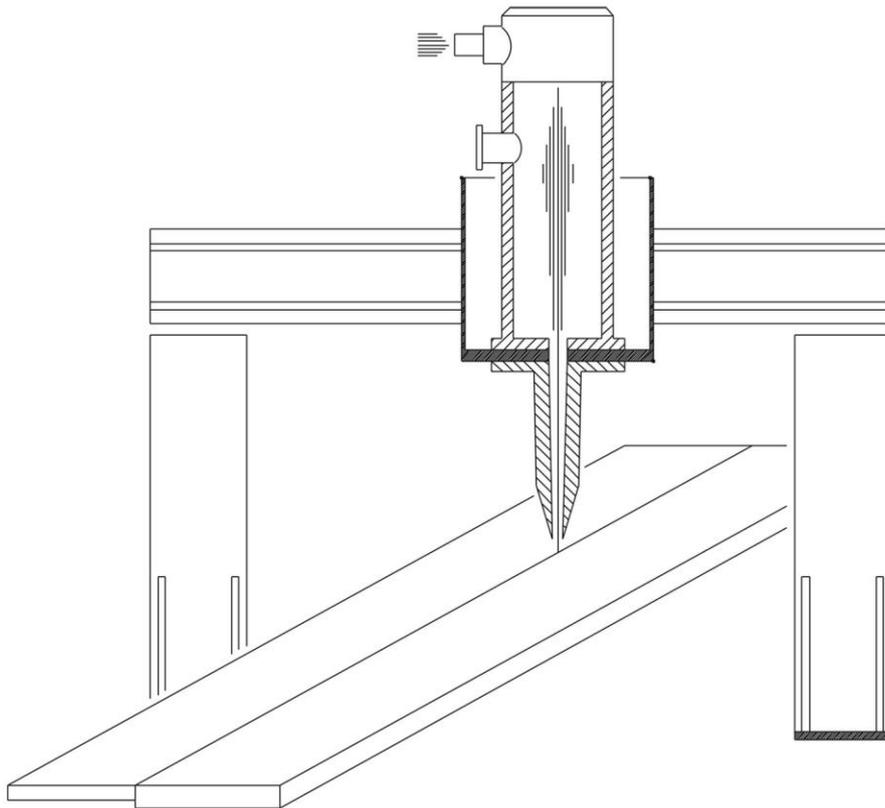


# EBONOVA



## *Elektronenstrahlschweißen an Atmosphäre*



# Der Elektronenstrahl an Atmosphäre NVEBW

## Ein wiederentdecktes Schweißverfahren

### Die Geschichte des Elektronenstrahlschweißens

1948 bis 1951 entwickelte der Physiker Dr. K. H. Steigerwald (ZEISS) das Bohrverfahren für Uhrsteine und Ziehdüsen mit dem Elektronenstrahl (englisch: **E**lectron **B**eam, **EB**). Mit der Entdeckung des Tiefschweißeffektes in den folgenden Fünfzigern wurde weltweit das Schweißen, Bohren, Härten und Umschmelzen mittels des hochenergetischen Elektronenstrahls im Vakuum und auch an Atmosphäre (Lorenz/HERAEUS) erforscht.

Erster Meilenstein beim Elektronenstrahlschweißen (engl.: **E**lectron **B**eam **W**elding; **EBW**) im Vakuum war ein Nahttiefe-zu-breite-Verhältnis von 10:1 und eine Schweißtiefe bis zu 5 mm.

Während das EB Schweißen im Vakuum immer weiter entwickelt wurde und heute Nahttiefe-zu-Breite-Verhältnisse von 50:1 und Einschweißiefen bis 300 mm möglich sind, fand das EB Schweißen an Atmosphäre (engl.: **N**on **V**acuum **E**lectron **B**eam **W**elding, **NVEBW**) in Europa keine Anwendung.

In vielen Industriezweigen wie z.B. der Luft- und Raumfahrt sowie der Automobilindustrie wurde das EBW im Vakuum ein unersetzliches Fügeverfahren. Die amerikanische Industrie erkannte das Potenzial des NVEBW früh und setzte es aus ökonomischen Gründen besonders in der Automobilindustrie mit ihren großen Stückzahlen ein.

Anfang der Sechziger wurden die Grundlagen des LASER entdeckt und mit massiven Fördermitteln weltweit für die industrielle Anwendung weiter entwickelt. Das Laserstrahlschweißen ist heute eines der wichtigsten Fügeverfahren.

Während EB Quellen mit über 60 kW Strahlleistung handelsüblich sind, stehen für industrielle Anwendungen Laserleistungen bis zu 20 kW zur Verfügung.

In den neunziger Jahren wurde das NVEBW besonders auf Grund vieler Entwicklungsaktivitäten an deutschen Universitäten und Instituten wiederentdeckt und gemeinsam mit der Industrie weiterentwickelt.

### Die Wiederentdeckung neu eingeführt

Das **ISF** in Aachen betreibt seit vielen Jahren einen 30 kW Elektronenstrahlerzeuger von **Steigerwald Strahltechnik**, an dem das Druckstufensystem (**DSS**) entwickelt wurde.

Gemeinsam mit dem **ISF** in Aachen konnte **Steigerwald Strahltechnik** das Hochgeschwindigkeits-EB Schweißen an Atmosphäre NVEBW erfolgreich aus dem Laborbetrieb in die industrielle Fertigung einführen.

Leichtbaukonzepte wie sie derzeit in der Luftfahrt- und Automobilindustrie forciert werden, zwingen zum verstärkten Einsatz von Legierungen aus Aluminium, Magnesium und Titan. In der Folge führen Änderungen im Design oft zu komplexeren Bauteile wie z.B. Tailored Blanks.

Neue Materialien, ein geändertes Design und hohe Stückzahlen fordern neue Fertigungstechnologien, die hinsichtlich hoher Schweißgeschwindigkeit, gleichbleibender Qualität und niedriger Betriebskosten den industriellen Anforderungen gerecht werden.

Hier bietet das Elektronenstrahlschweißens an Atmosphäre NVEBW mit verfügbaren Strahlleistungen bis 30 kW als Alternative zum CO<sub>2</sub>-Laserstrahlschweißen neue Perspektiven.

