

## Einführung

Der Fokus dieses Artikels liegt in den beiden am häufigsten verwendeten Installationsmethoden von Gewindeeinsätzen in thermoplastischen Kunststoffen: **Installation im Warmeinbettverfahren oder Ultraschallschweissen.**

Die Verwendung von Kunststoffteilen hat sich in weiten Teilen der Industrie erhöht und somit hat sich auch die Bedeutung der Methoden zur Befestigung erhöht. Wenn Schrauben oder Bolzen direkt in Kunststoffkomponenten eingeschraubt werden kann ein Versagen infolge von ausgerissenen Gewinden oder Plastikkrüchen<sup>1</sup> vorkommen. In Fällen wo eine starke Verbindung und die Befähigung zur Montage und Demontage ohne eine Verschlechterung der Komponenten notwendig sind sorgen **Gewindeeinsätze** für ein funktionsfähiges Gewinde welches beiden dieser Notwendigkeiten gerecht wird.

Bevor ins Detail auf das Warmeinbetten gegenüber Ultraschallschweissen eingegangen wird ist es wichtig zu notieren dass es andere Methoden zur Installierung von Gewindeeinsätzen gibt, wie in Tabelle 1 dargestellt. Die Installation von Gewindeeinsätzen nach dem Formen gegenüber dem direkten Einspritzen reduziert Kosten durch die geringere Zyklusdauer. Die Installation nach dem Entformen reduziert auch potentiellen Ausschuss und beschädigte Teile durch dislozierte Gewindeeinsätze. Wie in Tabelle 1 gezeigt, wird das Warmeinbett- und Ultraschallschweissverfahren nur bei thermoplastischen Teilen verwendet. Thermoplastischer Kunststoff ist bei Normaltemperatur fest und kann wiederholt eingeschmolzt werden wohingegen Duroplaste nur einmal von flüssig zu fest konvertiert werden können und nicht mehr eingespritzt werden können.

Sowohl beim Warmeinbetten als auch dem Ultraschallschweissen wird der Gewindeeinsatz in ein

mit eingespritztes Loch oder eine gebohrte Aufnahmebohrung infolge der Plastifizierung des Kunststoffes eingebettet. Die Retention innerhalb der Bohrung wird dadurch sichergestellt dass der plastifizierte Kunststoff den äusseren Merkmalen des Gewindeeinsatzes nachgiebt (Bild 1). Eine ausreichende Menge an Kunststoff muss verdrängt werden um vollkommen die äusseren Konfigurationen abzudecken so dass der Gewindeeinsatz die maximale Performance erreicht sobald der Kunststoff sich verfestigt. Ein korrekter Weg, um zu bestimmen dass genügend Kunststoff in die Rändel, Widerhaken und Hinterschneidungen fliesst, ist einen Querschnitt des installierten Gewindeeinsatzes zu nehmen und sicherzustellen dass die Merkmale auf dem Kunststoff widergespiegelt werden wie in Bild 2 und 3 gezeigt. Es ist äusserst wichtig sicherzustellen dass genügend Kunststoff in die Rändel und Hinterschneidungen fliesst da dieses das Drehmoment und die Auszugskräfte Performance bestimmt. Auf Bild 3 kann gesehen werden dass nicht genügend Kunststoff in die Rändel und Hinterschneidungen geflossen ist welches in einer geringeren Performance des Gewindeeinsatzes resultiert.

Obwohl beide abhängig vom lokalen schmelzen des Kunststoffes sind können die Ergebnisse beim Warmeinbetten und Ultraschallschweissen variieren was die Performance anbelangt. Beide Installationsmethoden haben Vor- und Nachteile welche berücksichtigt werden sollten bevor in Installationsequipment investiert wird.

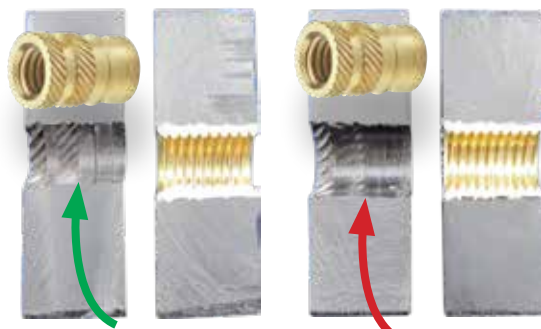


*Bild1. Hinterschneidungen, Rändel und/oder Gewinde auf der Aussenseite des Gewindeeinsatzes verbessern die Performance.*

