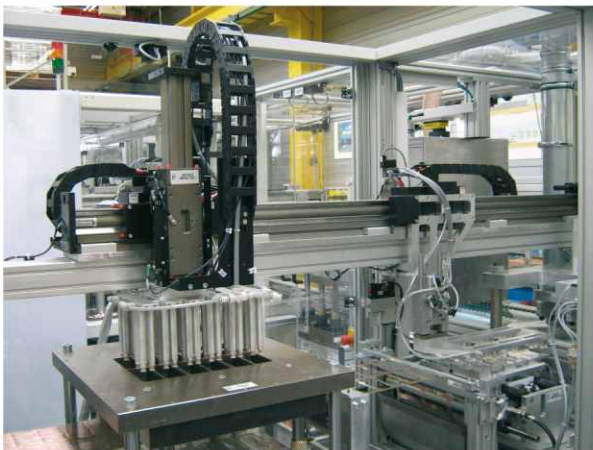


Regelungsdynamik vom Feinsten

– Digitaler Servoverstärker S700 bildet Herzstück in Verpackungsmaschinen

Wachsende Ansprüche an Variantenvielfalt, Produktivität sowie Lieferfähigkeit und Zuverlässigkeit bilden die aktuellen Herausforderungen, mit denen sich Anlagen-bauer und Prozess-Ingenieure auseinandersetzen. Dies trifft insbesondere auch auf die Maschinendesigner der Verpackungssysteme von Koch Pac-Systeme zu. Um den Maschinen bzw. Anlagen hohe Präzision, Geschwindigkeit und Stabilität für die Applikationsprozesse mit auf den Weg zu geben, nehmen innerhalb der Antriebs- und Steuerungstechnik digitale Servoverstärker eine wesentliche Rolle ein. In einer komplexen Verpackungsmaschine mit fünfzig Achsen kommen die innovativen digitalen Servoverstärker S700 sowie die kompakten AKM-Motoren von Danaher Motion zum Einsatz. Generell sollen die Verstärker mit ausgeprägter Sicherheit, Kommunikationsfähigkeit sowie hoher Präzision und Dynamik zur Performance der neuen Generation von Verpackungsmaschinen beitragen.

Die Koch Pac-Systeme GmbH in Pfalzgrafenweiler wurde 1969 gegründet und gehört heute zu einem der führenden Hersteller kundenspezifischer Verpackungsmaschinen, seit Mitte 2006 als eigenständige Tochter zur Uhlmann-Gruppe. Durch die weltweite Marktführerschaft von Uhlmann auf dem Sektor der Pharmablisterverpackung wurde u. a. das Portfolio des Verpackungsspezialisten Koch um das Segment der Pharmaverpackung erweitert. Im Jahr 2002 begann die Expansion zunächst im europäischen Raum. Mittlerweile existiert ein Welt umspannendes, vornehmlich Vertriebs- und Service orientiertes Netz. An den Standorten Pfalzgrafenweiler und Pirmasens entwickeln und fertigen über 250 Mitarbeiter Verpackungsmaschinen von der kleinen Blister-Siegelmaschine über Hochleistungs-Blisterlinien, komplexe Verpackungslinien inklusive Roboter, Produkthandling bis hin zur Endverpackung. Dazu gehören u. a. Kartonaufricht- und -verschließmaschinen, Sammelpacker sowie Sidelader und Toploader. Als Stand-Alone-Lösung oder voll integriert in den Verpackungsprozess kommen hochflexible Individual- oder Standardmaschinen zum Einsatz. Hierbei kann es sich branchenunabhängig um Applikationen im Laborbereich bis zur Massenproduktion handeln.



*In einer Anlage der Koch Pac-Systeme GmbH positionieren zwei Linearmotoren mit hoher Genauigkeit auf einem Magnetteil.
(Quelle: give4pr, Essen)*

Die generellen Anforderungen von Seiten der Anlagenbetreiber an die Entwickler bestehen im hohen Durchsatz, stabilen und fast wartungsfreien Prozessen, Wirtschaftlichkeit sowie Zukunftssicherheit. Doch zunehmende Produktvielfalt, Design, Handhabung sowie diverse Qualitäts-, Hygiene-, Umwelt- und Sicherheitsanforderungen bringen immer anspruchsvollere Formgebungen der Verpackungen mit sich, so dass sich die Entwickler hinsichtlich der kundenspezifischen Wünsche häufig neuen Herausforderungen stellen müssen. Insofern muss die eingesetzte Antriebs- und Steuerungstechnik den notwendigen hochdynamischen Abläufen und präzisen Positionierungen der Werkzeuge und Messeinrichtungen gerecht werden.

