

# Energieeinsparung mit HTS

# Energieeinsparpotential der Elstein HTS-Serie

## 1. Aufgabenstellung

Die Elstein-Strahler der HTS-Serie sind keramische Infrarotstrahler, die gegenüber konventionellen keramischen Vollguss-Strahlern über eine integrierte Wärmedämmung verfügen.

Aufgabe dieser Untersuchung war der Nachweis, ob und in welcher Höhe die Strahler der Elstein HTS-Serie ein Energieeinsparpotential gegenüber Vollguss-Strahlern besitzen.

## 2. Versuchsbeschreibung

Zum Nachweis des Energieeinsparpotentials wurden Wasserverdampfungsversuche mit 3 verschiedenen Versuchsstrahlern durchgeführt. Im Bild 1 ist der Versuchsaufbau dargestellt.



Bild 1: Versuchsaufbau

Unter einem Elstein Bauelement EBF/25 wurde eine Metallschale angeordnet, die jeweils eine Wassermenge von 100 g enthielt. Mittig am Boden der Schale wurde mittels eines Thermoelements die Temperatur gemessen.

Das Elstein Bauelement EBF/25 hatte einen neuen, blanken Edelstahlreflektor, in das folgende Versuchsstrahler eingebaut wurden:

- a Elstein Hochtemperaturstrahler HTS/1 1000 W 230 V mit integrierter Wärmedämmung
- b Elstein Flächenstrahler FSR 1000 W 230 V (Vollguss-Strahler)
- c Fremdfabrikat (in FSR-Bauform) 1000 W 230 V (Vollguss-Strahler)

Alle Versuchsteile befanden sich zu Versuchsbeginn auf einer Raumtemperatur von 21 °C. Die Strahler wurden jeweils mit dem Beginn des Versuchs eingeschaltet. Während der Versuche erfolgte zusätzlich zur Temperaturmessung der Metallschale die Messung der elektrischen Leistung der Versuchsstrahler.

Das Verdampfen von Wasser als Mittel zum Nachweis des Einsparpotentials wurde gewählt, weil es stellvertretend für viele Trocknungsprozesse z. B. in der Lebensmittelindustrie steht. Aber auch Fertigungsverfahren wie das Thermoformen von Plattenmaterial entsprechen in weiten Bereichen diesem Versuchsablauf.

Ein weiterer Vorteil des Verdampfungsversuchs ist die gute Erkennbarkeit des Versuchsendes. Erst wenn das Wasser vollständig verdampft ist, erhöht sich die Temperatur der Metallschale relativ schnell und deutlich über 100 °C.

### 3. Versuchsergebnisse

Im Bild 2 sind die gemessenen Temperaturkurven der 3 Versuche dargestellt.

