

## Verfahrensbeschreibung für Heizelementschweißen

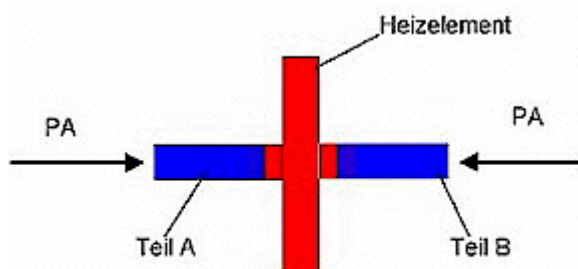
### 1. Einleitung

Das Fügeverfahren "Heizelementschweißen" gehört heute in der Serienfertigung von Halbzeugen und Formteilen aus thermoplastischen Kunststoffen zu den wichtigsten Fügetechniken. Eine große Vielfalt an Produktgeometrien und –größen lassen sich mit diesem Verfahren wirtschaftlich verbinden. Speziell eignet sich das Verfahren zum Schweißen von komplizierten dreidimensionalen Fügeflächen. Ein weiterer Grund für den Einsatz des Verfahrens ist, bezogen auf die weiten Anwendungsgebiete, der hohe Automatisierungsgrad und die genaue Reproduzierbarkeit der heutigen Maschinen. Gleichzeitig kann eine große Bandbreite an Kunststoffen geschweißt werden. Aufgrund der flexiblen Einstellmöglichkeiten der Prozessparameter wie Temperatur, Zeit, Druck und Weg lassen sich unterschiedliche Kunststoffe, soweit physikalisch möglich, miteinander verbinden.

### 2. Verfahrenstechnik

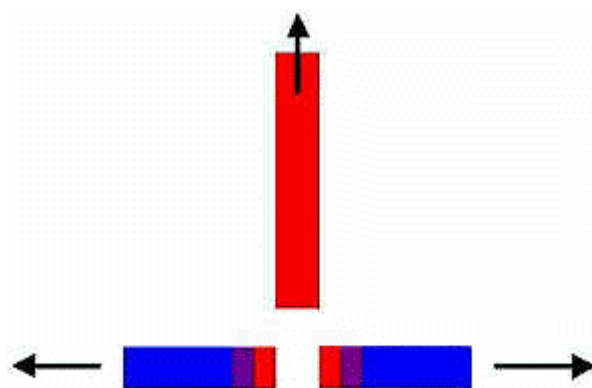
Beim Heizelementschweißen werden die Fügeflächen der zu schweißenden Formteile mit Hilfe eines beheizten Heizelements (Siegel) durch Kontakt oder Strahlungswärme erwärmt und anschließend unter Druck gefügt. In der Praxis wird überwiegend die Kontakt – Heizelementschweißtechnik eingesetzt. Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein Mehrstufenverfahren, da die Erwärmung und das Fügen der Formteile zeitlich getrennt von einander ablaufen. Nach dem die Fügeteile in einem Aufnahmewerkzeug fixiert worden sind werden sie gegen elektrisch beheiztes Heizelement gefahren. Mit dem Kontakt der Fügeflächen am Heizelement beginnt der Schweißprozess, der sich in die Prozessphasen Erwärmen, Umstellen und Fügen unterteilt.

