



## Schweißen von Thermoplasten

### Allgemeines über das Schweißen von Thermoplasten

Thermoplaste haben gegenüber anderen Kunststoffen wie Duroplasten und Elastomeren den Vorteil, dass sie durch Wärmeeinwirkung erweichen und plastisch - fließfähig werden und daher schweißbar sind. Im Vergleich zu Niet-, Schraub- und ähnlichen Verbindungen liefern Schweißungen flüssigkeitsdichte Verbunde mit oft glatter, ungestörter Oberfläche, ohne Kerbwirkungen und mit gleichmäßiger Spannungsverteilung. Der Heimwerker wird sich daher diese in der Technik viel angewendete Verbindungsmöglichkeit nicht entgehen lassen. Hier seien nur wenige Beispiele vermerkt:

- Polyethylen: Regenwassertanks, Teichfolien, Kanister
- Polypropylen: Gartenmöbel, Abwasserrohre, Behälter im Haushalt (Eimer, Körbe)
- PVC: Teichfolien, Abwasserrohre, Regenrinnen
- ABS: Jetbags, Zweiradkarosserieteile

Der Heimwerker will sich aber auch aus Tafelmaterial - Zuschnitten Kästen, Behälter, Schalen und so weiter zusammenbauen oder muss die Stöße von Treppenhandläufen verschweißen oder PVC-Fußbodenfliesen oder PVC-Folien flüssigkeitsdicht verbinden. Auch Thermoplast-Rohre und Schläuche, z.B. Gartenschläuche, fügt man vorteilhaft durch Schweißen.

### Das Heißluft-Schweißverfahren (Warmgas-Schweißen)

Die Bezeichnung „Warmgas“-Schweißen (WG) hat historische Ursachen. Am Anfang der Kunststoffverarbeitung wurden die Schweißgeräte tatsächlich mit Gas beheizt. Am Schweißgerät erwärmte eine Gasflamme die durch eine Rohrspirale strömende Luft, mit der dann die Kunststoffwerkstücke geschweißt werden konnten. Dieses Verfahren war natürlich nicht ganz ungefährlich und auch nicht sehr praktisch. So wurden im Laufe der Zeit elektrisch beheizte Geräte entwickelt, die neben einem besseren Handling auch eine sehr genaue Temperatureinstellung ermöglichen.

Trotzdem hat sich die Bezeichnung „Warmgasschweißen“ bis heute gehalten und soll auch hier verwendet werden.

Das Schweißen von Thermoplasten erfordert folgende Arbeitsgänge:

- Vorbereiten der Schweißflächen,
- Erwärmen der Schweißzonen,
- Zusammenfügen der zu verbindenden Teile unter gleichzeitigem Aufbringen des Schweißdrucks,
- Abkühlen der Schweißnaht unter Aufrechterhalten des Drucks,
- Entlasten des geschweißten Materials vom Druck,
- Nacharbeit der Schweißnaht.

Die Güte einer Schweißverbindung wird durch das „Wertigkeitsverhältnis“ ausgedrückt. Darunter versteht man das Verhältnis der Festigkeit der Schweißverbindung zu derjenigen des Grundwerkstoffs. Meist ist man mit Wertigkeitsverhältnissen von 0,6 bis 0,8 zufrieden. Dies bedeutet, dass die Festigkeit der Schweißverbindung 60 bis 80 % der Festigkeit des Grundwerkstoffes erreicht. Ein guter Schweißer erreicht jedoch durchaus, je nach Werkstoff, auch Werte bis zu 100 %.

### **Allgemeines über das WG-Schweißverfahren**

Beim Warmgasschweißen werden die zu verbindenden Flächen und der meist in Stabform angewendete Zusatzwerkstoff gleichzeitig mit Warmluft auf Schweißtemperatur erwärmt und unter Druck verschweißt. Die Warmluft tritt aus der Runddüse des Warmgasschweißgeräts aus, das mit einer Hand unter senkrechten Pendelschwingungen geführt wird, während mit der anderen Hand der Schweißzusatzwerkstoff gehalten wird. Mit diesem Vorgehen, wegen der Pendelbewegungen auch Fächelschweißen genannt, erzielt man jedoch relativ geringe Schweißgeschwindigkeiten. Man entwickelte daher das Zieh- oder Schnellschweißen, bei dem anstelle einer Runddüse eine Schnellschweißdüse angewendet wird, in der das thermoplastische Grundmaterial und der Zusatzwerkstoff gut vorgewärmt werden, und mit der man gleich auch den Zusatzstab in die Schweißzone eindrückt. Die Fächelschweißmethode wird in der Regel nur noch an schlecht zugänglichen Stellen und engen Radien angewandt, da sie langsam ist und einige Übung erfordert.

## **Wofür wird das WG-Schweißen angewendet?**

Das WG-Schweißen ist eines der wichtigsten handwerklichen und dazu das älteste Schweißverfahren für Thermoplaste. Seine erfolgreiche Anwendung erfordert aber einige Übung. Es wird vor allem zum Verbinden von Tafelzuschnitten für den Bau von Behältern, Kästen, Kanälen, Schächten, Rinnen, Auskleidungen sowie Fußbodenbelägen angewendet. Weitere Beispiele sind das Verbinden von Kunststoffrohren für Abluft, Ab- und auch Trinkwasser sowie von thermoplastischen Profilen, zum Beispiel Dachrinnen und Fensterprofile.