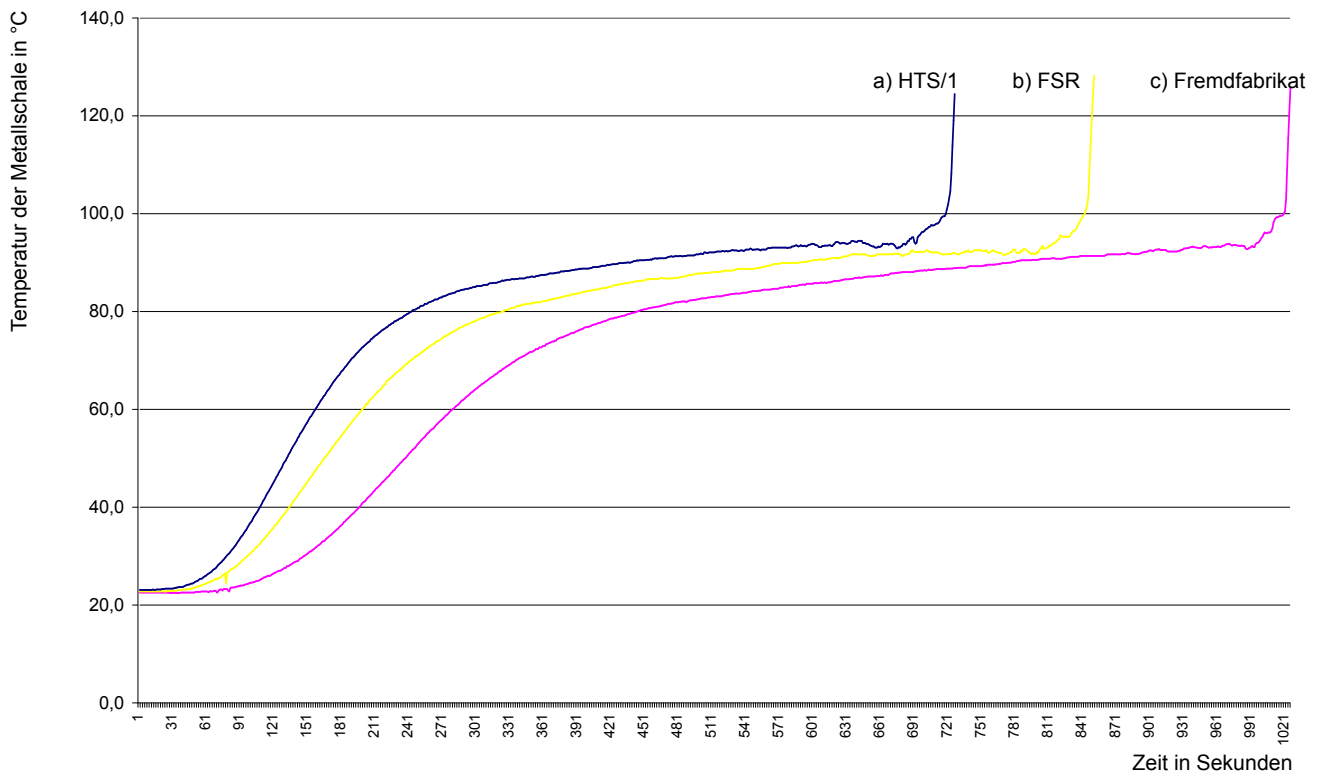


Bild 2: Temperaturverlauf des Bodens der Metallschale

Die Kurven zeigen einen üblichen Aufheizvorgang. Die Temperatur steigt anfänglich stark, hält sich dann eine Zeit lang in einem schmalen Bereich unterhalb der Verdampfungstemperatur, um dann nach vollständigem Verdampfen des Wassers innerhalb weniger Sekunden die 100 °C zu überschreiten. Das Erreichen von 100 °C wurde als Versuchsende zur Bewertung herangezogen.

Es ergaben sich folgende Messwerte:

Versuch	a	b	c
	HTS/1	FSR	FSR (Fremdfabrikat)
Leistung	965 W	976 W	978 W
Verdampfungszeit	720 s	844 s	1021 s
Benötigte Energie (Leistung x Verdampfungszeit)	0,193 kWh	0,229 kWh	0,277 kWh
Energieeinsparung- bezogen auf c	ca. 30 %	ca. 21 %	-
Energieeinsparung bezogen auf b	ca. 15 %	-	

Die Versuchsergebnisse zeigen in eindeutiger Weise das Energieeinsparpotential der Elstein HTS-Serie gegenüber den konventionellen Vollguss-Strahlern.

Sie ermöglichen aber auch noch weitergehende grundlegende Aussagen. Ist zum Beispiel die Taktzeit einer Erwärmungsaufgabe deutlich kürzer, dann verbessert sich das Einsparpotential weiter. Dieses lässt sich anhand eines einfachen Beispiels erkennen.

Angenommen die Erwärmungsaufgabe wäre, das Wasser nicht vollständig zu verdampfen, sondern es nur auf 80 °C zu bringen. Dafür benötigt der HTS/1 etwa 240 s, der FSR rund 320 s. In diesem Fall beträgt die Energieeinsparung schon 25 %.