**Phase 1:** Angleichen und druckloses Erwärmen



**Angleichen und druckloses Erwärmen**

**Phase 2:** Umstellen



**Umstellen**

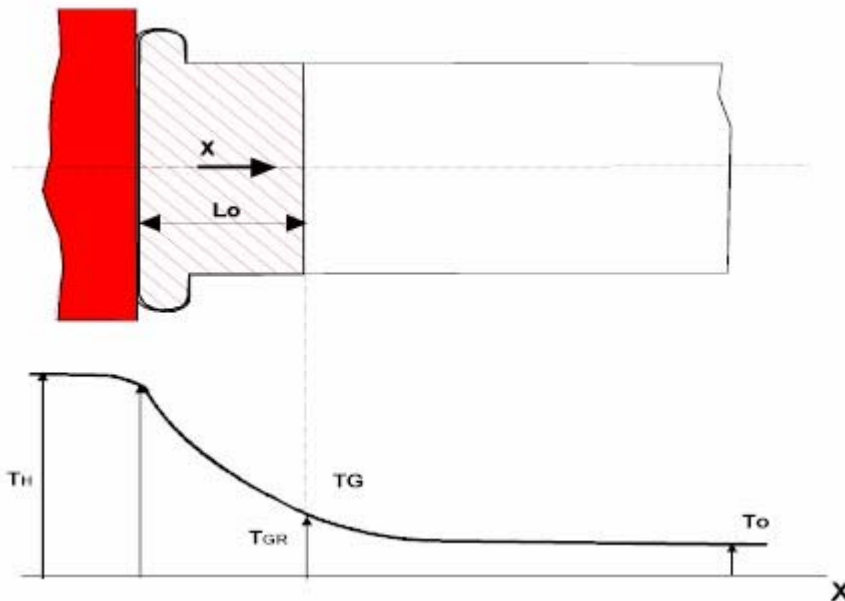
**Phase 3:** Fügen und Abkühlen



## 2.1 Angleichen und druckloses Erwärmen

Bedingt durch Toleranz liegen die Fügeteile in der Regel zu Beginn des Schweißprozesses nicht ganzflächig an dem Heizelement an.

Zum Ausgleich der Toleranzen und des vorhandenen Verzuges werden die Fügeteile mit konstantem Druck so gegen das Heizelement gedrückt, bis die Fügeflächen ganzflächig am Heizelement anliegen.



Der zum Angleichen notwendige Druck bzw. die Zeit stehen in keiner Abhängigkeit und müssen anhand von Versuchen bestimmt werden. Der Angleichvorgang endet mit dem Erreichen eines begrenzenden Anschlages oder des vorgegebenen Weges. Nachfolgend beginnt die nahezu drucklose Erwärmungsphase, durch die tiefer liegende Materialzonen aufgrund der Wärmeleitung erwärmt werden, so dass es zum Aufbau einer Schmelzschicht kommt. Die Wahl der Erwärmungszeit ist abhängig von den Material-, Bauteil- und verfahrenstechnischen Gegebenheiten. Die erforderlichen Erwärmungszeiten und damit verbundenen Schmelzschichtdicken müssen daher durch Versuche ermittelt werden.

## 2.2 Umstellen

Nach Beendigung des Angleichens und der Erwärmung, werden die Fügeteile durch Zurückfahren der Maschinenschlitten vom Heizelement abgehoben. Mit dem Abheben vom Heizelement beginnt die Umstellphase, in der das Heizelement aus dem Fügebereich herausgefahren wird. Anschließend werden die Fügeteile durch die Maschinenschlitten zum Fügen unter Druck zusammengefahren. Die für die Umstellphase notwendige Zeit muss so kurz wie möglich gehalten werden, um die Schweißfähigkeit der Fügeteile zu erhalten. Da es während der Umstellphase zu keiner weiteren Erwärmung der Fügebauteile kommt, ist ein Temperaturabfall an den Fügebereichen nicht zu vermeiden. Die Umstellzeit resultiert aus dem Verfahrenweg und der Schlittengeschwindigkeit, die sich beim Umstellen ergibt.

## 2.3 Fügen und Abkühlen

In der Fügephase beginnt der eigentliche Fügevorgang der zu schweißenden Teile. Durch den wirkenden Fügedruck wird die homogene Verbindung der Schmelze erzeugt, wobei ein Teil der Schmelze als Schweißwulst nach außen gedrückt wird. Der Fügevorgang wird in der Regel durch mechanische Anschläge, kombiniert mit einer entsprechenden Positionsabfrage, realisiert. Das Ende des Fügevorganges ist erreicht wenn keine Fließvorgänge mehr stattfinden. Nach dem Abkühlen der Fügebereiche können die Teile entnommen werden. Eine Belastung der Teile während der Entnahme und der anschließenden Lagerung bis zur vollständigen Abkühlung ist zu vermeiden.

