

In Extrusionslinien sind kontinuierlich arbeitende gravimetrische Dosiersysteme ein wesentlicher Bestandteil der Produktionseinheit

Feinfühlig dosieren

Für Kleinmengen. Mit der zunehmenden Praxis beim Verarbeiten von Mehrkomponentenmischungen, Funktionsadditive als hochkonzentriertes Masterbatch zuzusetzen, erreichen bisherige Dosiersysteme häufig ihre Leistungsgrenze. Gefordert ist dann eine besonders hohe Dosierkonstanz. Mit einem neuen Kleinmengendosiersystem, konzipiert für die gravimetrischen Dosier- und Mischsysteme, lassen sich jetzt Durchsätze bis hinunter zu rd. 3 g/min (etwa 200 g/h) prozessstabil dem Materialhauptstrom zudosieren.

**HEIKO CHRIST
CARLOS HELM**

Beim Verarbeiten von Kunststoffen, ob durch Spritzgießen oder Extrudieren, führen häufig erst Mischungen unterschiedlicher Materialien zum gewünschten Eigenschaftsprofil der Produkte, und sei es nur die individuelle Farbgebung durch Zudosieren eines Farbbatchs. Insbesondere bei Extrusionsprozessen werden vielfach gleich mehrere unterschiedliche Materialien miteinander verarbeitet, die ein Dosiersystem nach vorgegebener Rezeptur der Verarbeitungsmaschine bereitstellt. Genauig-

keit, Konstanz und Reaktionsschnelligkeit dieser Systeme bei sich verändernden Prozessparametern beeinflussen entscheidend sowohl die Produktqualität als auch die Prozessstabilität und damit die Wirtschaftlichkeit der Produktion. Sollen Kleinstmengen wie hochkonzentriertes Additiv-Masterbatch dem Materialhauptstrom kontinuierlich zugesetzt werden, stellt dies besonders hohe Anforderungen an die Dosierkonstanz.

Volumetrisch oder gravimetrisch, diskontinuierlich oder kontinuierlich?

Je nach Anwendung und geforderter Genauigkeit stehen Dosiereinrichtungen in unterschiedlicher Ausführung zur Verfü-

gung. Robust und am kostengünstigsten sind volumetrisch arbeitende Systeme. Hierbei wird die zu dosierende Materialmenge über Dosierscheiben mit an die geforderte Dosierleistung angepasster Kammergröße oder über die Drehzahl von Dosierschnecken eingestellt (**Bild 1**). Volumetrische Dosiergeräte müssen stets auf die individuellen Schüttdichten der verarbeiteten Materialien kalibriert sein. Hierbei können häufig Fehler auftreten. Erfolgt die Kalibrierung nicht nahe am realen Durchsatz der jeweiligen Komponente, ist die hierfür benutzte Waage falsch tariert oder werden gar die ermittelten Werte falsch in die Steuerung der Dosiereinrichtung übertragen, führt dies unweigerlich zu Verfälschungen der gewünschten Dosierverhältnisse. Lange

