

# Kraft-Wärme-Kopplung: der Schlüssel zu einem kraftstoffsparenden Dosiersystem



## WHITE PAPER

### Abstract

Die Serie integrierter Reactor™-Dosiersysteme von Graco® zum Spritzen von Polyurethanschaum oder Polyurea (Abbildungen 1 und 2) bestehen aus einem Dosiersystem mit Dieselgenerator. Es ist das erste, von der Stromversorgung unabhängige, beheizbare Spritzgerät für Polyurethan mit KWK-Technologie, das sowohl die Spritzleistung verbessert als auch den Dieselverbrauch senkt.

Die Idee für das neue integrierte System entstand, als die Nachfrage nach kleineren, kraftstoffsparenden Dosiersystemen stieg. Außerdem war klar, dass Einstiegspreis und Betriebskosten für Besitzer mobiler Spritzgeräte ebenfalls gesenkt werden sollten, allerdings ohne Abstriche an Qualität und Systemleistung.

Mit der KWK-Technologie konzentrierte sich das Designteam von Graco vor allem auf drei Kernbereiche: Entwicklung eines kompletten, mobilen und kraftstoffsparenden Systems, Konzeption einer verbesserten Bedienerschnittstelle und Systemsteuerung, und Verbesserung oder zumindest Beibehaltung der Spritzleistung.

KWK ist ein Verfahren zur gleichzeitigen Gewinnung von elektrischem Strom und Wärme aus einer einzigen Energiequelle. Das neue integrierte System arbeitet mit einem doppelten Kühlkreislauf zur Nutzung der Abwärme des Motorkühlsystems. Das erwärmte Kühlmittel wird an Wärmeaustauscher weitergeleitet, die das Material nach Bedarf erwärmen. Mit dem System konnte der Temperaturanstieg im Vergleich zu Standardausführung des Reactor-Geräts um 25 % verbessert werden. Das Heizsystem wird mit einer selbstentwickelten Software gesteuert. Sie gewährleistet einen schnellen Temperaturanstieg und genaue Steuerung. Da elektrisch betriebene Heizgeräte für die meisten Schaumanwendungen nun nicht mehr erforderlich sind und für Polyurea in der Größe deutlich geringer ausfallen, lässt sich das integrierte System mit einem wesentlich kleineren und damit kraftstoffsparenden Generator betreiben. In Praxistests ließen sich Berechnungen bestätigen, wonach in einigen Fällen deutliche Kraftstoffeinsparungen von bis zu 50 % jährlich erreichbar sind. Die neue Serie Dosiergeräte ist eine komplette Neukonstruktion mit geringerem Stromverbrauch, verbesserter Heizkapazität und fortschrittlichen Steuerfunktionen – sie stellt hinsichtlich Betrieb, Produktivität und Leistungsfähigkeit eine echte Innovation dar.



Abbildung 1 – Integriertes Reactor-Dosiersystem mit optionalem Kompressor



Abbildung 2 – Rückansicht des auf einer Palette aufgebauten Systems mit integriertem Generator

AUTOR:

Arthur T. Graf  
AFTD Elektroingenieur  
Graco Inc.

Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.graco.com](http://www.graco.com)

## Überlegungen zur Konstruktion

In der Standardausführung arbeitet ein Reactor-Dosiergerät mit unabhängigen Geräten wie Druckluftkompressor, Generator, Atemluftsystem, Zufuhrpumpen und weiteren Hilfseinrichtungen. Die Zusammenlegung von Generator und Reactor ändert Aufbau und Betrieb eines kompletten Dosiersystems grundlegend. Größtes Augenmerk wurde bei der Systementwicklung darauf gelegt, die Erwartungen der Händler und Kunden zu berücksichtigen. Das Konstruktionsteam von Graco definierte drei Kernforderungen für den Betrieb eines kompletten Dosiersystems: Anforderungen an Strom- und Druckluftversorgung, Formfaktor des Systems und Überlegungen zur Bedienbarkeit.

### Anforderungen an Strom- und Druckluftversorgung

Die Anforderungen an die Strom- und Druckluftversorgung bilden die Basis, auf der Reactor-Dosiergeräte betrieben werden. In den Überlegungen zu Konstruktionszielen bestimmte das Team zunächst, in welchen Bereichen sich die größtmöglichen Fortschritte hinsichtlich der Systemleistung erzielen lassen.

Die elektrischen Lasten eines mobilen Systems umfassen (siehe Abbildung 3):

1. Elektromotor des Reactor und Materialheizgeräte
2. Kompressor
3. Lufttrockner
4. Atemluft
5. Leuchten
6. Band- oder Flächenheizgeräte
7. Heizung oder Klimatisierung

Diese Lasten lassen sich in Basissysteme (1 bis 4) und Hilfssysteme (5 bis 7) unterteilen.