Die Ergebnisse dieser einfachen Versuche decken sich mit Ergebnissen, die im Bereich Kunststoff-Thermoformmaschinen bereits im Jahr 1993 kundenseitig ermittelt und als Bericht in der Zeitschrift Kunststoff Journal veröffentlicht wurden /1/. Auch hier werden Energieeinsparungen im Bereich von 18 % bis 20 % geschildert.

Die Vorteile der Elstein HTS-Serie beschränken sich aber nicht nur auf die Energieeinsparung. Durch die geringeren zu erwärmenden Massen lassen sich kürzere Taktzeiten erreichen, was vielfach zu einer deutlichen Erhöhung der Maschinenleistung führt.

Da die Strahler der HTS-Serie an der Rückseite deutlich kälter als Vollguss-Strahler sind, geben sie kaum Strahlungswärme an den Reflektor ab. Sie sind damit im Gegensatz zu den Vollguss-Strahlern nahezu unempfindlich gegenüber Veränderungen der rückseitigen Reflektoren. Üblicherweise verschmutzen die Reflektoren im Laufe der Betriebszeit oder oxidieren an der Oberfläche. Dadurch verschlechtert sich ihr Reflexionsverhalten erheblich, und die elektrische Leistung des Vollguss-Strahlers muss nach und nach höher eingestellt werden.

Ein weiterer mittelbarer Vorteil des besseren Wirkungsgrades bei Strahlern der HTS-Serie gegenüber den Vollguss-Strahlern sind die damit verbundenen niedrigeren Temperaturen in den rückseitigen Verdrahtungsräumen. Diese schonen die Isoliermaterialien der Verdrahtung, wodurch sich deren Lebensdauer erhöht.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Strahler der HTS-Serie dem Anwender viele Vorteile bringen und den heutigen Stand der Technik darstellen. Deshalb sollten neue Systeme grundsätzlich mit diesen Strahlern ausgerüstet werden. Aber auch für viele Maschinen mit Vollguss-Strahlern empfiehlt sich bei höheren Betriebsstundenzahlen eine Umrüstung auf die Strahler der Elstein HTS-Serie.



Dr.-Ing. Wolfgang Erdmann  
Technischer Leiter



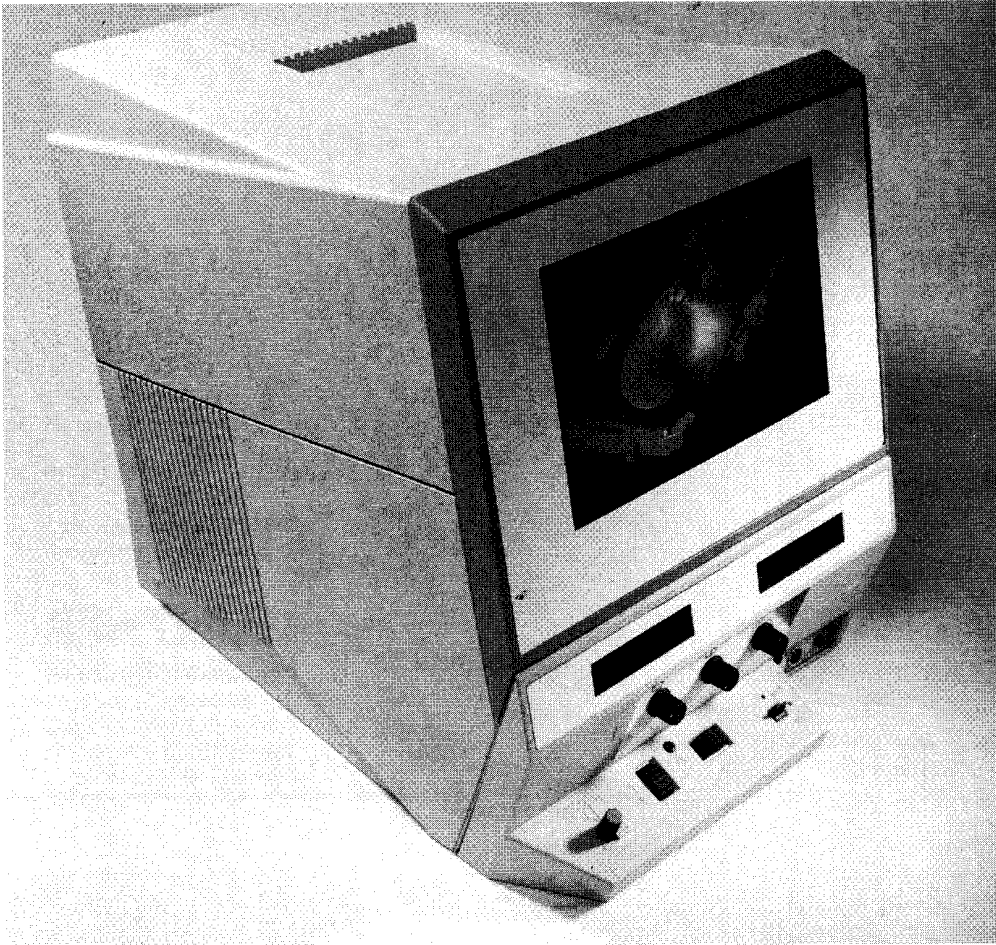
Dipl.-Ing. Ulrich Hupe  
Anwendungsberater