**Tabelle 1. Installationsmethoden für Gewindeeinsätze**

| Installationsmethode  | Thermoplastik | Duroplaste |
|-----------------------|---------------|------------|
| Warmeinbetten         | ✓             |            |
| Ultraschallschweissen | ✓             |            |
| Einpressen            | ✓             | ✓          |
| Selbstschneidend      | ✓             | ✓          |
| Einspritzen           | ✓             | ✓          |

✓ = Können in die vorgegebenen Kunststoff-Typen installiert werden



*Bild2. Korrekter Kunststofffluss*

*Bild3. Unkorrekter Kunststofffluss*

<sup>1</sup>Kriechen verweist auf Materialdeformierung or –bewegung wenn das Material statischen mechanischen Drücken und/oder erhöhten Temperaturen ausgesetzt ist. (Materials Science and Engineering An Introduction, William D. Callister, 7th Edition).

## Allgemeine Beschreibungen

### Ultraschalleinschweissen



Eine Ultraschallschweissmaschine wandelt elektrische Kraft in eine Vibrationskraft um. Die nach unten gerichtete Kraft wird üblicherweise durch einen pneumatischen Zylinder sichergestellt während die Sonotrode die mechanische Energie auf die Metall-Kunststoff Schnittstelle überträgt. Sonotroden (hergestellt aus unterschiedlichen Metallen einschliesslich Titaniumlegierungen, Edelstahl und Aluminiumlegierungen) treten direkt mit dem Gewindeeinsatz in Kontakt. Während der Vibration der Sonotrode wird die mechanische Energie auf den Kunststoff, der um den Gewindeeinsatz ist, durch die Entstehung von Hitze übertragen – und führt schliesslich zum Schmelzen des Kunststoffs welches für die Installation notwendig ist.

### Warmeinbetten



Das Warmeinbetten von Gewindeeinsätzen wird durch den Transfer von Wärme der erhitzten Spitze über den Gewindeeinsatz auf den Kunststoff oder durch das Vorheizen des Gewindeeinsatzes erreicht wenn diese eingepresst werden. In beiden Fällen wird eine kontrollierte Kraft auf den Gewindeeinsatz angewandt um sicherzustellen dass der Kunststoff hinreichend plastifiziert ist bevor der Gewindeeinsatz installiert wird. Da das Warmeinbetten es erforderlich macht dass der gesamte Gewindeeinsatz erhitzt wird und nicht nur die Metall-Kunststoff Schnittstelle sollte das Material des Gewindeeinsatzes eine ausgezeichnete thermische

Leitfähigkeit haben (Messing und Aluminium sind die übliche Wahl). Dieses befähigt den Gewindeeinsatz effizient die Hitze auf den Kunststoff zu übertragen. (Es befähigt auch den Gewindeeinsatz schnell nach der Installation abzukühlen). Sobald der Kunststoff seine Plastifizierungstemperatur erreicht hat beginnt er die Ränder und Hinterschneidungen des Gewindeeinsatzes auszufüllen und verfestigt sich dann bei minimal induzierten Druck.

## Primäre Merkmale, Vorteile und Beschränkungen des Ultraschallschweissens und Warmeinbetten

Aufgrund von schnellerem Einpressen und kürzeren Abkühlzeiten hat die Installation via Ultraschallschweissen üblicherweise kürzere Zykluszeiten als beim Warmeinbetten wenn ein einzelner Gewindeeinsatz installiert wird der nicht vorgewärmt ist. Allerdings hat Equipment zum Warmeinbetten, das die Gewindeeinsätze vorwärmt, eine vergleichbare Installationszeit zu Ultraschallschweiss Equipment. Darüberhinaus, wenn mehrere Gewindeeinsätze gleichzeitig installiert werden, sorgt das Warmeinbetten für eine schnellere Durchlaufzeit.

### Vorteile der Installation im Ultraschallschweissverfahren

- **Kurze Zykluszeit für kleine Gewindeeinsätze.** Die Installation via Ultraschallschweissen ist üblicherweise schnell für kleinere Gewindeeinsätze (mit einem AD unterhalb 6mm), und verlangsamt sich mit der Erhöhung der Gewindegrösse.
- **Kann für einen anderen Zweck verwendet werden.** Ultraschallschweissmaschinen werden häufig neu verwendet oder umgewandelt von einem ursprünglichen Kunststoff-zu-Kunststoff Schweißprozess zur Warmeinbettinstallation.
- **Austauschbarkeit** – Sonotrodengrössen und -formen können einfach geändert werden um unterschiedliche Gewindegrössen aufnehmen zu können.