Mit Druckluft sind im Systembetrieb folgende Einrichtungen zu versorgen:

8. Zufuhrpumpen
9. Rührwerk(e)
10. Pistolenluft
11. Atemluft

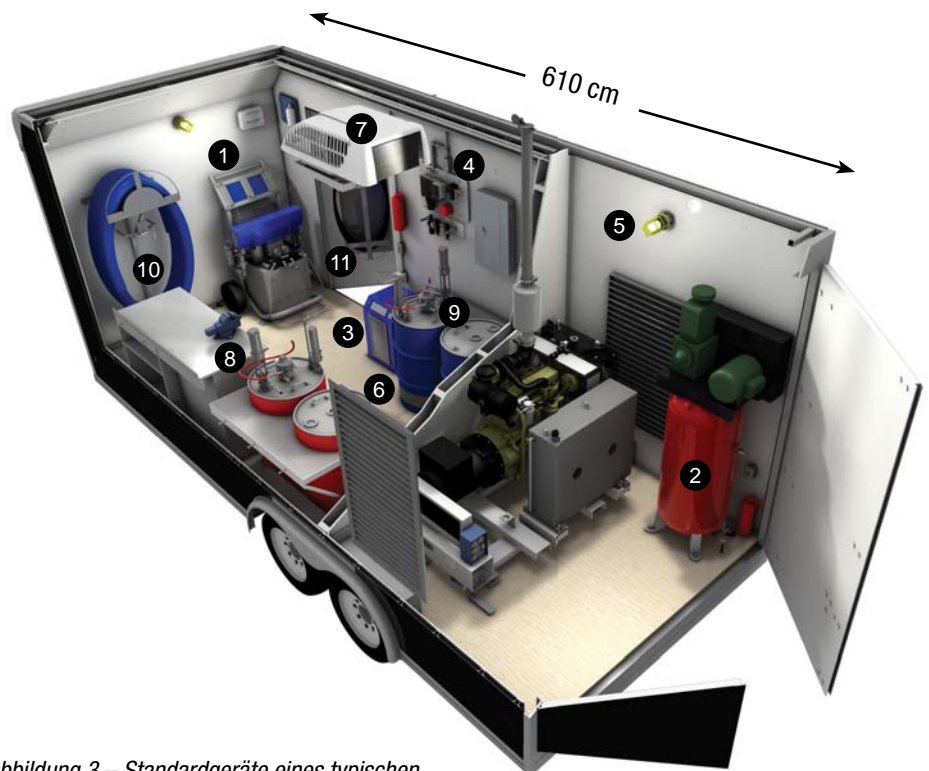


Abbildung 3 – Standardgeräte eines typischen mobilen Dosiersystems

Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.graco.com](http://www.graco.com)

Da die Druckluftversorgung über die Stromversorgung sichergestellt wird, erfolgte die Systemoptimierung in zwei Stufen: Reduzierung der Anforderungen an die Druckluft- und Stromversorgung ohne den Funktionsumfang zu verringern. Eine Reduzierung dieser Anforderungen hätte direkte Auswirkungen auf die Wahl des Motors und der Generatorgröße für das integrierte Reactor-Dosiersystem.

Bei der Untersuchung und Optimierung der Anforderungen an die Druckluftversorgung fand das Team heraus, dass ein Hochdruck-Atemluftsystem erhebliche Mengen an Luft benötigt. Also entschied man sich für ein Niederdruck-Atemsystem, das zwei Masken versorgt. Für verschiedene Materialien wurden die optimalen Rührwerksdrehzahlen untersucht, da der Luftverbrauch direkt proportional der Rührwerksdrehzahl ist. Das Team fand einen Weg, den Luftverbrauch des Rührwerks zu reduzieren und damit auch die möglicherweise Überlastung eines kleineren Kompressors zu unterbinden.

Bei den elektrischen Lasten rückte das primäre Ziel des Projekts in den Mittelpunkt: Die Reduzierung oder gänzliche Beseitigung des Stromverbrauchs der elektrisch betriebenen Materialheizgeräte durch Nutzung der Abwärme des Motors. Ein weiteres Ziel sollte die kurzzeitigen Stromspitzen begrenzen, die der Kompressor verursachte, indem ein Kompressor mit Druckregelventil zum Einsatz kommt. Die Bedarf sonstiger Stromverbraucher waren nicht so einfach zu reduzieren. Empfehlungen an den Auftragnehmer waren, Heizmatten mit weniger Leistungsaufnahme anstelle der Bandheizer zu verwenden.

