

## **Anwendung logisch koordinierter Sortiersysteme in der modernen Glasbehälterproduktion**

Von Dave Rugaber, Thomas Alan und Henry Dimmick, Butler, Pa. (USA)

(Vortrag auf der 56. Glastechnischen Tagung am 26. Mai 1982 in Augsburg)

(Mitteilung aus der American Glass Research, Inc., Butler, Pa. (USA))

(Eingegangen am 23. Juni 1982)

Durch die Verwendung zuverlässiger Formenlesesysteme ist die Industrie jetzt in der Lage, bei der Hohlglasherstellung mit einer technisch logischen Methode an das Sortieren am kalten Ende heranzugehen und brauchbare Informationen für die Produktionssteuerung zu erhalten. In der richtigen Systemplanung wird nicht nur die Auswurfinformation benutzt, sondern auch Trendanalysen, mit denen sich die nötigen Änderungen im Herstellungsprozeß vorhersagen lassen. Eine sorgfältige Korrelation der Position der Formen mit der Information aus Prüfungen an der Linie ermöglicht Maßnahmen zur Prozeßsteuerung, schon bevor das Ablehnungsniveau erreicht ist. Eine automatische Stichprobenentnahme mit unabhängiger Festlegung der Prüfhäufigkeit nach Formnummer und Leistung ermöglicht Messungen

von hoher Präzision mit Prüfgeräten abseits der Produktionslinie, deren Ergebnisse nahe an die der „on-line“-Werte herankommen.

Die Daten aus Betriebsversuchen zeigen, daß die Korrelation der „on-line“-Dickenmessungen mit der Formnummer eine Trendinformation für die Produktionssteuerung liefert. In Beispielen wird der Einsatz von Stichprobenuntersuchungen für die Steuerung von Merkmalen, wie etwa das Volumen der zu produzierenden Behälter, demonstriert. Mit dem richtigen Einsatz von „intelligenten“ Sortiersystemen können die Meßgeräte am kalten Ende mehr als nur defekte Behälter auswerfen: Sie können zu einem Werkzeug für die Herstellung besserer Produkte werden.

### **Use of logically coordinated inspection machines in modern glass container production**

By using modern mould number reading systems the industry is in a position to use a technically feasible and logical method of cold end inspection in glass container manufacture which will provide useful information for production control. In a properly designed system not only information on rejects but also analysis of trends can be used to predict changes in the manufacturing process. Careful correlation of data from the test stations with mould position give parameters for controlling the process before it goes outside limits of acceptability. An automatic random sampling with independent determination of sampling frequency according to mould number and rate of production makes it possible to obtain

high accuracy measurements from testing units outside the on-line system and these supplement the latter.

Data from operational tests show that correlation of on-line thickness measurements with mould number provides trends useful for process control. Examples show how random sampling methods can be used to control parameters such as the volume of the container being produced. By the proper use of intelligent inspection systems the cold end equipment can become more than a means of identifying defects, it can be a tool for making better products.

### **Emploi de systèmes de triage à coordination logique des différentes opérations dans la fabrication moderne des emballages en verre**

Grâce à l'emploi de systèmes d'identification des moules fiables, l'industrie est maintenant en mesure, dans la fabrication du verre creux, d'apporter au triage en bout froid une méthode techniquement logique et d'obtenir des informations utiles pour la commande de la production. Pour la conception correcte du système, on utilise non seulement l'information concernant les rejets mais aussi des analyses de tendance qui permettent de prévoir les modifications à apporter au processus de fabrication. Une corrélation exacte entre la position du moule et les informations provenant des contrôles sur la ligne de production, permet de prendre des mesures pour commander le processus avant que le niveau de rebut ne soit atteint. Un échantillonnage automatique avec détermination indépendante de la fréquence des contrôles d'après les numéros de moule et le rendement, permet

des mesures très précises avec des appareils de contrôle en dehors de la ligne de production, dont les résultats approchent de près ceux des valeurs sur cette même ligne.