### Nachteile der Installation im Ultraschallschweissverfahren

- **Unzureichendes plastifizieren.**
  - Schlechtes fixieren/einspannen der Komponenten führt häufig dazu dass der Gewindeeinsatz kalt eingepresst wird. Dieses passiert durch Dämpfung welches durch das Verschwinden von mechanischer Energie herrührt. Der Dämpfungseffekt führt zu einer schlechten Installation da die mechanische Energie nicht um den Gewindeeinsatz lokalisiert ist.
  - Wenn Gewindeeinsätze zu schnell eingetrieben werden hat der Kunststoff nicht genügend Zeit zu schmelzen. Dieses ist ein übliches Problem mit der Einbringung im Ultraschallschweissverfahren welches oft zu hohem Druck und schlechter Retention innerhalb des Kunststoffs führt und zu einem Versagen des Teiles führen kann. Ein Versagen kann während der Installation stattfinden aber der schlimmste Fall ist wenn das Versagen im Anwendungsfall stattfindet.
  - Die Vibrationskräfte die durch die Sonotrode ausgeübt werden sind schwierig zu kontrollieren und manchmal werden Teile in die Bohrung eingepresst bevor sich der

Kunststoff überhaupt plastifiziert hat. Die Schäden am Gewindeeinsatz oder dem Kunststoffteil können schwerwiegend sein. Während ausgeklügelte Kontrollsysteme helfen können dieses Problem zu lösen können diese annähernd zu einer Verdoppelung der Kosten für eine bereits teure Ultraschallschweissmaschine führen.

- Geringe Variationen der Grösse des Gewindeeinsatzes oder der Aufnahmebohrung können genug sein um zu einem unzureichenden plastifizieren zu führen – selbst wenn die Geschwindigkeit des Einpressvorgangs verlangsamt wird.
- **Metallpartikel und –flocken.** Metallpartikel und –flocken können anfallen wenn das Ultraschall Sonotron gegen den Gewindeeinsatz vibriert und Material vom Gewindeeinsatz absplittert.
- **Übermässiger Lärm.** Beträchtliches Lärmproblem welches durch den Kontakt von Metall auf Metall (Sonotron auf den Gewindeeinsatz). Je grösser der Gewindeeinsatz desto grösser wird der Lärm während der Installation sein.
- **Schwierig mehrere Gewindeeinsätze gleichzeitig zu installieren.** Es wird sehr teuer, falls nicht unmöglich, mehrere Gewindeeinsätze auf einmal zu installieren.
- **Beschädigte Gewindeeinsätze.** Falsche Frequenz und/oder unkorrekte Einpresskraft kann zu Beschädigungen des Gewindeeinsatzes führen. In einigen Fällen kann das Sonotron das Gewinde des Gewindeeinsatzes beschädigen was dazu führt dass keine Schrauben oder Bolzen installiert werden können.
- **Gewindeeinsätze ohne Kopf.** Besondere Vorsicht ist geboten wenn Gewindeeinsätze ohne Kopf verwendet werden um sicherzustellen dass der passende Kontakt zwischen dem Gewindeeinsatz und dem Sonotron hergestellt wird. Andernfalls ist eine Beschädigung des Innengewindes sehr wahrscheinlich.
- **Ultraschall Sonotrone sind teuer.** Ultraschall Sonotrone sind Gegenstand von Verschleiss und sehr teuer zu ersetzen. Es ist üblich dass diese über 1000 Dollar kosten.

### Vorteile der Installation im Warmeinbettverfahren

- **Zuverlässig und konsistent.** Geringere Einpresskräfte erlauben das Einpressen in dünnwandige Teile welche durch das Ultraschallschweissequipment zerstört würden. Mit konsistenter und einstellbarer Temperatur, Kraft und Einpresstiefeneinstellung kann ein Gewindeeinsatz mit vorsehbaren Auszugs- und Drehmomentversagenskräften für die Anwendung konstruiert werden.
- **Ruhig.** Die ruhige Bedienung beseitigt den grellen Lärm der mit der Ultraschallschweissinstallation einhergeht.
- **Wirtschaftlicher.** Warmeinbettmaschinen sind ungefähr 50% billiger als vergleichbares

Ultraschallschweissequipment da sie weniger komplex sind und nicht so viele Komponenten benötigen. Warmeinbetten umfasst die Verwendung einer erhitzten Spitze und die Einpressung mittels Pneumatik mit geringen Kräfte; üblicherweise unter 25Kg. Ultraschallschweissen erfordert eine elektrische Stromversorgung, Zykluszeitschalter, einen elektrischen oder mechanischen Energiewandler und ein Ultraschall Sonotron.