### Formfaktor des Systems

Der zweite wichtige Konstruktionsbereich, auf den sich das Konstruktionsteam konzentrierte, war der Formfaktor. Das Ziel bestand darin, einen Systemaufbau zu realisieren, der auf eine Palette passt und sich bequem in einem Anhänger, einem Kofferaufbau oder einem Kleintransporter transportieren lässt (siehe Abbildung 4). Bei diesem Konstruktionsziel standen Größe und Gewicht im Vordergrund.

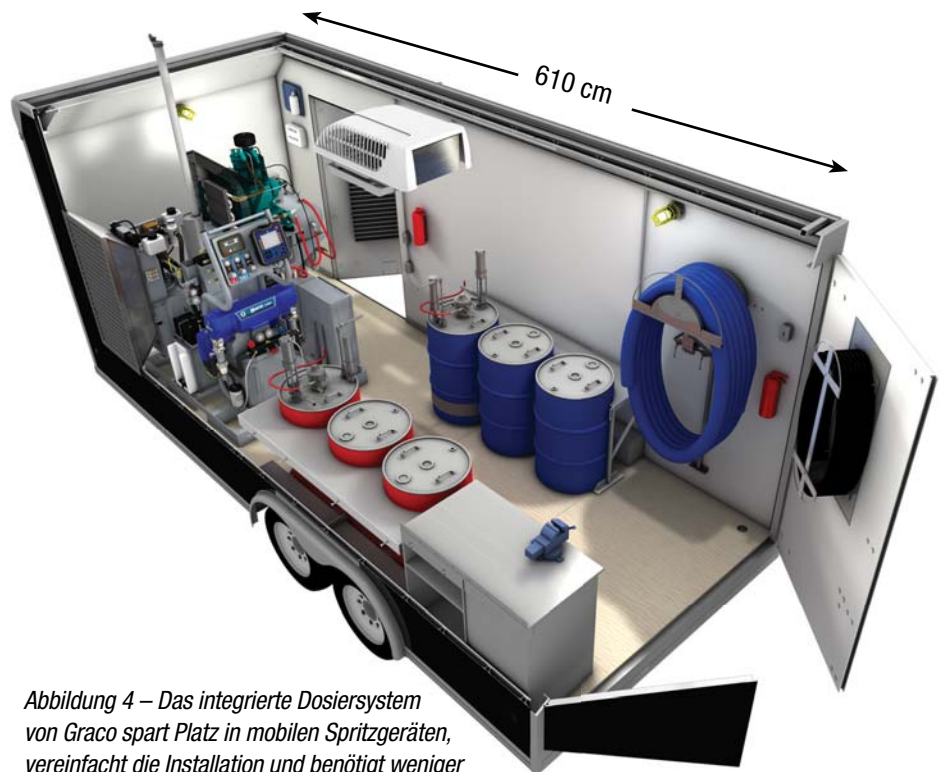



Abbildung 4 – Das integrierte Dosiersystem von Graco spart Platz in mobilen Spritzgeräten, vereinfacht die Installation und benötigt weniger Kraftstoff im Betrieb

---



Wenn Händler mobile Spritzgeräte zusammenstellen, wird der Generator meist an einem eigenen Platz untergebracht, wo der Motor genügend Kühlung erhält und die Geräuschentwicklung möglichst gering ist. Das neue integrierte System kann in Anhängeraufbauten oder Transporter eingebaut werden und benötigt keine Zwischenwände, weil der kleinere Motor leiser arbeitet. Auf Wunsch des Kunden lässt sich zwischen Motor und Dosiergerät eine Zwischenwand einfügen. Für die Motorkühlung sind nur einige Durchführungen durch die Anhängerwand zum Motorkühler erforderlich. So lassen sich auch hier Materialkosten sparen und die Bauzeit für den Anhänger verkürzt sich.

### **Überlegungen zur Bedienungsfreundlichkeit**

Der dritte wichtige Konstruktionsbereich umfasste die Bedienungsfreundlichkeit und den menschlichen Faktor. Dazu befasste man sich mit dem System hinsichtlich seiner Service- und Reparaturfreundlichkeit sowie dem Einsatz der Systemsteuerung im Arbeitsalltag. Der Endverbraucher hat von einem zentralen Ort aus bequemen Zugriff auf Systemsteuerung, Luftverteiler, Motor und Dosiergerät. Das Layout von Motor und Dosiergerät berücksichtigt Service- und Reparaturarbeiten, so sind beispielsweise etwa die Y-Chemikaliensiebe in einer besser zugänglichen Höhe angebracht zusammen mit dem Manometer für den Materialzufuhrdruck und den Thermometern. Das neue Design des Schaltschranks sorgt für eine geordnete Unterbringung aller Verkabelungen für Dosiergerät und Hilfseinrichtungen und vereinfacht Fehlersuche und Reparaturen. Damit entfallen auch die Kosten für separate Trennschalter für die Lasten der Hilfseinrichtungen.