Les données obtenues lors des contrôles d'usine montrent que la corrélation entre les mesures d'épaisseur sur la ligne de fabrication et le numéro de moule fournit une information de tendance pour la commande de la production. On démontre par des exemples qu'il est possible, grâce à des études d'échantillonnage, de modifier certaines caractéristiques comme le volume des emballages. En employant correctement des systèmes de triage „intelligents“, les appareils de mesure en bout froid peuvent faire plus que rejeter des emballages défectueux: ils peuvent contribuer à l'amélioration de la production.

Anfang der 70er Jahre begann die American Glass Research, Inc. (AGR), an Versuchsprojekten zu arbeiten, die in den folgenden Jahren entscheidend auf die Entwicklungsrichtung der automatischen Sortiereinrichtungen Einfluß nehmen sollten.

Das erste dieser Projekte war ein neuartiger Kunststoffbehälter, für den es noch keine Sortierausrüstung gab. Darum mußte auf einem vollkommen neuen Weg an das Problem herangegangen und für diesen Behälter eine kompakte Einzelmaschine konstruiert werden. Die Ausführung, die schließlich in

die Produktion gelangte, bot eine große Anzahl von Prüfmöglichkeiten auf nur 4 m Bandlänge: Dickenmessungen an verschiedenen Stellen der Behälterwand und des -bodens. Mehrfachstationen mit Schnell-Lauf-Stop-Drehvorrichtungen waren für die visuelle Kontrolle vorgesehen. So benutzte man z. B. Kameras in Festkörpertechnik zur Untersuchung auf Fremdkörper, die etwa mit „Steinen“ in Glasbehältern vergleichbar waren. Andere optische Einrichtungen waren auf Messungen wie die Kontrolle der Abmessungen, Mündungsqualität und Klarheit oder optische Dispersion des Materials selbst ausgelegt. Die Konstruktion dieser Maschine erlaubte die Aufnahme weiterer Prüffunktionen nach Bedarf. Alle Meßausgänge wurden von einem Zentralcomputer gesteuert, was eine gleichzeitige Erkennung, Anzeige und Speicherung der Fehler ermöglichte. Produktionsaufzeichnungen konnten geführt werden, und die Vorgaben der Qualitätskontrolle ließen sich über eine Zugriffstastatur in den Computer eingeben oder ändern.

In einem Projekt ganz anderer Art ging es um einen speziellen Glasbehälter, bei dem die Produktionsgeschwindigkeit so hoch war, daß der beste Weg der Prüfung Stichprobenuntersuchungen in großem Umfang waren. Im Zusammenhang mit diesem Projekt lieferte AGR Sortieranlagen zum Einsatz an einer Linie für die automatische Stichprobenentnahme. Dieses System war ebenfalls mit einem Zentralcomputer zur Überwachung der Behälterqualität ausgestattet.

Beide Konzeptionen waren zwar für diejenige Produktion geeignet, für die man sie entwickelt hatte, aber keine konnte ohne Einschränkung in die normale Ausrüstung einer Glasfabrik integriert werden. Neue Konzeptionen sollten eine Erweiterung vorhandener Technologien darstellen, möglichst viel von der vorhandenen Prüfausrüstung nutzen und Abzweigungen für einzelne Prüfungen vorsehen. Bevor jedoch eine solche Technologie in der Praxis auf die Glasproduktion angewendet werden konnte, war die Entwicklung eines zuverlässigen Formenlesesystems notwendig, damit die gewonnenen Daten einer sinnvollen Verarbeitung zugeführt werden konnten.