Auf die richtige Kommunikation kommt es an

Im Herbst 2007 beschlossen die Verantwortlichen bei Koch, eine neue Maschinengeneration, die zukunftsorientiert verstärkt dem Kundenaspekt einer sicheren und nach wie vor leistungsstarken Automation entspricht, ins Leben zu rufen. Ganz entscheidend war hier im Rahmen der Antriebs- und Steuerungstechnik, zum einen aufgrund der Geschwindigkeitsvorteile EtherCAT als Feldbustechnik und zum anderen einen innovativen digitalen Servoverstärker einzusetzen. Dieser Verstärker muss über eine hohe Kommunikationsfähigkeit, Funktionalität, Performance und Stabilität verfügen. Die Systeme der in Frage kommenden Anbieter wurden hinsichtlich dieser Kriterien in Augenschein genommen. Naheliegender war auch, den neuen digitalen Servoverstärker S700 aus der ServoStar-Familie von Danaher Motion in Betracht zu ziehen. Denn seit über zehn Jahren gehört dieses Unternehmen zu den Komponentenzulieferern von Koch. So wurden in der Vergangenheit u. a. bereits die ServoStar 600, 300, AKM-Motoren und Getriebe in die Verpackungsmaschinen integriert.

Basierend auf der Architektur des S300 und mit gleichen Prozessoren ausgestattet, ist der S700 ein volldigitaler Servoverstärker, der sich besonders für komplexe Antriebsaufgaben eignet. Über die Kompatibilität zum 300er hinaus bietet er ein höheres Leistungsspektrum, z. B. ist er für Nenn-Ausgangsströme bis zu 24 Ampere ausgelegt. Die umfassende Funktionalität, exzellente Kommunikationsfähigkeit, das einfache Handling sowie die ausgeprägte Sicherheit führen zu hoher Präzision und Flexibilität in den dynamischen Antriebsprozessen. Insbesondere mit dem integrierten Ethernet-Anschluss richtet Danaher Motion seinen neuen Drive, ServoStar 700, konsequent auf die Zukunft aus.



Digitale Servoverstärker Kollmorgen S700 eignen sich für komplexe Antriebslösungen in Verpackungsmaschinen.
(Quelle: Danaher Motion, Ratingen)

Durch die On-board-Schnittstelle können die Anwender beim Einsatz des S700 auf diesbezügliche Erweiterungskarten verzichten. Eine entsprechende Software bietet nunmehr eine große Flexibilität in der Ethernet-basierten Bus-Kommunikation. Überzeugend waren für Koch die Leistungsdaten – denn sehr schnelle Strom-, Drehzahl- und Lageregelungen führen zu höheren Taktzahlen in den Maschinen –, die Qualitäts- und Sicherheitsmerkmale, die große Flexibilität aufgrund der Ethernet-basierten Bus-Kommunikation, die hohe Präzision und Dynamik durch optimierte Resolver-Auswertung sowie letztlich die einfache Bedienung und schnelle, softwaregestützte Inbetriebnahme. Des Weiteren war die platz sparende Kompaktheit von Vorteil, die mit der Integration von Bremswiderstand, Softs-SPS, Motion Control sowie Netzfilter und Schirmanschlüsse (EMV-Filter) erreicht wird. Diese Integration, die vereinfachte Programmierung, flexible Schnittstellen und EtherCAT ohne zusätzlichen Aufwand sowie einen Gerättyp für unterschiedliche Applikationen einzusetzen, reduziert merklich die ansonsten anfallenden Systemkosten. So fiel Anfang 2008 die Entscheidung, S700 als digitale Drives in den Verpackungsmaschinen des Herstellers zu verwenden.