An sich sind sämtliche Thermoplaste so schweißbar. Üblich und oft angewendet wird das Warmgas-Schweißen zum Verbinden von PE hart und weich, PP, PVC hart und weich sowie schlagzähem PVC, ferner auch ABS und PMMA. Unterschiedliche Thermoplaste, auch wenn sie näher verwandt sind, mit dem Heißluft-Schweißverfahren zu verbinden, muss abgeraten werden. Ein Ausnahmefall ist das WG-Schweißen von PVC-hart mit PMMA oder das Verbinden von zwei PMMA-Werkstücken mit PVC-Schweißstäben. An die Festigkeitseigenschaften einer solchen Kombination darf man aber keine besonders hohen Ansprüche stellen.

## **Apparate und Hilfsmittel zum WG-Schweißen**

Zuerst braucht man ein Warmgasschweißgerät, das die zum Schweißen gebrauchte Warmluft liefert. Für den Heimwerker sind elektrisch beheizte Geräte mit einer Heizleistung von etwa 0,5 bis 1 kW am bequemsten, da sie direkt an das übliche Wechselstromnetz anzuschließen sind. Der nötige Luftstrom, der dem Schweißgerät zugeführt werden muss, kann mit einem kleinen handelsüblichen Kompressor erzeugt werden. Es gibt auch Geräte, die im Handgriff ein Gebläse besitzen. Diese WG-Schweißgeräte sind aber wegen des höheren Gewichts und des größeren Handgriffdurchmessers unhandlicher als die Geräte, welche an ein separates Gebläse oder an eine andere Druckluftversorgung angeschlossen werden.

Zum WG-Schweißen sind einige Handwerkszeuge und Hilfsmittel erforderlich:

- Schraubzwingen und Klemmen zum Fixieren der zu verbindenden Teile,
- Seitenschneider zum Anschrägen der Schweißzusatzstäbe,
- Ziehklänge zum Abziehen der Verbindungsflächen und des Zusatzmaterials,

- Dreikant- und Ziehschaber zum Entfernen von überhitztem, zersetzt Kunststoff aus der Schweißzone,
- Andruckrolle für die Verarbeitung von Schweißzusatzschnüren aus PVC weich.

Wie schon erwähnt, braucht man zum Aufbau der Schweißverbindung einen Schweißzusatzwerkstoff in Stab- oder Draht- beziehungsweise Schnurform, der aus dem gleichen Kunststoff bestehen muss wie die zu verbindenden Werkstücke. Meistens werden Rundstäbe mit 3 oder 4 mm Durchmesser angewendet. Für das Schnellschweißen verwendet man aber auch dickere Stäbe, auch mit rechteckigem, ovalem, dreieckigem oder anderem Querschnitt, mit denen man den Schweißnahtquerschnitt in einem Arbeitsgang ausfüllen kann.

### **Schweißbedingungen bei WG-Schweißen**

Als wichtigste Bedingung, die beim WG-Schweißen je nach verwendetem Kunststoff zu wählen, zu kontrollieren und einzuhalten ist, muss die Temperatur des Schweißgases angesehen werden. Tabelle 1 gibt hierüber Anhaltspunkte. Zur Überprüfung, ob die aus der Düse des Schweißgeräts austretende Warmluft die richtige Temperatur hat, hält man in etwa 5 mm Entfernung vor der Düse ein Temperaturmessgerät, wobei die in der Tabelle aufgeführten unteren Temperaturen mindestens erreicht werden müssen. Bei der Verarbeitung von PVC hart kann man sich von der richtigen Wahl der Temperatur auch dadurch überzeugen, indem man den Warmluftstrom auf ein Stück PVC lenkt. Dauert es vier bis fünf Sekunden, bis sich das PVC dunkel zu verfärben beginnt, so ist die Temperatur richtig. Ist das PVC aber nach zwei bis drei Sekunden schon dunkelbraun, so ist die Heißlufttemperatur zu hoch. Bei den meisten Schweißgeräten muss dann die Luftzufuhr verstärkt oder - wenn eine solche Reguliermöglichkeit vorhanden ist - die Energiezufuhr gedrosselt werden. Der erforderliche Druck des Schweißgases beträgt etwa 0,3 bis 0,8 bar, die notwendige Luftmenge etwa 50 Liter pro Minute. Wird die Luft einer zentralen Druckluftanlage entnommen, so ist darauf zu achten, dass die Luft frei von Feuchtigkeit und Ölspuren ist.

Eine weitere wichtige Größe darf beim WG-Schweißen nicht vernachlässigt werden: die Druckkraft, die über den Zusatzwerkstoff ausgeübt werden muss. Sie richtet sich hauptsächlich nach dem Durchmesser des Zusatzmaterials, aber auch nach der Fließfähigkeit des Thermoplastes. Je dicker der Schweißstab ist und je zäher die Schmelze des Thermoplasten fließt, umso höher muss die Schweißkraft gewählt werden.