### 1. Entwicklung eines Formenlesesystems

An einem Formenlesesystem arbeiteten schon seit Ende der 60er Jahre nicht nur AGR, sondern auch die Entwicklungslaboratorien vieler Gerätehersteller und einzelner Glasfabriken. Obwohl die Konzeption der Einförmigkeit eines Codes oder einer Nummer in den Behälter offen auf der Hand lag und auch einfach war, erwies sich die Durchführung als recht schwierig. Selbst die vernünftigsten physikalischen Prinzipien müssen oft ruhen, bis die Technologie soweit fortgeschritten ist, daß eine brauchbare

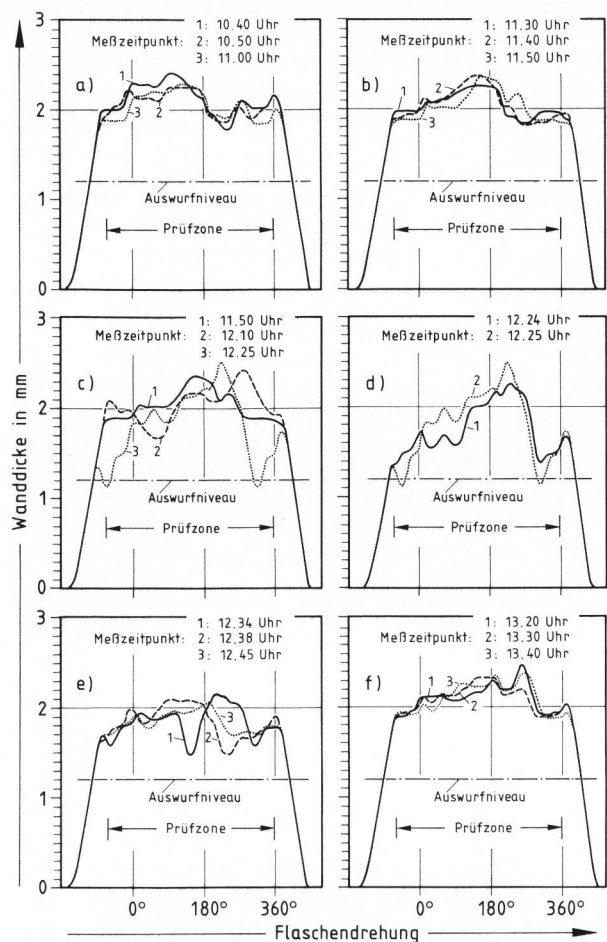
Maschine gebaut werden kann. In diesem Fall mußte die Technik der integrierten Schaltkreise so weit gediehen sein, daß Kleinrechenanlagen von Preis, Größe und Leistung her für solche Zwecke einsetzbar wurden.

Im Laufe der Jahre gelang dann die Entwicklung mehrerer erfolgreicher Methoden zum Lesen von Formnummern, besonders in den Fällen, in denen die Anforderungen auf einen bestimmten Behältertyp oder auf eine vorhandene Sortierausrüstung beschränkt werden konnten. AGR fand aber, man müsse einen großen Markt bedienen können. Deshalb stellte man an jedes in Frage kommende System die folgenden Anforderungen:

- a) Schaffung eines einfachen, aber zuverlässigen Handhabungssystems, das die Formnummern liest, ohne die Behälter anzuhalten oder zu drehen.
- b) Das Handhabungssystem muß so angelegt sein, daß es mit geringen Änderungen auch nichtrunde Behälter aufnimmt.
- c) Der Code in der Form muß möglichst platzsparend sein, damit noch weitere Informationen der Firma oder des Kunden aufgenommen werden können.
- d) Das Wichtigste: Die Zuverlässigkeit der Ablesung muß sehr hoch sein. Der Begriff Zuverlässigkeit ist in diesem Fall ganz eindeutig so zu definieren, daß die Ausrüstung entweder die richtige Nummer lesen muß oder gar nichts. Auf diese Weise ergibt ein fehlendes oder schlecht ausgeformtes Zeichen zwar keine Ablesung, aber das ist besser als eine falsche Ablesung.