## **Neue Technologien bringen Vorteile**

Die Serie integrierter Reactor-Dosiergeräte nutzt neue Technologien für mobile Systeme zum Spritzen von Polyurea und PU-Schaum. Die größten Fortschritte für Auftragnehmer stellen zweifellos die Nutzung der KWK und die damit einhergehende Verwendung eines kleineren Dieselgenerators dar. Hinzu kommen Verbesserungen in der Steuerungssoftware für Temperatur und Druck sowie eine komplett überarbeitete elektronische Bedienerschnittstelle.

### **KWK-Technologie spart Kraftstoff**

Dieselmotoren haben, wie alle Einrichtungen zur Energieumwandlung, nur einen begrenzten Wirkungsgrad. Wie in Abbildung 5 dargestellt, lassen sich lediglich etwa 30 % der im Kraftstoff enthaltenen Energie mit einem Dieselmotor in mechanische Arbeit umsetzen. Von diesen 30 % wiederum werden 80 % in elektrische Energie umgewandelt, der Rest geht im Generator verloren. Somit gehen also rund 76 % der im Kraftstoff enthaltenen Energie komplett verloren.

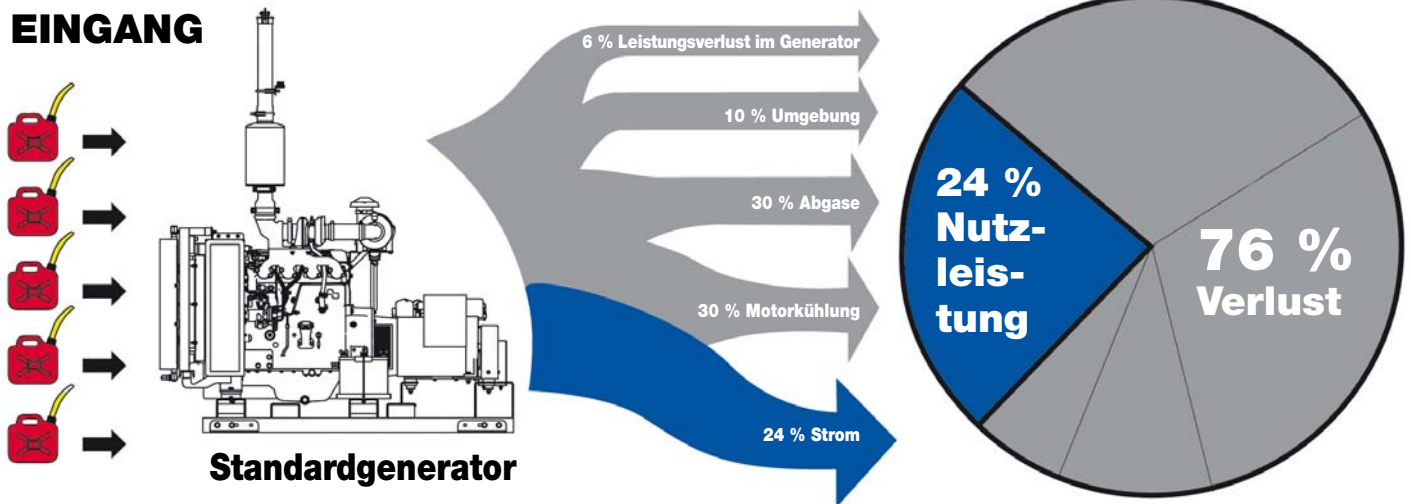
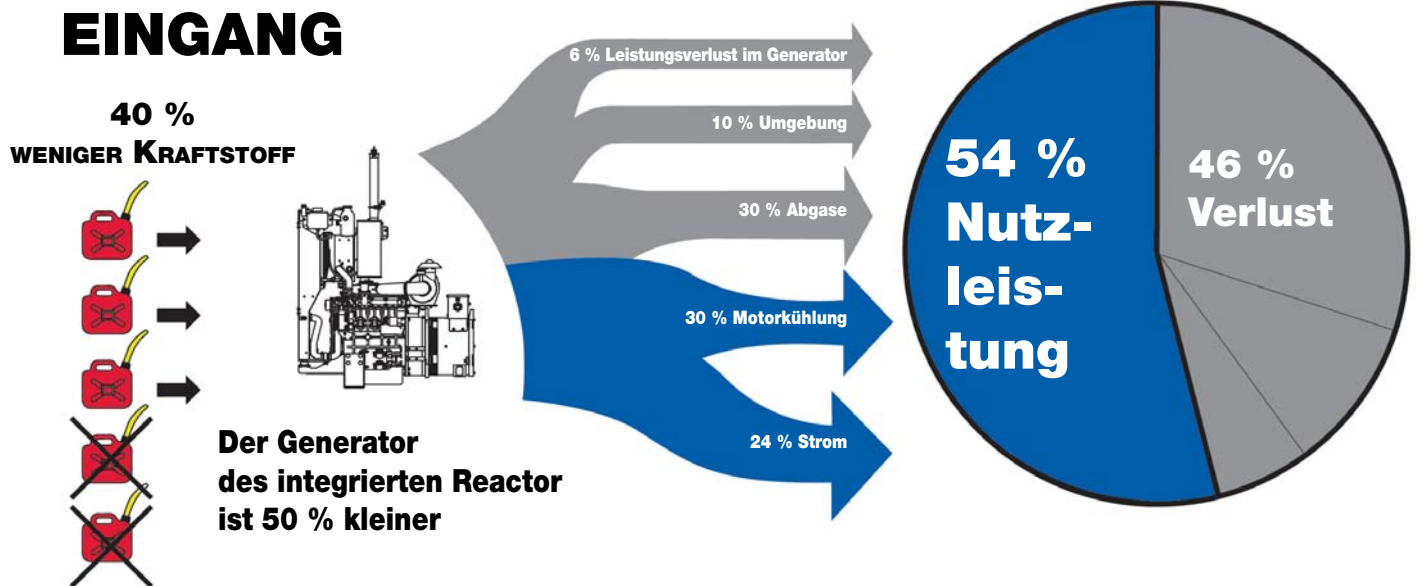