Die Stärken des Elektronenstrahlschweißens an Atmosphäre NVEBW liegen vor allem im Erreichen sehr hoher Schweißgeschwindigkeiten und damit kurzen Taktzeiten, geringem Verzug auf Grund minimaler Wärmeeinbringung und Einsparen von Zusatzmaterial.

Der diffuse und energiereiche Elektronenstrahl erlaubt zu dem eine gute Spaltüberbrückung und zeigt eine hohe Unempfindlichkeit gegen Arbeitsabstandsschwankungen.

Die vom Material unabhängige Energieeinkopplung führt zu einem hohen Anlagenwirkungsgrad von weit über 60 % und macht das NVEBW so zu einem sehr effizienten und wirtschaftlichen Fügeverfahren.

### Einsatzgebiete für NVEBW Maschinen

- Automobilindustrie
  - Tailored Blanks
  - Instrumententräger
  - Auspuffanlagen
- Gerätebau
- Schweißtechnische Laboratorien
- Lohnschweißbetriebe

# Bewährte Elektronenstrahl-Technik

## Der Unterschied

### Das Prinzip der Elektronenstrahl-Erzeugung

In der Generatorsäule wird der Strahl in einem Triodensystem generiert und gesteuert. Aus einer geheizten Wolframkathode werden Elektronen emittiert und durch Anlegen einer Hochspannung (150 kV) zwischen Kathode und Anode beschleunigt. Eine Steuerelektrode (Wehneltzylinder) zwischen Anode und Kathode steuert den Strahlstrom. Unmittelbar nach der Strahlerzeugung wird der Elektronenstrahl geformt und zu einem Brennfleck mit hoher Leistungsdichte fokussiert. Beim Auftreffen der Elektronen auf der Werkstückoberfläche wird die kinetische Energie der Elektronen in Wärme umgewandelt. Ein kleiner Teil der Energie wird als Röntgenstrahlung emittiert. Die Generatorsäule bildet zusammen mit der Hochspannungsversorgung als Elektronenstrahlgenerator eine eigenständige Baugruppe. Weitere Details zum **Steigerwald** Elektronenstrahlgenerator finden sie in unserm Prospekt **EBOGEN**.

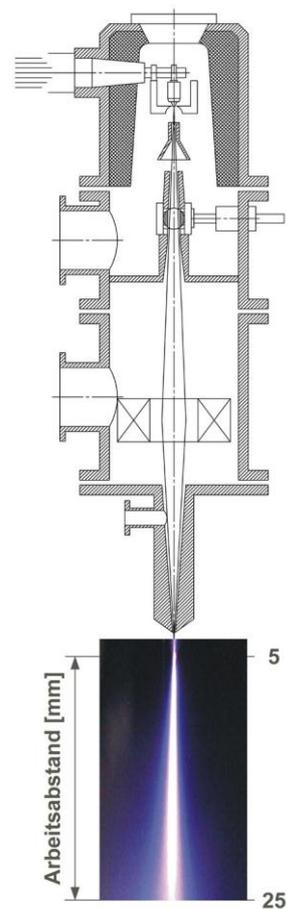
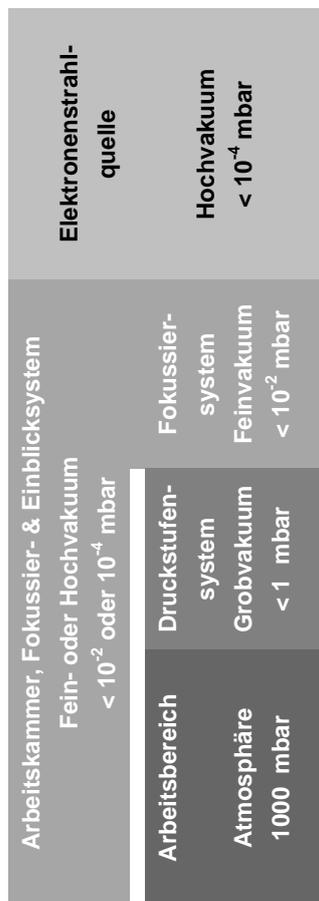
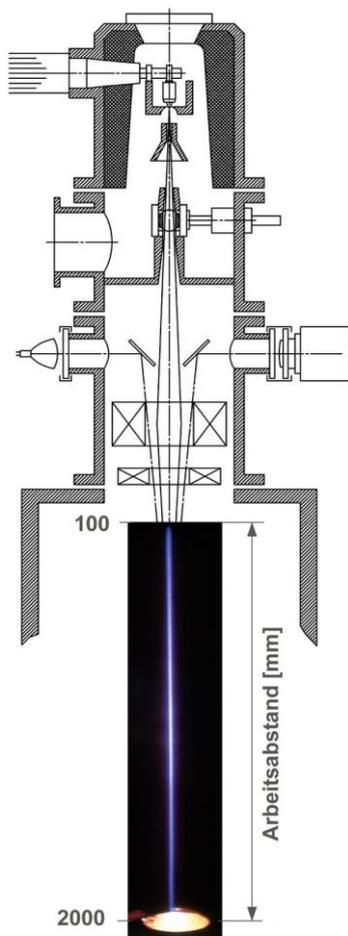
### Bewährte Elektronenstrahl-Technik

**Steigerwald Strahltechnik** setzt auch für das Elektronenstrahlschweißen an Atmosphäre NVEBW auf seinen seit Jahrzehnten in der Industrie bewährten EB-Hochspannungs-Generator vom Typ **EBOGEN**, der auch beim Elektronenstrahl-Schweißen und -Bohren im Vakuum verwendet wird. Somit kommen für den Elektronenstrahlerzeuger und der Hochspannungsversorgung auch beim NVEBW nur standardisierte Einzelkomponenten zum Einsatz.

### Der Unterschied

Beim Elektronenstrahlschweißen an Atmosphäre NVEBW wird gegenüber dem Schweißen im Vakuum VEBW die Vakuumkammer durch das Druckstufensystem DSS ersetzt. Die Evakuierzeit entfällt, da das Druckstufensystem und die Generatorsäule ständig unter Vakuum gehalten wird. Beim NVEBW wird der Elektronenstrahl vom Hochvakuum über das Fein- und Grobvakuum an Atmosphäre geführt. Während beim VEBW durch Umfokussieren ein großer Arbeitsabstandsbereich realisiert werden kann, werden beim NVEBW Höhendifferenzen entlang der Schweißnaht durch ein Verschieben des EB-Generators oder des Werkstücks ausgeglichen.