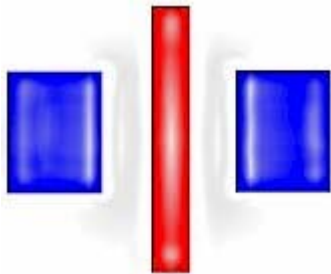
### 3. Maschinentechnik

Die Heizelementschweißmaschinen lassen sich in Standard- und Sondermaschinen einteilen. Bei Standardmaschinen ist es möglich, die Heizelemente und die Aufnahmewerkzeuge auszutauschen, so dass Formteile mit unterschiedlich gestalteten Fügegeometrien verschweißt werden können. Erfahrungsgemäß werden bei optimaler Schweißparameterwahl und durch den Einsatz entsprechender Maschinentechnik hochfeste Verbindungen erreicht, die auch im Langzeitverhalten den meisten Schweißverfahren überlegen sind. Die hohe Schweißqualität ist nicht zuletzt auf die hervorragende Steuerbarkeit des Schweißablaufes zurückzuführen. Die gewünschten Temperaturen und ihre Einwirkzeit zum Plastifizieren der Formteile werden über die Steuerung der Maschine exakt geregelt. Speziell während der Erwärmung der Fügeteile (Angleichphase) lassen sich durch die individuellen Einstellmöglichkeiten der Temperatur auch Werkstoffkombinationen mit unterschiedlichen Fließeigenschaften verbinden.

#### 3.1 Aufbau und Bauart

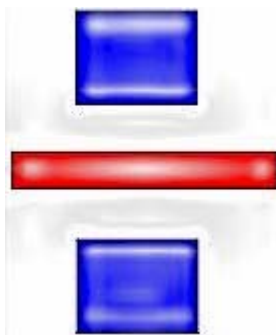
Es kommen zwei grundsätzliche Bauarten zum Einsatz:

Bei Anlagen mit **vertikaler** Heizelement – Anordnung erfolgt die Teilhandhabung in horizontaler Arbeitsausrichtung.



*Heizelement in vertikaler Ausrichtung*

Anlagen mit **horizontalen** Heizelement – Anordnungen werden überwiegend für die Herstellung von Serienteilen gewählt.



*Heizelement in horizontaler Ausrichtung*

Als Antriebssystem für den Fügezyklus dienen vorzugsweise, hydraulische, pneumatische und servomotorische Baueinheiten.

Speziell zur Realisierung von kurzen Umstellzeiten werden servomotorische Antriebe eingesetzt.

#### 3.2 Heizelemente

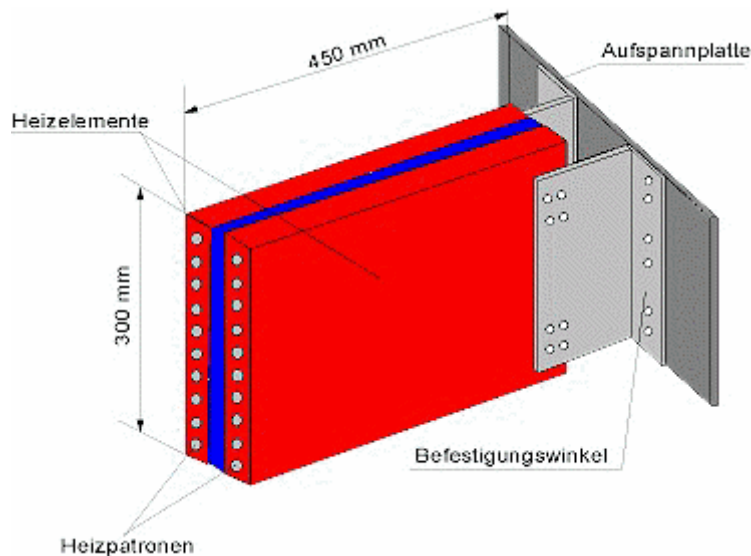
Die notwendige Wärme wird üblicherweise durch elektrische Heizpatronen erzeugt. Bei der Auslegung der Heizelemente muss darauf geachtet werden, dass eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung auf der Arbeitsfläche erreicht wird. Zum Erreichen einer effektiven Wärmeabgabe wird bei der Auswahl der Heizelementmaterialien ein möglichst gut wärmeleitender Werkstoff verwendet. Je nach Erwärmungsart, sowie Formgebung der Teile, werden unterschiedliche Heizelementaufsätze verwendet.

