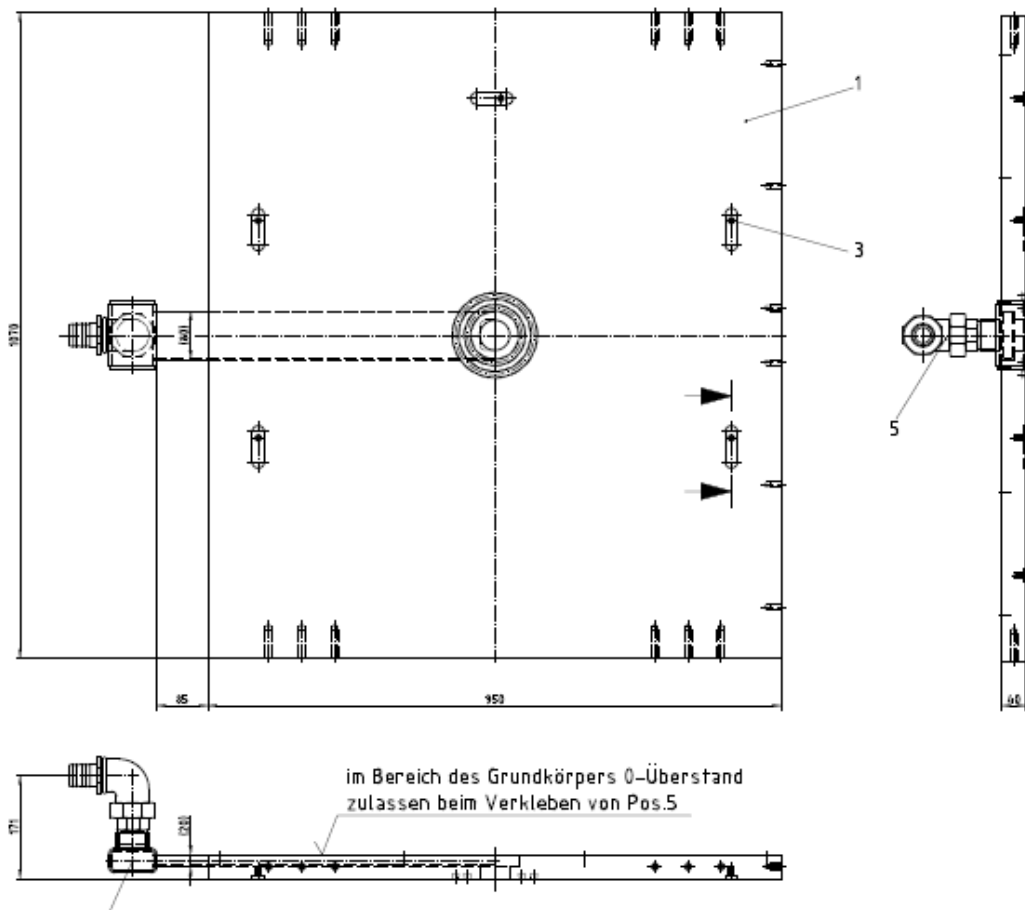
Rippenrohrheizkörper, Bild 8

Aufgrund der räumlichen Rahmenbedingungen in der Kernschießeinheit (Bild 9) sind die räumlichen Maße der konventionellen Begasungshaube die relevante Größe für die Dimensionierung der modifizierten Begasungshaube.



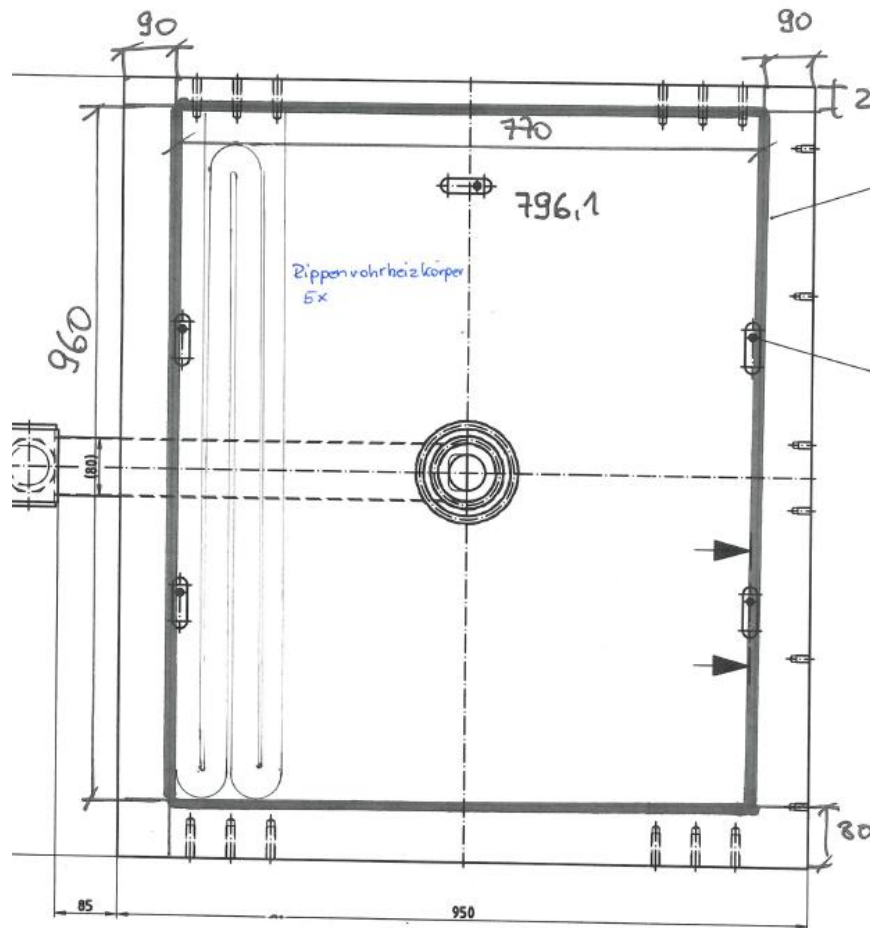
Teilausschnitt Kernschießeinheit mit Begasungshaube, Bild 9

Die Ausführung der konventionellen Begasungshaube für eine Kernschießeinheit der Größenordnung von ≥ 40 l Kernschießvolumen ist im Bild 10 dargestellt.



Konventionelle Begasungsplatte, Bild 10

Die Grundmaße der konventionellen Begasungsplatte betragen 950 mm * 1070 mm. Die daraus resultierende Fläche dient der modifizierten Begasungshaube als Vorlage zur Integrierung der vorgestellten Rippenrohrheizkörper. Mit dieser Vorgabe können maximal 5 Heizelemente mit der jeweiligen Leistung von 6 kW verbaut werden. In dem Bild 11 ist die Anordnung der Rippenrohrheizkörper in der Begasungshaube skizziert.



Anordnung der Heizelemente in der Begasungshaube, Bild 11

Im Resultat ist damit gewährleistet, dass das Konzept der modifizierten Begasungshaube für eine Kernschießeinheit mit einem Kernschießvolumen von ≥ 40 l anwendbar ist. Die räumliche Dimensionierung der modifizierten Begasungshaube entspricht einer konventionellen Begasungshaube und kann damit nachgerüstet werden. Zusätzlich steht eine ausreichende elektrische Leistung in dieser Ausführung von ca. 30 kW zur Verfügung.

5.3 Dosiertechnologie

In dem Kontext der Kernherstellung konnte erstmalig eine „neue“ Pumpen-Technologie zur Förderung und Dosierung von tertiären Aminen für die

Cold-Box Kernfertigung eingesetzt werden. Es handelt sich hierbei um das Förderprinzip der Zweikolbentechnik. Mit dieser Technologie kann nicht nur sehr genau dosiert werden, zusätzlich ist der Platzbedarf für die gesamte Dosiereinheit sehr kompakt und daher einfach in der Gesamtkonstruktion der Kernschießmaschine zu integrieren. In dem Bild 12 ist die Zweikolbenpumpe dargestellt.

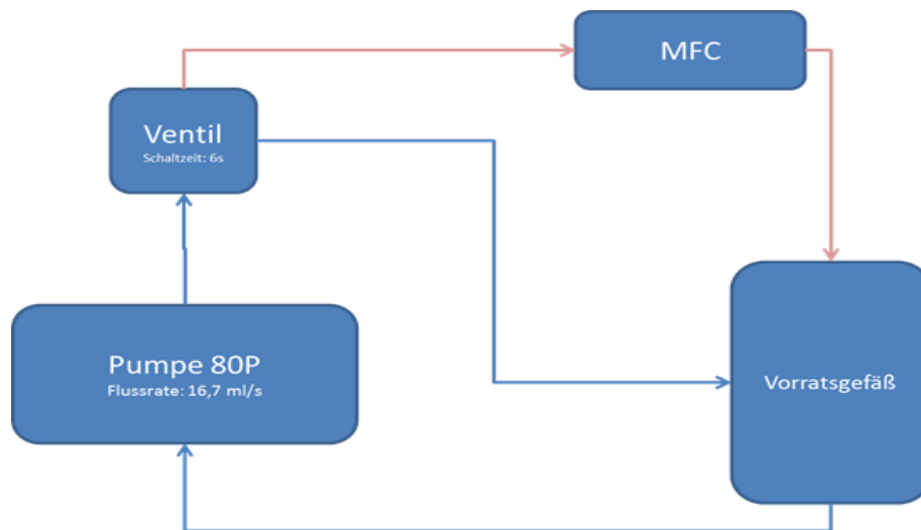


Zweikolbenpumpe, Bild 12

Die verwendete gesamte Dosiereinheit besteht aus,

- der Zweikolbenpumpe zur Förderung des Mediums,
- dem Dosierventil, zur Dosierung der Dosiermenge,
- der Durchflussmesseinheit zur Überprüfung der dosierten Menge.

Das Schema der Komponenten zur Förderung und Dosierung des Katalysators (Tertiäre Amin) ist in dem folgendem Bild 13 dargestellt.