**Vacuum - EBW**



**Non Vacuum - EBW**

## Das Druckstufensystem DSS

Das kompakte rotationssymmetrisch aufgebaute Druckstufensystem DSS mit seinem geringen Durchmesser von nur 80 mm und einer Baulänge von ca. 300 mm ermöglicht eine sehr gute Zugänglichkeit auch bei komplex geformten Bauteilen. Es ist ein vom EB-Generator unabhängiges System und kann mit Hilfe eines Bajonettverschlusses sehr schnell gewechselt werden.

### Die Funktion

Mit Hilfe des DSS wird der Elektronenstrahl vom Feinvakuum im unteren Teil der EB-Generatorsäule über das Grobvakuum des Druckstufensystems an Atmosphäre (1.000 mbar) geführt.

Durch die Fokussierung des Elektronenstrahls auf die Austrittsöffnung des DSS wird die Öffnung auf die Größe des Fokus von  $\varnothing$  1-2 mm reduziert.

Diese kleine Austrittsöffnung stellt eine geringe Leckage von Metalldampf ins Grobvakuum und zum Strahlerzeuger sicher und gewährleistet so einen stabilen Schweißbetrieb.

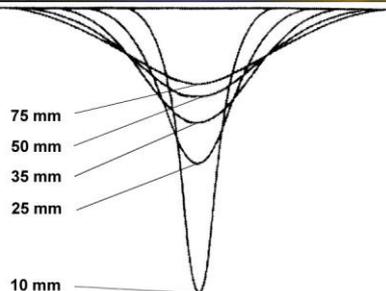
Nach dem Austritt des Elektronenstrahls aus der Düse entsteht durch die Wechselwirkung der Elektronen mit den Gasmolekülen der Luft ein diffuser, divergierender Strahl.

Auf einer Strecke (Arbeitsabstand) bis zu 25 mm ist die Verteilung der Leistungsdichte des Elektronenstrahls noch für schweißtechnische Anwendungen nutzbar.

Der Kernstrahldurchmesser ist abhängig vom Arbeitsabstand und liegt bei 150 kV zwischen 1,5 bis 2,5 mm.

Zusätzlich verschließt ein Cross-Jet, ein quer zur Strahlrichtung verlaufender Druckluftstrom, die Austrittsöffnung.

Um eine thermische Beeinträchtigung des DSS zu verhindern, ist ein Arbeitsabstand von  $< 5$  mm zu vermeiden.

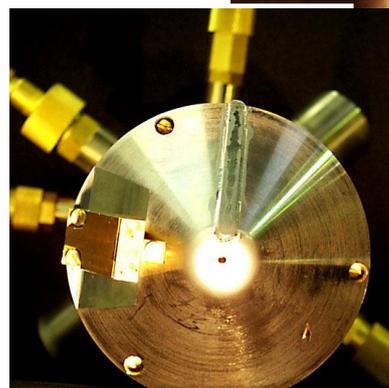
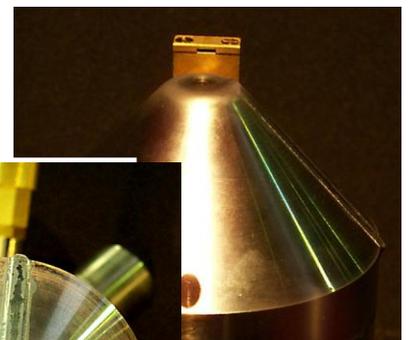
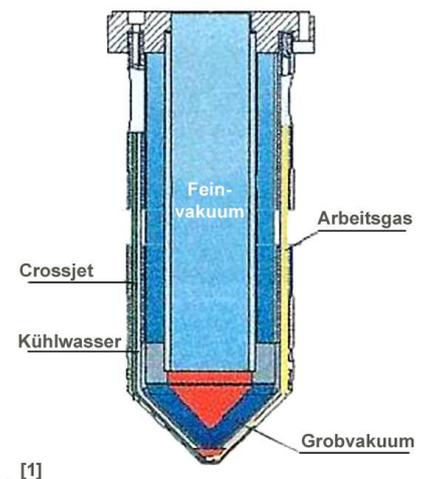


### Das Design

Im Kern des DSS wird der Feinvakuumbereich des unteren Säulenteils bis zur inneren Düsen Spitze verlängert. Diese ist so ausgebildet, dass sie als Druckdrossel zwischen dem Fein- und Grobvakuumbereich dient.

Um den Kern schließt sich rotationssymmetrisch das Grobvakuum an und wird bis zur äußeren Austrittsdüsenöffnung geführt.

Durch vier Kanäle im Außenmantel des DSS werden die Druckluft für den Crossjet, das Arbeitsgas und das Kühlwasser für die Austrittsdüsenöffnung zur Spitze des DSS geführt.

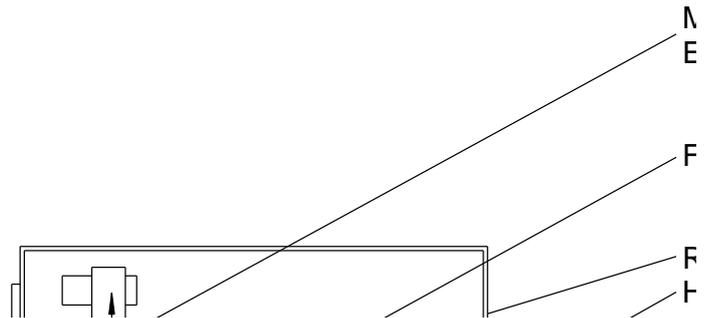


## NVEBW Anlage

Für jede NVEBW Anlage sind mindestens folgende Komponenten erforderlich:

