



Leseprobe

Schweißtechnik

Schweißen von metallischen Konstruktionswerkstoffen

Herausgegeben von Klaus-Jürgen Matthes, Werner Schneider

ISBN: 978-3-446-42073-1

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42073-1>

sowie im Buchhandel.

4

Schweißen mit Brenngas-Sauerstoff-Flamme

Gasschmelzschweißen mit Brenngas-Sauerstoff-Flamme (Prozess 31):

Verfahrensprinzip

Schmelzschweißverfahren, bei welchem die thermische Wirkenergie durch die Verbrennung von Brenngas mit Sauerstoff oder Luft mittels einer Flamme in die Werkstücke eingebracht wird.

Anwendungsbereich/Abmessungen

Verbindungs- oder Auftragschweißen, unabhängig von öffentlicher Versorgung mit Elektroenergie, vielfach für Reparaturarbeiten, im Heizungs- und Rohrleitungsbau angewandt, Nutzung der Agententechnik und des Werkzeugs Flamme auch für Löten (Flammlöten) und Wärmebehandlungen möglich, Schweißen auch in Zwangslagen möglich, geeignet für Bleche, Profile, Rohre, wirtschaftlich bis $\approx 6,3$ mm Bauteildicke, gute Spaltüberbrückbarkeit.

Werkstoffgruppen

un- und niedriglegierte Stähle, Aluminiumwerkstoffe, seltener Kupfer

Wichtige DVS-Merkblätter und Normen

DVS 0212: 1986-06	Umgang mit Druckgasflaschen
DIN 1340: 1990-12	Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase – Arten, Bestandteile, Verwendung
DIN 8522: 2009-12	Fertigungsverfahren der Autogentechnik – Übersicht
DIN EN 12536: 2000-08	Schweißzusätze – Stäbe zum Gasschweißen von unlegierten und warmfesten Stählen – Einteilung

DIN EN ISO 5172: Gasschweißgeräte – Brenner für Schweißen, Wärmen und Schneiden – Anforderungen und Prüfungen

4.1 Grundlagen der Autogentechnik

4.1.1 Autogenflamme

4.1.1.1 Allgemeines

Das Werkzeug der Autogentechnik ist eine **Flamme**, die als Werkzeug für thermische Prozesse einschließlich des Gasschweißens dient. Die thermische Wirkenergie wird durch die Verbrennung eines Brenngases freigesetzt. Obwohl die Bedeutung des Gasschmelzschweißens in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen ist, besitzt dieses Schweißverfahren Vorteile, wie die Möglichkeit der Speicherung der am Prozess beteiligten Gase (Prozessgase) in Behältern. Hierdurch ist das Verfahren unabhängig von einer öffentlichen Energieversorgung. Die Brenner können mittels Schlauchleitungen auch über große Entfernungen mit den Prozessgasen versorgt werden. Die Investitionskosten sind im Vergleich zu zahlreichen anderen Schmelzschweißverfahren gering. Zudem besteht die Möglichkeit, die Anlagen- und Apparatentechnik auch für andere Fertigungsverfahren, wie das Flammlöten, das autogene Brennschneiden, das Flammschneiden oder das Flammschweißen, zu nutzen.

Als Prozessgase werden ein Brenngas – meist Acetylen, Propan oder auch Gemische brennbarer Gase – und ein oxidierend wirkendes Gas bzw. Gasgemisch in Form von Sauerstoff oder Luft benötigt.

Das wichtigste Brenngas der Autogentechnik ist **Acetylen** (C_2H_2), auch als Azetylen benannt. Im Weiteren wird statt des Namens Ethin, der der chemischen Nomenklatur entspricht, der in den Ingenieurwissenschaften einschließlich der Fügetechnik übliche Trivialname Acetylen verwendet.

Neben den für das Schmelzschweißen allgemein vorhandenen Gefährdungen durch Schweißrauch, Metaldämpfe und Stäube sind für die Anwendung der Autogentechnik Gefährdungen infolge des Umgangs mit brennbaren Gasen, explosionsfähigen Gasgemischen und unter hohem Überdruck stehenden Druckgasflaschen charakteristisch. Umfangreiche Angaben zum Umgang mit der Anlagentechnik, zu Gesundheitsgefahren, zur persönlichen Schutzausrüstung, zu Schweißarbeiten mit besonderen Gefahren sowie zu Vorschriften und Regeln enthält

die BG-Information „Gasschweißer“ (BGI 554) der Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften [RÖS06]. Um Unfälle zu vermeiden sowie Gefährdungen zu erkennen und diese einzuschränken, existiert eine Vielzahl von Normen und Regeln insbesondere zum Umgang mit Prozessgasen der Autogentechnik sowie zu Anforderungen an die Anlagentechnik, deren Bedienung und Prüfung. Eine Auswahl an besonders wichtigen Normen und Regeln enthält das Quellenverzeichnis.

4.1.1.2 Verbrennung

Die thermische Wirkenergie wird durch eine **Verbrennung** aus chemisch gebundener Energie freigesetzt. Im Folgenden wird die Verbrennung des Brenngases Acetylen durch Sauerstoff beschrieben.