„Unsere Anlagen werden immer umfangreicher und enthalten mitunter 25 Regler und mehr, die es über einen PC anzusteuern gilt. Die gesamte Lageregelung wird auf diesem PC durchgeführt und daher wird ein schneller Feldbus benötigt, um die entsprechenden Werte auf die Regler zu geben. Mit der Entscheidung EtherCAT einzuführen, sind wir im Vergleich zu unserer bisherigen Ethernet-Nutzung um den Faktor 8 schneller geworden. Damit steht auch eine entsprechend bessere Auflösung der zurückgemeldeten IST-Werte, vom Regler an die Steuerung, zur Verfügung. Im Prinzip werden auch die Messwerte besser geglättet. Eindeutig können wir durch Verwendung der S700 im Vergleich zu den eingesetzten S600 nochmals weitere Steigerungen erzielen, schon aufgrund der schnellen Prozessoren, die in dem neuen Drive zum Einsatz kommen“, berichtet Dipl.-Ing. Jürgen Welker, Prokurist und Bereichsleiter Automatisierungstechnik und Service der Koch Pac-Systeme GmbH und ergänzt: „Die Abdeckung der Sicherheitsanforderungen und insbesondere die Tatsache, dass kurzfristig der 3-fache Nennstrom des Reglers in extremen Spitzenbelastungen zur Verfügung steht, beispielsweise beim Anfahren, um das Bremsmoment zu überwinden, waren mit ausschlaggebend bei der Entscheidungsfindung.“

Kommunikation ohne Einschränkung

Eine hohe Flexibilität bei der Einbindung in Netzwerkumgebungen zeichnen den S700 aus. Zwei Slots sind für die von Danaher Motion zur Verfügung gestellten Erweiterungskarten sowie für kundenspezifische Erweiterungskarten vorgesehen, so dass systemseitig eine große Busbreite abgedeckt werden kann. Auf diese Weise können fast alle bekannten Feldbusanbindungen unterstützt werden. Um eine optimale Kommunikation zwischen den digitalen Servoverstärkern und den Steuerungen in ihren Maschinen sicherzustellen, wurde im Hause Koch zur Anbindung für die bevorzugte EtherCAT-Kommunikation statt der Verwendung einer Einsteckkarte eine direkte Integration gewünscht. Im Rahmen der Firmware realisierte Danaher Motion per FTGA (Field Programmable Gate Array) diese Integration.

Die praktizierte Buskommunikation ermöglicht sowohl die Parametrierung der Geräte, als auch die Übertragung von Soll- und Istwerten mit verschiedenen Zykluszeiten. Dabei wird eine μ s-genaue Synchronisation für exakte und schnelle Mehrachssteuerungen gewährleistet. Darüber hinaus kann der S700 alle gängigen Feedbacktypen auswerten, wie Resolver (bis zu 36-polig), ComCoder, Inkrementalgeber, hochauflösende Single- oder Multiturn Sinus-Cosinus Encoder, BISS, EnDat sowie HiPERFACE. Die so gewonnenen Positions- und Drehzahlwerte können über eine Encoder-Emulation als ROD426- oder SSI-Signal an nachgeschaltete Geräte weitergegeben werden. Außerdem verfügt der S700 über zahlreiche vordefinierte I/O- und Lageregelungsfunktionen.



Die digitalen Servoverstärker Kollmorgen S700 steuern im Schaltschrank der Firma Koch Pac-Systeme bis zu 50 Servo-Achsen an.
(Quelle: give4pr, Essen)

50-Achsen-Projekt stellt hohe Anforderungen

Den Zuschlag erhielt Danaher Motion auch vor dem Hintergrund, in einem aktuellen sehr komplexen Projekt die neuen Servoverstärker zu integrieren. Es gilt, 50 Achsen in der von einem der weltweit größten Zahnbürstenhersteller geordneten Verpackungsmaschine auszusteuern. Pro Tag werden knapp 500.000 Zahnbürsten versandfertig verpackt. Der Versandkarton enthält mehrere repräsentative Verkaufspackungen, die ihrerseits aus mehreren Einzelverpackungen bestehen, die mit jeweils vier Zahnbürsten bestückt sind. Dieser enorme Durchsatz wird erreicht durch die Realisierung von 20 Takten pro Minute, wobei pro Takt zwölf Nutzen als Einzelverpackungen bereitgestellt werden. Insgesamt gliedert sich diese vollautomatische Anlage in die folgenden synchronisierten Aktionsbereiche. Es beginnt mit der Blister-Produktion, der Herstellung der Einzelverpackungen, d. h. es erfolgt mittels Pressluft, Vakuum und Stanzung einer Perforation die Formgebung aus der zugeführten Folie.