Elstein-Werk M. Steinmetz GmbH & Co. KG  
Stettiner Str. 14  
37154 Northeim  
Deutschland

Datum: 30. März 2007

Literaturverzeichnis:

/1/ G. Kiefer: Kürzere Taktzeiten, Kunststoff Journal 1 / 2 –93, Seiten 14-16



Die neue Methode zur Gestaltung von Thermoformteilen ermöglicht eine rationelle Produktion und ein besonders ästhetisches Design. (Werkbild: Vitaro)

# Kürzere Taktzeiten

Günter Kiefer

*Technische Thermoformteile aus Platten bis 15 mm Dicke finden immer mehr Verwendung. In vielen Industriezweigen. Linear-modular aufgebaute Thermoformmaschinen-Systeme und neue CNC-gesteuerte Nachbearbeitungsmaschinen erlauben die rationelle Herstellung der Formteile.*

Die zweite Generation des linearen Thermoformmaschinen-Systems der Baureihe UA-g erlaubt nun weitere Ausbaustufen. Diese führen zu noch rationellerer Arbeitsweise durch kürzere Taktzeiten bei gleichzeitiger Energieeinsparung durch die der Formstation vorgeschalteten Heizungen.

Für Großproduktionen sind Ausbaustufen möglich, die das direkte Entnehmen der Platten von der Transportpalette unter Einsatz von zwei Entlastern vorsehen. Verkettungen mit Nachbearbeitungsmaschinen und -einrichtungen

sind möglich. Durch die Modulbauweise ist eine optimale Anpassung an das jeweilige Produktionsvorhaben möglich.

## Die Technik im Detail

Kern des Systems ist die Formeinheit. Diese ist der Grundausrüstung für manuelles Beschicken und Entnehmen ausgelegt. Einrichtungen für teilautomatischen Formatwechsel gehören zur Standardausrüstung. Mit diesem Schnellumrüstensystem kann ein Formatwechsel in 10–15 Minuten erfolgen. Die Maschine steht damit wieder nach

kurzer Zeit für die Produktion zur Verfügung. Bei der Entwicklung wurde zunächst mit dem Formatsystem begonnen. Ziel war auch hier Systemtechnik, um dadurch niedrige formatbezogene Kosten zu ermöglichen. Dies wurde durch lieferbare Normalien und ein Formenbau-Handbuch, das zum Lieferumfang der Maschine gehört, erreicht. Dem Formenbauer wird damit das notwendige Wissen für wirtschaftlichen Formenbau vermittelt.