Als Folge so strenger Anforderungen treten an einer gut funktionierenden Maschine gelegentlich nicht identifizierte Behälter auf. So kommt es vor, daß unmittelbar nach dem Schmierer der Formen eine oder zwei Flaschen nicht gelesen werden. Die Formenleseeinrichtung kann so eingestellt werden, daß nichtlesbare Behälter durchlaufen oder so, daß sie ausgeworfen oder zur Prüfung ausgesondert werden. Die Entscheidung, ob nicht identifizierte Behälter durchlaufen oder ausgeworfen werden sollen, kann sehr wohl davon abhängen, wie die Produktion zu diesem Zeitpunkt läuft. Alle nachfolgenden Datensätze benutzen diese Information der Formenzuordnung als Grundlage, und deshalb ist es unerlässlich, hier die größtmögliche Zuverlässigkeit zu haben, damit das Risiko der Zuordnung von Daten zu einer falschen Formnummer ausgeschaltet ist.

Im Hinblick auf das jetzt verfügbare zuverlässige Formenlesesystem liegt die Herausforderung in der Entwicklung einer Echtzeit-Prozeßsteuerung. Mit dieser Verfeinerung des Herstellungsprozesses können dann die Prüfgeräte am kalten Ende mehr als nur defekte Behälter auswerfen: Sie können zu einem Werkzeug für die Herstellung besserer Produkte werden.



Bilder 1a bis f. Oszilloskopkurven des Dickenprofils, ermittelt in der Mitte der Seitenwand von Glasbehältern;  
 a) normale Dickenverteilung,  
 b) nach Vornahme der ersten Fehleinstellung an der Produktionsausrüstung,  
 c) nach Vornahme einer zweiten stärkeren Fehleinstellung,  
 d) während der Auswurfperiode,  
 e) nach Wiedereinstellung der Maschine auf normalen Betrieb,  
 f) nach Stabilisierung des Betriebszustandes an der Formmaschine.

### 2. Kopplung des Formenlesesystems an andere Prüfeinrichtungen

Das Formenlesesystem wird seit kurzem über Schnittstellen an die unterschiedlichsten Prüfausrüstungen gekoppelt. So kam ein on-line-Dickenmesser zum Einsatz, der die Wanddicke aller Behälter mißt. Die Dicke ist ebenso wie einige andere Merkmale so wichtig, daß nur eine Prüfung an der Produktionslinie akzeptiert werden kann. Die Messungen erfolgen in drei verschiedenen Höhen am Behälter. Die von jedem Sensor gemessene Mindestdicke wird ebenso wie die Auswurfinformation mit der Formnummer in Korrelation gebracht und in die Rechenanlage eingegeben. Obwohl die Dickenmeßwerte beträchtlich schwanken können, erhält man doch wertvolle Trendinformationen für jede Form.

Aus einer systematischen Kombination mit der Sortierausrüstung kann das Personal am heißen Ende

mit der folgenden Information versorgt werden:

1. prozentualer Verlust durch Dickenabweichungen, nach Formen zugeordnet, damit die dringendsten Probleme sofort korrigiert werden können.
2. Trendinformationen über die Dicke, die erkennen lassen, daß an bestimmten Formen Probleme entstehen, wenn keine Korrekturmaßnahmen ergriffen werden. Damit ergeben sich Möglichkeiten für Änderungen an den Maschinen, bevor die Produktion auf das Auswurfniveau abfällt.

Die Dickeninformation wird zur Formnummer in Korrelation gebracht. Der Mann an der Maschine weiß deshalb, ob Probleme nur auf eine Form, auf einen Abschnitt, auf eine Seite der Maschine zurückzuführen sind oder die gesamte Produktion betreffen. Natürlich gibt die verfügbare Dickeninformation auch Hinweise auf die genaue Position des Defekts: Schulter, Seitenwand oder Bodenübergang.