Für PVC hart sollen die Kräfte bei 0,7 bis 1,2 kp (7 bis 12 N) für 3 mm Schweißstäbe beziehungsweise 1,5 bis 2,0 kp (15 bis 20 N) für 4 mm Schweißstäbe betragen. Keinesfalls dürfen aber die Kräfte höher sein, weil sonst leicht Spannungen in die Schweißnaht eingefroren werden. Weil PE und PP besser als PVC-hart fließen, liegen die für das Schweißen dieser Kunststoffe anzuwendenden Kräfte etwas niedriger. Wer sich über die Höhe der von der Hand ausgeübten Druckkraft im unklaren ist, kann das Schweißen auf einer Waage üben. Weil eine Kraftübertragung von Hand beim Schweißen von PVC-weich und anderen gummiähnlichen Thermoplasten sowie von PE weich über die zugehörigen flexiblen Zusatzschnüre unmöglich ist, benötigt man für diese Arbeiten eine Druckrolle. Weiter ist zu beachten, dass je nach Durchmesser des verwendeten Schweißzusatzmaterials auch die Düse des Heißluftgeräts gewählt werden muss. Richtig ist diejenige Düse, deren Öffnung etwa ein bis zwei Millimeter größer ist als der Durchmesser des Zusatzwerkstoffs. An allen modernen Geräten können die Düsen leicht ausgewechselt werden.

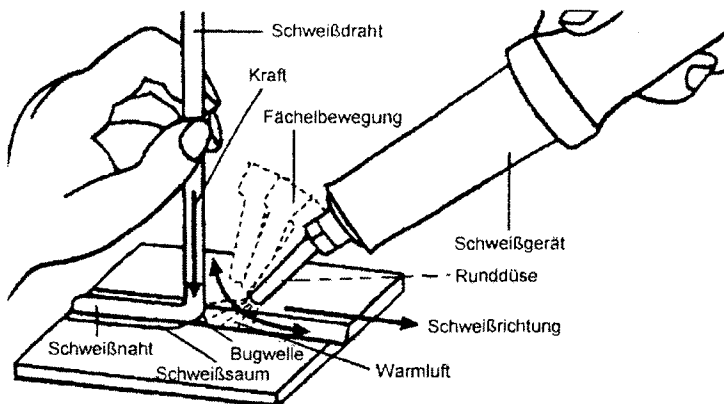
### **Wie übt man das WG-Schweißen?**

Besonders die Verarbeitung von PVC-hart erfordert einige Geschicklichkeit, weil sich dieser Thermoplast recht leicht durch zu starke Wärmeeinwirkung zersetzt und bei zu geringer Erwärmung mangelhafte Verbindungen entstehen. Die einfachste Möglichkeit, wie man erste eigene Erfahrungen im WG-Schweißen sammeln kann, besteht im Auftragsschweißen von Zusatzstäben (Schweißen von Blindraupen) auf glatte Tafelabschnitte aus PVC hart oder PE. Hierzu wird am besten ein Tafelstück von 3 oder 4 mm Dicke mit Klemmen auf einer gegen Wärmeeinwirkung unempfindlichen Unterlage (zum Beispiel aus Hartpapier wie Pertinax) festgeklemmt, die ihrerseits in einem Schraubstock horizontal eingespannt ist. Die vorgesehene Schweißzone wie die Zusatzstäbe müssen natürlich frei von Verschmutzungen, anhaftenden Spänen vom Zuschneiden und dergleichen sein. Zum Reinigen darf man keine Flüssigkeiten verwenden, die den Thermoplasten anquellen oder auflösen. Vielmehr empfiehlt es sich, die Schweißflächen und den Schweißstab mit einem Ziehschaber abziehen. Dies gilt vor allem für Oberflächen von PE und PP, die längere Zeit gelagert haben, weil sich diese Polyolefine durch Umgebungseinflüsse, zum Beispiel Lichteinwirkung, an der Oberfläche verändern. Schweißstäbe werden mit einer an den Stabdurchmesser angepassten Lochschabeklinge oder auch mit Schmirgelleinen (Körnung 240) behandelt. Eine weitere wichtige Vorbereitung ist das Anschragen des Zusatzstabes.

Versäumt man dies, so entsteht zwischen Tafelstück und dem Anfang des aufgeschweißten Stabes kein abgerundeter Übergang. Wenn die Temperatur des Heißluftgerätes überprüft wurde, kann mit dem Aufschweißen der „Blindraupen“ von links nach rechts begonnen werden.

## Fächelschweißen

Die Erwärmung erfolgt durch eine Runddüse. Zunächst wird das Ende des Schweißdrahtes mit einem Seitenschneider angeschrägt. Anschließend hält man es an den Anfang der Schweißfuge und erwärmt es zusammen mit dem Grundmaterial. Die Düse wird dabei pendelartig bewegt, damit sich der Heißluftstrom auf Grundmaterial und Schweißdraht verteilt. Durch möglichst senkrechten Druck wird der Schweißdraht in Richtung der Schweißnaht geführt und wird dabei nur im Bereich der Drahtkrümmung erwärmt. Vor dem Schweißdraht bildet sich eine Bugwelle und beidseitig des eingeschweißten Drahtes ein Schweißsaum.