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110672

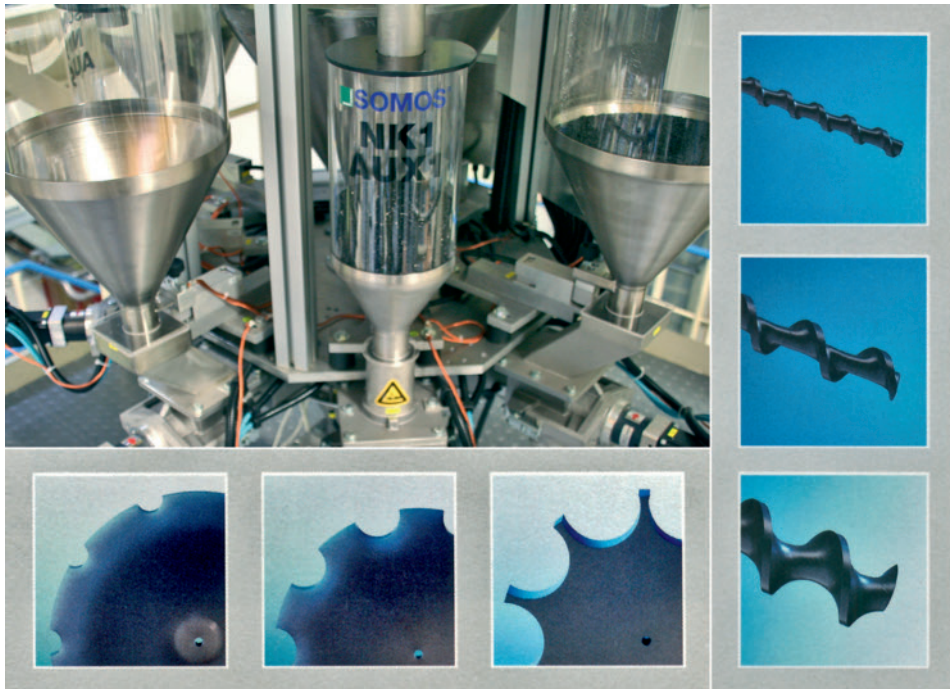


Bild 1. Je nach Dosierleistung haben Dosierstationen Dosierscheiben mit unterschiedlicher Kammergröße (unten links, ausschließlich bei volumetrischen Systemen eingesetzt) oder Dosierschnecken mit unterschiedlichen Durchmessern und Ausführungen (rechts). Bild oben links: Das gravimetrische Dosiersystem Somos Gramix S9 kann bis zu neun Komponenten gleichzeitig dosieren

Laufzeiten ohne turnusmäßig erneutes Kalibrieren können durch Materialablagerungen oder Verschleiß im Dosiersystem zu Ungenauigkeiten führen. Trotz aller Sorgfalt bleibt bei volumetrischen Dosiersystemen eine Unsicherheit immer bestehen: Änderungen in der Schüttdichte des Materials im Prozessverlauf werden nicht erkannt und nicht ausgeglichen.

Von Schwankungen in der Schüttdichte weitgehend unbeeinflusst arbeiten gravimetrische Dosiersysteme, da sie die Rezepturkomponenten durch Messen des Gewichts erfassen. Zum Einsatz kommen diskontinuierlich (chargenweise) und

kontinuierlich arbeitende Systeme. Bei der Chargendosierung werden die einzelnen Komponenten nacheinander in einen gemeinsamen Wägebehälter entsprechend ihrem Gewichtsanteil an der Mischung dosiert und anschließend in einer darunter angeordneten Mischkammer gemischt. Damit hängt die Dosiergenauigkeit vom Gesamtgewicht der Charge (Auflösung der Wägezelle) ab. Grenzen sind dadurch beim Erfassen von Kleinmengen einer Komponente gesetzt, sollen diese mit hinreichender Genauigkeit einer vergleichsweise großen Charge zudosiert werden. Die größten Fehler bei

Chargendosierern können allerdings in der Mischkammer auftreten, da jeder Mischvorgang stets die Gefahr des Entmischens birgt. Diese Gefahr ist immer dann groß, wenn sich Schüttdichte, Form und Größe der Mischungskomponenten deutlich unterscheiden.

Kontinuierlich arbeitende gravimetrische Dosiersysteme (**Bild 1**) regeln alle Rezepturkomponenten zeitsynchron und versorgen die Verarbeitungsmaschine mit einem kontinuierlichen, sogenannten längshomogenen Massestrom. Jeder Materialbehälter sitzt dazu auf einer Wägezelle, angepasst an den jeweiligen Materialdurchsatz. Mit dem für jede Waage separat ermittelten Durchsatz werden die austragenden Systeme – meist Dosierschnecken mit Servoantrieb – entsprechend der prozentualen Mischungszusammensetzung geregelt.

Gravimetrisch und kontinuierlich dosierende Systeme sind die zurzeit präzisen Ausführungen und werden überwiegend in der Extrusion eingesetzt. Potenzielle Fehlerquellen sind allerdings Erschütterungen der Dosierwaagen im Produktionsprozess, falsches Abgleichen der Waagen sowie falsche Wahl des Wägeintervalls zur Gewichtsermittlung.

Dosierpräzision verlässlich beurteilen

Zur eindeutigen Vergleichbarkeit von Dosiersystemen gibt es derzeit keine verbindlichen Normen. Ansätze zur Vereinheitlichung der bislang in der Praxis häufig verwendeten unterschiedlichen Bezeichnungen und Angaben über erzielbare Dosiergenauigkeiten und Toleranzen liefern das Namur-Arbeitsblatt NA 40 [1] und eventuell noch die DIN-Normen zur Wägetechnik. Hierbei werden allerdings stets nur kontinuierliche Dosierverfahren betrachtet, Auswirkungen auf den Folgeprozess nicht mit einbezogen. Dennoch sind die dort getroffenen Definitionen hilfreich, Transparenz zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Dosiersystemen zu schaffen.