Die in den Bildern 1a bis f wiedergegebenen Oszilloskopkurven veranschaulichen die verfügbare Dickeninformation. Alle Kurven stellen die Dicke in der Mitte der Seitenwand von Behältern aus der Form Nr. 16 über einen Zeitraum von mehreren Stunden dar, wobei die Produktion zu Demonstrationszwecken absichtlich falsch eingestellt und dann korrigiert wurde.

In Bild 1a liegt eine geringfügige, aber doch erkennbare Dickenschwankung vor, die sich über den ganzen Meßzeitraum hinzieht und eine normale Charakteristik ergibt. Die drei Kurven stellen die Messungen zu den angegebenen Zeiten dar. Diese Form wählte man aus, weil dort die Verteilung vor dem Versuch über mehrere Stunden konstant geblieben war.

Kleinere Einstellungen an der Maschine bewirkten eine Änderung in der Dickenverteilung in der Mitte und im oberen Teil der Seitenwand des Behälters (Bild 1b). Diese geringfügige Änderung war weniger auffällig als ein umgekippter Vorformboden, den der Maschinenführer ohnehin sofort erkannt haben müßte. Es ergibt sich ein deutlich geändertes Dickenprofil, aber die Verteilung ist noch zufriedenstellend.

Bild 1c zeigt die Dickenverteilung, die aus einer zweiten und stärkeren, absichtlich herbeigeführten Fehleinstellung resultiert, so daß die Behälter das Auswurfniveau erreichten.

In Bild 1d ist die immer noch reproduzierbare Kennlinie des Behälters zu beachten, wo dieser die Ablehnungsgrenze erreicht und überschreitet.

Die aus Bild 1e abzulesenden Änderungen an den Formmaschinen waren entsprechend stark und abrupt, und man erhielt deshalb signifikante Änderungen in den Kurven der Seitenwand-Dickenverteilung. In der normalen Produktion könnten solche Änderungen viel langsamer verlaufen.

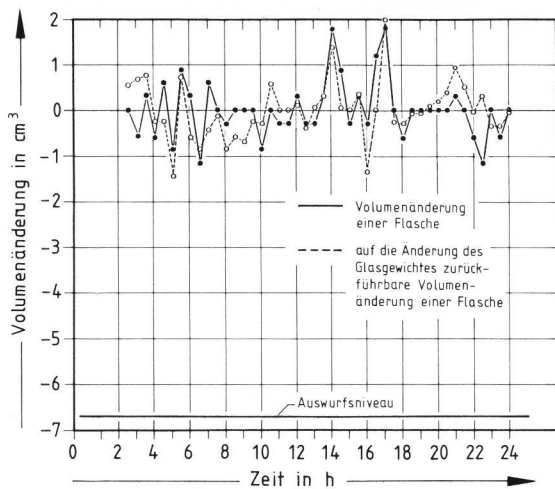


Bild 2. Darstellung der Volumenänderung an „typisch guten“ Flaschen über einen Zeitraum von 24 h.

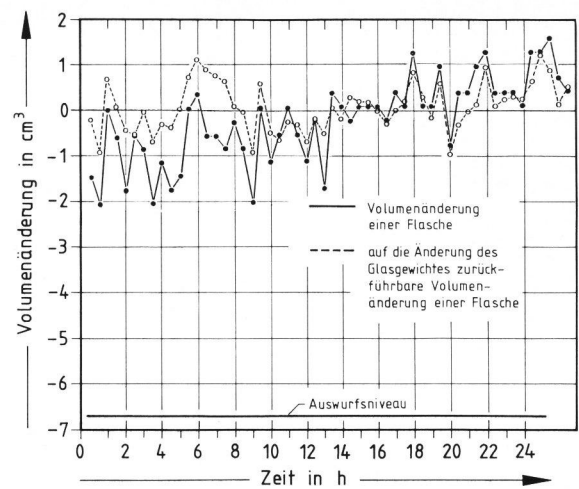


Bild 3. Darstellung der Volumenänderung (analog zu Bild 2). Die Volumenänderungen im ersten Abschnitt des Beobachtungszeitraums hängen z. B. von kleineren Formänderungen, flachen Nähten oder Änderungen im Einstichboden ab.