- **Einfache Einpressung in tiefe Aufnahmebohrungen.** Längere Hitzespitzen können verwendet werden um sicherzustellen dass Teile in tiefe Aufnahmebohrungen installiert werden können welche mit einem Ultraschall Sonotron nicht erreicht werden würden.
- **Vielfältig.**
  - Die Warmeinbettinstallationsmethode ist äusserst anpassungsfähig. Anwendungen die mehrere Gewindeeinsätze in mehreren Ebenen benötigen können mit einer Warmeinbettmaschine mit Aufspannplatten versorgt werden. Prototypen oder niedrigvolumige Anwendungen können mit einer manuellen Warmeinbettmaschine bedient werden.
  - Eine grosse Reihe von Gewindegrössen kann mit der gleichen Maschine verwendet werden durch das Wechseln der austauschbaren Hitzespitzen.
  - Jeder Gewindeeinsatz kann installiert werden – mit oder ohne Kopf.
  - Einpressmodule können mit Vibrationszuführtöpfen ausgestattet werden so dass der Bediener die Gewindeeinsätze während des gesamten Installationsprozess nicht in die Hand nehmen muss. Die Gewindeeinsätze werden einfach in den Vibrationsfördertopf eingelegt und gelangen über eine Zuführung in die abgeschirmte Wärmekammer. Der Bediener muss nur die entformte Kunststoffkomponente in die Einspannvorrichtung legen und die Maschine aktivieren um den Gewindeeinsatz zu installieren.
    - o Dieses ist äusserst wichtig für sehr kleine Gewindeeinsätze welche schwierig zu vereinzeln und zu orientieren sind.
- **Minimale Wartung.** Warmeinbettmaschinen benötigen selten Wartung (falls überhaupt). Die Kosten für Wartung und Ersatzteile sind niedrig – Ersatz Hitzespitzen kosten ca. 50 Euro.
- **Bessere Performance.** Eine bessere Performance kann von Installationequipment zum Warmeinbetten erwartet werden durch die „gesamte“ Erwärmung des Gewindeeinsatzes. Dieses ermöglicht es dem plastifizierten Kunststoff in alle Rändel und Hinterschneidungen zu fliessen. Die Performance von Gewindeeinsätzen die im Ultraschallschweissverfahren eingebracht

werden ist oftmals schlechter da der Kunststoff nicht vollständig zwischen die Rändel oder in die Hinterschneidungen fließt. Dieses passiert aufgrund der geringen Wärme die an der Schnittstelle zwischen dem Gewindeeinsatz und dem Gegenstück erzeugt wird.

#### Potentielle Nachteile von Warmeinbetten

- Die etwas längere Prozesszeit für die Installation eines einzigen Gewindeeinsatzes (wenn der Gewindeeinsatz nicht vorgewärmt ist) ist wird ausgeglichen durch die Vorteile gegenüber der Installation im Ultraschallschweißverfahren.

Die Flexibilität, Konsistenz, hohe Performance und die Kosten des Warmeinbettens macht dieses zur besten Wahl um Gewindeeinsätze in Kunststoffe für viele Anwendungen zu installieren.

#### Fazit

Ca. 75% der Performance des Gewindeeinsatzes sind das direkte Ergebnis wie gut dieser installiert wurde. Dahingehend müssen alle Faktoren, die einen Einfluss auf die Installation haben, sorgfältig kontrolliert werden um die Performance zu maximieren. Mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Kombinationen von Typen an Gewindeeinsätzen, Kunststofftypen und Performance Anforderungen ist es empfehlenswert dass Hersteller mit Experten für Verbindungselemente und Montage für Gewindeeinsätze zusammenarbeiten. Die richtige Auswahl des Gewindeeinsatzes und des Installationsprozesses kann den Unterschied ausmachen zwischen Versagen des Teils in der Anwendung und Teileintegrität für die beabsichtigte Produktlebensdauer.

Als ein Hersteller und Entwickler von sowohl **Installationsequipment für Gewindeeinsätze** als auch von **Gewindeeinsätzen für Kunststoff** ist **SPIROL** sehr gut aufgestellt um sich all Ihren Erfordernissen anzunehmen.