Die über den Produkteingabebereich jeweils vier bereitgestellten Bürsten finden in entsprechenden Mulden Platz. Daraufhin wird eine Deckfolie über das Unterteil gezogen, versiegelt bzw. verschweißt und die entstandene Einzelverpackung wird in einem Komplettschnittstand als Kontur ausgestanzt. Ein anschließender Etikettierungs- und Faltprozess gestaltet die Blister kompakter und verkaufsfreundlicher, so dass sie in einem zuvor aufgestellten Verkaufskarton einsortiert werden können. Diese später in den Regalen z. B. von Supermärkten angebotenen Verpackungen werden in größerer Stückzahl in einem ebenfalls parallel aufgestellten und synchron bereitgestellten Versandkarton untergebracht. Diese Stationen werden durch diverse Transport- und Zuführungseinrichtungen ergänzt. 23 Achsen im Produktionsbereich der Blister und nochmals 27 Achsen im reinen Verpackungsbereich werden bewegt. Beispielsweise kommen allein im Rahmen der Deckfolienzuführung zwei horizontale GAS-Achsen auf einem Stator und eine vertikale GAS-Achse zur Anwendung. Weiterhin werden u. a. auch Schunk-Achsen, magnetische Maßbänder von SIKO als lineare Messsysteme z. B. beim Folienbeschnitt eingesetzt.

Präzises Regeln und intelligentes Positionieren

Viele Regelfunktionen und Bewegungen, auch ruckfreie, sind direkt ausführbar und bedürfen keiner zusätzlichen Programmierung. Mit einer Zykluszeit von 62,5 µs bildet der Stromregler (optional umschaltbar auf 31,25 µs) das Herz des Servoverstärkers und stellt über den mit einer Zykluszeit von 62,5 µs agierenden Drehzahlregler die hohe Dynamik sicher. Der integrierte Lageregler verfügt über eine Zykluszeit von 250 µs, doch optional auch über 125 µs. Es können bis zu 200 Fahrsätze im Verstärker hinterlegt werden. 16 Referenzfahrarten und 16 Positionsregister können für Absolut- und Relativfahrten genutzt werden. Steuerung über Druckmarken und Geschwindigkeitsprofile/ Register sind möglich. Die Definition von Absolut- und Relativfahrten sowie die Verkettung von Fahraufträgen werden ebenfalls ermöglicht. Weiterhin lassen sich Kontrollfenster für "Schleppfehler"- und "InPosition"-Meldungen einrichten sowie die Ruckbegrenzung einstellen. Mit diesen Leistungsmerkmalen kann in vielen Fällen auf zusätzliche CNC-Funktionalität verzichtet werden.



Gesamtübersicht der Anlage am Industrie-PC
(Quelle: give4pr, Essen)

Überzeugende Sicherheitsvorkehrungen

Wachsende Anforderungen an die Produktivität führen zu der Notwendigkeit, sichere Eingriffe selbst bei eingeschaltetem Motor zu ermöglichen, um beispielsweise eine Last zu halten oder Maschinen langsamer laufen zu lassen. Generell sind die normalen Sicherheitsstandards im S700 integriert und steigern u. a. nach IEC 61800 auch die Maschinenverfügbarkeit. Zur erhöhten Sicherheit insbesondere des Personals sowie zur Vermeidung eines unbeabsichtigten Wiederstarts sperrt ein zusätzlicher digitaler Eingang (AS-Enable) die Leistungsendstufe des Verstärkers und realisiert somit eine Wiederanlaufsperrung – einen sicheren Halt. Solange an diesem Eingang ein 24 V-Signal anliegt, ist die Endstufe betriebsbereit. Bei geöffnetem AS-Enable-Eingang wird die Endstufe gesperrt, es wird keine Leistung mehr an den Motor übertragen. Diese

personell sichere Wiederanlaufsperrung (STO – Safe-Torque-Off) ist von der Berufsgenossenschaft abgenommen und entspricht den Anforderungen der Kategorie 3 nach EN 954-1. Die Vorteile bestehen in: Kein Schalten im Hauptstromkreis, ein Leistungsschutz wird nicht erforderlich und der Verdrahtungsaufwand ist gering.