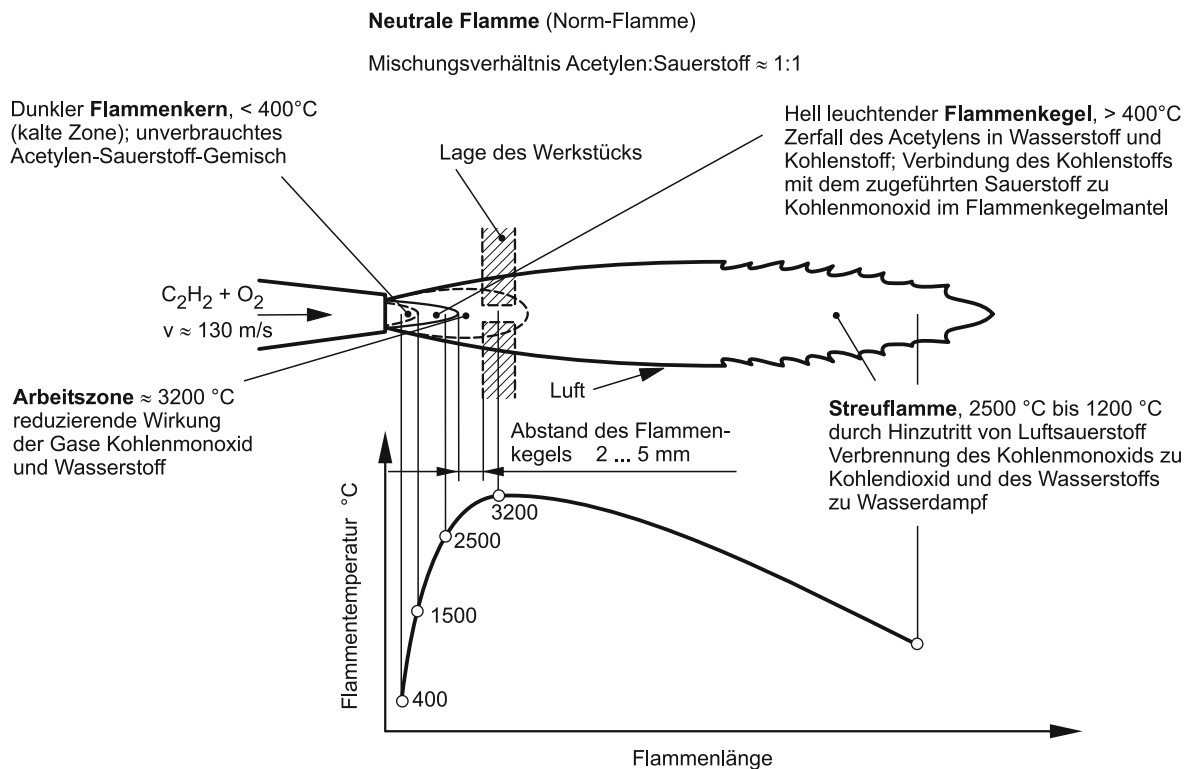
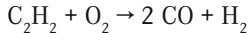


Bild 4.1 Temperaturen und typische Bereiche einer Acetylen-Sauerstoff-Flamme

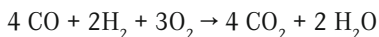
Tabelle 4.1 Verbrennungsstufen unterschiedlicher Brenngase und erreichbare Flammentemperaturen

Brenngas B	Unvollkommene Verbrennung in der ersten Stufe		Vollkommene Verbrennung		Flammen- temperatur in °C
	Mischungs- verhältnis B:O ₂	Ablauf	Mischungs- verhältnis B:O ₂	Ablauf	
Acetylen C ₂ H ₂	1:1	C ₂ H ₂ + O ₂ → 2 CO + H ₂	1:2,5	2 C ₂ H ₂ + 5 O ₂ → 4 CO + 2 H ₂ O	3180
Propan C ₃ H ₈	1:4	C ₃ H ₈ + 4 O ₂ → 2 CO + CO ₂ + 4 H ₂ O	1:5	2 C ₃ H ₈ + 5 O ₂ → 3 CO ₂ + 4 H ₂ O	2850
Erdgas (Methan) CH ₄	2:1	2 CH ₄ + O ₂ → 2 CO + 4 H ₂	1:2	CH ₄ + 2 O ₂ → CO ₂ + 2 H ₂ O	2750

Die Verbrennung läuft in zwei Stufen ab. In einer ersten Verbrennungsstufe, einer unvollkommenen Verbrennung, wird das Acetylen mit Sauerstoff zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgesetzt:



Im Einzelnen zerfällt zunächst das Acetylen in Kohlenstoff und Wasserstoff, wobei der Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid oxidiert wird. Die entstehenden Gase Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H₂) wirken chemisch reduzierend auf die üblicherweise mit Oxiden behafteten Oberflächen der Grund- und Zusatzwerkstoffe und des Schweißbades. Oxide werden hierdurch abgebaut. Die zweite Verbrennungsstufe wirkt in Form einer vollkommenen Verbrennung:



Diese Verbrennungsstufe tritt in der sog. Streuflamme auf (Bild 4.1). Der Verbrennungsvorgang erfolgt außerhalb des eigentlichen Brenners vor dem Brennermundstück.

Die Autogenflamme, d. h. deren Gestalt, Temperaturen und **Temperaturverteilung** in der Flamme sowie chemische Wirkung (neutral, oxidierend, redu-

zierend), ist durch zahlreiche Einflussgrößen bestimmt, wie den beteiligten Prozessgasen, deren Mischungsverhältnis, Druck und Volumenstrom sowie der Brennerbauart. Die Temperaturverteilung in einer neutralen Acetylen-Sauerstoff-Flamme, einer sog. Normflamme, ist in Bild 4.1 dargestellt. Für diese Flamme ist eine höchste Temperatur von $\approx 3\,200\text{ °C}$ in der Arbeitszone charakteristisch. Für die vollkommene Verbrennung von 1 Volumenteil Acetylen sind 2,5 Volumenteile Sauerstoff notwendig.

Die Verbrennungsstufen unterschiedlicher Brenngase und die erreichbaren Flammentemperaturen sind in Tabelle 4.1 wiedergegeben. Über die gebräuchlichen Mischungsverhältnisse (Volumenanteile) für unterschiedliche Verwendungszwecke von Autogenflammen gibt Tabelle 4.2 Auskunft.