Die Formwerkzeuge werden über Vakuum auf dem Formtisch festgehalten, die Befesti-



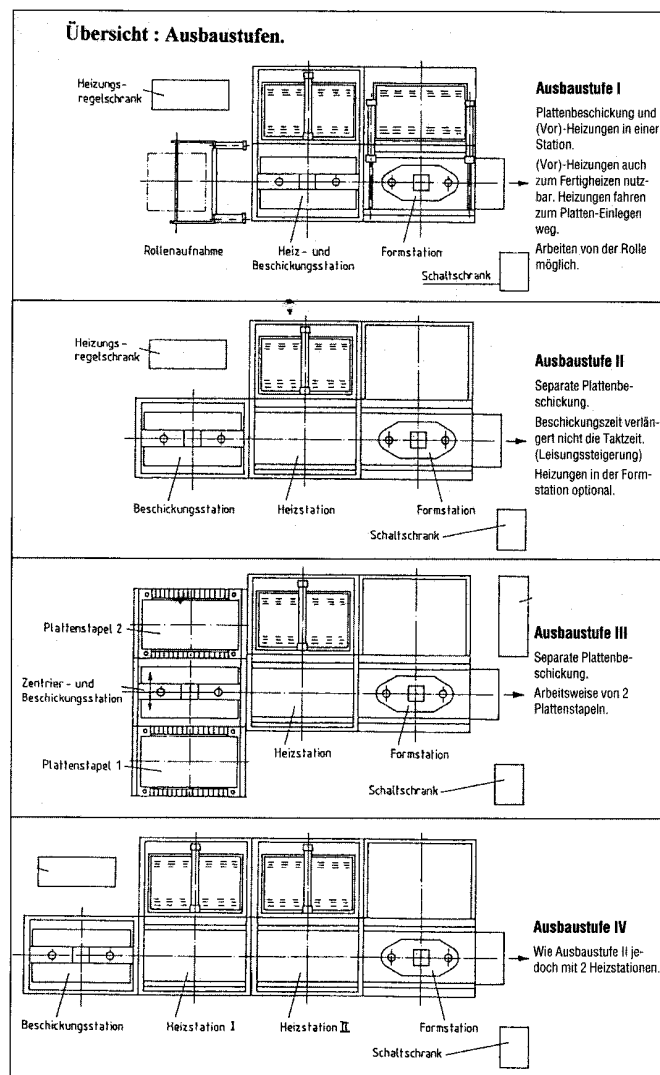
gung der Oberstempelwerkzeuge erfolgt über pneumatisch betätigte Verriegelungselemente. Beide Einrichtungen werden automatisch über das Umrüstprogramm gesteuert. Ein- und Ausbau des Formatsatzes erfolgen als komplettes Paket. Im Formtisch eingebaute pneumatisch bewegte Kugelrollen und die an der Frontklappe angebrachten Rollen erleichtern das manuelle Ein- und Ausschleiben. Die Rollen an der Frontplatte sind so befestigt, daß der Formatsatz mit dem Hubstapler darauf abgesetzt und auch wieder aufgenommen werden kann. Durch das Linearprinzip bleibt der Maschinenfrontbereich immer frei zugänglich.

## Die Regelung der Plastifizierung

Mit besonderer Intensität wird das Infrarot-Strahlungssystem hinsichtlich Regelbarkeit und Energieeinsparung weiterentwickelt.

Ausgehend von der logischen Forderung, daß eine thermoplastische Platte oder Folie vor der Verformung möglichst gleichmäßig über die gesamte Fläche zu beheizen ist, wurden umfangreiche Versuche und Untersuchungen durchgeführt. So wurde ermittelt, daß die sich bei jeder horizontalen Infrarot-Heizfläche bildenden natürlichen Isothermen (Ringzonen) in unterschiedlichen Temperaturen über Pilotstrahler regelbar sein müssen, um eine gleichmäßige Flächenaufheizung zu bekommen. Die einmal für eine Maschinengröße ermittelten Temperaturabstufungen zwischen den einzelnen Isothermen müssen später nicht mehr verändert werden, wenn die üblichen grundsätzlichen Voraussetzungen, wie ausgeglichene Spannrahmen, gegeben sind.

