



Dr. Manfred Reichert

Abpacken in flexiblen Verpackungen im Form-, Fill- Seal-Prozess – Folien , Maschinen und Qualitätssicherung

Teil 2: Schlüsselstellen bei vertikalen Form-, Füll- und Schließsystemen: Siegel- und Schweißverfahren

Kurzzusammenfassung

Aufbauend auf Teil 1 werden in diesem Teil 2 die oben genannten Schlüsselstellen kurz dargestellt: v. a. Wärmekontaktsiegelprozess und Ultraschallsiegelprozess, wobei in diesem Rahmen wieder jeweils nur Grundlagen möglich sind. (Funktion, Einflussfaktoren, Siegelmaterialien, Maschinenanwendung etc.).

Am Schluss dieses Inno-Letters wird noch darauf verwiesen, mit welchen Themen sich die nachfolgenden Teile befassen werden.

1 Siegelung, Grundlagen

Definition nach DIN: 55405 Teil 6:

Heißsiegeln:

Verbinden der thermoplastischen Beschichtung von Trägerstoffen unter Einwirkung von Wärme und Druck, wobei die Trägerstoffe selbst nicht plastisch werden.

Schweißen:

Verbinden von thermoplastischen Packstoffen unter Einwirkung von Wärme mit oder ohne Druck.

Zunächst soll kurz auf die Struktur der Packstoffe eingegangen werden. Mehrschicht-Verbunde, wie sie auf vertikalen Form-, Füll- und Schließmaschinen eingesetzt werden (beispielsweise für sauerstoffempfindliche Produkte), haben schematisch folgende Struktur:

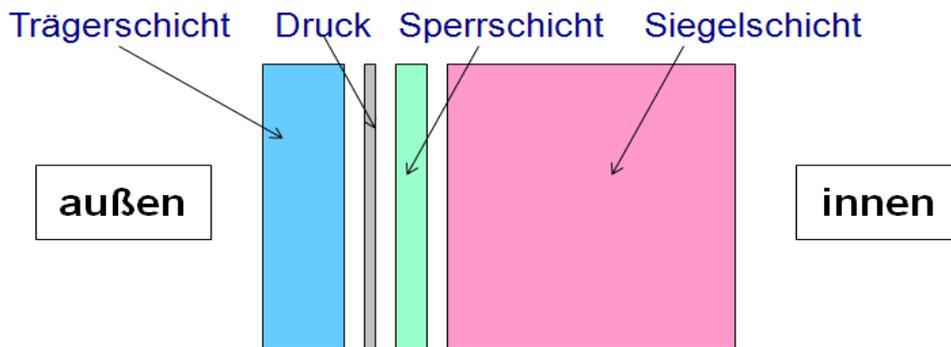


Abb.1: allgemeine Struktur von Mehrschichtverbunden

In diesem Inno-Letter wird nur auf die Siegelschichten kurz eingegangen; weitere Einzelheiten zu den gesamten Folienverbunden werden in einem weiteren Inno-Letter behandelt werden.

Eine Auflistung von Siegelschicht-Materialien, kurz angedeutet:

- PE-LD: Low Density Polyethylen, Standard-PE; dieses kann durch verschiedene Verfahren und Zusätze in seinen Eigenschaften verändert werden.
- PE-LLD: Linear Low Density PE; wird durch Copolymerisation hergestellt, und besitzt einen niedrigeren Schmelzpunkt und höheren Hottack als PE-LD.
- PE-VLLD: Very Linear Low Density PE; soll noch besseren Hottack als PE-LLD haben. Ist sehr zäh, schlecht fließend, und benötigt hohe Siegelkräfte.
- Ionomer (Surlyn), Hersteller Fa. Du Pont; ist aufgebaut aus thermoelastischen Ethylen-Methacrylsäure-Copolymeren, deren Molekülketten über Ionenbindungen vernetzt sind. Besitzt einen sehr guten Hottack, und hat eine niedrige Siegeltemperatur. Aber Eigengeschmack kann ggf. stören => für geruchsempfindliche Produkte nicht empfehlenswert. Surlyn ist rel. teuer.
- CPP: Cast Polypropylen; ist transparent, sehr klar, hat einen rel. hohen Schmelzpunkt mit 154°C, was zu einer Reduzierung der Ausbringung führen kann.
- Siegellacke: diese werden in Dicken von 1-3 µ aufgetragen, und sind für Verpackungszwecke geringer Anforderungen vorgesehen. Sie bestehen aus Acryl oder PVDC (Polyvinylidenchlorid). Ein Fassonauftrag – also nicht vollflächig – ist möglich.
- Zusätze / Verfahren: EVA, 5-7%; Metallocen-Katalysatoren, Comonomere, Polybutylen, Gleitmittel, Antistatica, Haftvermittler und Kleber.