4.1.1.3 Flammeneinstellung

Die Acetylen-Sauerstoff-Flamme kann bezüglich ihrer chemischen und thermischen Eigenschaften den Anforderungen des Schweißprozesses in weiten Grenzen angepasst werden. Die chemische Wirkung wird durch das Mischungsverhältnis bestimmt. Mittels Einstellung der Strömungsgeschwindigkeiten der Prozessgase kann die thermische Leistung der Flamme verändert werden. Diese

Tabelle 4.2 Mischungsverhältnisse (Volumenanteile) für unterschiedliche Verwendungszwecke von Autogenflammen

Brenngas	Brenngas-Sauerstoff-Gemische für		
	Schweißen	Brennschneiden	Flammwärmen
Acetylen	1:1 ... 1:1,2	1:1,1 ... 1:1,3	1:1,25 ... 1:1,5
Propan	–	1:4,5	1:3,6 ... 1:5
Erdgas	–	1:1,5 ... 1:2,8	1:1,5 ... 1:2

Flammeneinstellungen werden durch Ventile am Griffstück des Brenners vorgenommen.

Neutrale Flamme

Eine neutrale Flamme erfordert ein Mischungsverhältnis zwischen dem Brenngas Acetylen und Sauerstoff im Bereich von 1:1 ... 1:1,2 Volumeneinheiten.

Eine neutrale Flamme besitzt einen inneren, weiß leuchtenden Flammenkern, der sich scharf gegenüber der äußeren Streuflamme abgrenzt. Der Flammenkern hat je nach Intensität der Flamme eine Länge von 5... 15 mm und soll möglichst zylindrisch und länglich ausgebildet sein. Die Streuflamme, die den Flammenkern umgibt, ist in Abhängigkeit von der Reinheit des Brenngases und der Raumluft bläulich oder gelb-bläulich. Beim Schweißen kommt es infolge der Erwärmung der Schweißdüse zu einer Vergrößerung der Düsenbohrung. Hierdurch reduziert sich die Strömungsgeschwindigkeit des Sauerstoffs. Es wird deshalb weniger Acetylen angesaugt, wodurch sich der chemische Charakter der Flamme verändert. Deshalb kann es während des Betriebs des Brenners notwendig werden, durch Betätigen der Ventile die Flammeneinstellung zu korrigieren.

Das Gasschmelzschweißen von Eisenbasiswerkstoffen erfolgt ausschließlich mit einer neutralen Flamme. Oxidschichten (Oxidhäute) auf der Schmelzbadoberfläche werden bei richtigem Brennerabstand durch Wirken der ersten Stufe der Verbrennung im Bereich des Gasgemisches durch Kohlenmonoxid und Wasserstoff reduziert. Auch neutral eingestellte Flammen können in Abhängigkeit vom Brenngas geringe Anteile oxidierend wirkender Gasanteile enthalten: ≈ 6 Vol.-%

für die Brenngase Propylen, Propan und Methan [END73].

Sauerstoff-Überschuss-Flamme

Steigt das Acetylen-Sauerstoff-Verhältnis über 1:1,2, so stellt sich eine Sauerstoff-Überschuss-Flamme, auch als oxidierende Flamme bezeichnet, ein. Mit zunehmendem Sauerstoffanteil verkürzen sich sowohl der Flammenkern als auch der sich anschließende Flammenkegel. Der Flammenkern nimmt eine leicht violette Farbe an. Diese Flammeneinstellung wird durch ein deutlich hörbares, zischendes Geräusch der Flamme gekennzeichnet.

Aus einem geringen Sauerstoffüberschuss resultiert eine Erhöhung der Flammenleistung, was sich positiv auf die Schweißgeschwindigkeit auswirkt. Zu große Sauerstoffanteile führen am Schweißbad zu Verbrennungs- und Überhitzungserscheinungen. Beim Schweißen von Stahl kommt es zur Funkenbildung, indem aus dem Schweißbad fortgeschleuderte Tropfen am Ende ihrer Flugbahn sternförmig platzen. Weitere Folgen des Sauerstoffüberschusses sind ein erhöhter Abbrand von Legierungselementen sowie die verstärkte Poren- und Oxidbildung im Schweißbad. Oxideinschlüsse können die Verformungsfähigkeit der Schweißverbindung und deren Beanspruchbarkeit insbesondere bei zeitlich veränderlicher Beanspruchung (Schwingbeanspruchung) oder schlagartiger Beanspruchung wesentlich reduzieren. Mit gezielt eingestelltem Sauerstoffüberschuss werden nur Kupfer-Zink-Legierungen (Messing) geschweißt. Bei diesen Grundwerkstoffen wirkt der Sauerstoffanteil der Porenbildung entgegen und verhindert das Ausdampfen von Zink aus dem Grundwerkstoff.

Sofern der Grundwerkstoff nicht aufgeschmolzen werden soll, z. B. beim Flammwärmen, kann durch einen Sauerstoffüberschuss eine leistungsstarke Flamme erzielt werden.

Acetylen-Überschuss-Flamme

Sinkt das Acetylen-Sauerstoff-Verhältnis unter 1:1,2, so bildet sich eine Acetylen-Überschuss-Flamme, auch als karburierende Flamme bezeichnet, aus. Diese Flamme besitzt einen je nach Acetylen-überschuss verlängerten, gelblich-weißen inneren Flammenkegel, dessen Umriss nicht mehr scharf begrenzt ist, sondern unregelmäßig gefiedert erscheint.