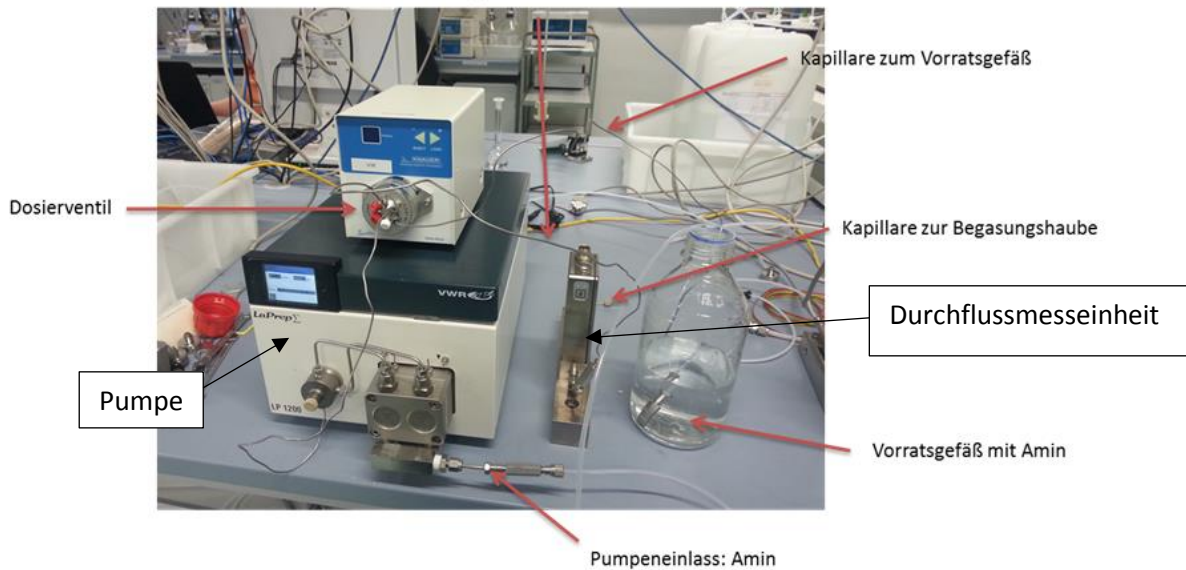


Schema der Pumpentechnik und Dosierung, Bild 13

Das eingesetzte Förder- und Dosiersystem für das tertiäre Amin ist folgendermaßen zu beschreiben. Über die Pumpe wird das tertiäre Amin im Kreislauf gefördert. Die Dosierung erfolgt über das Öffnen des Dosierventils. In dem vorgestellten Schema ist eine Öffnungszeit bzw. eine Dosierzeit von 6 s eingestellt. Über die Flussrate und die eingestellte Zeit wird die Menge des tertiärenamins dosiert. Die Durchflussmeseinheit dient zur Überwachung der dosierten Menge des tertiärenamins. Nachdem die korrekte Menge des tertiärenamins die Durchflussmeseinheit durchlaufen hat, wird die Dosiermenge direkt dem Modul A der modifizierten Begasungshaube zugeführt. Nachdem dieser Vorgang des Dosierens abgeschlossen ist, wird anschließend über ein Ventil Druckluft in den Dosierkanal der modifizierten Begasungshaube gepresst. Mit diesem Vorgang wird sichergestellt, dass die gesamte dosierte Aminmenge in den Hauptstromkanal des Modul A der modifizierten Begasungshaube gelangt. Zur Verdeutlichung der einfachen und kompakten Bauweise der vorgestellten Einheiten ist in dem Bild 14 die Versuchsanordnung für die Kernherstellung dargestellt.

Die bisherigen Erfahrungen mit der vorgestellten Dosierkonfiguration in Kombination mit der modifizierten Begasungshaube sind als positiv zu bezeichnen. Durch

umfangreiche Versuche im Bereich der Kernherstellung konnten Einsparungen von bis zu 67 % der tertiären Amin Menge (Katalysator) festgestellt werden.



Versuchsanordnung Pumpentechnik und Dosierung, Bild 14

Zu den eingesetzten Komponenten für die Dosierung sind folgende Angaben zu machen.

1. Für die eingesetzte Pumpe im Versuchsstadium ist eine Flussratengenauigkeit von $\pm 1 \%$ anzugeben.
2. Die Flussratenpräzision hat eine rel. Standardabweichung von $< 0,5 \%$.
3. Die Durchflussmesseinheit hat eine Abweichung von $\pm 0,2 \%$ der Flussrate.

In den bisherigen Versuchsreihen mit dieser Dosierkonfiguration wurde eine maximale Durchflussrate der Pumpe von 50 ml/min Katalysator realisiert. Diese Durchflussrate ist für die Kernherstellung im Bereich der mittleren Größenordnung von Kernschießeinheiten ausreichend. In der Größenordnung von ≥ 40 l Kernschießvolumen ist in der Kernherstellung von „großen“ zu begasenden Volumina auszugehen. Daher ist eine Prüfung der vorgestellten Dosierkonfiguration nötig. Dazu ist es notwendig eine maximale Durchflussrate der Pumpe anzugeben. Eine

Durchflussrate von 250 ml/min wurde festgelegt. Nach Rücksprache mit dem Pumpenhersteller ist eine Ausführung der Pumpe mit der geforderten Kapazität möglich, allerdings verbunden mit einem exorbitanten Preisanstieg. Die gesamte Dosierkonfiguration in der geforderten Auslegung wird auf eine Gesamtsumme von ca. 18.000,-€ beziffert werden müssen. Diese Investition steht nicht im Verhältnis zu der Gesamtinvestition der modifizierten Begasungshaube. Daher werden z. Zt. Recherchen betrieben, um günstige Alternativen zu erarbeiten.

5.4 Technische Rahmenbedingungen zum Konzept des Energie-Rückgewinnungssystem

Die modifizierte Begasungshaube ist modular aufgebaut. Eine Funktion der modifizierten Begasungshaube ist die thermische Aufbereitung von technisch getrockneter Luft, je nach der Anwendung, bis auf eine Temperatur von ca. 180°C. Die trockene Druckluft wird im Mittel mit 4 bar Druck in die Begasungshaube gedrückt. In der Begasungshaube befinden sich Rippenrohrheizkörper die die einströmende Luft thermisch aufbereiten. Siehe Bild 15.



Hauptmodul, Bild 15

Im fertig verbauten Zustand wird ein Verschlussdeckel verbaut. Siehe Bild 16



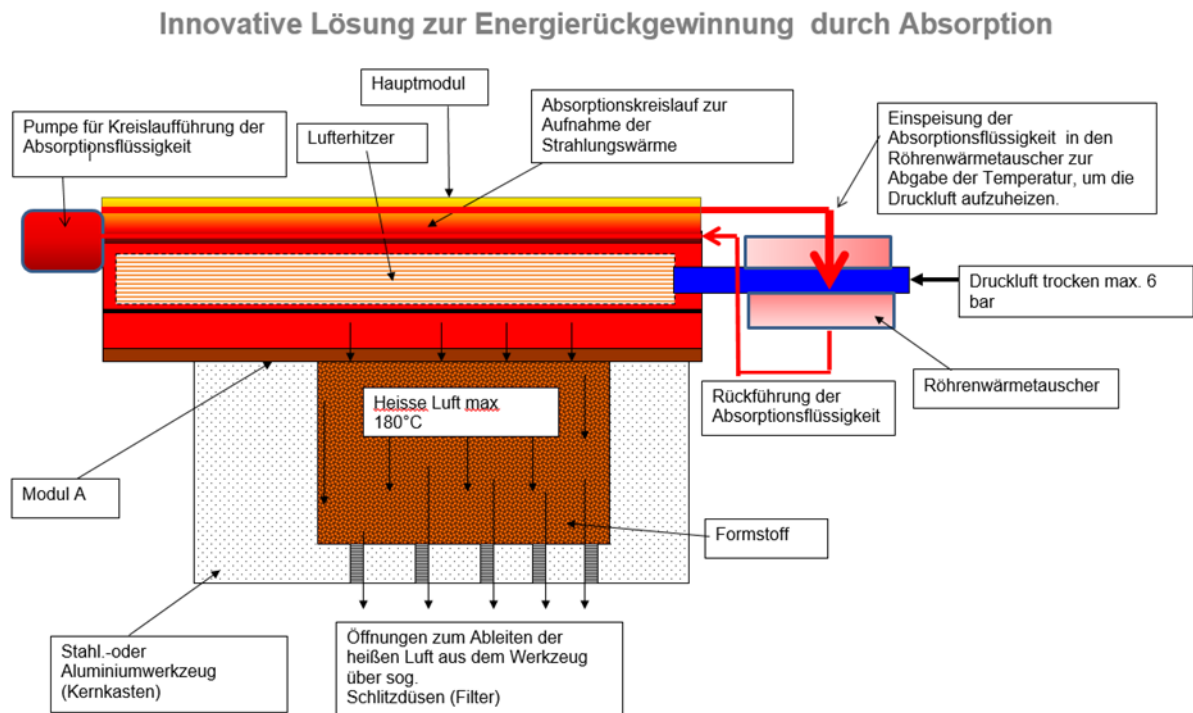
Modifizierte Begasungshaube, Bild 16

Im Rahmen von Versuchen wurde im Mittel bei einer Ist-Temperatur der aufbereiteten Luft von 180°C eine Oberflächentemperatur des Verschlussdeckels von 160°C gemessen. Die daraus entstehende Abwärme soll genutzt werden. Der Prozess der Aufbereitung der heißen Luft erfolgt in gleichmäßigen Unterbrechungen. Das bedeutet, dass der Prozess des strömenden Mediums je nach Produktionsfertigung für bspw. 60 s unterbrochen und anschließend der Prozess wieder eingeleitet wird.

Die auftretende Abwärme auf der Oberfläche des Verschlussdeckels hat für die Produktion einen nennenswerten negativen Effekt. In der Peripherie der Begasungshaube befindet sich ein Bauteil der Kernschießeinheit, der sogenannte Schießkopf, der die Aufgabe hat das Kernwerkzeug mit Formstoff zu füllen. Dieser Formstoff im Schießkopf reagiert durch die auftretende Abwärme. Der Produktionsprozess kann dadurch signifikant gestört werden. Aufgrund dieser Problematik und zur Energie Einsparung wurde als technische Lösung das Konzept der Energie-Rückgewinnung erarbeitet.

5.5 Konzept des Energie-Rückgewinnung

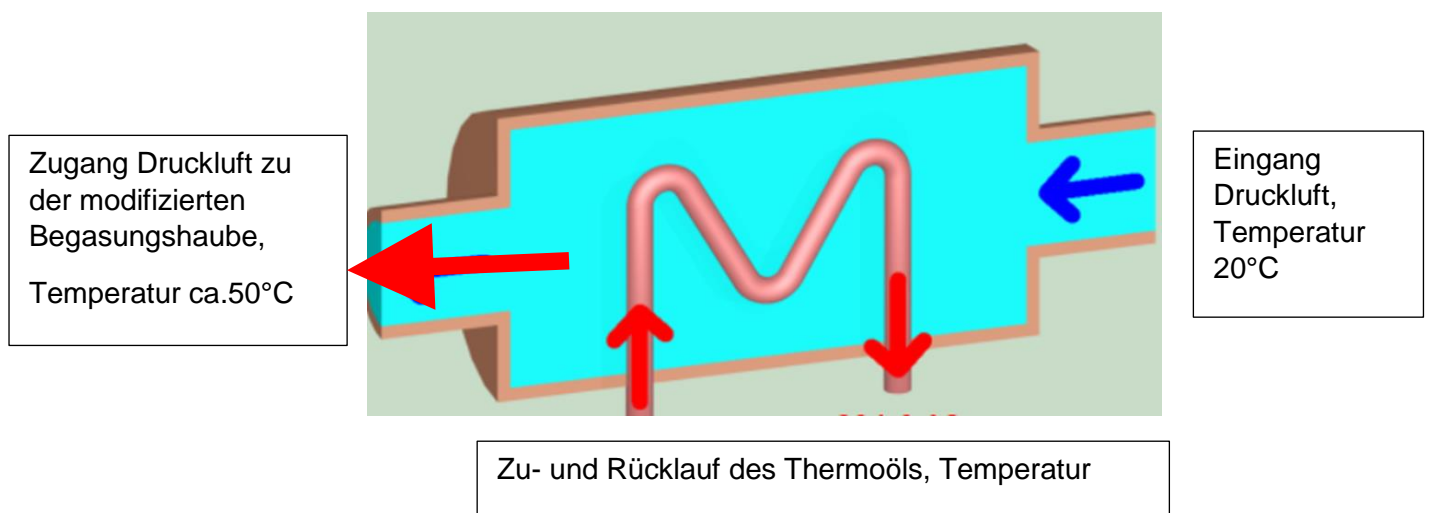
Das Konzept ist nachfolgend im Bild 17 dargestellt. Auf dem Hauptmodul wird ein Modul aufgesetzt, in dem das Thermoöl gezielt über die Oberfläche der Begasungshaube geführt wird.