Um sowohl beim Siegeln als auch beim Schweißen ein optimales Ergebnis zu erhalten, muss auf mehrere **Einflussparameter** geachtet werden. Die wichtigsten Parameter sind:

- **Temperatur:** die eingesetzte Temperatur bestimmt die Schmelzviskosität der zu erwärmenden Siegelschicht. Zu niedrige Temperatur hat i. d. R. eine schlechte Siegelnaht zur Folge; eine zu hohe Temperatur kann generell die Siegelschicht „verbrennen“, und so die Siegelnahtfestigkeit durch Verschmutzung herabsetzen.
- **Zeit:** sie beeinflusst die Wärmemenge und somit die Kosten für den Siegelprozess. Bei zu kurz gewählter Zeit kann z. B. die Siegelschicht nicht ausreichend aufgeschmolzen

werden; ist die Abkühlzeit auch zu kurz, so kann das Material nicht genügend abkühlen, und die Siegelnaht verliert an Festigkeit.

- **Druck:** bei zu hohem Druck kann z. B. das Siegelmaterial aus dem Siegelnahtbereich zu sehr weggedrückt werden; folglich kann nicht mehr genug Material für eine gute Siegelnaht vorhanden sein.
- **Profil des Siegelwerkzeuges:** auch dadurch werden Siegelnahtfestigkeit und Dichtigkeit beeinflusst. Mit der richtigen Auswahl des Siegelprofils können u. a. auch Zeit, Druck und Temperatur verringert werden.

=> Allgemein ist der Siegelprozess also – abhängig von dem Material und der Dicke der Siegelschicht – ein Zusammenspiel von u. a. Druck, Zeit, Temperatur, Profil des Siegelwerkzeuges. Dadurch wird das Ergebnis – Siegelnahtfestigkeit und -dichtigkeit – bestimmt.

Nicht zu vernachlässigen ist der Einfluss des jeweiligen Produktes, das abgefüllt wird. So kann u. U. die Siegelung im Bereich der Naht durch Produktreste negativ beeinflusst werden. Beispielsweise können dies pulvrige Produkte sein, oder auch fetthaltige Produkte, oder Produkte, die ätherische Öle oder organische Lösungsmittel enthalten.

Ein Beispiel, wie sich verschiedene Temperaturen, Zeiten und Druckverhältnisse auf die Siegelnahtfestigkeit auswirken, ist in Abbildung 2 dargestellt:

Siegelnahtfestigkeiten als Funktion von Temperatur, Siegelzeit und -druck

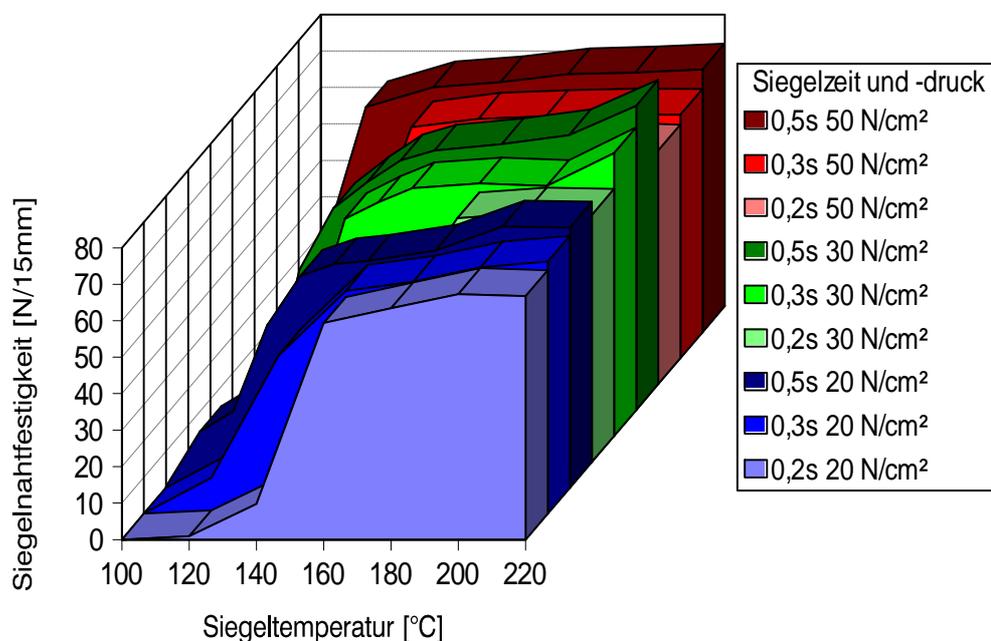
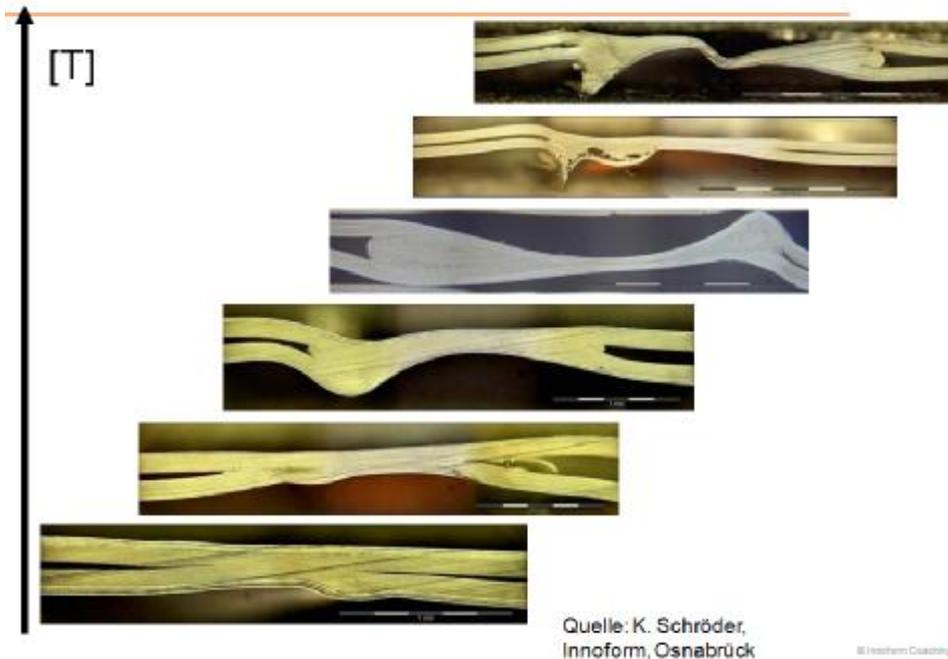


Abb.2: Siegelnahtfestigkeit, abhängig von verschiedenen Faktoren
(Quelle: Fa. Innoform, Oldenburg)

Wie sehr eine ungünstig gewählte Temperatur – zu hoch oder zu niedrig – die Siegelung beeinflussen kann, ist in den nachfolgenden Mikrotomschnitt-Bildern gut zu sehen:

Zu kalt und zu heiß geschweißte Nähte



Quelle: K. Schröder,
Innoform, Osnabrück

© Innoform Coating GmbH

Abb.3: Vergleich verschieden ausgeführter Schweißnähte
(Quelle: K. Schröder, Innoform, Oldenburg)