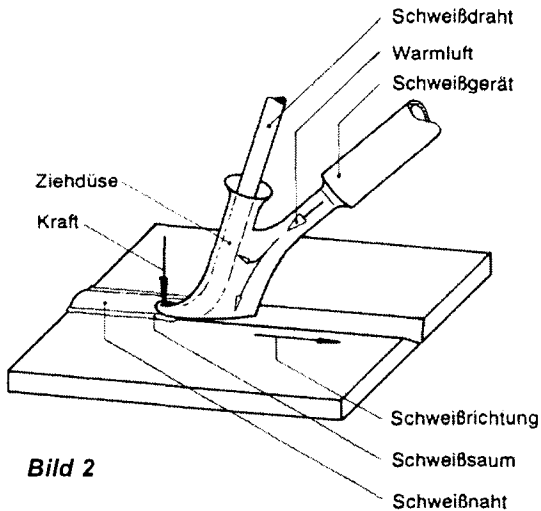


**Bild 1**

## Zielschweißen

Zuerst wird der Zusatzstab in das Leitröhrchen der Schnellschweißdüse eingeführt, bis er etwa 2 cm aus der Düse herausragt. Dann wird die Oberfläche des Grundwerkstoffs an der Stelle mit Heißluft angeblasen, an der die Auftragsschweißung beginnen soll. Gewöhnen Sie sich bei dieser Übung gleich an, die Schweißung direkt an der Kante des Probestücks beginnen zu lassen. Beobachten Sie unter guten Lichtverhältnissen das Material.

Bei PVC glänzt es zuerst auf, dann gibt es meist kleine Bläschen, die sich etwas verfärben. Bei PE und PP wird das Grundmaterial matt. Das ist der richtige Moment, den angespitzten Zusatzdraht, der gleichzeitig erwärmt worden ist, mit der angeschrägten Seite zum Schweißgerät auf das Grundmaterial aufzusetzen und fest in das Tafelmaterial einzudrücken. Nun zieht man die Düse unter entsprechendem Druck gleichmäßig über das Material. Die Düse sollte so gehalten werden, dass der Zusatzstab einen Winkel von etwa 45° zum Grundmaterial bildet.



**Bild 2**

Beim Schweißen von PVC muss der Zusatzstab ständig mit der freien Hand nachgeführt werden, bei PE und PP kann man darauf verzichten. Wenn der Zusatzstab abreißt oder seitlich aus der Führungsnase der Düse hervorquillt, ist die Schweißgeschwindigkeit zu gering. Bei zu schnellem Schweißen werden Zusatzstab und Grundmaterial nicht genügend erwärmt, der Zusatzstab lässt sich dann leicht wieder abziehen (siehe nächstes Kapitel).

Wenn Heißlufttemperatur und Schweißtechnik richtig sind, bildet sich vor dem Zusatzstab sowie seitlich daneben ein kleiner Wulst (Bugwelle) aus plastischem Material. Die Bildung dieses plastischen Wulstes ist für eine gute Schweißverbindung unerlässlich. Zur Übung sollten Sie nun über die gesamte Länge Ihres Kunststoffzuschnitts einen Zusatzstab dicht neben dem anderen aufschweißen. Sie schweißen bis zur Außenkante des Tafelstücks und schneiden dann mit einem Seitenschneider oder einer erwärmten Klinge das überstehende Schweißstabstück sauber längs der Tafelstückkante ab.

Der zweite Zusatzstab wird in die zwischen dem ersten aufgeschweißten Stab und der Tafeloberfläche gebildeten Kehle eingelegt, indem der Zusatzstab leicht schräg direkt in die Kehle beim Auftragsschweißen gedrückt wird. Entsprechend sollten Sie weitere Zusatzstäbe auflegen.

### **Unterbrechung des Schweißens**

Wenn eine Unterbrechung des Schweißens notwendig wird (z.B. wenn der Schweißstab aufgebraucht ist und ein neuer Zusatzstab angesetzt werden muß) wird der restliche Stab mit einem scharfen, etwas erwärmten Messer glatt und so tief wie möglich schräg ausgeschnitten. Den ebenfalls angeschrägten Zusatzstab setzen Sie einen bis zwei Millimeter vor dem abgeschrägten Ende der bereits gelegten Schweißraupe in diese ein. Dann wird die Anschlußstelle mit etwas höherem Druck übergeschweißt.