- NVEBW Elektronenstrahl-Generator Typ G 300 DSS bestehend aus
  - Elektronenstrahl-Generatorsäule
  - Druckstufensystem DSS
  - Hochspannungsversorgung HVPS (30 kW Strahlleistung / 150 kV Beschleunigungsspannung)
  - Vakuumsysteme (Hoch-, Fein, und Grobvakuum)
- Manipulator(en) für
  - die Elektronenstrahl-Generatorsäule
  - das Werkstück bzw. die Vorrichtung
- Sicherheitseinrichtungen zum Röntgenschutz
- Bedienpult, Steuerung und elektrische Versorgung

Manipulator für



### NVEB Generator

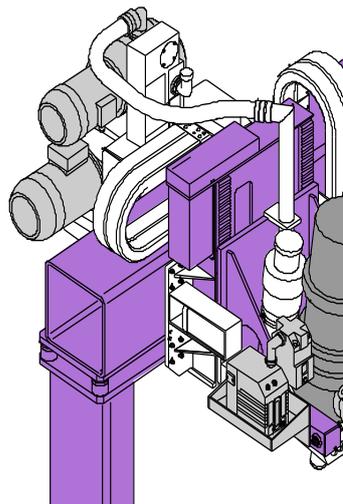
Das Druckstufensystem DSS wird mit Hilfe eines Bajonettverschluss direkt an der Unterseite der NVEB-Generatorsäule angeflanscht.

### Manipulation der EB Generatorsäule

Die auf einem schwenkbaren Tisch montierte Generatorsäule ist in einer Portalkonstruktion mit zwei Linearachsen (Z und Y) integriert.

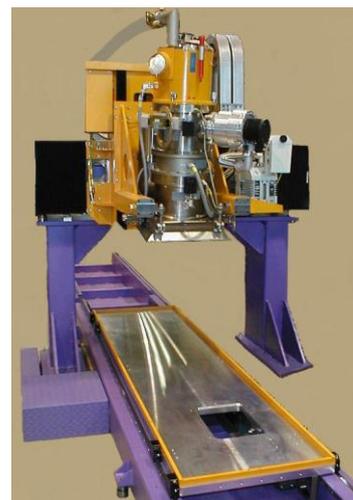
Das stufenlose Schwenken der Generatorsäule aus der Senkrechten, macht einen stechenden oder schleppenden Schweißprozess möglich.

Mit dieser einfachen und kompakten Komponente lassen sich bereits zweidimensionale Schweißaufgaben realisieren.



### Vakuumsysteme

Um die Pumpleistungen optimal zu nutzen, sind die Pumpstände für das Hoch-, Fein, und Grobvakuum auf dem Portal und an der Generatorsäule angeordnet.



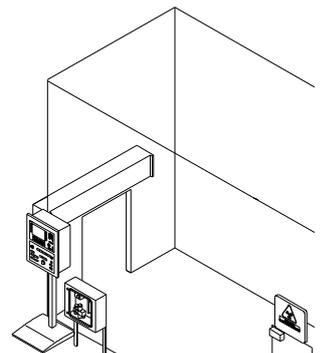
Portal mit Linearachse; X-Achse

### Manipulation des Werkstücks und der Vorrichtung

Für eine dreidimensionale Bearbeitung muss zusätzlich zu den zwei Achsen des Portals für den NVEB-Generator das Werkstück bzw. die Vorrichtung mindestens in einer oder, wenn erforderlich, auch mehrachsiger bewegt werden. Hier sind Linear- oder Dreh-Achsen bzw. Kombinationen denkbar.

### Röntgenschutz

Um das Bedienpersonal vor Röntgenstrahlung zu schützen, muss der Prozessbereich eingehaust werden. Hierfür werden bei großen Anlagen Sandwichplatten aus Stahl-Blei-Stahl bevorzugt.



## EBONOVA das flexible NVEBW Konzept

### NVEBW Anlagenkonzepte

Abhängig von der Schweißaufgabe 2D- oder 3D geformte Bauteile, der erforderlichen Stückzahl, der notwendigen Flexibilität und dem zur Verfügung stehenden Invest, ist eine Vielzahl von NVEBW Anlagenkombinationen möglich. Grundsätzlich lässt sich aus einem zweiachsigen Portal (Y, Z) für die Manipulation der EB Generatorsäule und einer mehrachsigen Werkstückbewegung (X, A, B, ..) ein nahezu uneingeschränkter 3D-Arbeitsbereich realisieren.

Nachstehende Tabelle zeigt einige der möglichen Anlagenkombinationen.

EBONOVA Typ:	Achsen	Layout
<b>2.1-G300DSS</b> <b>SINGLE</b>	1 NVEBW Elektronenstrahlgenerator 2 Linear-Achsen für die EB Generatorsäule 1 Linear- oder Dreh-Achse für das Werkstück	G 300 DSS (Z & X) (Y oder A)
<b>2.XL.1-G300DSS</b> <b>BOXER</b>	1 NVEBW Elektronenstrahlgenerator 2 Linear-Achsen für die EB Generatorsäule 1 Linear-Fahrbahn verlängert mit 2 Tischen 1 Linear- oder Drehachse für das Werkstück pro Tisch	G 300 DSS (Z & X) (Y)
<b>2.2.1- G300DSS</b> <b>TWIN</b>	1 NVEBW Elektronenstrahlgenerator 2 Linear-Achsen für die EB Generatorsäule 2 Linear-Fahrbahnen für die Werkstückmanipulation 1 Achse pro Fahrbahn für das Werkstück	Typ G 300 DSS (Z & X) (Y)
<b>2.2.x-G300DSS</b>	1 NVEBW Elektronenstrahlgenerator 2 Linear-Achsen für die EB Generatorsäule x Linear- und/oder Dreh-Achsen z.B. Roboter für die Werkstückmanipulation	Typ G 300 DSS (Z & X)
<b>2.P.x - G300DSS</b>	1 NVEBW Elektronenstrahlgenerator 2 Linear-Achsen für die EB Generatorsäule 1 Palettenförderer mit Werkstückpaletten x Linear- und/oder Drehachsen für die Werkstückmanipulation	Typ G 300 DSS (Z & X)

Bei der Entwicklung eines Anlagenkonzepts sucht **Steigerwald Strahltechnik** die intensive Diskussion mit dem Kunden, um eine technisch optimale und ökonomische Lösung zu finden.