Zahlreiche erfolgreiche Anwendungen der Isothermenregelung bestätigen die Richtigkeit dieser Vorgehensweise. Die als Zusatzeinrichtung lieferbare Mehrstellungsschaltung erlaubt die Zuordnung



Vier Ausbaustufen des Thermotransfersystems UA erlauben höchst betriebliche Anpassung

einzelner Strahler an andere Regelzonen. Diese Möglichkeit kann für Extremteile, die unterschiedliche Verformungstemperaturen in der Fläche erfordern, genutzt werden.

Keramische Infrarotstrahler eignen sich in besonderer Weise für eine Temperaturregelung. Durch einen neuen inneren Aufbau der Strahler des neuen Typs HTS wird die Energieabstrahlung zur Reflektorseite hin reduziert. Dadurch wird mehr Energie zur aufzuheizenden Platte hin abgegeben.

Der bessere Wirkungsgrad führt zur Stromkosteneinsparung von 18 % gegenüber bisher bekannten Strahlern. Eine Unterheizung gehört zur Grundausstattung. Auch diese ist mit keramischen Strahlern

bestückt. Die Robustheit dieser Elemente erfordert keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen durch Abdeckungen aus Glaskeramik oder dergleichen. Das seit vielen Jahren bewährte Arbeiten mit Intensivheizung über geregelte Temperaturabsenkung ist auch bei diesen modernen Heizsystemen möglich.

Temperaturgeregelte IR-Heizsysteme garantieren konstante Taktzeiten vom Start der Maschine bis zum Ende der Serie. Anfahrausschuß wird auf ein Minimum reduziert.

## Die Wahl der Antriebstechnik

Formtisch und Oberstempel sind pneumatisch bewegt. Die Bewegungsgeschwindigkeiten für jeweils beide Richtungen werden über Ventilkaskaden

digital vorgewählt und abgespeichert. Am Oberstempel kann der Fahrweg über motorisch verstellbare Anschläge eingestellt werden. Auch diese Fahrwege sind abspeicherbar. Zum manuellen Einstellen der Fahrwege muß man nun nicht mehr auf die Maschine klettern, da dieses vom Bedienfeld aus geschieht.

Als alternative Antriebstechnik kann Hydraulik geliefert werden. Hier können die Geschwindigkeiten stufenlos eingestellt und die Einstellwerte abgespeichert werden.

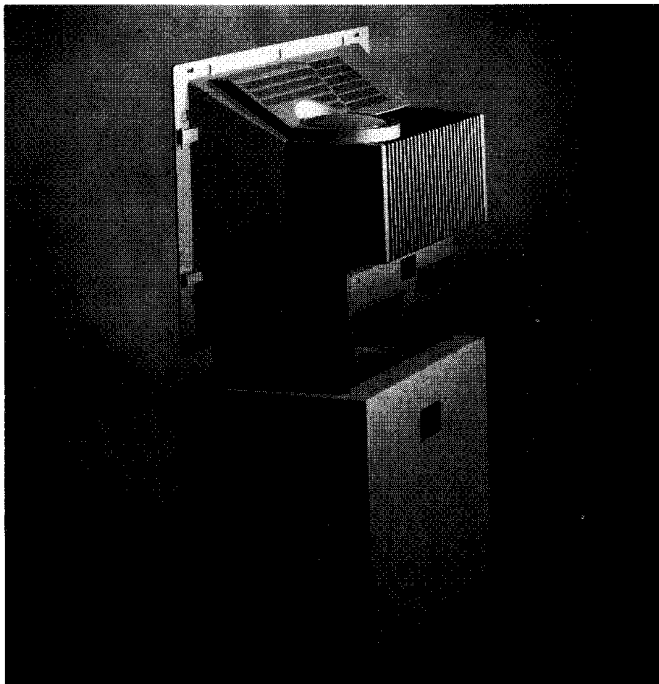
## Der Ausbau in Stufen

Auf die automatische Beschickung mit Platten oder Folie und automatische Entnahme des Fertigteils sollte man in der Produktion nicht mehr verzichten. Die Steigerung der Gesamtleistung und geringe Ausschußquoten machen diese Ausbaustufe zu einer rentablen Investition. Die Mehrfachbedienung handbeschickter Maschinen ist hier kein Argument mehr.