#### Technische Unterstützung

**SPIROL** hat über 45 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Installation von Gewindeeinsätzen. Unsere Gewindeeinsätze sind konstruiert um Auszugskräfte und Drehmoment-Anforderungen zu maximieren und diese auszugleichen. Unsere Anwendungsingenieure besitzen das technische Know-How und die Erfahrung um mit unseren Kunden zusammenzuarbeiten um kostengünstige Lösungen zu entwickeln um den Performance Anforderungen gerecht zu werden.



## Installationsunterstützung

Wir bieten technische Unterstützung hinsichtlich Installation und Installationsequipment. Von manuellen bis automatischen Modulen sind unsere standardisierte und erprobte modulare Konstruktionen Robust, Zuverlässig und einfach Einstellbar welches zu einer einfachen Anpassung der Kundenwünsche führt um deren spezifischen Applikationsanforderungen gerecht zu werden.



## **SPIROL stellt kostenlose Muster an Gewindeeinsätzen sowie technische Applikationsunterstützung zur Verfügung.**

Die Anwendungsberatungsingenieure von **SPIROL** werden jede Möglichkeit in Betracht ziehen um die kostengünstigste Lösung zu konstruieren. Eine Möglichkeit diesen Prozess zu beginnen ist unser **Portal der kostenlosen technischen Anwendungsberatung** für **Gewindeeinsätze für Kunststoff** unter [www.SPIROL.com](http://www.SPIROL.com) auszuwählen.

## **Fordern Sie uns heraus!**

Qualitätszertifikate:  
IATF 16949 USA und Kanada  
ISO 9001 USA, Kanada und Vereinigtes Königreich  
ISO 14001 USA und Kanada

*Das ursprüngliche "Technische Papier" wurde von Christopher Jeznach verfasst.*

## Technische Zentren

### Europa **SPIROL Deutschland**

Ottostr. 4  
80333 München, Deutschland  
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 -71  
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 -72

### **SPIROL Frankreich**

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin  
18 Rue Léna Bernstein  
51100 Reims, Frankreich  
Tel. +33 (0)3 26 36 31 42  
Fax. +33 (0)3 26 09 19 76

### **SPIROL Vereinigtes Königreich**

17 Princewood Road  
Corby, Northants NN17 4ET  
Vereinigtes Königreich  
Tel. +44 (0) 1536 444800  
Fax. +44 (0) 1536 203415

### **SPIROL Spanien**

08940 Cornellà de Llobregat  
Barcelona, Spanien  
Tel. +34 93 669 31 78  
Fax. +34 93 193 25 43

### **SPIROL Tschechische Republik**

Sokola Tůmy 743/16  
Ostrava-Mariánské Hory 70900,  
Tschechische Republik  
Tel/Fax. +420 417 537 979

### **SPIROL Polen**

ul. Solec 38 lok. 10  
00-394, Warszawa, Polen  
Tel. +48 510 039 345

### Amerika **SPIROL International Corporation**

30 Rock Avenue  
Danielson, Connecticut 06239 USA  
Tel. +1 (1) 860 774 8571  
Fax. +1 (1) 860 774 2048

### **SPIROL Shim Division**

321 Remington Road  
Stow, Ohio 44224 USA  
Tel. +1 (1) 330 920 3655  
Fax. +1 (1) 330 920 3659

### **SPIROL Kanada**

3103 St. Etienne Boulevard  
Windsor, Ontario N8W 5B1 Kanada  
Tel. +1 (1) 519 974 3334  
Fax. +1 (1) 519 974 6550

### **SPIROL Mexiko**

Avenida Avante #250  
Parque Industrial Avante Apodaca  
Apodaca, N.L. 66607 Mexico  
Tel. +52 (01) 81 8385 4390  
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

### **SPIROL Brasilien**

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134  
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial  
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasilien  
Tel. +55 (0) 19 3936 2701  
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

### Asien **SPIROL Asien**

**Pazifik** 1st Floor, Building 22, Plot D9, District D  
No. 122 HeDan Road  
Wai Gao Qiao Free Trade Zone  
Shanghai, China 200131  
Tel. +86 (0) 21 5046 1451  
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

### **SPIROL Südkorea**

160-5 Seokchon-Dong  
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Südkorea  
Tel. +86 (0) 21 5046-1451  
Fax. +86 (0) 21 5046-1540