## EBONOVA 2.1 – G 300 DSS – TWIN Schweißmaschine für die Massenproduktion

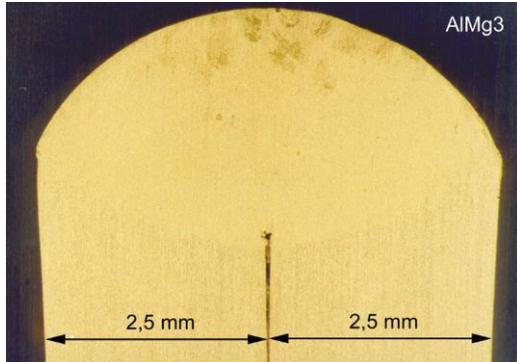
### Das Produkt: Instrumententräger

Mitte der Neunziger wurde im Rahmen der Plattformkonzepte bei **VW** die punktgeschweißte Stahlblechkonstruktion eines PKW-Instrumententrägers durch ein Design aus Aluminium mit 40 % weniger Gewicht ersetzt.

Der neue von **ALCAN** entwickelte Träger wird aus 2,5 mm dicken AlMg3-Halbschalen hergestellt und erfordert eine durchgängig geschweißte 1.400 mm lange Bördelnaht auf beiden Seiten des Trägers.



Die Anforderungen an das Fügeverfahren wie hohe Schweißgeschwindigkeit, kurze Taktzeit, geringe Wärmeeinbringung, minimaler Verzug und die Einsparung von Zusatzmaterial führten zum Elektronenstrahlschweißen an Atmosphäre, dem NVEBW.

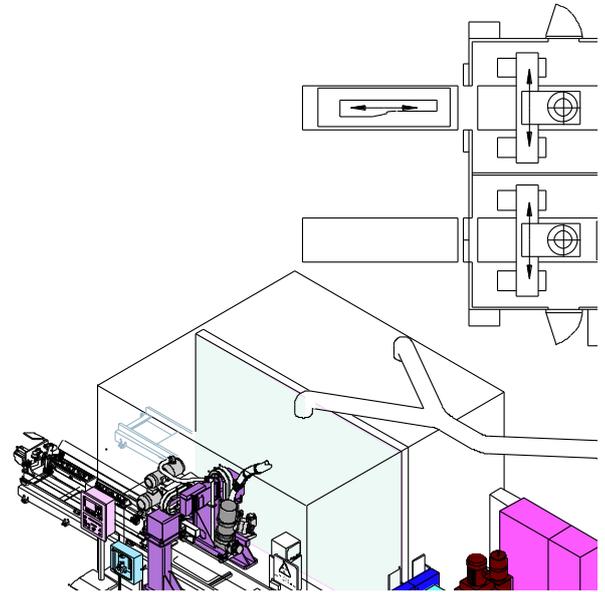


Bördelnaht:	Strahlleistung	18 kW
	Schweißgeschwindigkeit	12 m/min

Basierend auf dem bereits bekannten Anlagenkonzept EBONOVA 2.21 – G300DSS entwickelte **Steigerwald Strahltechnik** gemeinsam mit der Firma **ALCAN** das Anlagenkonzept EBONOVA 2.1–G300DSS–TWIN. zum Schweißen von 500.000 Instrumententräger pro Jahr.

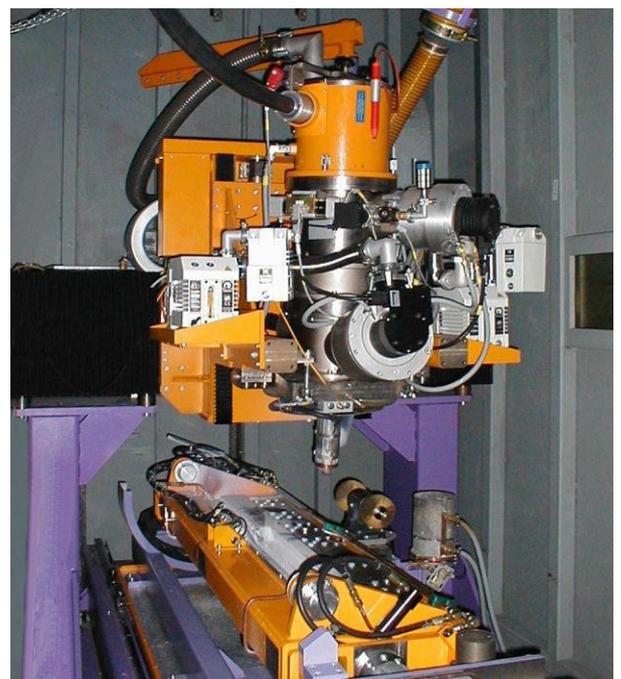
### Ein Anlagenkonzept für die Massenproduktion

#### EBONOVA 2.1 – G 300 DSS – TWIN.



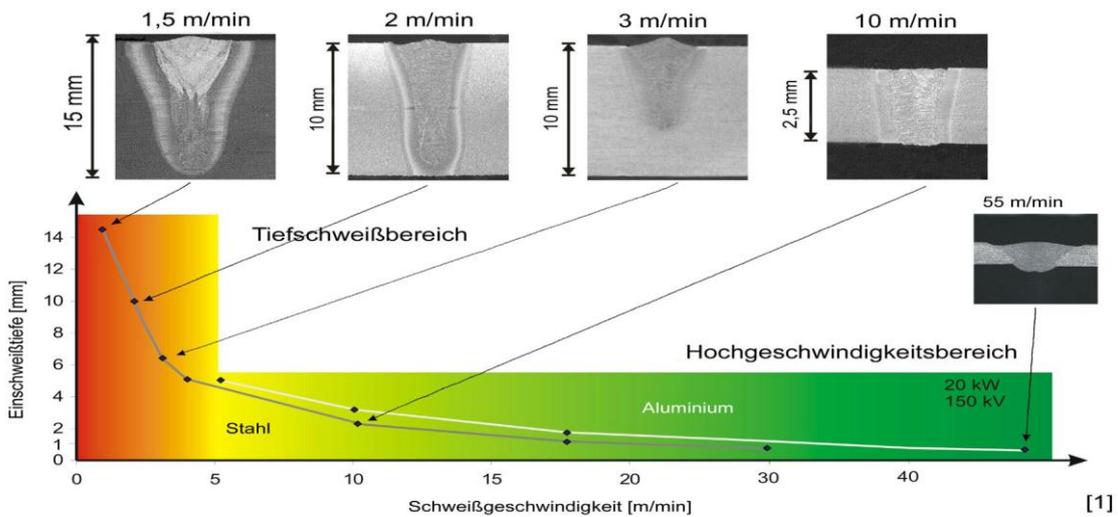
Im Wesentlichen besteht das Anlagenkonzept aus zwei separaten Schweißzellen mit je einer Linearbahn für die Werkstückbewegung und je einem Manipulator für die EB-Generatorsäule aber mit einer gemeinsamen Hochspannungsversorgung HVPS, Steuerschranken, Absaugungen und anderen Hilfsaggregaten.