Laut NA 40 [1] gibt die „Dosiergenauigkeit“ (bzw. der Dosierfehler) S_D die Abweichung des arithmetischen Mittelwerts von n gemessenen Massestromproben [kg/h] vom eingestellten Sollwert an. Dazu empfiehlt NA 40 eine Probenmesszeit von 1 min und eine Probenanzahl von $n = 30$ (somit eine Gesamtmesszeit von 30 min). Bei kritischer Bewertung hat diese Größe (beispielsweise $S_D = \pm 1\%$ oder gar $\pm 0,5\%$, wie vielfach in Verkaufsunterlagen angegeben) wenig

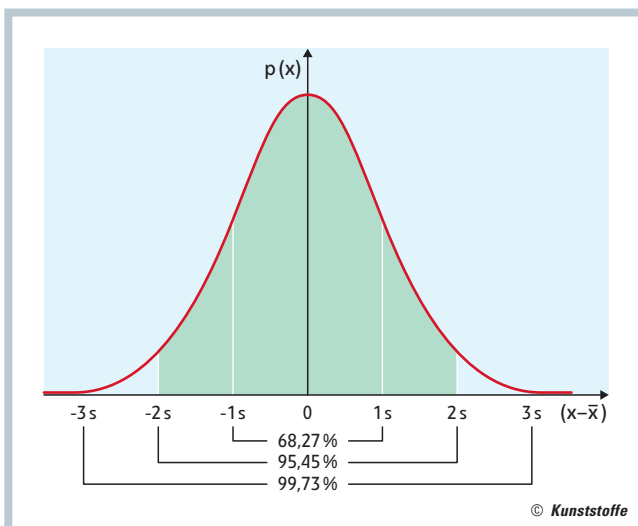


Bild 2. Normalverteilung mit einfacher, doppelter und dreifacher Standardabweichung [2]; die Dosierkonstanz S_K schließt 95,45% ($\pm 2s$) aller Stichprobenmesswerte (x) ein

Aussagekraft: Bei einer genügend großen Stichprobenzahl wird der gemessene Mittelwert stets dem eingestellten Sollwert nahezu entsprechen, es sei denn, die Kalibrierung der Wägezelle – oder der Regelalgorithmus – war fehlerhaft.

Eine detailliertere Aussage trifft die „Dosierkonstanz“ S_K [1]: Sie gibt die Streuung der Dosierstromproben um den

dem sehr stark auch in der Form und Größe. Dadurch sind schnell Grenzbereiche erreicht, soll insbesondere Masterbatch in Kleinstmengen zudosiert werden, beispielsweise mit einem Massestrom von lediglich 200 g/h (entspr. rd. 3,3 g/min).

Ein typisches, zylindrisches Granulat-korn mit im Mittel 3 mm Durchmesser und 4 mm Länge wiegt rd. 28 mg. Fällt

zugreifen, um die durch die Korngröße bedingten, nicht vermeidbaren Dosierfehler zu minimieren (Bild 3).

Zu diesem durch das Material bedingten Einfluss kommen technologische Einschränkungen durch das Dosiersystem selbst und dessen Regelung hinzu. Hier gibt es allerdings mittlerweile deutliche Fortschritte, wie die aktuelle Wägezellen-