Dabei kommen folgende Erwärmungsarten zum Einsatz:

- Kontakt – Erwärmen bei einer Temperatur von 180°C bis 270 °C (Normaltemperaturbereich)
- Hochtemperatur – Schweißen bei einer Temperatur bis ma. 400°C
- Strahlungs – Erwärmen mit bis zu 600°C

Bei dem Kontakt – Erwärmen von 180°C bis 270°C werden die Aufsätze bzw. Wechselplatten meist mit einer PTFE – Beschichtung versehen. Es besteht auch die Möglichkeit, als Zwischenlage zwischen dem Heizelement und dem Füge­teil ein PTFE – Glasfasergewebe einzusetzen. Allerdings kann dies nur bei flachen Schweißebenen verwendet werden.

Bei Verwendung von Aufsätzen mit komplizierten Konturen wird in der Regel einen PTFE – Beschichtung eingesetzt. Für die Hochtemperatur – Schweißung sowie Strahlungs – Erwärmung kommen PTFE – Beschichtungen auf keinen Fall in Frage. Hier werden Heizelemente aus anderen gut leitenden, möglichst korrosionsbeständigen Metallen, eingesetzt.



### 3.3 Aufnahmewerkzeuge

Die Werkzeuge sorgen für eine exakte Positionierung der Formteilhälften sowie für die Positionierung der Teile während des gesamten Arbeitszyklus. Wichtig ist die Passgenauigkeit mit möglichst geringem Versatz. Die Formteile können dabei mittels Vakuumsauger oder durch pneumatische sowie mechanische Spannhilfen exakt fixiert werden. In der Regel werden die Aufnahmewerkzeuge aus Aluminium nach CAD – Daten gefertigt. Für kleine Stückzahlen und schwierig anpassbare Konturen, kommen auch Gießharztypen mit entsprechenden Füllstoffen zum Einsatz.

### 3.4 Standard- und Sonder- Maschinen

Die Standardmaschinen sind grundsätzlich auch bezüglich der Steuerungstechnik für Normaltemperatur (bis 270°C) sowie Hochtemperatur – Schweißen (400°C) geeignet. Optional können diese Anlagen je nach verfahrenstechnischen Anforderungen mit verschiedenen Antriebssystemen ausgerüstet werden. Auch können verschiedene Abmaße von Heizelementen, je nach Formteilabmessungen, eingesetzt werden. Der Einsatz von Heizelementen, mit getrennten Temperaturführungen für die verschiedenen Heizelementen ist vorgesehen.

Zu den Sondermaschinen werden modifizierte Standardmaschinen sowie Spezialmaschinen mit entsprechenden Formelementen, Zuführungstechnik usw., also aufgabenbezogener Peripherie, gezählt. Modifizierte Standardmaschinen sind zum Beispiel Anlagen, die zur Erhöhung der Produktivität mit Drehtischen und gegebenenfalls mit automatischen Bestückungs- und Entnahme- Geräten versehen sind.

## 4. Schlusswort

Als Nachteil lässt sich im Vergleich zum Ultraschall- und Vibrationsschweißen die längere Taktzeit des Verfahrens aufführen. Eine Reduzierung der Taktzeit ist über das Schweißen im Hochtemperaturbereich (400°C) möglich, soweit der Anwendungsfall dies erlaubt, das Verfahren findet Anwendung für eine breite Produktpalette thermoplastischer Bauteile. Als Vorteile müssen bei diesen Verfahren eindeutig die hohe Reproduzierbarkeit und die hohen Festigkeitswerte aufgeführt werden.

## Schweißnahtgestaltung

Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Schweißverbindung ist eine fachgerechte und anwendungsbezogene Fügenaht- Gestaltung. Gerne stehen wir Ihnen bei der schweißgerechten Auslegung Ihrer Kunststoffteile mit Rat und Tat zur Verfügung.

Die Verfahrensbeschreibungen wurden auf die wichtigsten Grundlagen beschränkt. Gemäß Teledienstgesetz weisen wir darauf hin, dass unsere Verfahrensbeschreibungen KLN - Produkt- und Firmeninformationen enthalten. Alle Angaben ohne Gewähr. Änderungen im Sinne des technischen Fortschritts vorbehalten.



KLN Ultraschall AG · Siegfriedstraße 124 · D-64646 Heppenheim · Tel. (+49) (0) 6252 / 14 - 0 · Fax (+49) (0) 6252 / 14 - 277 ·  
[info@kln.de](mailto:info@kln.de) <http://www.kln.de>