Eine eingebaute Ansteuerung für die Motorbremse kann direkt angeschlossen werden, die Installation eines zusätzlichen Relais erübrigt sich. Weiterhin bestehen Schutzvorkehrungen bei zu hoher Drehzahl, Überstrom und Ausfall des Feedbacksystems. Die Zwischenkreise sind parallelschaltfähig. Ein patentiertes Verfahren stellt sicher, dass auch bei unterschiedlichen Gerätegrößen keine Einspeisung überlastet wird. Bei größeren Bremsleistungen kann der integrierte Bremschopper auch auf einen größeren, externen Bremswiderstand geschaltet werden. Darüber hinaus sind die Verstärker geschützt vor Über- oder Unterspannung, bei Kurzschluss sowie bei Überhitzung des Motors oder des Kühlkörpers. Um weitere diverse Sicherheitsfunktionen wie sichere, reduzierte Geschwindigkeit oder sicheren Betriebshalt zu realisieren, verfügt der S700 über einen Schacht zur Aufnahme einer Safety-Erweiterungskarte.

Einfaches Handling unterstützt individuelle Belange

Der S700 bietet eine einfach zu bedienende Benutzeroberfläche, z. B. zur Inbetriebnahme. Neben einer übersichtlichen, steckbaren Anschlusstechnik stehen dem Anwender auf der Frontseite des Verstärkers eine 2-Tasten-Bedienung und über ein 3-stelliges LED-Display der jeweilige Operationsstatus zur Verfügung. Weiterhin dient eine optionale MMC Memory Karte zur einfachen und schnellen Sicherung von Parametersätzen und der Firmware im Feld. Die strukturierte Windows-basierte Inbetriebnahme-Software DriveGUI ermöglicht dem Anwender einen direkten Zugriff auf alle Parameter und Funktionen sowie eine einfache, komplette Programmierung der Antriebe über eine RS232-Schnittstelle. Ein "Setup Assistent" führt den Anwender durch die Grundeinstellungen. Der Motor kann aus einer Datenbank ausgewählt werden, so dass der Antrieb nach wenigen Minuten funktioniert. Alle Schnittstellen des S700 können eingestellt, die angeschlossenen Geräte ausgewählt und die Autotuning-Funktionen gestartet werden. Die Ergebnisse sind erfahrungsgemäß bei Dynamik, Steifigkeit und Laufruhe etwa 20 % besser als bei jeder anderen Optimierungsmethode.

Ein 4-Kanal Oszilloskop und Bode Plot bieten optimale Visualisierungen der Autotuning-Ergebnisse. Mit der Bode Plot Funktionalität lassen sich z. B. bei schwingungsfähigen Achsen Resonanzfrequenzen der Maschinen dämpfen. Dies erhöht deutlich die Laufruhe und optimiert den Produktionsprozess.

Maximale Leistungsausbeute mit kompakten Synchron-Servomotoren

Die Schlussfolgerung, dass zu den 50 Achsen der geschilderten Verpackungsmaschine ebenso eine stattliche Anzahl von Antriebsmotoren gehört, liegt auf der Hand. Es handelt sich um die äußerst kompakten und Varianten reichen Synchron-Servomotoren AKM, welche über eine vielseitige Anpassbarkeit insb. im Hinblick auf sensible und hochdynamische Beanspruchungen verfügen. Die hohe Einsatzbreite der neuen Motoren kommt durch die kombinierbare Vielfalt der unterschiedlichen Spannungen, Wicklungsvarianten, Drehzahlen und Momente zustande. Im Prinzip stehen sieben in den Baugrößen unterschiedliche Motortypen mit Versorgungsspannungen von 75 bis 480 Volt zur Auswahl.