Die in Bild 1f gezeigten Kurven lassen eine normale Verteilung der Seitenwanddicke und eine relativ gut reproduzierbare Kennlinie erkennen.

Diese Versuche sollten den potentiellen Wert einer Trendanalyse für die Produktionssteuerung zeigen, im Gegensatz zu einem Betrieb, der auf Durchlauf oder Auswurf begrenzt ist. In welchem Ausmaß dieses Verfahren anwendbar ist, hängt vom Fehlertyp ab. Mit Entwicklungsfortschritten in der Korrelation eines Fehlers mit der Form, wenn die Information von der Prüfmaschine am kalten Ende an das heiße Ende der Produktion übermittelt wird und wenn Verbesserungen in der Steuerung der Produktionsausrüstung gemacht werden, kann es sich ergeben, daß viele anscheinend zufällige Fehler auf eine Steuerung dieser Art ansprechen.

### 3. Anwendung eines Stichprobenverfahrens

Für viele Prüfarten liefert der Weg einer Stichprobenentnahme ausgezeichnete Ergebnisse. Solche Prüfungen sind aber nur dann gültig, wenn die Grundgesamtheit, aus der die Stichprobe gezogen wurde, eine relativ enge Verteilung aufweist und wenn nur wenige Variable, z. B. das Volumen, die statistische Grundgesamtheit beeinflussen.

Die Bilder 2 bis 4 veranschaulichen die von einer automatischen Stichprobenstation gewonnene Information. Die Messungen erfassen alle Formen einer Einzelmaschine über einen Zeitraum von 24 h. An das Formmaschinenpersonal wurde keine Information weitergegeben, die Versuchsergebnisse blieben also insofern unbeeinflusst.

Der durchgehende Kurvenzug in Bild 2 verbindet die in Abständen von einer halben Stunde gewonnenen Meßwerte der Volumenänderung. Vorher durchgeführte on-line-Versuche hatten innerhalb dieser Intervalle kaum eine Schwankung aufgezeigt, und

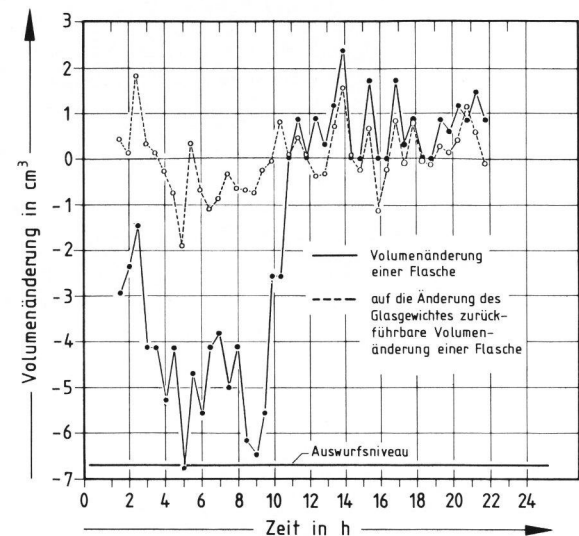


Bild 4. Darstellung der Volumenänderung (analog zu den Bildern 2 und 3). Infolge eines zu hoch eingestellten Einstichbodens und eines Rundheitsfehlers liegt das Behältervolumen für einige Meßpunkte nahe der Minimumgrenze.

kontinuierliche Messungen an Behältern aus einer bestimmten Form während des Versuchszeitraums bestätigten frühere Ergebnisse. Die gestrichelte Kurve zeigt die Volumenänderung, die einer beobachteten Gewichtsänderung der gemessenen Flaschen entspricht; d. h. die Schwankung der Volumenkurve ist größtenteils allein auf Gewichtsänderungen zurückzuführen. Die für diese Versuche gewählte Flasche hatte die Form einer Bierflasche. Bei flachwandigen Flaschen ergäben sich natürlich wesentlich größere Schwankungen.