Abbildung 5 – Wirkungsgrad eines Standard-Dieselgenerators

Unter diesen Voraussetzungen leistet die KWK einen erheblichen Beitrag zum Systemwirkungsgrad und den Kraftstoffeinsparungen. Wie bereits angesprochen, liefert die KWK beides – nutzbare Wärme und Strom aus derselben Energiequelle. Aufgrund der gesunkenen Leistungsanforderungen wurde ein kleinerer Generator gewählt, der dennoch ausreichend Energie für die Strom- und Druckluftversorgung liefert. Darüberhinaus liefert die Motorkühlung auch noch genug Abwärme zum Erwärmen der beiden Materialien, die mit dem Dosiergerät gespritzt werden. Die KWK liefert dieselbe Leistung wie die Konfiguration mit Standardgenerator. Allerdings bei gleichzeitig erheblicher Einsparung der eingesetzten Energie (Kraftstoff). (siehe Abbildung 6 auf Seite 6.)



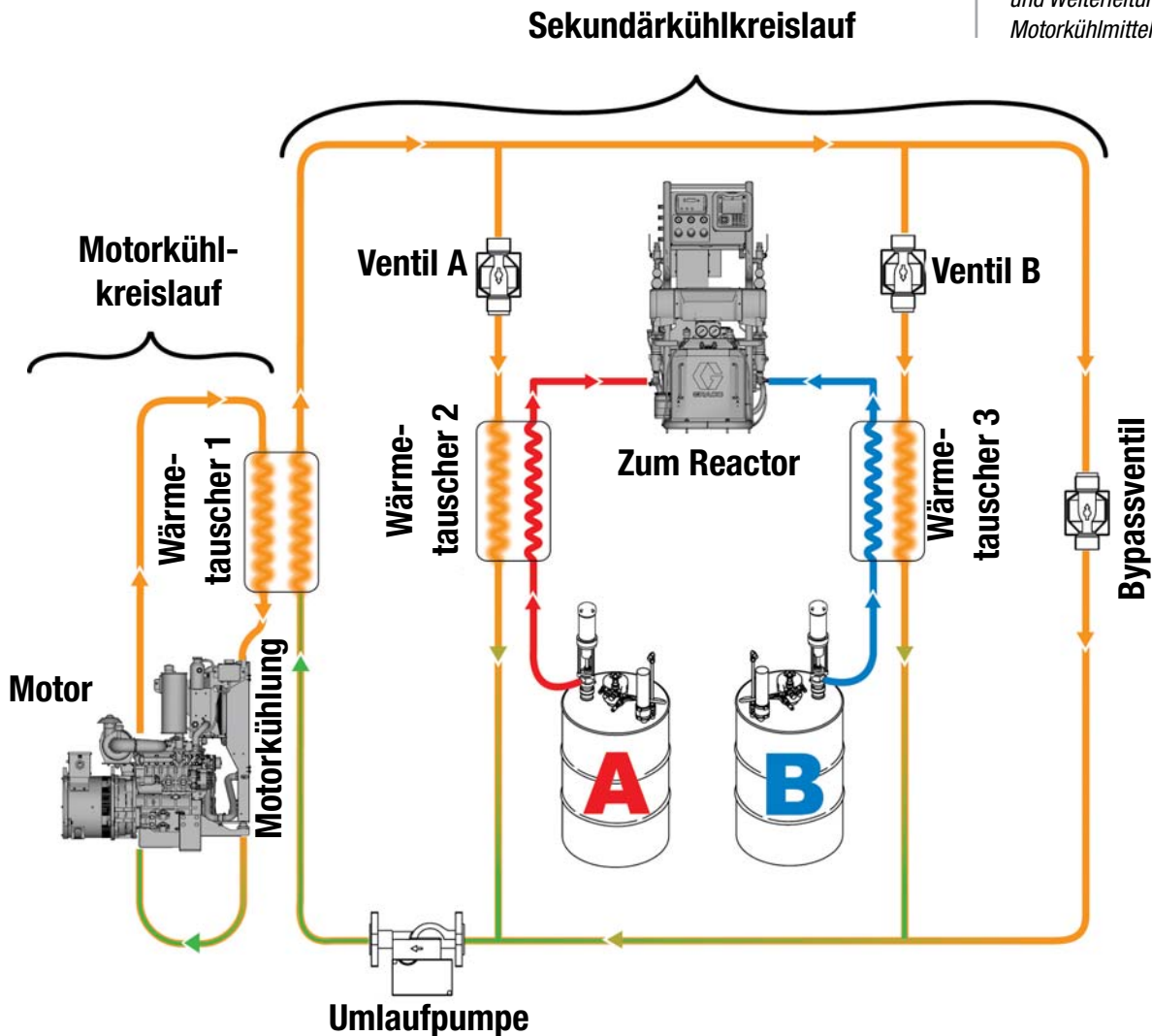
Von besonderem Interesse: Kraftstoffeinsparungen lassen sich vor allem durch Weglassen der stromverbrauchenden Materialheizgeräte erzielen und nicht durch einen kleineren Generator. Der Generator des neuen integrierten Systems verbraucht mit seinen 22 kW deutlich weniger Kraftstoff, als ein Reactor-Dosiersystem in Standardausführung mit 20-kW-Generator. Dabei ist zu beachten, dass sich der Kraftstoffverbrauch proportional zur mechanischen Last verhält und nicht zur Größe des Motors.