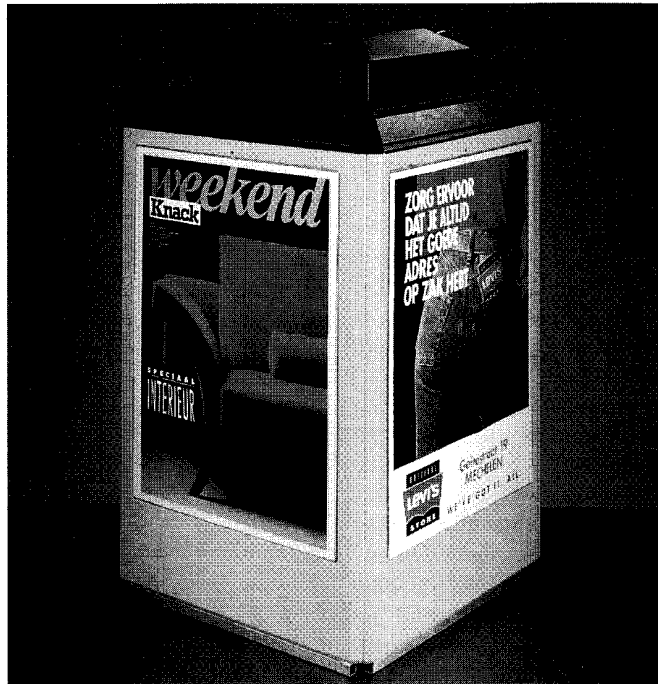
Die Beschickungs- und Entnahmeeinrichtung ist für das automatische Beschicken der Formstation mit Platten oder Zuschnitten von der Rolle ausgelegt. Das Austransportieren des Fertigteiltes geschieht gleichzeitig mit dem Eintransportieren der unverformten Platte oder des Zuschnittes. Daraus resultiert ein absoluter Zeitvorteil gegenüber Handbeschickung.

Die Einrichtung wird linksseitig neben die Grundmaschine montiert. Am Plattenmagazin sind die Führungsholme für die Plattenstapel über digitale Eingabe des Plattenmaßes am Bedienfeld automatisch über das Umrüstprogramm verstellbar. Die Saugerplatten zum Einheben der Platten in das Transportsystem sind in verschiedenen genormten Größen lieferbar. Sie sind für die automatische Koppelung mit der Einhebeeinrichtung vorgesehen.

Im Grundgestell dieses Ausbaumoduls sind bereits die Befestigungen für den Einbau ei-



Mit Illig-Maschinen geformt: Großbild-Monitor in besonders ästhetischem Design (Werkbild: Vitalo)



Rationell gefertigte Reklametafeln aus Kunststoff ziehen die Blicke der Verbraucher an (Werkbild: Vitalo)

ner oberen und unteren Vorheizung vorhanden. Diese können sofort mitbestellt oder auch später nachgeliefert werden.