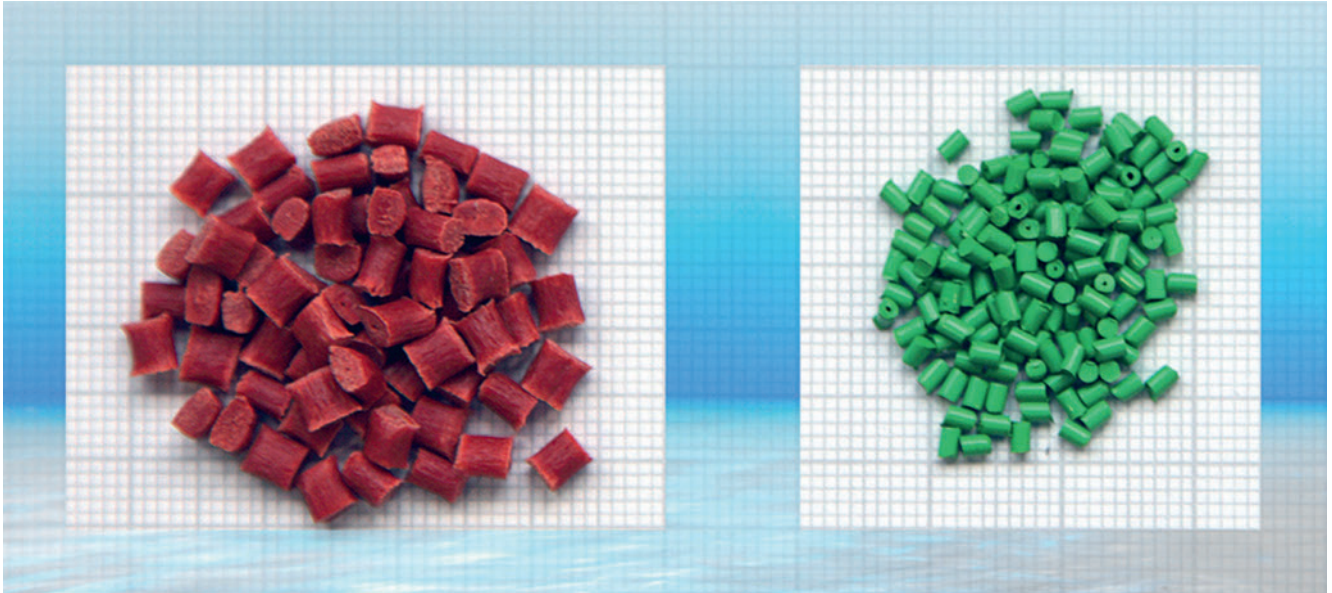


Bild 3. Die kleinste Gewichtseinheit, die dosiert werden kann, ist durch das Granulat Korn vorgegeben. Mikrogranulate (rechts) minimieren den durch die Korngröße bedingten Dosierfehler

Probenmittelwert an (Probenanzahl und Probenmesszeit entsprechend Dosiergenauigkeit). Als Toleranzgrenze für diese Maßzahl wird sogar die doppelte Standardabweichung ($\pm 2 s$ bzw. $\pm 2 \sigma$) festgelegt (Bild 2): Eine Angabe von beispielsweise $S_K = \pm 1 \%$ besagt, dass dieser Toleranzbereich um den Mittelwert 95,45 % aller Stichprobenmesswerte abdeckt.

Um die für eine Anwendung gewünschte „Genauigkeit“ eines Dosiersystems zu beurteilen, sollte demnach stets die damit erreichbare Dosierkonstanz herangezogen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine für den geplanten Einsatz sinnvolle Stichprobenmesszeit gewählt wird.

Den Materialeinfluss berücksichtigen

Die Beschaffenheit des verarbeiteten Materials – in der Kunststoffverarbeitung mehrheitlich als Granulat – hat ebenfalls einen Einfluss auf den Dosierprozess. Daher sollte stets eine Prüfreihe mit dem jeweils verarbeiteten Materialtyp durchgeführt werden. Granulate unterscheiden sich nicht nur in ihrer Schüttdichte, son-

pro Minute – der Probenmessdauer, wie in NA 40 empfohlen – nur ein Granulat-korn mehr oder zu wenig aus dem Dosiersystem, entspricht dies bei 3,3 g Sollgewicht bereits einem Fehler von $\pm 0,85 \%$. Genauer als auf ein Granulat-korn kann nicht dosiert werden, und die Granulatkörner sind zudem noch uneinheitlich in ihrer Größe und damit im Gewicht. Bei Kleinstdurchsätzen ist daher zu empfehlen, auf Mikrogranulate zurück-

zugreifen und das neue Kleinstmengen-dosiersystem von Mann+Hummel Protec, konzipiert für den Einsatz in den gravimetrischen Dosier- und Mischsystemen Somos Gramix S9 bzw. Gramix E.

Hochdynamische Wägeelektronik, ...