Konzept des Energie-Rückgewinnungssystem, Bild 17

Die Funktionsweise lässt sich wie folgt beschreiben. Der Energiebeitrag der durch Strahlungswärme „verloren“ geht, wird über die Absorptionsflüssigkeit (Thermoöl) aufgenommen und über eine Pumpe einem Röhrenwärmetauscher zugeführt. Die aufgenommene Energie wird über den Röhrenwärmetauscher an die strömende Druckluft (ca. 20°C) abgeführt. Im Bild 18 ist das Prinzip des Röhrenwärmetauschers dargestellt. Damit wird die Druckluft erwärmt. Die vorgewärmte Druckluft wird anschließend der Begasungshaube zugeführt.

In der bisherigen Ausführung des Prototyps der modifizierten Begasungshaube beträgt die „Absorptionsfläche“ der Begasungshaube 0,74 m². Eine kontinuierliche Betriebstemperatur von ca. 80°C (Oberflächentemperatur Begasungshaube) ist für die Anwendung im Bereich der Cold-Box Fertigung anzunehmen und dient als Grundlage der weiteren Betrachtung.



Prinzipielle Darstellung des Röhrenwärmtauschers, Bild 18

5.6 Wirtschaftlichkeit des Energie-Rückgewinnungssystem

Auf der Grundlage des vorgestellten Energie-Rückgewinnungssystem ist nach eingehender Prüfung das Konzept unwirtschaftlich. Das bedeutet, dass die Investition der Komponenten zur Umsetzung des im Bild 17 dargestellten Konzeptes mit ca. 10.000,-€ zu kalkulieren sind. Zusätzlich entstehen Kosten durch die regelmäßige Wartung des Thermoöls. Das Thermoöl unterliegt Alterungserscheinungen (cracken) und muss nach bestimmten Intervallen ausgetauscht werden. Nachfolgend die Darstellung der recherchierten Kosten für das

o.g. Energie-Rückgewinnungssystem. Es handelt sich dabei um Entstehungskosten und keine Verkaufskosten. Das System besteht aus,

1. Ein Pumpenaggregat bis 150°C Öltemperatur (technische Voraussetzung: Der Motor muss vom Medium aufgrund der hohen Temperatur entkoppelt werden.) Kostenpunkt ca. 2.500,- €.
2. Eine Wärmeträgerplatte wird oberhalb der modifizierten Begasungshaube montiert. Diese Wärmeplatte ist mit Cu-Rohren durchzogen. Im Bild 19 ist ein Beispiel für eine Wärmeträgerplatte dargestellt. Die Cu-Rohre haben die Funktion der Wärmeaufnahme über die Oberflächentemperatur der modifizierten Begasungshaube.



Beispiel einer Ausführung für eine Wärmeträgerplatte oder Kühlplatte, Bild 19

Das Thermoöl wird durch die Cu-Rohre mit ca. 0,5 – 1,0 bar gedrückt. Das Thermoöl hat die Aufgabe die Energie aufzunehmen und über Schlauchverbindungen zu einem Wärmetauscher zu transportieren. Aufgrund der Maße der modifizierten Begasungshaube muss eine Spezialanfertigung realisiert werden. Es entstehen ca. Kosten in Höhe von 2.500,- €

3. Einsatz von Verbindungsschläuchen für den Vor.- und Rücklauf zwischen der Wärmeträgerplatte, des Pumpenaggregates und dem Wärmetauscher. Es handelt sich dabei um druckfeste Verbindungsschläuche sog. Panzerschläuche oder Teflon Schläuche. Kostenpunkt ca. 500,-€.
4. Einsatz eines sog. Öl.-Luft Wärmetauscher. Das Thermoöl als Energieträger gibt die Energie im Öl.-Luftwärmetauscher ab und damit wird die einströmende

Druckluft aufgeheizt. Es handelt sich dabei um eine Spezialausführung in Edelstahl. Kostenpunkt ca. 2.800 €.

5. Einsatz eines Edelstahlbehälter zur Aufnahme des Thermoöls. Kostenpunkt ca. 850 €.
6. Einsatz einer Steuerungseinheit und Regeleinheit wie auch eine Temperaturanzeige. Kostenpunkt ca. 850 €.

Die nachfolgende Amortisationsrechnung (Bild 20) wurde zu Grunde gelegt.

Amortisationsrechnung				100
Energierückgewinnungssystem	ERS			
Gesamtkosten ERS ca.		10000 €		
eingesetzte elektr. Leistung der Modifizierten Begasungshaube				7 kW
Angenommene Rückgewinnung über das ERS				60 %
Zurückgewonnene Leistung				4,2 kW
Kosten für 1 kW				0,16 €/kWh
Einsparung Kosten/h				0,672 €/h
				Amortisation
Einsparung für einen Einschichtbetrieb 2000h/Jahr	2000 h/Jahr		1344 €/Jahr	7,4 Jahre
Einsparung für einen Zweischichtbetrieb 4000h/Jahr	4000 h/Jahr		2688 €/Jahr	3,7 Jahre
Einsparung für einen Dreischichtbetrieb 6000h/Jahr	6000 h/Jahr		4032 €/Jahr	2,5 Jahre

Amortisationsrechnung, Bild 20

Das aktuelle Gesamtkonzept, bestehend aus der modifizierten Begasungshaube und dem Energie-Rückgewinnungssystem, ist im Hauptmodul vorgesehen. In der bisherigen Variante (Prototyp) wurde in dem Hauptmodul ausschließlich die Rippenrohrheizkörper verbaut. Aus Kostengründen und der Effizienz für den Wärmeübergang zwischen der Fläche der modifizierten Begasungshaube und der Wärmeträgerplatte sollte die Umsetzung des Energie-Rückgewinnungssystem in dem Hauptmodul integriert werden.

Aufgrund der relativ hohen Investitionskosten für das Energie-Rückgewinnungssystem, die damit verbundenen höheren Gesamtkosten und dem angezeigten Einsparungspotential lassen die Umsetzung des Konzeptes nicht zu. Das Konzept der kostengünstigen Energierückgewinnung ist weiterhin von sehr hohem Interesse. Daher sind in diesem Kontext effektive und kostengünstige Alternativen erarbeitet worden. Die Umsetzung dieser Alternativen soll in einem Folgeprojekt erfolgen.

Daher werden die Alternativen für eine Energie-Rückgewinnung in diesem Abschlussbericht nicht weiter vorgestellt.

5.7 Praktischer Einsatz des Begasungskonzeptes der modifizierten Begasungshaube zur Einsparung der Begasungszeit und der Katalysatormenge

Im Rahmen von praktischen Versuchen in einer Gießerei wurde der Einsatz des Gesamtpaketes (Modifizierte Begasungshaube + Dosiereinheit) getestet. Dazu die nachfolgende Dokumentation.

Die Versuchsreihe wird mit dem Gesamtpaket, bestehend aus einer Kernschießeinheit mit der modifizierten Begasungshaube (Prototyp) und der Dosierpumpe, durchgeführt. Die Versuchsreihe soll zeigen, wie hoch das Einsparungspotential an tertiärer Aminmenge gegenüber der konventionellen Kernfertigung ist und in wie weit die Begasungszeit zur Aushärtung reduziert werden kann.

5.7.1 Versuchsaufbau

Das Bild 21 zeigt die Produktion Kernschießeinheit mit der modifizierten Begasungshaube und dem eingesetzten Kernwerkzeug für die Cold-Box Fertigung.



Kernschießmaschine mit der modifizierten Begasungshaube und Werkzeug, Bild 21

Zusätzlich sind die folgenden Peripherieeinheiten eingesetzt worden.

Die Zuführung der Druckluft als Trägergas für das tertiäre Amin wird überwacht über eine Durchflussmesseinheit. Die Durchflussmesseinheit (Bild 22) hat die primäre Aufgabe zu erkennen, dass Druckluft fließt. Damit soll sichergestellt werden, dass eine Amin Dosierung ohne Trägergas nicht stattfindet. Nach dieser Einheit strömt die Druckluft in ein Proportionalventil. Das Proportionalventil (Bild 23) steuert die Aushärtung bzw. den Druckanstieg des Trägergases während der Aushärtung.