Das "TWIN" Prinzip mit seiner umschaltbaren Hochspannungsversorgung ermöglicht eine hohe "Strahl Ein" Zeit und Produktivität der Gesamtanlage. Die zwei getrennten EB-Schweißzellen erlauben das Schweißen von Instrumententräger auch während Servicearbeiten in einer Zelle.



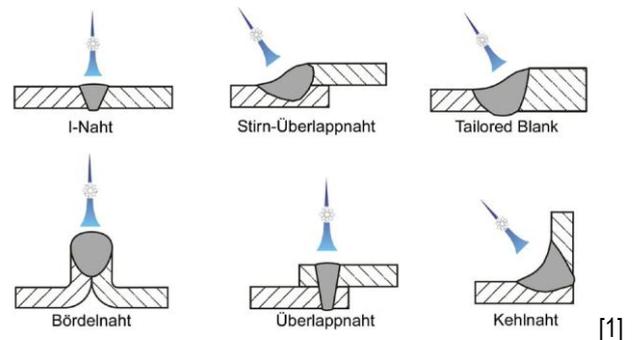
EB-Generator mit Portal und Vorrichtung

## Die Prozesstechnik



### Hochgeschwindigkeitsschweißen

Das klassische Anwendungsfeld des NVEBW ist das Schweißen im Dünneblechbereich mit Blechdicken kleiner 5 mm. Hier kann der Elektronenstrahl an Atmosphäre mit seiner hohen Energiedichte und der zur Verfügung stehenden Anlagenleistung von 30 kW Schweißgeschwindigkeiten von 20 m/min bei Stahlwerkstoffen und bis zu 50 m/min bei Aluminiumlegierungen erreichen.



### Tiefschweißen

Tiefschweißen ist vor allem dadurch charakterisiert, dass eine deutlich größere Einschweißtiefe als Nahtbreite erreicht wird. Beim NVEBW können Nahttiefe-zu-breite Verhältnisse von 5:1 erreicht werden. Der Tiefschweißeffekt erlaubt es die Anwendungsmöglichkeiten des NVEBW zu erweitern. Wurden bis jetzt im Dünneblechbereich mit 5 mm Blechdicken experimentiert so werden nun auch Nahttiefen mit 10 mm erreicht.

Die „Tailored Blank“ Verbindung erlaubt Fügespalte von einigen 1/10 mm. Bei einer I-Stoß Verbindung sind nur Spalte < 1/10 mm zulässig.

### Spaltüberbrückung und Arbeitsabstand

Der breite diffuse Elektronenstrahl erlaubt eine gute Spaltüberbrückung und zeigt sich zudem relativ Unempfindlich gegen Schwankungen des Arbeitsabstandes und Vermutungen.

### Zusatzmaterial

Ist ein entsprechendes Verbindungsdesign zur Vermeidung eines Nahteinfall nicht möglich, so kann dem Schweißprozess auch Zusatzmaterial zugeführt werden. Dies hat aber eine Reduzierung der Schweißgeschwindigkeit zur Folge.

Abhängig vom Verbindungsdesign, der Blechdicke und der Schweißgeschwindigkeit sind Fügespalte von 1/10 bis zu 1 mm zulässig. Um bei großen Spalten einen Nahteinfall zu vermeiden, muss beim Verbindungsdesign ausreichend Material angeboten werden.

### Arbeitsgas

Als Arbeitsgas/Schutzgas wird Helium verwendet. Das Arbeitsgas dient weniger dem Schutz des Werkstücks wie vielmehr dem Schutz der Düse und des Strahlerzeugers vor Verschmutzung. Des weiteren minimiert das nach innen und außen strömende Helium wegen seines geringen Atomdurchmesser die Aufweitung des Strahles.

### Verbindungsdesign

Die Bördelnaht und die Überlappnähte bieten für das NVEBW die besten Voraussetzungen. Sie lassen auf Grund des großen Materialangebots eine sehr grobe Nahtvorbereitung und große Spalte zu. Es sind auch gas- oder flüssigkeitsdichte Nähte erzielbar.

### Parameter

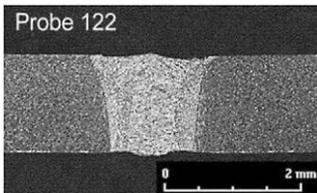
Neben den Strahlparametern wie Strahlstrom und Beschleunigungsspannung sind die Gasmenge und der Arbeitsabstand wichtige Parameter, die Einfluss auf die Schweißgeschwindigkeit, die Nahtbreite und die Nahtqualität haben.

## Schweißergebnisse

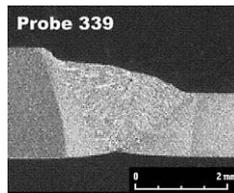
Im Rahmen der Weiterentwicklung des Druckstufensystems wurden beim **isf Aachen** eine Reihe von Schweißversuchen durchgeführt um die Vielseitigkeit des NVEBW zu beweisen und potenzielle Anwendungen zu erkennen.

Die bisher untersuchten Werkstoffe reichen von beschichteten und unbeschichteten Stählen, über Leichtmetalle wie Aluminium- und Magnesiumlegierungen bis hin zu NE-Metallen wie Messing und Kupfer. Materialkombinationen wie die Verbindung von Stahl und Kupfer lassen sich mit vergleichbaren Ergebnissen wie beim VEBW erstellen.