Besonderes Merkmal der Wägezelle, die in den Dosier- und Mischsystemen Gra-

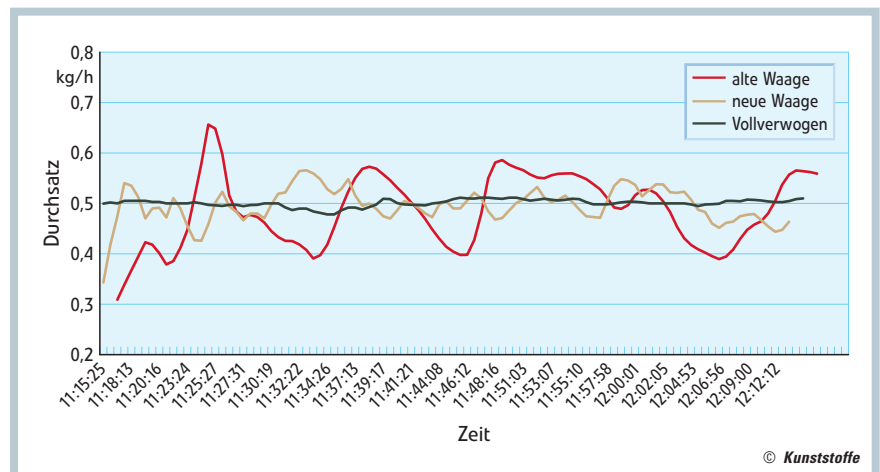


Bild 4. Zeitlicher Durchsatzverlauf einer Dosierstation, ermittelt mit unterschiedlichen Wägesystemen

mix S/E heutiger Generation zum Einsatz kommt, ist die äußerst hohe Dynamik der Wägeelektronik. Mit einem im Vergleich zur Vorgängergeneration jetzt vierfach schnelleren Wägeprozess verkürzen sich die zur Regelung erforderlichen Wägeintervalle gravierend – die Genauigkeit steigt. Den Unterschied dieser beiden Systeme zeigt **Bild 4**. Hierzu wurden im Verlauf von einer Stunde die als Durchsatz ausgewerteten Signale der Messzelle in Zeitabständen von 20 s registriert. In beiden Fällen wurde so das kontinuierlich abnehmende Gewicht des Materialvorratsbehälters ermittelt, der Materialaustrag erfolgte mit einer Dosierschnecke.

Bei der früheren Wägezelle (alte Waage) sind deutlich ausgeprägte, wiederkehrende Signalschwankungen um den Sollwert von 0,5 kg/h zu erkennen, bedingt durch den zu dieser Zeit standardmäßig vorgegebenen Auswertalgorithmus. Aus dieser Signalfolge galt es, eine zur Einhaltung des Nenndurchsatzes sinnvolle Drehzahlregelung abzuleiten. Mit der jetzigen Wägeelektronik (neue Waage) treten durch die sehr kurzen Kommunikations- und Reaktionszeiten diese nahezu periodischen Signalschwankungen um den Sollwert herum nicht mehr auf. Damit wird auch ein deutlich schnelleres Korrigieren selbst kurzfristiger Durchsatzschwankungen der Verarbeitungsmaschine möglich. Das erlaubt zugleich ein deutlich schnelleres Anfahren des Extruders, wodurch der damit verbundene Materialverlust sinkt.

... kombiniert mit „Vollverwägung“ und „Einzelkornaustrag“

Dass die Signale der „neuen Waage“ reale Gewichtsangaben wiedergeben, zeigt der dritte Kurvenverlauf in **Bild 4**: In der Konfiguration „vollverwogen“ hält die Dosieranlage über die gesamte Versuchsdauer von 1 h nahezu konstant die Sollvorgabe von 500 g/h ein. Hierzu wurden allerdings zwei weitere Maßnahmen umgesetzt. Zum einen erfasst die Wägezelle nicht nur das Materialgewicht im Vorratsbehälter (bislang Standard bei gravimetrischen Dosieranlagen), sondern das gesamte Gewicht bis zum Austrag des Materials in den Mischständer: Die Wägezelle ermittelt zusätzlich das Gewicht des Materials, solange es sich noch im Dosiersystem befindet (**Bild 5**). Damit wird exakt das Additivgewicht erfasst, das dem Materialhauptstrom zudosiert wurde.