Ein Beispiel von Quernaht-Siegelbacken ist in folgender Abbildung zu sehen:
Die Packstoff-Quersiegelung ist also mit der Schneidfunktion gekoppelt. Das Siegelprofil kann beispielsweise als 2 Steg-Profil ausgelegt sein (optimaler Druckeintrag), siehe Abb. 6 unten.
Siegeltemperatur: Ist / soll mittels Temperaturüberwachung $\leq 5^\circ\text{C}$; Die Temperaturmessung und Regelung der vorderen und hinteren Siegelbacke erfolgt getrennt.

Abb. 4 zeigt das Beispiel von Quernahtsiegelbacken (Bild und Schema)

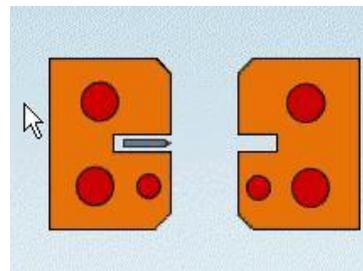
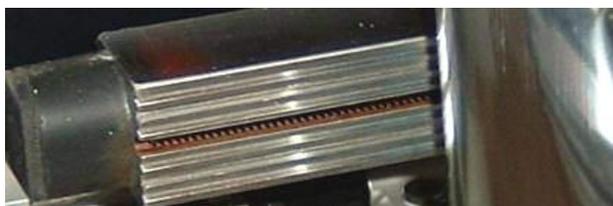


Abb.4: Quernahtsiegelbacken
(Quelle: Bosch Packaging Technology)

Diese Maschinen können unterschiedlich für **Siegelung** und **Schweißung** ausgelegt sein.
Vorteile der **Heißsiegelung** sind u. a.:

- Getrennte Temperaturmessung und Regelung der Quernaht-Backen vorne und hinten
- Selbst optimierende Regler; die Temperatureinstellung erfolgt automatisch über ein Formatprogramm.

- Automatische Temperaturüberwachung; eine Grenzwertüberschreitung führt zu einem Maschinenstopp.
- Gleichmäßige Siegeltemperatur über die gesamte Längsnaht- und Quernahtfläche, für hochempfindliche Packstoffe wie PP (sehr enger Siegelbereich) sehr wichtig.

Daneben gibt es auch das **PHS-Schweißsystem** (Poly-Heißsiegel-Schweißsystem):

- Zum Schweißen von PE-Folien mit unterschiedlichen Dicken; die Schweißnähte werden dabei nach dem Schweißen durch Druckluft gekühlt (siehe nachfolgende Abb.5)
- Die Schweißbacken weisen eine gleichmäßige Schweißtemperatur über die vollen Längs- und Quernahtbacken auf.
- Dieses System hat u. a. folgende Vorteile:
 - o keine Schweißbänder
 - o die Siegelbacken sind verschleißfest
 - o Mängel im Heizelement und Temperaturfühler werden angezeigt und bringen die Maschine zum Stillstand.
 - o Auch verwendbar in Umgebungen, die Risiken von Staubexplosionen unterliegen
 - o Extrem lange Lebensdauer
 - o Zuverlässige, stabile und dichte Siegelnähte oder Schweißnähte sofort nach dem Start der Maschine oder nach einem Steuerimpuls; kein Produkt – kein Beutel.

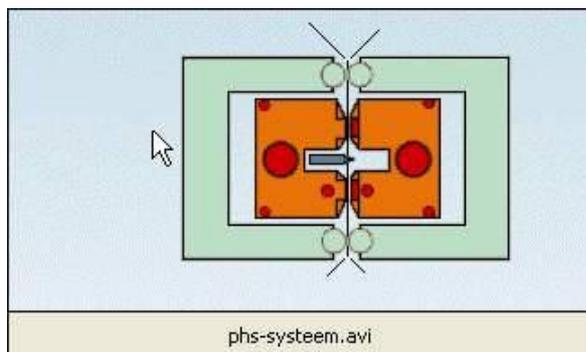


Abb.5: PHS-Schweißsystem
(Quelle: Bosch Packaging Technology)