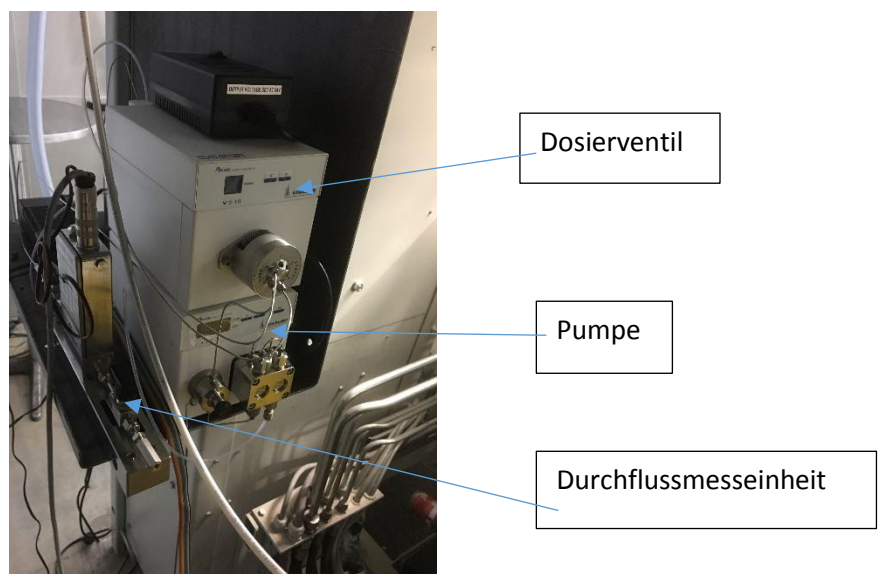
Durchflussmesseinheit, Bild 22



Proportionalventil, Bild 23

5.7.2 Dosierung der tertiären Aminmenge

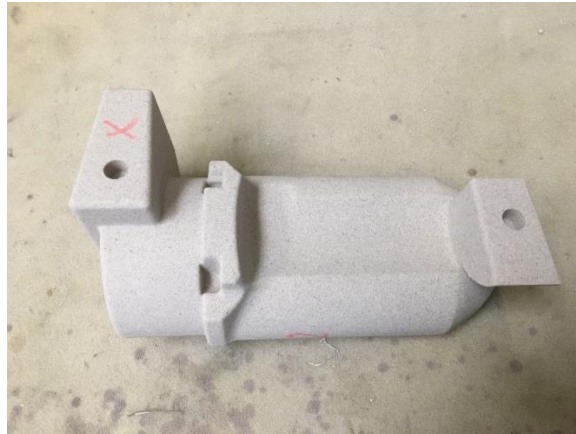
Das Dosierschema für die Dosierung der tertiären Aminmenge mit der modifizierten Begasungshaube ist im Abschnitt 5.3. vorgestellt worden. Die eingesetzten Dosiereinheiten sind in dem Bild 24 abgebildet. Die Pumpe fördert das tertiäre Amin permanent mit einer gewählten Durchflussmenge/min im Kreislauf. Das Ventil wird für eine bestimmte Zeit geöffnet, um die geforderte tertiäre Aminmenge zu dosieren. Zur Überwachung der dosierten tertiären Aminmenge wird diese über die Durchflussmesseinheit überwacht. Nachdem das tertiäre Amin die Durchflussmesseinheit passiert hat, wird die tertiäre Aminmenge über die modifizierte Begasungshaube (Dosierkanal) dem Trägergas zugeführt. Danach wird eine Spülung des Dosierkanals mit Druckluft durchgeführt. Diese Spülung hat die Aufgabe den Dosierkanal frei zu spülen um sicherzustellen, dass die gesamte tertiären Aminmenge dem Hauptstrom des Trägergases zugeführt wurde.



Dosiereinheiten, Bild 24

5.7.3 Eingesetzter Kern und Kernwerkzeug

In der Versuchsreihe wurde der folgende Kern (Bild 25) hergestellt.



Produktion Sandkern, Bild 25

In den Bildern 26 und 27 ist das Kernwerkzeug (Ober.- Unterkasten) abgebildet. Das Kernwerkzeug beinhaltet zwei Nester (Kerne).



Kernwerkzeug Unterkasten, Bild 26



Kernwerkzeug Oberkasten, Bild 27

5.7.4 Kernherstellungsparameter Produktion (Referenzwerte)

Nachfolgend sind in der Tabelle 1 die Kernherstellungsparameter für die Produktion aufgeführt.

Kerngewicht	2.500 g
Anzahl Nester	2
Gesamtgewicht	5.000 g
Quarzsandbezeichnung	F 33
Rampenzeit	6 s
Spülzeit	20 s
Startdruck Begasung	0,1 bar
Enddruck Begasung	3,5 bar
Spüldruck	3,5 bar
Tertiäre Amin Menge (DMPA)	3-6 g
Tertiäre Amin Menge Dosierzeit	3 s
Gesamte Begasungszeit incl. Dosierzeit	26 s

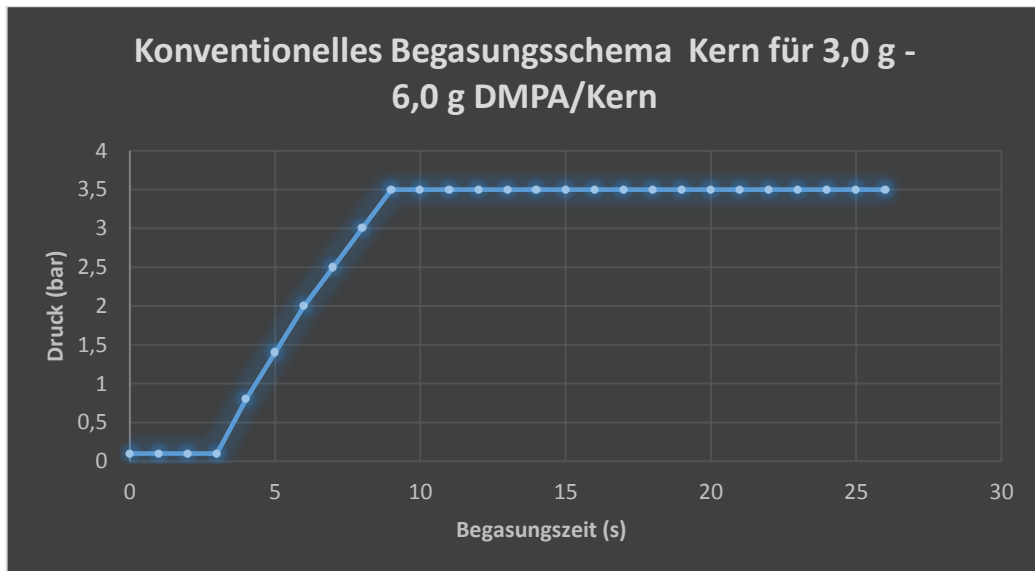
Begasungsparameter Kernherstellung, Tabelle 1

Anmerkung: Die benötigte theoretische tertiäre Aminmenge für den o.g. Kern berechnet sich aus der Faustformel,

0,03 Gew. % bezogen auf das Kerngewicht.

Damit berechnet sich eine tertiäre Aminmenge von 1,5 g. Das entspricht 2 ml tertiäre Aminmenge/Kern.

Eingesetzt wird der Katalysator mit der Bezeichnung DMPA. Im Bild 28 ist das Begasungsschema der konventionellen Produktion für den o.g. Kern als Referenz dargestellt.



Konventionelles Begasungsschema für die Produktion, Bild 28

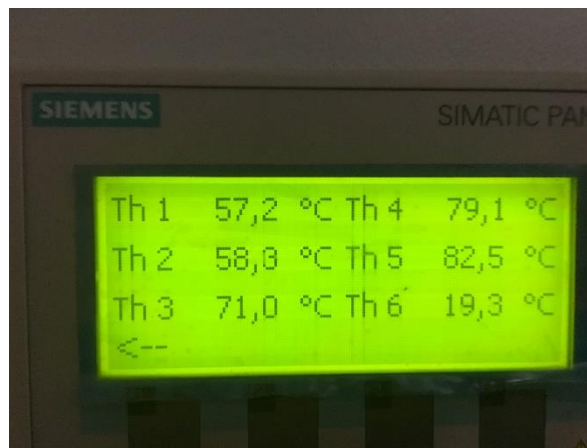
5.7.5 Kernherstellung mit der modifizierten Begasungshaube

Die Soll-Temperaturen der beiden verbauten Heizelemente (Heizleistung 7 kW) in der modifizierten Begasungshaube wurden wie folgt gewählt.

Heizelement 1 (Eingang Druckluft)	70°C
Heizelement 2	80°C

Soll-Temperaturen Heizelemente, Tabelle 2

Daraus ergaben sich die folgenden Temperaturen in der Begasungshaube. Siehe Bild 29.



Temperaturverteilung in der modifizierten Begasungshaube, Bild 29

Zur Erklärung die folgenden Bezeichnungen zu den Abkürzungen:

Th6 = Umgebungstemperatur (Eintrittstemperatur Druckluft)

Th5 = Temperatur Modul A (Dosiermodul) Ausgangstemperatur der Begasungshaube

Th4 = Temperaturüberwachung Heizungselement 2

Th3 = Temperaturüberwachung Heizungselement 1

Th2 = Temperaturerfassung Heizungselement 1

Th1 = Temperaturerfassung Heizungselement 1

Die Dosierungszeit der tertiären Aminmenge richtet sich nach der maximalen Durchflussrate der verwendeten Pumpe. Die maximale Durchflussrate der Pumpe beträgt 50 ml/min. Daraus ergeben sich die folgenden Dosierzeiten (Tabelle 3).

Tertiäre Aminmenge (ml)	Tertiäre Aminmenge (g)	Dosierzeit (s)
4	3	4,8
2	1,5	2,4
1,33	1	1,6

Dosierzeiten, Tabelle 3

Die Parameter (Begasungszeit und tertiäre Aminmenge) mit dem o.g. Gesamtpaket wurde sukzessiv reduziert. Das bedeutet, dass die Kernherstellung mit den Referenzwerten der Produktionsparameter begonnen wurde (3 g tertiäre Aminmenge/Kern). Siehe Tabelle 4.

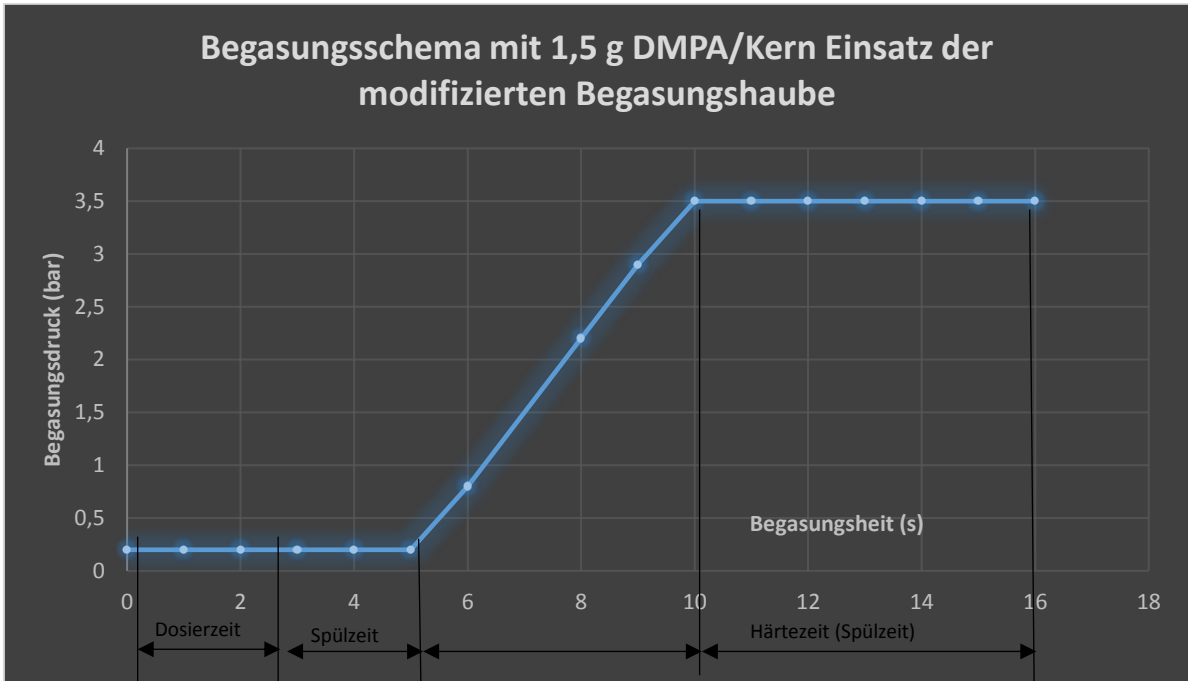
Gesamte Begasungszeit (s)	Tertiäre Aminmenge (g)	Kommentar Kernherstellung
26	3	Keine Probleme

Referenzwerte Kernherstellung, Tabelle 4

In dem zweiten Schritt wurde die Spülzeit um 10 s reduziert. Nach der Kernherstellung wurde direkt eine subjektive Begutachtung der tertiären Aminmengen Konzentration im Kern über eine Riechprobe (Olfaktometrie) vorgenommen. Die Riechprobe ergab eine hohe Konzentration an tertiäre Aminmenge. Daher wurde die tertiäre Aminmenge um 50 % reduziert auf 1,5 g/Kern (Tabelle 5). Damit verbunden wurde die Gesamtzeit der Aushärtung auf 16 s reduziert. Im Bild 30 ist das Begasungsschema dargestellt.