Diese Darstellung in Bild 3 ist der in Bild 2 ähnlich. Allerdings sind im ersten Abschnitt des Beobachtungszeitraums Volumenänderungen vorhanden, die nicht nur von der Gewichtsänderung, sondern auch von anderen Faktoren abhängen, z. B.

kleinere Formänderungen, flache Nähte oder Änderungen im Einstichboden.

Bild 4 zeigt einen Behälter, bei dem die beobachtete Volumenänderung nicht allein auf die Gewichtsänderung zurückzuführen sein kann. Die gestrichelte Kurve, die Änderungen des Volumens durch Änderungen des Behältergewichts wiedergibt, ist den Kurven der vorhergehenden Darstellungen sehr ähnlich. Am Anfang des Versuchs liegt aber das Volumen der Behälter nahe an der Minimumgrenze. Diese Flaschen wurden untersucht, um die Ursache der Volumenabnahme zu finden, dabei stellte sich heraus, daß ein zu hoch eingestellter Einstichboden vorlag und ein Rundheitsfehler, den der Maschinenführer nach etwa der Hälfte des Beobachtungszeitraums erkannte und korrigierte. In diesem Fall hätten Rückmeldungen der Volumenmessung eine rechtzeitige Warnung ermöglicht, denn der Einstichboden war nahe am Maximum, und auch in den Minimum/Maximum-Toleranzen des Durchmessers bzw. in der Rundheitsspezifikation waren die Grenzwerte fast erreicht.

Das Volumen ist formabhängig, und Stichprobenuntersuchungen liefern hier zufriedenstellende Ergebnisse. Ist ein aktives Formenlesesystem vorhanden, dann kann man in festgelegten Zeitabständen eine Behälterlage durch die Stichprobenanlage schicken. Liegen Behälter aus der Stichprobe außerhalb der Toleranzen und bestätigt sich dieser Zustand in einer erneuten Prüfung, dann kann die betreffende Form vom Formenlesesystem gesperrt werden. Diese Information ist dann sofort an das heiße Ende weiterzuleiten.

Außerhalb der normalen Prüffrequenz sollten an der Stichprobenanlage weiterhin Messungen an außerhalb der Toleranz liegenden Formen durchgeführt werden, damit die Sperrung nach Korrektur des Problems möglichst bald wieder aufgehoben werden kann. Formen, die gerade noch in der Toleranz liegen, können ebenfalls mit größerer Häufigkeit gemessen werden, um möglichst rasch Informationen über ihren Zustand zu erhalten. Der Maschinenführer am heißen Ende kann so gewarnt werden, bevor das Auswurfniveau erreicht ist. Bei diesem Verfahren wird mit langsameren Geschwindigkeiten und weniger kostspieligen Prüfausrüstungen gearbeitet, und man kann eine ausgezeichnete Genauigkeit und Prüfergebnisse erzielen, die nahe an die Ergebnisse von on-line-Prüfungen herankommen.

#### 4. **Schlußfolgerungen**

Die beiden hier erörterten Beispiele zeigen, wo die Vorteile des Einsatzes logisch koordinierter Formenlesesysteme liegen: nämlich in der raschen Erkennung und Zuordnung von Problemen, die bereits entstanden sind und, soweit möglich, in der Aufspürung oder Vorhersage von Trends, die zu einer fehlerhaften Produktion führen könnten. Durch die richtige Verteilung der aus Prüfungen gewonnenen Information müßte es mit einem solchen System möglich sein, den Prozentsatz an Behältern in Verpackungsqualität zu erhöhen, nicht durch Aus-sortieren, sondern durch Verbesserungen im Produktionsprozeß.

83R0802