Weitere Details zu den Siegelssystemen s. Inno-Letter Teil 1

2 **Ultraschall** (wird im weiteren Verlauf mit „US“ abgekürzt)

Theorie, Grundfunktion:

Beim Ultraschall (US) werden mechanische Schwingungen in Wärme umgewandelt. US-Wellen sind mechanische Schallwellen, die in Reibungswärme umgewandelt werden und zu einer stofflichen Verbindung auf Molekularebene führen. Die Reibungswärme wird durch Verformungsarbeit, d. h., die innere Reibung im Molekülverband, und durch Grenzflächenreibung, d. h. die äußere Reibung zwischen den Siegelmedien, erzeugt. Während des US-Prozesses werden mechanische Schwingungen einer US-Frequenz mit einer spezifischen Amplitude, Kraft und Dauer in die Folie eingeleitet. Die Prozessparameter hängen vom Folienaufbau, der Foliendicke und der Nahtgeometrie ab. Der US-Generator erzeugt aus der anliegenden Netzspannung eine Hochspannung, die in einer Ultraschallfrequenz oszilliert. Im Konverter (Schallwandler) wird die oszillierende

Hochspannung ... in eine mechanische Longitudinalschwingung umgewandelt, die eine mechanische Resonanzeinheit (Schwinggebilde) zum Schwingen anregt...

US-Siegeln ist durch einen großen energetischen Wirkungsgrad gekennzeichnet, da nur während der eigentlichen Schalleistung Energie benötigt wird und mit Siegelzeiten zwischen 80 und 200 ms kurze Zykluszeiten möglich sind. Dies ist v. a. bei dicken Packstoffen ... vorteilhaft. Im Vergleich zum dauerbeheizten Wärmekontaktverfahren sind US-Systeme unmittelbar nach Einschalten des US-Generators einsatzbereit. ... Beim US-Verfahren wird die zum Aufschmelzen benötigte Wärme nur in der Fügezone im Nahtinneren (Siegelschicht) erzeugt. Die Trägerschicht bleibt nahezu kalt...

Die Warmnahtfestigkeit ist deutlich höher als bei Heiß-Siegelung. Der Hottack kennzeichnet die Festigkeit der Naht unmittelbar nach Beendigung eines thermischen Fügevorganges ohne Kühlen. Möglichst hohe Hottack-Werte sind v. a. bei vertikal arbeitenden Form-, Füll- und Schließmaschinen (VFFS) wichtig.

(Quelle: T. Fischer, Fa. Herrmann Ultraschalltechnik, Karlsbad; neue Verpackung 9/2010, S. 64 f. (Auszug))

„Das Siegeln mit US ist eine kosten- und prozesseffiziente Lösung bei vielen Verpackungen wie Beuteln, Blister, Pods und Getränkekartons. Die hermetisch dichte Siegelnahtqualität schützt die Produkte vor Kontamination und O₂. Durch integrierte Prozesskontrolle ist eine lückenlose Qualitätssicherung des Verpackungsprozesses möglich... Verglichen mit der konventionellen Wärmesiegelung, bei der die Siegelbacken die Hitze von außen in die Folie eintragen, erzeugt der US die erforderliche Temperatur für den Siegelprozess von innen nach außen. Der Wärmeeintrag schont die Füllgüter vor thermischer Belastung. Die „kalten“ US-Werkzeuge verbrauchen zudem weniger Energie, während die Siegelnähte nach dem Siegelprozess ihre maximale Festigkeit erreichen (guter Hottack). Folienreste auf Siegelbacken und der damit verbundene Wartungsaufwand entfallen; die Gesamtanlageneffizienz (OEE) steigt. Mit dem Verfahren seien außerdem deutlich schmalere Siegelnähte und der Einsatz von Folienverbunden mit reduzierter Komplexität möglich“.