In der ersten Verbrennungsstufe reicht der dargebotene Sauerstoff nicht zur Oxidation des durch den Zerfall des Acetylen entstehenden Kohlenstoffs aus. Verbleibender „freier“ Kohlenstoff kann beim Gasschmelzschweißen von Eisenbasiswerkstoffen vom flüssigen Schweißgut aufgenommen werden. Bei ausgeprägtem Acetylenüberschuss bilden sich in der Flamme Kohlenstoffflocken (Ruß). Die Folge der Anwendung einer Acetylen-Überschuss-Flamme ist eine Aufkohlung und ggf. Härtesteigerung. Bei Stahl kommt es zur Erhöhung von Härte und statischen Festigkeitseigenschaften, aber auch zu Versprödung und zunehmender Härterissgefahr. Gezielt mit Acetylenüberschuss wird Gusseisen geschweißt. Zum Zwecke des Auftragschweißens wird mit Acetylen-Überschuss-Flamme gearbeitet, wobei durch den Kohlenstoffeintrag die Bildung härtesteigernder Carbide unterstützt wird. Da die Temperatur in einer Acetylen-Überschuss-Flamme unter der einer neutralen Flamme liegt, wird die Acetylen-Überschuss-Flamme bevorzugt für das Löten eingesetzt, wo i. d. R. niedrigere Arbeitstemperaturen als beim Schweißen erforderlich sind.

„Harte“ und „weiche“ Flamme

Die Eigenschaften einer Flamme werden neben dem Mischungsverhältnis der Prozessgase wesentlich durch deren Ausströmgeschwindigkeiten bestimmt. Eine Flamme mit hoher Ausströmgeschwindigkeit und folglich großer Flammenleistung wird als „harte Flamme“ bezeichnet, während

eine Flamme mit geringer Ausströmgeschwindigkeit vergleichsweise leistungsarm ist und als „weiche Flamme“ gilt.

Mittels unterschiedlicher Schweißbeinsätze im Brenner kann die thermische Leistung bzw. die „Härte“ der Flamme der Schweißaufgabe angepasst werden, wobei das gewünschte, optimale Mischungsverhältnis der Prozessgase unverändert bleibt. Für das Gasschmelzschweißen werden die thermische Leistung und damit der Schweißbeinsatz entsprechend der Dicke der zu schweißenden Bauteile gewählt. Darüber hinaus kann durch Betätigen der Ventile weiterhin die Flamme feinfühlig „hart“ oder „weich“ eingestellt werden.

Die Gasausströmgeschwindigkeiten liegen für sehr kleine Schweißbeinsätze im Bereich von $\approx 50 \dots 60$ m/s und bei mittleren Schweißbeinsätzen im Bereich von $\approx 80 \dots 130$ m/s. Sehr große Schweißbeinsätze erreichen Ausströmgeschwindigkeiten um 200 m/s und werden zum Wärmen, wo kein Wegblasen des Schmelzbades eintreten kann, oder zum autogenen Trennen benutzt.

4.1.2 Autogenbrenner

4.1.2.1 Allgemeines

Ein **Autogenbrenner** hat die Aufgabe, aus dem zugeführten Brenngas und dem Sauerstoff oder der Luft ein definiert einstellbares Gemisch zu bilden und dieses Mischungsverhältnis konstant zu halten. Das Gasgemisch soll mit einer solchen Geschwindigkeit aus dem Brenner austreten, sodass sich nach dem Zünden eine rückzündsicher brennende Flamme bestimmter Form, Größe und Leistung einstellt.

Die Autogenbrenner werden für verschiedene Gase mit entsprechender Flammengröße und -form in den Handel gebracht. Die Düsen dürfen nur für jenes Gas verwendet werden, für das sie bestimmt sind. Die Mischeinrichtung und die Düse des Schweißbeinsatzes sind wie folgt gekennzeichnet:

A = Acetylen

P = Flüssiggas

H = Wasserstoff

C = Leuchtgas (Stadtgas, d. h. ein Gemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Methan, kaum mehr in Anwendung)

M = Erdgas (Methan).

Zusätzlich sind der Schweißbereich (Bauteildickenbereich) sowie das Herstellerzeichen und auf der Mischeinrichtung noch der Sauerstoffdruck angegeben.

In der Autogentechnik wird eine Vielfalt unterschiedlicher Brenner für verschiedene Aufgaben genutzt. Eine Einteilung von Brennern kann nach folgenden Kriterien erfolgen:

Mischungsprinzip:

- Saugbrenner (Injektorbrenner, Bunsenbrenner),
- Druckbrenner.

Brenngasart:

- Acetylenbrenner,
- Propanbrenner,
- Erdgasbrenner,
- Wasserstoffbrenner.

Flammenform und Flammenanordnung:

- Einflammenbrenner,
- Mehrflammenbrenner.

Einsatzzweck:

- zum Fügen (Schweißen, Löten),
- zum Trennen,
- zum Stoffeigenschaftsändern (Wärmen),
- zum Beschichten,
- zum Umformen (Flammrichten).

Mechanisierungsgrad:

- manuell,
- mechanisiert.

Angaben über Aufbau, Funktion, Sicherheitsanforderungen und weitere Merkmale enthält DIN EN ISO 5172. Die meisten handelsüblichen Brenner sind mehrteilig ausgeführt, sodass durch einfaches Auswechseln ein Brenner verschiedenen Einsatzzwecken angepasst werden kann.