Mit diesem Variantenspektrum, der Überlappung der Stillstandsmomente und Nenndrehzahlen sowie der Kombinationsvielfalt kann für die jeweilige Applikation eine maximale Leistungsausbeute erzielt werden. Damit kommen diese Motoren dem allgemeinen Anwenderwunsch in Bezug auf Regelbarkeit sehr entgegen. Denn diese überlappenden Stufungen, Baugrößen bzw. Massen und Momente, bieten beste Voraussetzungen zur Anpassbarkeit des Verhältnisses der Massenträgheit des Motors zu der externen Massenträgheit. Sie zeichnen sich durch Kompaktheit, Robustheit, flexiblen Einsatz und Wirtschaftlichkeit aus. Darüber hinaus haben sich diese rotatorischen Motoren durch Qualität, Rundlaufeigenschaften und hohe Überlastfähigkeit bewährt. In Verbindung mit den digitalen Servoverstärkern aus den ServoStar-Produktreihen eignen sich die Motoren hervorragend für Positionieraufgaben mit hohen Ansprüchen an Dynamik und Standfestigkeit. Hierzu tragen u. a. Eigenschaften wie ein hochdynamisches Verhalten aufgrund der integrierten Neodym Permanentmagneten, die gute Wärmeabfuhr ohne Fremdbelüftung und die Tatsache bei, dass durch den bürstenlosen Betrieb die Motoren wartungsfrei sind.



Blick auf eine servomotorische Tiefziehstation.
(Quelle: give4pr, Essen)

„Mit dem Erscheinen der AKM-Motoren auf dem Markt haben wir uns für diesen, aus unserer Sicht im günstigen Preis/Leistungsverhältnis stehenden, Motorentyp entschieden. Dabei beschränken wir uns bewusst auf sieben für unsere Belange bestens geeignete Motorgrößen und vermeiden so einen unnötigen Wildwuchs. Durch die Drehmomentendichte sowie insb. die Überlappungen von Stillstandsmomenten und Nenndrehzahlen kann eine optimale Auswahl für die jeweilige Applikation getroffen werden, so dass kein Motor über- oder auch unterfordert wird“, erklärt Dipl.-Ing. Jürgen Welker. Doch auch für Anwender, deren individuelle Anforderungen mit der gebotenen Kombinationsvielfalt nicht abgedeckt werden sollten, bietet Danaher Motion Abhilfe. Beispielsweise bei Abweichungen vom Standard bzgl. Drehmoment und Drehzahl ermöglicht die Produktionslogistik des Komponentenlieferers, auch spezielle Wicklungen zu fertigen.

Anpassungen leicht gemacht

Auch in diesem Projekt konnten die Automatisierungsspezialisten von Danaher Motion ihre Expertise unter Beweis stellen. So betraf es u. a. nicht nur das konzeptionelle Layout der digitalen Servoverstärker, die professionelle anwendungsspezifische Auslegung der Motoren und die EtherCAT-Anbindung, sondern auch die Integration einer geeigneten Überlauffunktion in das Leistungsvermögen des Verstärkers S700. Bislang mussten die Überlaufwerte auf der Steuerung gehalten werden, wenn Überlauf-Picks bei mehr als 4.096 Umdrehungen eines Multiturn-Absolutwertgebers entstanden. Damit diese Werte auch verfügbar bleiben, falls die 24 Volt-Versorgung ausfällt, erfolgt eine zusätzliche Absicherung über die Abspeicherung auf eine spezielle Karte. Ansonsten muss eine kontinuierliche Spannungsversorgung generiert werden. Diese Überlaufproblematik wurde von Danaher Motion softwaretechnisch gelöst, indem quasi ein Endlos-Taktband zur Verfügung gestellt und als zusätzliche Funktion in den S700 integriert wird. Permanent speichert der Regler über das übergeordnete Motion Control System die Positionswerte ab und stellt über einen hinterlegten Algorithmus eine eindeutige Referenzierung sicher.

Mit offener Hardware und Software die Erwartungen voll erfüllt

Mit diesem neuen Servoverstärker S700 entspricht Danaher Motion dem hohen Sicherheitsanspruch, dem Wunsch des Anwenders nach flexibler Integrationsfähigkeit sowie Steigerung der Durchlaufzeiten in der Produktion. Dazu tragen die vielseitige Kommunikationsfähigkeit, einfache Bedienerführung und der erzielte hohe Automatisierungsgrad bei. Mit technischen Feinheiten werden exzellentes Regelverhalten, beachtliche Performance und Dynamik erreicht. Hinzu kommen vereinfachte Programmierung, schnelle Inbetriebnahme sowie Reduzierung der Systemkosten und kompetenter Service und Support.

Veröffentlicht unter [“Servoverstärker in komplexen Verpackungsmaschinen”](#) im *SPS-Magazin 6 / 2009* sowie unter [“Feine Regelungsdynamik”](#) in der *VERPACKUNGS RUNDSCHAU 4 / 2011*.