Neu am Vorheizungssystem ist die Möglichkeit, eine Platte auf Verformungstemperatur aufzuheizen und dabei die Heizung in der Formstation stillzusetzen. Dies ist möglich durch eine vertikal bewegliche untere Vorheizung, auf die ein kühlbarer Formatrahmen dicht aufgesetzt wird. Die zuvor zwischen die Klappseiten und die Transportkette eingelegte Platte wird durch Hochfahren der unteren Heizung mit dem unteren Formatrahmen zusätzlich gegen einen an den Transportholmen befestigten oberen Rahmen während der Beheizung eingespannt. Durch die Einspannung ist die Beheizung unter Luftstützung möglich, wobei gleichzeitig die Einspannränder kalt und stabil bleiben. Diese Stabilisierung läßt den Transport der auf Verformungstemperatur aufgeheizten Platte zu ohne wesentliche Einschnürungen quer zur Transportrichtung. Beschicken und Heizen geschieht nun gleichzeitig mit Formen, Kühlen und Entformen. Bereits mit dieser ersten Aus-

baustufe ist eine Leistungssteigerung gegenüber einer handbeschickten Maschine bis zu 50 % möglich. Die Energieeinsparung pro Takt kann hierbei 20 % betragen. Als Entscheidungshilfe stehen Leistungsdiagramme zur Verfügung. Diese zeigen die möglichen Produktionsleistungen pro Ausbaustufe in Abhängigkeit zur Plattendicke. Nachdem die Beschickungszeit bei dieser Ausbaustufe in die Gesamtablaufzeit eingeht, ist eine weitere Leistungssteigerung durch Einbau eines Vorheizungsmoduls zwischen die Beschickungseinrichtung und die Formstation möglich. Diese Aufbaustufe ist für viele Anwendungsfälle optimal. Wenn die Heizungen in der Formstation beibehalten werden, können auch kleine Stückzahlen oder Einzelstücke eventuell mit Handbeschickung hergestellt werden. Der Ausbau mit zwei Vorheizstationen ist nur dann sinnvoll, wenn die Heizzeit bei nur einer Heizstation in der Dauerproduktion taktzeitbestimmend wird. Diese Ausbaustufe ist in der Regel für Produktionen mit hohen Losgrößen eine rentable Investition.

Auch der Ausbau mit Beschickung von zwei Plattenstapeln ab Palette ist in Großproduktionen, wie beispielsweise in der Kühlschrankschrankindustrie, sinnvoll. Eine moderne SPS-Steuerungstechnik ermöglicht erst die volle Nutzung der maschinenbautechnischen Modultechnik. Hier sind zwei Ausführungen lieferbar. Als Grundausstattung wird eine SPS mit Universal-Bedienfeld geliefert. Die produktbezogenen Einstelldaten werden auf EE-PROM-Kassette gespeichert. Bei Neuaufgabe des Produktes werden die Daten wieder in die Steuerung eingelesen. Sofern sich die Materialdaten und Umwelteinflüsse nicht wesentlich verändert haben, wird das Produkt wieder in gleicher Leistung und Qualität wie bei der vorherigen Auflage produziert. Automatisches Umrüsten ist Bestandteil des Steuerungsprogramms. Über den Umrüster-Programmablauf erfolgt zunächst das Ausrüsten. Hierbei werden die Werkzeuge im Paket mit dem Spannrahmen zunächst entriegelt und mit dem Formtisch in Wechsellage abgefahren. An der Beschickungseinheit fahren die

Plattenzentrierholme in Nullposition, und die Saugerplatte wird entriegelt und abgelegt. Die manuelle Arbeit beschränkt sich auf wenige Handgriffe. Für höhere Ansprüche ist eine SPS mit Farbmonitor und Abspeichermöglichkeit der produktbezogenen Einstelldaten auf Diskette lieferbar. Am Monitor werden die Maschinenabläufe, die Heizungstemperatureinstellungen, die Einstelldaten für den mechanisch-pneumatischen Ablauf sowie Fehlerdiagnose usw. dargestellt. Diese Steuerungsausführung ermöglicht auch eine bedienergeführte Grundeinstellung bei neuen Produkten. Die Steuerung fragt den Einsteller über die Produktdaten ab und errechnet entsprechend der Eingabe die Einstelldaten. Dieses Funktionspaket reduziert den bei empirischer Ermittlung üblichen Anfahrausschuß erheblich. Mit diesem neuen Modulsystem ist eine optimale Anpassung möglich geworden.