4.1.2.2 Brennerarten

Injektorbrenner (Saugbrenner)

Die meisten in der Praxis genutzten Autogenbrenner sind Injektorbrenner. Die Prozessgase strömen über die beiden Ventile (z. B. Sauerstoff- und Acetylenventil) durch Rohre bzw. im Brenner gebohrte Kanäle durch die Mischdüse in einen Mischraum. Den schematischen Aufbau des Injektors stellt Bild 4.2 dar. Bei einem Acetylen-Sauerstoff-Injektorbrenner strömt Sauerstoff aufgrund des im Ver-

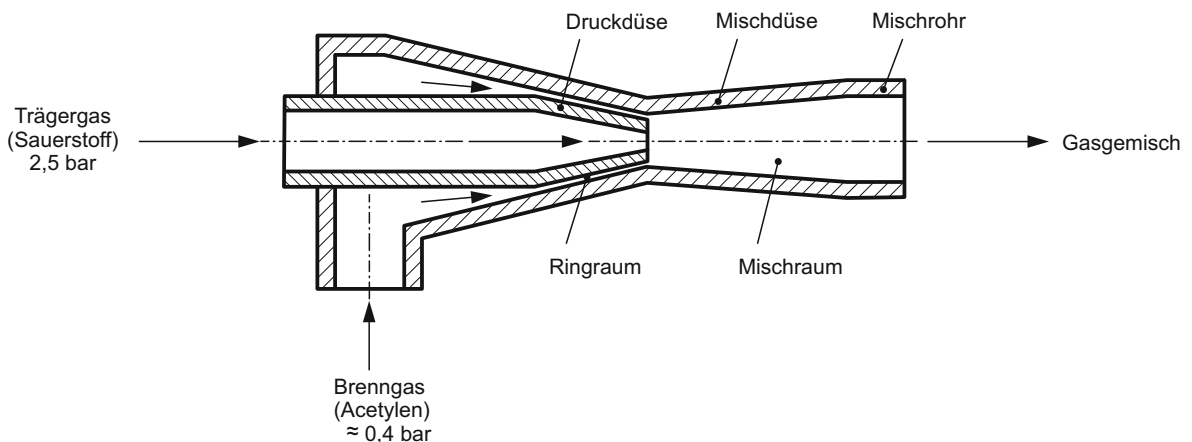


Bild 4.2 Injektor, schematisch

gleich zu Acetylen hohen Drucks von etwa 2,5 bar mit großer Geschwindigkeit in die Druckdüse. Die Druckdüse ist von einem metallischen Mantel umgeben, welcher einen spaltförmigen Ringraum bildet. Durch diesen Ringraum wird das Acetylen mit geringem Überdruck von 0,2...0,4 bar zugeführt. Die große Geschwindigkeit des in die Mischdüse strömenden Sauerstoffs erzeugt im Ringraum zwischen Druck- und Mischdüse einen Unterdruck, durch welchen das Brenngas angesaugt wird. Dieser Effekt wird als Injektorwirkung bezeichnet. Die obigen Druckangaben entsprechen den jeweiligen Arbeitsdrücken für Sauerstoff bzw. für Acetylen beim Gasschweißen, welche an den Druckminderern einzustellen sind.

Den Aufbau eines Injektorbrenners zeigt Bild 4.3. Über das Griffstück erfolgt die Zufuhr von Sauerstoff- und Brenngas, gesteuert durch das jeweilige Ventil. Die Ventile sind mit folgenden Farben gekennzeichnet:

- blau: Sauerstoff,
- gelb: Acetylen,
- orange: Flüssiggas,
- rot: übrige Brenngase.

Der an den Einsatzzweck bzw. die zu schweißenden Werkstückdicken anzupassende Schweißeinsetz ist bei den meisten Brennern auswechselbar. Der Schweißeinsetz wird in das Griffstück eingesteckt

und hier mit Rundringen gedichtet sowie mittels einer Überwurfmutter angezogen und verbunden. Der Schweißeinsetz besteht aus dem Injektor mit Druck- und Mischdüse, dem Mischrohr und der Schweißdüse.

Die Funktionsfähigkeit eines Injektorbrenners lässt sich überprüfen, indem man den Schlauch am Brenngasanschluss abzieht und das Sauerstoffventil öffnet. Die Saugwirkung muss dann am Brenngasanschluss spürbar sein.

Weitere Brennbauarten und Mischungsprinzipien

Weitere Brenner, die gegenwärtig nur noch eine untergeordnete oder gar historische Bedeutung besitzen, sind der **Hochdruckbrenner** (meist für Brenngas Wasserstoff verwendet) und der **Gleichdruckbrenner**. Für weitere Informationen zu diesen Brennern sei auf das Schrifttum, z. B. [KRI54], verwiesen.

Eine Auswahl weiterer Brennerbauarten und Brenneinsätze für verschiedene Anwendungsgebiete, wie Fügen, Trennen, Umformen (Flammrichten), Stoffeigenschaftsändern (z. B. Flammwärmen) zeigt Bild 4.4.

Mehrflammenbrenner

Zur Erhöhung der Schweißleistung wurde dazu übergegangen, an dem Schweißbrennermundstück zwei Flammen brennen zu lassen (sog. Zwei-

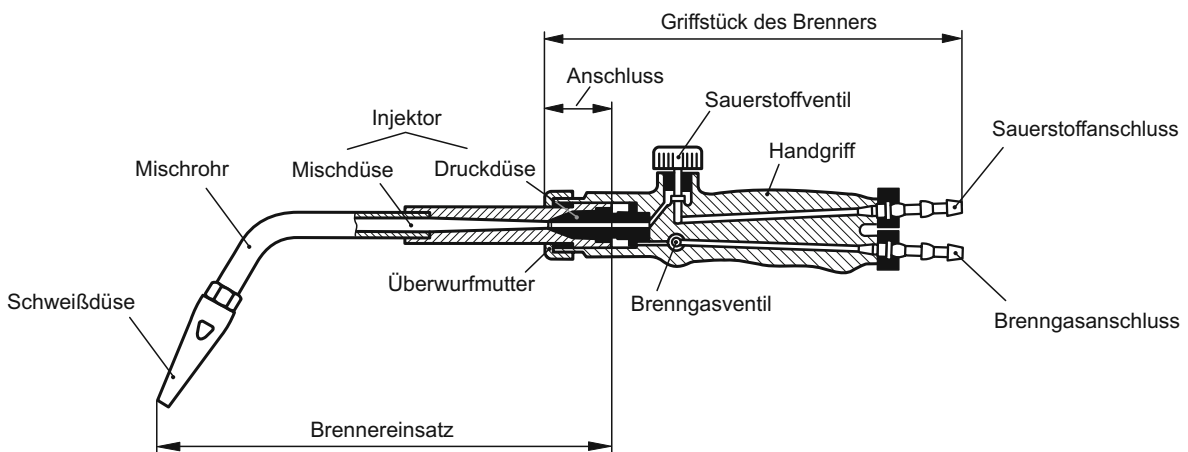


Bild 4.3 Aufbau eines Injektorbrenners, nach [BÖH92]