Bei herkömmlichen mobilen Dosiergeräten ist die vom Motorkühler abgegebene Wärme ein Nebenprodukt der Erzeugung nutzbarer mechanischer / elektrischer Energie. Das integrierte Reactor-Dosiergerät bietet klare Vorteile: es nutzt dieses Nebenprodukt als Energiequelle, um den Bedarf an mechanischer / elektrischer Energie des Dosiersystems zu decken. Das bedeutet Kraftstoffeinsparungen. Das vorangehende Beispiel verdeutlicht: der Generator mit 22 kW Leistung arbeitet normalerweise mit 25 bis 50 % der mechanischen Last, wohingegen der mit 20 kW nahe 100 % Last arbeitet, um den zusätzlichen Leistungsbedarf der elektrischen Heizgeräte zu decken.

*Abbildung 6 – Die Vorteile der KWK: der kleinere Generator verbraucht bei gleicher Leistung weniger Kraftstoff, als der größere Generator*

Die üblicherweise über den Motorkühler abgegebene Wärme wird in drei Wärmetauschern und zwei Kühlmittelkreisläufen vom Motorkühlmittel auf das Material übertragen. Wie in Abbildung 7 ersichtlich, durchläuft das Motorkühlmittel den Wärmetauscher 1 und überträgt die Abwärme des Motors auf das Kühlmittel im Sekundärkreislauf. Im zweiten Kreislauf bleibt die übertragene Wärme solange gespeichert, bis das Reactor-Dosiergerät diese zum Erwärmen eines Materials oder beider Materialien abrufen. Außerdem wird dadurch bei eventuellen Undichtigkeiten das Eindringen von Material aus dem Wärmeaustauscher in den Motor unterbunden. Die Steuerungssoftware steuert die drei Ventile im Sekundärkreislauf, leitet das Kühlmittel durch die Wärmetauscher A und B, um die Temperatur des vom Dosiergeräts kommenden Materials sorgfältig zu steuern. Überschüssige Wärme, die nicht zum Erwärmen des Materials benötigt wird, wird über den Motorkühler abgegeben.