Gesamte Begasungszeit (s)	Tertiäre Aminmenge (g)	Kommentar Kernherstellung
16	1,5	Keine Probleme

Reduzierung der tertiären Aminmenge (1,5g), Tabelle 5



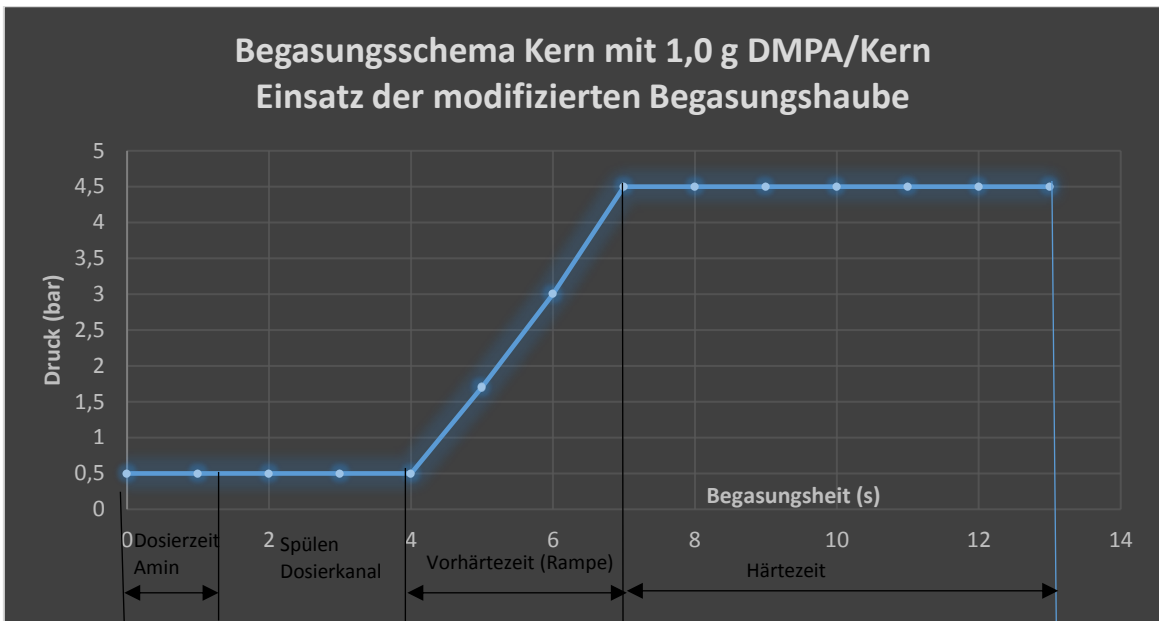
Begasungsschema mit 1,5 g DMPA, Bild 30

Nach weiteren olfaktometrischen Begutachtungen wurde die tertiäre Aminmenge auf 1 g/Kern reduziert. Die Geruch Konzentration des Kerns direkt nach der Kernherstellung war subjektiv betrachtet neutral. Daher wurde die gesamte Begasungszeit auf 13 s reduziert. Auch hier konnte konstatiert werden, dass die Geruchskonzentration des Kerns neutral ist.

Begasungszeit (s)	Tertiäre Aminmenge (g)	Kommentar Kernherstellung
13	1	Keine Probleme

Reduzierung der tertiären Aminmenge (1,0g), Tabelle 6

Das Begasungsschema ist im Bild 31 dargestellt.



Begasungsschema mit 1g DMPA, Bild 31

Grundsätzlich kann bemerkt werden das die Kernherstellung, unabhängig von den jeweiligen gewählten tertiären Aminmengen und Begasungszeiten, unproblematisch war. Die Begasungsparameter mit der modifizierten Begasungshaube sind nachfolgend aufgelistet.

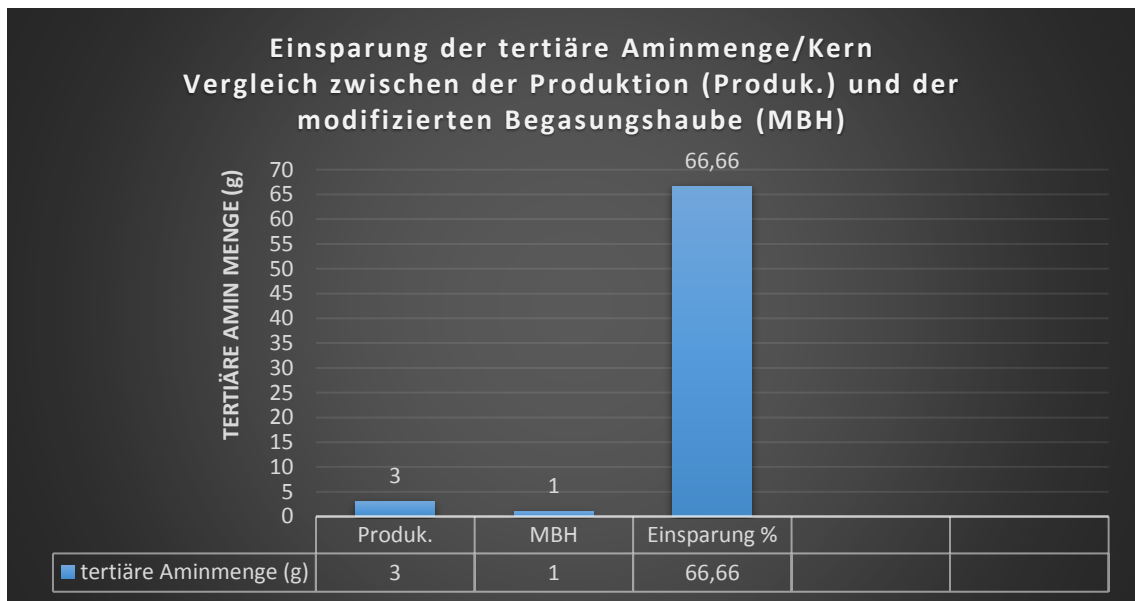
Kerngewicht	2.500 g
Anzahl Nester	2
Gesamtgewicht	5.000 g
Quarzsandbezeichnung	F 33
Rampenzeit	3 s
Spülzeit	6 s
Startdruck Begasung	0,5 bar
Enddruck Begasung	4,5 bar
Spüldruck	4,5 bar

Tertiäre Aminmenge (DMPA)	1 g
Tertiäre Aminmenge Dosierzeit	1,6 s
Spülung des Dosierkanals	2,4 s
Gesamte Begasungszeit incl. Dosierung	13 s

Begasungsparameter modifizierte Begasungshaube, Tabelle 7

5.7.6 Einsparungspotential tertiäre Aminmenge/Kern

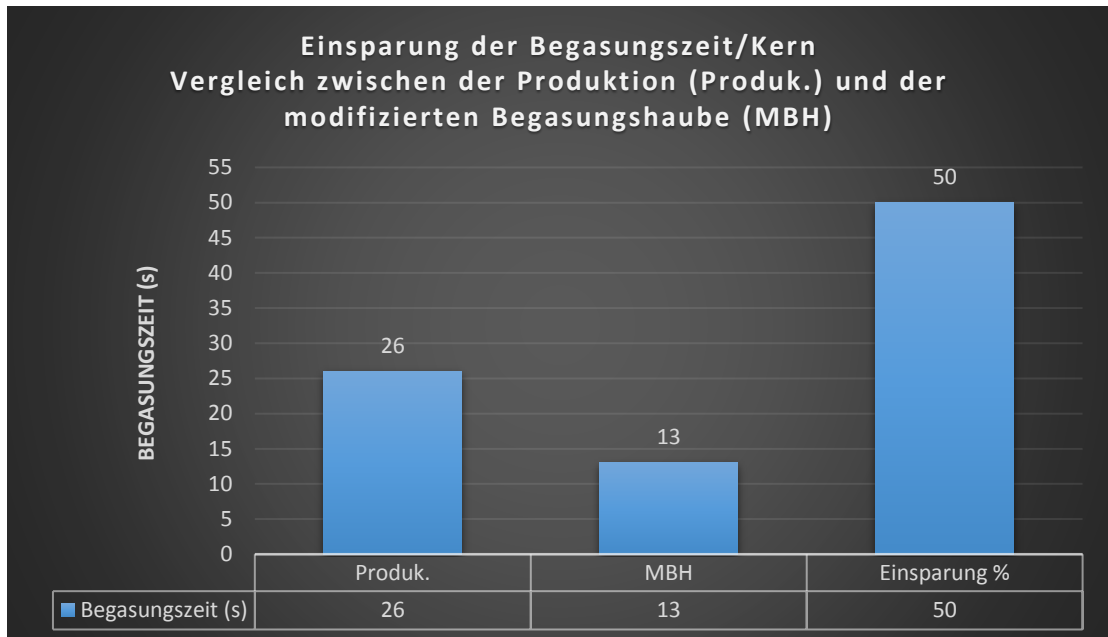
Der Einsatz der modifizierten Begasungshaube (MBH) hat das folgende Einsparungspotential gegenüber der konventionellen Kernfertigung (Produktion) erbracht. In dem Bild 32 ist die **Einsparung von 66,66 % tertiäre Aminmenge/Kern** durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube dargestellt.



Vergleich tertiäre Aminmenge/Kern Produktion und modifizierte Begasungshaube, Bild 32

5.7.7 Einsparungspotential der Begasungszeit/Kern

In dem Bild 33 ist das Einsparungspotential von 50 % bezogen auf die Begasungszeit/Kern durch die modifizierte Begasungshaube dargestellt.



Vergleich tertiäre Aminmenge/Kern Produktion und modifizierte Begasungshaube, Bild 33

5.8 Investitionskostenvergleich der modifizierten Begasungshaube mit der konventionellen Begasungstechnologie

In der folgenden Gesamtübersicht (Tabelle 8) sind die Gesamt Investitionskosten der konventionellen Begasung und der modifizierten Begasung gegenübergestellt. Die Gesamtinvestitionskosten beinhalten die Heiztechnik für die thermische Aufbereitung des Trägergases (Technisch getrocknete Luft), die Dosierkomponenten und die Begasungshaube.