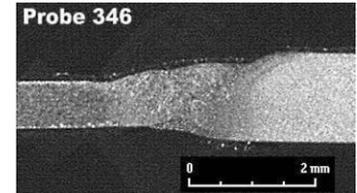
### Eisen-Metalle [1]



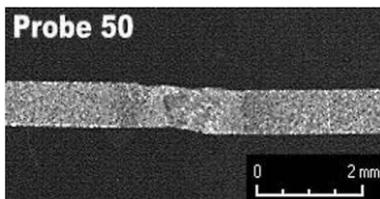
I-Stoß  
 Materialdicke: 1,5 mm  
 Werkstoff: ZStE 420  
 Strahlleistung: 15 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 10,5 m/min



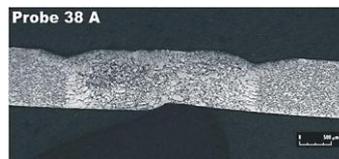
Tailored-blank Verbindung  
 Materialdicke: 1,5 mm / 2,5 mm  
 Werkstoff: St 1405 / ZStE 420  
 Strahlleistung: 15 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 8 m/min



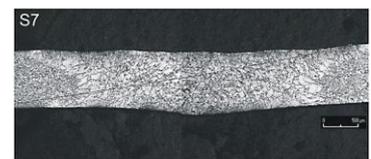
Tailored-blank Verbindung  
 Materialdicke: 0,7 / 1,5 mm  
 Werkstoff: St 1405 / ZStE  
 Strahlleistung: 15 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 21,6 m/min



I-Stoß  
 Materialdicke: 0,7 mm  
 Werkstoff: St 1405 FZ  
 Strahlleistung: 9 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 15,3 m/min

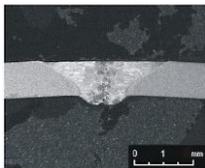


I-Stoß  
 Materialdicke: 0,7 mm  
 Werkstoff: St 1405 FZ  
 Strahlleistung: 18 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 25 m/min

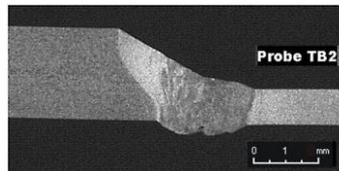


I-Stoß  
 Materialdicke: 0,7 mm  
 Werkstoff: St 1405 FZ  
 Strahlleistung: 13 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 20 m/min

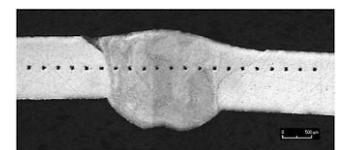
### NE-Metalle [1]



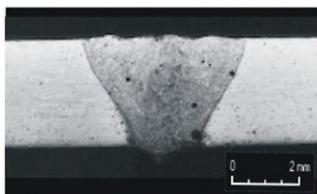
I-Stoß  
 Materialdicke: 1,25 mm  
 Werkstoff: AlMg 5  
 Strahlleistung: 18 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 40 m/min



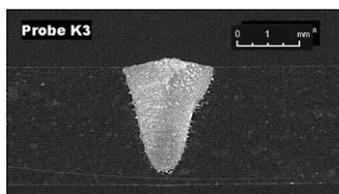
Tailored-blank Verbindung  
 Materialdicke: 1,25 / 3 mm  
 Werkstoff: AlSi / AlMg 5  
 Strahlleistung: 9 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 10 m/min



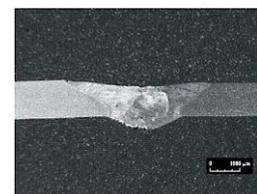
I-Stoß  
 Materialdicke: 1,1 mm  
 Werkstoff: AlMgSi 0,8 + ZWS  
 Strahlleistung: 18 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 55 m/min



I-Stoß  
 Materialdicke: 3 mm  
 Werkstoff: AZ 31  
 Strahlleistung: 6,3 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 15 m/min



Einschweißung  
 Materialdicke: 4 mm  
 Werkstoff: Kupfer  
 Strahlleistung: 6,3 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 5 m/min



I-Stoß, Materialkombination  
 Materialdicke: 1,25 / 1,1 mm  
 Werkstoff: AlMg 5 / AlMgSi 0,8  
 Strahlleistung: 18 kW  
 Schweißgeschwindigkeit: 40 m/min

# Wirkungsgrad

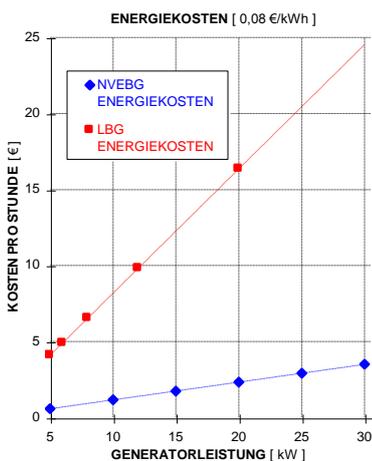
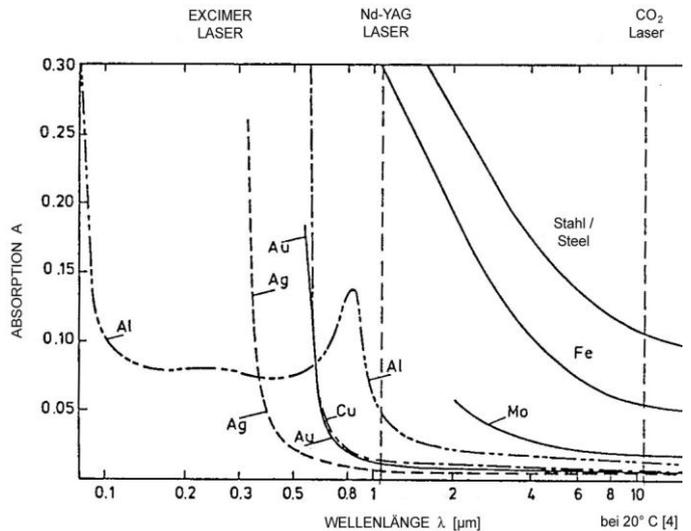
Als hochenergetisches Strahlverfahren steht das Elektronenstrahlschweißen an Atmosphäre NVEBW in einigen Teilbereichen in direktem Wettbewerb mit dem LASER-Strahlschweißen. Daher ist ein Vergleich der beiden Strahlverfahren bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von hoher Bedeutung.