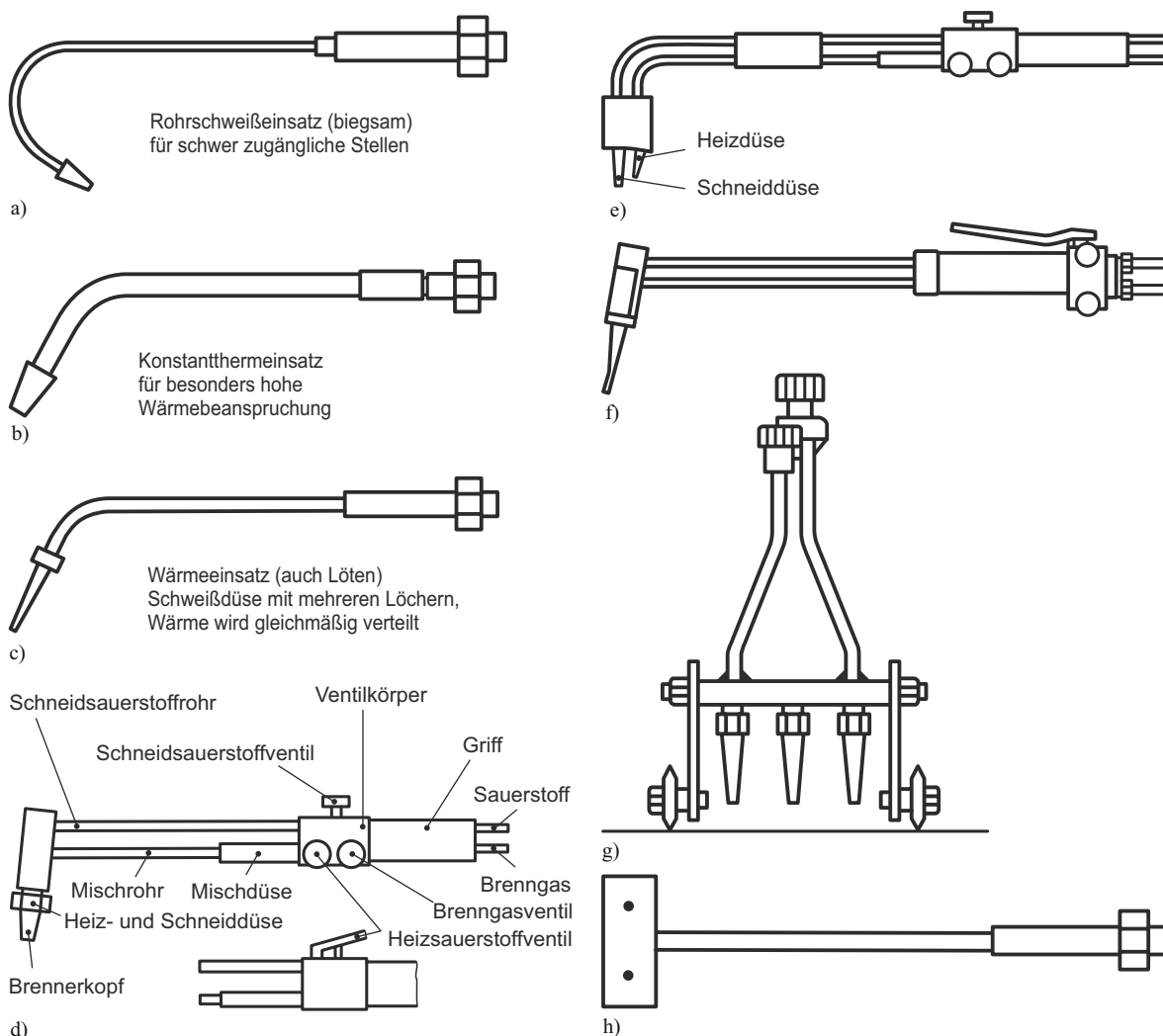


Bild 4.4 Auswahl weiterer Brennerbauarten und Brenneinsätze für verschiedene Anwendungsgebiete.

a) Rohrschweißersatz (biegsam) für schwer zugängliche Stellen; b) Konstanttherm-Brenneinsatz für besonders hohe Wärmebeanspruchung; c) Wärmeeinsatz (auch für Löten, Wärme wird durch Schweißdüse mit mehreren Löchern gleichmäßig verteilt); d) Schneidbrenner (konventionelle Bauart); e) Schneidbrenner mit Stufendüse; f) Fugenhobel; g) Flammrichtbrenner (mehrflammig); h) Brenneinsatz zum Flammenstrahlen, Entrosten, Entzundern

flammenbrenner). Die voreilende Flamme wärmt vor, und mit der nachlaufenden Flamme wird unter gleichzeitiger Zugabe des Zusatzwerkstoffes (Schweißdraht) geschweißt. Der Zweiflambrenner bedingt zwangsläufig die Nachrechtsschweißung. Bei Anwendung dieses Brenners können relativ hohe Schweiß-

geschwindigkeiten und schmale Schweißnähte bzw. Wärmeeinflusszonen erzielt werden. Zur Steigerung der Arbeitsleistung bei dickeren Blechen werden auch Brennerköpfe für Handschweißbrenner mit vier, fünf und mehr Flammen oder Schlitzflammen gebaut. Mit Ausnahme des Zweiflambrenners haben sich

die anderen erwähnten Mehrflammenbrenner nur in Sonderfällen bewährt.