<i>Begasungseinheit Extern Konventionell</i>	<i>Begasungseinheit Intern Modifizierte Begasungshaube</i>
Investitionskosten Verdampfer (13 kW-Leistung) und Dosiereinheit für den Katalysator	Investitionskosten Heizelemente (25,4 kW-Leistung) und Dosiereinheit für den Katalysator
Ca. 34.000,-€	Ca. 28.000,-€
Einsparung	6.000,-€

Vergleich der Gesamt Investitionskosten, Tabelle 8

Anmerkung zu der elektrischen Leistungsangabe von 25,4 kW.

Die elektrische Leistungsauslegung von 25,4 kW der modifizierten Begasungshaube wurde gewählt, da die modifizierte Begasungshaube für die Begasung von organisch gebundenen wie auch anorganisch gebundenen Formstoffe ausgelegt wurde.

Aufgrund der höheren Begasungstemperaturen (ca. 180°C) für die Aushärtung von anorganischen Bindemitteln ist eine größere Auslegung der elektrischen Leistung nötig. In der Gesamtkalkulation für die konventionelle Begasung ist die Auslegung für die anorganischen Formstoffe nicht berücksichtigt worden.

Daher ist davon auszugehen, dass die Gesamt Investitionskosten für die Anwendung der Aushärtung organisch gebundener Formstoffe (80°C) mit der modifizierten Begasungshaube geringer ausfallen, als die hier vorgestellte Auslegung für eine Begasungstemperatur von 180°C.

5.9 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

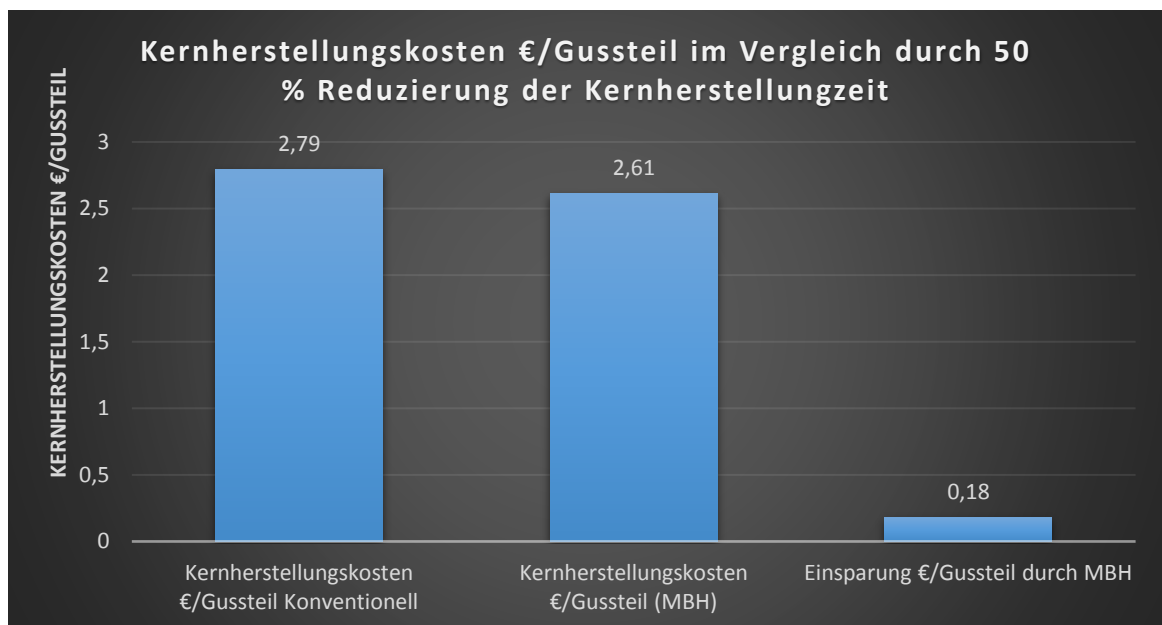
Betriebswirtschaftlich betrachtet, ergibt sich die folgende Relation der o.g.

Einsparungen in der Kalkulation Kernherstellungskosten (€)/Gussstück. Diese Relation berücksichtigt ausschließlich die Taktzeitreduzierung. Im Bild 34 ist diese Relation dargestellt. Basis dieser Kalkulation ist das Kalkulationsschema einer mittelständischen Gießerei. Grundlage dieser Kalkulation sind die ermittelten

Begasungszeiten aus dem Bild 33. Daraus ergaben sich die folgenden Kernherstellungskosten €/Gussteil (Tabelle 9).

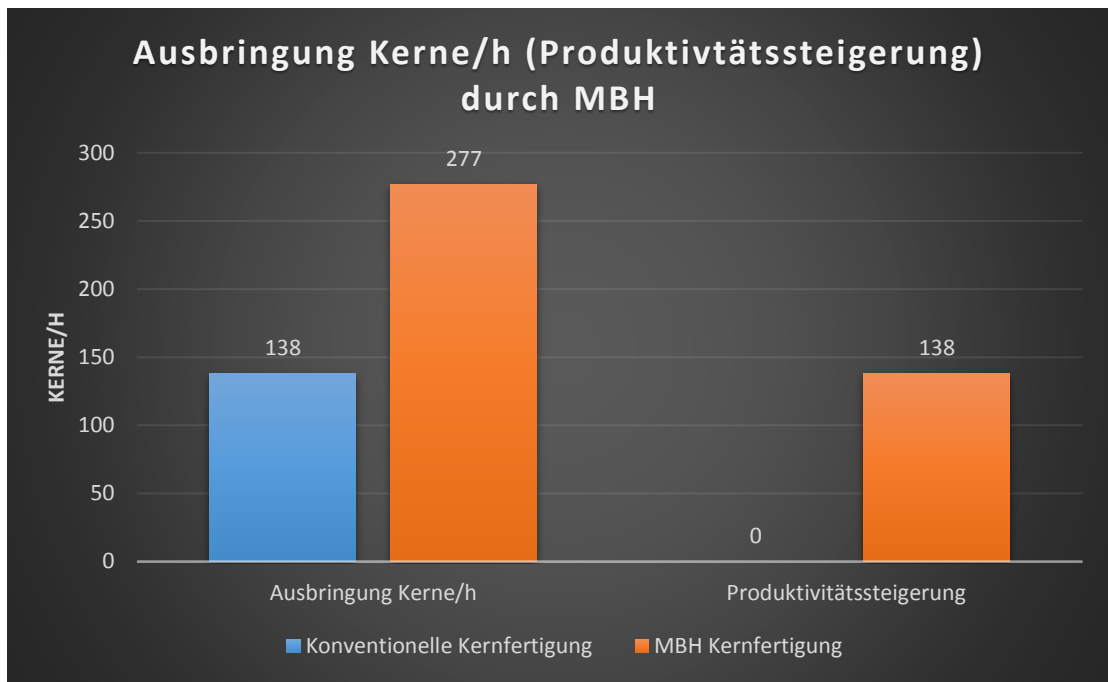
Kernherstellungskosten (€)/Gussteil Konventionelle Produktion	Kernherstellungskosten (€)/Gussteil Modifizierte Begasungshaube (MBH)	Einsparungen (€)/Kern
2,79	2,61	0,18

Kernherstellungskosten €/Gussteil, Tabelle 9



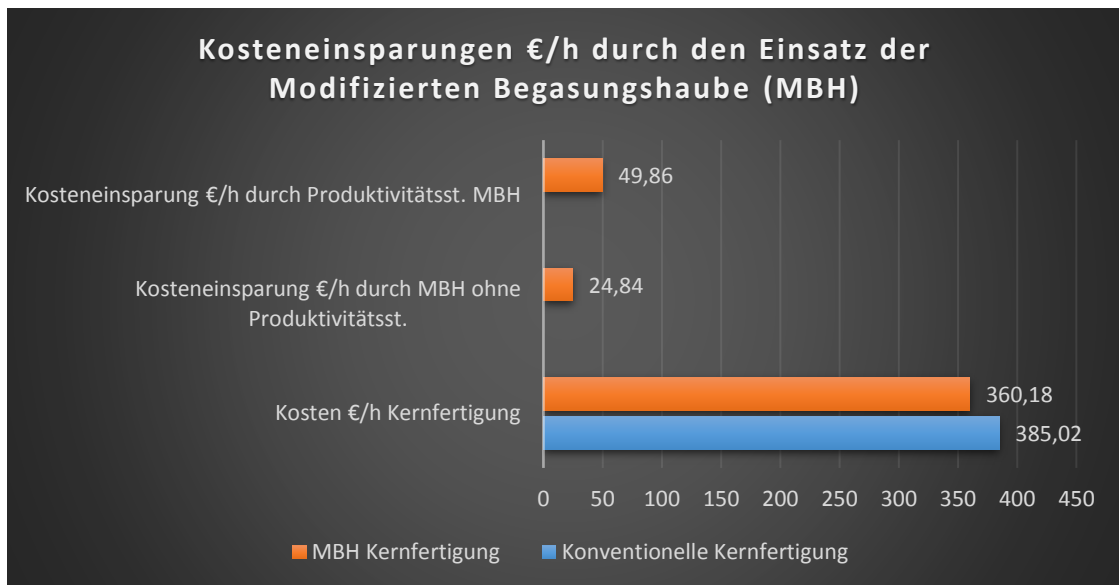
Vergleich der Kernherstellungskosten der konventionellen Kernfertigung und der Fertigung mit der modifizierten Begasungshaube, Bild 34

Durch die verkürzte Begasungszeit konnte die Produktivität der Kernherstellung um 138 Kerne/h erheblich gesteigert werden. Im Bild 35 ist diese Produktivitätssteigerung durch die modifizierte Begasungshaube dargestellt.



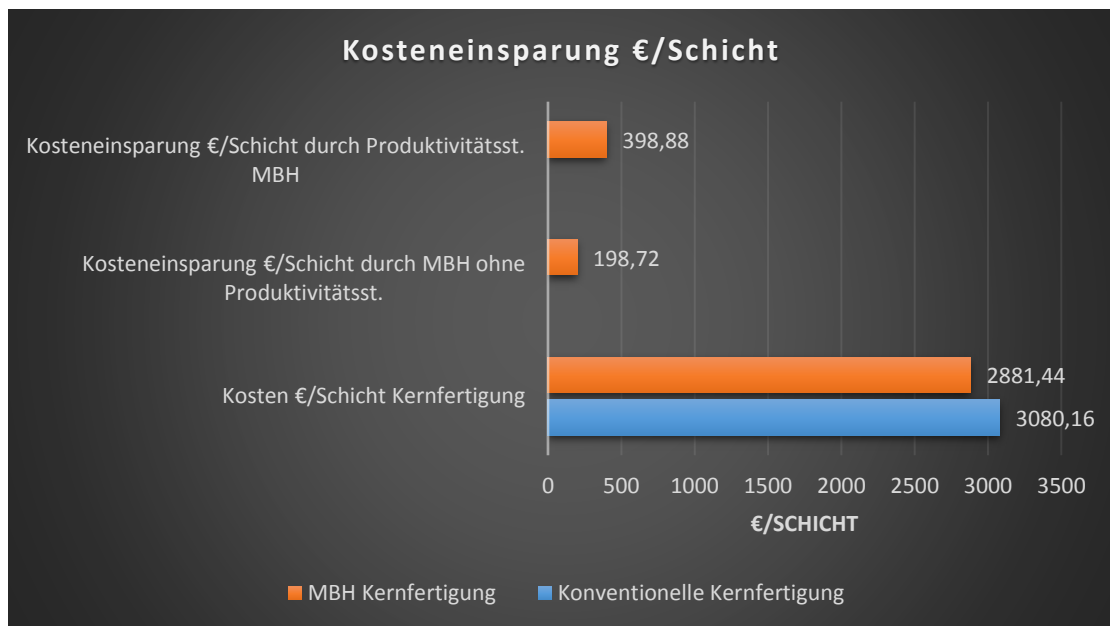
Produktionssteigerung durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Bild 35

Das Bild 36 zeigt das Einsparungspotential durch die modifizierte Begasungshaube ohne die Produktivitätssteigerung (ausschließlich durch die verkürzte Begasungszeit ermittelt) und das Einsparungspotential erzeugt durch die Produktivitätssteigerung.