(Quelle: Verpackungs-Rundschau 9/2010, S. 49 (Fa. Herrmann Ultraschalltechnik, Karlsbad))

Der Energieverbrauch wird durch das Schweißen mit US deutlich reduziert. „Da die Energiezufuhr nicht durchgängig, sondern nur während der Schweißzeit erfolgt, werde beim US-Siegeln von Schlauchbeuteln nur ¼ der Energie verbraucht, die bei thermischen Systemen notwendig wäre. Mit US können sowohl Lamine als auch Monofolien sicher und dicht bearbeitet werden. Da durch die schmalen Nähte nur wenig Folienüberstand im Siegelbereich notwendig ist, kann Packstoff eingespart werden. In Bezug auf Ausschuss durch undichte Nähte punktet die US-Technologie ebenfalls: Das US-Siegelsystem im SmartPacker SX400 von CFS wird auch als „Zero-Reject-System“ (Null Ausschuss) bezeichnet. Im Dauertest bei der Salatbeutelproduktion haben die installierten Systeme im Summe bereits über 15 Mio. an dichten Schlauchbeuteln geliefert – bei deutlich weniger als 1% Ausschuss. Selbst wenn Feuchtigkeit oder Produktreste im Siegelbereich vorhanden sind, entstehen durch die US-Wirkung luftdichte Nähte“.

(Quelle: Verpackungs-Rundschau 9/2010, S. 86 (Fa. Sonotronic Ultrasonics Technology, Karlsbad))

Ein Vergleich der Siegelverfahren Wärmekontakt gegen US ist in der nachfolgenden Abbildung schön dargestellt:

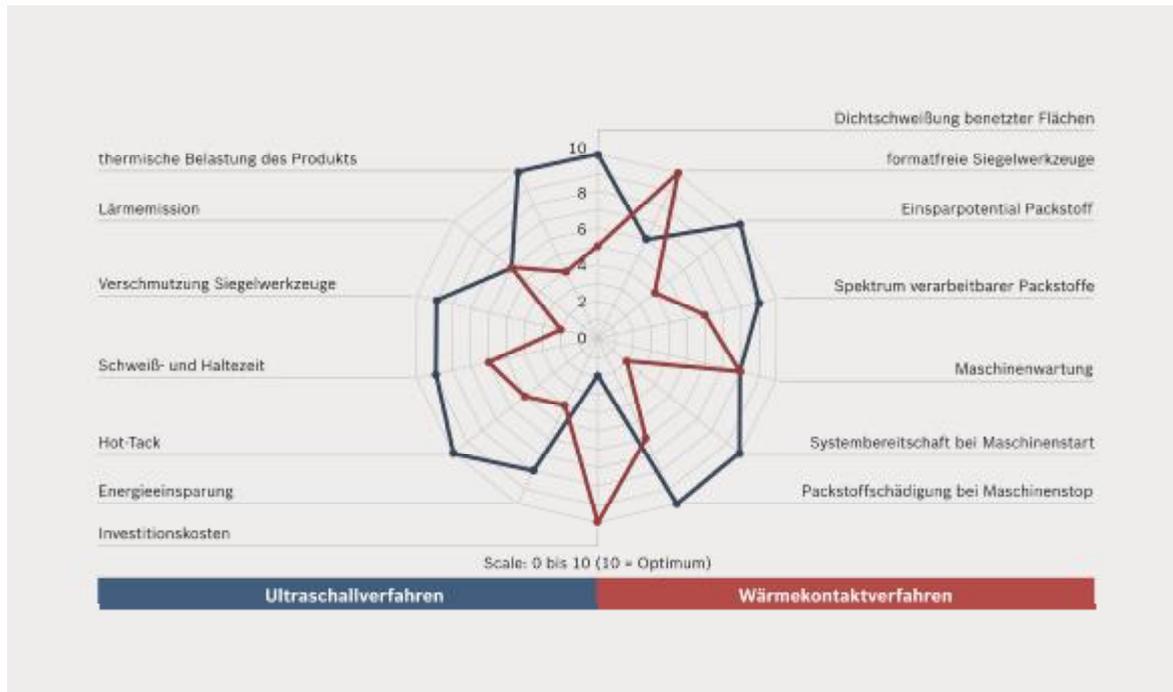


Abb.6: Radarchart: Unterschiede zwischen Wärmekontakt- und US-Verfahren

Auf diesem Radarchart sind die signifikanten Unterschiede zwischen Wärmekontakt- und US-Verfahren verdeutlicht. Zum Verständnis der Skalierung: der äußere Kreis (10) stellt das Optimum dar. Blau – das kalte Siegelverfahren, rot – das Wärmekontaktverfahren.