Maschinenbrenner

Maschinenbrenner mit 20 und mehr Einzelflammen finden in Sonderfällen, z. B. in der Röhrenfertigung, Anwendung. Die Brenner werden in der Regel mit Rücksicht auf die starke Erwärmung wassergekühlt. Der Schmelzvorgang erfordert oft, dass die einzelnen Flammen desselben Brenners verschiedene Wärmeleistungen (Flammenstärken) und Richtungen besitzen, um den Metallfluss richtig zu beeinflussen.

4.1.2.3 Betreiben der Autogenbrenner

Inbetriebsetzen und Zünden

Acetylen-Sauerstoff-Schweißbrenner werden in nachstehender Reihenfolge der Bedienungsgriffe bzw. Tätigkeiten in Betrieb genommen:

1. Sauerstoffventil (weit) öffnen und Arbeitsdruck am Druckminderer einstellen.
2. Acetylenventil öffnen. Das Acetylen wird infolge des mit größerer Strömungsgeschwindigkeit fließenden Sauerstoffs von diesem angesaugt (Injektorwirkung) und anschließend mit dem Sauerstoff gemischt.
3. Zünden des am Brennermundstück austretenden Gasgemischs,
4. Durch Einstellen am Acetylenventil wird das typische Bild einer neutralen Flamme erzeugt.

Diese Reihenfolge des Öffnens der Ventile ist notwendig, um zu verhindern, dass Acetylen unnötig in die Schweißwerkstatt austritt. Ein sofortiges Zünden des Acetylens ohne Sauerstoffzufuhr bewirkt eine stark rußende Flamme. Für das Zünden sind nur hierfür bestimmte Geräte zu benutzen. Das Verwenden von Feuerzeugen ist aufgrund der Explosionsgefahr unzulässig.

Beim Inbetriebsetzen der Wasserstoff- und Leuchtgasschweißbrenner wird zuerst der Brenngashahn geöffnet. Das an der Brennermündung austretende Gas wird an einer offenen Flamme entzündet und nachträglich der Sauerstoffhahn geöffnet. Beim Absperrren wird zuerst der Sauerstoffhahn geschlossen.

Löschen

Bei normaler Beendigung der Schweißarbeit, Störungen und Flammenrückschlägen ohne pfeifendes Geräusch ist der Brenner in folgender Weise außer Betrieb zu setzen:

1. Acetylenventil schließen
2. Sauerstoffventil schließen

Durch diese Reihenfolge wird eine stark rußende Acetylenflamme vermieden und eine kleine Restflamme, die durch ein nicht völlig dicht schließen des Acetylenventil verbleiben kann, durch den noch strömenden Sauerstoff ausgeblasen. Nicht beachtete Acetylenrestflammen können einen Acetylenzerfall mit schweren Zerstörungen bis zur Sicherheitsvorlage (s. Abschn. 4.1.5.4) einleiten.

4.1.2.4 Flammenstörungen

Flammenrückschlag

Der kontinuierliche Verlauf der Verbrennung kann infolge unterschiedlicher Ursachen gestört werden, sodass **Flammenstörungen** eintreten. Verschmutzte oder beschädigte Düsen erzeugen ein ungleichmäßiges Flammenbild und führen zu nicht reproduzierbaren Schweißergebnissen. Eine regelmäßige Reinigung des Brennermundstücks ist notwendig, darf aber nur mit den für diesen Zweck bestimmten Reinigungsnadeln vorgenommen werden. Eine beschädigte Düse muss ersetzt werden.

Eine weitere Flammenstörung ist die Rückzündung der Flamme. Verantwortlich hierfür ist die Vergrößerung des Ausströmquerschnittes bei zunehmender Temperatur (z. B. bei Gusseisenwärmeschweißungen oder Schweißen in Werkstückwinkeln), wodurch die Strömungsgeschwindigkeit des Gasgemisches bis unter dessen Zündgeschwindigkeit absinkt. Die zurückschlagende Flamme erlischt meist sofort vor der Druckdüse, kann sich jedoch auch entgegen der Gasströmungsrichtung unter Entwicklung eines charakteristischen, pfeifenden Geräuschs zurück in den Brenner ausbreiten. Wird die Zufuhr der Prozessgase nicht sofort unterbrochen, kann dies zur Zerstörung des Brenners, u. U. auch zu einem Acetylenzerfall in der Zuleitung führen. In diesem Fall ist der Brenner sofort mit folgenden Maßnahmen außer Betrieb zu setzen:

1. Sauerstoffventil schließen,
2. Acetylenventil schließen.

Geschieht das nicht rechtzeitig, so zerstört eine im Gerät weiterbrennende Flamme den Schweißbrenner. Außerdem kann auch ein Acetylenzerfall in der Schlauchleitung verursacht werden.

Infolge einer Überhitzung des Mundstücks kann die Flamme „abknallen“, d. h., die Flamme verlöscht plötzlich. Nachströmendes Gasmisch entzündet sich wieder und erlöscht abermals (sog. „Abknallen“), wodurch der Brenner knattert. In diesem Fall ist das Brennermündstück durch Eintauchen in Wasser bei schwach geöffnetem Sauerstoffventil zu kühlen.