### **Fehler beim WG-Schweißen**

Besonders wichtig ist die gleichmäßige Erwärmung von Grundmaterial und Zusatzwerkstoff. Wird dieser stark und das Tafelstück zu wenig erwärmt, kann nicht genügend Druck auf die Schweißzone ausgeübt werden. Der Zusatzstab liegt dann ohne rechte Bindung auf dem Tafelstück auf und kann leicht wieder abgezogen werden. Ähnliche Misserfolge ernten Sie, wenn mit zu wenig Druck oder mit zu geringer Heißlufttemperatur gearbeitet wird. Zu hoch gewählte Heißlufttemperaturen oder auch zu langsames Schweißen (zu lange Wärmeeinwirkung auf den Kunststoff) führen zur Schädigung der Thermoplasten, die bei PVC an der Bildung von dunklen oder gar verkohlten Stellen zu erkennen ist. Zu beachten ist weiter die Haltung des Zusatzstabes. Er soll (beim Fächelschweißen) senkrecht gehalten werden, weil dadurch der ausgeübte Druck gleichmäßig auf die Schweißzone wirkt und der Zusatzstab nicht gereckt wird. Nach rückwärts oder vorwärts geneigt gehaltene Schweißstäbe führen zu schlechten Bindungsfestigkeiten und zum Einfrieren von Reck- oder Stauchspannungen. Wenn eine solche Schweißung erneut erwärmt wird, wie dies beim Aufschweißen einer weiteren Lage notwendig wird, kann die zuerst gelegte Naht aufreißen. Beim Ziehschweißen sollte der Zusatzstab ebenfalls nachgeführt werden.

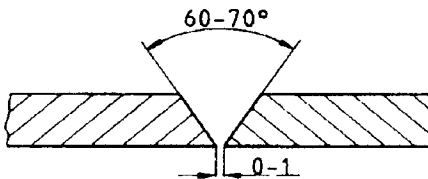
Zur Überprüfung sollten Sie deswegen die abgekühlte Schweißung nochmals mit dem Heißluftgerät erwärmen. Eine fehlerfreie Schweißung darf dabei an keiner Stelle einen Schaden zeigen.



Bei falscher Haltung oder Führung des Schweißstabes besteht die Gefahr, dass das Material zu stark gestreckt wird. Unzulässig sind Streckungen um mehr als 20% der Schweißstablänge bei PVC-hart. Die beste Kontrolle, ob ein solcher Fehler gemacht wird, ist die Längenkontrolle. Markieren Sie dazu zum Beispiel eine Strecke von 100 mm Länge mit Bleistiftstrichen auf dem Zusatzdraht und messen Sie dann die Länge der damit geschweißten Lage nach. Sie dürfen im Beispielfalle dann nicht mehr als 120 mm geschweißt haben. Beim Schweißen von PE, PP und PMMA sollte die Verstreckung des Zusatzstabes unter 10 % liegen.

### Vorbereitung der Schweißzonen und Nahtformen

Maßgebend für die Wahl der Bindahtart sind die Materialdicke und die Belastungsart. Allgemein ähneln die beim WG-Schweißen von Thermoplasten verwendeten Nähte denjenigen für das Schweißen von Metallen.



**Bild 3**

Häufig werden der Stumpfstoß mit V- oder X-Naht sowie der T-Stoß mit halber V-Naht („HV-Naht“) oder mit K-Naht angewendet. Ausführlich wollen wir uns hier nur der V-Naht zuwenden.

Das für diese Verbindungsnaht Beschriebene gilt sinngemäß auch für die anderen Nahtformen. Beim Zuschneiden des Thermoplastwerkstoffs muss berücksichtigt werden, dass durch die Verbindungsnaht etwa eine Strecke von 0,5 bis 1,0 mm überbrückt wird. Zur Vorbereitung der V Naht werden die zu verbindenden Teile so angeschrägt, dass der Öffnungswinkel 60° beträgt (s. Bild 3). Bei Tafelmaterial über 6 mm Dicke soll dieser Winkel etwa 70° betragen. Allerdings wendet man für dickeres Material besser eine X-Naht an. Die beiden Teile sind dann mit Klemmen auf einer wärmebeständigen Unterlage so zu fixieren, dass bei Anwendung von 2 mm dicken Schweißstäben an der „Wurzel“ zwischen ihnen ein Abstand von etwa 0,5 mm vorhanden ist.

Benutzt man für das Ausfüllen der Wurzel einen 3 mm dicken Schweißzusatzstab, so erhöht man diesen Abstand auf etwa einen Millimeter.

## **Heften**

In der Praxis ist es oftmals schwierig, die zu verschweißenden Werkstücke durch Schraubzwingen oder ähnlichem in Position zu halten. Deshalb ist es üblich, die Werkstücke durch Heften zu fixieren und so zum Schweißen vorzubereiten. Dabei werden zunächst beide Teile mit einer speziellen Heftdüse ohne einen Zusatzwerkstoff (Schweißdraht) an einigen Stellen miteinander verbunden. Man führt hierbei die Heftdüse, die im Prinzip ein zugespitztes Röhrchen ist, mit leichtem Druck über die Verbindungsstelle der beiden Teile entlang, so dass sie miteinander verschmelzen. Ist die endgültige Lage der beiden Teile zueinander gegeben, kann entweder, wenn es die Festigkeit erlaubt, mit dem eigentlichen Schweißvorgang begonnen werden oder aber man heftet beide Teile vorher komplett. Wenn man mit dem Heftergebnis nicht zufrieden ist, können die Teile leicht wieder auseinandergelöst und erneut geheftet werden. Zu beachten ist, dass eine Heftnaht niemals die Festigkeit einer Schweißung mit Zusatzwerkstoff erreicht, sie dient lediglich zum Fixieren der einzelnen Werkstücke.