(Quelle: U. Wieduwilt, Bosch Packaging Technology, Waiblingen, PA/ETS)

Auf weitere Details kann in diesem Rahmen nicht eingegangen werden.

In der nächsten Abbildung ist noch einmal die Wärmeverteilung innerhalb der Packstofflagen bei herkömmlicher Heißsiegelung im Vergleich mit US-Siegelung bildlich sehr anschaulich dargestellt:

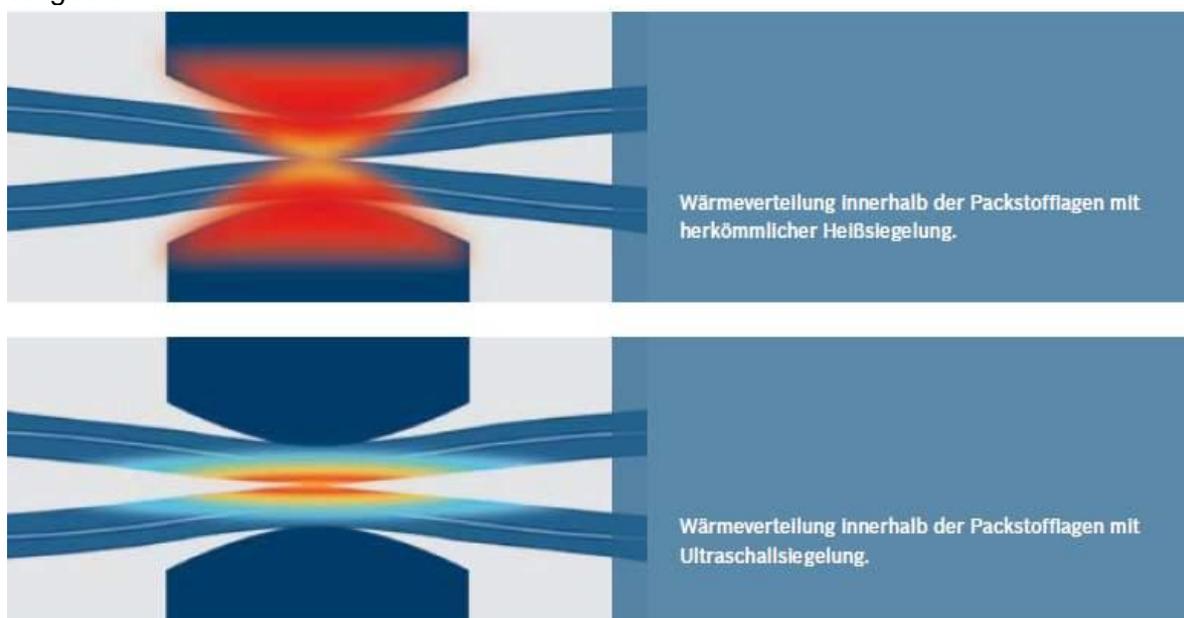


Abb:7: Wärmeverteilung innerhalb der Packstofflagen; Vergleich Heißsiegelung – US-Siegelung

(Quelle: Bosch Packaging Technology, Auszug aus Datenblatt „Ultraschall“)

Einsatz der Ultraschall-Siegeltechnologie bei vertikalen Schlauchbeutelmaschinen:

US-Siegelung eignet sich ideal für das Verpacken wärmeempfindlicher Produkte, da die Siegelbacken dabei nicht erhitzt werden. Die Schmelzeigenschaft dieser Produkte führt bei herkömmlicher Heißsiegelung häufig zu Verschmutzungen im Siegelbereich. Bei der US-Siegelung schmilzt das Produkt jedoch nicht, wodurch sich hohe Reinigungs- und Ausfallzeiten sowie der Produktausschuss verringern lassen. Mit US entfällt auch das Verkleben von Folienresten mit zu heißen Siegelbacken und somit auch der damit verbundene hohe Wartungsaufwand oder Stillstand der Anlage...