Ein Gasrücktritt als weitere Form einer Flammenstörung kann eintreten, wenn infolge von Undichtigkeiten im Brennergriffstück, verstärkt durch eine Düsenverstopfung, Gas aus der Leitung mit höherem Druck (dies ist Sauerstoff) in die Leitung mit niedrigerem Druck (Acetylen) eintritt. Kommt es zum Zünden eines zündfähigen Gemischs, so tritt eine explosionsartige Verbrennung ein, die möglicherweise zu Personen- und Sachschäden führen kann.

4.1.3 Betriebsmittel der Autogentechnik

4.1.3.1 Allgemeines

Unter **Betriebsmittel** der Autogentechnik werden die Prozessgase, d. h. Sauerstoff oder Luft, einerseits und Brenngase, wie Acetylen, Flüssiggas, Erdgas oder Wasserstoff andererseits, verstanden.

4.1.3.2 Sauerstoff

Allgemeines

Ausgewählte Eigenschaften des Sauerstoffs sind in Tabelle 4.3 zusammengefasst. Technisch genutzter Sauerstoff wird durch fraktionierte Destillation aus flüssiger Luft im Gegenstromverfahren nach Carl v. Linde gewonnen.

Armaturen und Verschraubungen, durch die Sauerstoff geleitet wird, dürfen nicht mit Ölen und Fetten in Kontakt kommen, demzufolge auch

nicht mit Ölen oder Fetten geschmiert werden! Anderenfalls besteht akute Brand- und Explosionsgefahr!

Bereitstellung, Transport und Verteilung

Die Art der Bereitstellung richtet sich nach der Höhe des Gasverbrauches. Folgende Anhaltswerte zu Gasverbrauch und Transport können angegeben werden:

- > 3 000 m³/Monat: Transport flüssig in Tankwagen für Kaltvergaseranlagen (zu Umrechnungsfaktoren für gasförmigen und flüssigen Sauerstoff s. Tabelle 4.4),
- > 100 m³/Monat: Transport in Flaschenbündeln,
- < 100 m³/Monat: Einzelflaschen mit Fülldruck von 150 bar oder 200 bar.

Tabelle 4.4 Umrechnungsfaktoren für gasförmigen und flüssigen Sauerstoff

Volumen des Gases in m ³ (bezogen auf 15 °C und 1 bar)	Volumen des Flüssiggases in l (im Siede- zustand)	Masse in kg
1,000	1,171	1,337
0,854	1,000	1,142
0,748	0,876	1,000

Verschiedene Arten der **Sauerstoffversorgung** in Abhängigkeit vom Sauerstoffverbrauch zeigt Bild 4.5 in schematischer Form. Die Verteilung erfolgt in Werkstätten mit größerem Verbrauch über Ringleitungen. Wichtige Baugruppen und Komponenten einer zentralen Sauerstoffversorgung beim Verbraucher werden in den Bildern 4.6 und 4.7 dargestellt.

4.1.3.3 Brenngase

Eine möglichst vollständige Verbrennung mit hohem Wirkungsgrad setzt das intensive Mischen des Brennstoffs mit Sauerstoff oder Luft voraus. Dies lässt sich insbesondere dann realisieren, wenn als Brennstoff ein Gas, ein sog. Brenngas, verwendet

Tabelle 4.3 Ausgewählte Eigenschaften von Sauerstoff und Brenngasen der Autogentechnik

Merkmale	Sauerstoff	Brenngase			
		Acetylen	Flüssiggas (Propan)	Methan (Erdgas)	Wasserstoff
Chemisches Symbol	O ₂	C ₂ H ₂	C ₃ H ₈	CH ₄	H ₂
Darstellung/Gewinnung	Luftverflüssigung, fraktionierte Destillation	Carbidvergasung, Hochtemperaturpyrolyse	Erdöldestillation	unmittelbare Fündigkeit	Chloralkalektrolyse, Wasserelektrolyse
Verwendung	Autogentechnik, Hüttenindustrie, Stahlzeugung, chemische Industrie, Medizin, Raketentechnik	Autogentechnik, chemische Industrie, Kunststoffe, Düngemittel	Treibgas, Industrie, Heizzwecke, Autogentechnik	Heizzwecke, Industrie, Autogentechnik (meist Verschnitt)	Schweißen von Blei und Aluminium, Brennschneiden, dicker Querschnitte, Ofenlötten
Reinheit, handelsüblich, in %	> 99,5	> 99	> 99,8	≈ 85	> 99,75
Eigenschaften	ungiftig, geruchlos, geschmacklos, farblos, unbrennbar, verbrennungsfördernd	ungiftig, farblos, in Mengen betäubend, charakteristischer Geruch	geruch- und farblos, hohes spezifisches Gewicht, wirkt lösend oder quellend gegenüber einzelnen Elastomer- und Polymerwerkstoffen	ungiftig, geruchlos, geschmacklos, farblos	ungiftig, geruchlos und farblos
Verunreinigungen	N ₂ , Ar, H ₂ O	Ar, H ₂ O	H ₂ , N ₂ , O ₂ , CH ₄	N ₂ , CO ₂ , C ₃ H ₈	O ₂ , H ₂ O
Spezifische Masse in kg/m ³	1,43 1,33	1,17 1,07	2,02 2,00	0,72 0,66	0,09 0,08
Siedetemperatur in °C	-183	-84	-43	-161	-253
Spezifischer Heizwert in kJ/m ³		57 120	93 000	≈ 36 000	10 750
Minimale Zündtemperatur in °C		335	510	640	510
Zündgeschwindigkeit in m/s		295	490	590	450
Maximale Flammtemperatur in °C		1,3	0,3	0,4	2,7
Flammenleistung in kJ/(cm ³ s)		13,1	3,7	3,3	8,9
Mischungsverhältnis Brenngas : Sauerstoff		2 325	1 925	1 920	2 095
		3 180	2 850	2 750	2 525
		≈ 45	≈ 11	≈ 13	≈ 14
		1:1	1:3,5	1:1,7	4:1