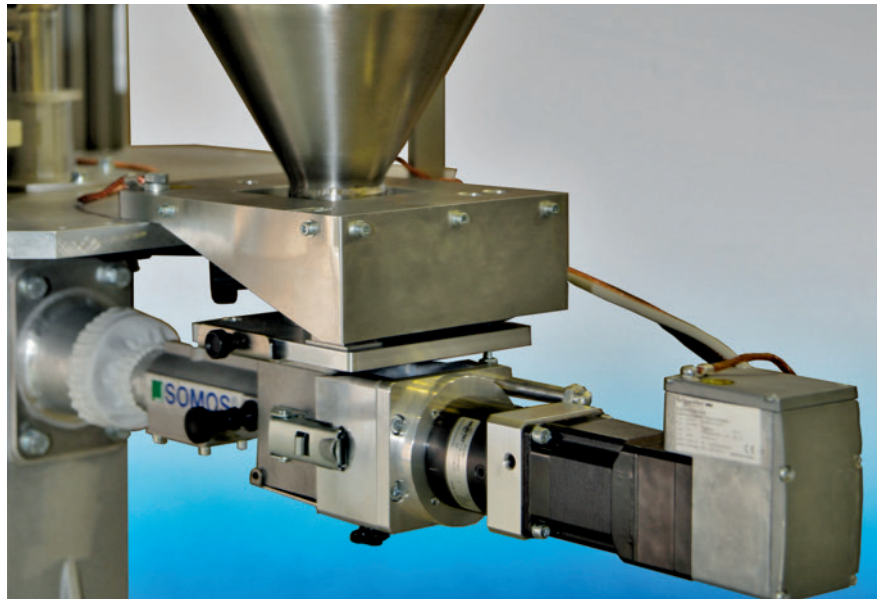


Bild 5. Bei der vollverwogenen Dosierstation erfasst die Wägezelle kontinuierlich das Materialgewicht im Materialbehälter und im darunter angeordneten Austragsystem

Zum anderen wurde das Dosiersystem konstruktiv so modifiziert, um damit die dosierte Materialmenge bis hinunter zum nahezu kontrollierten Einzelkornaustrag zu realisieren. Mit dem bisherigen Schneckensystem ist dies nicht möglich. Hier treten zudem durch nicht vermeidbare Unregelmäßigkeiten in der Schneckengangfüllung immer wieder Sollwert-Abweichungen auf, wie sie auch in **Bild 4** sichtbar sind (neue Waage). Bei großen zu dosierenden Durchsätzen ist dies unkritisch, der Grenzfall wird bei der Kleinstmengendosierung überschritten.

Das neue vollverwogene Kleinstmengendosiersystem erreicht eine Dosierpräzision von $S_K = \pm 1 \%$, bei höheren Durchsätzen sogar von $\pm 0,5 \%$. Ausgelegt ist es für Durchsätze von 200 g/h bis zu gut 10 kg/h.

Die erhöhte Leistungsfähigkeit der gravimetrischen Dosiersysteme Gramix S/E wird durch eine ebenfalls neue Steuerung (MH 45) unterstützt. Neu und besonders hilfreich ist die darin integrierte grafische Darstellung der wichtigsten Zustände des Dosiersystems. Dadurch sind schnell und einfach Rückschlüsse auf den aktuellen Zustand von System und Prozess möglich, Störungen und eventuell auftretende Fehler werden als Klartext angezeigt. Alle Prozessparameter werden tabellarisch dargestellt und lassen sich dort an den jeweiligen Verarbeitungsprozess anpassen. Die neue grafische Menüführung der MH 45 vereinfacht nicht zuletzt die Bedienung beim Waagenabgleich, mit Klartext schrittweise geführt bis zum Nullpunktabgleich oder Nacharieren.

Potenzielle Fehlermöglichkeiten beim Kalibrieren der Wägezelle werden so minimiert. ■

LITERATUR

- 1 Arbeitsblatt NA 40: Dosiergenauigkeit von kontinuierlichen Waagen. Namur-Arbeitskreis 3.3 Wägetechnik (Hrsg.), Leverkusen, Ausgabe vom 01.06.2006 – www.namur.de
- 2 Handbuch Dosieren. Vetter, G. (Hrsg.), 2. Aufl., Vulkan, Essen 2001

DIE AUTOREN

DIPL.-ING. HEIKO CHRIST, geb.1980, ist Entwicklungingenieur im Bereich Dosiertechnik der Mann+Hummel ProTec GmbH, Bensheim; heiko.christ@mh-protec.com

DIPL.-ING. CARLOS HELM, geb. 1968, ist Entwicklungsleiter der Mann+Hummel ProTec GmbH, Bensheim; carlos.helm@mh-protec.com

SUMMARY SENSITIVE DOSING

FOR SMALL AMOUNTS. Conventional dosing systems often reach their limits when multi-component mixtures are processed. The reason for this problem is the increasing practice of adding highly concentrated masterbatches of function additives. The extremely high dose consistency required by this practice is achieved by a new dosing system designed for minimal amounts in gravimetric dosing and mixing systems. Throughputs as low as approx. 3 g/min (200 g/h) can now be reliably apportioned into the main material flow.

Read the complete article in our magazine *Kunststoffe international* and on www.kunststoffe-international.com