Während des Verpackungsprozesses können Produkte den Siegelbereich verunreinigen, wodurch die Verpackung nicht dicht versiegelt werden kann. Mit US lässt sich jedoch durch eine Vielzahl an Produkten und Flüssigkeiten hindurch siegeln und somit der Ausschuss signifikant reduzieren. Zusätzlich verbessert US die Verpackungserscheinung, da kalte Siegelbacken das Verpackungsmaterial nicht beschädigen und die Verpackung so ihr harmonisches Aussehen behält.

Au Grund schmaler Siegelnähte und einer Siegelung knapp über dem Füllniveau benötigt die US-Siegelung weniger Verpackungsmaterial. ..Diese Art der Siegelung benötigt auch weniger Energie, da das Verpackungsmaterial nur an relevanter Stelle erhitzt wird. Gleichzeitig wird Produktausschuss auf Grund von Hitzeschädigung vermieden...

Die meisten Verpackungen werden i. d. R. mit Heißsiegelmethoden hergestellt, auch wenn die Siegelung dabei oft nicht hermetisch ist. Für empfindliche Produkte wie frisches Obst und Gemüse, Schokolade, geriebenen Käse oder Pulver ist die neue Technologie der US-Siegelung die ideale Lösung.

(Quelle: Bosch Packaging Technology, Auszug aus Datenblatt „Ultraschall“)

Die wichtigsten Vorteile der US-Siegelungstechnik sind in der nachfolgenden Abbildung noch mal zusammengefasst:

Packaging Machines | Vertical

Ideale Siegeltechnologie für wärmeempfindliche Produkte
Ultraschallsiegelungstechnik

 **BOSCH**
Technik fürs Leben



- ▶ Ideal für empfindliche Produkte wie frisches Obst und Gemüse, Schokolade, geriebenen Käse oder Pulver
- ▶ Kurze Siegelzeit erhöht Maschinenleistung
- ▶ Siegelung durch Produkt reduziert Material- und Produktauswurf
- ▶ Schmalere Siegelnähte erfordern weniger Verpackungsmaterial

Abb.8: Vorteile der US-Siegelung
(Quelle: Bosch Packaging Technology, Auszug aus Datenblatt „Ultraschall“)

Beispiel eines mit US gesiegelten Schlauchbeutels (Produkt Salat):



Abb.9: Beispiel für US-Siegelung
(Quelle: Bosch Packaging Technology)

Schlussendlich soll noch kurz eine Abbildung von US-Quernahtsiegelbacken - bei der Anwendung in vertikalen Schlauchbeutelmaschinen - gezeigt werden:



Abb.10: US-Quernahtsiegelbacken
(Quelle: Bosch Packaging Technology)

**[Die Reihe wird fortgesetzt:
in weiteren Teilen soll u. a. auf folgende Themenkomplexe eingegangen werden: Trockene Füllgüter und beispielhafte Materialkombinationen und Spezifikationen;
Qualitätskriterien und Qualitätssicherung (Material- und Beutelspezifikationen, praxisnahe Prüfmethode, Dichtheitsprüfung)]**

Wir hoffen, dass wir Ihnen hiermit hilfreiche Informationen geben konnten. Für Rückfragen und Feedback stehen wir gerne zur Verfügung:

Dr. Manfred Reichert, Parkstrasse 36/1, 73630 Remshalden, Tel. 07151-72354,
e-mail: m.reichert51@web.de

Mitglied von InnoNET-Partners



In Zusammenarbeit mit:
Innoform GmbH Testservice
Industriehof 3
26133 Oldenburg

www.innoform.de
TS@innoform.de