Grundsätzlich sollte man Werkstücke, bei denen es auf Dichtigkeit ankommt, vorher komplett heften, da die Heftnaht leicht auf Risse und Verbindungsfehler überprüft werden kann, bevor man die eigentliche Schweißung mit einem Draht durchführt. Die Temperatureinstellung entspricht der Schweißtemperatur des jeweiligen Materials. Die Schweißgeschwindigkeit wird so gewählt, dass einerseits beide Teile ohne Risse miteinander verbunden werden, andererseits aber kein Material vor der Düse hergeschoben wird, da sich hierbei die Heftdüse leicht zusetzen kann und nur noch wenig Heißluft austritt.

Das Heften sollte immer mit den im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Nahtvorbereitungen einhergehen.

## Schweißen einer V-Naht

Die erste Schweißstablage, auf Bild 3 die unterste Lage, kann nun in die Wurzel eingelegt werden.



**Bild 4**

Dabei ist darauf zu achten, dass sich rechts und links der Wurzellage genügend „Schweißschaum“ bildet, weil nur dann eine gute Festigkeit und Dichtheit der ersten Lage gesichert sind. Wie die Schnellschweißdüse bei der Füllung der V-Naht gehalten wird, zeigt Bild 2. Wie die einzelnen Stäbe eingelegt werden, ist dem Bild 3 zu entnehmen. Auf keinen Fall dürfen zwischen den Lagen Hohlräume entstehen, und zwischen den äußeren Lagen darf man keine Kerben zulassen. Falls sich durch zu hohe Temperaturen beim Schweißen von PVC verbrannte, das heißt dunkelbraune oder gar schwarze Stellen gebildet haben, müssen diese auf jeden Fall mit einem Dreikantschaber weggeschabt werden. Wenn die V-Naht fertig geschweißt ist, und Sie sich davon überzeugen wollen, dass die Bindung der einzelnen Lagen einwandfrei ist und keine verbrannten Stellen eingeschlossen wurden, sägen Sie die Schweißung quer durch, gegebenenfalls an mehreren Stellen, und schauen sich die Querschnittsfläche genau an. Im Schnitt darf man die einzelnen Lagen kaum noch erkennen. Deutliche Grenzlinien zwischen den eingelegten Schweißstäben oder zum Grundwerkstoff hin oder dunkle, verbrannte Stellen beweisen, dass es dem Schweißer noch an Übung fehlt oder das überhitzte PVC-Material besser entfernt werden muss. Bindefehler sind als Linien zwischen den einzelnen Schweißstabilagen deutlich sichtbar.

## Nacharbeit einer Schweißnaht

In der Praxis werden Schweißnähte aus überwiegend wirtschaftlichen Gründen nicht abgearbeitet. Manchmal stört aber die durch die Schweißung unebene Oberfläche. Die Abarbeitung kann dann mit Hilfe eines Kunststoffhobels erfolgen. Dabei muss allerdings sorgfältig darauf geachtet werden, dass in der bearbeiteten Oberfläche keine Kerben entstehen. Etwa entstandene Riefen und restliche Unebenheiten können - am besten unter guter Befeuchtung der Oberfläche mit Wasser - durch eine Ziehklänge geglättet werden.

## Aufbau anderer Schweißnaht-Formen

Als weitere Verbindungsmöglichkeit zeigt Bild 5 die Vorbereitung einer X-Naht, wobei Stoß auf Stoß fixiert wird. Die gebrochene Kante ist etwa 1 mm breit. Zuerst wird die X-Naht an einer Stelle teilweise ausgeschweißt. Danach wird die Wurzel rund ausgearbeitet und die Naht wechselseitig symmetrisch ausgeschweißt. Aus Bild 6 können Sie entnehmen, wie zum Beispiel ein T-Stoß mit HV- beziehungsweise K-Naht vorbereitet und verschweißt werden.

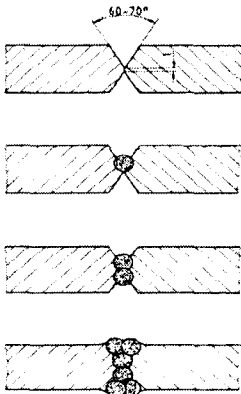


Bild 5

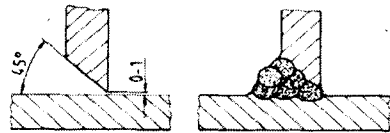


Bild 6

## Schweißen von PVC-Fußböden

Fußbodenbeläge auf Basis von PVC-weich sind schon seit längerem in Wohnräumen, Küchen, Werkstatt und anderen Räumen in bewährtem Gebrauch. Solche Beläge werden als Fliesen oder Bahnenmaterial auf Stoß verlegt und mit dem Untergrund verklebt. Diese Technik führt jedoch nicht zu absolut flüssigkeitsdichten Fußböden. Für die Anwendung von PVC-Belägen in Feucht- und Nassräumen, z.B. Badezimmern, Küchen, Räumen mit Wasch- oder Spülmaschinen, ist es daher üblich, den Belag flüssigkeitsdicht zu verlegen. Dazu werden die Stöße zwischen den PVC-Bahnen oder Fliesen verschweißt. Wenn die Schweißnaht sachgemäß hergestellt wird, ist sie absolut dicht. Sie kann dazu sogar als „Verzierung“ des Fußbodens angelegt werden, indem man andersfarbige Schweißzusatzschnüre wählt. Erforderliche Geräte und neben den in Abschnitt *Apparate und Hilfsmittel* bereits beschriebenen Geräten, benötigt man einen Fugenhobel oder Ziehschaber zur Vorbereitung der Stöße bei den bereits geklebten Bodenbelägen.