## NVEBW

Beim NVEBW handelt es sich um massebehaftete Teilchen, die aufgrund ihrer kinetischen Energie den Schmelzprozess initiieren und aufrecht erhalten. Die Elektronen können unabhängig von Material, dem Auftreffwinkel und der Oberflächenbeschaffenheit sehr effizient den Tiefschweißeffekt erreichen. Im Allgemeinen kann auch auf zusätzliche Schutzgase verzichtet werden.

## LASER

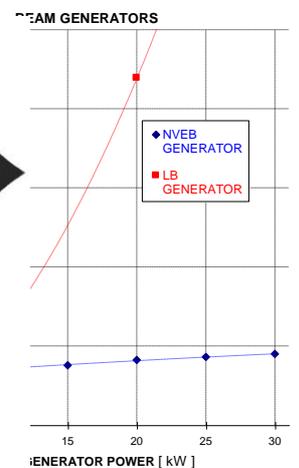
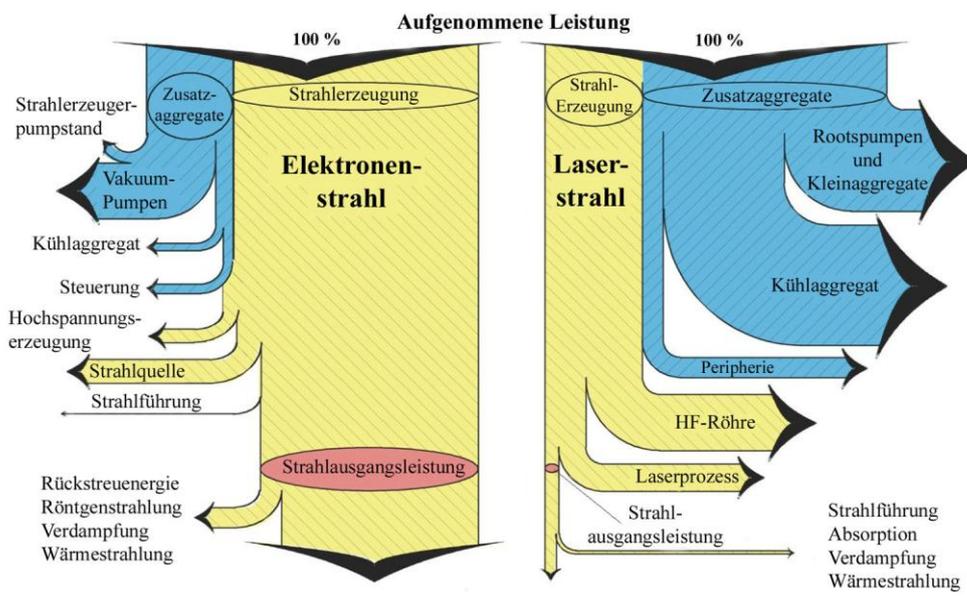
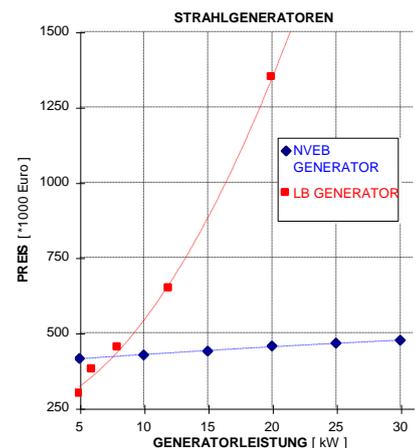
Der LASER-Strahl als monochromatische, kohärente Lichtwelle erreicht zwar ähnliche Energiedichten wie der Elektronenstrahl, jedoch sind es die Absorptionseigenschaften der Metalle und das teilweise entstehende Metaldampfplasma dem Laserstrahlschweißverfahren seine Grenzen. Abhängig von der Wellenlänge (Nd:YAG oder CO<sub>2</sub>) und dem Metall liegt der Absorptionsgrad bei 1 bis 5 % gegenüber 90 % beim NVEBW.



## Vergleich

Vergleicht man das Invest, die Betriebskosten, die Strahl- und Anlagenwirkungsgrade des NVEBW mit dem LASER so erkennt man, dass das NVEBW ein hohes Energie-Einsparpotential bietet.

Erreicht eine Laserschweißanlage einen Gesamtwirkungsgrad von gerade mal 5 bis 15 % so kann das NVEBW mit über 60 % aufwarten.



## Know how und Service - Leistungen für den Kunden, engagiert und weltweit

**Steigerwald Strahltechnik** liefert nicht nur EB-Anlagen, sondern führt für Kunden speziell definierte Anwendungsuntersuchungen durch, optimiert Schweißprozesse und übermittelt an Anwender das Know how jahrzehntelanger Arbeit mit der EB-Technik.

Die umfangreiche Schulung des Kundenpersonals gehört ebenso zu den Leistungen wie eine weltweite Versorgung mit Ersatzteilen und qualifizierten Service.

### Referenzen

[1] **Steigerwald Strahltechnik**

bedankt sich für die fachliche Unterstützung und die Beistellung des umfangreichen Bildmaterials bei Prof. Dr.-Ing. U. Dilthey und Dr.-Ing. W. Behr des Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen.



[2] Volkswagen AG, Wolfsburg

[3] DVS Merkblatt 3209

[4] U.Bethke, D.Päthe, P.Zopf, Aluminiumschweißen mit Festkörperlaser, Vorstudie INPRO, S.12, 1993

EBONOVA-D

Die in dieser Druckschrift enthaltenen Beschreibungen, Gerätedaten und Abbildungen dienen der Kundeninformation und sind nicht bindend. Der Hersteller ist zur Änderung seiner Produkte jederzeit berechtigt.

© Steigerwald Strahltechnik GmbH 06/2010