Abbildung 7 – Wärmeübernahme und Weiterleitung vom Motorkühlmittel zum Material



Das Wärmetauschersystem erwärmt Materialien auf maximal 60 °C. Wird zusätzliche Heizleistung benötigt, lässt sich die Temperatur mit optional erhältlichen Heizgeräten weiter bis auf maximal 82 °C steigern. Die beste Wärmeübertragung wird erreicht, wenn zwischen Material und Kühlmittel ein deutlicher Temperaturunterschied herrscht. Die Temperatur des Motorkühlmittels beträgt üblicherweise 94 °C. Die Differenz zur eingestellten Materialtemperatur von 82 °C liegt dann bei lediglich 11 °C.

Bei hohem Materialdurchsatz und geringem Temperaturunterschied wird nur wenig Wärme übertragen. Dann kann es dazu kommen, dass die Materialtemperatur unter die voreingestellten 82 °C fällt. Mit einem zusätzlichen elektrischen Heizgerät mit 4 kW Leistung kann das System die erforderliche zusätzliche Temperaturänderung für Polyurea-Beschichtungen bereitstellen. Trotz dieser Einschränkung ist das System in der Lage, eine Temperaturänderung von 56 °C ohne Zusatzheizung und mit optionaler Zusatzheizung sogar bis zu 78 °C zu erreichen, mehr als ein Reactor-System in Standardausführung. Ein weiterer Vorteil der Aufteilung des Temperaturanstiegs liegt darin, dass das in die Pumpen des Dosiergeräts eintretende Material eine maximale Temperatur von 60 °C aufweist, was die Lebensdauer der Pumpendichtungen verlängert. Mit diesem Verfahren ist die Steuerung und Reproduzierbarkeit der Materialtemperatur ebenso einfach, wie bei Reactor-Systemen in Standardausführung, allerdings mit wesentlich geringerem Energieverbrauch.

Energieeffizienz ist aber nur ein Teil der Gleichung. Im Vergleich zu einem herkömmlichen mobilen Spritzgerät mit 40-kW-Generator, sind hier klare Vorteile bezüglich Gewicht, Größe und Geräuschkentwicklung festzustellen. Das integrierte Reactor-Dosiersystem arbeitet mit einem Perkins-Dieselmotor mit 29 PS und einem 22-kW-Generator Mecc Alte™. Tabelle 1 veranschaulicht die Unterschiede zwischen einem 40-kW-Generator und dem im integrierten Reactor-Dosiersystem verwendeten Generator.

**Tabelle 1. Die Vorteile des integrierten Systems gegenüber einem Standardsystem**

	Generator im Standardsystem	Generator im integrierten System	Integriert im Vergleich zu Standard
Motorleistung	86 PS	29 PS	66 % weniger
Generatorleistung	40 kW	22 kW	45 % weniger
Abmessungen (LxBxH)	170 x 90 x 120 cm	150 x 65 x 95 cm	46 % kleiner
Generatorgewicht	860 kg	320 kg	63 % leichter
Kraftstoffverbrauch im Teillastbereich	5,7 l/h	3,4 l/h	40 % weniger



## Steuersoftware

Für die Steuersoftware des integrierten Systems wurden zusätzliche Funktionen entwickelt. Beispielsweise eine verbesserte Drucksteuerung, die den Druckabfall beim Hubwechsel der Pumpe minimiert - statischer und dynamischer Druck (Pistolenabzug) sind ausgeglichener, was eine bessere Spritzleistung bedeutet. Weitere Energieeffizienz wurde durch Einsatz eines elektrischen Ventilators für den Motorkühler anstelle eines herkömmlichen riemengetriebenen erreicht.

Per Softwaresteuerung erfolgt das Ein- und Ausschalten des Ventilators. Auf diese Weise werden Motor und Kühlmittel immer auf optimaler Betriebstemperatur gehalten und das Kühlmittel beim Durchlaufen des Motorkühlers nicht stärker als nötig heruntergekühlt, wodurch ja Wärmeenergie verloren ginge. Der Motor arbeitet nicht nur effizienter, so kann auch Abwärme vom Motor im Kühlsystem für den Fall gespeichert werden, dass viel Material aufgewärmt werden muss.

## Bedienerschnittstelle

Die elektronische Bedienerschnittstelle mit der Bezeichnung Advanced Display Module (ADM) verfügt über viele neue Funktionen und ein intuitives Bedienkonzept, das den täglichen Betrieb vereinfacht (Abbildung 8). Das ADM liefert einen Überblick über alle im Netzwerk befindlichen Steuermodule für Pumpen und Heizsysteme und überwacht die Temperaturen und Drücke im System. Die gegenüber Reactor-Systemen in Standardausführung genaueren Fehlercodes sind eine große Hilfe bei der Fehlersuche. Die Anzeige liefert detaillierte Hinweise zur Fehlersuche, sobald ein Fehler auftritt. Die Datenaufzeichnungsfunktion und die Möglichkeit, Daten einfach von einem USB-Speichermedium herunterzuladen zu können, liefern dem Anwender detaillierte Einblicke in die protokollierten Daten über Materialauftrag und den Systemstatus.