Die Druckübertragung auf Zusatzschnur und Schweißfläche wird durch die Ziehöse besorgt, die zugleich die Zusatzschnur führt. Ferner braucht man für das Abarbeiten des Überstandes von der eingeschweißten Schnur ein geeignetes sehr scharfes Messer, am besten ein „Viertelmondmesser“. Wer viel zu schweißen hat, wird sich gerade für solche Arbeiten des Warmgas-Schnellschweißens bedienen. Die Schweißbedingungen entnehmen Sie bitte der Tabelle. Die erforderliche Druckkraft beträgt 1 bis 3 kp je nach Dicke der Schweißschnur. Die Schweißzonen müssen sauber sein und dürfen weder feucht noch durch Öl und dergleichen verschmutzt sein. Eine Reinigung erfolgt gegebenenfalls am besten mechanisch, nur in hartnäckigen Fällen mit Seifenlösung und anschließender sorgfältiger Reinigung mit klarem Wasser. Bei starken Ölverschmutzungen wendet man vorsichtig Brennspiritus oder Wundbenzin (Petroläther) an. Diese Mittel sollten jedoch nur kurz auf das PVC einwirken. Auf keinen Fall darf man mit organischen Flüssigkeiten wie Trichlorethylen, Essigester oder Aceton reinigen, weil diese PVC anlösen oder quellen. Zuerst werden die Stöße zwischen den PVC-Fliesen beziehungsweise Bahnen, die mit dem Untergrund fest verklebt sein müssen, mit dem Fugenhobel oder Ziehschaber so geöffnet, dass die PVC Weich-Zusatzschnur passend eingelegt werden kann. Welche Verhältnisse dabei einzuhalten sind, entnehmen Sie bitte Bild 7, je nachdem, ob der Stoß trapezförmig (links) oder halbrund (rechts) ausgearbeitet wird. Als Schweiß-Zusatzschnur verwendet man solche mit einem Durchmesser, der um einen Millimeter größer ist als die Größe  $a$  in Bild 7. Normalerweise erfordert dies Schnüre mit 4 bis 5 mm Durchmesser. Die Ausarbeitungstiefe  $t$  soll etwa  $2/3$  der Bodenbelagsdicke  $d$  betragen. Üblich (für Rechtshänder) ist auch beim Fußbodenschweißen das Arbeiten von links nach rechts.

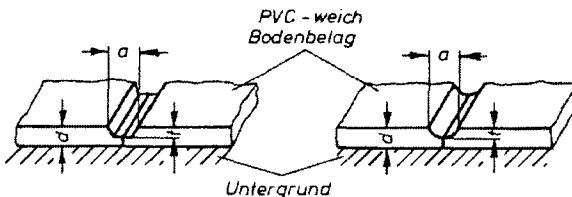


Bild 7

### Übungsbeispiel

Wer solche Arbeiten noch nie gemacht hat, sollte diese erst üben. Dazu kann man ein Stück PVC-Belag fest auf ein Holzbrett mit Reißzwecken oder Nägeln befestigen. Dann fräst man mit dem Fugenhobel entlang

einem Metall-Lineal eine Nut in das PVC-Stück ein. Diese wird dann als Übungsfeld benutzt.

### **Nacharbeit der Schweißnaht**

Der über die ebene Oberfläche des PVC-Fußbodenbelags herausragende Schnurteil (Schweißwulst) wird mit einem scharfen Messer (Viertelmondmesser oder ähnliches Werkzeug) sauber und bündig abgeschnitten.

### **Schweißen von Folien**

Will man Folien aus Thermoplasten (meist PE oder PVC) schweißen, bietet sich das WG-Schweißen geradezu an. Hierzu benötigt man eine spezielle Düse, die so genannte Breitschlitzdüse. Sie ist an der Luftaustrittsöffnung flach ausgeführt, so dass man sie zwischen zwei sich überlappenden Folienteilen führen kann. Zusätzlich benötigt man eine Andruckrolle aus Gummi, um den nötigen Schweißdruck aufbringen zu können.

Zum Schweißen werden die beiden Folienteile so vorbereitet, dass sie sich um etwa 3 bis 5 cm an den Enden überlappen. Anschließend wird mit der einen Hand die Düse schräg zwischen beiden Teilen entlanggeführt, mit der anderen Hand unmittelbar hinter der Düse mit der Rolle der Schweißdruck aufgebracht. Temperatur (entsprechend der WG-Temperatur des entsprechenden Materials) und Schweißdruck sind richtig gewählt, wenn an der Kante der oberen Folienlage eine kleine Wulst entsteht.