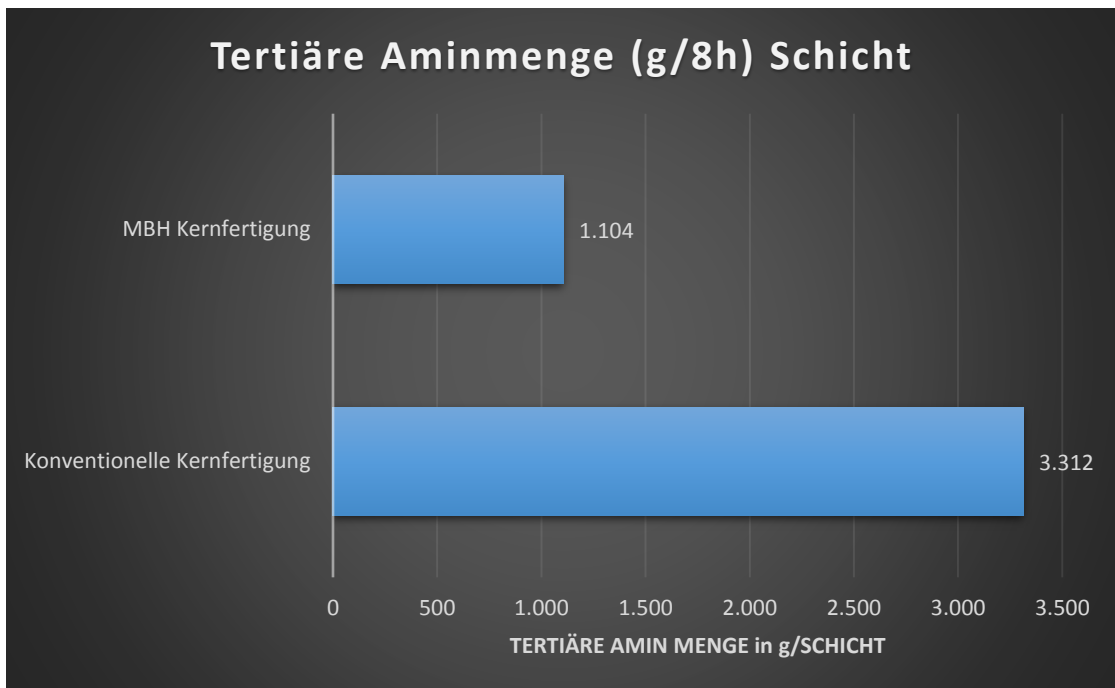
Kosteneinsparungen durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Bild 36

Das Bild 37 zeigt die Relation des Einsparungspotential/Schicht und die Kosten/Schicht im Vergleich der konventionellen Produktion und dem Einsatz der Modifizierten Begasungshaube (MBH).



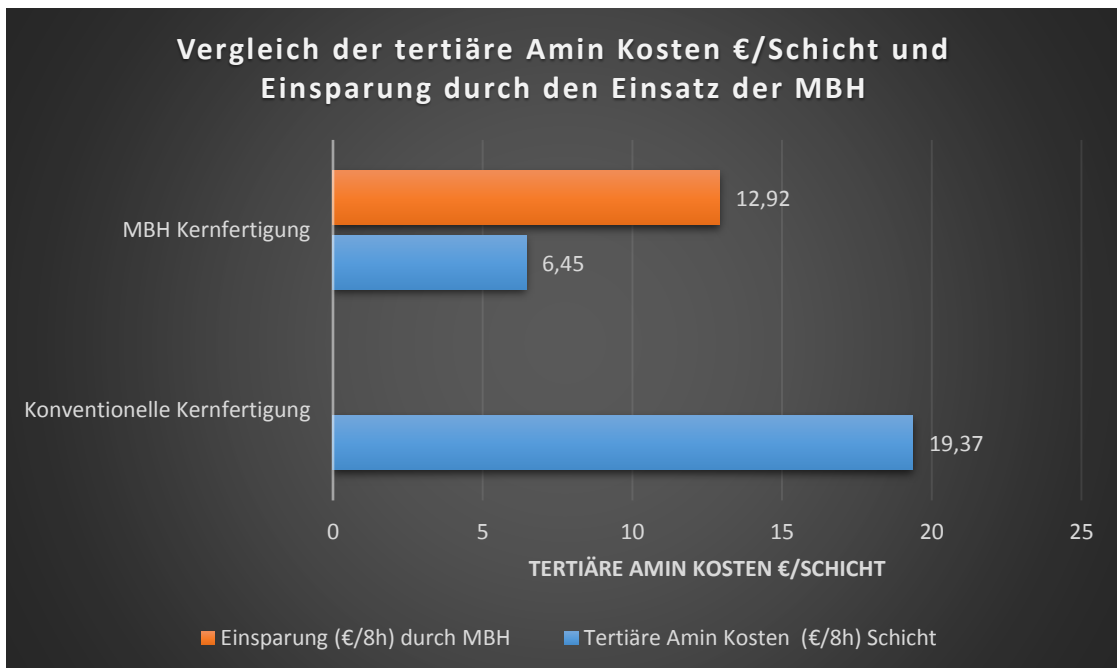
Kosteneinsparung €/Schicht, Bild 37

Nachfolgend soll die Relation der Einsparung dargestellt werden, zwischen der konventionellen Kernfertigung und der modifizierten Begasungshaube im Bereich der tertiären Aminmenge. Basis dieser Berechnung ist ein Preis (DMPA) von 5,85 €/kg. Im Bild 38 ist der Vergleich der tertiären Amin Menge/Schicht dargestellt zwischen der konventionellen Kernfertigung und der Kernfertigung mit der modifizierten Begasungshaube.



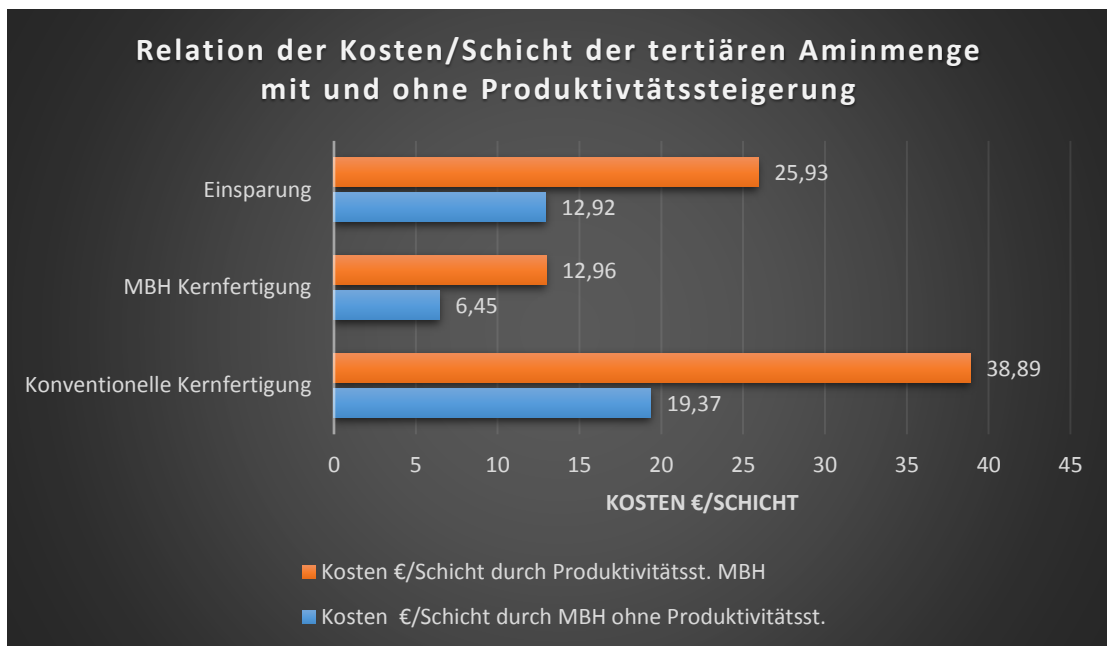
Tertiäre Aminmenge/Schicht, Bild 38

Im Bild 39 ist der Vergleich der tertiären Amin Kosten €/Schicht aufgeführt. Zusätzlich ist die Einsparung durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube dargestellt.



Vergleich der tertiären Aminmenge/Schicht, Bild 39

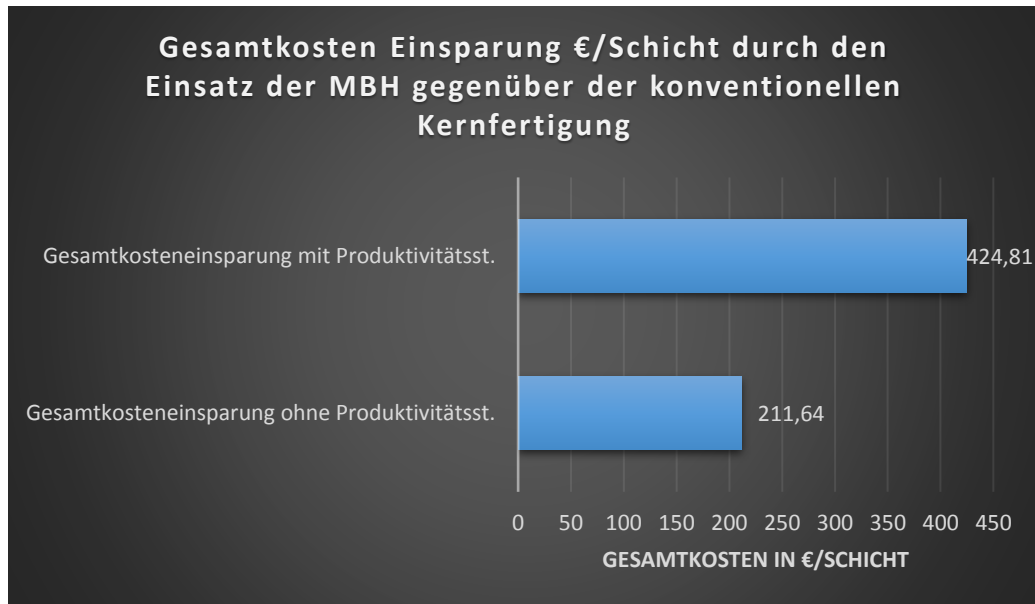
Das Bild 40 stellt die Relation der Einsparungen dar, unter der Berücksichtigung das durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube die Ausbringung der Kerne/Schicht signifikant gesteigert werden konnte. Bezogen auf die ermittelten Begasungszeiten durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube konnten pro Stunde 138 Kerne mehr produziert werden als in der konventionellen Kernfertigung. Siehe Bild 35. In der dargestellten Relation im Bild 40 wurden die Kosten berechnet, die zusätzlich in dem Verbrauch der tertiären Aminmenge entstehen würden, wenn 138 Kerne in der konventionellen Kernfertigung zusätzlich produziert werden.