Das System kann die Drücke der Materialien A und B gleichzeitig anzeigen - eine große Hilfe beim Abgleich der Drücke während der Inbetriebnahme und bei der Fehlersuche. Die Füllstandsüberwachung anhand der Pumpenzyklen oder Doppelhübe schaltet das Dosiergerät automatisch ab, wenn das Material in den Fässern nahezu verbraucht ist. Anwender, die verschiedene Materialien spritzen, werden sich über die Speicherfunktion für Materialrezepturen freuen. Das System bietet auch eine optional erhältliche Fernanzeige. So hat der Auftragnehmer stets alle Überwachungs- und Steuerfunktionen im Blick – direkt an der Spritzpistole.



*Abbildung 8 – Das moderne Anzeigemodul (Advanced Display Module, ADM) bietet eine bedienungsfreundliche Schnittstelle mit detaillierten Fehlercodes, Hilfe bei der Fehlersuche und Datenaufzeichnung*

## Zusammenfassung

Die Serie integrierter Reactor-Dosiergeräte zeichnet sich im Vergleich zu Standardausführungen mobiler Spritzgeräte durch zahlreiche Vorteile aus und bietet dabei vergleichbare oder sogar bessere Funktionen als Reactor-Systeme in Standardausführung.

Das System ist kompakt und betriebsfertig aufgebaut. Die Installation ist mit bereits fertig verdrahtetem Generator, Schalttafel und Luftverteiler deutlich einfacher. Optional kann das System auch mit vorinstalliertem Kompressor und Lufttrockner ausgestattet werden.

Endverbraucher erzielen mit dem kleineren Motor erhebliche Einsparungen beim Kraftstoffverbrauch und die vom System genutzte KWK-Technologie zum Aufwärmen der Materialien A und B senkt den Stromverbrauch. Ein Rechner für den Kraftstoffverbrauch ist online verfügbar. Damit lassen sich die mit der benötigten Systemkonfiguration zu erwartenden jährlichen Kraftstoffeinsparungen berechnen.

Mit einer Graco Fusion®-Spritzpistole 02 Mischkammer erreicht das System eine Temperaturänderung von 56 °C und mit Zusatzheizung sogar bis zu 78 °C, wenn die Ausgangstemperatur des Materials bei 4 °C liegt. Beide erwärmen das Material schneller, als Reactor-Systeme in Standardausführung.

Mit neuem elektronischen Display und neuer Steuerung bekommt der Auftragnehmer detailliertere Fehlercodes und damit fortschrittlichere Fehlersuchmöglichkeiten direkt über das die Anzeige. Download der Auftragsdaten auf USB-Speichermedium, grafische Darstellung der Füllstände in den Fässern, einstellbare Abschaltung bei Druckschwankungen und geringer Materialmenge sowie Speicherfunktion für Materialrezepturen. Eine Fernanzeige an der Spritzpistole ist optional verfügbar.

Die verbesserte Drucksteuerung sorgt für gleichmäßigeren Spritzdruck an der Spritzpistole. Geringerer Druckabfall zwischen statischem und dynamischem Druck. Weniger Druckschwankung beim Hubwechsel der Pumpe.

Die Materialkosten des Auftragnehmers sinken, was das Wachstum unterstützt - sowohl für die verwendeten Materialien als auch für deren Anwendungen. Die deutlichen Vorteile des integrierten Reactor-Systems hinsichtlich Zeiteinsparung und Kosten zeigen ganz klar die Leistungsfähigkeit der KWK-Technologie mit Dosiergeräten von Graco.

## BIOGRAPHIE

### ARTHUR T. GRAF

*Arthur Graf ist Elektroingenieur in der Abteilung Applied Fluid Technologies bei Graco und arbeitet in Minneapolis, MN.*

*© 2012 Graco Inc. 348761 DE Ausgabe A 10/12. Alle Informationen, Illustrationen und Spezifikationen in dieser Broschüre basieren auf den aktuellsten Produktdaten, die bei Drucklegung verfügbar waren. Graco behält sich das Recht vor, jederzeit ohne Vorankündigung Änderungen vorzunehmen. Alle anderen Markennamen werden zur Identifizierung der Produkte verwendet. Es handelt sich um Markennamen der jeweiligen Eigentümer.*