Damit die Folie beim Schweißen nicht verrutscht, kann sie vorab an einigen Stellen mit der Breitschlitzdüse geheftet werden. Zu beachten ist, dass an diesen Stellen wie auch über die gesamte Naht eine einwandfreie Schweißung zustande kommt. Der Anfänger sollte mit einigen Probeschweißungen beginnen, um die für dieses Verfahren nötige Übung zu erlangen. Die Übungsstücke sollten nach der Schweißung durch Reißproben getestet werden. Erst wenn das Ergebnis zufriedenstellend ist, sollte man mit dem Schweißen eines Werkstückes beginnen.

Bei der Reparatur von Folien, z.B. Teichfolien verfährt man auch so wie oben beschrieben. Der Flicker, natürlich aus dem gleichen Material wie der Grundwerkstoff, wird in ausreichender Größe zugeschnitten. Damit er durch den Warmluftstrom beim Schweißbeginn nicht wegrutscht, beschwert man ihn in der Mitte.

## Abkantschweißen

Oft hat der Heimwerker die Aufgabe, rechteckige Behälter, Winkel oder U-Profile aus PE oder PP zu fertigen. Dies kann einerseits durch winkliges Schweißen von zwei Platten erfolgen oder aber man kann (bei kleineren Werkstücken bis ca. 60 cm Breite) die Methode des so genannten Abkantschweißens anwenden.

Beim Abkantschweißen wird an der Stelle, an der man das Material kanten möchte, mit der Oberfräse eine 90° Nut eingefräst. Diese Nut sollte so tief sein, dass etwa 2 bis 3 mm Material übrigbleibt. Sie wird anschließend von Frässpänen befreit. Das feste Ende des Werkstückes wird nun mit Schraubzwingen auf der Unterlage fixiert. Dann führt man den Heißluftstrom des WG-Schweißgerätes (ohne Düse) gleichmäßig von einem Ende der Nut zur anderen. Dies geschieht so lange, bis die Flanken der Nut an allen Stellen weich geworden sind. Prüfen kann man dies mit einem spitzen Gegenstand (z.B. Nagel). Er sollte sich leicht in die erwärmte Zone eindrücken lassen. Vorteilhaft ist auch, wenn man das Werkstück so unterlegt, dass die zu erwärmende Zone keinen Kontakt zur Auflagefläche hat, um möglichst wenig Wärme abzuführen. Ist die Nut ausreichend erwärmt, biegt man den freien Schenkel in die gewünschte Position und hält ihn so lange dort, bis er sich nicht mehr zurückbiegt. Dabei entsteht an der Innenseite der Kantung eine Schweißwulst, die möglichst gleichmäßig ausgebildet sein sollte. Zu beachten ist, dass beim Abkantschweißen der fertige Winkel beim Abkühlen etwas nachzieht. Deshalb ist es ratsam, beim Hochbiegen etwas unter dem gewünschten Winkel zu bleiben.

**Tabelle 1:** Verarbeitungstabelle

Thermoplast	Heißlufttemperatur (C°)*	Schweißkraft (N) Runddraht 3 mm	Schweißkraft (N) Runddraht 4 mm
PE hart	220 – 280	10 – 16	25 – 35
PE weich	190 – 250		
PP	230 – 280	10 – 16	25 – 35
PVC hart	300 – 350	8 – 12	15 – 25
PVC weich	250 – 300	4 – 8	7 – 12
* gemessen 5 mm vor der Düse			

## Erkennungsmethoden von Kunststoffen

Bei den meisten Fertigprodukten aus Kunststoff ist es relativ einfach festzustellen, aus welchem Material sie gefertigt wurden. An einer, meist nicht direkt sichtbaren Stelle (Boden, Innenseite) sind sie mit einem dreieckigen Zeichen versehen, das entweder eine Ziffer und / oder eine Buchstabenfolge enthält. Die Buchstaben sind das Kürzel der jeweiligen Kunststoffsorte, z.B. PS (Polystyrol), PP (Polypropylen), PE (Polyethylen) oder PVC (Polyvinylchlorid).

Manchmal jedoch fehlen derartige Zeichen oder es handelt sich um Restmaterial einer Kunststoffplatte. In diesen Fällen soll die Tabelle unten helfen, die gängigsten Kunststoffsorten zu erkennen.

**Tabelle 2:** Erkennungsmethoden

Griff	wachsartig		PVC w	PE	PP	
	hart / glatt	PVC h				ABS
Bruch	kein Bruch		PVC w	PE		
	Weißbruch / zäh				PP	ABS
	Sprödbbruch	PVC h				
Schwimmtest	schwimmt			PE	PP	
	sinkt	PVC h	PVC w			ABS
Brenntest	entflammbar			PE	PP	ABS
	schwer entflammbar	PVC h	PVC w			
	selbst löschend	PVC h	PVC w			
	rußend					ABS
	nicht rußend			PE	PP	
Flamme	hell mit blauem Kern			PE	PP	
	grüngelb	PVC h	PVC w			
Geruch	stechend	PVC h	PVC w			
	süßlich					ABS
	nach Wachs, süßlich				PP	
	nach Wachs, stechend			PE		
Fingernagelkratztest	kratzfest	PVC h			PP	ABS
	nicht kratzfest		PVC w	PE		