Relation der Kosten/Schicht mit und ohne Produktionssteigerung, Bild 40

5.10 Gesamtkosten Einsparung durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube

Nachfolgend sind in dem Bild 41 die Gesamtkosten Einsparung durch die modifizierte Begasungshaube dargestellt. Die Gesamt Einsparungen resultieren aus der reduzierten Begasungszeit von 50 % bezogen auf die konventionelle Kernfertigung (Kernherstellungskosten/Gussteil) und der Einsparung der tertiären Aminmenge von 67 % bezogen auf die konventionelle Kernfertigung.



Gesamtkosten Einsparungen durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Bild 41

Die Gesamt Einsparung/Jahr soll anhand der folgenden Rahmenbedingungen berechnet werden. Im Bild 42 sind die errechneten Zahlen dargestellt.

Bezogen auf einen Vollzeit Mitarbeiter (Kernschießmaschinenführer) ergibt sich die nachfolgende Relation.

Vollzeit Mitarbeiter: 1.700 h/Jahr

Einschichtbetrieb (8h/d): 212,5 Schichten/Jahr

Zweischichtbetrieb (16h/d): 425 Schichten/Jahr

Kosten Einsparung €/Jahr: 44.973,5 €/Jahr

(Einschichtbetrieb/211,64€/Schicht)

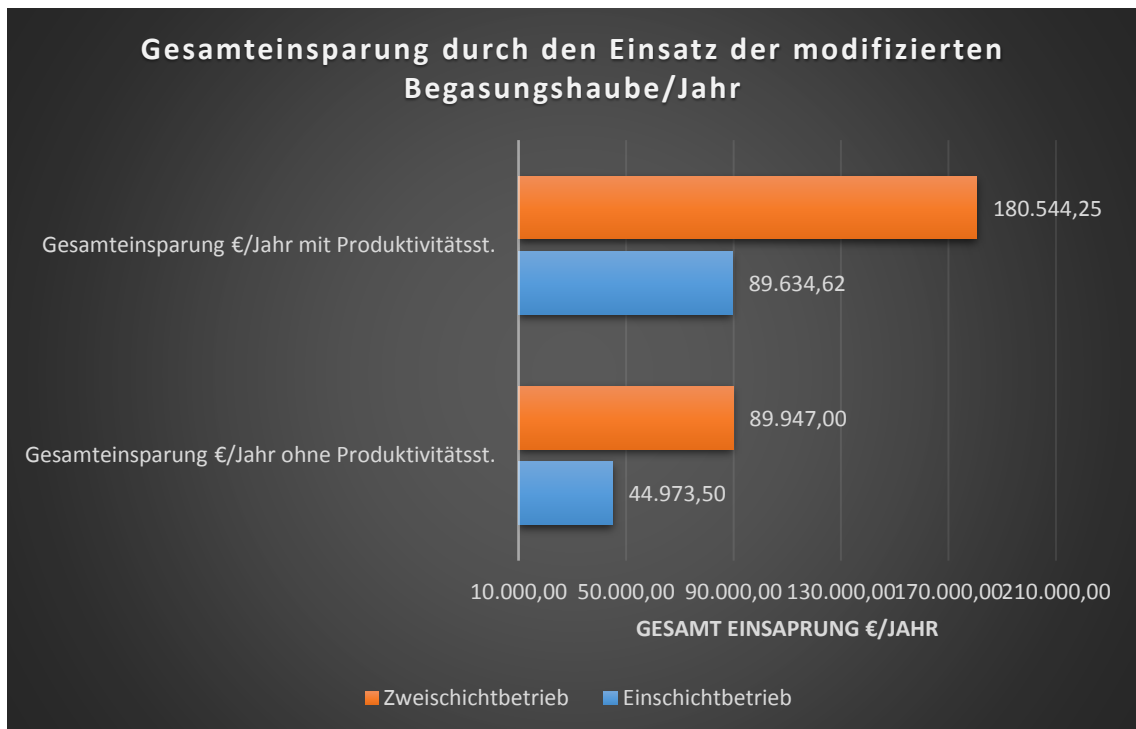
Kosten Einsparung €/Jahr: 89.634,62 €/Jahr

(Einschichtbetrieb/424,81€/Schicht)

Kosten Einsparung €/Jahr: 89.947,00 €/Jahr (Zweischichtbetrieb/211,64

€/Schicht).

Kosten Einsparung €/Jahr: 180.544,25 €/Jahr
(Zweischichtbetrieb/424,81€/Schicht).



Gesamteinsparungen durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube, Bild 42

VI. Fazit

Es konnte festgestellt werden, dass in dem Segment der Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen das Konzept der modifizierten Begasungshaube eingesetzt werden kann. Die wichtigen nachfolgenden Fragestellungen in dem Kontext des Einsatzes für das Konzept der modifizierten Begasungshaube der o.g. Größenordnung von Kernschießeinheiten konnten im Rahmen dieses Projektes beantwortet werden.

- Ist die errechnete elektrische Leistung von 25,4 kW mit dem Konzept realisierbar?

- Ist die elektrische Leistung in dem zur Verfügung stehenden räumlichen Rahmenbedingungen innerhalb der Kernschießeinheit unterzubringen?

Es konnte nachgewiesen werden, dass die geforderte elektrische Leistung mit dem Konzept der bisher eingesetzten Rippenrohrheizkörper möglich ist. Allerdings ist anzumerken, dass die geforderte elektrische Leistung nur mit einer Spezialanfertigung umsetzbar ist. Die bisherigen Erfahrungen mit den Rippenrohrheizkörpern sind positiv, da sich diese Heizkörper durch ihren robusten einfachen Aufbau, geringen Investitionskosten und guten Wärmeübergang auszeichnen. Auch die erwähnten Spezial Rippenrohrheizkörper sind preisgünstig im Verhältnis zu anderen Heizkörperkonzepten.

In der Fragestellung der räumlichen Rahmenbedingungen innerhalb der Kernschießeinheit zur Dimensionierung der modifizierten Begasungshaube, wurden die Abmaße der konventionellen Begasungshaube für eine Kernschießeinheit dieser Größenordnung herangezogen. Mit dem Resultat, dass die modifizierte Begasungshaube mit der geforderten elektrischen Leistung innerhalb dieser räumlichen Rahmenbedingungen einsetzbar ist.

In dem Kontext der Erarbeitung eines Energie-Rückgewinnungssystem für die modifizierte Begasungshaube wurde ein Konzept erarbeitet und einer betriebswirtschaftlichen Prüfung unterzogen. Dabei stellte sich heraus, dass die Investitionskosten in dieser konzeptionellen Auslegung zu hoch sind und im Verhältnis zu den Einsparungen lange Amortisationslaufzeiten erwarten lassen. Aus diesem Grund wurde die Umsetzung des Konzeptes nicht vorgenommen. Die Grundsätzlich Idee der Energie Einsparung über eine Teilrückführung der eingesetzten Energie zu realisieren ist sehr vielversprechend. Mit diesem Hintergrund wurden zwei alternative Konzepte zur Energie-Rückgewinnung erarbeitet. Diese Konzepte sind kostengünstig zu realisieren und stellen einen großen Beitrag zur Steigerung der Anlagenrentabilität der modifizierten Begasungshaube dar. Es ist geplant die Umsetzung dieser Konzepte im Zusammenhang mit dem Bau eines Prototyps der modifizierten Begasungshaube, in

dieser Größenordnung von Kernschießeinheiten, in einem Folgeprojekt zu realisieren.

Im Bereich der Dosierung der tertiären Aminmenge mit der bisher eingesetzten Dosiertechnik konnte für Kernschießeinheiten ≥ 40 l Kernschießvolumen festgestellt werden, dass die benötigten Durchflussraten mit der bisher eingesetzten Pumpengröße nicht realisiert werden kann. Das bedeutet im Rahmen dieser Pumpentechnologie höhere Investitionskosten durch den Einsatz einer größeren Pumpe. Aus diesem Grund ist es notwendig, weitere Recherchen hinsichtlich alternativer preisgünstiger Pumpenkonzepte vorzunehmen. Ebenfalls soll dieser Ansatz in einem Folgeprojekt bearbeitet werden.

In diesem Projekt wurden weitere Evaluierungen zu dem Konzept der modifizierten Begasungshaube vorgenommen. Durch praktische Versuche der modifizierten Begasungshaube in einer Gießerei sind die nachfolgenden Einsparungspotentiale festgestellt worden.

- Signifikantes Einsparungspotential durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube im Bereich der tertiären Aminmenge/Kern von 67 % gegenüber der konventionellen Kernfertigung.
- Signifikantes Einsparungspotential durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube im Bereich der Begasungszeit/Kern von 50 %.

In dem Kontext der Einsparung der tertiären Aminmenge durch die Anwendung der modifizierten Begasungshaube soll darauf hingewiesen werden, dass zusätzliche Einsparungen verursacht werden in den Bereichen,

- Geringere Investitionskosten für die Anschaffung von Amin Wäschern.
- Geringere Entsorgungskosten für die Waschlösungen des Amin Wäschers.

Im Bereich der Produktivitätssteigerung (Kerne/h) durch den Einsatz der modifizierten Begasungshaube sind erhebliche Kosteneinsparungen zu verzeichnen.

In diesem Kontext soll ebenfalls darauf hingewiesen werden, dass auch im Bereich der Gesamt Investitionskosten der modifizierten Begasungshaube gegenüber der

konventionellen Technik Kosten eingespart werden. Diese Tatsache und das hohe Einsparungspotential im Bereich Energie und Ressourcen lassen kürzeste Amortisationszeiten zu. Die modifizierte Begasungshaube ist daher im Bereich der Kernherstellung ein großer Faktor zur Kosteneinsparung.

Abschließend ist zu betonen, dass die modifizierte Begasungshaube im Bereich der Energie Effizienz gesteigert werden kann, durch den Einsatz der Energie-Rückgewinnung. Dieser Bereich zeigt ein hohes Einsparungspotential. Deshalb liegt ein besonderer Fokus darauf, diesen Bereich im Zusammenhang mit der modifizierten Begasungshaube in einem Folgeprojekt intensiv zu bearbeiten.